

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目

环境影响报告书

(征求意见稿)

征求意见稿

建设单位：珠海华发新能源建设运营有限公司

二〇二三年四月

目录

1 概述	1
1.1 项目背景.....	1
1.2 项目基本信息.....	2
1.3 评价过程.....	3
1.4 分析判定基本情况.....	4
1.5 主要环境问题和环境影响.....	5
1.6 评价主要结论.....	5
2 总则	6
2.1 编制依据.....	6
2.2 环境影响要素识别与评价因子筛选.....	10
2.3 环境功能区划.....	14
2.4 评价等级、评价范围、评价重点.....	28
2.5 评价标准.....	33
2.6 环境保护目标.....	38
3 建设项目工程分析	53
3.1 项目基本情况.....	53
3.2 项目概况.....	55
3.3 工程设计.....	60
3.4 施工方案.....	65
3.5 工艺流程与产污环节.....	70
3.6 施工期污染源分析.....	71
3.7 运营期污染源分析.....	77
4 环境质量现状调查与评价	82
4.1 自然环境概况.....	82
4.2 水文动力环境现状调查与评价.....	101
4.3 海水水质现状调查与评价.....	151
4.4 海洋沉积物现状调查与评价.....	172

4.5 海洋生物质量调查结果与评价	178
4.6 海洋生态环境质量现状调查与评价	189
4.7 环境空气质量现状	268
4.8 声环境质量现状	278
4.9 电磁环境质量现状	280
4.10 其他生态环境现状	282
5 环境影响预测与评价	296
5.1 水文动力影响分析与评价	296
5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测	307
5.3 海水水质影响分析与评价	307
5.4 海洋生态影响分析与评价	311
5.5 海洋沉积物影响分析与评价	316
5.6 对其他生态环境的影响分析与评价	316
5.7 大气环境影响分析与评价	323
5.8 声环境影响分析与评价	324
5.9 电磁影响分析与评价	327
5.10 固体废物影响分析与评价	330
5.11 光污染影响分析与评价	332
5.12 环境保护目标影响分析与评价	332
6 环境风险评价	334
6.1 环境风险识别	334
6.2 环境风险分析	335
6.3 环境风险防范措施及应急要求	343
6.4 环境风险评价结论	346
7 环境保护措施及可行性论证	348
7.1 施工期环保措施和污染防治对策	348
7.2 营运期环境保护措施	354
7.3 项目环境保护措施一览表	359

8 环境影响经济损益分析	363
8.1 社会效益分析	363
8.2 环保投资估算	363
8.3 环境经济损益分析结论	364
9 环境管理与监测计划	365
9.1 环境管理计划	365
9.2 施工期环境管理计划	366
9.3 运营期环境管理计划	367
9.4 环境监测计划	368
9.5 环保设施“三同时”竣工验收	372
10 项目建设政策相符性及选址可行性分析	375
10.1 产业政策相符性分析	375
10.2 与经济社会发展规划的相符性分析	375
10.3 与海洋相关规划的相符性分析	379
10.4 与环境保护规划的相符性分析	391
10.5 与输变电建设项目环境保护技术要求的相符性分析	399
11 结论	402
11.1 项目概况	402
11.2 环境质量现状调查与评价结论	402
11.3 水质环境现状评价结论	402
11.4 环境影响评价结论	407
11.5 环境保护措施及可行性分析结论	408
11.6 环境风险评价结论	408
11.7 环境经济损益评价结论	409
11.8 项目建设与规划、产业政策的相符性结论	409
11.9 公众参与结论	409
11.10 综合结论	409

1 概述

1.1 项目背景

能源是经济发展的物质基础，为保证国民经济的可持续发展，必须有可持续供应的能源作为支撑。我国能源结构是以煤为主，这对国家经济发展带来的能源安全和环境问题已日益突出。从能源安全、减少污染、改善生态环境和立足于本国资源等方面来考虑，我国开发利用安全、可靠的清洁能源，并提高其在能源结构中的比重，将是实现经济社会可持续发展的重要保证。

我国政府已把可持续发展作为经济社会发展的基本战略，制定了减排目标。2020年中央经济工作会议将“做好碳达峰、碳中和工作”列为2021年的重点任务之一，力争2030年二氧化碳排放前达到峰值，力争2060年实现碳中和。碳中和长期目标的提出，将对中国能源发展和能源政策产生长远、广泛、深刻的影响。在强化节能优先的同时，将加大对高碳能源消费总量的控制，鼓励非化石能源和天然气等清洁能源利用。光伏发电属于清洁可再生能源，具有较好的环境效益，可以在极大的程度上减少环境的污染，符合“绿水青山就是金山银山”发展理念。

项目所在地珠海市太阳能年总量超过4600兆焦/平方米，且日、月平均辐射量较高且稳定，属于太阳能资源丰富地区，光伏发电具备充分的自然条件。珠海地区电网现整体按东、西部分片区运行，东西部电网形成分别以500kV加林站、国安站为枢纽，220kV双回路环网的供电结构。东西部电网通过2回500kV线路、4回220kV线路相连，网架结构坚强，具备坚强可靠的电能输送能力。

当前珠海电网规模相对超前，对珠海电源的发电并网具有较强的支撑力。截至目前珠海市未出现过弃风、弃光情况，可再生能源发电利用率指标达到100%，实现了对光伏等可再生能源发电量全额消纳。

根据《珠海市光伏电力发展规划》预测2025年珠海全市的最高负荷可达5600MW，负荷密度约11.8MW/km²；全社会用电量可达302亿kW·h；预测2025年珠海电网对澳门供电的最大负荷1162MW，对澳门供电量可达60亿kW·h。

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目可充分发挥鹤洲毗邻港澳、海域辽阔的区位优势，以“粤港澳绿色电力融合发展”为愿景，贯彻落实珠海市“向海

图强”战略，以打造“全国规模最大的海上‘渔光互补’示范项目”为目标，建设联动港澳的绿色能源供给基地。项目建成后将成为全球级技术最先进的海上光伏基地、国家级高质量融合发展的海洋牧场示范区、湾区级独具特色的“光伏+渔业+文旅”休闲旅游目的地。目前，该工程已纳入珠海市发展和改革局、南方电网广东珠海供电局发布的珠海市光伏电力规划(2022-2025年)。根据珠海市“十四五”电力需求，本项目建成后，电力可供珠海电网就地消纳，盈余部分可送至澳门、广东电网进行消纳。

1.2 项目基本信息

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区，项目位于人工堤围内部，厂址东西南三侧紧邻堤围，东侧堤围连接磨刀门水道与横琴新区相望，西隔堤围连接泥湾门水道，南隔堤围连接鹤洲水道，项目北侧距离堤围约4.6km，堤围外为鹤洲水道。项目地理坐标(东经113.40~113.45°、北纬22.08~22.11°)之间。该工程已纳入《珠海市光伏电力规划(2022-2025年)》。

项目额定容量524.7MW，安装容量22.3475MWp，容配比为1.339，多年平均上网电量87944万kW·h，年平均等效满负荷小时数1252h。项目安装光伏组件1210944块，组成43248串光伏组串，共159个3.3MWac的光伏阵列。每个光伏阵列设置1~2个逆变平台。本工程新建1座220kV升压站，位于项目西南角，主变规模为2×96MVA。项目总用海面积648.9362hm²。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(部令第16号)，本项目环评类别见表1.2-1。拟建项目主体工程属于“五十四、海洋工程”类别中的“151海洋能源开发利用类工程”，拟建项目位于鹤洲新区南垦区，项目红线内不占用自然保护区、海洋特别保护区、生态保护红线、海洋公园等生态环境敏感区，但项目四周涉及磨刀门重要河口生态红线区等生态敏感区，因此主体工程环评报告类型为环境影响报告书。配套的升压站属于“五十五、核与辐射”类别中的“161、输变电工程”，升压站规模为220kV，因此配套升压站工程环评类别为环境影响报告表。综合考虑确定本次环评类别为环境影响报告书。

表 1.2-1 项目环评类别判别表

环评类别 项目类别	报告书	报告表	登记表	本栏目环境敏感区含义
五十四、海洋工程				
151 海洋能源开发利用工程	装机容量在 20 兆瓦及以上的潮汐发电、波浪发电、温差发电、海洋生物质能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程；总装机容量 5 万千瓦及以上的海上风电工程及其输送设施及网络工程；涉及环境敏感区的	其他潮汐发电、波浪发电、温差发电、海洋生物质能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程；地热发电；太阳能发电工程及其输送设施及网络工程；其他海上风电工程及其输送设施及网络工程	/	第三条（一）中的自然保护区、海洋特别保护区；第三条（二）中的除（一）外的生态保护红线管控范围，海洋公园，重点保护野生动物栖息地，重点保护野生植物生长繁殖地，封闭及半封闭海域
五十五、核与辐射				
161 输变电工程	500 千伏及以上的；涉及环境敏感区的 330 千伏及以上的	其他（100 千伏以下除外）	/	第三条（一）中的全部区域；第三条（三）中的以居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等为主要功能的区域

1.3 评价过程

2023 年 3 月，建设单位委托珠海利源环保科技有限公司进行该建设项目的环境影响评价工作，2023 年 3 月 10 日进行了本项目公众参与的首次公示，目前已完成征求意见稿，现开展第二次公示。

本环境影响报告书是依据《鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目可行性研究报告》及其批复、《鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目鸟类现状调查与影响评价》编制完成的。

环境影响评价工作程序详见下图。

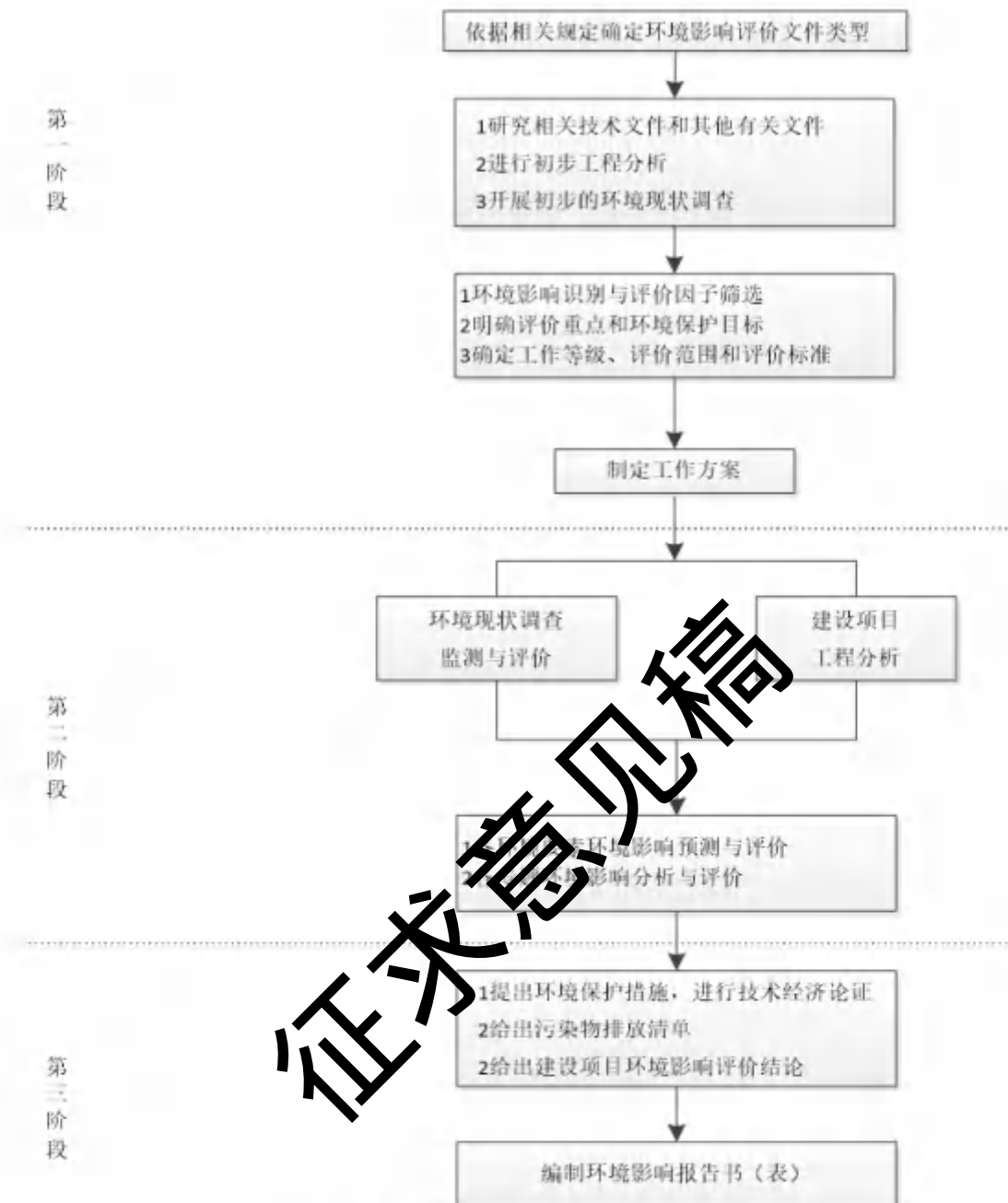


图 1.3-1 环境影响评价工作程序

1.4 分析判定基本情况

本项目符合国家产业政策，项目符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》《珠海市城市总体规划（2001~2020

年)》《珠海市土地利用规划(2006~2020年)》等经济社会发展规划,符合《全国海洋主体功能区规划》《广东省海洋主体功能区规划》《广东省海洋功能区划(2011~2020年)》等海洋功能区划,符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案》。本项目与相关生态功能区划、海洋环境保护规划相协调。

1.5 主要环境问题和环境影响

本项目主要关注的环境问题如下:

- 1、施工期产生的废水、废气、固废等对海洋水质、海洋生态环境的影响;
- 2、项目运营期产生的噪声污染、电磁环境影响;
- 3、项目环境风险影响;
- 4、针对上述影响提出生态环境影响减缓方案及风险防范措施等;
- 5、综合分析项目与相关规划的符合性,以及各项要求的落实情况。

1.6 评价主要结论

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目,位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区,项目符合国家产业政策,项目符合“三线一单”管控要求,符合广东省海洋主体功能区规划、海洋功能区划、生态红线以及海洋环境保护规划等相关规划。

项目实施后不会对海洋环境产生重大影响;项目施工期及运营期污染物均妥善处理;本项目风险水平为低风险,在落实了相关应急措施、设施,加强风险管理后,可以避免大的环境风险,项目所带来的环境风险可控。在项目的建设过程中,需严格执行国家及地方的各项环保政策和规定,确保本报告中的各项污染防治措施及建议认真落实,严格管理。因此,在落实报告书中提出的各项环保治理措施后,从环境保护方面角度出发,本项目的建设是可行的。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 环境保护法律、法规

(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月修订,2015年1月1日起施行);

(2)《中华人民共和国海洋环境保护法》(2017年11月5日修正);

(3)《中华人民共和国湿地保护法》(2022年6月1日施行);

(4)《中华人民共和国渔业法》(2013年12月28日实施);

(5)《中华人民共和国渔业法实施细则》(2020年8月实施);

(6)《中华人民共和国野生动物保护法》(2016

(7)《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》(2016修订);

(8)《国家重点保护野生动物名录》(2021修订);

(9)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月29日实施);

(10)《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月修正,2018年1月1日实施);

(11)《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年10月26日修订);

(12)《中华人民共和国噪声污染防治法》(2022年6月5日起实施);

(13)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日实施);

(14)《中华人民共和国电力法》(2018年12月29日第三次修正);

(15)《中华人民共和国海上交通安全法》(2021年4月29日修订,2021年9月1日实施);

(16)《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》(交通运输部令2018年第21号,2018年9月27日修正);

(17)《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》(2017年3月1日第一次修订,2018年3月19日第二次修订);

(18)《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》(2017年5月23修正);

(19)《产业结构调整指导目录(2019年本)》(发改委令第49号,2021年12月27日修改);

(20)《环境影响评价公众参与办法》(2018年7月16日发布,2019年1月1日施行);

(21)《关于进一步加强水生生物资源保护严格环境影响评价环境影响评价的通知》(环发〔2013〕86号);

(22)《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见(试行)》(环环评〔2021〕108号);

(23)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版);

(24)《市场准入负面清单(2022年版)》;

(25)《国家危险废物名录(2021年版)》(生态环境部部令第15号,2021年1月1日起施行);

(26)《自然资源部办公厅关于北京等省、区、市启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》(自然资办函〔2022〕2207号,2022年10月14日);

(27)《国务院关于印发中国水生态资源养护行动纲要的通知》(国发〔2014〕9号);

(28)农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见(农渔发〔2022〕1号)。

2.1.2 地方相关文件及政策

(1)《广东省实施<中华人民共和国海洋环境保护法>办法》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过,2018年11月29日修正);

(2)《广东省海域使用管理条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议修正,2021年9月29日);

(3)《广东省环境保护条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十五次会议第,2022年11月30日修正);

(4)《广东省水污染防治条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十六次会议,2021年1月1日施行);

(5)《广东省大气污染防治条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员

会第七次会议，2019年3月1日施行)；

(6)《广东省渔业管理条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第3次修正，2019年9月25日)；

(7)《广东省固体废物污染环境防治条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议，2018年11月29日修订)；

(8)《广东省湿地保护条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第二十六次会议修订，2020年11月27日)；

(9)《广东省野生动物保护管理条例》(2020修订)；

(10)《广东省重点保护陆生野生动物名录》(2021修订)；

(11)《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，(粤府〔2020〕71号，2020年12月29日)；

(12)《广东省饮用水源水质保护条例》(广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议第2次修正，2018年11月29日)；

(13)《广东省人民政府办公厅关于印发广东省海洋经济发展“十四五”规划的通知》(粤府办〔2021〕33号，2021年9月30日)；

(14)《广东省海洋主体功能区规划》(广东省海洋与渔业厅、广东省发展和改革委员会，2017年12月)；

(15)关于印发《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的通知(广东省人民政府、国家海洋局，粤府〔2017〕120号)；

(16)《广东省沿海港口布局规划》(交通部规划研究院，广东省交通咨询服务中心，2008年4月)；

(17)广东省人民政府关于印发《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知(粤府〔2020〕71号)；

(18)《广东省生态环境厅关于印发<广东省生态环境保护“十四五”规划>的通知》(粤环〔2021〕10号)；

(19)《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》(粤环〔2022〕7号)；

(20)《广东省珠海市土地利用总体规划(2006-2020年)》；

(21)《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市海洋经济发展“十四五”规

划的通知》(珠府办〔2022〕1号);

(22)《珠海市人民政府关于印发珠海市生态环境保护暨生态文明建设“十四五”规划的通知》(珠府〔2022〕10号);

(23)《珠海市人民政府关于印发珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(珠府〔2021〕38号);

(24)《珠海市城市总体规划(2001-2020年)》;

(25)《珠海市发展和改革局关于印发<珠海市光伏电力发展规划(2022-2025年)>的通知》;

(26)《珠海市水生态环境保护“十四五”规划》;

(27)《珠海市海洋生态环境保护“十四五”规划》;

(28)《珠海市声环境功能区区划》(2020年12月1日);

(29)《珠海市环境空气质量功能区划分(2021-2025年)》(珠环〔2022〕197号)。

2.1.3 技术规范和标准

(1)《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016);

(2)《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014);

(3)《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018);

(4)《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018);

(5)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021);

(6)《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022);

(7)《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020);

(8)《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(海洋出版社,1986);

(9)《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局,2002年4月);

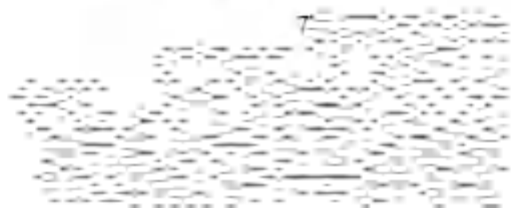
(10)《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007);

(11)《海洋监测规范》(GB17378-2007);

(12)《海洋生物质量监测技术规程》(国家海洋局,2002年4月);

(13)《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTJ/T231-2-2010);

(14)《海域使用分类》(HY/T123-2009);



- (15)《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017);
- (16)《溢油应急处置船应急装备物资配备要求》(JT/T1144-2017);
- (17)《海洋调查规范》(GB/T12763-2007);
- (18)《海洋水质标准》(GB3097-1997);
- (19)《海洋沉积物质量》(GB18668-2002);
- (20)《海洋生物质量》(GB18421-2001);
- (21)《生物多样性观测技术导则 鸟类》(HJ 710.4-2014);
- (22)《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014);
- (23)《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014);
- (24)《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ 681-2013);
- (25)《输变电建设项目环境保护技术要求》(HJ113-2020)。

2.1.4 工程基础资料

- (1)《鹤洲南“渔光互补”项目一期工程可行性研究报告》;
- (2)《广东省珠海市南垦区 鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目工程地质勘察报告》(中国电建集团昆明勘测设计研究院, 2023年1月)。

2.2 环境影响要素识别与评价因子筛选

2.2.1 环境污染要素识别

2.2.1.1 施工期的主要污染源和污染物分析

(1) 水污染源及污染物

海上施工工艺流程主要包括桩基施工, 支架与平台安装, 光伏板、箱逆变、升压站等电气设备安装, 电缆铺设, 调试检测等, 其中桩基施工会产生悬浮泥沙污染。

(2) 大气污染源及污染物

本项目于水上建设光伏发电项目, 主要施工方式为打桩机打桩施工, 所用桩基等构件均由陆域工厂运送至工程现场, 工程现场产生少量扬尘。因此施工期主要环境空气污染为施工机械、船舶产生的废气。

(3) 噪声污染源

施工期噪声主要来源于施工期机械及船舶, 此类噪声具有阶段性、临时性和

不固定性，且随着施工结束而消失，项目不在夜间施工，因此施工噪声对周边环境影响较小。

(4) 固体废弃物

施工期固体废弃物主要为施工人员生活垃圾及施工产生的少量建筑垃圾。

2.2.1.2 运营期的主要污染源和污染物分析

(1) 大气污染源及污染物

光伏发电是利用自然太阳能转变为电能，在生产过程中不消耗矿物燃料，不产生废气污染物，对环境空气无影响。运营期废气主要来自升压站的食堂废气。

(2) 水污染源及污染物

项目运营期水污染主要来自于光伏板的清洗废水及项目员工生活废水。清洗废水自然排放至水域中，污染物主要为自然落下的灰尘。本项目劳动定员 20 人，厂区生活污水经污水管网收集后，进入带隔油装置的一体化生活污水处理设备，最终委托第三方清运至斗门区白藤水质净化厂处理。

(3) 声污染源及污染物

本项目光伏阵列区箱式变压器噪声以中低频噪声为主，声压级均控制在 60dB(A)左右。箱式变压器分散安置于光伏阵列中间。

升压站运营期间噪声主要来自主变压器。本项目设置户外变电站，新建 2 台 290MVA 主变压器，采用三柱双绕组油浸式低损耗有载调压自冷变压器，属于低噪音变压器，该类变压器运行时在距变压器 1m 处的噪声 $\leq 68\text{dB(A)}$ 。

(4) 固体废弃物

项目运营期支架、电池不更换。光伏区有损坏或者使用寿命到期的废光伏板产生。运营期固体废物主要为废光伏板、生活垃圾以及事故情况下产生的变压器油。

(5) 电磁环境

升压站主要污染源为 220kV 主变压器，将产生电磁环境影响。

综上，项目污染影响因子汇总见表 2.2-1。

表 2.2-1 污染影响因子识别

评价时段	环境影响要素	影响产生环节	影响程度与分析评价深度
施工期	海水水质环境	桩基施工产生的悬浮物	++
		船舶油污水	+

		施工人员产生的生活污水	+
	海洋沉积物	堤国内的桩基施工	+
	海洋生物生态	堤国内的桩基施工	++
	陆域生态系统	临时占地	+
	声环境	机械、船舶作业	+
	大气环境	机械、船舶作业	+
营运期	水环境	光伏板冲洗水	+
	噪声污染源	箱变、升压站	++
	固废污染源	太阳能组件、支架发生损坏	+
	电磁环境	箱变平台、线缆	++

+ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微，需要进行简要的分析与影响预测；

++ 表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等，需要进行常规影响分析与影响预测；

+++ 环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感，需要进行重点的影响分析与影响预测。

2.2.2 生态影响因素分析

(1) 工程用海（占地）

本项目主体工程主要为光伏区及升压站，临时设施包括堆场、办公区等，具体位置见图 3.2-1 及图 3.4-1。项目主体工程光伏区等设施均位于南垦区堤围内部，属于海域。施工期办公区位于陆域，目前现状为填海形成的陆域。

根据《关于征求鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期用海选址范围意见的复函》（珠自然资函（9）[2023]34 号），拟选址区域不占用广东省国土空间规划生态保护红线，不占用自然保护地，不占用自然及人工岸线。

(2) 施工活动干扰

本项目施工工序为：桩基施工、支架与平台安装、电气设备安装等。主要施工器械包括：水陆两栖打桩机、座底船、钢浮箱、锤击打桩机等。

项目在南垦区堤围内部施工，与周边红树林（分布位置详见图 2.6-4）均有堤围阻隔，项目施工不会直接损伤红树林，不会影响红树林、公益林的生境。

项目施工可能会造成鹤州南垦区的水体泥沙浑浊、水源污染，影响水生生物及在水体中觅食的鸟类。

(3) 施工工期

本项目施工工期 17 个月，均在堤围内进行施工。项目所在水域与堤围外水域水力联系较小，产生的悬浮泥沙污染对堤围外物种、种群、生物群落、生境、生态系统以及自然景观等影响不大。

2.2.3 评价因子筛选

表 2.2-2 评价因子一览表

环境要素	评级类型	评价因子
水文动力	现状评价	潮汐、海流、水温和盐度、悬浮泥沙浓度
	影响分析	潮流
水质环境	现状评价	水温、盐度、pH、悬浮物、石油类、DO、COD、亚硝酸盐、氨、硝酸盐、活性磷酸盐、无机氮、汞、铜、铅、锌、镉、砷、铬、挥发酚
	影响分析	悬浮物
沉积物环境	现状评价	总汞、铜、铅、镉、砷、硫化物、石油类、有机碳、石油类
	影响分析	工程施工期打桩时搅动海底沉积物的影响分析
生物体质量	现状评价	汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷、石油烃
海洋生物生态	现状评价	叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、大型底栖生物与、潮间带生物、一类浮游生物、游泳动物
	影响分析	施工期：浮游生物、底栖生物、水温、鱼类及其鱼卵
声环境	现状评价	昼、夜等效 A 声级
	影响分析	等效连续 A 声级
大气环境	现状评价	SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、臭氧、CO、TSP
	影响分析	施工机械废气
固废	影响分析	生活垃圾、建筑垃圾、废太阳能组件、变压器事故油
电磁环境	现状评价	工频电磁场和无线电干扰
	影响分析	工频电磁场强度
其他生态环境	现状评价	陆域生态系统、湿地生态系统、鸟类
	影响分析	陆地生态、湿地生态（红树林）、鸟类

2.3 环境功能区划

2.3.1 海洋功能区划

2.3.1.1 广东省海洋功能区划

按照《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（2012年），本工程所在海域的海洋功能区为鹤洲南工业与城镇用海区，评价范围内海洋功能区有磨刀门保留区、白龙尾工业与城镇用海区、三灶工业与城镇用海区、横琴岛工业与城镇用海区、横琴岛港口航运区、湛江-珠海近海农渔业区、香洲保留区、万山群岛保留区。具体位置见图 2.3-1，管理要求见表 2.3-1。

2.3.1.2 珠海市海洋功能区划

按照《珠海市海洋功能区划（2015-2020年）》，本项目所在海域的海洋功能区为鹤洲南工业与城镇用海区，评价范围内的海洋功能区划为磨刀门保留区、白龙尾工业与城镇用海区、三灶工业与城镇用海区、横琴岛工业与城镇用海区、横琴岛东保留区、万山群岛保留区、拱北保留区、洪湾-十字门港口区、横琴岛航道区、珠海南部捕捞区。具体位置见图 2.3-2，管理要求见表 2.3-2。

2.3.2 近岸海域环境功能区划

根据印发《广东省近岸海域环境功能区划》的通知（粤府办〔1999〕68号），项目所在近岸海域分别为横琴海滨旅游功能区（1004）、鹤洲海涂种养功能区（1005）、三灶金沙湾旅游功能区（1006）、三灶、南水海水养殖功能区（1007），水质目标执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类海水水质标准。近岸海域环境功能区划管理要求见表 2.3-3。

2.3.3 声环境功能区划

根据《珠海市声环境功能区划》（2020年12月1日），本项目所在区域为2类区，具体见图 2.3-4。

2.3.4 大气环境

本项目位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区。根据珠海市生态环境局关于印发《珠海市环境空气质量功能区划分（2022年修订）》（珠环〔2022〕197号）的通知，本项目附近的陆域属于二类环境空气质量功能区，项目距离最近的一类环境空气质量功能区约 20km，具体见图 2.3-5。

2.3.5 生态环境管控单元

根据《珠海市人民政府关于印发珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（珠府〔2021〕38号），项目属于珠海市近岸海域环境管控“重点管控单元”，具体见图 2.3-6。

2.3.6 国土空间规划

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函【2022】2207号，2022年10月14日），按照《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》确定的耕地和

永久基本农田保护红线任务和《全国“三区三线”划定规则》。根据我省“三区三线”划定的生态保护红线，本项目不占用“三区三线”划定的生态保护红线。具体见图 2.3-7。

征求意见稿



图 2.3-1 广东省海洋功能区划示意图



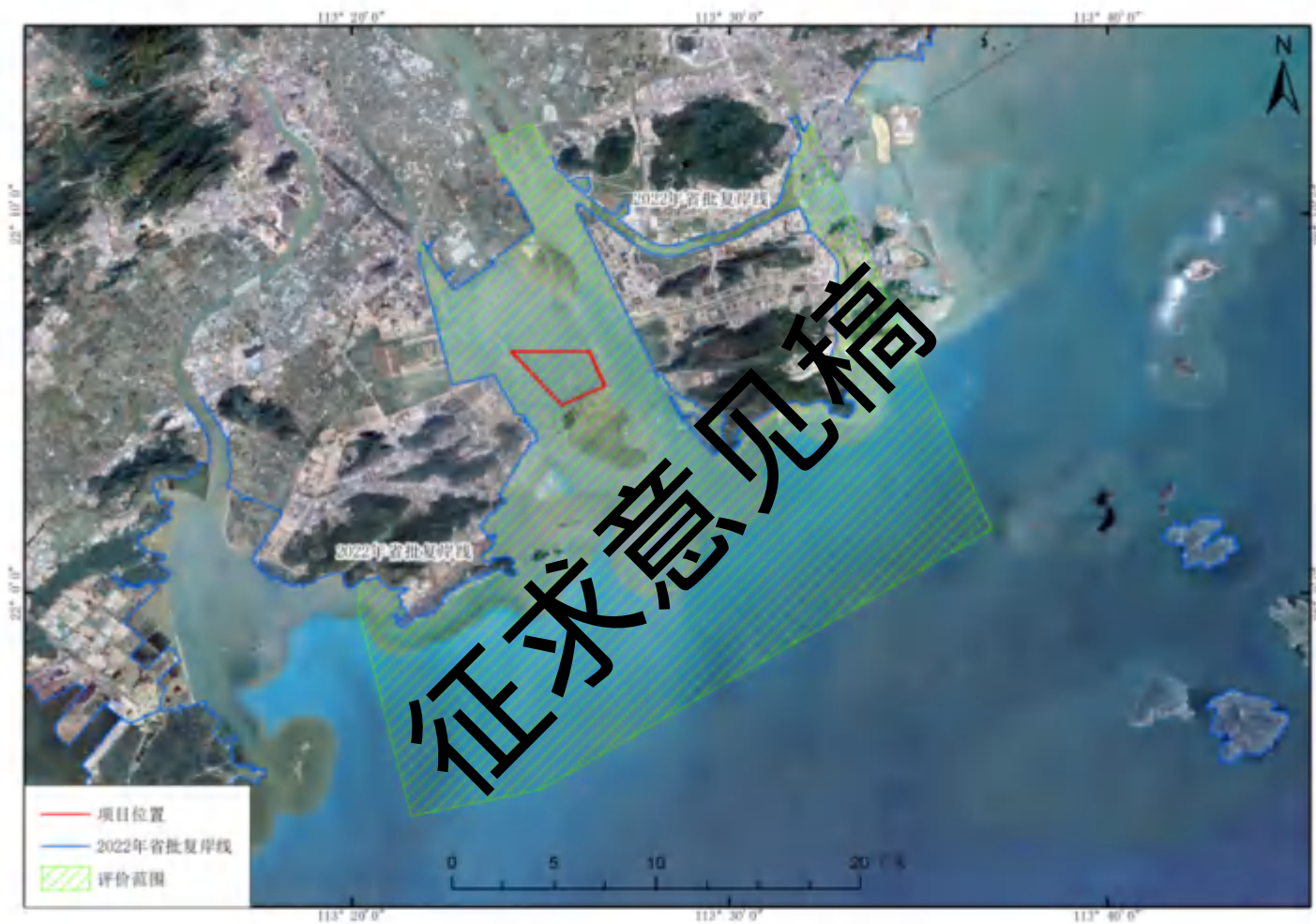


图 2.3-3 项目与广东省岸线位置关系示意图



图 2.3-4 金湾区声环境功能区划



征求意见稿

图 2.3-5 金湾区大气环境功能区划



图 2.3-6 珠海市近岸海域环境管控单元图

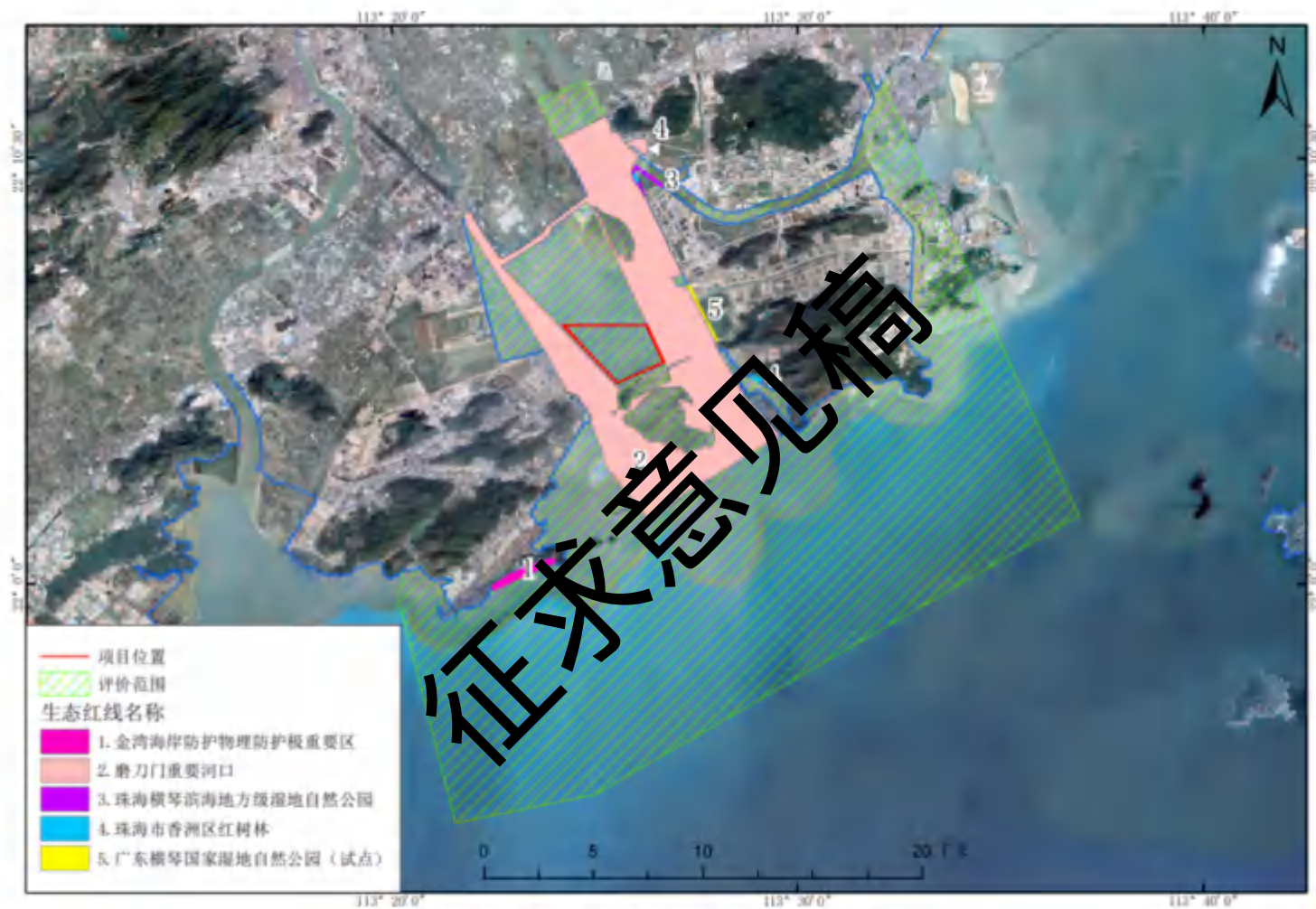


图 2.3-7 项目与广东省生态保护红线位置示意图

表 2.3-1 项目评价范围内海域广东省海洋功能区划分布登记表

代码	功能区名称	与项目位置关系	管理要求	
			海域使用管理	海洋环境保护
B7-4	鹤洲南工业与城镇用海区	占用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海; 2. 维护磨刀门海域防洪纳潮功能; 3. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 4. 加强对围填海的动态监测和监管。 	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
A8-9	磨刀门保留区	项目西侧、东侧紧邻	<ol style="list-style-type: none"> 1. 维护磨刀门海域防洪纳潮功能;维护海上交通安全; 2. 通过严格论证,合理安排相关开发活动; 3. 严格控制围填海,不得设置明显改变水动力环境的人工构筑物。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 保护磨刀门生态环境; 2. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。
A2-11	横琴岛港口航运区	项目东北 5.7km	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为交通运输用海; 2. 围填海必须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 3. 维持航道畅通,维护海上交通安全; 4. 改善水动力条件和泥沙输运环境; 5. 加强用海动态监测和监管。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加强港区环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海; 2. 执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量三类标准和海洋生物质量三类标准。
A3-15	白龙尾工业与城镇用海区	项目西侧 1.2km	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海; 2. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 3. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响; 4. 加强对围填海的动态监测和监管。 	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
B3-7	横琴岛工业与城镇用海区	项目东南 6.6km	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海; 2. 保障养殖用海、旅游娱乐用海需求; 3. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 4. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响,避免影响海 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生产废水、生活污水须达标排海; 2. 执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准标准。

			<p>底管线的正常使用；</p> <p>5. 加强对围填海的动态监测和监管；</p> <p>6. 优先保障军事用海需求；</p> <p>7. 保障横琴岛南航道通行需要。</p>	
A3-14	三灶工业与城镇用海区	项目西南 2.5km	<p>1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；</p> <p>2. 保障航空产业园、防灾减灾体系建设用海需求；</p> <p>3. 适当保障金沙湾旅游娱乐用海需求；</p> <p>4. 保护金沙湾砂质海岸；</p> <p>5. 围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源；</p> <p>6. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响；</p> <p>7. 加强对围填海的动态监测和监管。</p>	执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
A8-9	香洲保留区	项目东北 12km	<p>1. 维护防洪纳潮功能，维持航道畅通；</p> <p>2. 通过严格论证，合理安排相关开发活动。</p>	<p>1. 保护河口生态环境；</p> <p>2. 生产废水、生活污水须达标排海；</p> <p>3. 加强前山河水道环境治理；</p> <p>4. 加强海洋环境监测；</p> <p>5. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</p>
B1-1	湛江-珠海近海农渔业区	项目南侧 6.7km	<p>1、相适宜的海域使用类型为渔业用海；</p> <p>2、禁止炸岛等破坏性活动；</p> <p>3、40米等深线向岸一侧施行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；</p> <p>4、经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求；</p> <p>5、优先保障军事用海需求。</p>	<p>1、保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；</p> <p>2、执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。</p>

表 2.3-2 项目评价范围内海域珠海市海洋功能区划（《珠海市海洋功能区划》（2015-2020 年））

代码	功能区名称	与项目位置关系	管理要求	
			海域使用管理	海洋环境保护
B3-6	鹤洲南工业与城镇用海区	占用	用途管制：相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海，在海域基本功能未利用前保留现有养殖活动。 用海方式控制：1. 允许适度改变海域自然属性；2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	执行第三类海水水质标准，第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。
A8-8	磨刀门保留区	项目西侧、东侧紧邻	用途管制：1.保障磨刀门航道用海；2.通过论证合理开展开发活动。 用海方式控制：1.严格限制改变海域自然属性；2.严格限制围填海，不得设置明显改变水动力环境的构筑物；3.保持磨刀门自然岸线。 整治修复：1.整治磨刀门出海航道，改善和维持河口海域纳潮、排洪、通航等功能，整治修复岸线长度不少于2千米；2.逐步恢复横琴岛二井湾、芒洲等岛岸从海域的生态服务功能，整治修复岸线长度不少于4.5千米。	生态保护重点目标：保护磨刀门生态环境。 环境保护：海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。
A2-11-1	洪湾-十字门港口区	项目东北5.7km	用途管制：相适宜的海域使用类型为交通运输用海。 用海方式控制：1.严格限制改变海域自然属性；2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	环境保护：1. 加强港区环境污染治理，生产废水、生活污水须集中处理后达标排海； 2. 执行第三类海水水质标准、第三类海洋沉积物质量标准和第三类海洋生物质量标准。
A2-11-2	横琴岛航道区	项目东北5.7km	用途管制：相适宜的海域使用类型为交通运输用海。 用海方式控制：1.严格限制改变海域自然属性；2.优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。 整治修复：1.改善十字门水道和马骊洲水道沿岸景观环境，加固现有海堤，整治修复岸线长度不少于19.2千米； 2.逐步恢复横琴岛芒洲岛岸及海域的红树林生态系统服务功能，整	环境保护：1. 加强港区环境污染治理，生产废水、生活污水须集中处理后达标排海； 2.执行第三类海水水质标准、第三类海洋沉积物质量标准和第三类海洋生物质量标准。

			治修复岸线长度不少于1.5千米。	
A3-15	白龙尾工业与城镇用海区	项目西侧 1.2km	用途管制：相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海。 用海方式控制：1. 允许适度改变海域自然属性； 2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	环境保护：1. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 2. 执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。
B3-7	横琴岛工业与城镇用海区	项目东南 6.6km	用途管制：1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2. 保障养殖用海、旅游娱乐用海需求，优先保障军事用海需求； 3. 保障横琴岛南航道通行需要。 用海方式控制：1. 允许适度改变海域自然属性； 2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	环境保护：1. 生产废水、生活污水须集中处理后达标排海； 2. 执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。
A3-14	三灶工业与城镇用海区	项目西南 2.5km	用途管制：1. 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海； 2. 保障航空产业园、防灾减灾体系等用海需求，优先保障军事用海需求，不得对军事活动产生影响； 3. 适当保障金沙湾旅游娱乐用海需求。 用海方式控制：1. 允许适度改变海域自然属性； 2. 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	环境保护：1. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响； 2. 执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。
B1-1-1	珠海南部捕捞区	项目南侧 6.7km	用途管制：1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海； 2. 保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求； 3. 优先保障军事用海需求。 用海方式控制：1. 严格限制改变海域自然属性； 2. 禁止炸岛等破坏性活动。	环境保护：执行第一类海水水质标准、一类海洋沉积物质量标准和第一类海洋生物质量标准。

表 2.3-3 项目评价范围内海域近岸海域环境功能区划方案

标识号	行政区	功能区名称	范围	平均宽度 (km)	长度 (km)	主要功能	水质目标
1004	珠海市	横琴海滨旅游功能区	横琴岛周围海域	3	42.1	滨海旅游	二
1005	珠海市	鹤洲海涂种养功能区	磨刀门西侧至交杯沙	3	25	种植、海水养殖	二
1006	珠海市	三灶金沙滩旅游功能区	三灶岛大角头到马咀	3		海水浴场、旅游	二

征求意见稿

2.4 评价等级、评价范围、评价重点

2.4.1 评价等级

2.4.1.1 海洋环境

本项目额定容量为 524.7MW，属于大型光伏发电系统。本项目邻近磨刀门重要河口生态红线区等生态环境敏感区。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），确定各单项评价内容等级，具体见表 2.4-1。

其中，本项目光伏阵列、箱变平台等为透水式结构，所在海域水动力条件较弱，工程建成后桩柱附近淤积量略有增大，对地形地貌冲淤环境的影响主要集中在项目范围内，对项目范围外、堤围外海域冲淤环境影响较小。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014 代替 GB/T19485-2004），本项目属于“其他类型海洋工程中改变海岸线、滩涂、海床自然属性，产生较轻微冲刷、淤积的工程项目”，因此，地形地貌与冲淤环境影响评价等级为 3 级。

表 2.4-1 海洋工程环境影响评价等级

工程类型	工程规模	工程所在海域特征和生态环境敏感区	水环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境	地形地貌与冲淤环境
太阳能发电及其输送设施及网络工程	大型（≥100MW）	生态环境敏感区	1	1	2	1	3

2.4.1.2 生态环境评价等级

拟建项目永久工程全部位于海域，属于海洋工程类项目，邻近磨刀门重要河口生态红线区等生态环境敏感区。按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）要求，涉海工程项目生态环境评价等级参考《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），即本项目生态环境评价等级为 1 级。

2.4.1.3 大气环境

本项目施工期废气主要包括工程机械、船舶燃烧废气等，污染物产生量较小且分散，待施工结束后大气影响也随之消失；营运期除少量食堂油烟外不产生大气污染物。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），大气环境

影响评价等级定为三级。

2.4.1.4 声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)规定,根据建设项目所在区域的声环境功能区类别、建设前后所在区域的声环境质量变化程度和受建设项目影响人口的数量来确定声环境影响评价工作等级。

本项目所在区域为2类声功能区,声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准,工程建设前后噪声级增量<5dB(A),厂界周围200m范围内无居民点等声环境敏感点,确定本项目声环境影响评价工作等级为二级。

2.4.1.5 电磁环境影响评价工作等级

根据《环境影响评价技术导则输变电》(HJ24-2020),本项目电磁环境影响评价工作等级为二级。

表 2.4-2 本项目的电磁环境影响评价工作等级

分类	电压等级	类型	评价条件	评价工作等级
交流	220kV	变电站	户外式	二级

2.4.1.6 环境风险评价等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014),海洋工程建设项目的环境风险分析评价,应按照 HJ/T169, GB18218 和其他有关技术标准的要求,判定建设项目环境风险的危险源和物质危险性。

拟建项目为光伏太阳能发电项目,主要的风险物质为施工期船舶携带的燃油、运营期变压器携带的变压器油。运营期正常工作时项目无油污产生,仅当含油装置发生突发事故时,变压器油才会泄露,升压站平台设有事故油池,一旦含油装置突发事故时,事故含油废水即排入事故油池,不会直接排放至水域。项目参考《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)判定环境风险评价等级。

根据建设单位经验,施工期17个月,柴油总用量约为1800t,同时存在的油罐远小于1800t。项目运营期箱式变压器油量与主变压器油量共502t。《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录B中油类物质临界量为2500t。则项目油类物质同时存在的总量与临界量的比值 $Q<1$ 。则参考《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录C, $Q<1$ 时,项目环境风险潜势为I,评价

等级为简单分析，仅需要对危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性说明。由于施工使用船舶，施工作业范围较大，本项目涉海风险评价重点分析施工船舶溢油风险。

2.4.1.7 地下水环境评价等级

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A 地下水环境影响评价行业分类表，本项目属于“E 电力”中“34、其它能源发电”、“35、送（输）变电工程”，地下水环境影响评价项目类别均属于IV类。根据（HJ610-2016）中 4.1 节，“IV类建设项目不开展地下水环境影响评价”，故本项目不开展地下水环境影响评价。

2.4.1.8 土壤环境评价等级

本项目为 704.704MW 光伏发电工程，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）的附录 A 表 A.1，项目属于“其他行业”，该项目属于IV类，不开展土壤环境影响评价。

2.4.1.9 评价等级汇总

表 2.4-3 本项目评价等级一览表

项目	评价等级	
海洋	水力环境	1 级
	水质环境	1 级
	沉积物环境	2 级
	生态和生物资源环境	1 级
	地形地貌与冲淤环境	3 级
生态环境	1 级	
大气环境	3 级	
声环境	2 级	
电磁环境	2 级	
环境风险	简单分析	
地下水环境	不开展	
土壤环境	不开展	

2.4.2 评价范围

根据本项目所在海域的环境特征、工程规模及工程特点，确定各单项内容的评价范围。

2.4.2.1 海洋评价范围

评价以本项目可能影响到的范围为主，主要根据该工程特点、污染物特性、污染物种类以及承受载体的不同来确定。参考各单项要求的等级调查范围（水文动力的垂向距离不小于 5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍；海洋生态不小于 8~30km；沉积物与水质和生态的范围保持一致）依据项目所在海域的水动力条件，结合本项目的特点和建设规模，以及所在海区的自然环境条件和敏感目标情况，确定其海洋环境影响评价范围为北纬 $21^{\circ} 53'59.60'' \sim 22^{\circ} 12'23.32''$ ，东经 $113^{\circ} 20'2.11'' \sim 113^{\circ} 36'56.84''$ 的海域，东西长 29km，南北宽 33.6km，评价范围的水域部分面积约为 610.8km^2 评价范围，如图 2.4-1 所示。

2.4.2.2 生态评价范围

按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2018）要求，涉海工程项目生态环境评价范围参考《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），因此项目生态评价范围同海洋评价范围。

2.4.2.3 大气环境评价范围

本项目大气环境影响源主要为施工中的扬尘及机械设备废气，运营期除少量食堂油烟外不涉及大气污染物排放，根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），确定评价等级为二级，不需设置大气环境影响评价范围。

2.4.2.4 声环境评价范围

本项目声环境评价等级为二级，周边没有居民区等声环境敏感点，因此确定项目声环境评价范围为项目边界外 200m，具体见图 2.4-2。

2.4.2.5 电磁环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则输变电》（HJ24-2020），本项目电磁环境影响评价范围为 220kV 升压站站界外 40m 范围内，具体见图 2.4-2。

2.4.2.6 环境风险评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），本项目环境风险评价等级为简单分析，由于施工使用船舶，施工作业范围较大，本项目涉海风险评价重点分析施工船舶溢油风险。评价范围同海洋评价范围。



图 2.4-1 海洋环境评价范围

征求意见稿



图 2.4-2 声环境、电磁环境评价范围

2.5 评价标准

2.5.1 环境质量标准

2.5.1.1 海洋环境

(1) 海水水质质量标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，本项目评价范围内的海水水质评价标准判断见表 2.5-1，标准限值见表 2.5-2。

表 2.5-1 评价范围内海水水质执行标准一览表

序号	站点	广东省海洋功能区划（2011-2020年）	
		区划名	执行标准

1	S39、S40、S44、S45、S47、S48、	湛江-珠海近海农渔业区	第一类
2	S31、S32、S33	横琴岛工业与城镇用海区	第三类
3	C7、C8、C9、S29、S30	横琴岛港口航运区	第三类
4	S41	白龙尾工业与城镇用海区	第三类
5	S1、S2、S3、P2	鹤洲南工业与城镇用海区	第三类
6	S46	三灶工业与城镇用海区	第三类
7	P1、S34、S35、S36、S37、S43、S38、S42	磨刀门保留区	维持现状

表 2.5-2 海水水质标准 (mg/L, 除 pH 值外)

污染物名称	第一类	第二类	第三类
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位
DO>	6	5	4
COD≤	2	3	4
无机氮≤	0.20	0.50	0.40
活性磷酸盐≤	0.015	0.030	0.030
总 Hg≤	0.00005	0.002	0.0002
Cd≤	0.001	0.002	0.01
Pb≤	0.005	0.005	0.010
Cu≤	0.005	0.010	0.050
Zn≤	0.020	0.050	0.10
As≤	0.020	0.030	0.050
总铬≤	0.05	0.10	0.20
石油类≤	0.05	0.05	0.30
挥发性酚≤	0.005		0.010

*湛江-珠海近海农渔业区执行海水水质第一类标准。横琴岛工业与城镇用海区、磨刀门保留区执行海水水质第二类标准。横琴岛港口航运区、白龙尾工业与城镇用海区、鹤洲南工业与城镇用海区、三灶工业与城镇用海区执行海水水质第三类标准限值。

(2) 沉积物质量标准

海洋沉积物按照现状调查站位所处功能区划的管理要求执行。根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)(2012年)》和《珠海市海洋基本功能区登记表》，项目所在海域的海洋功能区划主要有湛江-珠海近海农渔业区，要求执行海洋沉积物质量一类标准；横琴岛工业与城镇用海区、白龙尾工业与城镇用海区、鹤洲南工业与城镇用海区、三灶工业与城镇用海区要求执行海洋沉积物质量二类标准；

横琴岛港口航运区要求执行海洋沉积物质量三类标准；磨刀门保留区要求海洋沉积物质量维持现状。

表 2.5-3 海洋沉积物质量标准 (GB18668-2002)

污染因子	石油类 × 10 ⁻⁶	Pb × 10 ⁻⁶	Zn × 10 ⁻⁶	Cu × 10 ⁻⁶	Cd × 10 ⁻⁶	Hg × 10 ⁻⁶	As × 10 ⁻⁶	Cr × 10 ⁻⁶	有机碳 100%	硫化物× 10 ⁻⁶
第一类标准	500	60.0	150.0	35.0	0.50	0.20	20.0	80.0	2.0	300
第二类标准	1000	130.0	350.0	100.0	1.50	0.50	65.0	150.0	3.0	500
第三类标准	1500	250.0	600.0	200.0	5.00	1.0	93.0	270.0	4.0	600

(3) 海洋生物质量标准

海洋生物中的鱼类、甲壳类、软体类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量标准”；石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第三分册)中规定的相应标准,根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)(2012年)》和《珠海市海洋基本功能区登记表》湛江-珠海近海农渔业区、海洋生物中的贝类执行海洋生物质量一类标准;横琴岛工业与城镇用海区、白龙尾工业与城镇用海区、鹤洲南工业与城镇用海区和三灶工业与城镇用海区海洋生物中的贝类执行海洋生物质量二类标准;磨刀门保留区、鸡啼门保留区海洋生物体质量维持现状。

表 2.5-4 海洋生物(贝类)质量 (GB18421-2001) 单位: mg/kg

标准名称	生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	铬	石油烃
第一类标准	贝类	10	0.1	0.2	20	0.05	1.0	0.5	15
第二类标准	贝类	25	2.0	2.0	50	0.1	5.0	2.0	50
第三类标准	贝类	50 (牡蛎 100)	6.0	5.0	100 (牡蛎 500)	0.3	8.0	6.0	80

表 2.5-5 海岸带调查标准最高限值 (×10⁻⁶湿重)

生物类别	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃	引用标准
鱼类	0.3	20	2.0	0.6	40	20	《全国海岸和海涂资源综合

甲壳类	0.2	100	2.0	2.0	150	/	调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
软体类	0.3	100	10.0	5.5	250	20	

(4) 声环境质量标准

根据《珠海市声环境功能区区划》(2020年12月1日),本项目所在区域为2类区,声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准。

表 2.5-6 声环境质量标准

标准名称	类别	昼间	夜间
《声环境质量标准》 (GB3096-2008)	2类	60dB(A)	50dB(A)

(5) 环境空气质量标准

本项目所在区域为二类区域,执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其修改单的二级标准。具体标准限值见表 2.5-7。

表 2.5-7 环境空气质量标准

污染物名称	标准限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	1小时平均	24小时平均	日平均	年平均
SO ₂	500	-	150	60
NO ₂	200	-	80	40
PM ₁₀	-	-	150	70
PM _{2.5}	-	-	75	35
CO	10mg/m ³	-	4mg/m ³	-
O ₃	200	160	-	-
TSP	-	-	300	200

(6) 电磁环境

本项目工频电场、工频磁场执行《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中频率为50Hz的公众曝露限值,即:工频电场强度为4000V/m、磁感应强度为100 μT 。

2.5.2 污染物排放标准

2.5.2.1 大气污染物排放标准

(1) 施工期

施工期施工船舶废气执行《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中

国第一、二阶段)》(GB15097-2016)第二阶段排放限值。

表 2.5-8 船舶排气污染物第二阶段排放限值

船机类型	单缸排量 (SV)(L/缸)	额定净 功率(P) (KW)	CO (g/kWh)	HC+NOx (g/kWh)	CH4(1) (g/kWh)	PM (g/kWh)
第 1 类	SV<0.9	P≥37	5.0	5.8	1.0	0.3
	0.9≤SV<1.2		5.0	5.8	1.0	0.14
	1.2≤SV<5		5.0	5.8	1.0	0.12
第 2 类	5≤SV<15	P<2000	5.0	6.2	1.2	0.14
		2000≤P<3700	5.0	7.8	1.5	0.14
		P≥3700	5.0	7.8	1.5	0.27
	15≤SV<20	P<2000	5.0	7.0	1.5	0.34
		2000≤P<3300	5.0	8.7	1.6	0.50
		P≥3300	5.0	9.8	1.8	0.50
	20≤SV<25	P<2000	5.0	9.8	1.8	0.27
		P≥2000	5.0	9.8	1.8	0.50
	25≤SV<30	P<2000	5.0	11.0	2.0	0.27
		P≥2000	5.0	11.0	2.0	0.50

(1) 仅适用于双燃料) 船机

(2) 运营期

运营期产生的废气为食堂油烟废气，执行《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）大型灶灶台排放标准，净化设施最低去除效率为 85%，最高允许排放浓度为 2.0mg/m³。

2.5.2.2 废水污染物排放标准

(1) 施工期

根据工程分析章节，施工期的废水类型包括生活污水、船舶含油污水、船舶生活污水。其中施工办公区设置临时厕所和带隔油装置设置动力一体化生活污水处理设备，收集后委托第三方清运至斗门区白藤水质净化厂处理。船舶机舱含油污水与船舶生活污水应经收集后，委托有处置资质的单位接收处理。

(2) 运营期

项目运营期的废水类型包括生活污水、光伏板清洗废水。厂区生活污水经污水管网收集后，进入带隔油装置的有动力一体化的生活污水处理设备，最终委托

第三方采用运输车清运至斗门区白藤水质净化厂处理。光伏板清洗废水污染物主要为环境空气中自然飘落的灰尘等产生的悬浮物，不会对海水水质产生影响。

2.5.2.3 噪声

工程施工场界噪声限值执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的噪声排放限值，运营期场界噪声限值执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的2类标准，具体见表2.5-9。

表 2.5-9 环境噪声排放标准

时段	执行标准名称	昼间	夜间
施工期	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)	70dB(A)	55dB(A)
运营期	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) 3类标准	60dB(A)	50dB(A)

2.5.2.4 电磁环境

本项目运营期工频电场、工频磁场执行《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中频率为50Hz的公众曝露限值，即：工频电场强度为4000V/m、磁感应强度为100 μ T。

2.5.2.5 固体废物

项目施工期固体废物主要为建筑垃圾及生活垃圾。建筑垃圾主要为施工营地中的材料加工产生的边角料、支架安装产生的废材料等，运至符合要求的建筑垃圾消纳点处置。运营期产生的固体废物主要为废太阳能光伏板、事故状态下产生变压器事故油(危险废物HW08)及生活垃圾。固体废物管理应遵循《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《广东省固体废物污染环境防治条例》《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001)《国家危险废物名录》(2021)中的有关规定。

2.6 环境保护目标

根据现场踏勘及调研结果，结合《中国海洋渔业水域图(第一批)》《广东省海洋功能区划(2011—2020年)》(2012年)《珠海市自然保护地规划(2021-2035)》，确定本工程附近的海洋环境保护目标及环境敏感目标有：重要的渔业水域、海洋生态红线区、水资源保护区、红树林、近岸海域国控点。

2.6.1 重要的渔业水域

根据中华人民共和国农业部第 189 号公告（2002 年 2 月 8 日）《中国海洋渔业水域图（第一批）》中的《南海区渔业水域图（第一批）说明》，本项目所在水域属于省级幼鱼和幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场。保护期及保护对象见下表。

表 2.6-1 项目附近渔业资源保护区及保护对象

保护区名称	与项目位置关系	保护期	保护对象
省级幼鱼和幼虾保护区	项目占用	3 月 1 日至 5 月 31 日	幼鱼、幼虾
南海北部幼鱼繁育场		全年	经济鱼类繁育活动

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年）及《珠海市海洋功能区划（2015-2020 年）》，湛江-珠海近海农渔业区位于项目南侧（图 2.3-1 及图 2.3-2），距离项目 7.2km，其海洋环境保护要求为：1、保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道；2、执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

2.6.2 海洋生态红线

根据我省“三区三线”划定的生态保护红线，本项目不占用“三区三线”划定的生态保护红线。评价范围内的生态红线区有：金湾海岸防护物理防护极重要区、磨刀门重要河口、珠海横琴湾海地方级湿地自然公园、珠海市香洲区红树林、广东横琴国家湿地自然公园（试点），具体见图 2.6-1。

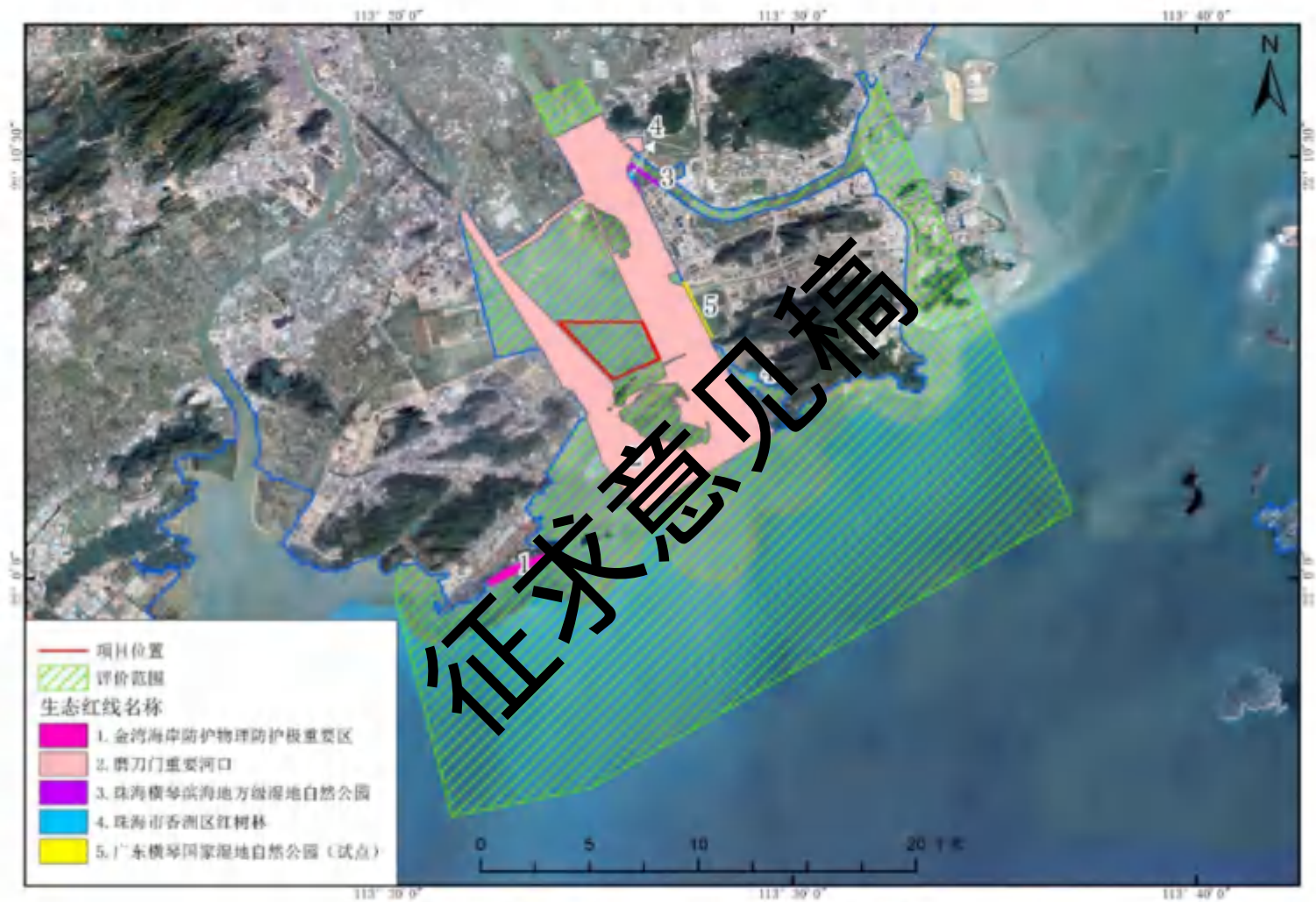


图 2.6-1 项目评价范围与海洋生态红线位置关系

2.6.3 近岸海域国控点

项目评价范围内有 4 个近岸海域国控站点，具体见图 2.6-2



2.6.4 饮用水源保护区

根据《珠海市饮用水水源保护区区划》，广昌泵站饮用水源保护区位于本项目海洋评价范围内。其它距离本项目较近的水源保护区均位于陆域，不受本项目影响。广昌泵站位于本项目东北面，一级水域与本项目直线距离 9.2km，二级水域与本项目直线距离 7.8km。

根据《珠海市饮用水水源保护区区划》（表 2.6-2），广昌泵站饮用水源保护区总面积 1662.08 公顷，其中一级保护区面积 228.04 公顷，水域范围为取水点上游 1500 米到下游 1500 米以内，取水点一侧堤岸到河道中泓线，陆域范围长度与

水域范围长度一致，宽度为取水口一侧防洪堤内侧至防洪堤外侧距离。

二级保护区面积 1434.04 公顷，水域范围为距离一级保护区上边界向上延伸 7500 米，距一级保护区下边界向下游延伸 1000 米，陆域范围与一级、二级保护区水域范围长度一致，宽度为一级保护区陆域外边界纵深 500 米和取水口一侧二级保护区水域沿岸陆域纵深 500 米。水质目标为 III 类。

表 2.6-2 广昌泵站饮用水源保护区区划方案

保护区名称和级别		水质目标	保护区面积 (公顷)	区划水域范围	区域陆域范围
广昌泵站饮用水源保护区	一级	III	228.04	长度：取水点上游 1500 米到下游 1500 米以内的河段； 宽度：取水点一侧堤岸到河道中泓线。	长度：与一级保护区水域长度相等； 宽度：取水口一侧防洪堤内侧至防洪堤外侧距离。
	二级	III	1434.04	长度：距一级保护区上边界向上延伸 7500 米，距一级保护区下边界向下游延伸 1000 米； 宽度：陆域范围内珠海市水	长度：与一级、二级水域保护区河长相等； 宽度：一级保护区陆域外边界纵深 500 米，和取水口一侧二级保护区水域沿岸陆域纵深 500 米。

征求意见稿



图 2.6-4 广日泵站饮用水水源保护区范围与本项目关系

2.6.5 湿地生态系统

2.6.5.1 红树林

本项目堤国外侧水域有红树林分布，主要种类为无瓣海桑和老鼠簕。分布范围见图 2.6-4。

堤围西南侧红树林层南北向分布，长约 520m，宽约 26m~33m，红树林离海堤最小距离 21m。堤围东南侧红树林呈东西向分布，长约 345m，宽约 17-20m，距离项目约 580m。堤围东北侧红树林呈南北向分布，距离项目约 3 km。堤围东北角红树林呈南北走向，长约 2.4km，宽 40m。除紧邻堤围的红树林外，项目南侧交北岛周围也有红树林分布，具体见图 2.6-4。

根据《珠海市自然保护地规划》(2021 年~2035 年)，以上红树林未被纳入珠

海市自然保护区中。

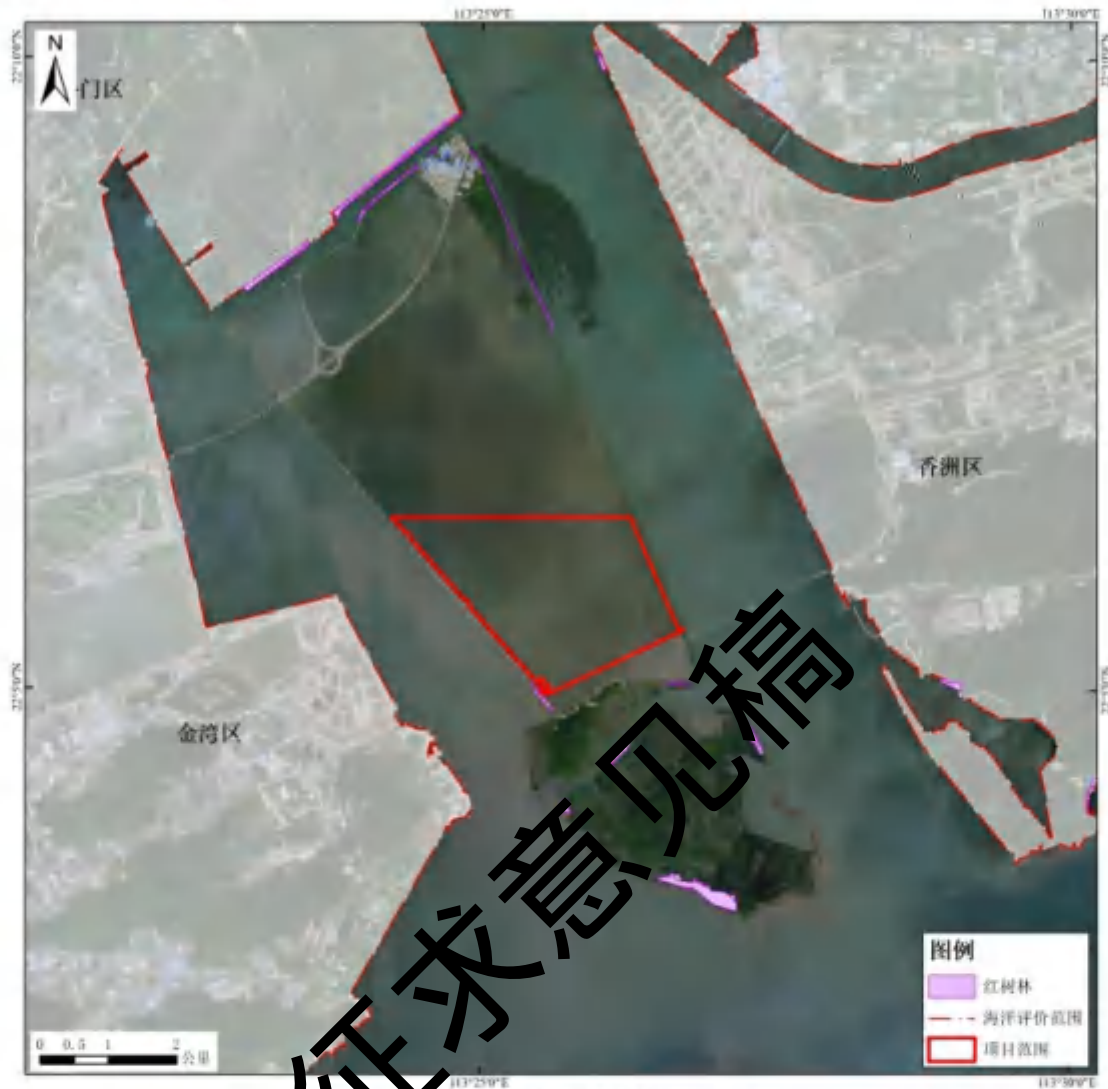


图2.6-4 项目与红树林位置关系

2.6.5.2 湿地公园

根据《珠海市自然保护区规划（2021-2035）》，有2座湿地公园紧邻项目海洋评价范围。其一为珠海横琴滨海区级湿地公园，即芒洲湿地片区，位于项目东北方向，距离约6.7km。其二为广东横琴国家湿地公园（试点），即二井湾红树林湿地片区，位于项目正东方向，距离约2.2km。如下图所示。



图 2.6-5 项目与湿地公园位置关系

2.6.6 养殖户

项目位于珠海市南屏区堤围内部，占用了珠海城建鹤洲开发有限公司养殖区范围。详见图 2.6-6。

2.6.7 动物保护目标

2.6.7.1 中华白海豚及印太江豚

中华白海豚，属国家一级保护动物，是一种沿岸定居性的小型齿鲸类，属海洋哺乳动物，是世界上 85 种鲸类之一，国际上习惯称之为印度太平洋驼背豚（Indo-Pacific humpback dolphin）。

在中国水域，中华白海豚主要分布东南沿海的河口内湾，北至福建省宁德市（Chen et al.2012），南至北部湾的越南水域边界。中华白海豚的个体活动范围会

随着年龄、性别、生育状态的变化而改变。年长的白海豚需要较大的活动范围以保证其食物供给以及寻求更多的交配机会来保证繁殖的成功。年少的海豚尚未建立好自己的栖息地，经常在种群分布范围内探索，因此在某个地方的停留时间较短，其活动范围较少固定。

印太江豚是国家二级重点保护野生动物。印太江豚跟其他的小鲸一样，它们的习性比中华白海豚内向，不太容易见到。印太江豚不同地区的印太江豚性格也会有点不同（例如在香港生活的就比较害怕人类），有些地方的印太江豚会主动跟着船只一起游泳，但是大部分的印太江豚害怕船只，而不会靠近。印太江豚主要食物是鱼，但亦会进食虾及鱿鱼。印太江豚通常栖于咸淡水交界的海域，也能在大小河川的下游地带等淡水中生活。印太江豚喜单独活动，有时也结成 2~3 只的小群。但也有 87 只在一起的记录。

根据中国水产科学研究院南海水产研究所 2001 年及 2008 年 7 月的调查，从三灶岛南至大襟岛以西水域中华白海豚出现较为频繁，尤其是大杧岛周围、荷包岛以西和大襟岛周围水域，在大襟岛南面海域还有少量江豚出现。根据中国水产科学研究院南海水产研究所最新（2015 年）的研究，珠江口白海豚种群分布范围图如图 2.6-7，项目范围位于白海豚的分布范围。

2.6.7.2 鸟类

根据《鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目鸟类现状调查与影响评价》，项目范围及周边区域存在多种国家级保护鸟类。项目范围内紧邻东堤有黑脸琵鹭、白额雁停留，于堤围外觅食。其他物种在项目范围外出现。



图 2.6-6 项目与附近养殖户及珠海金湾国际机场的位置关系



FIGURE 6 Full range of the Pearl River estuary–Moyang River estuary population of Indo-Pacific humpback dolphins (shaded area) and the existing marine protected areas: A, Guangdong Pearl River Estuary Chinese White Dolphin National Nature Reserve; B, Jiangmen Chinese White Dolphin Provincial Nature Reserve; C, Sha Chau and Lung Kwu Chau Marine Park; D, The Brothers Marine Park.

珠江口种群分布范围（阴影区域）（Li et al., 2019）

图 2.6-7 珠江口白海豚分布范围

2.6.8 穿堤建筑物

项目位于鹤洲南堤围内，堤围上现状共有穿堤建筑物 7 座，其中水闸 6 座、船闸（横洲闸）1 座，本项目紧邻横洲闸、3 号水闸与 4 号水闸。



图 2.6-9 项目与穿堤建筑物位置关系

2.6.9 电磁环境保护目标

珠海金湾国际机场为国际一级民用机场，位于本项目西南侧，直线距离约 7km。详见图 2.6-6。

2.6.10 环境保护目标一览表

表 2.6-3 项目环境保护目标一览表

环境影响要素	环境保护目标分类	环境保护目标
海洋环境保护目标	渔业水域	省级幼鱼和幼虾保护区
		南海北部幼鱼繁育场
		湛江-珠海近海农渔业区
	生态红线	金湾海岸防护物理防护极重要区
		磨刀门重要河口
		珠海横琴滨海地方级湿地自然公园
		珠海市香洲区红树林
		广东横琴国家湿地自然公园（试点）
	近岸海域国控点	GDN03005

		GDN03023
		GDN03030
		GDN03034
	饮用水源保护区	广昌泵站饮用水源保护区
	湿地生态系统	红树林
		珠海横琴滨海区级湿地公园
		广东横琴国家湿地公园（试点）
	穿堤建筑物	横洲闸、3号水闸与4号水闸
	养殖户	珠海城建鹤洲开发有限公司养殖区
	保护动物（鲸）	中华白海豚及印太江豚
	保护动物（鸟类）	共有52种列入各类保护名录的珍稀濒危保护鸟类，详见本报告2.6.7.2章节。
	电磁环境保护目标	珠海金湾国际机场
	大气环境保护目标	运营期仅有少量食堂油烟污染，对周边大气环境影响较小。项目周边500m范围内没有大气环境敏感目标。
	声环境保护目标	声环境影响评价没有环境保护目标

征求意见稿

3 建设项目工程分析

3.1 项目基本情况

项目名称: 鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目

项目地理位置: 鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区，项目位于人工堤围内部，厂址东西南三侧紧邻堤围，东隔堤围连接磨刀门水道与横琴新区相望，西隔堤围连接泥湾门水道，南隔堤围紧邻横洲水道，项目北侧距离堤围约 4.6km，堤围外为鹤洲水道。地理坐标介于东经 113.40~113.45°、北纬 22.08~22.11° 之间。项目地理位置见图 3.1-1。

建设单位: 珠海华发新能源建设运营有限公司

项目性质: 新建项目

项目规模: 项目额定容量 524.7MW，安装容量 702.3475MWp，容配比为 1.339，多年平均上网电量 87944 万 kW·h，年平均等效满负荷小时数 1252h。项目安装光伏组件 1210944 块，组成 43248 串光伏组串，共 159 个 3.3MWac 的光伏阵列。每个光伏阵列设置 1~2 个箱变单元。本工程新建 1 座 220kV 升压站，位于项目西南角，主变规模为 2×290MVA。项目总用海面积 648.9362 公顷，其中光伏区用海面积 534.3738 公顷，升压站区域用海面积为 1.5999 公顷。

项目投资: 项目总投资 2851.11 万元，环保投资 600 万元，占总投资的 0.27%。



图3.1-1 项目位置示意图

3.2 项目概况

3.2.1 工程主要建设内容

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目额定容量 524.7MW，安装容量 702.3475MWp，容配比为 1.339，多年平均上网电量 87944 万 kW·h，年平均等效满负荷小时数 1252h。本工程新建 1 座 220kV 升压站，位于光伏区西南角，主变规模为 2×290MVA，升压站采用 GIS、主变户外布置。项目总用海面积 648.9362 公顷，其中光伏区用海面积 534.3738 公顷，升压站区域用海面积为 1.5999 公顷。

本次评价仅包括光伏区与升压站，项目送出线路不在本次环评评价范围。此外，本项目光伏区覆盖的水域未来可能作为鱼塘使用，鱼塘的建设及养殖情况不属于本项目的建设内容。

表 3.2-1 主要工程内容一览表

工程组成	项目	工程内容
主体工程	光伏阵列	共有 159 个光伏阵列，每个光伏阵列由 272 串光伏组串、16 台汇流箱与 1 台 3300kW 箱逆变一体机或 2 台 1650kW 箱逆变一体机组成。每个光伏组串由相邻 28 块单晶硅光伏组件组成。光伏阵列采用固定式固定，由 56 块单晶硅光伏组件按 2(行)×28(列)的布置方式组成一个支架单元，所有阵列均为正南向南，支架倾角为 11°。本工程共有桩基式光伏支架 21524 个。
	箱式变压器	根据电气要求，每个光伏阵列布置 35kV 箱式变压器一台，共 201 台，箱变采用 PHC 预应力管桩钢结构平台支承，支承平台长 8m，宽 6m。
	220kV 升压站	220kV 升压站建设在厂址西南角，用海面积 15999m ² 。升压站东南侧为展厅区域，布置管理用房和展厅。升压站中部为生产区，布置无功补偿装置、35kV 开关柜预制舱室、主变压器、进出线构架及事故油池。升压站采用 GIS、主变户外布置，主变规模为 2×290MVA。升压站四周设 2.2m 高钢栅栏围墙。
辅助工程	人行栈桥	光伏场区内运维检修通道采用钢栈桥形式，平台通道宽度为 2m，通道上铺钢格栅板。另外可采用小型检修船检修，无需预留船检通道。项目西南与东南角各设一座人行栈桥，与项目外围堤岸连接。
	储能设施	储能设施位于升压站西北侧的储能区，采用 17 个 3.45MW/6.9MWh 储能单元，组成 58.65MW/117.3MWh 储能系统，另设 1 备用储能单元。

公用工程	给排水	给水：项目新水采用运水车从项目四周的堤围运输至场内； 排水：项目生活污水采用运输车运输至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。
环保工程	废气治理	项目运营期仅有食堂废气，拟采用静电油烟净化器对油烟收集处理后，从楼顶排出。
	废水治理	项目生活污水采用运输车运输至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理； 项目光伏板清洗废水自然流至项目水域内。
	噪声治理	选用低噪声设备。
	固废处理	项目生活垃圾由运输车运输至市政垃圾处理站处理； 废光伏组件属于一般固废，收集至升压站暂存，统一由生产厂家回收； 事故状态下产生的变压器油属于危险废物，事故发生后交由有资质的单位处理。
	风险防范	在光伏区的 201 个箱式变压器平台各设置 2.5m ³ 事故油池，在升压站内设置 80m ³ 消防水池。

3.2.2 总平面布置

项目用海总面积 648.9362hm²，总平面布置见图 3.2-1，项目建筑物均为透水建筑物。

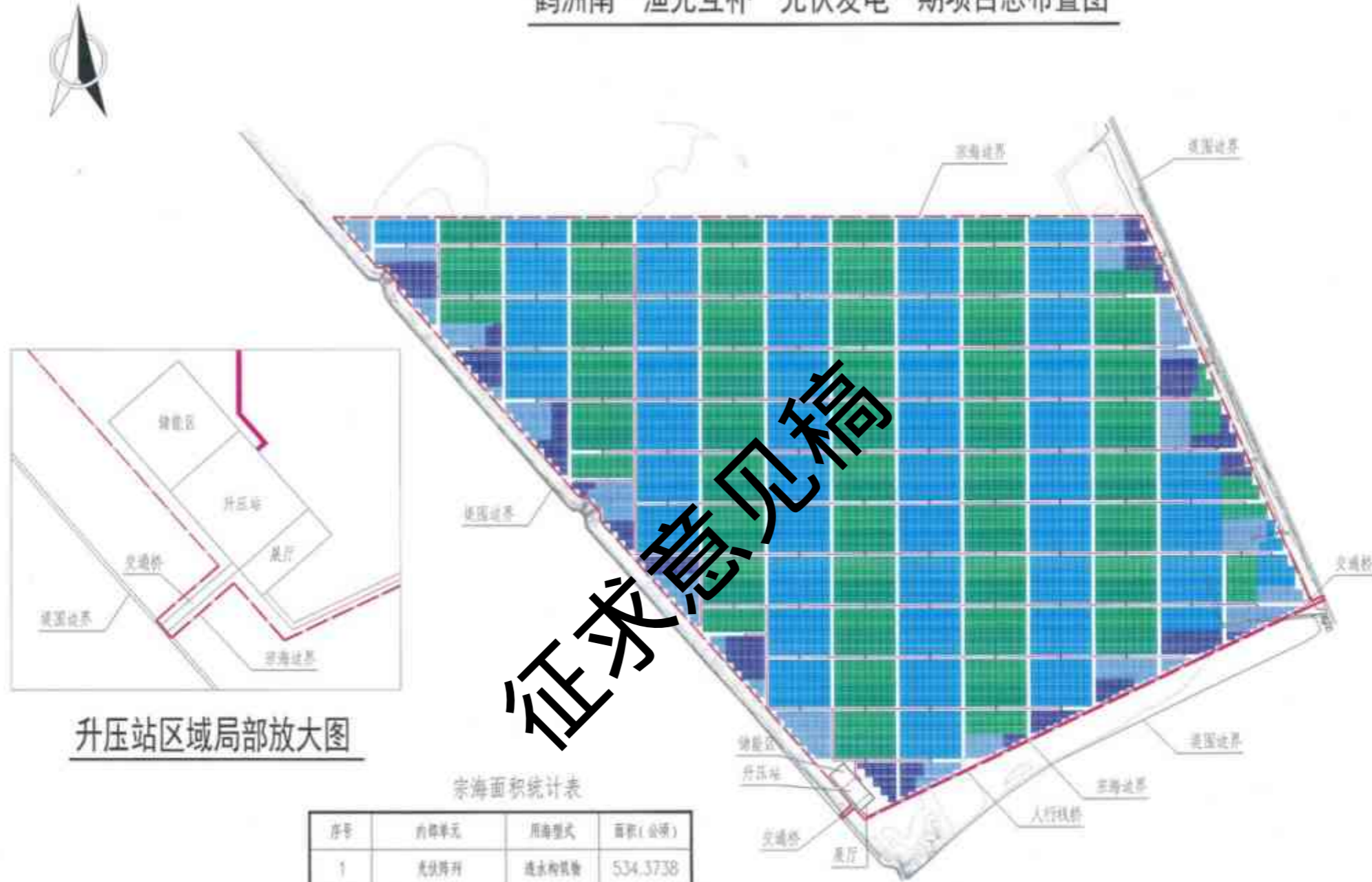
光伏阵列根据场址地形和可布区域设置，光伏阵列贴近海面、按南向布置，用海面积 534.3738hm²。共有 159 个光伏方阵，通过 24 回 35kV 集电线路汇集到项目 220kV 升压站。

在场址西南角建 220kV 升压站一座，建设场地长 200m，宽 80m，用海面积 15999m²。升压站东南侧为展厅区域，布置管理用房和展厅。升压站中部为生产区，布置无功补偿装置、35kV 开关柜预制舱室、主变压器、进出线构架、事故油池及污水池。升压站采用 GIS、主变户外布置，主变规模为 2×290MVA。升压站四周设 2.2m 高钢栅栏围墙。升压站平面布置图见图 3.2-2。

项目箱式变压器平台分散位于光伏阵列区域，共设 201 个箱式变压器平台。

项目设置人行栈桥，作为运维通道。同时在项目西南与东南角各设置一座交通桥与堤围相连。

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目总布置图



宗海面积统计表

序号	内码单元	用海型式	面积(公顷)
1	光伏阵列	透水构筑物	534.3738
2	人行栈桥	透水构筑物	15.8694
3	升压站区域	透水构筑物	1.5999
4	集电平台	透水构筑物	0.2850
5	施工临时栈桥	透水构筑物	0.1068
6	填海	无	96.7013
	总计		648.9362

图 3.2-1 项目总平面布置图

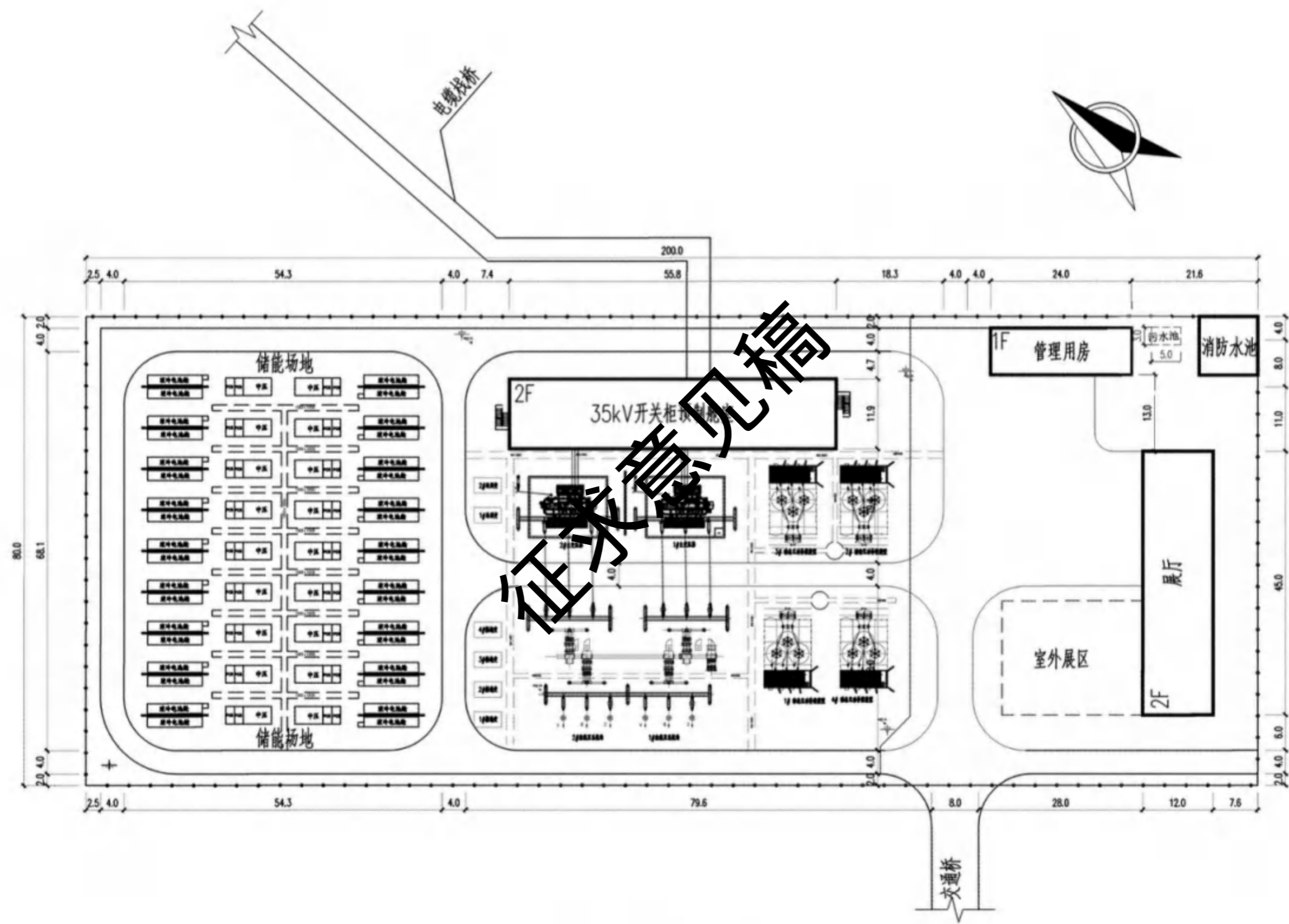


图 3.2-2 升压站平面布置

3.2.3 项目设备

表 3.2-2 项目施工期设备

设备	数量(台)	型号/规格	备注
铲车	4	功率约 160KW	
挖机	5	240	
挖机	10	300	
打桩机	20	锤击式	
吊机	20	25 吨	
吊机	2	50 吨	
运输船	30	25 吨	无动力
运输船	20	25 吨	有动力
发电机	50	25KW	
发电机	5	50KW	

表 3.2-3 项目运营期设备

设备	数量	单位	型号/规格	备注
一、光伏区				
单晶硅电池板组件	1210944	块	580Wp	
汇流箱	2816	台	500V, 20 汇 1	
箱逆变一体机	117	台	3300kW, S13-3300/37, 37±2×2.5%/0.63kV, D, y11 Ud=6.5%	
	84	台	1650kW, S13-1650/37, 37±2×2.5%/0.63kV, D, y11 Ud=6.5%	
箱式变压器	201	台	35kV	
电池板至汇流箱电缆	2646	km	H1Z2Z2-K-1×4mm ² , DC1500V	
直流电缆	240	km	ZS-YJLV23-1.8/3kV-2×150mm ²	
光伏电缆连接器	87584	套	适用于 4mm ² 光伏电缆	
桥架支架	8	t	热镀锌桥架支架 Q235 钢	
二、升压站				
220kV 主变压器	2	台	型号: SFZ11-290000/220 额定容量: 290MVA 电压比: 230±8×1.25%/35-35kV 阻抗电压: 全穿越 12%~14% 联接组别: YN, d11, d11 调压方式: 有载调压 冷却方式: 自冷	

220kV 配电装置	2	套	220kV 开关设备采用户内 GIS, GIS 采用单母线分段接线, 两个进线间隔, 两个出线间隔, 两个母线设备间隔 主要电气参数如下: 额定电压: 252kV 额定电流: 3150A 额定开断电流: 50kA 冷却方式: 125kA	
无功补偿装置	4	套	容量±38000kvar	
三、储能电池区域				
储能变流升压一体机	18	套	SC3450UD-MV 额定功率 3450kW	(17 用 1 备)
储能变流器	36	台	SC1725UD 额定功率 1725kW; 交流输出 690V/50Hz; 直流输入范围 1000~1500V; 三相三线, 非隔离	
升压变压器	18	台	SCB11 干变, 3 绕组, 37±2×10% D, 11, 3-10kVA	
电池系统	2	套	51440kWh (L) 电池系统容量 3440kWh	

3.2.4 劳动定员与工作制度

项目运营期定员 20 人, 24 小时值守。

3.3 工程设计

本项目安装容量 702.3475MW_p, 额定容量 524.7MW, 属于大型并网光伏电站工程, 主要由光伏阵列、升压系统等部分组成。

3.3.1 光伏阵列主要结构与尺寸

3.3.1.1 光伏阵列设计

本项目共有 159 个光伏阵列, 每个光伏阵列交流侧容量均为 3300kW。每个光伏阵列由 272 串光伏组串、16 台汇流箱与 1 台 3300kW 箱逆变一体机或 2 台 1650kW 箱逆变一体机组成。每 16 或 17 个光伏组串接入一台汇流箱。每个光伏组串由相邻 28 块单晶硅光伏组件纵向排列组成。

表 3.3-1 项目光伏阵列设计

项目	光伏阵列数量 (个)	箱逆变一体机数量 (个)	汇流箱数量 (个)	光伏组串数量 (个)	单晶硅光伏板数量 (个)	交流侧容量
单个光伏阵列	1	1	16	272	7616	3300kW
项目光伏系统	159	201	2816	43248	1210944	安装容量 702.3475MWp

本项目光伏组件倾斜面的宽为 4.576m。倾角为 11° 。需保证前后光伏组件中心距大于 5.68m，可不产生遮挡；又考虑到后期要实现渔光互补，则前后南北间距可适当留宽至 1.51m，以保证预留一定渔农鱼作业空间，因此桩基中心距设计为 6m，已大于不产生遮挡的临界距离，组件前后中心距示意图如下：

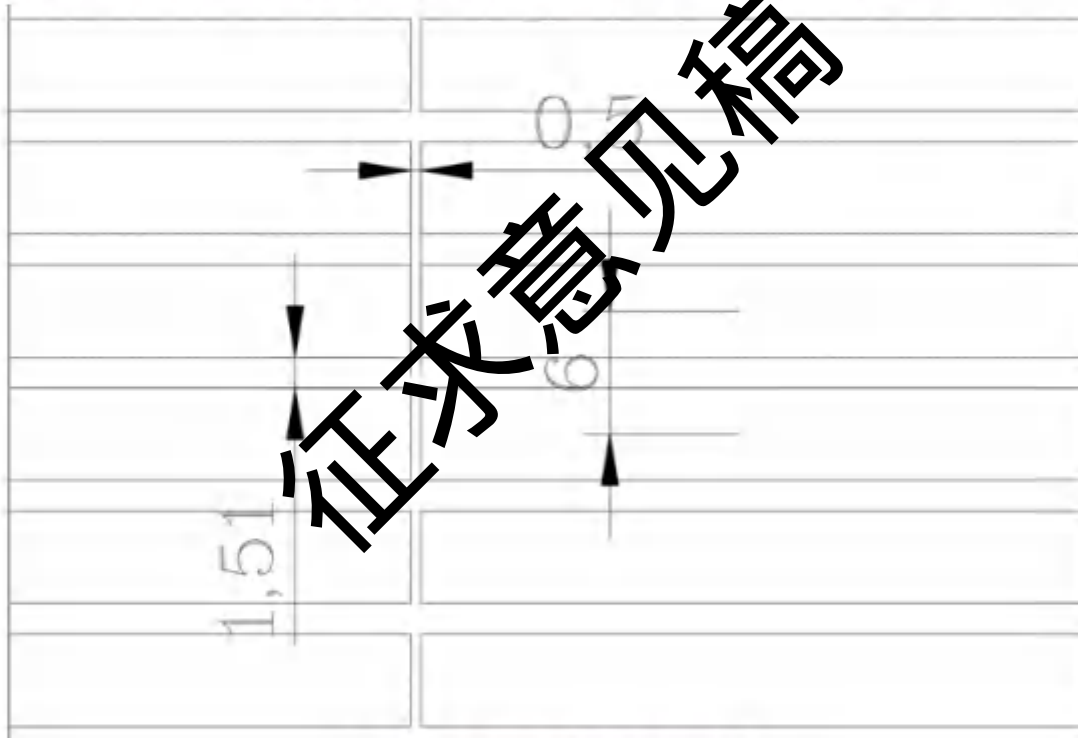


图 3.3-1 光伏组件距离排布示意图

3.3.1.2 支架系统设计

项目光伏区采用桩基式固定，由 56 块单晶硅光伏组件按 2（行）×28（列）的布置方式组成一个支架单元（即 2 个光伏组串组成一个支架单元），所有阵列均为正南向布置，支架倾角为 11° 。本工程共有桩基式光伏阵列方阵 159 个，桩基式光伏支架 21624 个。

固定支架采用横向檩条，纵向支架布置方案。2×28 光伏阵列组成一个结构单元，内有 8 根支架，支架由立柱、斜梁及斜撑（或拉梁）组成。在支架的斜梁上，按照光伏组件的安装宽度布置檩条，檩条用于连接光伏组件，承受光伏组件的重量。组件每条长边上有两个点与檩条连接，一块光伏组件共有 4 个点与檩条连接固定。光伏组件与檩条采用螺栓连接，材质为不锈钢栓。斜梁采用 C80×40×15×2.5mm 热镀锌薄壁卷边槽钢，檩条采用 C120×60×20×2mm 热镀锌薄壁卷边槽钢，斜撑及立柱采用 C60×40×15×2.5mm 热镀锌薄壁卷边槽钢。横梁、斜梁、立柱、斜撑均采用 Q420B 热镀锌钢材。支架基础拟采用 PHC 管桩基础。桩间距为 4.5m，桩径 400mm，混凝土强度等级为 C80，初拟单桩埋设深度为地下 12m，高出地面 6m，桩长初步估算为 18m。光伏支架方案示意图见图 3.3-2。

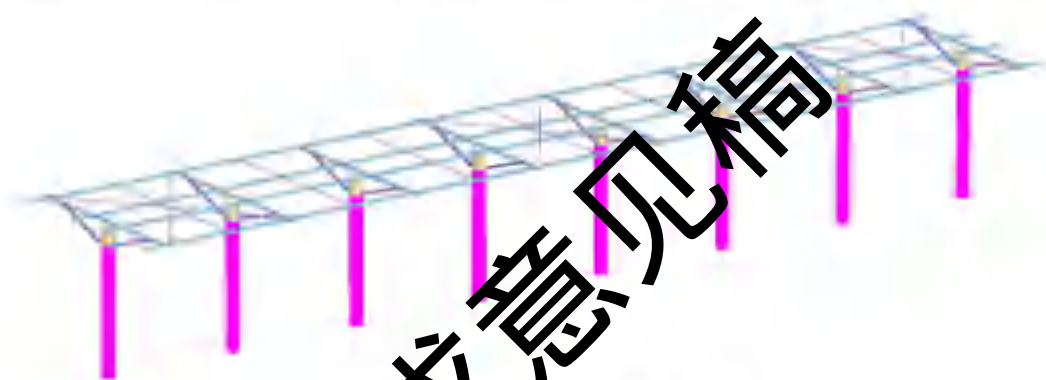


图 3.3-2 光伏阵列固定支架示意图

3.3.2 箱式变压器基础设计

根据电气要求，每个光伏阵列布置 35kV 箱式变压器一台，共 201 台，箱变采用 PHC 预应力管桩钢结构平台支承，支承平台长 8m，宽 6m，承台高出 100 年一遇潮水位 1.0m。支架基础拟采用 PHC 管桩基础，桩径 400mm，混凝土强度等级为 C80，单桩埋设深度为地下 20m，高出地面 4m，桩长为 24m。

3.3.3 钢栈桥设计

光伏场区内运维检修通道采用钢栈桥形式，平台通道宽度为 2m，通道上铺钢格栅板。光伏阵列与升压站的电缆敷设采用钢栈桥上铺桥架方式敷设。钢栈桥基础采用桩基础，上铺钢支架平台，桩基采用 $\Phi 400\text{mm}$ PHC 桩，单桩埋设深度为地下 12m，高出地面 6m，桩长为 18m。每幅排架下布置 2 根桩且均为直桩，

排架间距为 4m。桩基础排架间采用钢梁 HN300x150 相连，钢梁上铺设 1m 间隔的 12#槽钢，横向间距采用 L50X4 角钢进行连接固定。电缆敷设应认真贯彻执行国家标准《电力工程电缆设计规范》(GB 50217-2007)、《工程建设标准强制性条文电力工程部分》和《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》(GB 50168-2006) 等国家规范。

3.3.4 升压站设计

本项目在西南角建设 220kV 升压站一座，采用 PHC 预应力管桩钢结构平台支承，支承平台长 200m，宽 80m。支架基础拟采用 PHC 管桩基础，桩径 600mm，混凝土强度等级为 C80，单桩埋设深度为地下 42m，高出地面 8m，桩长为 50m。

站内道路为最小 4.5m，在站内形成环形通道。升压站东南侧为展厅区域，布置管理用房和展厅。升压站中部为生产区，布置无功补偿装置、35kV 开关柜预制舱室、主变压器、进出线构架及事故油池。升压站西北侧为 GIS、主变户外布置，主变规模为 2×290MVA。升压站四周设 2.2m 高钢制围栏围墙。

35kV 开关柜预制舱为两层钢结构预制舱房，长 55.8m，宽 11.9m，建筑面积约 1328.04m²。

展厅为两层钢结构建筑，长 45m，宽 24m，建筑面积约 1080m²。

管理用房为单层钢结构建筑，长 24m，宽 8m，建筑面积约 192m²，内设办公室、食堂、宿舍。

3.3.5 储能系统设计

储能系统位于升压站储能区，本项目装机总容量为 524.7MW，本期储能配置按不低于装机容量的 10%、额定功率下持续放电时间不低于 2 小时配置，即配置储能容量不低于 58.65MW/117.3MWh。58.65MW/117.3MWh 储能系统采用 17 个 3.45MW/6.9MWh 储能单元，具有安装维护方便、系统集成化程度高等优点。另在储能区设置 1 套同型号备用储能单元。

3.45MW/6.9MWh 储能单元共划分为 2 个 1725kW/3440kWh 储能子单元，储能子单元由变流升压系统及锂电池系统组成。单套变流升压系统主要由 2 台 1725kW 储能变流器、升压变压器等组成，单套锂电池系统主要由 10 个电池簇组成，每簇容量为 344kWh，每 2 簇通过电池控制柜汇流后接入储能变流器直流侧，2 台储能变流器交流侧输出直接并联通过 1 台 3450kVA 干式变压器升压后接

入 35kV 母线。每个储能单元集成有本地控制器，可实现本地设备层综合管理，统一通讯接口和协议。

储能系统设置独立的逆变器和升压变压器，最终直接并入电站的 35kV 母线，对 35kV 母线上的发电单元都能进行补偿、平滑。储能系统可将动态能量及时的释放出来，平抑系统内所有交流并网类型电站的波动并增电网稳定性。

3.4 施工方案

本项目施工期约 17 个月，施工流程主要包括：施工准备→PHC 桩基础施工→光伏组件安装→箱式变压器的安装→电缆支架安装与电缆敷设→电气设备安装调试。

3.4.1 桩基施工方案

本工程光伏阵列、升压站均采用静力桩基础，采用水陆打桩机（打桩船）进行施工。水陆打桩机是一种适用于陆地、浅水及深水作业环境的多用途打桩机，行走装置采用双体船式浮箱结构履带架及密封的船形履带板，解决了打桩机不能下水作业的问题，打桩机在更换工作装置后可以进行起重、夯上、拔桩等多种作业。

本工程可采用常规的施工工艺，主要建筑物的施工方法如下：

本工程支架基础采用 PHC 桩基础，采用水陆打桩机（打桩船）进行施工。PHC 预制桩经堤围北侧预制桥运至项目范围内后，采用小型甲板驳船（装有吊车）运至各工作区。

施工工序为：测量放线、测放桩位、竖桩和插桩、垂直度控制、打桩。打桩主要施工器械包括：水陆打桩机、座底船、钢浮箱、锤击打桩机等。

打桩前综合分析桩位布置情况、地质情况及其他因素，根据试桩情况选用锤击能量相似的打桩设备，制定流程、计划并与各方讨论确定。打桩顺序要按照审定的方案执行，打桩施工采用锤击法施工。打桩时进行垂直度控制，采取措施，防止桩头打爆，保证打桩质量。沉桩时，出现贯入度突然变大、桩身突然发生倾斜、打不下去、桩锤严重回跳、桩顶或桩身出现严重裂缝或破碎等异常情况时，立即停止打桩，采取相应措施后再施工。打桩施工时，打完一根桩并达到停锤标准后再进行交接班，合理控制沉桩速率，加强桩顶标高检测，确保工程质量。

打桩机具体施工工艺如下：

①根据桩长及地层情况，选择相应的锤型，确保锤击贯入达到设计标高。

②桩施工前，对每根桩桩位作地表障碍物钎探，遇障碍物时，预先进行处理。

③吊桩就位后，用靠尺对桩进行两个方向的垂直度调整，确保桩身垂直，待桩轻击入土中 1 至 2m 后，再重调一次桩的垂直度。锤击时，桩帽、桩身和桩位中心线重合，同一根桩施工时，各工序应连续施工，缩短施工时间。

④插桩时一定要让桩头对准地面桩位标志物，然后用靠尺 360 度挂靠，调整垂直度，并指挥桩机进行反复多次调整。

⑤施打前，先进行试验，选择合理的冲距。每根桩要连续施打，停歇时间不宜太长。

⑥施打时选择“重锤轻击”法原则，开始时，锤的震动应较小，待桩身进入土中较深且稳定后，再用标准落距施工，直至满足设计孔深或贯入度要求。持力层面按地质资料及贯入度进行双控。

⑦打桩时要严格按有关标准做好入土深度、贯入垂直度、锤型等原始记录。

⑧打桩时桩帽与桩周围的间隙应控制在 5~10mm 之间，锤与桩帽、桩帽与桩之间垫弹性垫，衬垫厚度应均匀，且经锤击压实后的厚度不宜小于 120mm，在打桩期间应经常检查，并及时更换或补充；锤、桩帽以及桩身应在同一中心线上。

⑨沉桩宜连续一次将桩沉到设计标高，尽量减少停锤时间，确需停锤时也应选择沉入的桩较浅时，并尽量缩短停锤时间。

3.4.2 光伏阵列组建安装

本工程光伏组件全部采用固定方式安装，待桩基验收合格后，进行光伏组件的安装，光伏组件的安装分为两部分：支架安装，光伏组件安装。

光伏阵列支架表面应平整，固定太阳能组件的支架面必须调整在同一平面；各组件应对整齐并成一直线；倾角必须符合设计要求；构件连接螺栓必须加防松垫片并拧紧。光伏组件支架安装工艺为：

前期准备工作→安装支架基础槽钢→安装斜支架→支架总体调整→支架螺栓紧固→安装光伏组件支架檩条→校正檩条和孔位→紧固所有螺栓→符合光伏组件孔位。

安装太阳光伏组件前，应根据组件参数对每个太阳光伏组件进行检查测试，

其参数值应符合产品出厂指标。应挑选工作参数接近的组件在同一子方阵内，选额定工作电流相等或相接近的组件进行串联。

安装太阳能光伏组件时，应轻拿轻放，防止硬物刮伤和撞击表面玻璃。组件在基架上的安装位置及接线盒排列方式应符合施工设计规定。组件固定面与基架表面不吻合时，应用铁垫片垫平后方可紧固连接螺丝，严禁用紧拧，连接螺丝的方法使其吻合，固定螺栓应加防松垫片并拧紧。

光伏组件电缆连接按设计的串接方式连接光伏组件电缆，插接要紧固，引出线应预留一定的余量。

光伏阵列安装角度、组件边缘高差和组件平整度应严格遵守设计文件或生产厂家的要求。严禁在雷、雨天进行组件的连线工作。

3.4.3 箱式变压器的安装

箱式变压器的基础也采用 PHC 管桩，其施工工艺参见光伏支架基础。靠近箱体顶部有用于装卸的吊钩，起吊钢缆拉伸时与垂直线间的角度不能超过 30° ，如有必要，应用横杆支撑钢缆，以免造成箱变结构或起吊钩的变形。箱变大部分重量集中在装有铁心、绕组的变压器，而端子终端箱内大部分是空的，重量相对较轻，使用吊钩或起重机不当可能造成箱体或其附件的损坏，或引起人员伤害。在安装完毕后，接上试验电缆，按国家有关试验规程进行试验。

3.4.4 升压站安装

升压站的基础也采用 PHC 管桩，其施工工艺参见光伏支架基础。升压站桩基验收完成后，进行平台吊装焊接组装，平台组装后进行设备、办公室等安装，最后进行电缆、电气安装调试，将光伏区电缆接入升压站。

3.4.5 电缆支架及电缆安装

电缆支架及电缆在安装前，应根据设计资料及具体的施工情况，编制详细的《电缆敷设程序表》，表中应明确规定每段电缆支架和每根电缆安装的先后顺序。

电缆支架及电缆的使用规格、安装路径应严格按设计进行。电缆桥架及电缆达到现场后，应严格按规格分别存放，严格要求其领用制度，以免混用。电缆敷设时，对每盘电缆的长度应做好登记，动力电缆应尽量减少中间接头，控制电缆做到没有中间接头，支架上每敷设完一层电缆应及时整理绑扎好，不允许多层电

缆敷设完后再一起整理。对电缆容易受损伤的地方，应采取保护措施。电缆敷设完毕后，应保证整齐美观，进入盘内的电缆其弯曲弧度应一致，对进入盘内的电缆及其它必须封堵的地方应进行封堵。

3.4.6 施工临建设施

本工程工期较短，且工程区距离附近村镇较近，交通方便，不考虑在现场设业主营地、承包商营地、机械修配间、砂石料车间等。施工所需设施设备，拟利用当地资源。设备材料可通过陆路运输，利用项目周围的堤围作为场内运输的主要通道，在堤围内部采用小型甲板驳船（装有吊车）将设备材料运输至施工区域。

施工现场主要设置的临建设施有：办公区、小型加工厂、小型仓库、露天堆场。

办公区：办公区设置在项目南侧金海大桥下，现状为填海形成的陆地，配备 15m^3 储水罐7个。办公区不含住宿区，施工人员在营地住宿。

小型加工厂：考虑现场零星修配，加工区内设有小型切割机、电钻等小型器具。项目支架外有防盐、防腐蚀镀层，支架出厂前已喷涂完成，因此现场不设喷涂工序。

小型仓库：缆线、主要发电机电气设备等需仓库存放。

露天堆场：型钢、钢筋、电焊板组件等可露天堆放。

项目临建设施共占地（占海）共约 20.7hm^2 ，堆场、小型加工厂位于项目红线内，均在海域，项目办公区及小型仓库位于项目南侧金海大桥下，现状为填海形成的陆地。临建设施位置见下图：



图 3.4-1 项目临建设施位置

3.4.7 施工时间计划

本项目施工期共计 17 个月，包括施工准备期 1 个月，时间安排如下：

表 3.4-1 项目施工时间安排

项目	所需时间（月）
施工准备及施工设施修建	1
甲板驳船拼装，工厂预制件运输至现场	1
现场静力桩施工	4
光伏板安装	4
逆变升压一体机设备安装及调试；集电线路安装及调试	1
接地工程；升压站电气设备安装及调试	1
发电子方阵系统调试	3

全工程联动调试及试运行	1
收尾工作及竣工验收	1
合计	17

3.5 工艺流程与产污环节

3.5.1 施工期工艺流程与产污环节

海上施工工艺流程主要包括桩基施工、支架与平台安装、光伏板、箱逆变、升压站等电器设备安装、电缆铺设、调试检测等，桩基施工会产生悬浮泥沙污染，整个施工过程产生机械尾气、噪声污染。施工期工艺流程与产污环节如下图所示。

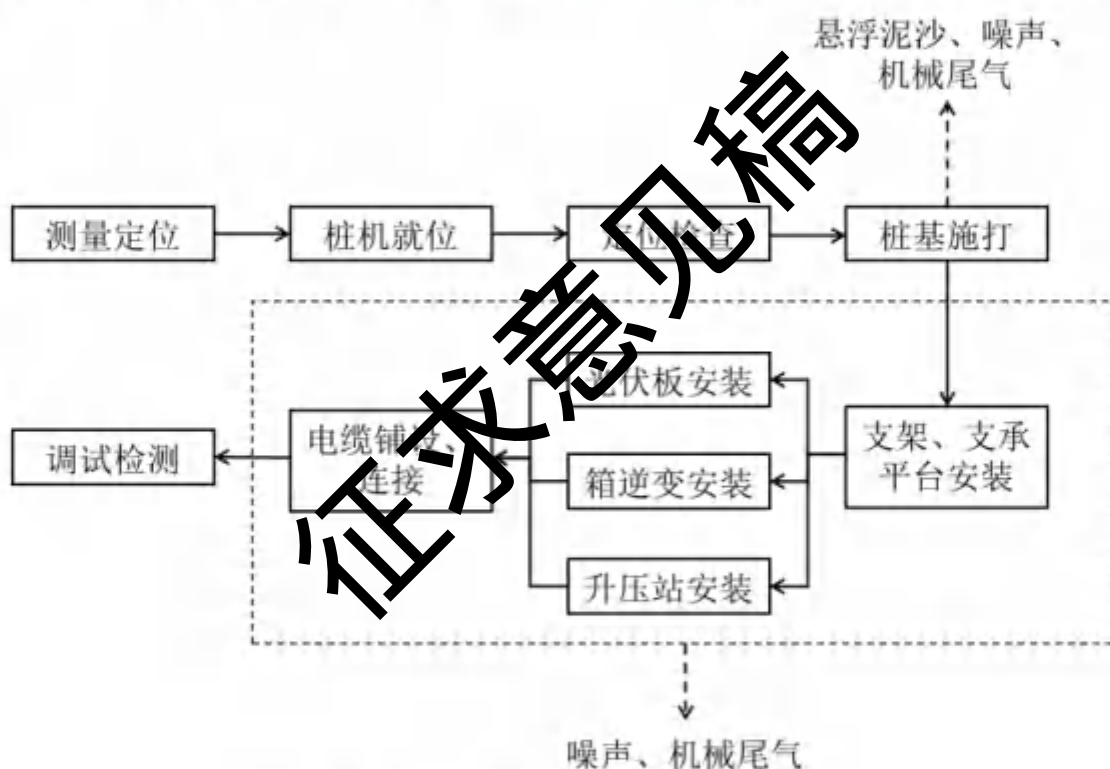


图 3.5-1 施工期工艺流程与产污环节

3.5.2 运营期工艺流程与产污环节

项目运营期将太阳能通过光伏发电组转换为电能。太阳能光伏电池发电经汇流箱汇集后接入箱逆变一体机，逆变器将直流电转为交流电，随后进入 35kV 变压器升压，最后接入 220kV 升压站。

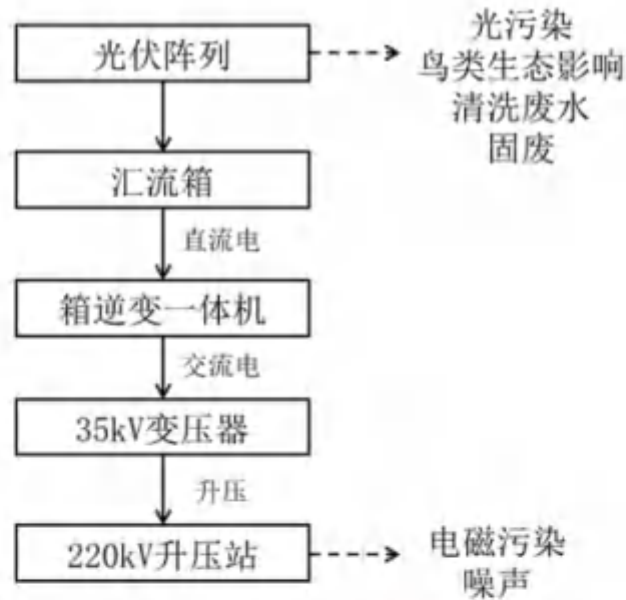


图 3.5-2 运营期工艺流程与产污环节

3.6 施工期污染源分析

3.6.1 施工期废气

本项目于水上建设光伏发电项目，主要施工方式为打桩机打桩施工，所用桩基等构件均由陆域工厂运送至施工现场。水上作业几乎不产生扬尘，运输过程将产生少量扬尘。运输道路为项目四周的堤围，堤围上有 5-8m 宽的水泥路面，水泥路面扬尘量较小，可忽略不计。

因此施工期主要环境空气污染为施工机械、船舶产生的废气。

根据建设单位经验，施工期柴油用量约 1800t。根据《环境统计手册》，柴油燃烧产生的各污染物产生量计算公式：

(1) 二氧化硫产生量

$$G_{SO_2} = 2 \times B \times S$$

式中： G_{SO_2} —二氧化硫产生量，kg；

B—燃油量，kg；

S—油的全硫分含量（重量）；根据《普通柴油》（GB252-2015），0#柴油含硫量取 10mg/kg（0.001%）。

(2) 氮氧化物产生量计算

燃料燃烧生成的氮氧化物量可用下式核算：

$$G_{NO_x} = 1.63B (\beta \cdot n + 10^{-6} V_y \cdot C_{NO_x})$$

式中： G_{NO_x} — 燃料燃烧生成的氮氧化物的量 (kg)；

B — 油消耗量 (kg)；

β — 燃烧氮向燃料型 NO 的转变率 (%)，燃油为 32-40%，取 35%；

n — 燃料中氮的含量 (%)，柴油含氮重量百分比为 0.01%；

C_{NO_x} — 温度型 NO 浓度 (mg/Nm^3)，通常取 $93.8mg/Nm^3$ ；

V_y — 实际烟气量 (Nm^3/kg)，根据《环境统计手册》经验公式计算，柴油 V_y 取 $12 Nm^3/kg$ 。

(3) 烟尘产生量的计算

$$G = B \cdot A \cdot d_m$$

式中： G — 烟尘排放量 (t/a)；

B — 燃油量 (t/a)；

A — 油的灰份 (%)；根据《普通柴油》(GB252-2015) 0#柴油灰份取 0.01%；

d_m — 烟气中烟尘占灰份量 (%)，其值与燃烧方式有关（查《环境统计》表 6-1），燃料油按 95% 计算。

因此，施工期柴油机械产生的 SO_2 、 NO_x 、烟尘的产生量共为 36kg、3.41t、0.1722t，均为无组织排放。考虑排放量不大、排放浓度较低，且施工现场均在野外，有利于空气的扩散，因此项目施工期废气污染对环境的影响较小。

3.6.2 施工期废水

3.6.2.1 施工期生活污水

施工期间施工人员不在场内住宿，日施工时间约 10 小时，参考广东省地方标准《用水定额 第 3 部分：生活》(DB44/T 1461.3-2021) 中的城镇居民全天用水量，本项目施工人员生活用水按 $100L/人 \cdot d$ 考虑，高峰期施工人数 500 人，则生活用水量为 $50m^3/d$ ，废水产生量按用水量的 90% 计，生活污水日排放量为 $45m^3$ 。参考一般城镇居民生活污水中污染物浓度，确定本项目施工期生活污水中主要污染因子为 COD ($300mg/L$)、 BOD_5 ($150mg/L$)、SS ($120mg/L$) 和 NH_3-N ($30mg/L$) 等。施工办公区设置移动厕所，生活污水委托第三方通过运输车清

运至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。

3.6.2.2 船舶含油污水

施工船舶含油污水主要产生部位在舱底，拟建项目施工期船舶主要为运输船、打桩船等，船舶载重吨位不会超过 500t。参考《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2018)中最低等级船舶(500 吨级)舱底油污水产生量为 0.14t/d 艘，高峰期船舶约 50 条，舱底油污水含油量浓度按照 10000mg/L 计算，则油污水产生量为 7t/d，油污产生量为 0.07t/d。船舶机舱含油污水应经收集后，委托有处置资质的单位接收处理。

3.6.2.3 船舶生活污水

施工期施工船只上将产生船舶生活污水，高峰期约 50 条船，每艘船上约 8 人。施工人员不在船上食宿，参考广东省地方标准《用水定额 第 3 部分：生活》(DB44/T 1461.3-2021)中的城镇居民全天用水量，施工人员船舶生活用水量按 50L/人·d 计，废水产生量按用水量的 80%计，则船舶生活污水产生量为 18 m³/d。参考一般城镇居民生活污水中污染物浓度，确定本项目施工期生活污水中主要污染因子为 COD (300mg/L)、COD5 (150mg/L)、SS (120mg/L) 和 NH₃-N (30mg/L) 等。船舶生活污水排放，《船舶水污染物排放控制标准》(GB3552-2018)要求执行，委托有资质的单位接收上岸处理。

3.6.2.4 悬浮泥沙

项目施工期悬浮泥沙主要产生于光伏阵列、箱变平台、栈桥、升压站等打桩过程，其源强可参照下式进行计算：

$$Q = \frac{\pi \cdot d \cdot h_0 \cdot \psi \cdot \rho}{t}$$

其中：Q：悬浮泥沙发生量，kg/s；

d：管桩直径，m；

h₀：管桩入泥深度，m；

ψ：管桩外壁附着泥层厚度，取 0.01m；

ρ：泥沙干容重，参考附近水域项目，平均按 1800kg/m³估算；

t：打桩时间。

桩基式光伏区、箱变平台、栈桥、升压站的悬浮泥沙源强见表 3.6-1。

表3.6-1 项目施工期打桩悬浮泥沙源强一览表

项目	桩径 (mm)	桩长(m)	入泥深度 (m)	数量(根)	施工时间(h)	单桩施工源强 (kg/s)
桩基式光伏区	400	18	12	172992	1	0.075
箱变平台	400	24	20	1280	2	0.063
栈桥	400	18	12	10000	1	0.075
升压站	600	50	42	520	4	0.099

3.6.3 施工期噪声

施工期噪声主要来源于施工期机械及船舶，此类噪声具有阶段性、临时性和不固定性，且随着施工结束而消失，项目禁止在夜间施工，因此施工噪声周边环境影响较小。主要机械设备的噪声源强见下表。

表3.6-2 项目施工期主要设备噪声源强

序号	设备名称	噪声级 (dB)	离声源距离 m
1	打桩机(打桩船)	99-110	10
2	运输车	75-90	15
3	起重机(部分安装在船舶上)	80-85	1
4	铲车(部分安装在船舶上)	75	5
5	吊机(部分安装在船舶上)	80	5
6	发电机(部分安装在船舶上)	95	5

3.6.4 施工期固体废物

项目高峰期施工人数为500人，施工人员生活垃圾按0.5kg/d人计，则施工人员生活垃圾产生量为250kg/d。施工人员生活垃圾集中收集后由环卫部门定时清运处置。

施工期建筑垃圾主要为施工营地中的材料加工产生的边角料、支架安装产生的废材料等，预计产生量约100t，其中具备回收利用价值的金属废料等回收处理，其余建筑垃圾运至符合要求的建筑垃圾消纳点处置。

3.6.5 施工期生态影响

3.6.5.1 对水生生态的影响

在项目用海范围内，施工期打桩过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，影响浮游生物的生境，影响项目范围内的渔业资源。

桩基施工使得施工区域底栖生物生存环境遭到破坏，导致位于施工区的底栖生物全部或部分死亡。

由于项目紧邻南垦区堤围，与堤围外水域水力联系较小，因此项目施工对堤围外水生生态影响较小。

3.6.5.2 对陆生生态的影响

项目施工期临时办公区及仓库占用陆域，具体位置在项目南侧金海大桥下，临时办公区现状为金海大桥施工生活区，没有植被覆盖，施工不会对此处陆生生态产生明显影响。

项目四周堤围东西两段最宽处接近 40m，南北两段最宽处接近 60m，其中水泥浇筑路面约 8m，没有水泥浇筑的部分地面上覆盖植被，以芦苇、灌木为主。施工期施工车辆可能直接覆压植物，造成生物量的损失。同时施工机械尾气污染可能影响植物生长。施工期影响在施工结束后即消失，不会对堤围陆生生态系统造成明显影响。



项目西堤典型植被



项目西堤典型植被



项目南堤典型植被



项目东堤典型植被



项目北堤典型植被



项目临时办公区卫星图

图 3.6-1 项目周边陆生生态系统

3.6.5.3 对湿地生态（红树林）的影响

项目所在的南垦区堤围内部没有红树林，项目与周边的红树林均有堤围阻隔，项目施工机械不会直接损伤红树林。项目所在水域与周边水域水力联系较小，产生的悬浮泥沙污染对堤围外水环境影响不大，不会影响红树林的生境，因此项目施工期对红树林的间接影响较小。

3.6.5.4 对鸟类的影响

1、项目用海破坏鸟类生境

2、项目施工可能会造成周边南垦区的水体泥沙浑浊、水源污染，如安装桩基时，以及清洗太阳能面板时，还会产生施工扬尘和少量污水（Walston et al. 2015）。这会影响在这些水域中觅食的鸟类，一方面可能会使鸟类觅食效率下降而被迫到更远区域寻找食源和水源，另一方面对于留下来觅食的鸟类而言，会存在摄入污染物等风险。

3、干扰鸟类活动，施工人员活动、机械噪声等使鸟类产生趋避反应、远离当地区域。

3.6.6 施工期污染源汇总

表 3.6-3 项目施工期污染源汇总

污染物种类	污染源	污染物	产生量	排放量	削减方式	排放去向
无组织废气	施工机械	SO ₂	36kg	36kg	选用低硫份燃油	在项目范围无组织排放
		NO _x	3.41t	3.41t		
		烟尘	0.1722t	0.1722t		

废水	生活污水	废水量	45m ³ /d	45m ³ /d	项目设置一体化生活污水处理设备,委托第三方清运至斗门区白藤水质净化厂	
		COD	300 mg/L	40 mg/L		
		BOD ₅	150 mg/L	20 mg/L		
		SS	120 mg/L	20 mg/L		
		NH ₃ -N	30 mg/L	8 mg/L		
	船舶	油污水	7 t/d	7 t/d	应经收集后,委托有收集处置资质的单位接收处理	
		石油类	10000 mg/L	15 mg/L		
		生活污水	18m ³ /d	18m ³ /d		
		COD	300 mg/L	125 mg/L		
		BOD ₅	150 mg/L	25 mg/L		
		SS	120 mg/L	35 mg/L		
		NH ₃ -N	30 mg/L	30 mg/L		
	桩基施工	悬浮泥沙	73976.96 t	73976.96 t	直接排放至项目水域	
噪声	施工机械	噪声	75-110 dB (A)	75-110 dB (A)	设置隔声设施,严格控制施工时间,加强管理	直接排放
固体废弃物	生活垃圾	生活垃圾	250kg/d	250kg/d	集中收集后由环卫部门定时清运处置	
	建筑垃圾	建筑垃圾	100t	100t	具备回收利用价值的金属废料等回收处理,其余建筑垃圾运至符合要求的建筑垃圾消纳点处置	

3.7 运营期污染源分析

3.7.1 运营期废气

光伏发电是利用自然太阳能转变为电能,在生产过程中不消耗矿物燃料,不产生废气污染物,对环境空气无影响。运营期废气主要来自食堂废气。

食堂与宿舍位于升压站东南角的管理用房。项目运营期定员 20 人,均在场内食宿,每人每天食用油按 30g 计算,则项目食用油用量为 0.6kg/d,油烟挥发量一般为 2-4%,本报告按 3%取,则本项目油烟挥发量为 0.018kg/d,每天烹饪时间为 4h,厨房设 2 个炒炉灶头,每台抽油烟机风量为 2000m³/h,油烟产生浓度为 1.125mg/m³。项目拟采用静电油烟净化器对油烟收集后进行处理,油烟净化器的处理效率按 85%计,则油烟的排放量为 2.7g/d,排放浓度为 0.168mg/m³。

通过食堂专用烟道从楼顶排放。

3.7.2 运营期废水

3.7.2.1 生活污水

本项目劳动定员 20 人，根据《广东省用水定额》(DB44T1461.3-2021)用水量按 $0.15\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ ，则员工生活用水量为 $3\text{m}^3/\text{d}$ 。污水量按生活水用量的 90%计，为 $2.7\text{m}^3/\text{d}$ ，则生活污水产生量为 $985.5\text{m}^3/\text{a}$ 。厂区生活污水经污水管网收集后，进入带隔油装置的有动力一体化的生活污水处理设备。生活污水处理设备及污水池安装在升压站平台，污水池大小 $3\times 5\times 2\text{m}$ ，可以容纳全厂员工 11 天的生活污水。项目委托第三方通过运输车清运至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。

3.7.2.2 清洗废水

电池组件积尘影响发电效率，故应对电池组件进行清洗，以保证电池组件的发电效率。清洁方案包括一般性除尘、局部清洗、整体清洗三种方式。

一般性除尘：一般情况下，采用掸子或干拖布对光伏组件表面的灰尘进行清洁，以减少灰尘的发电量的影响，此清洁方式不产生废水。

局部清洗：当光伏阵列某个局部有油污等较难去除的污染物时，将用清水对光伏阵列进行局部清洗。

整体清洗：当由于清洁间隔时间长或恶劣气候造成光伏组件表面灰尘积累较厚时，需要对光伏阵列进行整体清洗。

一般性除尘计划每周进行一次，整体性清洗计划每三个月或特别恶劣天气周后进行一次。为了不影响发电，应在日落后清洗组件。

本项目位于广东省珠海市鹤洲南垦区，考虑项目所在地临近海边，灰尘较少、雨水较多，因此本项目光伏区组件清洗首先考虑采用自然雨水清洗，其次设置移动清洗装置，包括清洗水车、小船等设施，不另外设置给水系统。

参考一般光伏组件清洗用水量，按 $1\text{L}/\text{m}^2$ 次，光伏组件每块面积约为 2.6m^2 ，共计 1281280 块，清洗周期为 3 个月，则一次清洗的废水量为 $3331.3\text{t}/\text{次}$ 。一年清洗 4 次，则年清洗废水量为 $13325.3\text{t}/\text{a}$ ，此部分废水主要为自然降落的灰尘，成份较简单，主要污染物为 SS，清洗废水自然下流至项目水域，不会造成明显的水环境污染。

3.7.3 运营期噪声

本项目光伏阵列区箱式变压器噪声以中低频噪声为主，声压级均控制在60dB(A)左右。项目变压器在站场中分散安置于各光伏阵列中间。

升压站运营期间噪声主要来自主变压器。本项目设置户外变电站，新建2台290MVA主变压器。采用三相双绕组油浸式低损耗有载调压自冷变压器，属于低噪音变压器，该类型变压器运行时在距变压器1m处的噪声 $\leq 68\text{dB(A)}$ 。

3.7.4 运营期固体废弃物

项目运营期支架、电池不更换。光伏区有损坏或者使用寿命到期的废光伏板产生。光伏板单块重量约30kg，破损率按0.2%计算，则废光伏板的产生量约为7.7t/a，主要组分为玻璃、单晶硅膜、铝合金等，为一般固体废物，可暂存在升压站平台上，收集后直接送往生产厂家回收处理。

运营期定员20人，按每人每天产生的生活垃圾0.18kg计，则生活垃圾产生量为3.65t/a，集中收集后经当地环卫部门收集转运。

正常运营情况下项目无危险废物产生。一旦发生变压器油泄露事故，将产生变压器事故油。项目设201台箱式变压器，每台变压器油量为2t，变压器下方设2.5m³集油池。单台主变压器油量为50t，在升压站设有消防水池一座，消防水池有效容积约80m³，可满足相关设计规范要求。废变压器油属于危险废物(HW08)，代码为900-220-08，事故发生后，不在项目范围内暂存，直接交由有相应危险废物处理处置资质的单位回收处置。

3.7.5 运营期生态环境影响

3.7.5.1 对水生生态的影响

项目运营期对水生生态的影响主要体现在光伏板的遮光作用。光伏板遮挡阳光，可能造成水温偏低，对水产的正常生长有一定的影响。项目在设计光伏板间距时考虑了对渔业的影响，光伏组件预留1.51m的间距，以便后期实现渔光互补，尽量减少对水生生态的影响。综上所述，项目运营期对水生生态的影响较小。

3.7.5.2 对陆生生态的影响

项目运营期不占用陆域，运输生活垃圾、生活污水的频次较小，运输车辆对堤围附近陆生生态系统影响不大。

3.7.5.3 对湿地生态（红树林）的影响

项目运营期排放的清洗废水中污染物为自然降落的灰尘，不会破坏项目周边红树林的生境，对红树林的影响较小。

3.7.5.4 对鸟类的影响

1、项目用海可能导致鸟类栖息地的丧失、退化和碎片化，导致物种丰富度和密度的减少。

2、项目占用鸟类生境可能导致鸟类种群数量下降、群落稳定性下降、种群数量改变。

3、太阳能光伏板给鸟类带来碰撞的风险。

4、光污染对鸟类视觉、大脑中枢神经产生影响。

6、项目用海影响鸟类迁徙行为。

3.7.6 运营期光污染

本项目太阳能光伏组件采用 11° 倾角南向安装，由于倾斜角度小，反射面反射的光绝大部分朝向天空，反射光的主要影响时间集中在日出、日落前后的1-2小时左右，光污染的程度与光伏组件的透光率直接相关。本项目采用的光伏组件为表面涂覆有防反射涂层单晶硅组件，同时封装玻璃表面经过防反射处理，使晶硅板片对阳光反射以漫反射为主。光伏板符合《玻璃幕墙光学性能》(GTT18091-2000)中的要求。

另外，根据《光伏建筑一体化在城市应用中光反射问题的探讨》(彭志刚，2010)，在人眼可见光范围内，太阳能电池板的反射率(6%)低于波浪水面(10%)或平静水面(2%~58%)，项目区域现状为海域，安装太阳能光伏板后，反射光线不会有明显增强。

3.7.7 运营期电磁污染

升压站运行时，由于导线、金属构件等导体内部带有电荷而在周围产生电场，导体上有电流通过而产生磁场，随时间做50Hz周期变化的电场、磁场称之为工频电场和工频磁场，工频电场、工频磁场是一种频率极低的电场、磁场，也是一种准静态场。升压站主要污染源为220kV主变压器和配电设施。

升压站的电磁环境影响源强可类比同类项目。东莞220千伏双岗变电站与本项目变电站电压等级、电气形式、母线形式等一致，双岗变电站主变容量大于项

目拟建升压站，因此以东莞 220 千伏双岗变电站类比拟建升压站投产后产生的电磁环境影响。

根据江西省核工业地质局测试研究中心对东莞 220 千伏双岗变电站厂界四周工频电场、磁场监测的结果，可得：东莞 220 千伏双岗站围墙四周电场强度为 6.99~194.2V/m，工频磁场强度为 0.209~0.623 μ T。

3.7.8 运营期污染源汇总

表 3.7-1 项目施工期污染源汇总

污染物种类	污染源	污染物	产生量	排放量	削减方式	排放去向
废气	食堂	废气量	2000 m ³ /h	2000 m ³ /h	静电油烟净化器处理	通过食堂烟道自楼顶排放
		油烟	1.125mg/m ³	0.168mg/m ³		
废水	生活污水	废水量	3m ³ /d	2.7m ³ /d	项目配套一体化生活污水处理设施，经处理达标后由第三方清运至白藤水质净化厂处理	
		COD	300 mg/L	40 mg/L		
		BOD ₅	150 mg/L	20 mg/L		
		SS	120 mg/L	20 mg/L		
	NH ₃ -N	30 mg/L	8 mg/L			
	光伏板清洗废水	废水量	3331.3t/次	3331.3t/次	自然下流至项目水域	
噪声	箱式变压器	噪声	60 dB (A)	60 dB (A)	选用低噪声设备	直接排放
	主变压器	噪声	68 dB (A)	68 dB (A)		
固体废物	生活垃圾	生活垃圾	3.65t/a	3.65t/a	集中收集后由环卫部门定时清运处置	
	光伏区	废光伏板	7.7t/a	7.7t/a	暂存在升压站内，收集后直接送往生产厂家回收处理	
	升压站及箱变平台	变压器油	最大 50t/次事故	最大 50t/次事故	事故发生后，委托有资质单位进行收集和处理	

4 环境质量现状调查与评价

4.1 自然环境概况

4.1.1 气候特征

本项目位于珠江口较靠湾口处,采用珠海海洋站和珠海市气象台的气候统计资料阐述本项目所在海域的气候特征。珠海地处祖国大陆南部,属南亚热带季风气候区,海洋性气候明显,光、热、水资源丰富。其主要气候特点是:气候温暖,雨量充沛,雨热同季,光照充足;冬不寒冷,夏不酷热,夏长冬短,春早秋迟;秋冬春旱,常有发生,夏涝风灾,危害较重。

4.1.1.1 气温

本区域全年气温较高,多年年平均气温为 23.7℃,全年气温年变幅不大,年较差为 4.6℃。最热的月份出现在 6~9 月份,多年月平均气温为 29.0℃ 以上;5 月和 10 月次之,多年月平均气温为 26.2℃~26.4℃;最冷的月份出现在 01 月份,多年月平均气温为 15.1℃;12 月次之,多年月平均气温为 16.8℃。平均最高气温出现在 8 月份为 33.2℃,平均最低气温出现在 1 月份为 13.2℃。历年最高气温为 38.3℃,出现在 2014 年 08 月 1 日;历年最低气温为 5.1℃,出现在 2011 年 01 月 12 日。

4.1.1.2 降水

根据珠海市气象台统计资料,项目所在区域多年平均降水量介于(1800~2300)mm 之间。每年最多降水量主要集中在夏半年(4~9 月)约占全年降水量 83%~86%,最少降水量出现在冬半年(10~3 月),约占全年降水量的 14~17%。年平均降水日数(日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$)约为 140 天,年均(日降水量 $\geq 25\text{mm}$)降水日数约为 22~28 天,年均降水量(日降水量 $\geq 50\text{mm}$)日数约为 10~13 天。常年出现 $\geq 50\text{mm}$ 的暴雨的时间多在年内的 6~8 月。录得年均降水量最多年份为 3343.0mm,年均降水量最少年份为 901.1mm。

4.1.1.3 湿度

珠海海洋站海域相对湿度多年平均值为 75%,4~5 月份平均相对湿度较大,多年月平均为 81%,其余月份的平均相对湿度较小,多年月平均相对湿度在 80

%及以下，12月份平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为66%；本站观测到极端最小相对湿度为17%，出现在2014年01月22日。

4.1.1.4 能见度

珠海海洋站海域能见度一般，多年能见度平均值为13.8公里，5~9月份平均能见度较大，多年月平均都在14.9公里以上，7月份能见度最大，多年月平均为26.1公里，12月至翌年4月份平均能见度较小，多年月平均在9.2公里及以下，本站观测到极端最小能见度为0.2公里，出现在2009年03月23日和2009年12月25日及2013年02月19日。

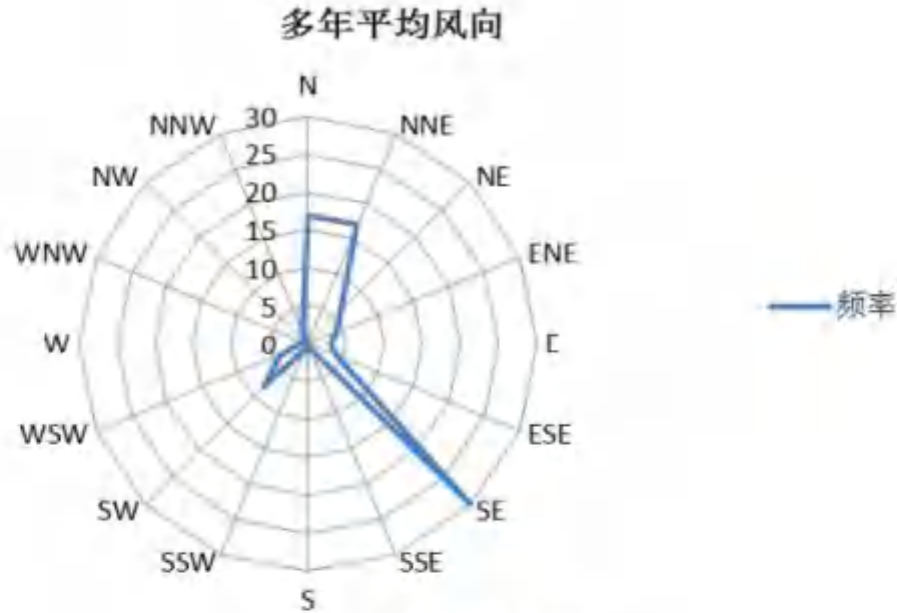
4.1.1.5 海雾

珠海海洋站多年雾日平均值为4.2天，雾日出现在11月至翌年4月间，其中以3月份最多达1.7天。

4.1.1.6 风况

珠海海洋站地处季风区，累年平均风速2.5米/秒，主导风向为东南和北北东向，出现频率均为30%和17%，风向和风速随季节变化明显。冬季盛行北向风；春、秋两季为过渡季节，既有东南风也有偏北风；夏季盛行东南和西南季风，偏南风频率较大达41%。常年平均风速不大，其平均值在2.0米/秒~3.8米/秒之间。其中6月份的平均风速最小，多年月平均值为2.0米/秒。历年最大风速为25.7米/秒，风向东南，出现在2012年07月24日。

珠海海洋站强风向为东南向，最大风速为25.7米/秒；次强风向为东北向，其最大风速为20.0米/秒。常风向为东南向，累年出现频率为30%，其对应风向的平均风速为3.7米/秒，最大风速为25.7米/秒。常年最少风向是西北向，其出现频率为0%，对应风向的平均风速为1.0米/秒，最大风速为8.5米/秒。其余各风向常年出现频率分布在1%~17%之间。多年平均风向玫瑰图见图4.1-1。



4.1.2 水文

4.1.2.1 流域概况

本工程位于珠海市金湾区，珠江三角洲、北江三角洲网河区西南部。珠江三角洲水系包括西、北江思贤滘以下和东江石龙以下河网水系及入注三角洲的中、小河流，项目珠江三角洲地区河网纵横交错，水流相互贯通，自东而西经由虎门、蕉门、洪奇门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门及崖门八大口门入海，构成“三江汇流，八口出海”的水系格局。珠海市地处三角洲南部，境内河流众多，属典型的三角洲网河区，八大出海水道中的磨刀门水道、鸡啼门水道、虎跳门水道均位于本市境内。本项目位于南垦区堤围内部，东侧为磨刀门水道，西侧为白龙河，北侧为鹤洲水道，南侧为横洲涌。

4.1.2.2 径流

西、北江来水经思贤滘沟通调节后，分别由西江马口站、北江三水站进入西、北江三角洲网河区。据 1959 年~2015 年资料统计：马口站多年平均径流量为 2281 亿 m^3 ，多年平均流量为 $7140m^3/s$ ；三水站多年平均径流量为 482 亿 m^3 ，多年平均流量为 $1530m^3/s$ 。径流的年际和年内变化较大：西江马口站丰、枯比值为 2.60；北江三水站丰枯比为 9.87。受降雨年内分配不均的影响，西江马口站汛期多年平均径流量占年径流总量的 75.3%，北江三水站汛期多年平均径流量占年径流总量

的 83.1%。根据 1999 年 7 月 15 日~7 月 24 日和 2001 年 2 月 7 日~2 月 15 日同步实测资料分析，工程邻近的磨刀门、鸡啼门 1999 年汛期分流分别占八大口门径流总量的 26.8%和 3.94%；2001 年枯水期分流分别占八大口门径流总量的 23.7%和 2.31%。

4.1.2.3 潮流

珠江河口的潮汐属于不规则半日潮，在一个太阴日里出现两次高潮和两次低潮，日潮不等现象显著。月内有朔望大潮和上下弦小潮，约 15 天为一个周期。

波浪：珠江三角洲海域常年观测站仅有大万山站。万山海域全年多出现 ENE、SE、E 和 NE 向风，其中 NE 向风频率最大，达 23.5%，冬季吹东北风，夏季吹偏南风。大万山站常浪向 SE，频率为 39.9%；次常浪向为 ESE，频率为 30.3%和 10.4%；波型以涌浪为主的混合浪，频率为 95.7%，平均波高（H1/10 波高）1.2m，最大波高 4.0m，平均周期 4.6s，最大周期 8.5s。

4.1.2.4 泥沙

据 1960 年~2014 年统计资料分析，马六甲站多年平均含沙量 $0.254\text{kg}/\text{m}^3$ ，多年平均输沙量 5918 万 t；三水站多年平均含沙量 $0.186\text{kg}/\text{m}^3$ ，多年平均输沙量 836 万 t。根据泥沙的年际变化来看，1960 年代各站含沙量最大，主要是改革开放后大量开发建设导致水土流失，造成河流的泥沙含量增加；而 90 年代以后呈较大下降幅度，这主要是由于上游水库建成后拦沙及流域水土流失治理力度加大。根据汛期 1999 年 7 月 15 日~7 月 24 日同步水文测验资料计算的各口门分沙比，由磨刀门输出到海区的沙量占八个口门总输沙量的 36.8%，是珠江三角洲最重要的输沙通道。

4.1.3 地形地貌

珠海市区内陆部分地势由西北向东南倾斜，地形多样，以平原（25.5%）、丘陵（占 58.68%）为主，兼有低山、滩涂等。地势平缓，倚山临海，海域辽阔，百岛蹲伏，有奇峰异石和秀美的海湾、沙滩。内陆山凤凰山、将军山两大山系的山地丘陵及海岸、平原所构成。陆上山地、丘陵、台地、平原，为纵横交错的水网划分。滨海冲积平原由西江和北江冲积物聚成。珠江口外海滨滩涂辽阔，水下滩地向岸外缓慢坡降。海岸线、岛岸线长 690 公里。内陆最高的凤凰山，海拔 437 米，海岛多在海拔 100 米以上。

珠海地区被北东、北西向断裂切割成断块式升降与沉降的地貌单元，形成了块隆升山地与沉降平原。各断块山体、断块山体内的低平地 and 凹陷平原的展布方向呈北东向，珠江口外岛屿也受北东向构造线的控制，三列岛屿呈北东向排列。珠江口外沉积盆地展布也是北东向。而珠江的人海水道，则受北西向构造控制，如磨刀门水道、泥湾门水道均呈北西走向。

本项目位于人工堤围内部，厂址东西南三侧紧邻堤围，项目北侧距离堤围约4.6km。堤围内通过水闸与外界海域连通。项目堤围外东侧和南侧水深相对较浅，低潮时基本出露于水面；北侧和西侧水深相对较深，一般水深近1m。堤围内侧东侧和南侧多滩涂，生长有陆生及水生植物。

4.1.4 工程地质

本工程地质现状引用《广东省珠海市南垦区鹤洲“渔光互补”光伏发电一期项目工程地质勘察报告》(中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司, 2023年1月)。项目初期勘察共布置钻孔40个, 代表性工程地质剖面图见图4.1-2, 项目钻孔平面布置见图4.1-3, 代表性钻孔柱状图见图4.1-4。

4.1.4.1 场地地震效应评价

根据国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年版), 珠海市金湾区抗震设防烈度为7度, 当地地震分组为第二组, 设计基本地震加速度为0.10g。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 8.1条和附录E(推荐性条款), III类场地地震动峰值加速度为0.125g(调整后, 调整系数 F_s 为1.25); 根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 8.2条(强制性条款), 本场地地震动反应谱特征周期值为0.55s。

按照国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年版)有关标准判定: 拟建场地内人工填土、第四系海陆交互相沉积淤泥及淤泥质土属软弱土; 填石、第四系海陆交互相沉积中/粗砂属中软土。

根据上述岩土层的名称和性状, 根据上述岩土层的名称和性状, 结合当地上层剪切波速试验的相关经验, 现将拟建场地土的类型划分、建筑场地类别及特征周期等综合判别结果见下表。

根据上表结果, 场地等效剪切波速 V_{se} 介于116.60~127.09m/s。按照国家标

准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年版)及《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)有关标准判定:拟建场地上的类型属软弱土,建筑场地类别为III类,地震动反应谱特征周期值为0.55s,因场地内普遍存在饱和软土淤泥②-1及淤泥质土②-2,因此该场地属于对建筑抗震的不利地段。在7度地震力作用下,场地内淤泥②-1属于对震陷敏感的软弱地层,但根据本次勘察结果,场地钻孔等效剪切波速结果介于116.60~127.09m/s,远大于临界等效剪切波速90m/s。根据行业标准《软土地区工程地质勘察规范》(JGJ83-2011)6.3.4条规定,可不考虑淤泥②-1的软土震陷影响。

勘察场地内大部分地段埋藏有中砂②-3,其埋藏深度为21.30~47.10m,处于被地下水饱和的状态。按照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年版),其埋藏深度超过20m,可不考虑其液化问题。

表 4.1-1 场地土的类型、建筑场地类别及特征周期值判定结果表

土层名称	层底深度(米)	剪切波速估算值(m/s)	等效剪切波速 V_{sc} (m/s)	覆盖层厚度(m)	类型	场地类别	特征周期值(S)
人工填土①-1	1.90	140					
填石①-2	11.30	180					
淤泥②-1	25.60	95	109	>42.00	软弱土	III	0.55
淤泥质土②-2	35.20	110					
中砂②-3	42.00	200					

4.1.4.2 场地稳定性和适宜性评价

场区所在区域,未发现较为严重的冲刷、深沟现象;场地中未发现规模较大的滑坡现象,也未发现泥石流形成的地形地貌及物质条件,场址区内无区域性活动断裂分布,工程场所区基本稳定。工程场址地形(水下地形)平坦开阔,地形坡度小于 10° 。岩土各类较多,分布较均匀,地下水对工程建设影响较小。按照《光伏发电工程地质勘察规范》(NB/T10100-2018)附录D的规定,场地工程建设适宜性分级属较适宜。因此,场址区建(构)筑物须按照相关规程、规范要求采取相应的设计措施和进行抗震设防。

4.1.4.3 地基岩石层均匀性评价

工程区地貌类型简单,为海陆交互相沉积地貌,工程区范围内地层种类较多,

地基土物质成份及地层厚度变化均较大，造成地基土在厚度、空间展布等方面存在一定差异。基岩由于受构造、风化剥蚀等影响，空间分布、埋深、完整程度变化较大，风化程度较不均，导致力学性质有一定差异。因此，场地地基总体属土岩组合的不均匀地基。

征求意见稿

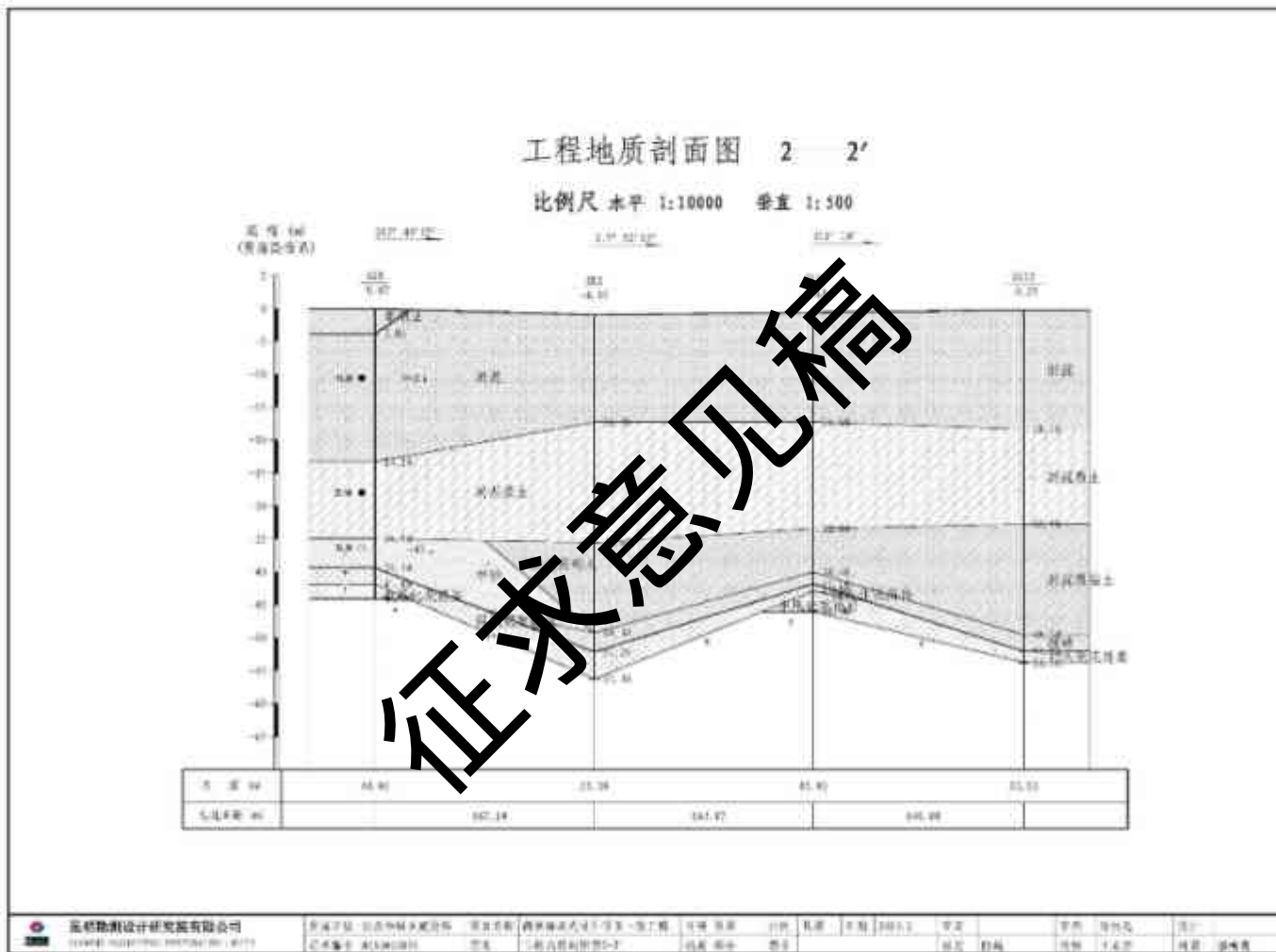


图 4.1-2 代表性工程地质剖面图

广东珠海鹤州海光互补项目工程地质勘探布置图（国家2000坐标系）

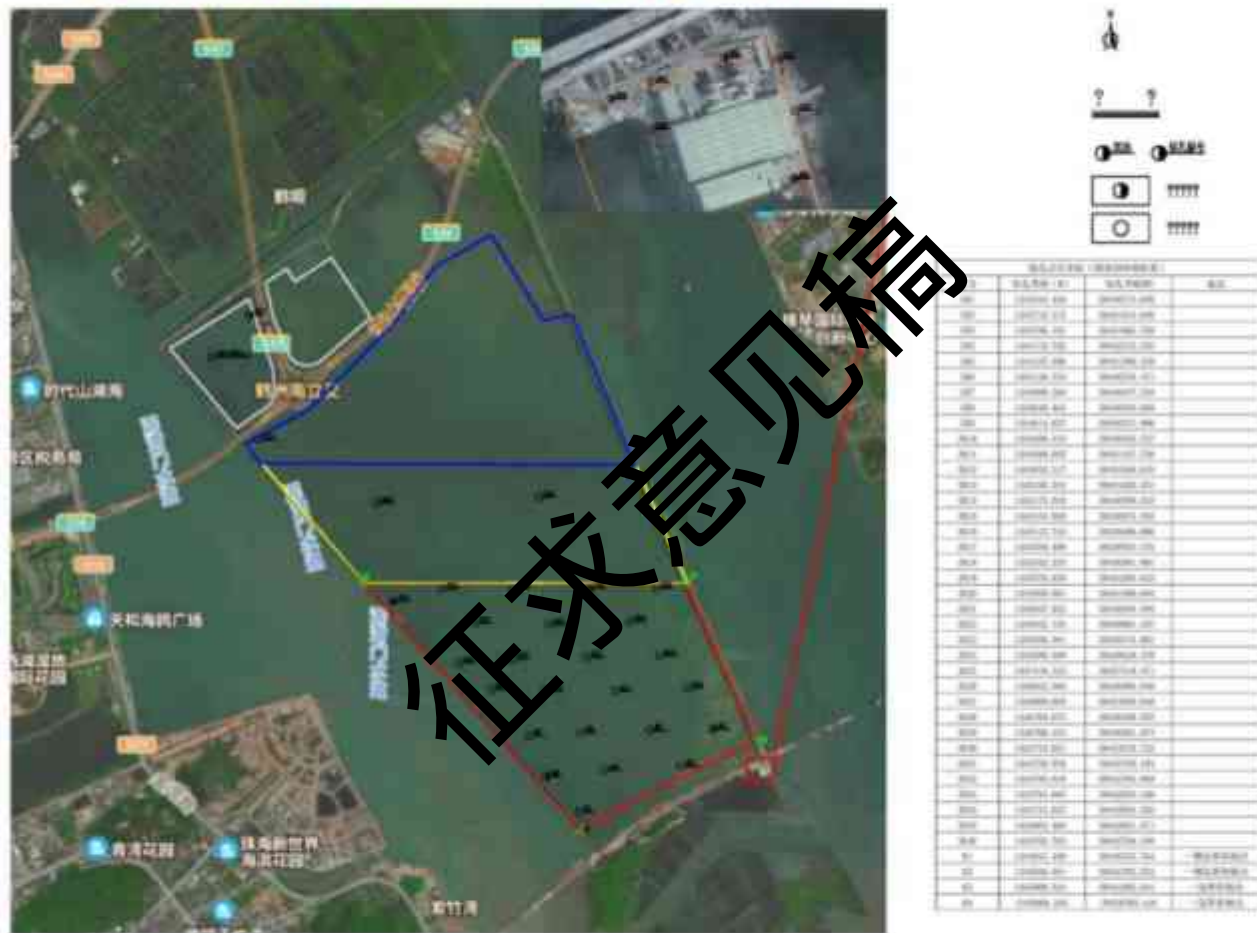


图 4.1-3 地质勘探布置图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		鹤洲南渔光互补项目一期工程								
工程编号		KC-ZHCC-2022-048			钻孔编号		ZK30			
孔口高程(m)		1.81	坐标		X=2443733.02	开工日期		2023-2-4	稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)			坐标		Y=38442679.72	竣工日期		2023-2-4	稳定水位日期	
地层编号	地层名称	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:300	地层描述	标高 由数 (击)	取样	
①	填土		0.51	1.30	1.30	[Pattern]	填土。			
②	填石		-0.79	2.60	1.30	[Pattern]	填石。			
③	淤泥					[Pattern]	淤泥:灰黑色、深灰黑色,含少量贝壳碎屑及粉细砂,含少量有机质,稍具腥臭味,手感滑腻,饱和,流塑。	+3.0 9.40-9.70	1 9.40	
④	淤泥质土	Q ₄ ^{al}	-16.89	18.70	16.10	[Pattern]	淤泥质土:灰黑色、深灰黑色,含少量有机质,稍具腥臭味,手感滑腻,饱和,流塑。	+6.0 9.40-19.70	2 19.40	
⑤	强风化花岗岩	Y52	-48.94	50.75	32.05	[Pattern]	强风化花岗岩:黄色、黄褐色为主,岩芯呈半岩半土状,原岩结构清晰可辨,岩芯遇水易崩解,干钻不易钻进。		3 47.00	
⑥	中风化花岗岩		-51.09	52.90	2.15	[Pattern]	中风化花岗岩:灰白、肉红色夹黑色斑点,中粗粒花岗岩结构,块状构造,岩芯主要呈块状-短柱状,节理裂隙发育,岩质较脆。			

征求意见稿

图 4.1-4 代表性钻孔柱状图

4.1.5 区域海洋资源概况

4.1.5.1 港口资源

珠海港是我国沿海主要港口和地区综合交通体系的重要枢纽，是沿海集装箱支线港，为我国华南地区重要的能源、原材料等物资运输的主要中转港。全港共有高栏港区、万山港区、九洲港区、香洲港区、唐家港区、洪湾港区、斗门港区等七个港区，未来珠海港将以大宗能源、原材料物资和集装箱支线运输为主，大力发展石化等临港产业，积极拓展物流、商贸、信息和旅游等功能。

2021 年全年全市港口完成货物吞吐量 12826 万吨，下降 4.1%。其中，外贸货物吞吐量 3792 万吨，增长 9.6%；内贸货物吞吐量 9034 万吨，下降 8.8%。港口集装箱 204 万标箱，增长 11.0%。旅客吞吐量 323 万人次，增长 22.4%。截至 2021 年底，全市共有泊位 172 个，其中生产性泊位 155 个，非生产性泊位 7 个，万吨级以上生产性泊位 34 个，设计年通过能力 1.7 亿吨，集装箱吞吐能力 378 万标准箱；干散货泊位 22 个，年吞吐能力 8189 万吨；油、气、化工品液体散货泊位 44 个，年吞吐能力 4901 万吨；多用途泊位 28 个，年货物吞吐能力 917 万吨，集装箱 112 万标准箱；集装箱专用泊位 1 个，年吞吐能力 266 万标准箱；件杂货泊位 27 个，年吞吐能力 817 万吨；客运及陆岛交通泊位 39 个，年吞吐能力旅客 946 万人，货物 2 万吨。

项目附近的港口主要是香洲港区。香洲港区位于珠江口西岸，斗门、洪湾港区位于内河水道，主要为珠海城市建设、生活物资运输和少量喂给香港的集装箱运输及陆岛交通服务。其中，香洲港区承担陆岛交通及少量的集装箱运输，未来港区功能需按城市规划调整；斗门港区主要开展对香港的集装箱运输；洪湾港区、唐家港区以件杂、油气品运输为主；井岸老港区需与城市环境相协调调整功能，新港区以散杂货运输为主。

4.1.5.2 航道和锚地资源

① 航道

在高栏、万山、九洲、唐家、香洲五个沿海港区中，高栏港和九洲港是人工开挖的进港航道；万山港、唐家港和香洲港是天然航道。

磨刀门出海航道由磨刀门水道和交杯沙水道组成，其中磨刀门水道从百顷头至灯笼沙尾，全长约 44km。交杯沙水道从灯笼沙尾至交杯沙，长约 16km，水流

至石栏洲附近航道水深逐渐变小，目前仅为 2.5m，维护航宽约为 50m。

② 锚地

珠海港水域布置有 30 个锚地。九洲港、唐家港区利用头洲引航锚地、九洲港澳小型船舶引航锚地、头洲候潮和装卸锚地及桂山引航、检疫和装卸锚地等多处锚地；万山港区主要利用桂山国际锚地。桂山港区利用桂山国际锚地，高栏港区锚地位于高栏岛南侧。

4.1.5.3 岛礁资源

据统计珠海共有 148 个岛屿和 41 个礁岩，岛屿面积共计 314km²，岸线长 601km，其中面积大于 50km² 有 2 个，分别为横琴岛和三灶岛；面积在 10-50km² 有 5 个，大部分岛屿面积在 5km² 以下。横琴岛面积 51.83km²，岸线长 42.1km。野狸岛全岛面积 0.42km²，岛有四峰，最高处海拔不到 70 米，是市民休闲活动中心，岛的大小和山体、高度很适合辟为旅游观光的胜地。

项目附近海域海岛资源较多，其中横沥岛与本项最近，具体位置见图 4.1-5。横沥岛位于项目南侧，最近距离约 200m。横沥岛隶属于珠海市金湾区，岸线长度 4.36 千米，陆域面积 0.6819 平方公里，最高点高程 130.2 米。该岛为基岩岛，属于未开发无居民海岛，岛上长有灌木，岛内建有数栋简易民居。此外，建有中国移动信号发射塔。

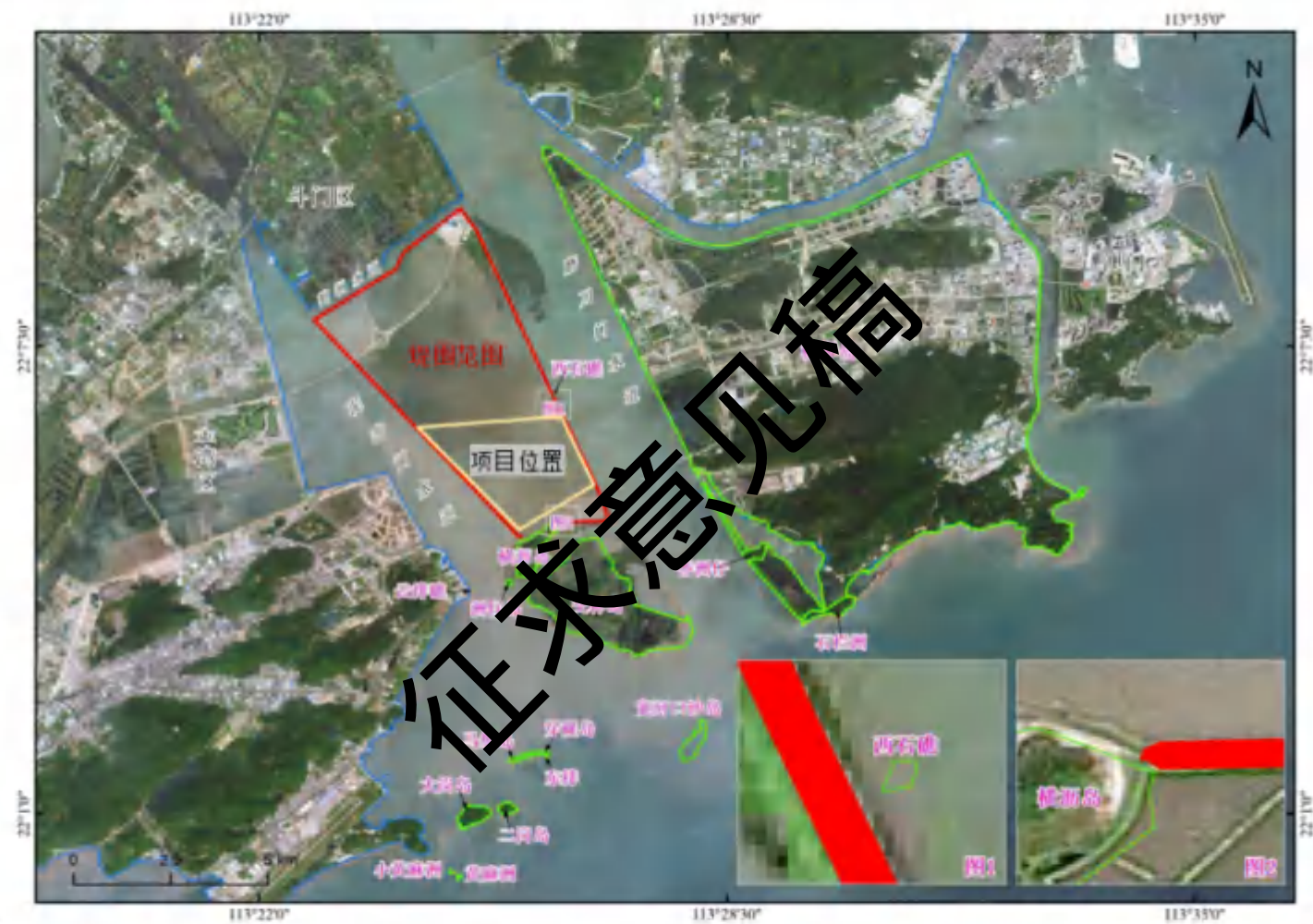


图 4.1-5 项目所在海域海岛分布图

4.1.5.4 旅游资源

珠海市旅游资源非常丰富，主要包括东澳岛的环岛游、东澳岛南沙湾泳场和游艇垂钓区、外伶仃岛和大万山岛游艇区和垂钓区、三灶岛金海滩泳场、高栏岛飞沙滩旅游度假区、荷包岛大南湾泳场、淇澳岛红树林保护区、九州东沙滩泳场、广州至万山群岛环海游、东海岛海上观光等。珠海渔女与情侣路是珠海市一道亮丽的风景线，香炉湾畔的珠海渔女雕像高 8.7m，重 10t，由 70 件巨型花岗岩石组合而成，渔女高举明珠向人们献宝已成为珠海市的象征。野狸岛以海燕桥与闹市区相连。远近闻名的情侣路，自南、东、西三个方向侧岛通过，位置优越，交通便利。

根据《2021 年珠海市国民经济和社会发展统计公报》，全年接待入境旅游人数 62.55 万人次，增长 19.1%。其中，外国人 3.09 万人次，下降 21.5%；香港、澳门和台湾同胞 59.46 万人次，增长 22.4%。在入境旅游人数中，过夜游客 42.44 万人次，增长 18.0%。国际旅游外汇收入 1.79 亿美元，增长 13.9%。接待国内游客 2008.08 万人次，增长 37.3%，其中过夜游客 162.27 万人次，增长 4.1%。国内旅游收入 196.13 亿元，增长 11.0%。纳入统计范围的宾馆酒店平均开房 37.42%，比上年高 2.63 个百分点。全年纳入统计范围的各主要旅游景点共接待游客 2402.80 万人次，增长 82.7%。旅行社组团国内游 29.72 万人次，下降 11.8%。实现旅游总收入 207.71 亿元，增长 12.7%。

4.1.5.5 海砂资源

珠江口泥沙主要来自江河径流携带沉积，珠江水系入海年输沙量约为 8735 万吨，再随着潮流输送到口外海域。珠江口内外散布着 218 个岛屿，对潮流、波浪起着顶冲促淤的作用，有利于泥沙在此沉积。近岸海岛区堆积作用强，常发育泥岸和沙岸；远岸海岛区则侵蚀作用强，海积平原极少；珠江口西侧滩涂发育迅速，泥沙资源丰富，海砂西部多于东部。

珠江口海砂资源储量十分丰富，估计在 12 亿 m^3 ~13 亿 m^3 之间。仅珠海唐家、淇澳、横琴、南水、三灶等海边，可供挖掘填海砂源在 6000 万 m^3 以上；在珠江口大蜘洲—三门列岛—外伶仃岛海域海砂资源也相当丰富。

4.1.5.6 水生生态保护区

本工程附近水域的水生生态保护区有省级幼鱼和幼虾保护区、南海北部幼鱼

繁育场和湛江-珠海近海农渔业区。详见本报告 2.6 章节。

4.1.6 地形地貌及滩槽冲淤变化

项目位于磨刀门出海口拦门沙附近，磨刀门是西江干流的主要入海口。西江干流在进入珠江三角洲网河区后，在天河以下称为西海水道，百顷头以下至大横琴则称为磨刀门水道，长约 44km。

磨刀门是西江干流的主要入海口，在珠江八大口门中，输水输沙量最大。磨刀门灯笼山站年均净泄量为 883.93 亿 m^3 ，占上游西、北江来水量的 31.85%，占西江马口站来水量的 37.86%，年均输沙总量为 2341 万吨，占八大口门出海总沙量的 33%，占马口站输沙量的 30%。

西江干流通往磨刀门方向的河道比较顺直，河面较宽广，至灯笼山处有深槽延续，水深一般大于 5m，但自灯笼山以下水深明显变浅，由于上游来水来沙丰富，在河口区域形成大规模的拦门浅滩。磨刀门水道进入拦门沙的浅海区之后，由于流速迅速降低，大量泥沙落淤，河口每年以约 100m 左右的速度向外海自然延伸。近几十年来，由于受人类活动的影响，自 20 世纪 80 年代至 90 年代的磨刀门整治工程、人为河道采砂等，磨刀门河口特征发生了很大的变化（见图 4.1-6 至图 4.1-9）。

由 1982 年、1997 年、2015 年磨刀门河口外海区水下地形图的对比图可以看出（图 4.1-9），磨刀门河口在 1982 年的地形与现在差别较大，尤其是项目南侧的交杯沙浅滩。1982 年磨刀门口门处浅滩面积较大，交杯沙浅滩北侧的填筑区（即本项目外圈的鹤洲南堤围）未形成，交杯沙浅滩仍为雏形，三灶岛未与其西北侧的岛屿连接。磨刀门河口 1997 年和 2005 年的地形对比图，可以看出，自 1997 到 2005 年，磨刀门外海地形基本不变，2005 年 5m 和 10m 等深线与 1997 年基本一致，口门处 2m 等深线向外海有所偏移，1m 等深线略向东侧偏移，磨刀门水道内部基本不变。近二十年来，交杯沙浅滩地形变化较大，浅滩淤张扩大（见图 4.1-6 至图 4.1-9）。交杯沙浅滩位于磨刀门深槽与龙屎窟深槽之间，处于磨刀门入海段，向外海浅滩无屏障，直接受到外海波浪的冲击，受径流、外海波浪和南海沿岸流的共同影响，径流输沙在浅海区扩散，具有水动力不强，主槽水流不集中，沙洲浅滩较多，多股水流进出，径流和潮流相互影响，以及汇潮点多流路复杂等特点。1964 年，交杯沙浅滩处仅有交杯一沙出露水面，交杯二沙隐

约处于水下状态；1983年，交杯二沙呈弯弓状已经成陆并与交杯一沙相连，交杯三沙亦部分成陆并正在进一步向陆（交杯二沙）移动靠拢；1994年时交杯一、二、三沙已基本连成一片，并开始有交杯四沙雏形出现；至2000年交杯一、二、三沙均围垦成陆，交杯四沙明显较1994年时范围大了许多，且由于河口不断向外延伸，海洋动力的影响增强，交杯沙浅滩各条沙脊形状一条比一条弯曲。梁娟等的研究亦显示，交杯沙浅滩处呈现出强烈的淤积状态，大量的细砂-极细砂在此处落淤。交杯沙浅滩右侧的交杯沙水道河势基本稳定，2003~2005年呈微淤状态，平均每年淤深16mm；2005~2008年呈微冲状态，平均每年冲刷8mm，这可能与近年来交杯沙水道边滩部位的人工偷采沙有关。

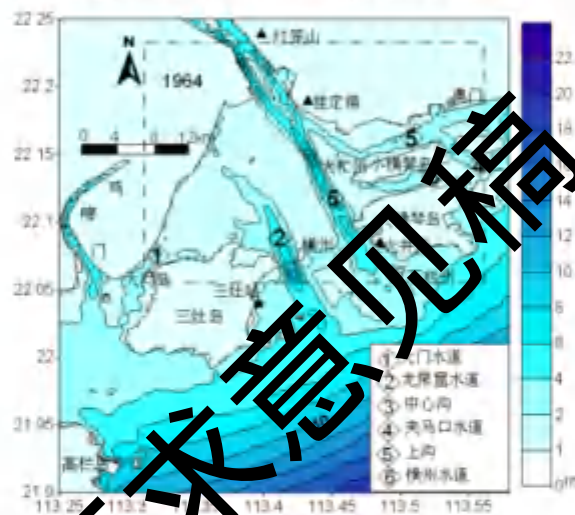


图 4.1-6 1964 年地形

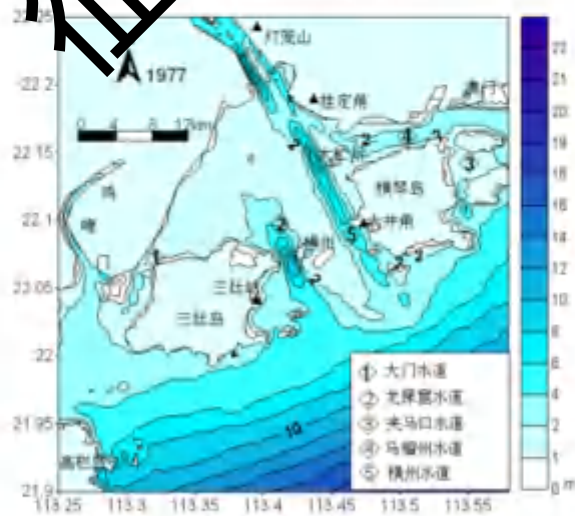


图 4.1-7 1977 年地形

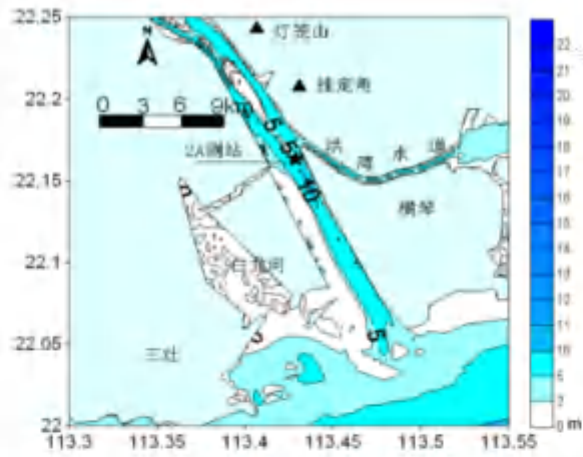


图 4.1-8 2003 年地形

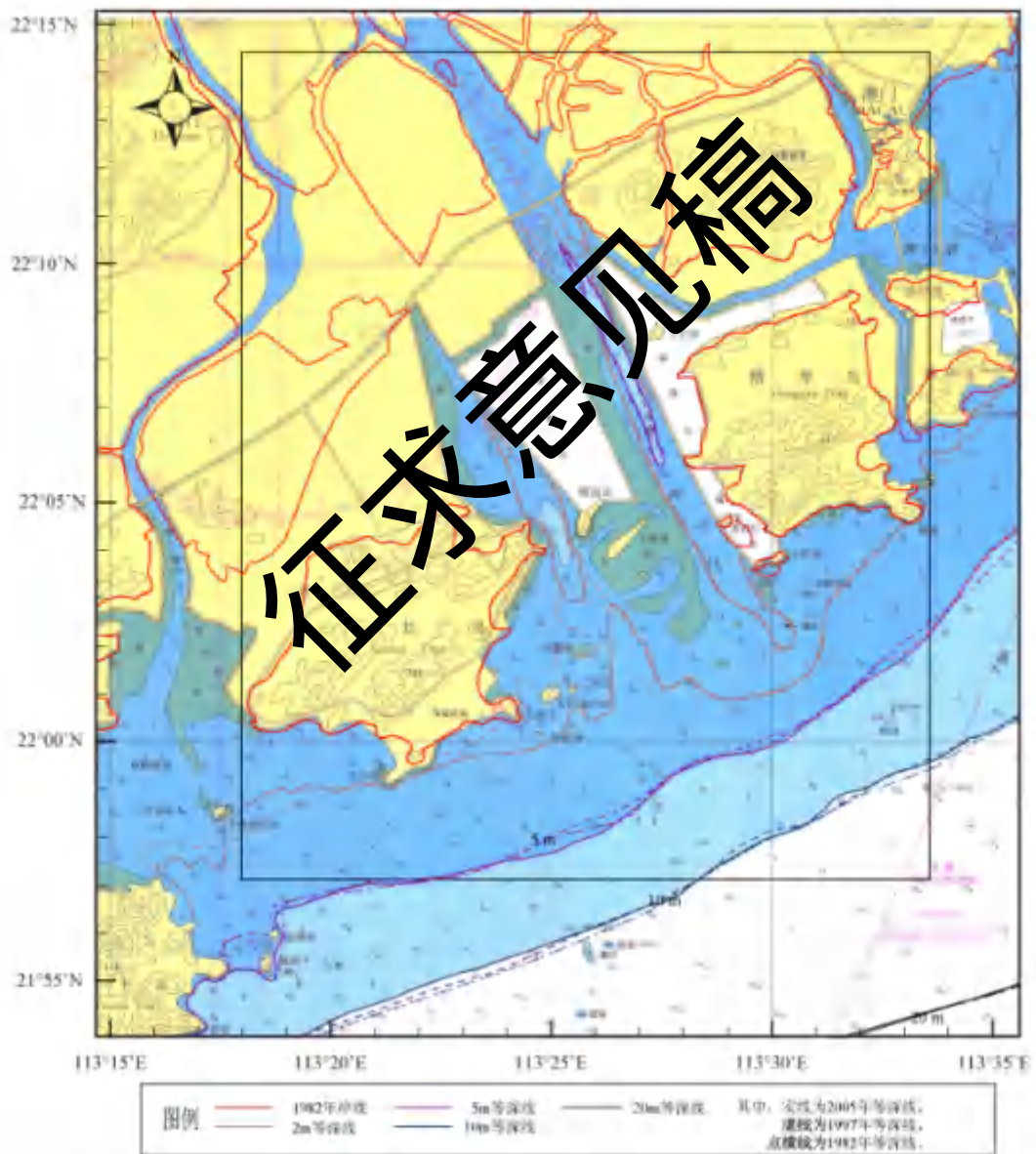


图 4.1-9 磨刀门河口外海区水下地形变化图 (2005 年、1997 年与 1982 年)

磨刀门水道整治前，河道水流进入浅海区后，由于水沙扩撒和潮汐顶托的影响，中水河槽摆动，水流较为缓慢，浅滩连叠，原磨刀门浅海湾主要有深槽、浅滩、拦门沙三种水下地貌类型，主要有四条深槽（横州深槽、洪湾深槽、龙屎窟深槽、大门深槽），其中横州深槽以落潮流为主，另3条深槽以涨潮流为主，水流流路较多且复杂，汇潮点多，形成大面积的浅滩，拦门沙主要为灯笼沙。而磨刀门整治之后，水流集中，输沙能力增强，灯笼山至横洲口长15.5km的泄洪主通道由淤转冲，其地貌则主要为三角洲平原和出海水道，浅滩变成了平原，深槽变成了出海水道。

黄镇国等人的研究显示，2000年与1983年对比，水道的平均水深由3.4m增大为4.7m，平均过水断面面积由7832m²增大为10231m²。整治前（1977-1983年）年均淤积5.6cm，整治后（1983-2000年）由淤转冲，年均冲深6.4cm。

整治后，改变了浅海区与外海相通的通道，河口由单一向外海延伸。由整治前的4条水道（横轴水道、洪湾水道、白龙河和大门水道）与外海相通，改为整治后形成了3条出海水道（磨刀门水道、洪湾水道、白龙河水道），磨刀门是西江出海水流主干，整治后使得磨刀门槽内主槽水流集中，出口径流动力加强，潮流上溯距离延长。同时，口外拦门沙在强潮流洪水的冲刷，形态也发生了很大的变化，拦门沙体向外发育，规模不断变大，东西两个槽道发展较为明显。这样就使得潮汐动力发生了明显变化。

磨刀门整治后，原浅海区已河道化，演变为“一主一支”两条人工导堤控制的河道，呈现“一个入口，两个出海口”的形势，即磨刀门水道和洪湾水道向窄深方向发展，滩槽分明，磨刀门主要是呈现冲刷的趋势，洪湾水道的总地形演变趋势是深槽冲刷，浅滩淤积，河道向窄深方向发展；口门内呈“一滩一槽”的分布格局，即东部主槽与西部浅滩，滩槽分布呈明显的复式河槽，其间发育较大江心洲，且淤积速度不断加快；洪湾水道呈“槽居中，滩居二侧”的复式河槽分布格局；口外地貌形势呈“两槽三滩”（以-3m等深线作为槽、滩的分界），其中主槽位于海域东侧，称磨刀门深槽（起于天井角），西槽位于海域西侧，称龙屎窟深槽，东滩位于主槽以东与横琴岛之间，中滩位于主槽和龙屎窟深槽之间，称交杯沙浅滩，龙屎窟深槽以西和三灶岛东侧的浅滩为西滩（钱挹清，2003）。近年来，磨刀门口外的拦门沙外坡则呈现“逐年淤积”的发展态势（据胡达硕士论文，2004），且拦门沙的走向亦发生巨大变化。初期，拦门沙走向与径流方向一致，由于波浪

对拦门沙的修饰和改造,口外拦门沙的走向逐渐转变为与径流方向和波浪常浪向几乎垂直。波浪搅动拦门沙外坡泥沙使之再悬浮,悬浮泥沙在西南沿岸流的作用下向西搬运,拦门沙外坡遭受侵蚀;另外,波浪破碎产生冲流 (swash) (Dyer, K.R., 1997),挟带泥沙在滩顶沉积从而使沙坎高程增加。磨刀门拦门沙逐渐向外海推移,交杯沙浅滩淤积加剧,围垦严重,范围明显扩大。

磨刀门是西江干流的主要出海口,20世纪80年代以前,磨刀门一直被认为是一个典型的河流作用为主的河口。但近年来,大规模大范围的人工围垦,磨刀门内海已基本围垦成陆,河口真正外延伸至开敞海域拦门沙在推出岛群之外后,失去了岛屿的屏蔽作用,受波浪的直接作用。李春初等(1993)提出目前的磨刀门河口为河-波型河口,磨刀门不仅河流动力强,且波浪动力也强,波浪与河流相互作用的优势程度用流量有效指标来表示,即河口单宽流量与近岸单宽波峰波力之比 (Wright, Coleman, 1973)。据研究 (罗宛华等, 1998),磨刀门河口年平均流量有效指数为 375.94,接近于西班牙的埃布罗河口,属于河流-波浪型河口,表明波浪在磨刀门河口过程中已占有一定的重要性,但仍以河流作用为主。从全年来看,磨刀门河口的动力过程,夏季以河流优势为主,冬季则以波浪优势为主,一年中河流作用优势和波浪作用优势交替出现。时至今日,磨刀门已称为珠江八大口门中率先面海的口门,河口动力结构的改变对磨刀门口门的地形地貌,以及滩槽冲淤变化产生较大影响,磨刀门的演变已进入“后门”时期 (吴超羽等, 2006)。

4.1.7 泥沙来源及运动特征

项目所在区域位于磨刀门出海口,靠近磨刀门拦门沙,上游由西江径流水流注入,属于径流、潮流共同作用的海区,水动力条件较为复杂。

磨刀门的泥沙来源既有陆域来沙,也有海域来沙,以河流来沙为主。磨刀门河口沉积物中最粗的泥沙主要是细砂。河口泥沙以汛期西江带入的悬移质泥沙为主,磨刀门年平均悬移质输沙量 2341 万 t,占珠江河口总输沙量的 30.4%,其中 80~90%是粘土和粉砂 (李春初, 1993),且愈近口门,悬移质粒径愈细。贾良文等根据 2003 年 12 月在珠江口磨刀门附近水域的河口表层沉积物粒度资料分析显示,磨刀门海域表层沉积物平均中值粒径为 6.356ϕ (0.0122mm),属于细粉砂。其中,灯笼山至石栏洲平均中值粒径为 6.261ϕ (0.0130mm),洪湾水道为 6.868

ϕ (0.0086mm)，十字门水道为 5.832 ϕ (0.0176mm)，澳门浅海区为 6.734 ϕ (0.0094mm)，平均中值粒径最细的为洪湾水道，最粗的为十字门水道。沉积物组成以粉砂和粘土为主，占 85%以上，砂的比例不及 15%；表层沉积物的级配与悬浮泥沙的级配较接近，口门附近表层沉积物的中值粒径、分选性无明显的沿程变化；枯季表层沉积物的形式以悬移质沉积为主，跃移和推移运动形式很少。

贾良文等的研究亦显示，由于人类活动的影响，如河道采砂的“取粗去细”，以及采砂引起河口水动力的改变等，近年来磨刀门海域的表层沉积物有细化的趋势，1998 年的同期同海域的表层沉积物的采样平均中值粒径为 3.985 ϕ (0.0632mm)，属极细砂，沉积物类型以细砂为主，其次为粘土质粉砂，与 2003 年的观测资料对比发现，磨刀门海域的表层沉积物粒径出现明显的细化。

磨刀门海域的悬浮泥沙受径流、盐水楔和波浪的影响，在由口内到外海的纵向分布上，随着距离和水深的增加而递减；随着地理位置的不同，一般的，底层含沙量大于表层，汛期含沙量落潮时大于涨潮，枯季含沙量涨潮大于落潮。悬移质泥沙在洪季被大量带往拦门沙外缘较粗的部分（床沙质）直接沉降在坝后内海区和拦门沙外缘，较细的部分向外呈扇形堆积。枯季，拦门沙前缘沉积物受潮流、波浪扰动而再悬浮，并随涨潮流进入内海区。

西江流域的推移质泥沙在河口以上大量聚集，部分往下游搬运至潮区界以上的百顷头以上河段，磨刀门水道受潮汐影响，推移质泥沙往下搬运的能力极低，挂定角附近成为其运动的终点。细颗粒泥沙随着大、小潮的交替和涨落潮的变化而运动，具体来讲，大潮时，河流及其挟带泥沙的消能沉积带外移，泥沙自然随水流带回“很远”的区域，小潮时，动力消能带内移，泥沙自然随着动力平衡带的内移而回淤；涨落潮时泥沙循环的机理也一样，落潮外移，涨潮时，由于落潮动力带出的物质又被部分迁回。

4.2 水文动力环境现状调查与评价

4.2.1 观测仪器与设备

潮位观测：采用日本 JFE ALEC 公司生产的 TD 潮位仪，TD 潮位仪是一款自计式温度和深度记录仪。该产品精度高，体积小，能方便的安装于海底、锚系，AUC、水生生物上，广泛应用于海洋、湖泊研究等。

表4.2-1 主要仪器型号

仪器型号	仪器	参数
海流计 (海洋卫士 Seaguard, 挪威 AADI)		流速: 测量范围: 0~300 cm/s, 准确度: ± 0.15 cm/s, 分辨率: 0.1mm/s; 流向: 测量范围: 0~360°, 准确度: $\pm 5^\circ$ (0-15°倾角), $\pm 7.5^\circ$ (15-35°倾角), 分辨率: 0.01°。
多普勒流速剖面仪 ADCP (WHS1200/600/ 300 kHz, 美国 TRDI)		范围: 1~165m, 流速精度: 0.3%流速, 相对 ADCP ± 1 cm/s, 流速分辨率: 0.1cm/s, 流速范围: 300m/s 深度单元: 1-255 个, 频率: 10Hz, 仰角: 分辨率: 0.01°, 精度 $\pm 0.5^\circ$

潮流观测: 采用挪威 AADI 公司生产的海洋卫士海流计和美国 TRDI 公司生产的 WHS 多普勒流速剖面仪 (ADCP)。海洋卫士海流计系列是在海洋卫士数据记录平台和多普勒多普勒海流传感器基础上开发的完全新式的一代海流计。新海流传感器采用包含几种频率成分的声脉冲以降低多普勒频移计算中的统计偏差。其优点是减少了少量脉冲的统计误差, 从而增加采样速度和减少功率消耗。新的多普勒海流传感器同样也结合有一个坚固的全电子罗盘和倾斜传感器。WHS ADCP 声学多普勒海流剖面仪是一种利用声学多普勒原理测量不同深度层 (最长达 128 层) 海流的流速、流向的系统。它可以被定点安装在浮标、船只、固定在海底或采用投放式进行测量, 测量范围在 1 米~165 米水深。由于该系统采用了宽频带脉冲编码发射技术和脉冲相关信号处理技术, 仪器的测流精度大大提高 (长期准确度为 $0.5\%C \pm 5\text{mm/s}$), 同时可利用控制软件实现宽带/窄带转换功能。

4.2.2 2022 年冬季调查

4.2.2.1 概况

① 潮位观测频率

本评价引用中国科学院南海海洋研究所在项目周边海域的潮位调查资料。观测时间具体为：第一阶段观测时间为 2022 年 12 月 8 日 9 时~2022 年 12 月 9 日 10 时，第二阶段观测时间为 2022 年 12 月 9 日 14 时~2022 年 12 月 10 日 15 时，采样频率为 10 分钟一次。

② 海流观测要素、层次、频率

海流观测的要素包括流速、流向、温度、盐度。观测共设置三层，分别为表层（水面以下 1m），中层（0.6d）与底层（距海底 1m），其中 d 为水深。第一阶段观测时间为 2022 年 12 月 8 日 9 时~2022 年 12 月 9 日 10 时（C7），第二阶段观测时间为 2022 年 12 月 9 日 14 时~2022 年 12 月 10 日 15 时（C8-C12），观测频率为每小时一次。

③ 悬浮泥沙要素、层次、频率

悬浮泥沙观测要素为含沙量，共设置三层进行观测，分别为表层（水面以下 1m），中层（0.6d）与底层（距海底 1m），其中 d 为水深。第一阶段观测时间为 2022 年 12 月 8 日 9 时~2022 年 12 月 9 日 10 时（C7），第二阶段观测时间为 2022 年 12 月 9 日 14 时~2022 年 12 月 10 日 15 时（C8-C12），观测频率为每 2 小时一次。

4.2.2.2 调查站位

在调查海域设 6 个潮流泥沙观测站，临时潮位站 2 个，具体见表 4.2-2，见图 4.2-1。

表 4.2-2 水文同步观测站位

站位	坐标点		观测项目	观测时间
	纬度	经度		

图 4.2-1 项目附近海域水文调查站位图

4.2.2.3 调查期间气象情况

2022 年 12 月 9 日—2022 年 12 月 10 日,天气以晴为主,海面以偏北风为主。

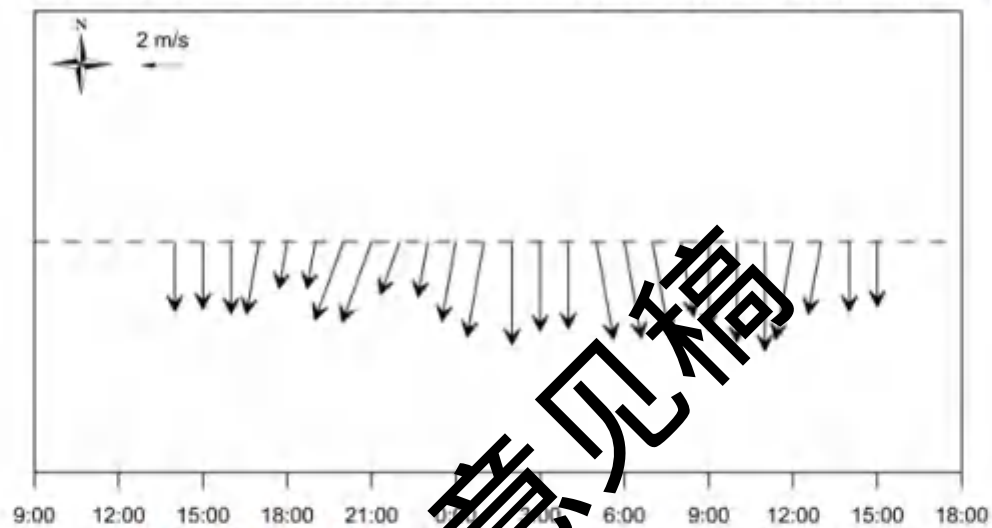


图 4.2-2 调查海域 C1 站的天气风向(2022-12-9~2022-12-10)

4.2.2.4 潮汐

地球上的海水,受到月球和太阳的作用产生的一种规律性的上升下降运动称为潮汐。南海的潮汐主要是由太平洋潮波传入引起的协振潮。由引潮力产生的潮汐振动不大。

在大部分港口和海区, K_1 、 O_1 、 M_2 和 S_2 是四个振幅最大的主要分潮。这四个分潮的振幅值通常用来对潮汐运动形态进行分类。在我国,通常采用比值

$$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$$

来进行海港潮汐类型的判别,其中 H 表示分潮的振幅。当 $F < 0.5$,

潮汐为正规半日潮港或规则半日潮港;当 $0.5 \leq F < 2.0$, 潮汐为不规则半日潮港或不规则半日潮混合潮港;当 $2.0 \leq F \leq 4.0$, 潮汐为不规则日潮港或不规则日潮混合潮港;当 $F > 4.0$, 潮汐为正规日潮港或规则日潮港。

由于此次潮位观测的潮位资料时间只有 26 小时左右,为了获得较准确的潮

汐调和常数，本项目采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和与分析。差比数取自邻近三灶站港调和常数。分析得出的主要分潮的调和常数参见表 4.2-3。

据此调和常数，我们计算了 2 个临时潮位站的特征值 $F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ ，得出

F 值分别为 1.6 和 1.8 之间，属于不规则半日潮混合潮。

混合潮港的特点是显著的潮汐日不等现象，相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从图 4.2-3 潮位过程曲线可以看到，调查海域的潮汐日不等现象是显著的。

表 4.2-3 主要分潮的调和常数（基于 26 小时）

测站 分潮	T2		C9	
	振幅 H (cm)	迟角 g (°)	振幅 H (cm)	迟角 g (°)
O ₁	30.4	140.1		152.2
K ₁	37.5	189.0		201.1
M ₂	41.8	45.4	36.7	60.9
S ₂	16.1	77.1	14.1	92.7
M ₄	4.6	35.5	4.1	5.0
MS ₄	3.6		3.2	69.6
F	1.6		1.8	

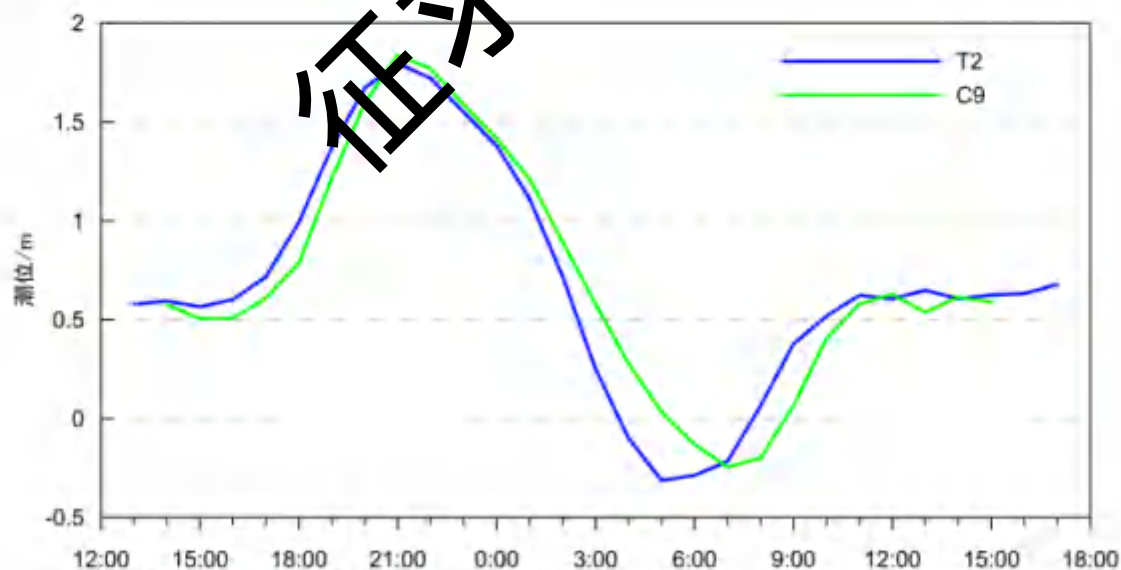


图 4.2-3 调查海域 T2 和 C9 站的潮位过程曲线(2022-12-9~2022-12-10)

虽然观测时间较短，涨落潮历时的统计值还不够稳定，大潮期间，涨落潮历

时大致相等。观测期间，T2 站最大潮差 2.11 m，最小潮差 0.96 m，平均潮差 1.43m；C9 站最大潮差 2.08m，最小潮差 0.78m，平均潮差 1.40m。

4.2.2.5 海流

本节利用大潮期 6 个测站的同步连续观测资料，对调查海区的实测流场进行了以下分析。

① 实测流场分析

大潮期第一阶段观测时间为 2022 年 12 月 8 日 9 时~2022 年 12 月 9 日 10 时 (C7)，第二阶段观测时间为 2022 年 12 月 9 日 14 时~2022 年 12 月 10 日 15 时 (C8-C12)。实测海流的涨落潮流统计结果见表 4.2-4，实测海流逐时矢量图见图 4.2-4 至图 4.2-9 (潮位过程曲线取 T2 站)，实测海流平面分布玫瑰图见图 4.2-10 至图 4.2-12。根据上述图表分析如下：

由图 4.2-4 至图 4.2-9 可见，各站层的流速值均随潮位起伏，除 C7、C12 站外，其他各站基本表现为涨落潮流态势，涨潮时以偏北回流为主，落潮时以偏南向为主，呈现出一定的往复流特征；C7、C12 站表现为一定的旋转流特征。

根据大潮期涨、落潮的统计结果 (表 4.2-4)，大潮期间涨潮流流速的平均值在 8.1cm/s~38.6cm/s 之间，落潮流流速的平均值在 6.9cm/s~53.3cm/s 之间。最大涨潮流平均值为 38.6cm/s，方向为 344.0°，出现在 C11 站中层；最大落潮流速平均值为 53.3cm/s，方向为 157.7°，出现在 C11 站的表层。

由表 4.2-4 还可看到，实测涨潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为 110.5cm/s、106.9cm/s、107.3cm/s，流向分别为 345.2°、336.7°、334.3°，分别出现在 C11 站表层、中层、底层；实测落潮流的最大流速，其表、中、底层的流速依次为 115.2cm/s、94.7cm/s、82.3cm/s，流向分别为 157.9°、157.9°、165.9°，分别出现在 C11 站表层、C11 中层、C10 底层。C12 站涨潮流流速平均值大于落潮流流速平均值、涨潮流流速最大值大于落潮流流速最大值，C8、C9 站落潮流流速平均值大于涨潮流流速平均值、落潮流流速最大值大于涨潮流流速最大值。

总体而言，涨、落潮历时互有长短，以落潮历时略大于涨潮历时的站层为多。

表 4.2-4 调查海域大潮期各测站涨潮流、落潮流统计表

站位	测层	涨潮流(小时、cm/s、°)					落潮流(小时、cm/s、°)				
		T	V _{mean}	D _{mean}	V _{max}	D _{max}	T	V _{mean}	D _{mean}	V _{max}	D _{max}
C7	表层	12	11.9	328.1	26.8	309.9	14	8.6	111.5	26.2	131.1

	中层	12	14.5	10.8	22.8	41.9	14	14.9	76.9	23.8	98.9
	底层	12	10.9	16.2	17.1	40.7	14	11.9	78.7	16.0	99.9
C8	表层	10	22.6	324.3	52.9	323.0	16	33.9	149.5	63.1	150.3
	中层	11	21.7	328.2	49.6	324.5	15	33.0	151.9	63.0	148.5
	底层	12	18.3	340.2	41.1	325.7	14	31.3	150.3	65.3	147.5
C9	表层	13	15.8	323.1	28.1	351.2	13	16.2	124.0	49.8	120.2
	中层	14	14.9	319.7	26.8	319.9	12	16.5	121.7	46.9	118.9
	底层	14	13.8	319.7	26.3	315.9	12	15.1	120.7	44.4	117.3
C10	表层	10	30.4	325.6	57.3	329.5	16	37.3	160.8	85.4	166.3
	中层	10	31.4	335.9	55.1	326.0	16	34.5	159.8	91.6	168.4
	底层	10	36.6	341.7	55.2	342.1	16	30.3	158.5	82.3	165.9
C11	表层	7	38.6	344.0	110.5	345.2	19	53.3	157.7	115.2	157.9
	中层	10	35.7	336.0	106.9	336.7	16	50.5	155.1	94.7	157.9
	底层	10	38.4	333.0	107.3	334.3	16	42.2	156.0	81.1	154.5
C12	表层	12	12.4	287.2	28.9	278.2	14	10.9	201.8	26.3	147.4
	中层	12	9.9	300.7	25.9	287.5	14	10.5	204.2	21.2	163.5
	底层	14	8.1	306.1	23.6	295.4	14	10.2	188.6	16.6	256.4

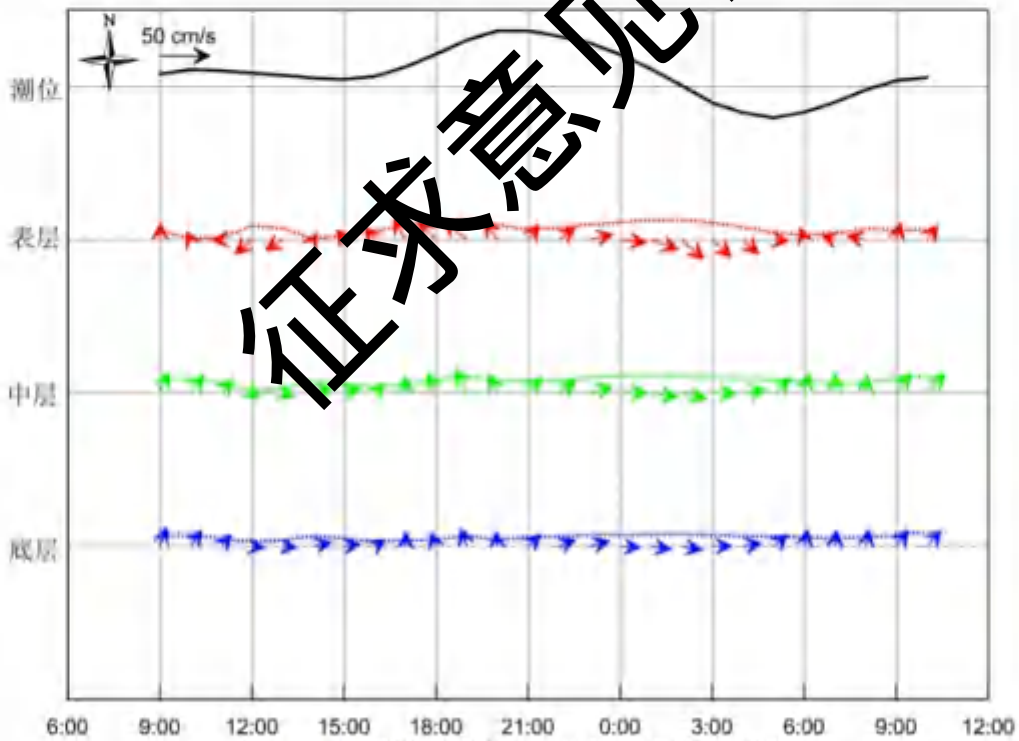


图 4.2-4 调查海域大潮 C7 站实测海流矢量图

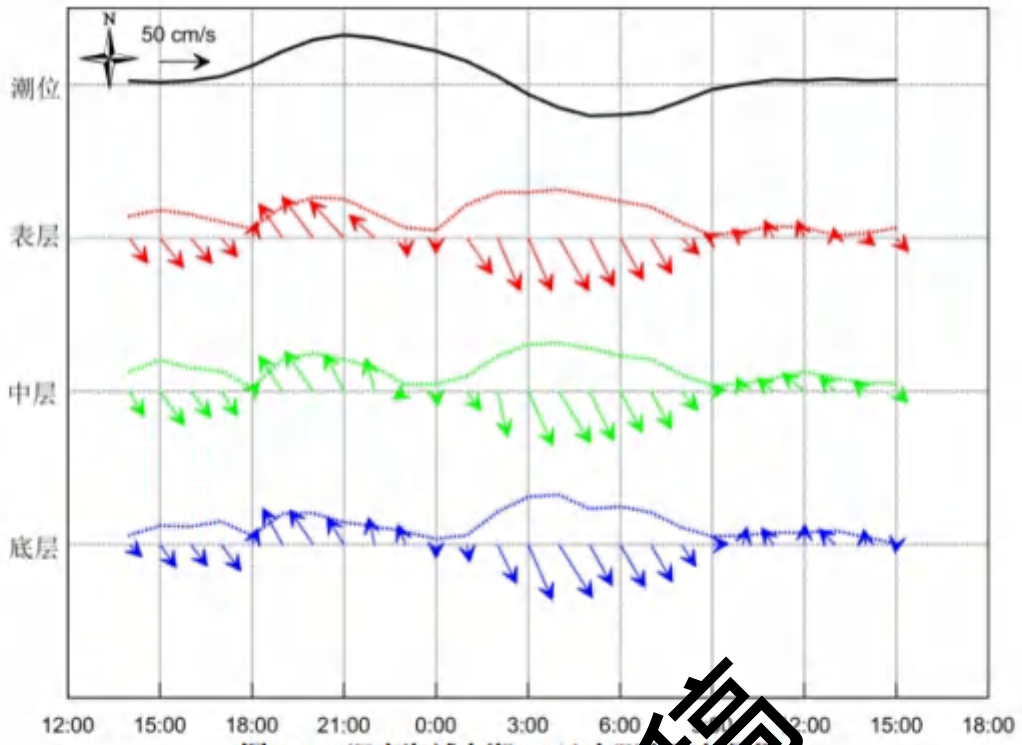


图 4.2-5 调查海域大潮 C8 站实测海流矢量图

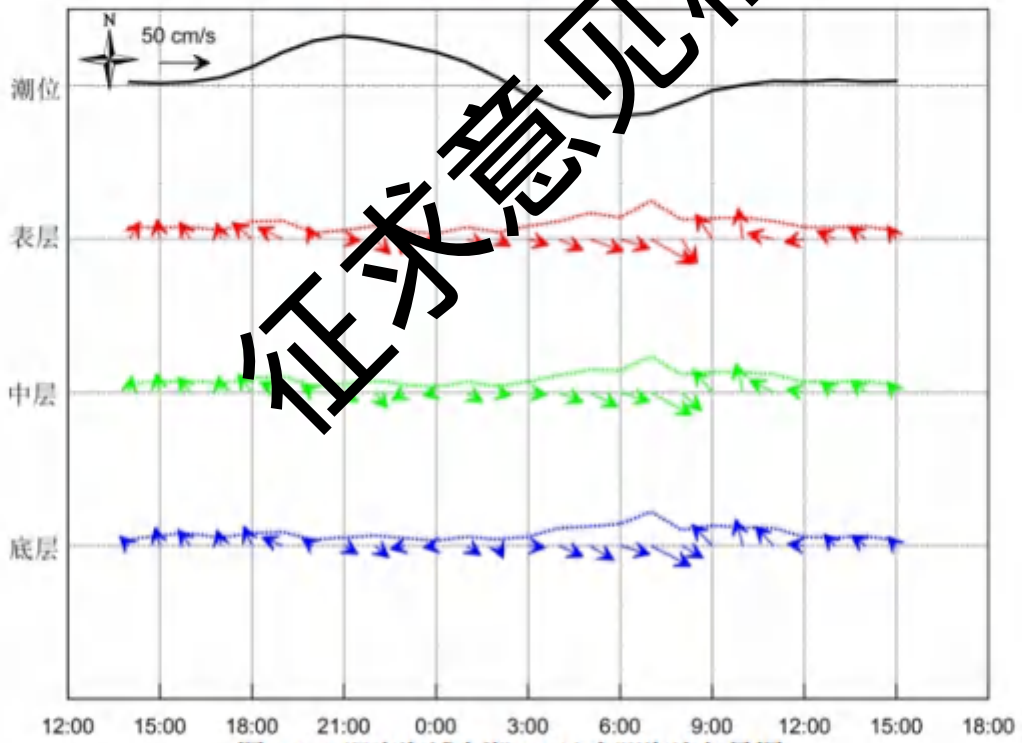


图 4.2-6 调查海域大潮 C9 站实测海流矢量图

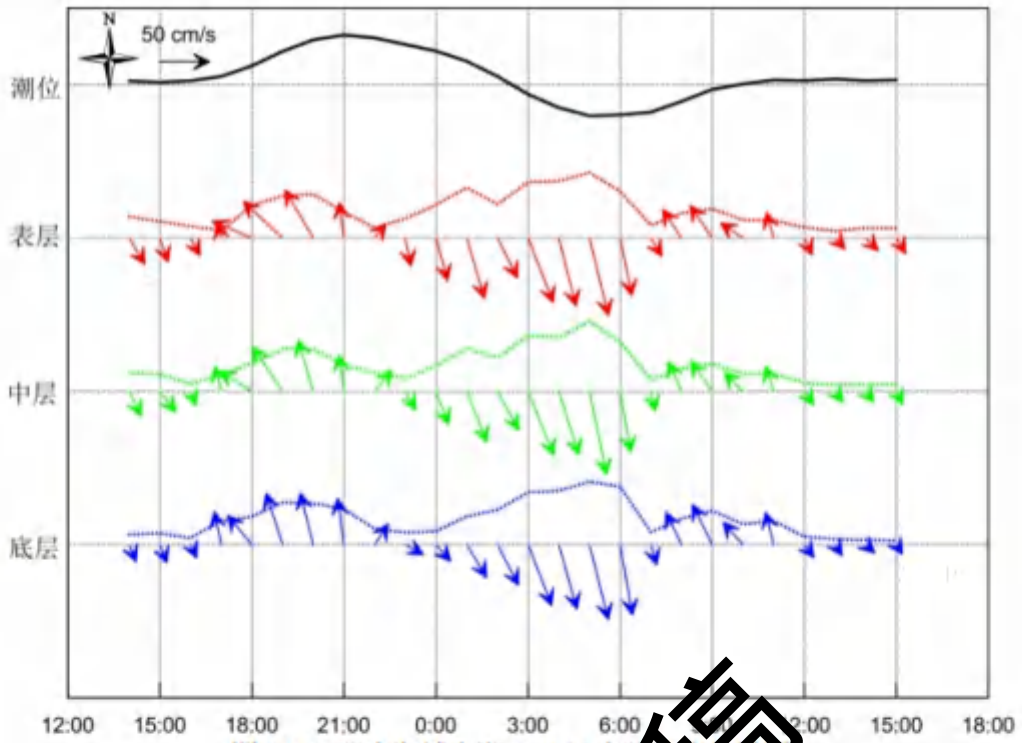


图 4.2-7 调查海域大潮 C10 站实测海流矢量图

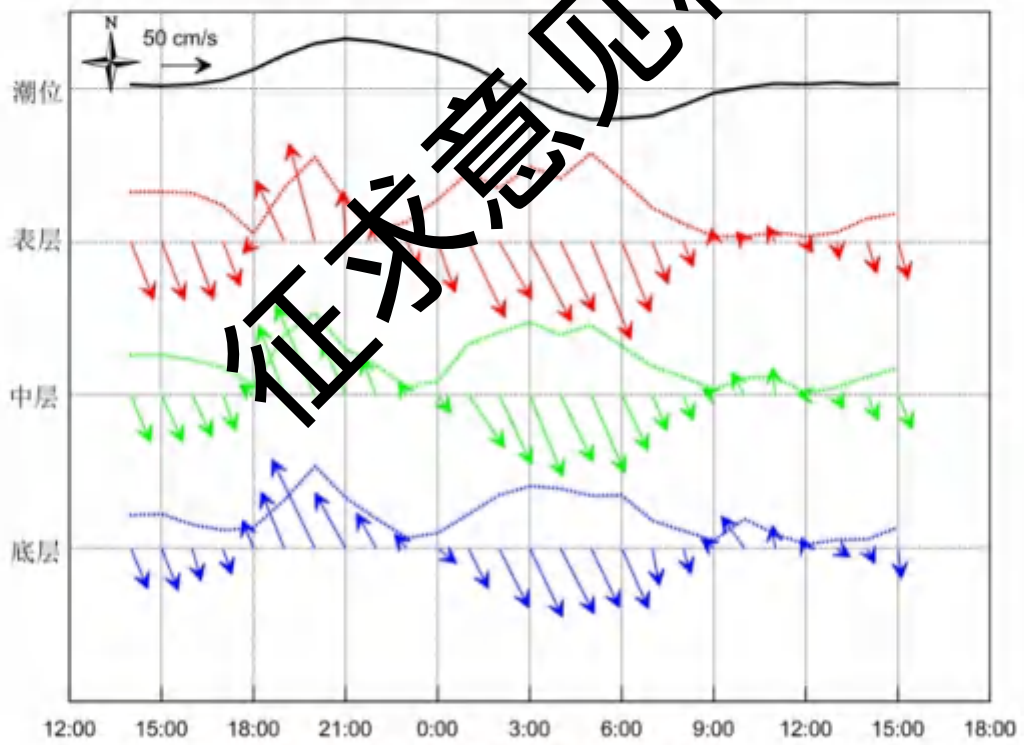


图 4.2-8 调查海域大潮 C11 站实测海流矢量图

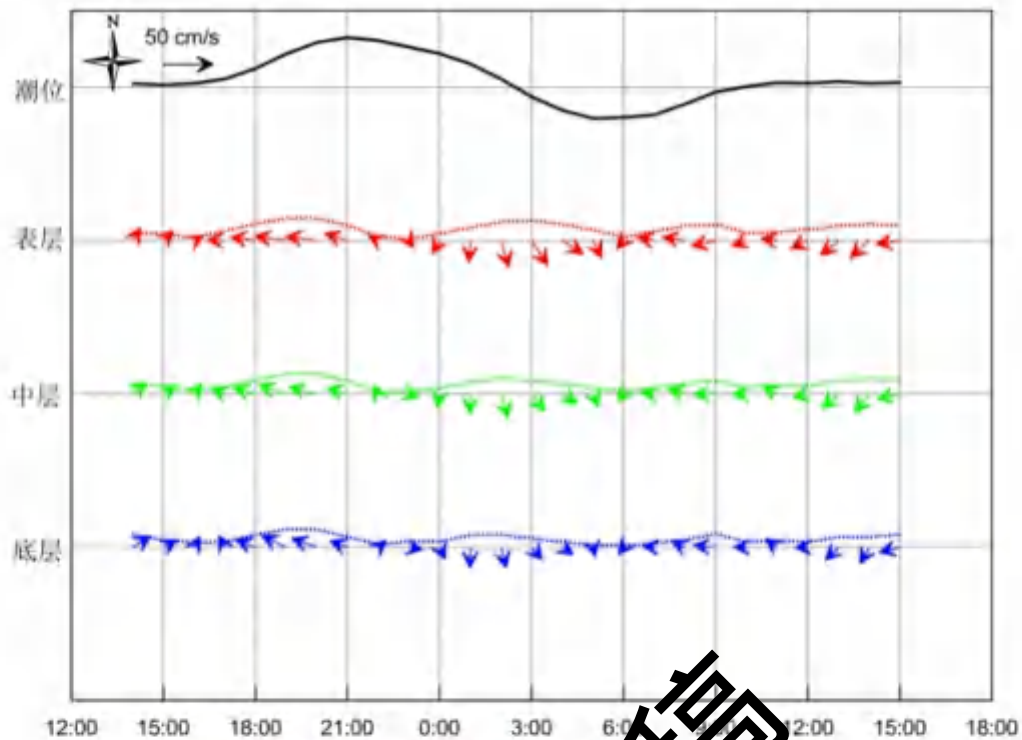


图 4.2-9 调查海域大潮 C12 站实测海流速度图

图 4.2-10 大潮海流玫瑰图(表层)

图 4.2-11 大潮海流玫瑰图(中层)

图 4.2-12 大潮海流玫瑰图(底层)

② 潮流分析

选用“引入差比关系的准调和分析方法”对各站层海流观测资料进行分析计算，得出观测期间各站层的余流和 O_1 （主要太阴全日分潮）、 K_1 （太阴太阳合成全日分潮）、 M_2 （主要太阴半日分潮）、 S_2 （主要太阳半日分潮）、 M_4 （ M_2 分潮的倍潮）和 MS_4 （ M_2 和 S_2 的复合分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据，表 4.2-5 列出了 6 个测站各层表征潮流性质的特征值 $F[F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}]$ ，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。从表可见， F 值在 0.5~2.3 之间，除 C9 个别站层表现为不规则日潮流外，其他各站层表现为不规则半日潮流或规则半日潮流。因此，

调查海区的潮流性质以不规则半日潮流为主。

表 4.2-6~表 4.2-8 给出了调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。由表可以看出，总体而言，在大部分站层，主要分潮流以 M_2 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）为最大，其次为 K_1 分潮流、 O_1 分潮流， S_2 分潮流、 M_4 分潮流次之， MS_4 分潮流长半轴（最大流速）最小。 M_2 分潮较大反映了调查海域的半日潮流特征。

各站层中 M_2 分潮流长半轴（最大流速）的最大为 50.6cm/s、方向 335.8° ，出现在 C11 站中层，最小为 7.4cm/s、方向 135.0° ，出现在 C7 站底层； K_1 分潮流长半轴的最大为 18.9cm/s、方向 335.6° ，出现在 C11 站中层，最小为 2.2cm/s、方向 265.2° ，出现在 C7 站底层； O_1 分潮流长半轴的最大为 15.3cm/s、方向 335.6° ，出现在 C11 站中层，最小为 1.7cm/s、方向 291.0° ，出现在 C7 站底层； S_2 分潮流长半轴的最大为 19.5cm/s、方向 11.3° ，出现在 C11 站中层，最小为 2.8cm/s、方向 135.0° ，出现在 C7 站底层。由图 4.2-13 至图 4.2-16 可见，主要分潮流最大流速的方向（即潮流椭圆长半轴的方向）受地形影响，主要表现为偏北-偏南向。

表 4.2-5 调查海域各站层潮流性质的特征值 F

站位	测层	特征值 F	潮型
C7	表层	1.2	不规则半日潮流
	中层	0.7	不规则半日潮流
	底层	0.5	不规则半日潮流
C8	表层	0.8	不规则半日潮流
	中层	0.8	不规则半日潮流
	底层	0.9	不规则半日潮流
C9	表层	2.3	不规则日潮流
	中层	2.0	不规则日潮流
	底层	1.9	不规则半日潮流
C10	表层	0.8	不规则半日潮流
	中层	0.9	不规则半日潮流
	底层	0.9	不规则半日潮流
C11	表层	0.6	不规则半日潮流
	中层	0.7	不规则半日潮流
	底层	0.7	不规则半日潮流
C12	表层	0.9	不规则半日潮流
	中层	0.8	不规则半日潮流
	底层	0.7	不规则半日潮流

表 4.2-6 调查海域各站主要分潮流及椭圆率 (单位: cm/s, °)

站位	测层	O ₁					K ₁				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C7	表层	6.3	293.6	2.2	23.6	-0.3	7.7	293.6	2.7	23.6	-0.3
	中层	3.1	285.3	0.5	195.3	0.2	3.9	285.3	0.7	195.3	0.2
	底层	1.7	291.0	0.9	201.0	0.5	2.2	291.0	1.1	201.0	0.5
C8	表层	11.2	333.3	1.6	243.3	0.1	13.8	333.3	1.9	243.3	0.1
	中层	10.5	333.4	0.3	243.4	0.0	13.0	333.4	0.4	243.4	0.0
	底层	10.8	333.1	0.9	243.1	0.1	13.4	333.1	1.1	243.1	0.1
C9	表层	8.0	305.2	0.6	215.2	0.1	9.8	305.2	0.7	215.2	0.1
	中层	7.3	305.4	1.2	215.4	0.2	9.0	305.4	1.5	215.4	0.2
	底层	6.7	306.8	1.3	216.8	0.2	8.3	306.8	1.6	216.8	0.2
C10	表层	13.1	339.6	0.3	249.6	0.0	16.1	339.6	0.4	249.6	0.0
	中层	13.7	341.6	1.3	71.6	-0.1	16.1	341.6	1.6	71.6	-0.1
	底层	13.9	343.5	2.2	73.5	-0.2	17.1	343.5	2.7	73.5	-0.2
C11	表层	14.5	335.2	1.6	65.2	-0.1	17.9	335.2	2.0	65.2	-0.1
	中层	15.3	335.6	0.6	65.6	0.0	18.9	335.6	0.7	65.6	0.0
	底层	15.1	334.8	0.5	64.8	0.0	18.6	334.8	0.6	64.8	0.0
C12	表层	4.5	308.7	0.4	38.7	-0.1	5.6	308.7	0.5	38.7	-0.1
	中层	3.6	311.9	0.3	41.9	-0.1	4.4	311.9	0.3	41.9	-0.1
	底层	2.8	319.5	0.4	49.5	-0.1	3.4	319.5	0.5	49.5	-0.1

表 4.2-7 调查海域各站主要分潮流及椭圆率 (续上表) (单位: cm/s, °)

站位	测层	M ₂					S ₂				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C7	表层	11.5	141.0	3.0	231.0	-0.3	4.4	141.0	1.2	231.0	-0.3
	中层	10.5	136.0	1.9	226.0	-0.2	4.0	136.0	0.7	226.0	-0.2
	底层	7.4	135.0	1.5	225.0	-0.2	2.8	135.0	0.6	225.0	-0.2
C8	表层	31.2	325.5	1.0	235.5	0.0	12.0	325.5	0.4	235.5	0.0
	中层	30.3	330.0	2.6	240.0	0.1	11.7	330.0	1.0	240.0	0.1
	底层	26.6	332.3	1.5	242.3	0.1	10.2	332.3	0.6	242.3	0.1
C9	表层	7.9	275.4	0.1	5.4	0.0	3.0	275.4	0.0	5.4	0.0
	中层	8.3	280.0	0.5	10.0	-0.1	3.2	280.0	0.2	10.0	-0.1
	底层	7.9	283.8	1.0	193.8	0.1	3.0	283.8	0.4	193.8	0.1
C10	表层	36.7	154.2	5.0	244.2	-0.1	14.1	334.2	1.9	64.2	-0.1

	中层	35.4	158.0	5.4	248.0	-0.2	13.6	338.0	2.1	68.0	-0.2
	底层	35.1	161.3	4.9	251.3	-0.1	13.5	341.3	1.9	71.3	-0.1
C11	表层	50.1	159.1	0.7	249.1	0.0	19.3	339.1	0.3	69.1	0.0
	中层	50.6	335.8	1.5	65.8	0.0	19.5	335.8	0.6	65.8	0.0
	底层	45.9	333.9	1.8	63.9	0.0	17.7	333.9	0.7	63.9	0.0
C12	表层	11.7	120.8	2.2	30.8	0.2	4.5	300.8	0.9	210.8	0.2
	中层	10.3	125.8	2.3	35.8	0.2	4.0	305.8	0.9	215.8	0.2
	底层	9.1	128.4	1.8	38.4	0.2	3.5	128.4	0.7	38.4	0.2

表 4.2-8 调查海域各站主要分潮流及椭圆率 (续上表) (单位: cm/s, °)

站位	测层	M ₄					MS ₄				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C7	表层	4.7	70.0	1.0	340.0	0.2	3.7	70.0	0.8	340.0	0.2
	中层	3.5	74.6	0.9	344.6	0.3	2.7	74.6	0.7	344.6	0.3
	底层	2.4	75.3	0.6	345.3	0.2	1.9	75.3	0.4	345.3	0.2
C8	表层	2.6	138.7	1.6	48.7	0.6	2.1	138.7	1.3	48.7	0.6
	中层	5.0	135.5	1.3	225.5	-0.3	4.0	135.5	1.0	225.5	-0.3
	底层	4.7	131.6	0.3	41.6	0.1	3.7	131.6	0.2	41.6	0.1
C9	表层	3.5	205.2	0.9	115.2	0.3	2.7	205.2	0.7	295.2	0.3
	中层	2.4	354.1	1.2	264.1	0.5	1.9	354.1	1.0	264.1	0.5
	底层	2.7	341.7	0.1	251.7	0.1	2.1	341.7	0.1	251.7	0.1
C10	表层	9.4	165.1	2.6	255.1	-0.3	7.3	165.1	2.0	255.1	-0.3
	中层	8.3	168.9	2.0	258.9	-0.3	6.5	168.9	2.0	258.9	-0.3
	底层	8.3	164.3	0.6	254.3	-0.1	6.5	164.3	0.5	254.3	-0.1
C11	表层	12.2	167.9	2.0	257.9	-0.2	9.5	167.9	1.6	257.9	-0.2
	中层	4.9	157.0	0.7	67.0	0.1	3.8	157.0	0.6	67.0	0.1
	底层	4.6	139.5	1.6	49.5	0.3	3.6	319.5	1.2	229.5	0.3
C12	表层	5.8	76.7	0.1	166.7	0.0	4.5	76.7	0.1	166.7	0.0
	中层	4.8	64.5	0.2	154.5	0.0	3.8	64.5	0.1	154.5	0.0
	底层	4.0	61.4	0.6	151.4	-0.1	3.1	61.4	0.4	151.4	-0.1

图 4.2-13 各站 O₁ 分潮流长轴分布图

图 4.2-14 各站 K₁ 分潮流长轴分布图

图 4.2-15 各站 M₂ 分潮流长轴分布图

图 4.2-16 各站 S₂ 分潮流长轴分布图

③ 可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》(JTS145-2015)规定,可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离。

潮流和风海流为主的近岸海区,海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

a.对规则半日潮流海区可按式计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (4.2-1)$$

b.对规则全日潮流海区可按式计算

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (4.2-2)$$

式中 \vec{V}_{\max} ——潮流的可能最大流速(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{MS_4} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

c.对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区,采用式(4.2-1)和式(4.2-2)中的大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算:

a.规则半日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_4} \quad (4.2-3)$$

b.规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (4.2-4)$$

式中 \vec{L}_{\max} ——潮流水质点的可能最大运移距离 (距离: m, 方向: °)

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{MS_4} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量 (流速: cm/s, 流向: °)

c. 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区, 采用式(4.2-3)和式(4.2-4)中的大值。

根据各站层的潮流性质 (表 4.2-9), 按式(4.2-2)~式(4.2-4)及相关规定, 计算了各层潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离, 计算结果列入表 4.2-9 中, 由表 4.2-9 可见, 调查海区潮流可能最大流速为 142.6cm/s (C11 站表层), 各站层可能最大流速介于 19.6cm/s~142.6cm/s 之间, 方向以西北-东南向为主。水质点可能最大运移距离为 24.7km (C11 站中层), 各站层可能最大运移距离介于 3.1km~24.7km 之间, 方向与相应站层潮流可能最大流速的方向一致。

表 4.2-9 调查海区各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离

站位	测层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速(cm/s)	方向(度)	距离(km)	方向(度)
C7	表层	38.3	298.9	8.1	300.9
	中层	29.1	297.8	4.9	297.6
	底层	19.6	299.4	3.1	301.7
C8	表层	84.9	327.4	16.9	330.5
	中层	85.9	329.5	16.1	332.2
	底层	79.2	330.4	15.7	332.9
C9	表层	37.2	296.8	9.1	300.4
	中层	35.7	297.5	8.6	300.8
	底层	33.3	299.4	7.9	302.4
C10	表层	110.7	337.3	19.8	337.7

	中层	108.0	340.5	20.2	340.4
	底层	108.1	342.3	20.3	342.7
C11	表层	142.6	339.5	23.9	336.8
	中层	132.6	335.8	24.7	335.7
	底层	123.1	333.2	23.6	334.5
C12	表层	38.5	292.2	6.6	306.0
	中层	31.1	293.4	5.5	309.7
	底层	25.7	296.2	4.4	315.0

注：表中方向只为其一， $\pm 180^\circ$ 为另一方向

④ 余流分析

余流通常指实测海流中扣除了周期性的潮流后的剩余部分，一般取周日海流观测资料中消去潮流后的平均值，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合反映，是由热盐效应和风等因素引起，岸线和地形对它有一定影响。下面根据本海域调查的 26 小时海流实测资料，结合海面风场，分析调查海域的余流特征。

表 4.2-10 为大潮期间各测站的余流，由表可知，大潮余流量值介于 2.3~27.7cm/s 之间，最大余流出现在 C11 站表层，方向 155.1°；最小余流出现在 C9 站中层，方向 49.3°。

就整个海域而言，余流流向以偏南向为主；余流在磨刀门附近（C8、C10、C11），以偏南向为主；在近岸 C9 站余流以偏东北向为主，C12 站余流以偏西南向为主。

表 4.2-10 调查海域各站大潮余流(单位: cm/s, °)

站位	测层	流速	流向
C7	表层	3.1	23.0
	中层	12.0	47.9
	底层	9.5	52.9
C8	表层	11.7	154.6
	中层	9.4	155.9
	底层	8.4	140.4
C9	表层	2.7	66.3
	中层	2.3	49.3
	底层	2.4	46.1
C10	表层	12.1	177.3
	中层	9.1	166.5
	底层	4.6	148.1
C11	表层	27.7	155.1

	中层	15.8	154.0
	底层	9.9	160.3
C12	表层	8.6	244.3
	中层	6.2	253.4
	底层	4.1	262.8

图 4.2-17 大潮期各站余流分布图

⑤ 水温

海水温度的分布（包括平面和垂向）和变化主要受太阳辐射、风、海浪、海流等诸因素的影响。根据要求，在设置的 6 个测流站上同时进行了水温观测，其观测结果见附件。

大潮期水温统计见表 4.2-11。由表可见，调查期间调查海区测得的水温最大值为 22.10℃，出现在 C7 站底层；测得水温的最小值为 19.66℃，出现在 C10 站表层。

利用本次测得到的水温资料，按层次分别计算平均值（表 4.2-11）。由表可见，各站层水温相差不大，基本表现为中层高、表层低的特点。

图 4.2-18 至图 4.2-23 为表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各站层温度曲线呈不规则波动，温度日变化较小；温度垂向变化不大。

表 4.2-11 调查海区各站大潮水温统计单位：℃

站 位	测 层	最小值	最大值	平均值
C7	表层	19.66	21.06	20.35
	中层	20.45	21.45	21.10
	底层	21.18	22.10	21.80
C8	表层	19.41	20.36	20.01
	中层	19.44	20.32	20.03
	底层	19.46	20.53	20.03
C9	表层	18.32	20.75	19.63
	中层	18.31	20.47	19.54
	底层	18.27	20.47	19.42
C10	表层	18.21	21.24	20.06
	中层	18.26	21.37	20.25
	底层	18.32	21.53	20.43
C11	表层	18.96	20.67	20.00
	中层	18.88	20.99	20.13
	底层	18.92	21.53	20.23

C12	表层	19.87	21.23	20.42
	中层	19.87	21.43	20.52
	底层	19.88	21.63	20.66

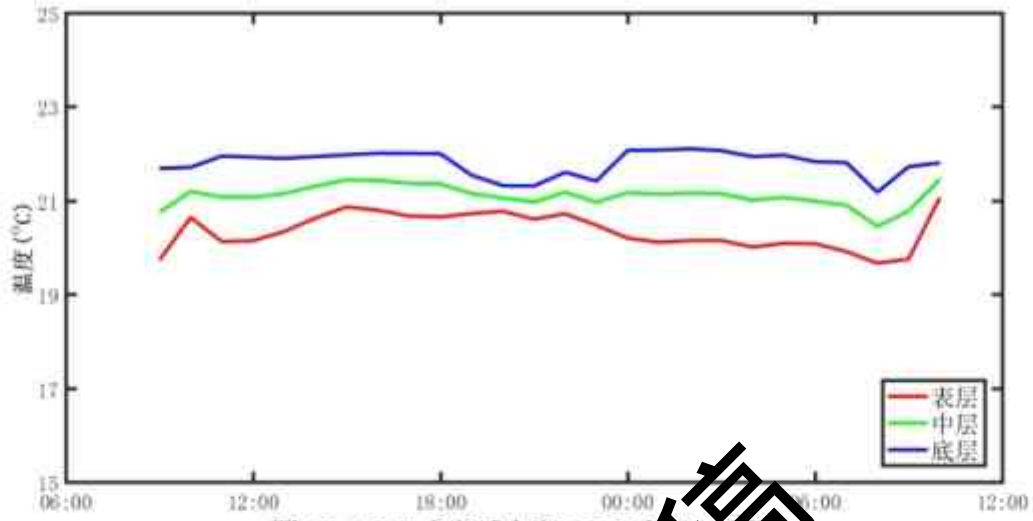


图 4.2-18 调查海域大潮 C7 站实测温度图

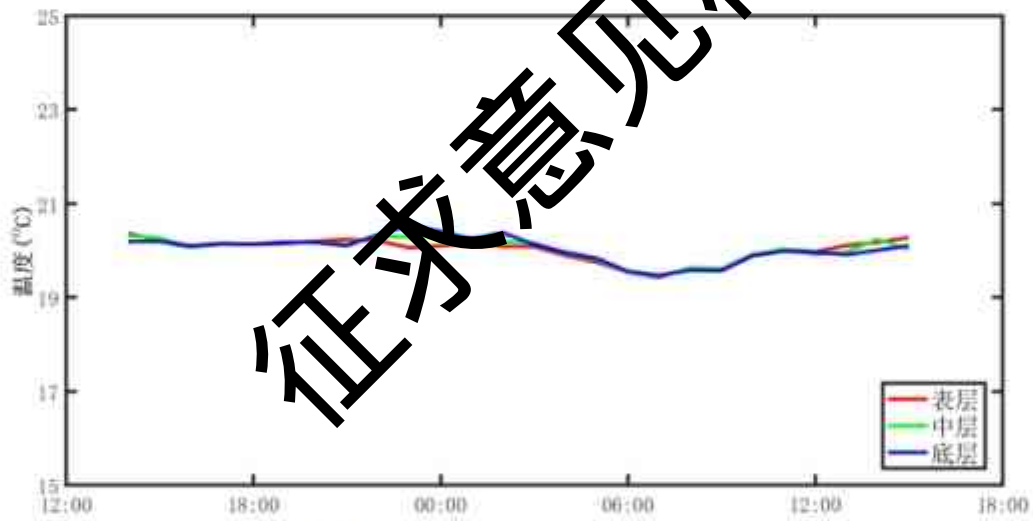


图 4.2-19 调查海域大潮 C8 站实测温度图

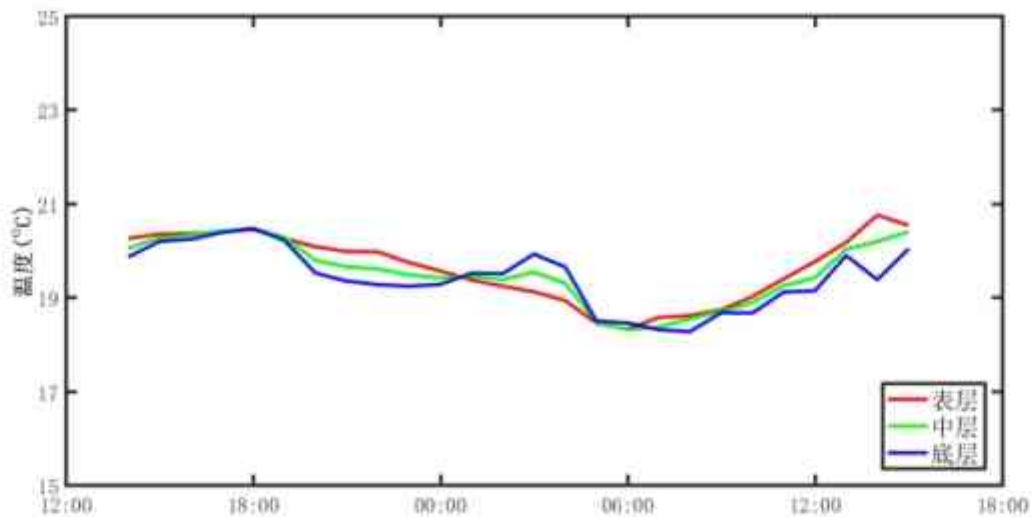


图 4.2-20 调查海域大潮 C9 站实测温度图

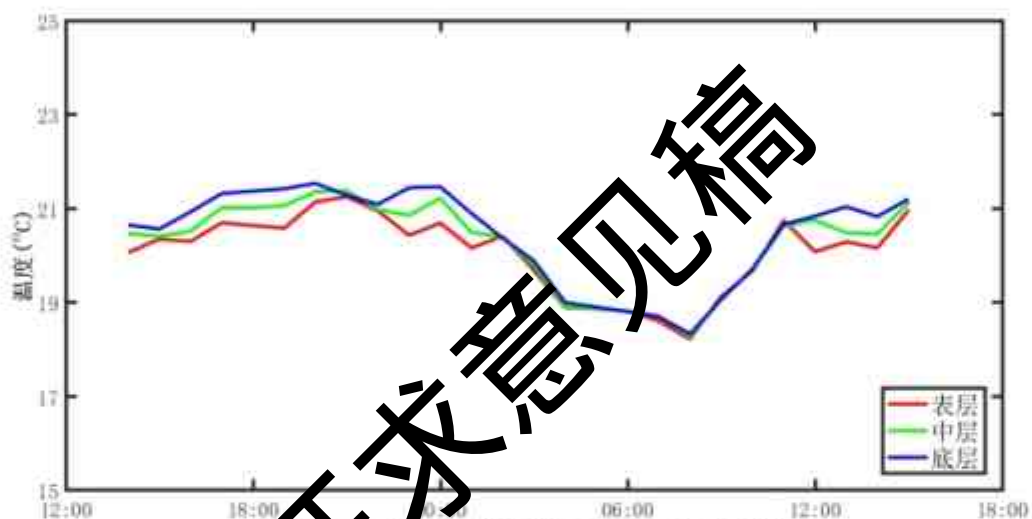


图 4.2-21 调查海域大潮 C10 站实测温度图

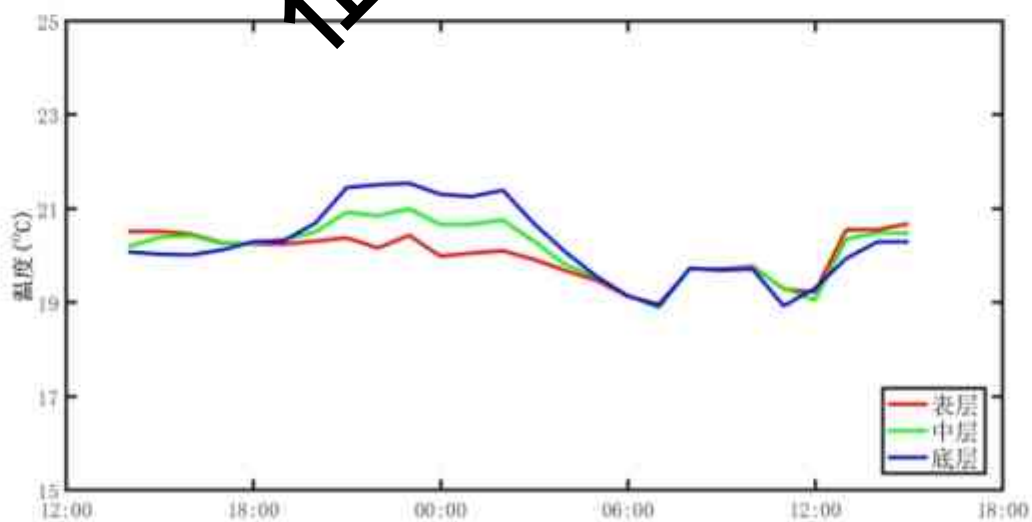


图 4.2-22 调查海域大潮 C11 站实测温度图

征求意见稿

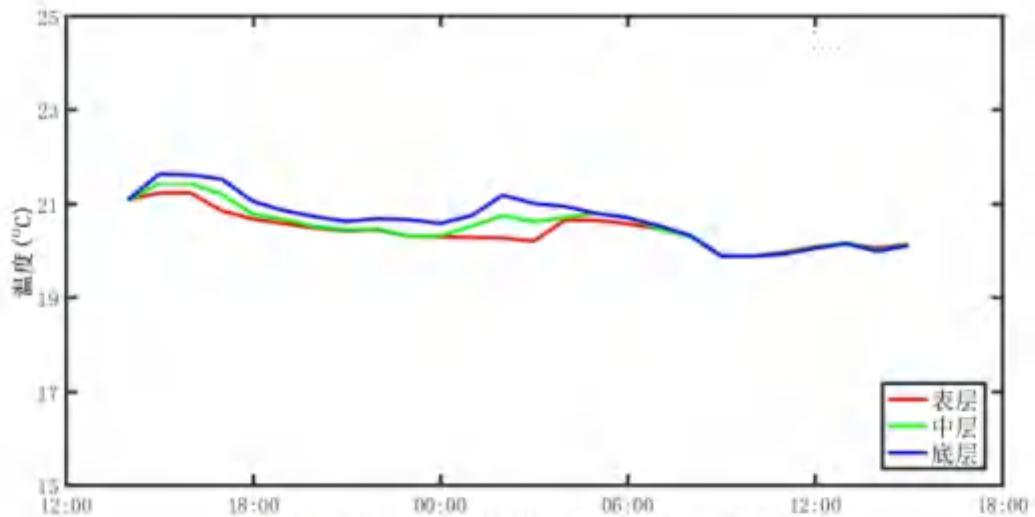


图 4.2-23 调查海域大潮 C12 站实测温度图

⑥ 盐度

海水盐度主要受蒸发、降水、潮流、沿岸流和海水混合等因素的影响。对本次全潮水文观测得到的盐度资料统计分析，结果如下：

大潮期盐度统计见表 4.2-12。由表可见，调查期间调查海区测得的盐度最大值为 31.20，出现在 C7 站底层；测得盐度的最小值为 3.82，出现在 C8 站表层和中层。

利用本次测得到的盐度资料，按层分别计算平均值（表 4.2-12）。由表可见，调查海区盐度变化较大，越靠近河口的站点，盐度越小。

图 4.2-24 至图 4.2-29 为表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：盐度曲线呈不规则波动状，各站层盐度表现为底层>中层>表层，表明盐度在垂向上变化不大。

表 4.2-12 调查海域各站大潮盐度统计

站 位	测 层	最小值	最大值	平均值
C7	表 层	23.87	27.75	25.23
	中 层	26.91	29.18	27.89
	底 层	29.31	31.20	30.35
C8	表 层	3.82	13.05	7.17
	中 层	3.82	16.69	8.10
	底 层	3.90	19.29	8.90
C9	表 层	5.27	10.14	6.96
	中 层	5.40	10.05	7.98
	底 层	5.40	12.05	9.06
C10	表 层	12.98	28.02	21.23

	中层	13.10	28.92	22.58
	底层	13.04	29.91	23.84
C11	表层	9.53	18.29	12.95
	中层	10.30	24.07	15.27
	底层	11.20	29.62	17.79
C12	表层	15.46	28.24	25.91
	中层	15.44	29.45	26.24
	底层	16.45	30.91	26.80

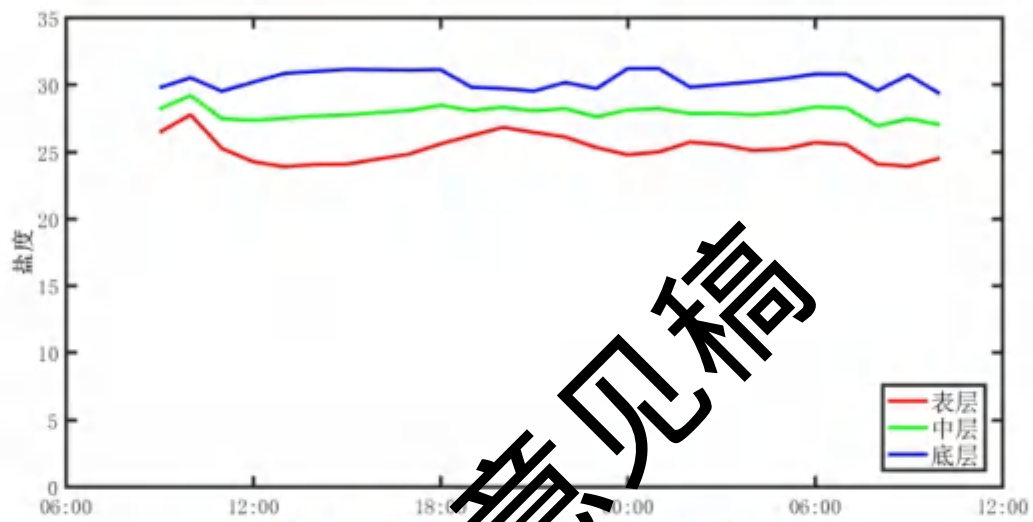


图 4.2-24 调查海域小潮 C7 站实测盐度图

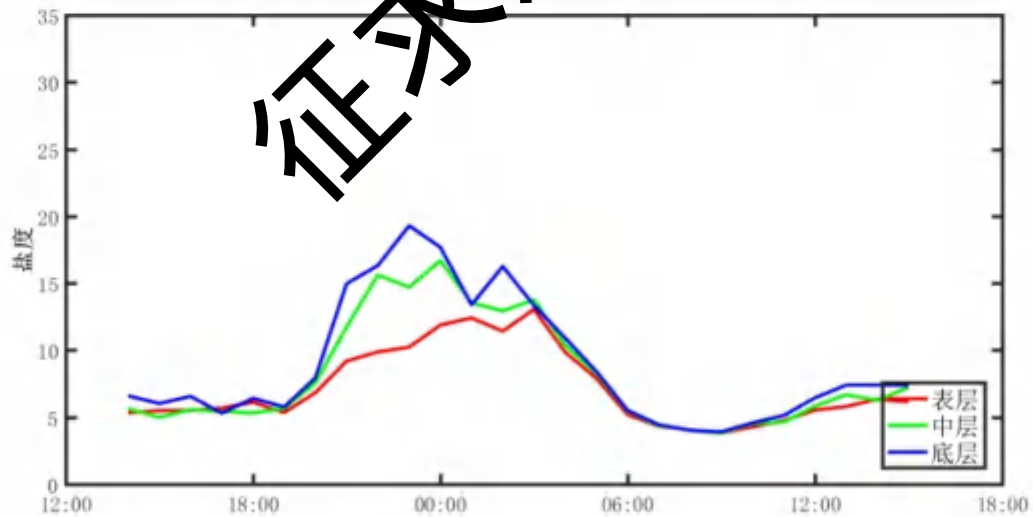


图 4.2-25 调查海域大潮 C8 站实测盐度图

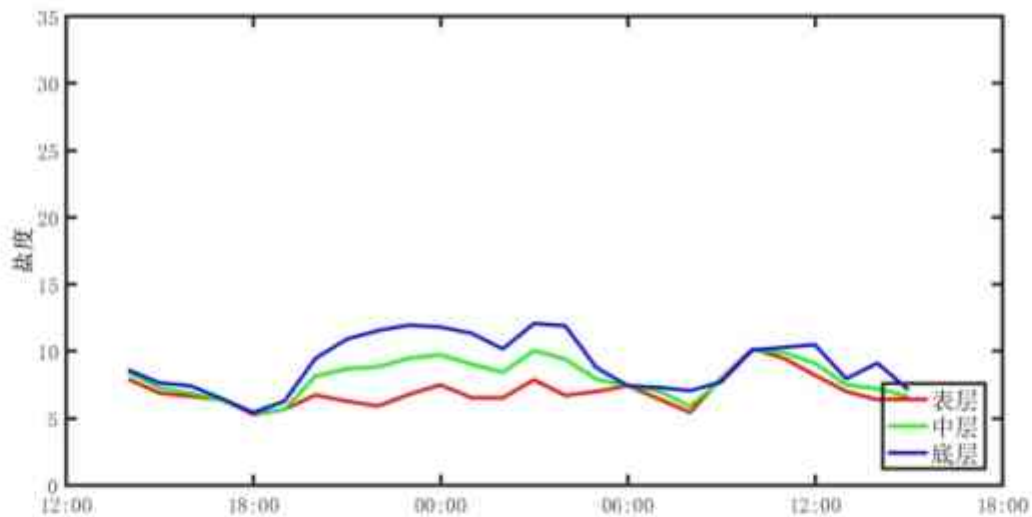


图 4.2-26 调查海域大潮 C9 站实测盐度图

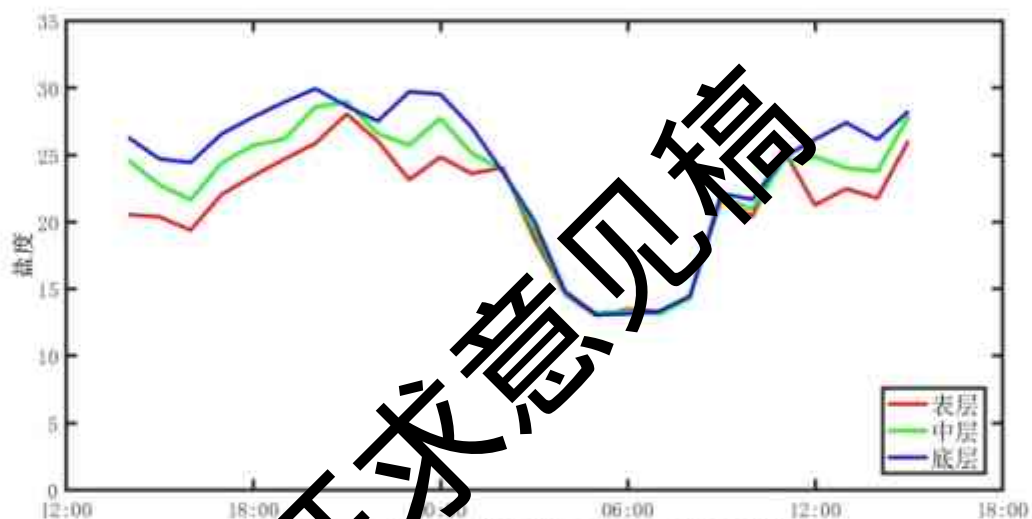


图 4.2-27 调查海域大潮 C10 站实测盐度图

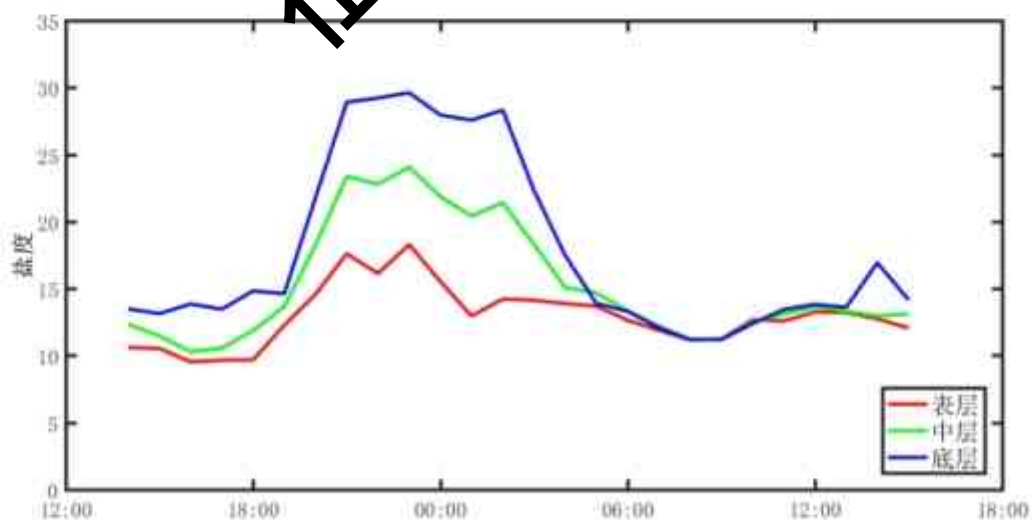


图 4.2-28 调查海域大潮 C11 站实测盐度图

征求意见稿

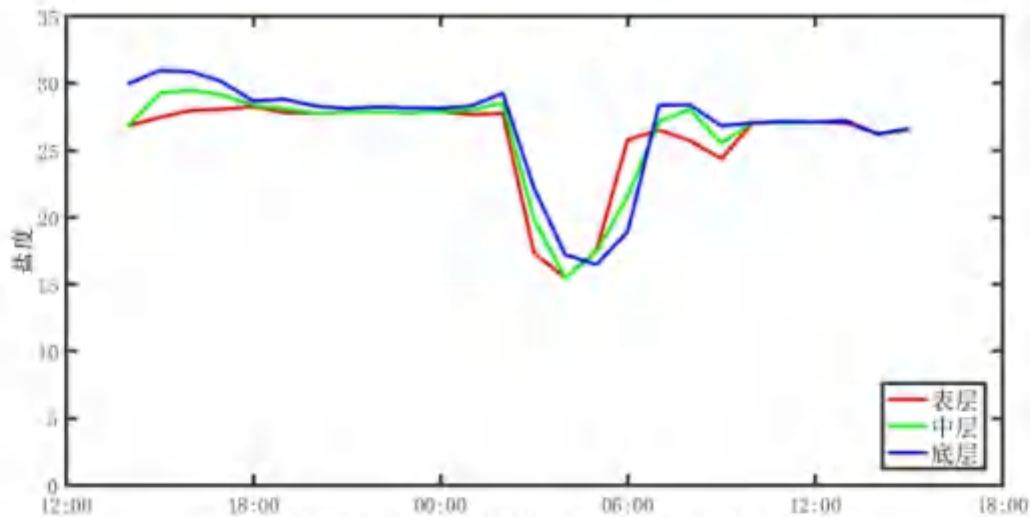


图 4.2-29 调查海域大潮 C12 站实测盐度图

4.2.2.6 悬浮泥沙

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量，在时间和空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、风质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有：河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿岸线泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

为获取调查海域悬浮泥沙浓度分布情况，对悬浮泥沙进行了观测。悬沙采样频率为每 2 小时一次，采样层次为表、中、底三层。

① 悬浮泥沙浓度

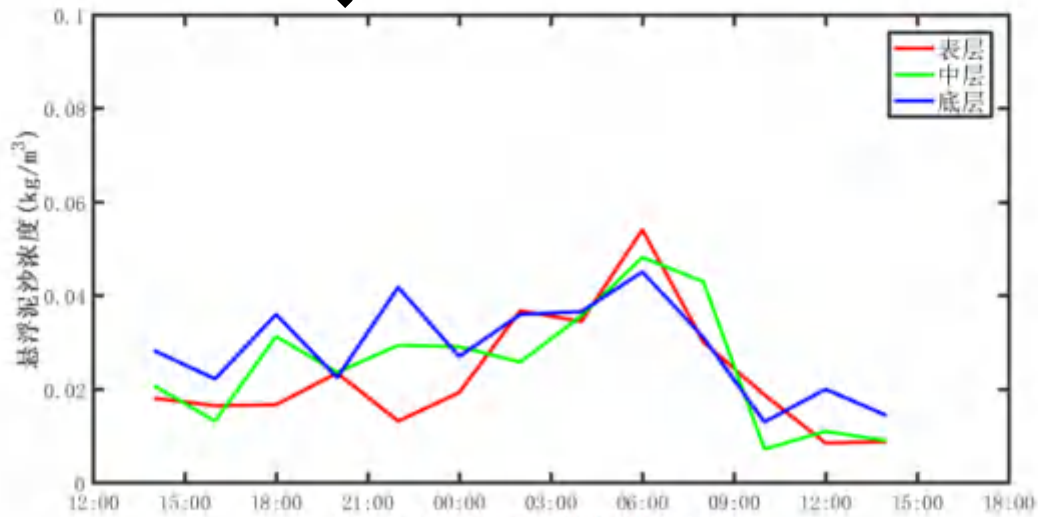
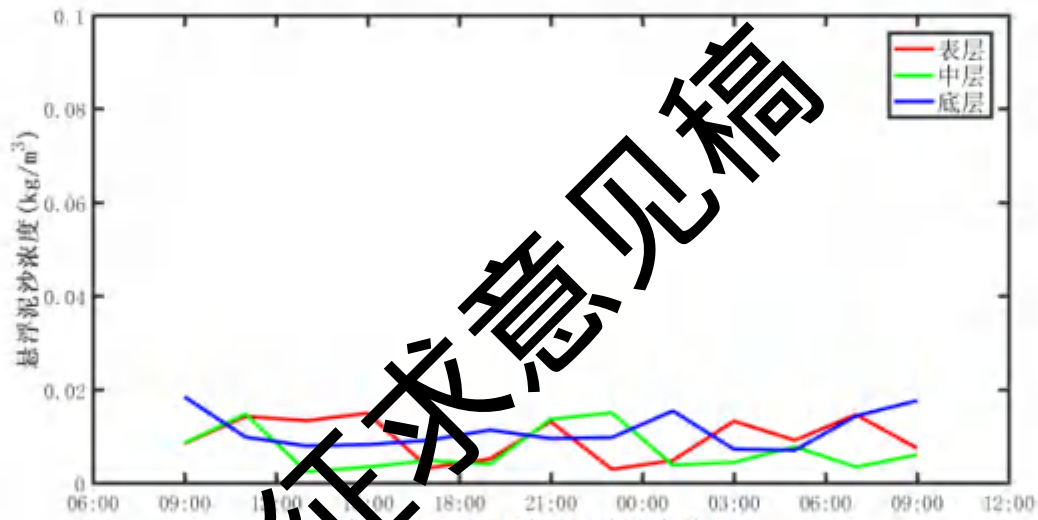
图 4.2-30 至图 4.2-35 的各子图分别给出了各站悬浮泥沙浓度的时间变化过程图，表 4.2-13 统计了各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站表、中、底三层含沙量相差不大，随时间呈不规则波动。从整体变化过程看来，除 C10 站外，各站含沙量一般不超过 $0.07\text{kg}/\text{m}^3$ ，悬浮泥沙浓度介于 $0.0020\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.1219\text{kg}/\text{m}^3$ ，悬浮泥沙浓度最大值出现在 C10 站底层。

表 4.2-13 各站含沙量特征值统计表 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

站位	测层	最小值	最大值	平均值	平均
C7	表	0.0029	0.0149	0.0096	0.0093
	中	0.0024	0.0150	0.0071	
	底	0.0070	0.0184	0.0112	
C8	表	0.0084	0.0540	0.0229	0.0255
	中	0.0071	0.0481	0.0251	

	底	0.0129	0.0450	0.0287	
C9	表	0.0156	0.0602	0.0265	0.0252
	中	0.0143	0.0641	0.0266	
	底	0.0140	0.0530	0.0225	
C10	表	0.0020	0.0884	0.0256	0.0307
	中	0.0057	0.0873	0.0303	
	底	0.0046	0.1219	0.0362	
C11	表	0.0033	0.0253	0.0125	0.0147
	中	0.0042	0.0376	0.0153	
	底	0.0057	0.0335	0.0163	
C12	表	0.0044	0.0190	0.0110	0.0101
	中	0.0042	0.0167	0.0092	
	底	0.0051	0.0151	0.0099	



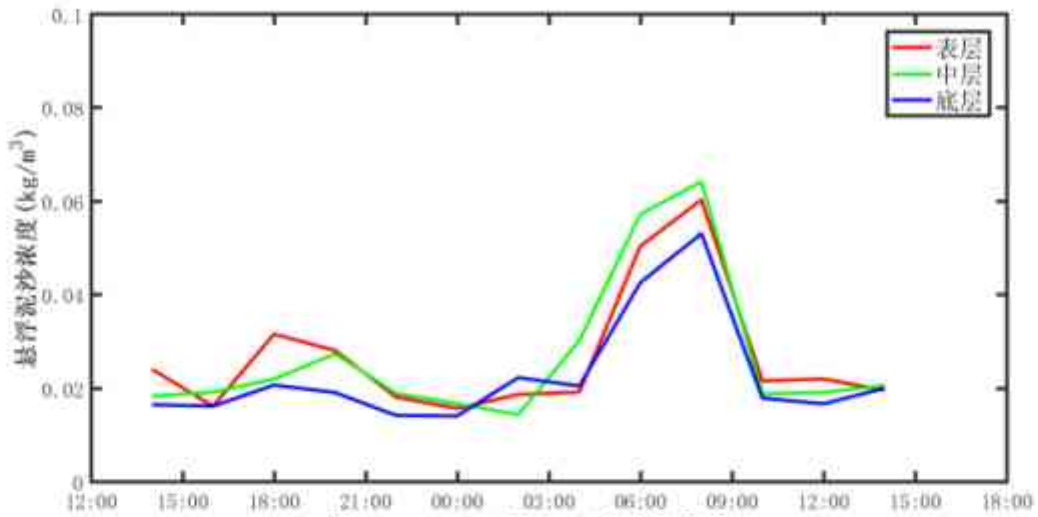


图 4.2-32C9 站悬浮泥沙浓度曲线

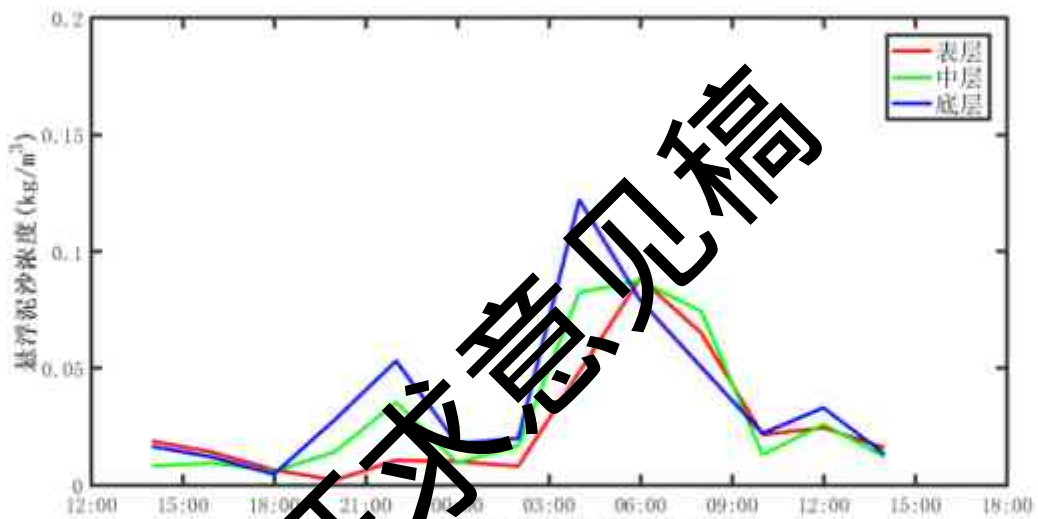


图 4.2-33C10 站悬浮泥沙浓度曲线

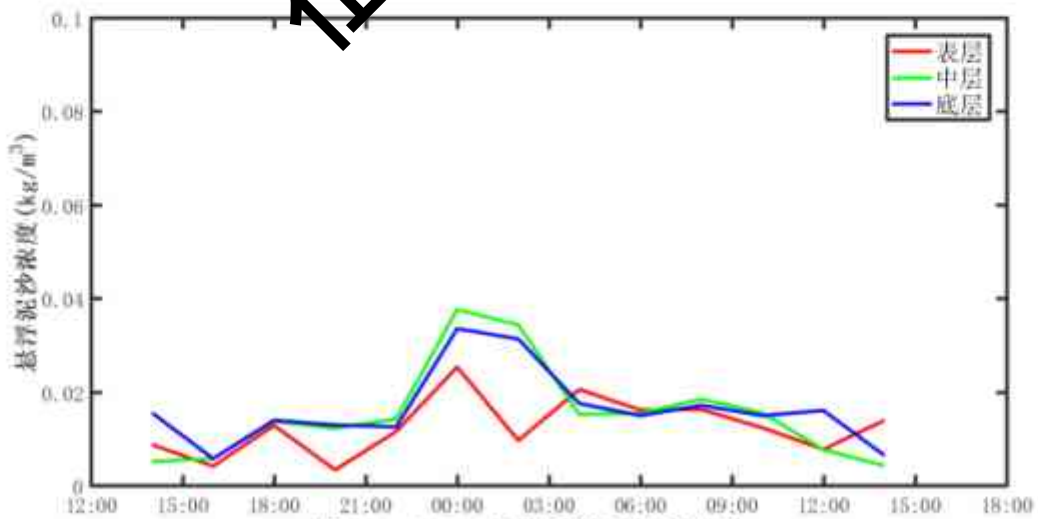


图 4.2-34C11 站悬浮泥沙浓度曲线

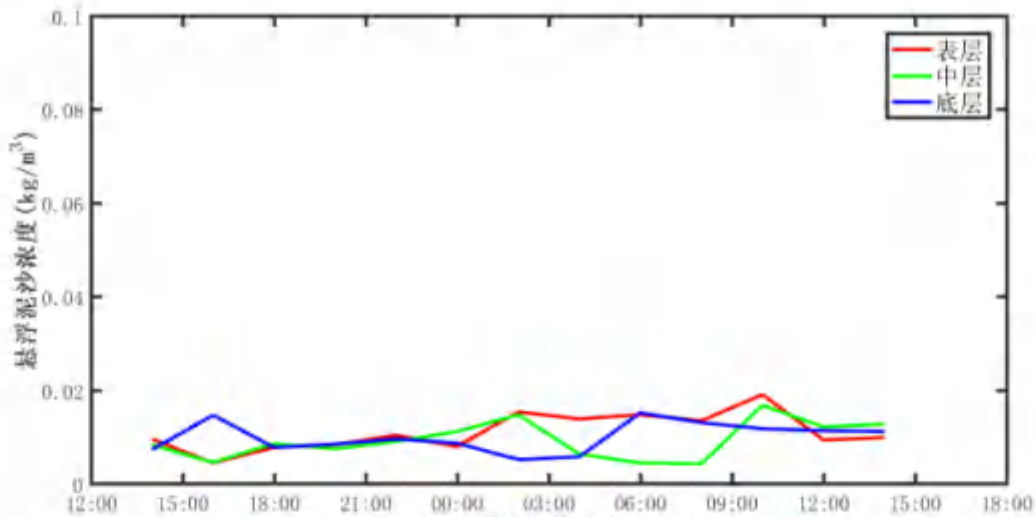


图 4.2-35C12 站悬浮泥沙浓度曲线

② 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 4.2-14 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的全潮单宽输沙量统计结果，图 4.2-36 为全潮输沙示意图。

大潮期，涨潮期最大单宽输沙量为 0.9t/m，方向分别为 335.7° 和 334.3°，出现在 C10 和 C11 站；落潮期最大单宽输沙量为 2.9t/m，方向 163.0°，出现在 C10 站；最大单宽净输沙量为 2.0t/m，方向 165.6°，出现在 C10 站。净输沙方向与余流方向基本一致。

表 4.2-14 各站全潮单宽输沙量统计表

站位	涨潮		落潮		净输沙	
	输沙量	方向	输沙量	方向	输沙量	方向
	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)	(t/m)	(°)
C7	0.3	358.9	0.3	80.5	0.5	45.9
C8	0.5	340.9	1.6	150.0	1.1	144.8
C9	0.6	325.7	1.3	125.8	0.8	110.2
C10	0.9	337.7	2.9	163.0	2.0	165.6
C11	0.9	334.3	2.0	154.9	1.1	155.4
C12	0.2	275.5	0.1	162.9	0.2	240.5

图 4.2-36 净输沙示意图

③ 悬浮泥沙粒度

悬浮泥沙以粉砂为主,平均粒径在 $5.833\Phi\sim 7.004\Phi$ 之间,平均值为 6.575Φ ; 中值粒径在 $5.801\Phi\sim 6.995\Phi$ 之间,平均值为 6.570Φ 。平均粒径在 $0.018\text{mm}\sim 0.008\text{mm}$ 之间,平均值为 0.010mm ; 中值粒径在 $0.018\text{mm}\sim 0.008\text{mm}$ 之间,平均值为 0.011mm 。

4.2.2.7 2022 年冬季调查小结

根据 2022 年 12 月 8 日—2022 年 12 月 10 日期间对磨刀门附近海域 2 个临时潮位站和 6 个海流测站的大潮水文观测资料的分析,我们得到如下几点看法,水文观测期间:

1.调查海域的潮汐属于不规则半日潮。

2.调查海区除 C7、C12 站外,其他各站基本表现为涨落潮流态势,涨潮时以偏北向流为主,落潮时以偏南向为主,呈现出一定的往复流特征; C7、C12 站表现为一定的旋转流特征;观测期间最大流速值在 $6.9\text{ cm/s}\sim 53.3\text{ cm/s}$ 之间,最大流速测得为 115.2 cm/s 。

3.调查海区的潮流性质以不规则半日潮流为主,主要分潮流中以 M_2 分潮流椭圆长半轴(即最大流速)为最大,主要分潮流最大流速的方向主要表现为偏北-偏南向。

4.调查海区潮流可能最大流速与水质点可能最大运移距离分别是 142.6 cm/s 和 27.7 km 。

5.总体而言,调查海区表层余流较大,最大为 27.7 cm/s ;磨刀门附近水道,以偏南向为主。

6.调查海区各站层水温变化不大,海水温度在调查期为 $18.21^\circ\text{C}\sim 22.10^\circ\text{C}$ 之间。

7.调查海区盐度变化较大,海水盐度在调查期为 $3.82\sim 31.20$ 之间,近岸受径流影响,盐度较低,外海盐度较高。

8.调查期悬浮泥沙浓度不超过 0.13 kg/m^3 ,介于 $0.0020\text{ kg/m}^3\sim 0.1219\text{ kg/m}^3$ 之间。悬浮泥沙以粉砂为主,平均粒径在 $5.833\Phi\sim 7.004\Phi$ 之间,平均值为 6.575Φ ;

中值粒径在 $5.801\Phi \sim 6.995\Phi$ 之间, 平均值为 6.570Φ 。平均粒径在 $0.018 \text{ mm} \sim 0.008 \text{ mm}$ 之间, 平均值为 0.010 mm ; 中值粒径在 $0.018 \text{ mm} \sim 0.008 \text{ mm}$ 之间, 平均值为 0.011 mm 。

4.2.3 2023 年春季调查

4.2.3.1 概况

① 潮位观测频率

本评价引用中国科学院南海海洋研究所在项目周边海域的潮位调查资料。调查时间为 2023 年 3 月 6 日 10 时~2023 年 3 月 7 日 11 时, 采样频率为 10 分钟一次。

② 海流观测要素、层次、频率

海流观测要素包括流速、流向、温度、盐度。观测点设置三层, 分别为表层(水面以下 1m), 中层 ($0.6d$) 与底层(距海底 1m), 其中 d 为水深。2023 年 3 月 6 日 10 时~2023 年 3 月 7 日 11 时, 观测频率为每小时一次。

③ 悬浮泥沙要素、层次、频率

悬浮泥沙观测要素为含沙量, 共三层进行观测, 分别为分别为表层(水面以下 1m), 中层 ($0.6d$) 与底层(距海底 1m), 其中 d 为水深。悬浮泥沙观测时间为 2023 年 3 月 6 日 10 时~2023 年 3 月 7 日 11 时, 观测频率为每 2 小时一次。

4.2.3.2 调查站位

在调查海域设 7 个潮流泥沙观测站, 临时潮位站 2 个。具体位置见下表与下图。

4.2.3.3 调查期间气象及闸口情况

2023 年 3 月 6 日~2023 年 3 月 7 日, 天气以晴为主, 海面以偏东风为主。调查海域 C8 站风速风向见图 4.2-37, 鹤洲南地位水闸布设情况见图 4.2-38。

调查期间: 3 月 5 日: 未开闸; 3 月 6 日: 上午 6 点, 开了除横洲闸外其他 6 个闸出水, 上午 9 点关闸; 下午 7 点开 5 号闸进水, 晚间 12 点关闸; 3 月 7 日: 上午 7 点, 开了除横洲闸外其他 6 个闸出水, 上午 9 点关闸; 晚间 8 点开 3、4 号闸进水, 凌晨 1 点关闸。

船闸如有航行要求, 会临时开启, 其余时间关闭; 3 月 5 日至 7 日期间未开

闸。

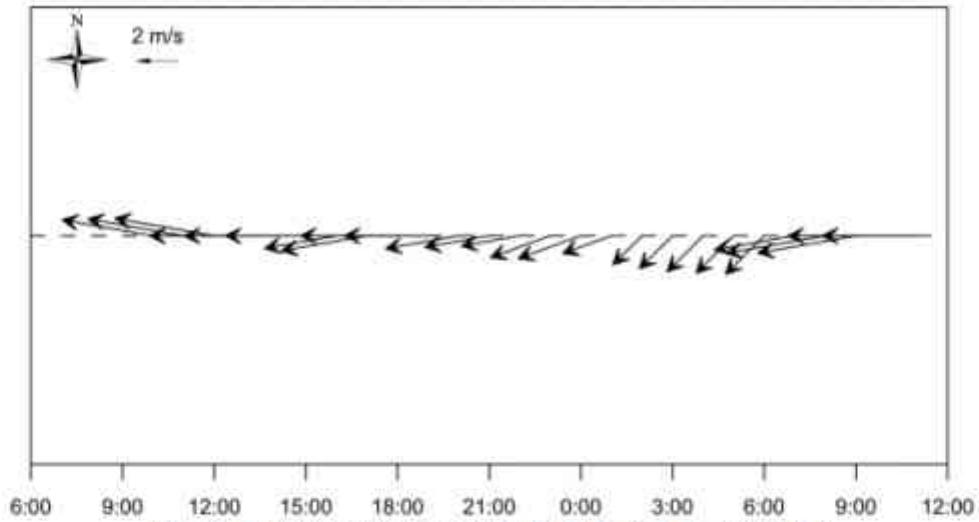


图 4.2-37 调查海域 C8 站的风速风向(2023-3-6~2023-3-7)



图 4.2-38 鹤州南堤围闸示意图

4.2.3.4 潮汐

地球上的海水，受到月球和太阳的作用产生的一种规律性的上升下降运动称为潮汐。南海的潮汐主要是由太平洋潮波传入引起的协振潮。由引潮力产生的潮汐振动不大。

在大部分港口和海区， K_1 、 O_1 、 M_2 和 S_2 是四个振幅最大的主要分潮。这四个分潮的振幅值通常用来对潮汐运动形态进行分类。在我国，通常采用比值

$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ 来进行海港潮汐类型的判别, 其中 H 表示分潮的振幅。当 $F < 0.5$,

潮汐为正规半日潮港或规则半日潮港; 当 $0.5 \leq F < 2.0$, 潮汐为不规则半日潮港或不规则半日潮混合潮港; 当 $2.0 \leq F \leq 4.0$, 潮汐为不规则日潮港或不规则日潮混合潮港; 当 $F > 4.0$, 潮汐为正规日潮港或规则日潮港。

由于此次潮位观测的潮位资料时间只有 26 小时左右, 为了获得较准确的潮汐调和常数, 我们采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和与分析。差比数取自邻近三灶站港调和常数。分析得出的主要分潮的调和常数参见表 4.2-15。

表 4.2-15 主要分潮的调和常数 (基于 26 小时)

测站 分潮	T2		C9	
	振幅 H (cm)	迟角 g (°)	振幅 H (cm)	迟角 g (°)
O ₁	28.0	140.4	15.5	150.5
K ₁	34.5	189.3	11.6	199.3
M ₂	44.0	42.5	41.2	61.8
S ₂	16.9	74.2	15.9	93.5
M ₄	7.1	31.1	10.3	7.6
MS ₄	5.6	31.1	8.0	72.2
F	1.4		1.5	

据此调和常数, 我们计算了 2 个临时潮位站的特征值 $F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$, 得出 F 值分别为 1.4 和 1.5, 属于不规则半日潮混合潮。

混合潮港的特点是显著的潮汐日不等现象, 相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从图 4.2-39 潮位过程曲线可以看到, 调查海域的潮汐日不等现象是显著的。

虽然观测时间较短, 涨落潮历时的统计值还不够稳定, 观测期间, 落落潮历时大于涨潮历时。观测期间, T2 站最大潮差 1.89 m, 最小潮差 0.37 m, 平均潮差 1.14 m; C9 站最大潮差 1.90 m, 最小潮差 0.35 m, 平均潮差 1.14 m。潮波在向近岸传播过程中潮差呈逐渐增大趋势。

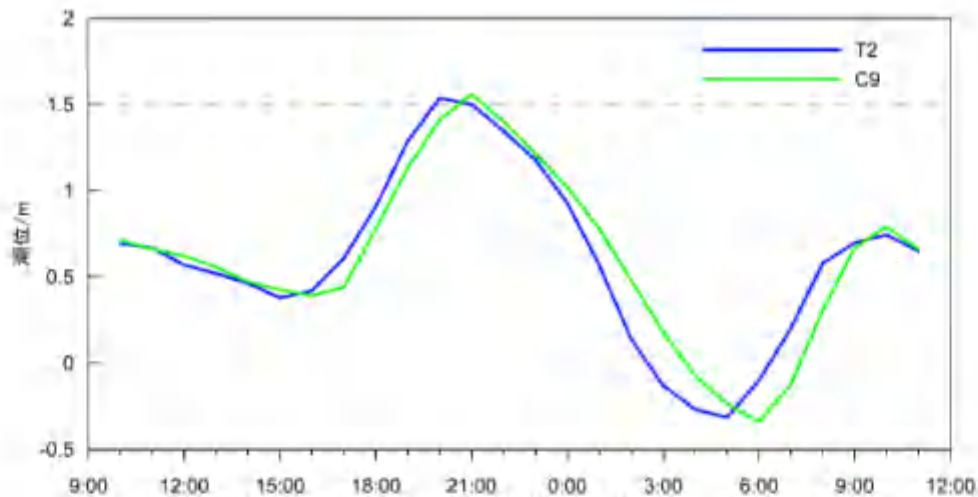


图 4.2-39 调查海域 T2 和 C9 站的潮位过程曲线(2023-3-6~2023-3-7)

4.2.3.5 海流

① 实测流场分析

大潮期观测时间为 2023 年 3 月 6 日 10 时~2023 年 3 月 7 日 11 时。实测海流的涨落潮流统计结果见表 4.2-17, 实测海流逐时矢位图见图 4.2-40 至图 4.2-46 (潮位过程曲线取 T2 站), 实测海流分布玫瑰图见图 4.2-47 至图 4.2-49。根据上述图表分析如下:

由图 4.2-40 至图 4.2-46 可知, 各站层的流速值过程线多起伏, 除 C6、C12 站外, 其他各站基本表现为涨落潮流态势, 涨潮时以偏北向流为主, 落潮时以偏南向为主, 呈现出一定的往复流特征; C6、C12 站表现为一定的旋转流特征。

根据大潮期涨、落潮流统计结果(表 4.2-17), 不包括 C15 站, 大潮期间涨潮流流速的平均值在 13.6 cm/s~50.9 cm/s 之间, 落潮流流速的平均值在 5.4 cm/s~86.6 cm/s 之间。最大涨潮流平均值为 50.9 cm/s, 方向为 345.0°, 出现在 C11 站中层; 最大落潮流速平均值为 86.6 cm/s, 方向 160.4°, 出现在 C11 站的中层。C15 站受围堤和水闸开闭影响, 涨潮流流速的平均值为 1.4 cm/s, 方向为 359.5°, 落潮流流速的平均值为 3.6 cm/s, 方向 345.1°。

由表 4.2-17 还可看到, 实测涨潮流的最大流速, 其表、中、底层的流速值依次为 105.1cm/s、97.4 cm/s、81.0 cm/s, 流向分别为 336.9°、348.8°、350.8°, 分别出现在 C11 站表层、中层、底层; 实测落潮流的最大流速, 其表、中、底层的流速依次为 185.0 cm/s、182.9 cm/s、155.5 cm/s, 流向分别为 154.0°、157.0°、159.1°, 分别出现在 C11 站表层、中层、底层。C15 站受围堤和水闸开闭影响,

涨潮期最大流速 6.6 cm/s，方向 14.5°；落潮期最大流速 11.8 cm/s，方向 336.2°。

总体而言，涨、落潮历时互有长短，以落潮历时略大于涨潮历时的站层为多。

表 4.2-16 调查海域大潮期各测站涨潮流、落潮流统计表

站 位	测 层	涨 潮 流(小时、cm/s、°)					落 潮 流(小时、cm/s、°)				
		T	V _{mean}	D _{mean}	V _{max}	D _{max}	T	V _{mean}	D _{mean}	V _{max}	D _{max}
C6	表层	10	22.3	269.5	44.3	267.2	16	14.0	181.0	41.5	122.0
	中层	10	18.3	277.2	32.0	260.7	16	8.5	182.8	36.4	237.0
	底层	10	14.3	294.5	30.2	235.7	16	5.4	172.3	27.0	236.5
C8	表层	10	35.8	351.2	64.5	349.0	16	30.2	187.3	72.4	170.7
	中层	9	36.3	352.7	63.3	349.8	17	31.2	179.0	71.5	174.6
	底层	9	34.1	351.0	62.7	351.4	17	31.9	174.5	62.0	179.7
C9	表层	10	17.1	328.5	47.4	325.8	16	6.3	151.7	28.1	147.1
	中层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底层	13	13.6	323.2	58.1	310.6	13	6.9	144.3	23.1	157.2
C10	表层	10	27.7	316.8	60.3	315.1	16	12.2	157.7	130.6	159.7
	中层	12	32.7	333.2	62.3	332.1	14	11.5	161.3	98.8	159.9
	底层	13	35.4	342.1	74.4	346.9	13	12.5	155.1	65.4	157.5
C11	表层	14	41.1	343.7	105.1	336.5	12	85.2	156.9	185.0	154.0
	中层	16	50.9	345.0	97.1	348.8	10	86.6	160.4	182.9	157.0
	底层	15	47.3	345.3	101.1	350.8	11	67.1	160.3	155.5	159.1
C12	表层	10	25.4	272.9	35.2	279.9	16	19.2	231.9	35.5	214.0
	中层	10	24.1	272.6	39.1	255.5	16	18.3	229.7	35.0	244.8
	底层	10	18.1	286.1	26.9	246.6	16	11.2	225.7	27.6	244.2
C15	表层	10	17.1	359.5	6.6	14.5	16	3.6	345.1	11.8	336.2

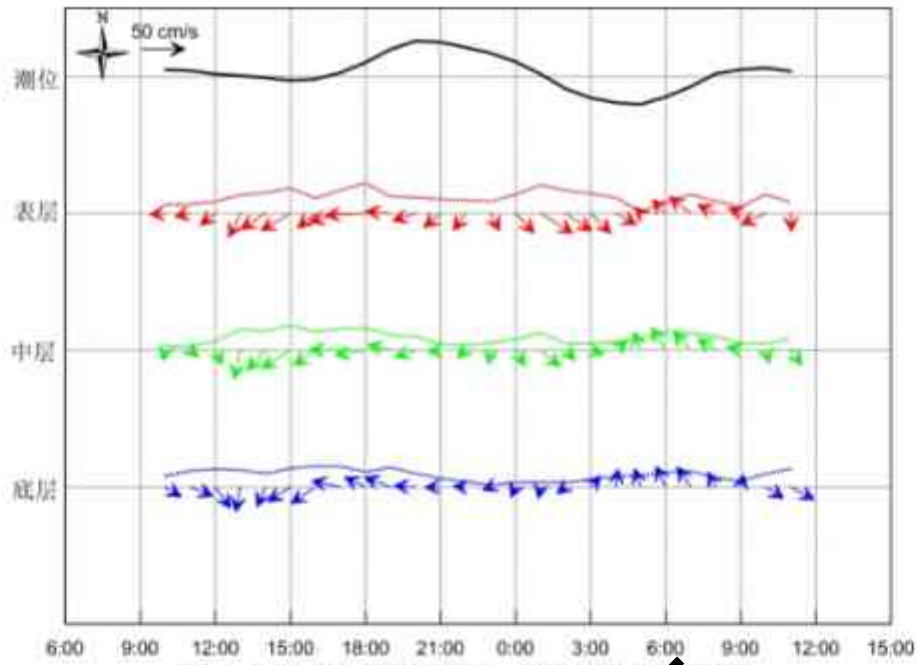


图 4.2-40 调查海域大潮 C6 站实测海流矢量图

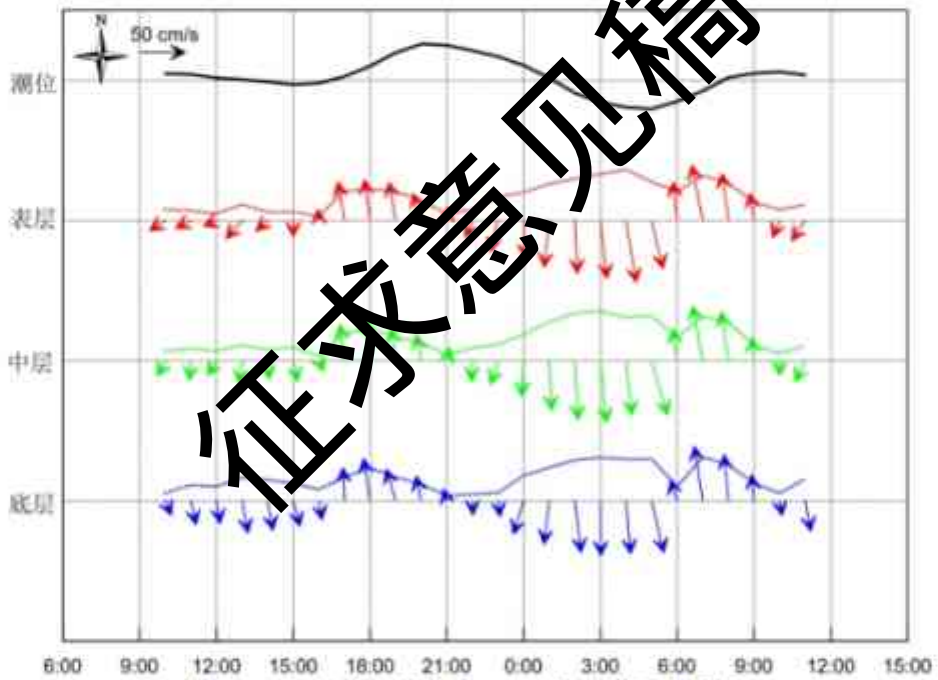


图 4.2-41 调查海域大潮 C8 站实测海流矢量图

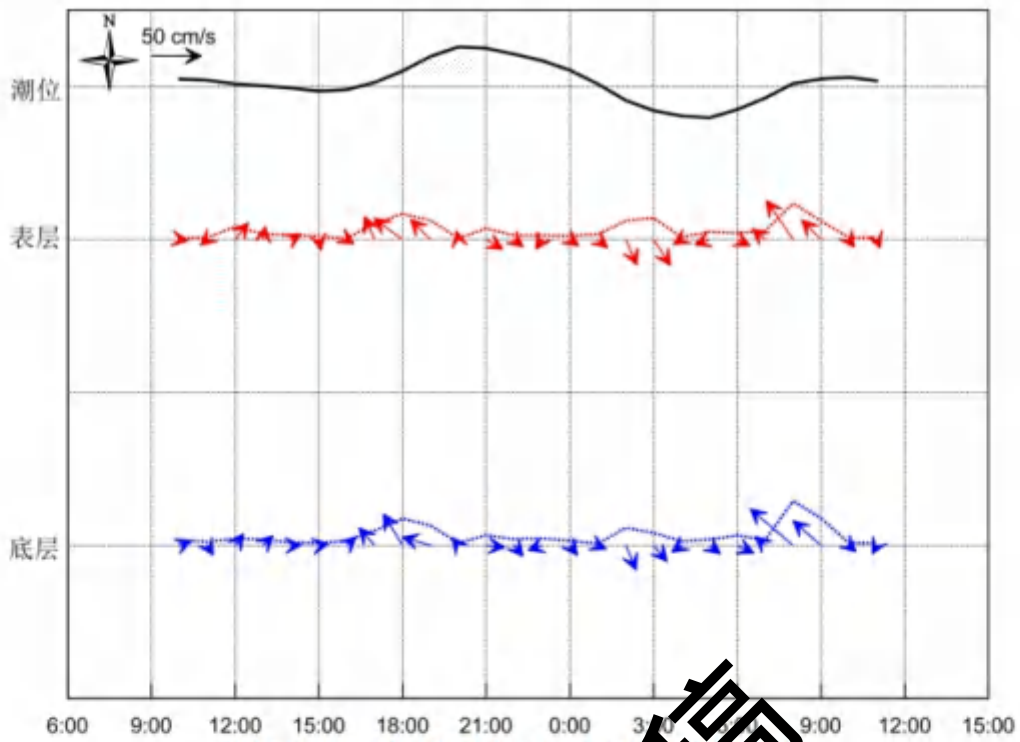


图 4.2-42 调查海域大潮 C9 站实测海流矢量图

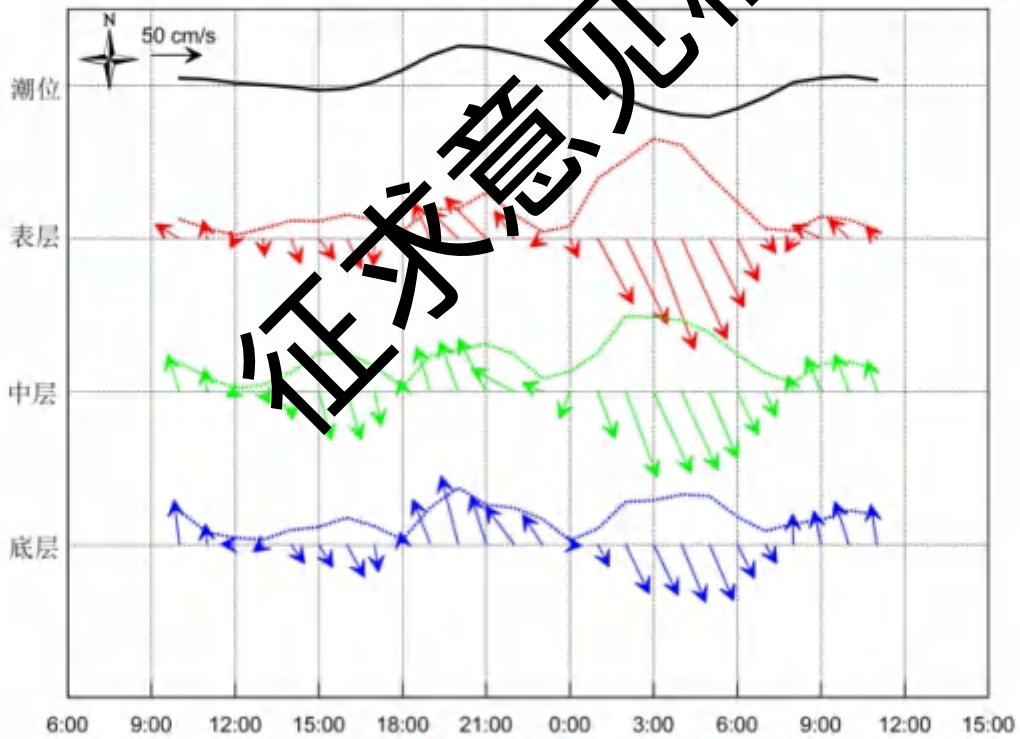


图 4.2-43 调查海域大潮 C10 站实测海流矢量图

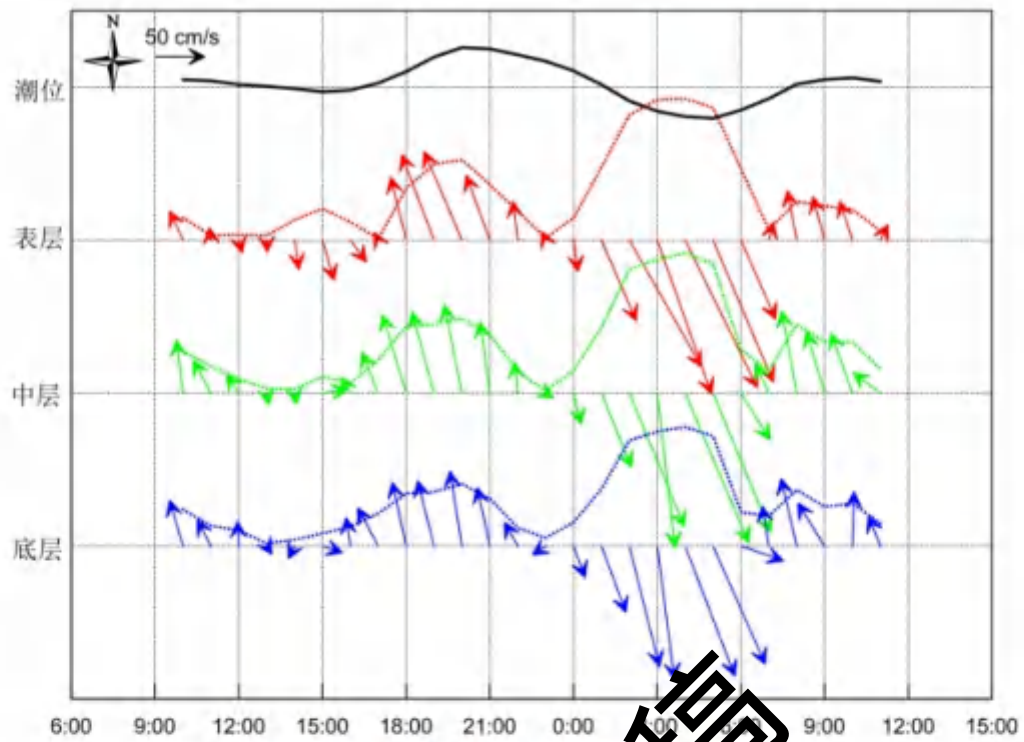


图 4.2-44 调查海域大潮 C11 站实测海流矢量图

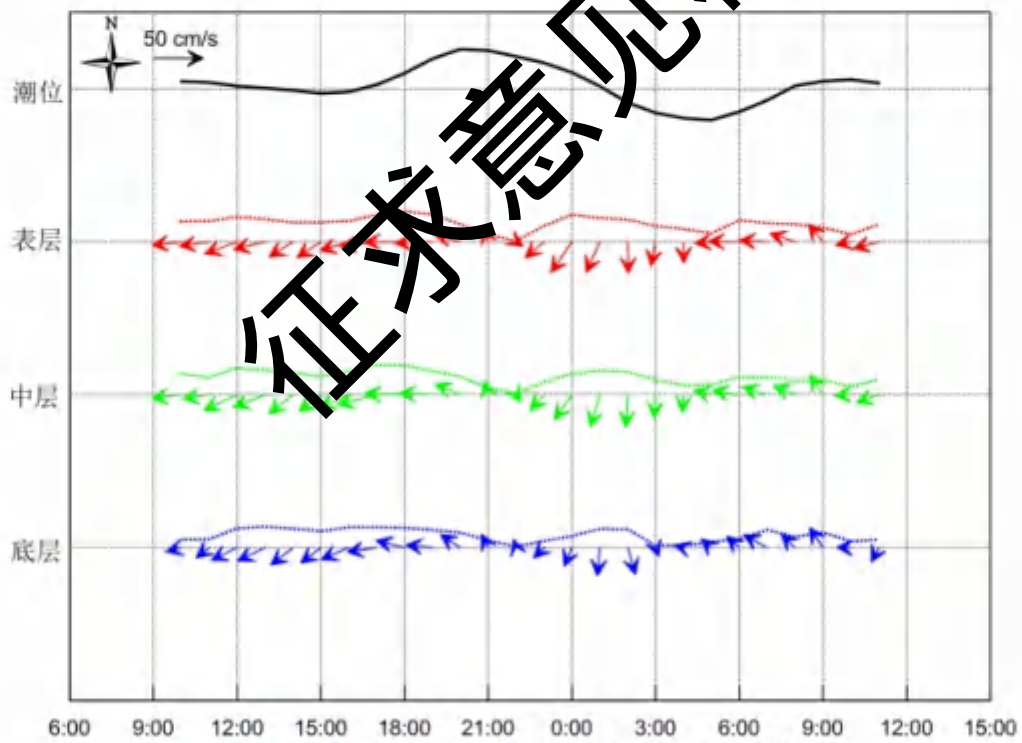


图 4.2-45 调查海域大潮 C12 站实测海流矢量图

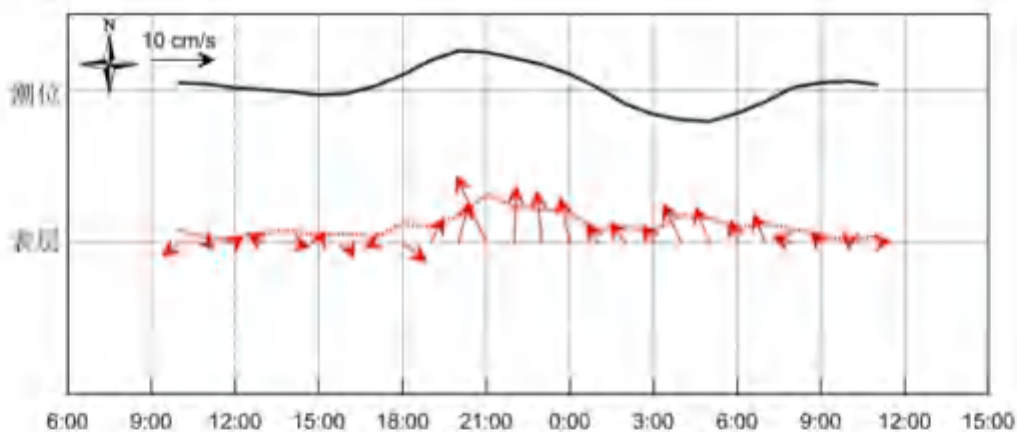


图 4.2-46 调查海域大潮 C15 站实测海流矢量图

图 4.2-47 大潮海流玫瑰图(表层)

图 4.2-48 大潮海流玫瑰图(中层)

图 4.2-49 大潮海流玫瑰图(底层)

② 潮流分析

选用“引入差比关系的准调和分析方法”对各站层潮流观测资料进行分析计算，得出观测期间各站层的余流和 O_1 （主要太阳全日分潮）、 K_1 （太阴太阳合成全日分潮）、 M_2 （主要太阴半日分潮）、 S_2 （主要太阳半日分潮）、 M_4 （ M_2 分潮的倍潮）和 MS_4 （ M_2 和 S_2 的复合分潮）等 6 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据，表 4.2-17 列出了 7 个测站各层表征潮流性质的特征值 $F[F=(W_{O1}+W_{K1})/W_{M2}]$ ，式中 W 为分潮流椭圆长半轴。从表可见， F 值在 0.5~1.6 之间，除 C15 站外，其他各站层表现为不规则半日潮流。因此，调查海区的潮流性质以不规则半日潮流为主。C15 站受围堤和水闸开闭影响，表现为规则日潮流特征，受水闸开闭偶然因素影响，不具代表性。

表 4.2-18 至表 4.2-20 给出了调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。由表可以看出（不包括 C15 站），主要分潮流以 M_2 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）为最大，其次为 K_1 分潮流、 O_1 分潮流， S_2 分潮流、 M_4 分潮流次之， MS_4 分潮流长半轴（最大流速）最小。 M_2 分潮较大反映了调查海域的半日潮流特征。

不包括 C15 站，各站层中 M_2 分潮流长半轴（最大流速）的最大为 76.6cm/s、方向 338.8°，出现在 C11 站表层，最小为 11.6cm/s、方向 135.7°，出现在 C9 站表层； K_1 分潮流长半轴的最大为 56.0cm/s、方向 341.6°，出现在 C11 站中层，最

小为 5.6cm/s、方向 341.7°，出现在 C9 站底层；O₁分潮流长半轴的最大为 45.4cm/s、方向 341.6°，出现在 C11 站中层，最小为 4.5cm/s、方向 341.7°，出现在 C9 站底层；S₂分潮流长半轴的最大为 29.5cm/s、方向 338.8°，出现在 C11 站表层，最小为 4.5cm/s、方向 312.9°，出现在 C9 站底层。由图 4.2-50 至图 4.2-53 可见，主要分潮流最大流速的方向（即潮流椭圆长半轴的方向）受地形影响，主要表现为偏北-偏南向。

C15 站受围堤和水闸开闭影响，K₁分潮流椭圆长半轴为最大，为 2.9cm/s、方向 164.2°，其次为 O₁分潮流长半轴，为 2.4cm/s、方向 164.2°，受水闸开闭偶然因素影响，不具代表性。

表 4.2-17 调查海域各测流站潮流性质的特征值 F

海区	站位	测层	特征值 F	潮型
珠海	C6	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层	0.7	不规则半日潮流
		底层	0.7	不规则半日潮流
	C8	表层	0.9	不规则半日潮流
		中层	0.8	不规则半日潮流
		底层	0.5	不规则半日潮流
	C9	表层	1.0	不规则半日潮流
		中层	—	—
		底层	0.9	不规则半日潮流
C10	表层	1.1	不规则半日潮流	
	中层	0.8	不规则半日潮流	
	底层	0.7	不规则半日潮流	
鸡啼门	C11	表层	1.2	不规则半日潮流
		中层	1.4	不规则半日潮流
		底层	1.4	不规则半日潮流
	C12	表层	1.3	不规则半日潮流
		中层	1.2	不规则半日潮流
		底层	1.2	不规则半日潮流
C15	表层	4.9	规则日潮流	

表 4.2-18 调查海域各站主要分潮流及椭圆率（单位：cm/s，°）

站位	测层	O ₁					K ₁				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C6	表层	12.5	265.6	4.0	175.6	0.3	15.4	265.6	4.9	175.6	0.3
	中层	9.3	230.6	0.7	140.6	0.1	11.5	230.6	0.9	140.6	0.1

	底层	8.2	235.2	5.1	325.2	-0.6	10.1	235.2	6.3	325.2	-0.6
C8	表层	14.9	346.7	0.6	76.7	0.0	18.4	346.7	0.7	76.7	0.0
	中层	12.9	353.0	0.3	83.0	0.0	15.9	353.0	0.4	83.0	0.0
	底层	8.7	3.8	1.6	273.8	0.2	10.7	3.8	1.9	273.8	0.2
C9	表层	5.2	340.8	0.3	70.8	0.0	6.4	340.8	0.3	70.8	0.0
	中层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底层	4.5	341.7	0.4	71.7	-0.1	5.6	341.7	0.5	71.7	-0.1
C10	表层	23.4	333.7	0.6	243.7	0.0	28.9	333.7	0.8	243.7	0.0
	中层	17.1	334.1	3.4	244.1	0.2	21.1	334.1	4.2	244.1	0.2
	底层	12.8	333.0	1.1	243.0	0.1	15.8	333.0	1.4	243.0	0.1
C11	表层	42.5	335.7	0.1	65.7	0.0	52.4	335.7	0.1	65.7	0.0
	中层	45.4	341.6	1.3	71.6	0.0	56.0	341.6	1.6	71.6	0.0
	底层	38.2	342.3	1.6	252.3	0.0	47.1	342.3	2.0	252.3	0.0
C12	表层	7.0	294.7	1.3	204.7	0.2	8.7	294.7	1.6	204.7	0.2
	中层	7.1	280.7	1.7	190.7	0.2	8.5	280.7	2.1	190.7	0.2
	底层	6.4	260.0	1.1	170.0	0.2	7.9	260.0	1.4	170.0	0.2
C15	表层	2.4	164.2	0.8	74.2	0.3	2.5	164.2	1.0	74.2	0.3

表 4.2-19 调查海域各站主要潮流椭圆率 (单位: cm/s, °)

站位	测层	M ₂				S ₂					
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C6	表层	17.1	127.4	0.3	217.4	0.0	6.6	127.4	0.1	217.4	0.0
	中层	15.9	122.9	2.1	222.9	-0.1	6.1	132.9	0.8	222.9	-0.1
	底层	14.9	137.1	3.8	227.1	-0.3	5.7	137.1	1.4	227.1	-0.3
C8	表层	35.3	178.6	4.3	88.6	0.1	13.6	358.6	1.7	268.6	0.1
	中层	36.5	176.1	3.2	86.1	0.1	14.0	356.1	1.2	266.1	0.1
	底层	36.3	174.4	0.9	84.4	0.0	14.0	354.4	0.3	264.4	0.0
C9	表层	11.6	135.7	1.3	225.7	-0.1	4.5	135.7	0.5	225.7	-0.1
	中层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底层	11.7	132.9	0.6	42.9	0.1	4.5	312.9	0.2	222.9	0.1
C10	表层	46.9	329.6	0.5	59.6	0.0	18.0	329.6	0.2	59.6	0.0
	中层	50.6	336.6	3.0	246.6	0.1	19.5	336.6	1.1	246.6	0.1
	底层	42.0	339.2	1.2	249.2	0.0	16.2	339.2	0.5	249.2	0.0
C11	表层	76.6	338.8	1.6	248.8	0.0	29.5	338.8	0.6	248.8	0.0
	中层	74.4	343.4	3.2	253.4	0.0	28.6	343.4	1.2	253.4	0.0
	底层	62.6	344.8	5.2	254.8	0.1	24.1	344.8	2.0	254.8	0.1

C12	表层	12.0	165.3	2.2	255.3	-0.2	4.6	345.3	0.8	75.3	-0.2
	中层	13.4	169.3	2.9	259.3	-0.2	5.2	349.3	1.1	79.3	-0.2
	底层	12.0	165.8	2.9	255.8	-0.2	4.6	345.8	1.1	75.8	-0.2
C15	表层	1.1	356.4	0.1	266.4	0.1	0.4	356.4	0.0	266.4	0.1

表 4.2-20 调查海域各站主要分潮流及椭圆率 (单位: cm/s, °)

站位	测层	M ₂					MS ₄				
		长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率	长半轴	长轴向	短半轴	短轴向	椭圆率
C6	表层	4.2	173.3	0.5	263.3	-0.1	3.3	173.3	0.4	263.3	-0.1
	中层	3.2	25.2	1.1	295.2	0.3	2.5	205.2	0.8	115.2	0.3
	底层	3.6	78.1	1.6	348.1	0.4	2.8	258.1	1.2	168.1	0.4
C8	表层	18.7	166.8	0.8	256.8	0.0	14.6	166.8	0.7	256.8	0.0
	中层	17.5	167.9	1.0	257.9	-0.1	13.7	167.9	0.8	257.9	-0.1
	底层	16.1	165.1	0.0	255.1	0.0	12.6	165.1	0.0	255.1	0.0
C9	表层	7.1	153.6	0.8	243.6	-0.1	5.5	153.6	0.6	243.6	-0.1
	中层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	底层	6.5	131.8	0.8	41.8	0.1	4.1	131.8	0.6	41.8	0.1
C10	表层	5.8	202.4	1.2	112.4	0.2	4.5	202.4	0.9	112.4	0.2
	中层	3.7	190.4	0.7	109.4	0.2	2.9	10.4	0.6	280.4	0.2
	底层	6.2	180.3	0.5	10.3	-0.1	4.8	0.3	0.4	90.3	-0.1
C11	表层	20.2	157.4	0.2	247.4	0.0	15.8	157.4	0.2	247.4	0.0
	中层	18.0	163.5	1.6	253.5	-0.1	14.1	163.5	1.3	253.5	-0.1
	底层	15.5	168.6	4.8	78.6	0.3	12.1	168.6	3.2	78.6	0.3
C12	表层	10.1	77.0	0.1	167.0	0.0	7.9	77.0	0.1	167.0	0.0
	中层	8.7	78.6	0.3	348.6	0.0	6.8	78.6	0.2	348.6	0.0
	底层	4.7	63.3	0.3	153.3	-0.1	3.7	63.3	0.3	153.3	-0.1
C15	表层	0.7	311.1	0.2	41.1	-0.2	0.5	311.1	0.1	41.1	-0.2

图 4.2-50 站位 (C6、C8、C9、C10、C11、C12、C15) O₁ 分潮流长轴分布图

图 4.2-51 站位 (C6、C8、C9、C10、C11、C12、C15) K₁ 分潮流长轴分布图

图 4.2-52 站位 (C6、C8、C9、C10、C11、C12、C15) M₂ 分潮流长轴分布图

图 4.2-53 站位 (C6、C8、C9、C10、C11、C12、C15) S₂ 潮流长轴分布图

③ 可能最大流速和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》(JTS145-2015)规定,可利用分潮流椭圆要素计算全潮观测期间各站层的潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离。

潮流和风海流为主的近岸海区,海流可能最大流速可取潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列规定计算。

1)对规则半日潮流海区可按式(4.2-5)计算:

$$\vec{V}_{\max} = 1.295\vec{W}_{M_2} + 1.245\vec{W}_{S_2} + \vec{W}_{K_1} + \vec{W}_{O_1} + \vec{W}_{M_4} + \vec{W}_{MS_4} \quad (4.2-5)$$

2)对规则全日潮流海区可按式(4.2-6)计算:

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M_2} + \vec{W}_{S_2} + 1.600\vec{W}_{K_1} + 1.450\vec{W}_{O_1} \quad (4.2-6)$$

式中 \vec{V}_{\max} ——潮流的可能最大流速(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_2} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{S_2} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{K_1} ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{O_1} ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

\vec{W}_{MS_4} ——太阴一天四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量(流速: cm/s, 流向: °)

3)对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区,采用式(4.2-5)和式(4.2-6)中的大值。

潮流水质点的可能最大运移距离可按下述方法计算:

1)规则半日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 184.3\vec{W}_{M_2} + 171.2\vec{W}_{S_2} + 274.3\vec{W}_{K_1} + 295.9\vec{W}_{O_1} + 71.2\vec{W}_{M_4} + 69.9\vec{W}_{MS_4} \quad (4.2-7)$$

2)规则全日潮流海区按下式计算:

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (4.2-8)$$

式中 \vec{L}_{\max} ——潮流水质点的可能最大运移距离(距离: m, 方向: °)

\vec{W}_{M_1} ——主太阴半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{S_1} ——主太阳半日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_K ——太阴太阳赤纬日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_Q ——主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M_4} ——太阴四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{MS_4} ——太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量（流速：cm/s，流向：°）

3) 对于不规则半日潮流海区和不规则全日潮流海区，采用式(4.2-7)和式(4.2-8)中的大值。

根据各站层的潮流性质（表 4.2-17），按式(4.2-7)和式(4.2-8)及相关规定，计算了各层潮流可能最大流速和水质点可能最大运移距离，计算结果列入表 4.2-21 中，由表 4.2-21 可见，调查海区潮流可能最大流速为 266.6cm/s（C11 站表层），各站层可能最大流速介于 30.7cm/s—266.6cm/s 之间（不包括 C15 站），方向以西北-东南向为主。水质点可能最大运移距离为 58.6km（C11 站中层），各站层可能最大运移距离介于 5.8km—21.3km 之间（不包括 C15 站），方向与相应站层潮流可能最大流速的方向一致。C15 站受围堤和水闸开闭影响，可能潮流最大流速为 9.6cm，层可能最大运移距离为 2.5km，受水闸开闭偶然因素影响，不具代表性。

表 4.2-21 调查海区各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离

站 位	测 层	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速(cm/s)	方向(度)	距离(km)	方向(度)
C6	表 层	62.5	280.3	14.8	274.3
	中 层	41.1	262.7	9.9	248.7
	底 层	40.1	280.9	8.9	254.2
C8	表 层	128.7	352.5	21.3	350.5
	中 层	124.4	353.3	19.6	354.1
	底 层	74.0	348.3	5.8	342.1
C9	表 层	44.0	327.2	7.2	333.1
	中 层				

	底层	41.6	319.4	6.5	332.0
C10	表层	145.0	331.8	31.9	332.5
	中层	128.6	335.5	26.5	335.0
	底层	102.0	336.5	20.6	335.5
C11	表层	266.6	337.5	56.1	336.5
	中层	265.4	342.7	58.6	342.1
	底层	223.7	344.3	49.2	342.9
C12	表层	43.8	301.8	8.5	307.0
	中层	42.3	303.4	8.2	297.9
	底层	30.4	298.2	6.8	280.2
C15	表层	9.6	346.1	2.5	345.2

注：表中方向只为其一， $\pm 180^\circ$ 为另一方向

④ 余流分析

余流通常指实测海流中扣除了周期性的潮流后剩余部分，一般取周日海流观测资料中消去潮流后的平均值，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合反映，是由热盐效应和风等因素引起，岸线和地形对它有明显影响。下面根据本海域调查的 26 小时海流实测资料，结合海流成因，分析调查海区的余流特征。

表 4.2-22 为大潮期间各测站的余流。由表可知（不包括 C15 站），大潮余流量值介于 2.0~21.5cm/s 之间，最大余流出现在 C11 站表层，方向 150.0°；最小余流出现在 C4 站中层，方向 205.7°。C15 站受围堤和水闸开闭影响，余流表现为偏北向，受水闸开闭自然因素影响较大。

就整个海域而言，受径流和偏东风影响，余流流向以偏南和偏西南为主，个别站层出现偏北向（图 4.2-54）。

表 4.2-22 调查海域各站大潮余流(单位: cm/s, °)

潮期	站位	测层	流速	流向
大潮	C6	表层	11.9	223.0
		中层	8.6	241.7
		底层	5.6	265.9
	C8	表层	6.5	219.4
		中层	8.2	187.3
		底层	9.1	180.7
	C9	表层	2.7	321.3
中层		—	—	

	C10	底层	3.3	319.9
		表层	21.1	166.9
		中层	14.5	168.6
	C11	底层	2.3	94.9
		表层	21.5	150.0
		中层	7.1	139.1
	C12	底层	5.5	135.8
		表层	20.3	249.0
		中层	19.0	249.0
	C15	底层	12.0	255.7
表层		2.9	347.8	

图 4.2-54 大潮期各站余流分布图

⑤ 水温

海水温度的分布（包括平面和垂向）和变化主要受太阳辐射、风、海浪、海流等诸因素的影响。根据要求，在设置的 7 个潮流站同时进行了水温观测。大潮期水温统计见表 4.2-23。由表可见（不包括 C15 站），调查期间调查海区测得的水温最大值为 21.33℃，出现在 C9 站；测得水温的最小值为 18.83℃，出现在 C8 站表层。C15 站最低水温 19.99℃，最高水温 23.24℃。

利用本次测得到的水温资料按层次分别计算平均值（表 4.2-23）。由表可见，各站层水温相差不大，基本表现为底层高、表层低的特点。

图 4.2-55 至图 4.2-61 为表、中、底层温度的周日变化过程曲线，由图可以看出：各站层温度曲线呈不规则波动，温度日变化较小；温度垂向变化不大。

表 4.2-23 调查海域各站大潮水温统计单位：℃)

潮期	站位	测层	最小值	最大值	平均值
大潮	C6	表层	19.60	20.34	19.92
		中层	19.59	20.23	19.89
		底层	19.63	20.26	19.79
	C8	表层	18.83	21.16	20.00
		中层	19.06	20.67	19.94
		底层	19.25	20.53	19.86
	C9	表层	20.06	21.33	20.64
		中层	—	—	—
		底层	20.06	21.33	20.63
	C10	表层	19.55	20.63	19.88

		中层	19.45	20.07	19.76
		底层	19.44	19.86	19.62
	C11	表层	19.55	20.21	19.83
		中层	19.53	20.28	19.80
		底层	19.54	20.24	19.82
	C12	表层	19.33	20.22	19.70
		中层	19.31	20.23	19.70
		底层	19.30	20.11	19.68
	C15	表层	19.99	23.24	21.24

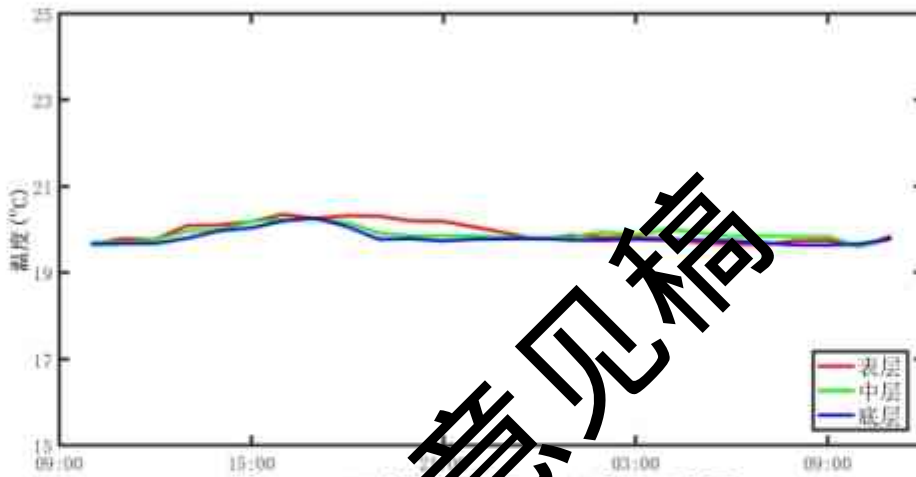


图 4.2-55 调查海域大潮 C16 站实测温度图

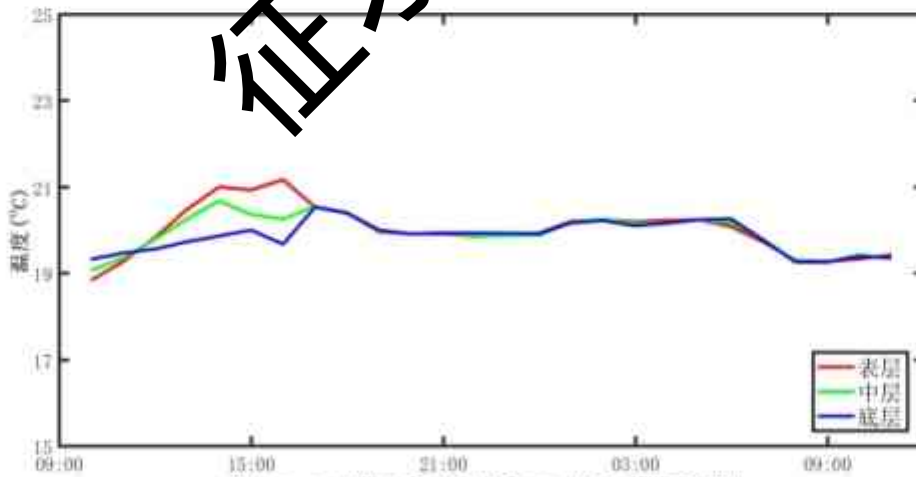


图 4.2-56 调查海域大潮 C8 站实测温度图

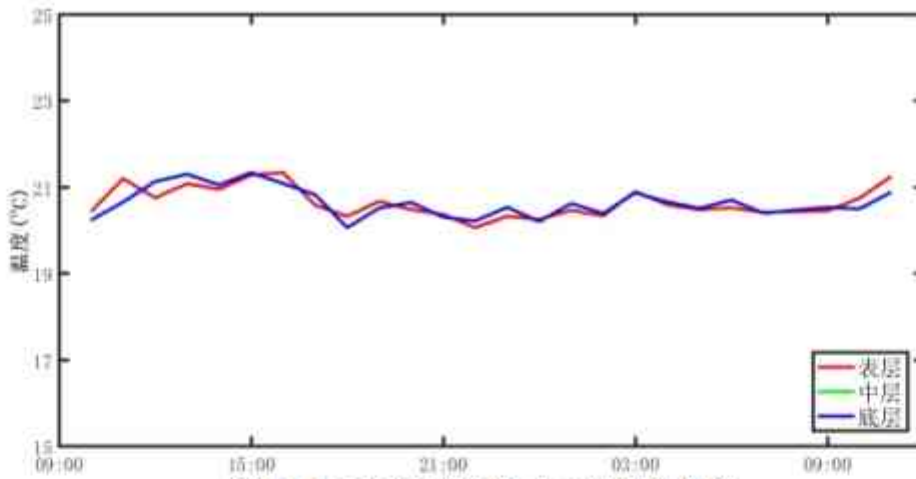


图 4.2-57 调查海域大潮 C9 站实测温度图

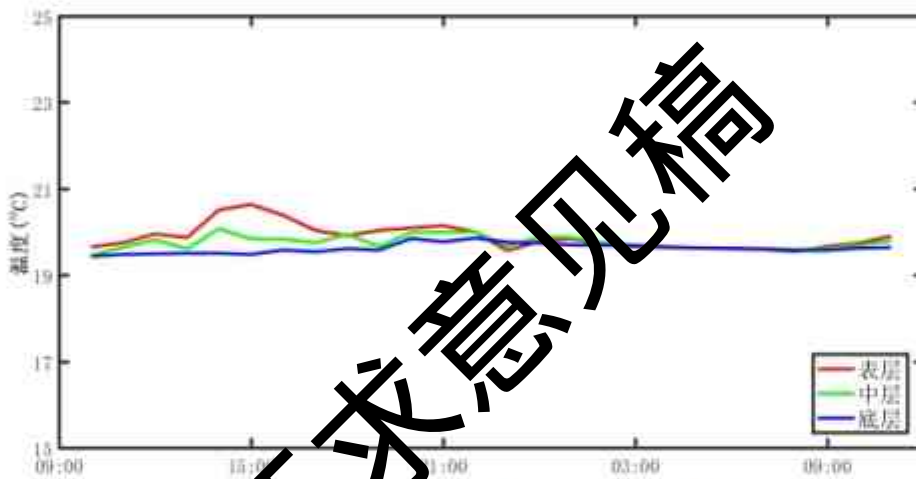


图 4.2-58 调查海域大潮 C10 站实测温度图

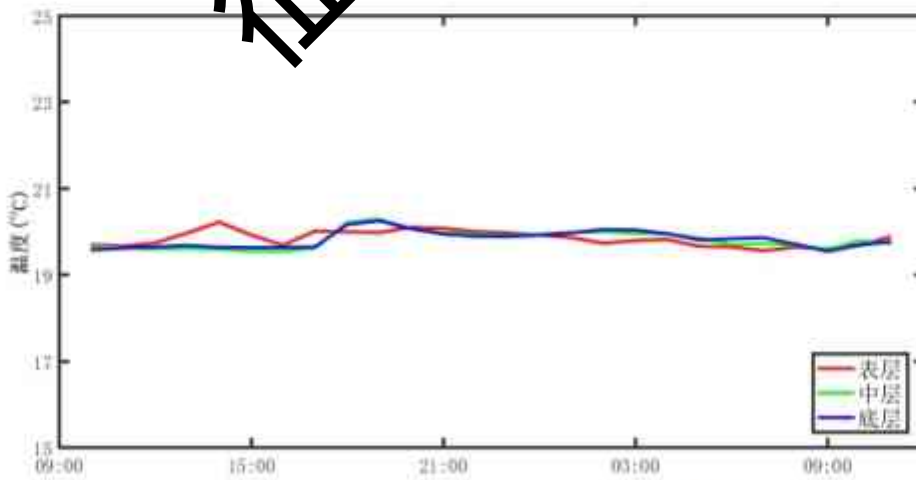


图 4.2-59 调查海域大潮 C11 站实测温度图

征求意见稿

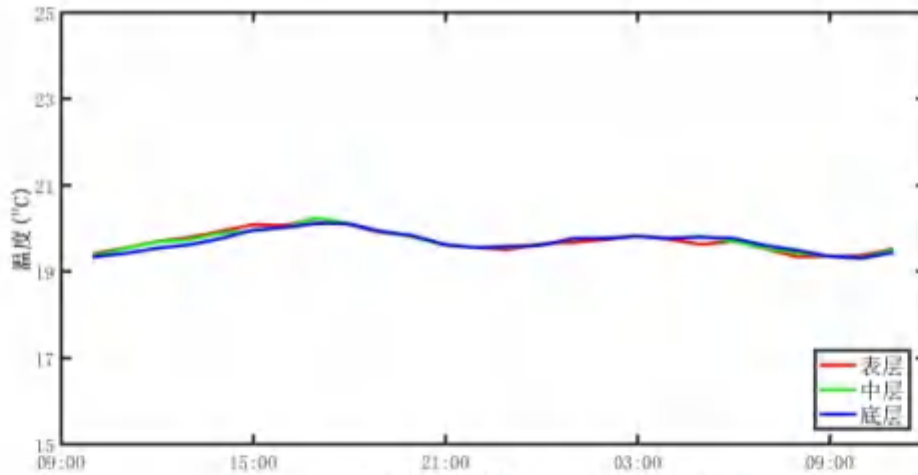


图 4.2-60 调查海域大潮 C12 站实测温度图

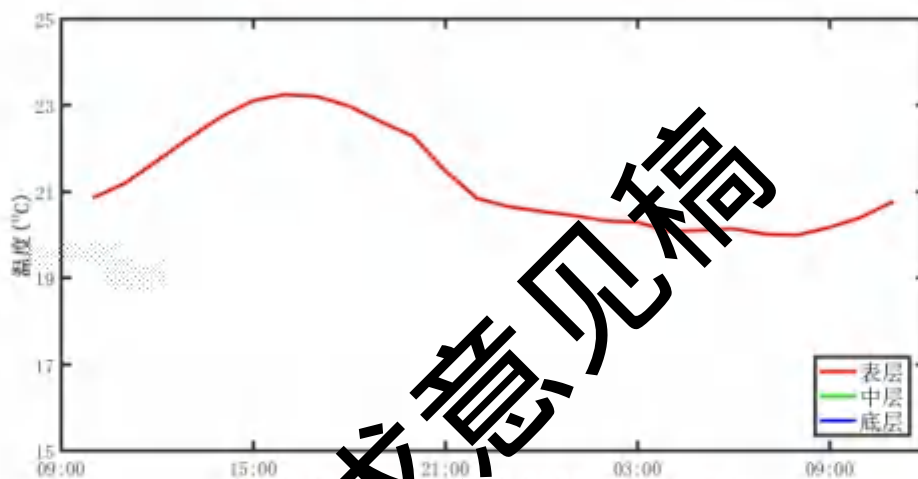


图 4.2-61 调查海域大潮 C15 站实测温度图

⑥ 盐度

海水盐度主要受蒸发、降水、潮流、沿岸流和海水混合等因素的影响。对本次全潮水文观测得到的盐度资料统计分析，结果如下：

大潮期盐度统计见表 4.2-24。由表可见，调查期间调查海区测得的盐度最大值为 33.49，出现 C6 站底层；测得盐度的最小值为 3.89，出现在 C10 站表层。C15 站最低盐度 12.55，最高盐度 14.23。

利用本次测得到的盐度资料，按层次分别计算平均值（表 4.2-24）。由表可见，调查海区盐度变化较大，越靠近河口的站点，盐度越小。

图 4.2-62 至图 4.2-68 为表、中、底层盐度的周日变化过程曲线，由图可以看出：盐度曲线呈不规则波动状，各站层盐度表现为底层>中层>表层，表明盐度在垂向上变化不大。

表 4.2-24 调查海域各站大潮盐度统计

潮期	站 位	测 层	最小值	最大值	平均值
大潮	C6	表 层	25.53	30.16	27.05
		中 层	26.66	32.85	30.36
		底 层	28.72	33.49	31.86
	C8	表 层	12.44	30.40	20.99
		中 层	12.21	30.49	21.48
		底 层	11.78	31.14	22.36
	C9	表 层	5.76	10.91	7.48
		中 层	—	—	—
		底 层	5.52	12.01	8.12
	C10	表 层	3.89	11.25	7.00
		中 层	4.59	14.53	8.31
		底 层	4.70	22.51	11.14
	C11	表 层	10.82	30.20	19.31
		中 层	15.07	30.64	25.51
		底 层	19.41	31.09	27.87
C12	表 层	28.84	32.22	30.62	
	中 层	28.81	32.51	30.88	
	底 层	29.01	32.62	31.15	
C15	表 层	12.55	14.23	13.45	

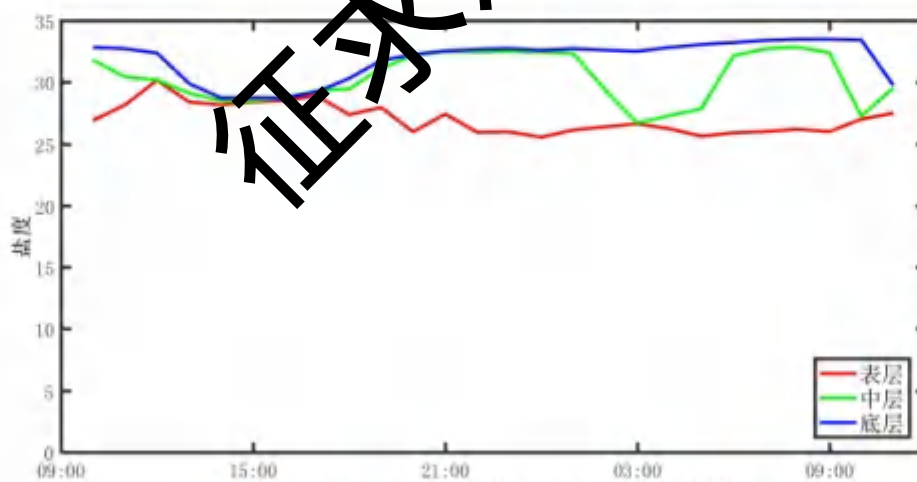


图 4.2-62 调查海域大潮 C6 站实测盐度图

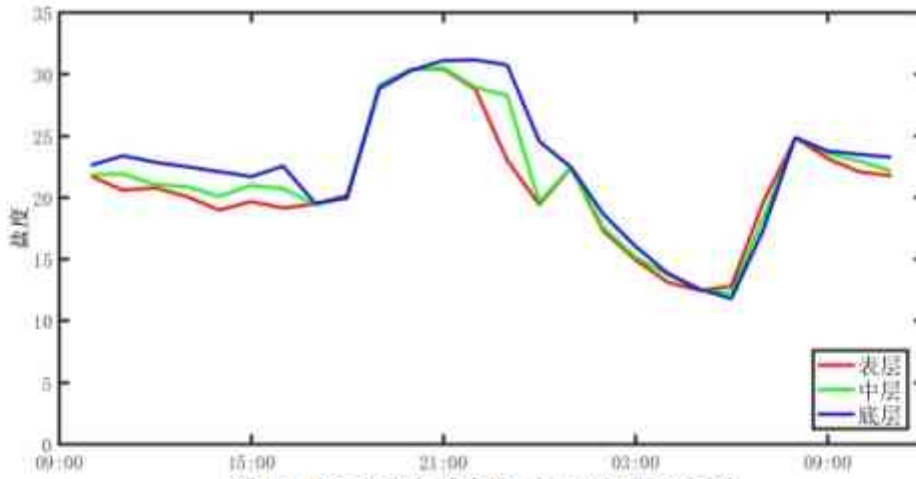


图 4.2-63 调查海域大潮 C8 站实测盐度图

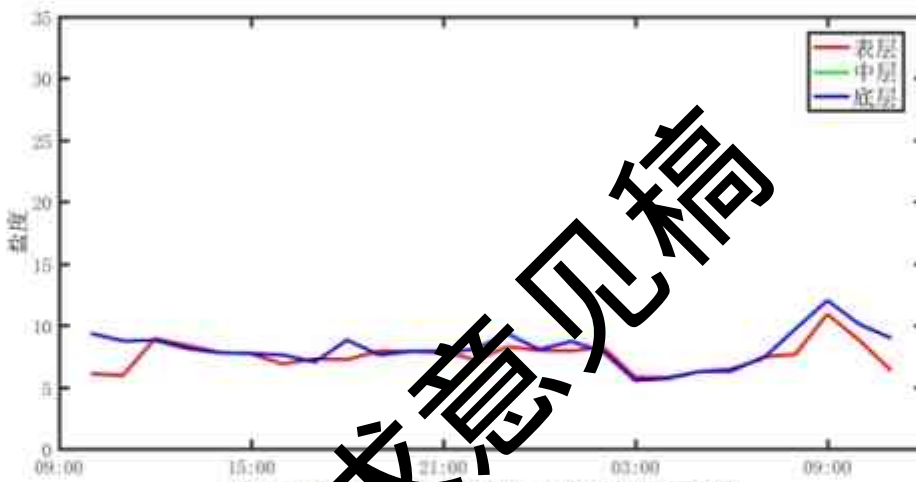


图 4.2-64 调查海域大潮 C9 站实测盐度图

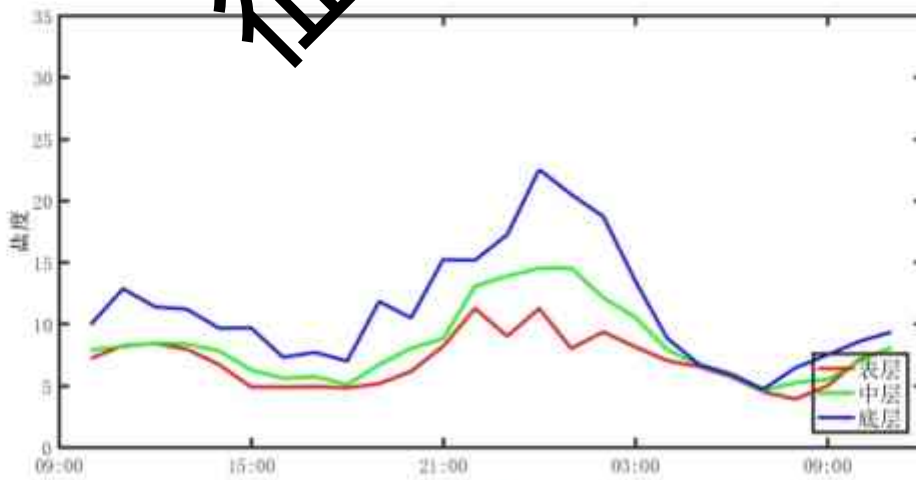


图 4.2-65 调查海域大潮 C10 站实测盐度图

征求意见稿

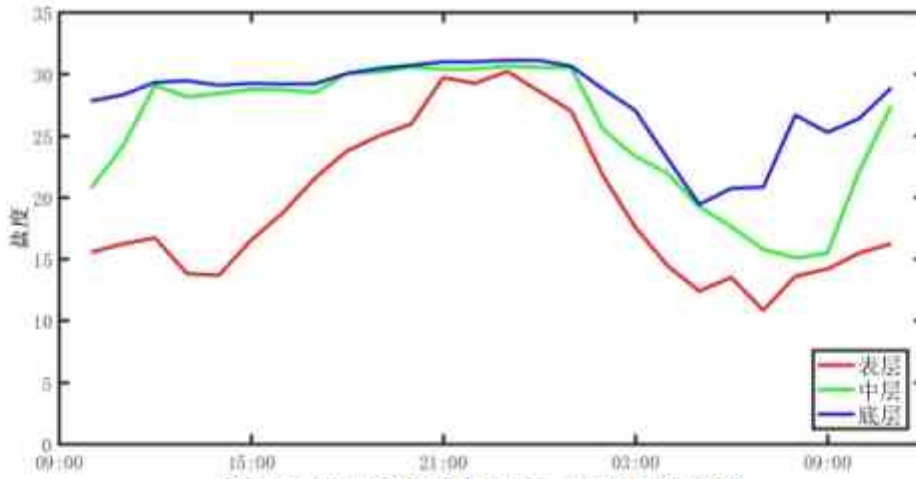


图 4.2-66 调查海域大潮 C11 站实测盐度图

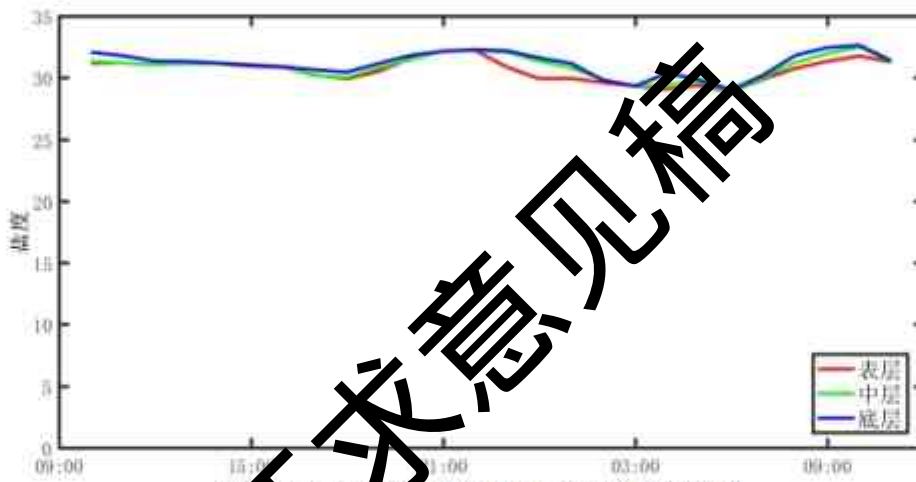


图 4.2-67 调查海域大潮 C12 站实测盐度图

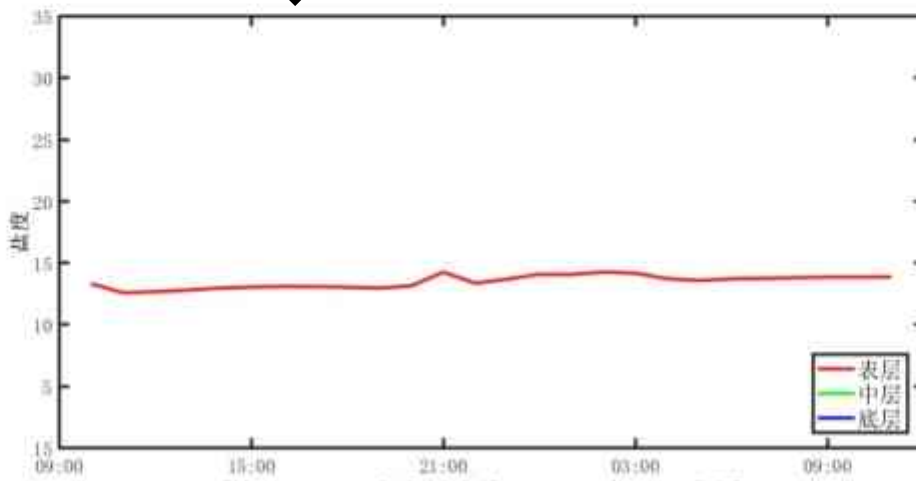


图 4.2-68 调查海域大潮 C15 站实测盐度图

征求意见稿

4.2.3.6 悬浮泥沙

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量，在时间与空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、底质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有：河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

为获取调查海域悬浮泥沙浓度分布变化情况，对悬浮泥沙进行了观测。悬沙采样频率为每 2 小时一次，采样层次为表、中、底三层。

① 悬浮泥沙浓度

图 4.2-69 至图 4.2-79 的各子图分别给出了各站悬浮泥沙浓度的时间变化过程图，表 4.2-25 统计了各站悬浮泥沙浓度的特征值情况。

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站表、中、底三层含沙量相差不大，随时间呈不规则波动。从整体变化过程看来，除 C5 站 C₁ 层外，各站含沙量一般不超过 0.07kg/m³，悬浮泥沙浓度介于 0.0019kg/m³~0.077kg/m³，悬浮泥沙浓度最大值出现在 C5 站底层。

② 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于工程简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系。表 4.2-26 列出了根据现场观测流速、水深、含沙量参数计算出的全潮单宽输沙量统计结果，图 4.2-80 为各站净输沙示意图。

大潮期，涨潮期最大单宽输沙量为 2.8t/m，方向 335.7°，出现在 C5 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.0t/m，方向 184.0°，出现在 C14 站；最大单宽净输沙量为 3.1t/m，方向 200.9°，出现在 C14 站。净输沙方向与余流方向基本一致。

③ 悬浮泥沙粒度

悬浮泥沙以粉砂为主，平均粒径在 5.833 Φ ~7.263 Φ 之间，平均值为 6.625 Φ ；中值粒径在 5.801 Φ ~7.218 Φ 之间，平均值为 6.624 Φ 。平均粒径在 0.018mm~0.007mm 之间，平均值为 0.010mm；中值粒径在 0.018mm~0.007mm 之间，平均值为 0.010mm。

4.2.3.7 2023 年春季调查小结

根据 2023 年 3 月 6 日~2023 年 3 月 7 日期间对鸡啼门和磨刀门附近海域 2

一个临时潮位站和7个海流测站的大潮水文观测资料的分析,我们得到如下几点看法,水文观测期间:

1.调查海域的潮汐属于不规则半日潮。

2.调查海区除C6、C12、C15站外,其他各站基本表现为涨落潮流态势,涨潮时以偏北向流为主,落潮时以偏南向为主,呈现出一定的往复流特征;C6、C12站表现为一定的旋转流特征;观测期间平均流速值在5.4 cm/s~86.6 cm/s之间,最大流速测得为185.0 cm/s;鹤州南围堤内C15站受围堤和水闸开闭影响,最大流速11.8 cm/s。

3.调查海区的潮流性质以不规则半日潮流为主,主要分潮流中以M₂分潮流椭圆长半轴(即最大流速)为最大,主要分潮流最大流速的方向主要表现为偏北-偏南向。

4.调查海区潮流可能最大流速与水质点可能最大位移分别是266.6 cm/s和58.6 km。

5.总体而言,调查海区表层余流较大,最大为2.1 cm/s;表层余流,以偏南向和偏西南向为主。

6.调查海区各站层水温变化不大,层水温在调查期为18.83℃~23.24℃之间。

7.调查海区盐度变化较大,海水盐度在调查期为3.89~33.49之间,近岸受径流影响,盐度较低,外海盐度较高。

8.调查海区不同潮期悬浮泥沙浓度不超过0.20 kg/m³,介于0.0019 kg/m³~0.1779 kg/m³之间。悬浮泥沙以粉砂为主,平均粒径在5.833Φ~7.263Φ之间,平均值为6.625Φ;中值粒径在5.801Φ~7.218Φ之间,平均值为6.624Φ。平均粒径在0.018 mm~0.007 mm之间,平均值为0.010 mm;中值粒径在0.018 mm~0.007 mm之间,平均值为0.010 mm。

4.3 海水水质现状调查与评价

海水环境质量现状调查时间为2020年11月(秋季)和2021年4月(春季)、2023年3月(春季)。

4.3.1 调查方法与内容

按照《海域使用论证技术导则》（2010）和《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）相关要求，中国科学院南海海洋研究所对珠海附近海域开展海水水质环境、沉积物环境、生态环境监测，调查方法、数据分析及内部质量控制按照GB/T12763、GB17378的相关要求进行。

1) 采样方法

所用调查船只进入预定站位，使用GPS进行定位，测量水深。根据实测水深，进行透明度、水色等现场观测，并按照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的要求采集水样，水深<10m时，采表、底层两层水样；水深10m≤水深<50m时，采表、中、底三层水样；其中表层为距表面0.1~1m，中层为10m，底层为离底2m。采样时严禁船舶排污，采样位置应远离船舶排污口，并严格按照相关规定程序和操作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输。

2) 调查内容

海水水质调查内容包括：pH、盐度、悬浮物、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD_{Mn}）、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐、石油类、挥发酚、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、锌（Zn）、总汞（Hg）、砷（As）和铬（Cr）共18项。

3) 分析方法

样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）进行，超出的项目参照其他行业标准测试，各项目的分析方法如表4.3-1。

表4.3-1 样品采集、分析方法一览表

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法	检出限
1	pH	现场测定	GB17378.4/26-2007 pH计法	—
2	盐度	常温保存	GB17378.4/29.1-2007 盐度计法	—
3	悬浮物	0.45μm, φ60mm 微孔滤膜现场 过滤	GB17378.4/27-2007 重量法	2.0mg/L
4	溶解氧(DO)	加 1mLMnCl ₂ 和 1mLKl-NaOH 溶液固定，现场测定	GB17378.4/31-2007 碘量法	—

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法	检出限
5	化学需氧量 (COD _{Mn})	现场测定	GB17378.4/32-2007 碱性高锰酸钾法	—
6	氨	现场用 0.45 μ m, ϕ 60mm 微孔滤膜过滤, 现场测定或过滤后 -20 $^{\circ}$ C 冷冻保存	GB17378.4/36.2-2007 次溴酸盐氧化法	0.0004mg/L
7	硝酸盐		GB17378.4/38.2-2007 铋-镉还原法	0.0007mg/L
8	亚硝酸盐		GB17378.4/37-2007 奈乙二胺分光光度法	0.0003mg/L
9	活性磷酸盐		GB17378.4/39.1-2007 磷钼蓝分光光度法	0.001mg/L
10	石油类	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2, 正己烷萃取	GB17378.4/13.2-2007 紫外分光光度法	0.004mg/L
11	挥发酚	加 H ₃ PO ₄ 至 pH<4, 每升水样加 2g 硫酸铜	GB17378.4/19-2007 4-氨基水杨林分光光度法	1.1 μ g/L
12	铜 (Cu)	用 0.45 μ m, ϕ 60mm 微孔滤膜过滤加 HNO ₃ 至 pH<2	GB17378.4/6.1-2007 无火焰原子吸收分光	0.2 μ g/L
13	铅 (Pb)		GB17378.4/7.1-2007 无火焰原子吸收分光	0.03 μ g/L
14	镉 (Cd)		GB17378.4/8.1-2007 无火焰原子吸收分光	0.01 μ g/L
15	锌 (Zn)		GB17378.4/9.1-2007 火焰原子吸收分光光度法	3.1 μ g/L
16	砷 (As)		用 0.45 μ m, ϕ 60mm 微孔滤膜过滤加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/11.1-2007 原子荧光法
17	汞 (Hg)	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2	GB17378.4/5.2-2007 冷原子吸收分光光度法	0.001 μ g/L
18	总铬 (Cr)	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/10.1-2007 无火焰原子吸收分光	0.4 μ g/L

表 4.3-2 各点位海水水质标准

功能区	功能区名称	调查时间	调查站位	海水水质标准要求
农渔业区	湛江-珠海近海农渔业区	2021 年 (春季)	S39、S40、S44、S45、S47、S48	执行海水水质第一类标准
		2022 (秋季)	20、27~33	
工业与城镇用海区	横琴岛工业与城镇用海区	2021 年 (春季)	S31、S33	执行海水水质三类标准
		2022 (秋季)	12	
	白龙尾工业与城镇用海区	2021 年 (春季)	S41	

	镇用海区			
	鹤洲南工业与城镇用海区	2022 (秋季)	22	
港口航运区	横琴岛港口航运区	2023 (春季)	S1、S2、S3	
		2021 年 (春季)	S30	执行海水水质四类标准
		2022 (秋季)	11	
保留区	香洲保留区	2021 年 (春季)	S29、S32	海水水质质量维持现状
		2022 (秋季)	9、10、13、21	
	磨刀门保留区	2021 年 (春季)	S34~S38、S42、S43	
		2022 (秋季)	14~19、23~26	
	鸡啼门保留区	2021 年 (春季)	S46	

4.3.2 海水水质评价方法

1) 标准指数法

a. 一般性水质因子 (随着浓度增加而水质变差的水质因子) 的指数计算公式:

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{si}$$

式中:

$S_{i,j}$ ——评价因子 i 的水质指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$C_{i,j}$ ——评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值, mg/L;

C_{si} ——评价因子 i 的水质评价标准限值, mg/L。

b. 溶解氧 (DO) 的标准指数计算公式为:

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

式中:

$S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值, mg/L;

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值, mg/L;

DO_f ——饱和溶解氧浓度, mg/L, 对于河流, $DO_f = 468 / (31.6 + T)$; 对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域, $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$;

S ——实用盐度符号, 量纲为 1;

T ——水温, °C。

c. pH 值的指数计算公式为:

$$Q_j = |2C_j - C_{ou} - C_{ol}| / (C_{ou} - C_{ol})$$

式中： Q_j ——pH 值的标准指数；

C_j ——pH 值的实测值；

C_{ou} ——pH 的评价标准上限；

C_{ol} ——pH 的评价标准下限。

水质评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

4.3.3 2021 年春季海水水质调查结果及分析

4.3.3.1 调查站位

本次调查在项目附近海域共布设 20 个海水水质站位，其中水质 20 个站位点。

4.3.3.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围。

4.3.3.3 调查结果与分析

2021 年 3~4 月海水水质调查结果分别见表 4.3-3。各点位评价标准见表 4.3-2，标准指数见表 4.3-4 至表 4.3-7。

a. 农渔业区

调查海域农渔业区仅包括横琴-珠海近海农渔业区，要求执行海水水质一类标准。由调查及评价结果可知，农渔业区包含 6 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%；其他因子几项超标因子依次为活性磷酸盐和 Zn，超标率均为 16.7%、Pb 超标率为 3.3%；其他因子全部符合海水水质一类标准。

b. 工业与城镇用海区

调查海域工业与城镇用海区包括横琴岛工业与城镇用海区和白龙尾工业与城镇用海区，要求执行海水水质三类标准。由调查及评价结果可知，工业与城镇用海区包含 3 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率 100.0%；其他因子全部符合海水水质三类标准。

c. 港口航运区

调查海域港口航运区仅包括横琴岛港口航运区，要求执行海水水质四类标准。由调查及评价结果可知，横琴岛港口航运区仅包含 1 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%；其他因子全部符合海水水质四类标准。

d. 保留区

调查海域保留区包括香洲保留区、磨刀门保留区和鸡啼门保留区，位于该功能区的调查站位有 10 个，要求海水水质维持现状。评价结果显示，所有调查站位水质中的 Hg、Cd、As、Cr 和挥发酚均符合海水水质第一类标准；大多数站位水质中的 DO、COD、Cu、Pb、Zn 符合海水水质第一类标准，少量站位水质中的 DO、COD、Cu、Pb、Zn 符合海水水质第二类标准；90.9% 站位水质中的 pH、石油类符合海水水质第一类标准，其余站位水质中的 pH、石油类符合海水水质第三类标准；18.2% 站位水质中的活性磷酸盐符合海水水质第一类标准，59.1% 站位水质中的活性磷酸盐符合海水水质第二类标准，18.2% 站位水质中的活性磷酸盐符合海水水质第四类标准，其余站位水质中的活性磷酸盐超过海水水质第四类标准；所有站位水质中的无机氮均超过海水水质第四类水质。

综上，表明项目附近及其周围海水质量状况较差，受无机氮影响较为严重。

征求意见稿

表 4.3-3 2021 年 3-4 月大潮水质现状监测结果

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝 酸盐	氨	硝酸 盐	活性磷 酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥 发 酚
		℃	‰	—	mg/L								μg/L							
S29	表	23.76	2.75	7.67	32	0.062	7.28	2.92	0.2076	0.756	2.697	0.021	<0.001	3.8	0.61	6.7	<0.01	1.1	<0.4	1.7
S29	底	23.63	4.6	7.59	37.3	--	7.05	1.11	0.1632	0.732	2.61	0.014	<0.001	2.5	0.56	4.9	0.01	1	<0.4	--
S30	表	22.43	8.13	7.82	35.7	0.034	7.87	1.91	0.1044	0.311	1.674	0.014	<0.001	2	0.95	6.6	0.06	1.1	<0.4	<1.1
S30	底	22.39	8.21	7.81	36	--	7.42	1.41	0.101	0.262	1.64	0.014	<0.001	2.7	1.08	12.3	0.05	1	<0.4	--
S31	表	24	27.88	8.12	22.3	0.235	7.45	0.59	0.0146	0.033	0.336	0.002	<0.001	1.5	0.37	3.7	0.02	1.2	<0.4	1.5
S31	底	22.99	30.35	8.14	19.3	--	7.17	0.56	0.0164	0.026	0.38	0.002	<0.001	1	0.83	4.9	0.02	1.2	<0.4	--
S32	表	24.66	25.66	8.13	11.7	0.034	7.33	0.67	0.0175	0.015	0.8	<0.001	<0.001	1.3	0.55	<3.1	0.01	1.3	<0.4	<1.1
S32	底	22.76	28.3	8.14	12.3	--	7.47	0.61	0.0141	0.015	0.547	0.001	<0.001	2	0.57	5.8	0.02	1.6	<0.4	--
S33	表	23.78	27.15	8.12	21	0.107	7.71	0.78	0.015	0.012	0.59	0.002	<0.001	2.9	0.62	8	0.02	1.6	<0.4	4.5
S33	底	22.82	28.16	8.12	22.7	--	7.46	0.56	0.016	0.016	0.44	0.002	<0.001	1.5	0.65	6.5	0.03	1.7	<0.4	--
S34	表	22.46	0.19	8.13	38	0.023	7.64	1.07	0.0165	0.078	2.504	0.018	<0.001	5.1	0.14	10.3	<0.01	1.5	0.6	2.9
S34	底	22.46	0.19	8.18	38	--	7.7	1.57	0.0251	0.146	2.089	0.025	0.011	6	0.23	5.8	<0.01	1.6	<0.4	--
S35	表	22.56	0.19	8.18	47	0.022	7.79	1.9	0.0349	0.057	2.673	0.033	<0.001	3.5	0.06	8.1	<0.01	1.5	<0.4	4.3
S35	底	22.55	0.19	8.15	47.7	--	7.5	1.66	0.0532	0.075	2.272	0.023	<0.001	2.4	0.12	9.4	<0.01	1.5	0.4	--
S36	表	22.56	0.33	8.15	37.7	0.044	7.47	1.39	0.0474	0.059	2.423	0.018	<0.001	2.6	0.26	7.5	<0.01	1.6	<0.4	1.3
S36	底	22.79	3.01	8.1	37.7	--	7.38	1.28	0.0468	0.056	2.371	0.021	<0.001	1.5	0.22	4.3	<0.01	1.5	<0.4	--
平 S36	表	22.53	0.31	8.16	42	0.047	7.45	1.33	0.0479	0.054	2.4	0.022	<0.001	1.9	0.14	7.9	<0.01	1.7	<0.4	1.7
平	底	22.78	2.98	8.09	42.3	--	7.29	1.26	0.0477	0.047	2.29	0.019	<0.001	1.7	1.91	5.5	0.11	1.6	<0.4	--

S36																				
S37	表	22.85	2.18	8.05	25	0.058	5.13	1.07	0.0595	0.042	2.156	0.017	<0.001	1.7	0.67	3.8	<0.01	1.6	<0.4	4.3
S37	底	23.79	5.54	7.87	23.3	--	7.55	1.07	0.0366	0.086	2.022	0.034	<0.001	1.3	0.13	3.6	0.02	1.6	0.4	--
S38	表	23.41	4.95	7.96	18	0.028	7.67	1.33	0.0332	0.075	2.236	0.028	<0.001	2.4	0.26	23.3	0.01	1.6	1	4.8
S38	底	23.95	14.74	7.9	20	--	6.97	1.58	0.0123	0.114	1.292	0.024	<0.001	1.9	0.15	4.5	0.05	1.5	<0.4	--
S39	表	24.43	19.62	7.94	21.7	0.034	7.21	0.85	0.0083	0.104	1.338	0.02	<0.001	2.6	0.13	5.8	0.05	1.4	<0.4	1.5
S39	底	23.58	26.68	7.91	76.3	--	6.65	0.68	0.0097	0.045	1.078	0.021	<0.001	1.6	0.22	11.2	0.07	1.3	<0.4	--
S40	表	24.93	20.61	8.04	13	0.029	7.45	0.85	0.0123	0.057	1.07	0.021	<0.001	1.7	0.21	10.8	0.05	1.3	<0.4	4.3
S40	底	23.2	24.71	8.08	20	--	7.21	0.77	0.0059	0.063	0.871	0.018	<0.001	1.3	0.08	4.9	0.02	1.2	<0.4	--
S41	表	25.01	2.32	8.03	42.3	0.02	7.76	1.49	0.0566	0.019	0.41	0.018	<0.001	1.8	0.25	6.1	0.04	1.7	<0.4	1.7
S41	底	24.62	2.35	8	63.7	--	7.7	1.64	0.0271	0.06	0.22	0.023	<0.001	3	0.33	15.4	0.04	1.8	<0.4	--
S42	表	25.12	5.34	8.02	51	0.011	7.64	1.46	0.0459	0.022	2.025	0.02	<0.001	1.8	0.17	4	0.02	1.7	<0.4	2.4
S42	底	24.82	7	7.98	60.3	--	7.8	1.53	0.0456	0.022	1.977	0.022	0.011	1.9	0.43	13.7	0.02	1.8	0.4	--
S43	表	26.05	12.29	7.83	135	0.038	7.98	1.37	0.0271	0.022	1.904	0.031	0.011	2.9	0.28	6.8	0.07	1.7	0.7	2
S43	底	26.14	12.34	7.84	133.3	--	7.61	1.75	0.0271	0.022	1.749	0.035	<0.001	2.7	0.46	12.1	0.09	1.7	0.4	--
S44	表	26.22	20.46	8.08	18.3	0.016	7.55	0.72	0.0112	0.052	1.209	0.012	<0.001	1.7	0.6	4.8	0.04	1.2	<0.4	<1.1
S44	底	23.3	21.39	8.13	19.7	--	7.77	0.82	0.0062	0.04	1.088	0.012	<0.001	1.3	0.42	12.4	0.03	1.2	0.5	--
S45	表	25.3	28.97	8.14	17.7	0.009	7.84	0.55	0.0039	0.037	0.869	0.006	<0.001	1.5	0.63	16.2	<0.01	1.1	<0.4	3.6
S45	底	23.55	29.91	8.18	18.3	--	7.73	0.38	0.0054	0.026	0.53	0.006	<0.001	0.7	0.42	7.5	<0.01	1.1	<0.4	--
S46	表	26.79	25.97	8.08	34	0.022	7.69	0.74	0.0155	0.073	0.843	0.008	<0.001	1.7	0.06	6.2	0.03	1.2	<0.4	3.4
S46	底	22.9	28.31	8.13	28.7	--	7.97	0.42	0.0094	0.047	0.599	0.006	<0.001	1.5	0.16	5	0.04	1.1	<0.4	--
S47	表	26.53	26.39	8.15	15.3	0.008	7.41	0.58	0.0155	0.018	0.914	0.003	<0.001	2.1	1.09	24.2	0.05	1.2	<0.4	2.4
S47	底	22.76	30.18	8.2	18.7	--	7.39	0.44	0.0065	0.028	0.532	0.002	<0.001	1.3	0.28	21.1	0.02	1.2	<0.4	--
S48	表	24.61	30.85	8.16	13	0.006	7.84	0.4	0.0056	0.02	0.547	0.007	<0.001	1.1	0.26	17.4	<0.01	1.1	<0.4	<1.1

S48	底	22.74	31.72	8.18	16	--	7.57	0.44	0.0054	0.021	0.428	0.005	<0.001	1	0.29	9.4	<0.01	1.2	<0.4	--
-----	---	-------	-------	------	----	----	------	------	--------	-------	-------	-------	--------	---	------	-----	-------	-----	------	----

表 4.3-4 2021 年 3-4 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
S39	表	0.60	0.67	0.83	0.42	7.25	1.33	0.01	0.51	0.13	0.29	0.05	0.07	0.00	0.30
S39	底	0.69	--	0.90	0.34	5.66	1.40	0.01	0.51	0.22	0.56	0.07	0.06	0.00	--
S40	表	0.31	0.57	0.81	0.42	5.70	1.00	0.01	0.51	0.21	0.54	0.05	0.06	0.00	0.86
S40	底	0.20	--	0.83	0.39	4.70	0.73	0.01	0.51	0.08	0.25	0.02	0.06	0.00	--
S44	表	0.20	0.33	0.18	0.46	6.36	0.80	0.01	0.35	0.60	0.24	0.04	0.06	0.00	0.11
S44	底	0.06	--	0.08	0.41	5.67	0.80	0.01	0.27	0.42	0.62	0.03	0.06	0.01	--
S45	表	0.03	0.17	0.76	0.26	4.55	0.47	0.01	0.30	0.63	0.81	0.01	0.06	0.00	0.72
S45	底	0.09	--	0.42	0.19	2.80	0.13	0.01	0.14	0.42	0.37	0.01	0.06	0.00	--
S47	表	0.00	0.17	0.39	0.29	4.74	0.20	0.01	0.41	1.09	1.21	0.05	0.06	0.00	0.48
S47	底	0.14	--	0.07	0.22	2.83	0.13	0.01	0.25	0.28	1.05	0.02	0.06	0.00	--
S48	表	0.03	0.12	0.77	0.20	4.57	0.47	0.01	0.21	0.26	0.87	0.01	0.06	0.00	0.11
S48	底	0.09	--	0.27	0.22	4.27	0.33	0.01	0.20	0.29	0.47	0.01	0.06	0.00	--
最大值		0.69	0.67	0.90	0.46	7.25	1.40	0.01	0.51	1.09	1.21	0.07	0.07	0.01	0.86
最小值		0.00	0.12	0.07	0.19	2.27	0.13	0.01	0.14	0.08	0.24	0.01	0.06	0.00	0.11
平均值		0.20	0.34	0.53	0.32	4.62	0.67	0.01	0.30	0.39	0.61	0.03	0.06	0.00	0.43
超标率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	16.7%	0.0%	0.0%	8.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
备注：湛江-珠海近海农渔业区执行海水水质一类标准															

表 4.3-5 2021 年 3~4 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
S31	表	0.32	0.78	0.06	0.15	1.21	0.07	0.00	0.03	0.04	0.04	0.00	0.02	0.00	0.15
S31	底	0.34	--	0.56	0.14	1.85	0.07	0.00	0.02	0.08	0.05	0.00	0.02	0.00	--
S33	表	0.32	0.36	0.12	0.19	1.59	0.07	0.00	0.06	0.06	0.08	0.00	0.03	0.00	0.45
S33	底	0.32	--	0.02	0.14	1.17	0.07	0.00	0.03	0.06	0.06	0.00	0.03	0.00	--
S41	表	0.23	0.07	0.52	0.37	5.29	0.60	0.00	0.02	0.02	0.06	0.00	0.03	0.00	0.17
S41	底	0.20	--	0.52	0.41	5.79	0.77	0.00	0.03	0.03	0.15	0.00	0.04	0.00	--
最大值		0.34	0.78	0.56	0.41	5.79	0.77	0.00	0.03	0.08	0.15	0.00	0.04	0.00	0.45
最小值		0.20	0.07	0.02	0.14	1.17	0.07	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.15
平均值		0.29	0.40	0.30	0.23	2.82	0.27	0.00	0.04	0.05	0.07	0.00	0.03	0.00	0.26
超标率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：工业与城镇污水处理厂海水水质三类标准

表 4.3-6 2021 年 3~4 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
S30	表	0.02	0.07	0.10	0.38	4.18	0.49	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
S30	底	0.01	--	0.40	0.28	4.09	0.31	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	--
最大值		0.02	0.07	0.40	0.38	4.18	0.49	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01
最小值		0.01	0.07	0.10	0.28	4.09	0.31	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
平均值		0.02	0.07	0.25	0.33	4.14	0.40	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01
超标率		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：横琴岛港口航运区和高栏港口航运区执行海水水质四类标准

表 4.3-7 2021 年 3~4 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
S29	表	8.13	0.21	0.82	0.97	7.32	0.70	0.01	0.76	0.61	0.33	0.01	0.05	0.00	0.34
S29	底	8.21	--	0.85	0.55	7.01	1.09	0.01	0.71	0.56	0.25	0.01	0.05	0.00	--
S32	表	0.06	0.67	0.05	0.34	1.85	0.03	0.01	0.55	0.55	0.08	0.01	0.07	0.00	0.11
S32	底	0.03	--	0.05	0.30	1.16	0.07	0.01	0.57	0.57	0.29	0.02	0.08	0.00	--
S34	表	0.06	0.46	0.79	0.53	5.26	0.60	0.01	0.51	0.14	0.52	0.01	0.07	0.01	0.58
S34	底	0.09	--	0.78	0.78	4.52	0.83	0.01	0.60	0.23	0.29	0.01	0.08	0.00	--
S35	表	0.09	0.44	0.77	0.45	5.53	0.77	0.01	0.71	-0.06	0.41	0.01	0.08	0.00	0.86
S35	底	0.00	--	0.80	0.83	4.80	0.77	0.01	0.49	0.12	0.47	0.01	0.07	0.01	--
S36	表	0.00	0.89	0.80	0.69	5.05	0.60	0.01	0.53	0.26	0.37	0.01	0.08	0.00	0.26
S36	底	0.14	--	0.81	0.64	4.95	0.70	0.01	0.30	0.22	0.22	0.01	0.08	0.00	--
平 S36	表	0.03	0.94	0.81	0.67	5.27	0.73	0.01	0.37	0.14	0.40	0.01	0.08	0.00	0.34
平 S36	底	0.17	--	0.82	0.63	4.77	0.63	0.01	0.33	0.38	0.27	0.11	0.08	0.00	--
S37	表	0.29	0.19	0.97	0.53	4.51	0.57	0.01	0.35	0.67	0.19	0.01	0.08	0.00	0.86
S37	底	0.80	--	0.79	0.54	4.29	0.76	0.01	0.27	0.13	0.18	0.02	0.08	0.01	--
S38	表	0.54	0.56	0.78	0.67	4.60	0.93	0.01	0.48	0.26	0.47	0.01	0.08	0.02	0.96
S38	底	0.71	--	0.86	0.79	3.84	0.80	0.01	0.39	0.15	0.23	0.05	0.08	0.00	--
S42	表	0.37	0.22	0.79	0.73	4.24	0.67	0.01	0.36	0.17	0.20	0.02	0.09	0.00	0.48

S42	底	0.49	--	0.77	0.76	-4.13	0.73	0.22	0.37	0.43	0.68	0.02	0.09	0.01	--
S43	表	0.91	0.76	0.16	0.68	-3.98	0.69	0.22	0.58	0.28	0.34	0.07	0.08	0.01	0.40
S43	底	0.89	--	0.05	0.87	-3.70	0.78	0.01	0.54	0.46	0.60	0.09	0.09	0.01	--
S46	表	0.20	0.44	0.69	0.37	-1.86	0.53	0.01	0.34	0.06	0.31	0.03	0.06	0.00	0.68
S46	底	0.06	--	0.43	0.21	-1.31	0.40	0.01	0.30	0.16	0.25	0.04	0.06	0.00	--
S49	表	0.71	0.68	0.82	0.55	-5.18	0.73	0.01	0.74	0.61	0.51	0.01	0.08	0.00	0.11
S49	底	0.69	--	0.85	0.46	-5.54	0.57	0.01	0.30	0.97	0.01	0.09	0.00	--	
平S49	表	0.80	0.59	0.05	0.53	-5.21	0.73	0.01	0.44	0.13	0.60	0.01	0.08	0.00	0.11
平S49	底	0.74	--	0.05	0.51	-5.55	0.67	0.01	0.44	0.44	0.82	0.01	0.09	0.00	--

备注：①保留区水质要求维持现状，其区域内的检测水质评价统一从一类水质标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质；②■表示符合一类水质标准；■表示符合二类水质标准；■表示符合三类水质标准；■表示符合四类水质标准；■表示符合五类水质标准。

征求意见稿

4.3.4 2022 年秋季海水水质调查结果及分析

4.3.4.1 调查站位

本次调查在项目附近海域共布设 27 个海水水质站位。

4.3.4.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围，详见图。

4.3.4.3 调查结果与分析

a. 农渔业区

调查海域农渔业区仅包括湛江-珠海近海农渔业区，要求执行海水水质一类标准。由调查及评价结果可知，农渔业区包含 8 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 90.9%；其次为 DO，超标率为 27.3%；其他因子全部符合海水水质一类标准。

b. 工业与城镇用海区

调查海域工业与城镇用海区包括横琴工业与城镇用海区、鹤州南工业与城镇用海区，要求执行海水水质三类标准。由调查及评价结果可知，工业与城镇用海区包含 2 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 50.0%；其他因子全部符合海水水质三类标准。

c. 港口航运区

调查海域港口航运区包括横琴港口航运区，要求执行海水水质四类标准。由调查及评价结果可知，港口航运区包含 1 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%；其他因子全部符合海水水质四类标准。

d. 保留区

调查海域保留区包括香洲保留区、磨刀门保留区，位于该功能区的调查站位有 14 个，要求海水水质维持现状。评价结果显示，所有调查站位水质中的石油类、活性磷酸盐、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Cr 和挥发酚均符合海水水质第一类标准；多数站位水质中的 COD 符合海水水质第一类标准，仅 6.7% 水质中的 COD 符合海水水质第二类标准；所有水样中 66.7% 的 DO 符合海水水质一类标准，其余符合海水水质二类标准；所有水样中 86.7% 的 pH 符合海水水质一类标准，其余符合海水水质二类标准；所有水样中 26.7% 的无机氮符合海水水质二类

标准，6.7%的无机氮符合海水水质三类标准，66.7%的无机氮超过海水水质四类标准。

综上，表明项目附近及其周围海水质量状况较差，受无机氮影响较为严重。

征求意见稿

表 4.3-8 2022 年 10~11 月大潮水质现状监测结果

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	—	mg/L								μg/L							
9	表	25.37	30.0707	8.19	17.3	0.012	8.18	1.79	0.0220	0.034	0.162	0.002	<0.001	1.5	0.16	9.7	0.09	1.1	0.4	4.1
10	表	25.84	32.6800	8.09	14.7	0.010	8.32	0.48	0.0035	0.022	0.188	<0.001	<0.001	1.2	0.19	10.4	0.06	1.0	0.7	1.9
11	表	25.23	12.1971	7.80	19.7	0.014	8.81	1.55	0.2063	0.027	0.621	0.001	<0.001	3.2	0.11	8.7	0.15	1.5	0.7	<1.1
12	表	25.59	29.8456	8.12	30.0	0.012	5.95	0.77	0.0380	0.035	0.307	0.001	<0.001	2.5	0.08	9.6	0.10	1.0	<0.4	4.1
13	表	25.47	31.9301	8.10	26.7	0.009	7.10	0.60	0.0391	0.043	0.222	0.001	<0.001	3.7	0.04	10.5	0.07	1.0	<0.4	4.8
14	表	26.54	6.8040	7.74	13.3	0.014	7.47	1.69	0.2175	0.020	0.322	0.007	<0.001	1.8	0.05	10.0	0.11	1.4	0.6	<1.1
15	表	23.82	8.5151	7.63	11.7	0.015	7.30	1.56	0.0200	0.036	0.725	0.007	<0.001	3.4	0.31	11.2	0.15	1.2	<0.4	2.1
16	表	26.24	10.2814	8.07	11.0	0.013	9.37	1.73	0.1958	0.039	0.449	0.007	<0.001	2.7	0.05	12.5	0.14	1.4	1.3	1.7
平 16	表	26.24	10.1158	8.05	10.7	0.012	9.36	1.72	0.1958	0.039	0.561	0.007	<0.001	2.9	0.15	12.4	0.14	1.2	0.6	<1.1
17	表	30.28	11.8506	7.97	12.7	0.011	8.24	1.58	0.1958	0.048	0.601	0.004	<0.001	1.8	0.35	11.9	0.21	1.3	1.0	<1.1
18	表	24.72	13.9927	7.95	19.3	0.012	8.47	1.41	0.1958	0.046	0.729	0.004	<0.001	1.9	0.05	9.5	0.16	1.4	0.4	<1.1
19	表	26.37	29.0743	8.15	54.3	0.015	8.74	0.55	0.0186	0.060	0.163	0.003	<0.001	3.0	0.12	10.7	0.15	1.0	<0.4	<1.1
20	表	21.85	33.1119	8.02	50.3	0.007	7.81	0.51	0.0296	0.030	0.103	<0.001	<0.001	2.0	0.38	13.3	0.07	1.0	<0.4	<1.1
21	表	25.31	33.4230	8.06	25.0	0.005	6.01	0.50	0.0368	0.043	0.151	0.008	<0.001	1.6	0.14	9.2	0.05	1.0	<0.4	4.6
22	表	23.20	9.3790	7.81	15.0	0.014	8.45	1.61	0.1923	0.059	0.629	0.006	<0.001	2.0	0.13	11.6	0.13	1.0	1.1	<1.1
23	表	24.37	11.6779	8.03	17.7	0.029	10.31	2.08	0.0756	0.180	0.541	0.003	<0.001	4.3	0.10	18.3	0.23	1.0	0.7	4.1
24	表	22.63	13.9617	8.01	42.7	0.024	7.51	1.85	0.0478	0.125	0.530	0.002	<0.001	3.5	0.31	15.1	0.28	1.1	<0.4	<1.1
25	表	21.82	18.4233	7.89	87.3	0.021	10.70	1.26	0.0652	0.053	0.587	0.003	<0.001	2.3	0.20	14.1	0.24	1.5	0.8	<1.1
26	表	21.54	22.0535	7.98	96.3	0.025	8.47	0.61	0.0487	0.057	0.527	0.004	<0.001	2.9	0.35	14.4	0.20	1.5	1.1	<1.1

站位	层次	水温	盐度	pH	SS	石油类	DO	COD	亚硝酸盐	氨	硝酸盐	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
		℃	‰	—	mg/L								μg/L							
27	表	23.63	23.9085	8.02	66.0	0.021	9.06	0.66	0.0420	0.069	0.559	0.002	<0.001	3.1	0.19	15.0	0.18	1.4	<0.4	<1.1
28	表	21.22	33.2270	7.94	63.3	0.012	7.21	0.50	0.0278	0.051	0.131	<0.001	0.017	2.4	0.29	17.9	0.10	1.2	<0.4	<1.1
平 28	表	21.22	33.2559	7.92	54.0	0.010	7.59	0.52	0.0284	0.057	0.139	<0.001	0.017	2.1	0.21	15.1	0.10	1.0	0.4	<1.1
29	表	25.57	27.0584	8.11	23.3	0.010	5.42	0.79	0.0472	0.035	0.378	0.002	<0.001	3.5	0.04	9.8	0.11	1.3	0.5	<1.1
30	表	25.45	27.7655	8.13	22.3	0.012	6.61	0.65	0.0394	0.100	0.331	0.002	<0.001	2.9	0.19	9.1	0.11	1.1	<0.4	<1.1
30	底	25.15	31.8704	8.10	30.3	--	6.85	0.47	0.0435	0.101	0.485	0.002	<0.001	1.1	0.04	7.5	0.06	1.1	<0.4	--
31	表	25.54	26.2652	8.11	25.7	0.009	6.23	0.77	0.0519	0.040	0.481	0.015	<0.001	2.3	<0.03	8.8	0.13	1.2	0.5	<1.1
32	表	25.23	29.7227	8.14	23.7	0.008	6.26	0.70	0.0377	0.025	0.211	0.008	<0.001	2.7	0.26	9.4	0.10	1.0	<0.4	<1.1
32	底	25.19	32.4411	8.10	30.3	--	4.92	0.56	0.0345	0.025	0.126	0.010	<0.001	1.4	0.05	7.9	0.06	1.1	0.4	--
33	表	25.44	25.3187	8.18	16.3	0.013	7.84	0.95	0.0664	0.025	0.533	0.005	<0.001	3.2	0.33	12.8	0.14	1.2	0.8	<1.1

表 4-20 2022 年 10-11 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	亚硝酸盐	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
20	表	0.37	0.14	0.41	0.26	0.81	0.03	0.01	0.40	0.38	0.67	0.07	0.05	0.00	0.11
27	表	0.37	0.42	1.06	0.33	3.35	0.13	0.01	0.62	0.19	0.75	0.18	0.07	0.00	0.11
28	表	0.60	0.24	0.83	0.25	1.05	0.03	0.34	0.48	0.29	0.90	0.10	0.06	0.00	0.11
平 28	表	0.66	0.20	0.17	0.26	1.12	0.03	0.34	0.42	0.21	0.76	0.10	0.05	0.01	0.11
29	表	0.11	0.20	1.11	0.40	2.30	0.73	0.01	0.70	0.04	0.49	0.11	0.07	0.01	0.11
30	表	0.06	0.24	0.91	0.33	2.35	0.80	0.01	0.58	0.19	0.46	0.11	0.06	0.00	0.11
30	底	0.14	--	0.88	0.24	3.15	0.80	0.01	0.22	0.04	0.38	0.06	0.06	0.00	--
31	表	0.11	0.18	0.96	0.39	2.75	1.00	0.01	0.46	0.02	0.44	0.13	0.06	0.01	0.11

32	表	0.03	0.16	0.96	0.35	1.38	0.53	0.01	0.54	0.26	0.47	0.10	0.05	0.00	0.11
32	底	0.14	--	1.22	0.28	1.02	0.67	0.01	0.28	0.05	0.40	0.06	0.06	0.01	--
33	表	0.09	0.26	0.54	0.48	3.32	0.33	0.01	0.64	0.33	0.64	0.14	0.06	0.02	0.11
	最大值	0.66	0.42	1.22	0.48	3.35	1.00	0.34	0.70	0.38	0.90	0.18	0.07	0.02	0.11
	最小值	0.03	0.14	0.17	0.24	0.81	0.03	0.01	0.22	0.02	0.38	0.06	0.05	0.00	0.11
	平均值	0.24	0.23	0.82	0.32	2.05	0.46	0.07	0.49	0.18	0.58	0.11	0.06	0.01	0.11
	超标率	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	90.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：湛江-珠海近海农渔业区执行海水水质三类标准

表 4.3-10 2022 年 10~11 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
12	表	0.32	0.04	0.67	0.19	0.95	0.32	0.00	0.05	0.01	0.10	0.01	0.02	0.00	0.41
22	表	0.01	0.05	0.05	0.40	2.20	0.27	0.00	0.04	0.01	0.12	0.01	0.02	0.01	0.06
	最大值	0.32	0.05	0.67	0.40	2.20	0.33	0.00	0.05	0.01	0.12	0.01	0.02	0.01	0.41
	最小值	0.01	0.04	0.05	0.19	0.95	0.20	0.00	0.04	0.01	0.10	0.01	0.02	0.00	0.06
	平均值	0.17	0.04	0.36	0.30	1.58	0.27	0.00	0.05	0.01	0.11	0.01	0.02	0.00	0.23
	超标率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：工业与城镇用海区执行海水水质三类标准

表 4.3-11 2022 年 10~11 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
11	表	0.00	0.03	0.21	0.31	1.71	0.04	0.00	0.06	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.01
	超标率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

备注：港口航运区执行海水水质四类标准

表 4.3-12 2022 年 10~11 月大潮海水水质质量指数

站位	层次	pH	石油类	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
9	表	0.11	0.24	0.60	0.90	0.73	0.13	0.01	0.30	0.16	0.49	0.09	0.06	0.01	0.82
10	表	0.17	0.20	0.83	0.24	0.71	0.03	0.01	0.24	0.19	0.52	0.06	0.05	0.01	0.38
13	表	0.14	0.18	0.23	0.30	0.70	0.47	0.01	0.74	0.04	0.53	0.07	0.05	0.00	0.96
14	表	0.06	0.28	0.80	0.85	1.12	0.47	0.01	0.36	0.05	0.50	0.11	0.07	0.01	0.11
15	表	0.17	0.30	0.82	0.78	1.03	0.47	0.01	0.68	0.31	0.56	0.15	0.06	0.00	0.42
16	表	0.23	0.26	0.91	0.87	1.57	0.47	0.01	0.60	0.05	0.63	0.14	0.07	0.03	0.34
平 16	表	0.29	0.24	0.90	0.86	1.55	0.47	0.01	0.60	0.15	0.62	0.14	0.06	0.01	0.11
17	表	0.51	0.22	0.86	0.79	1.62	0.27	0.01	0.36	0.35	0.60	0.21	0.07	0.02	0.11
18	表	0.57	0.24	0.37	0.71	1.05	0.27	0.01	0.38	0.05	0.47	0.16	0.07	0.01	0.11
19	表	0.00	0.30	0.95	0.27	0.81	0.20	0.01	0.60	0.12	0.54	0.15	0.05	0.00	0.11
21	表	0.26	0.10	1.00	0.28	0.77	0.53	0.01	0.32	0.14	0.46	0.05	0.05	0.00	0.92
23	表	0.34	0.58	0.80	0.69	1.59	0.47	0.01	0.86	0.10	0.92	0.23	0.05	0.01	0.82
24	表	0.40	0.48	0.80	0.93	1.41	0.15	0.01	0.70	0.31	0.76	0.28	0.06	0.00	0.11
25	表	0.74	0.42	0.90	0.63	1.41	0.20	0.01	0.46	0.20	0.71	0.24	0.08	0.02	0.11
26	表	0.49	0.50	0.33	0.31	1.27	0.27	0.01	0.58	0.35	0.72	0.20	0.08	0.02	0.11

备注：①保留区水质要求维持现状，其区域内的检测水质评价统一从一类水质标准开始评价，超过评价标准的检测结果，按下一级标准评价，超过第四类海水水质标准的检测数据，评价至第四类海水水质标准；表 0.11 符合一类水质标准；表 0.24 符合二类水质标准；表 0.60 符合三类水质标准；表 0.90 符合四类水质标准；表 0.24 符合超四类水质标准；

4.3.5 2023 年春季海水水质调查结果及分析

4.3.5.1 调查站位

本次调查在项目附近海域共布设 3 个海水水质站位。

4.3.5.2 调查范围

2023 年秋季海水水质调查范围见图。

4.3.5.3 调查结果与分析

2023 年 3 月海水水质调查结果见表 4.3-13。本次调查的 3 个站位均位于鹤州南工业与城镇用海区，要求执行海水水质三类标准。由调查及评价结果可知，本次调查主要超标因子为 DO、pH 和无机氮，超标率依次为 100.0%、66.7%和 33.3%；其他因子全部符合海水水质三类标准。结合叶绿素 *a* 结果和浮游植物丰度判断，本次调查 DO 和 pH 异常偏高可能是由于春季水体中浮游植物大量生长、光合作用强烈，造成 pH 偏高，同时产生了大量的氧气，导致水体中氧气含量过饱和，最终导致水质超标。海洋中无机氮的主要来源为陆源输入，春季虽然浮游植物生长会消耗掉大量的无机氮，但是由于源源不断的陆源输入作为补充，部分站位的无机氮还是会出现超标现象。

综上，表明项目附近及其周边海水水质状况较差，主要受 DO、pH 和无机氮影响。

征求意见稿

表 4.3-13 2023 年 3 月大潮水质现状监测结果

站 位	层 次	水温	盐度	pH	SS	石油 类	DO	COD	亚硝酸 盐	氨	硝酸盐	活性磷 酸盐	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	挥发酚
		°C	‰	—	mg/L								µg/L							
S1	表	23.21	13.6048	8.77	40.7	0.117	15.28	2.83	0.0107	0.041	0.475	0.006	0.004	4.5	0.44	14.4	0.20	0.8	<0.4	<1.1
S2	表	23.16	14.8342	8.89	72.3	0.126	14.73	3.22	0.0201	0.054	0.235	0.006	0.025	4.8	1.45	18.1	0.11	0.9	0.7	1.6
S3	表	23.28	14.8361	8.85	63.3	0.167	14.95	2.89	0.0183	0.043	0.146	0.006	0.025	3.2	0.62	20.0	0.08	0.8	<0.4	1.4

注：<或>代表超出检出限，--为未采样

征求意见稿

4.4 海洋沉积物现状调查与评价

4.4.1 调查方法

各调查点位的数据采用上述单项指数法,对现状监测结果进行标准指数计算。

4.4.2 采样方法

根据《海洋监测规范》(GB17378.3-2007)中的要求,进行沉积物样品的采集、保存与运输。到达指定站位后,将绞车的钢丝绳与0.05m²抓斗式采泥器连接,同时测量站位水深,开动绞车将采泥器下放至离海底3m~5m时,全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上,打开采泥器上部耳盖,轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后,用塑料到或勺从采泥器耳盖中仔细取上部0cm~1cm的沉积物。如遇砂砾层,可在0cm~3cm层内混合取样。现场记录底质类型,并分装与处理、保存。

4.4.3 调查内容

调查内容包括有机碳、硫化物、砷类、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、总铬(Cr)、锌(Zn)、总汞(Hg)、砷(As)共10项。

4.4.4 评价标准

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》(2012年),项目所在海域的海洋功能区划主要有湛江-珠海近海农渔业区,要求执行海洋沉积物质量一类标准;横琴岛工业与城镇用海区和白龙尾工业与城镇用海区,要求执行海洋沉积物质量二类标准;横琴岛港口航运区,要求执行海洋沉积物质量三类标准;磨刀门保留区要求海洋沉积物质量维持现状。本项目所在海域海洋沉积物质量评价标准执行如表4.4-1。

表4.4-1 调查海域海洋功能区海洋沉积物质量执行标准要求一览表

功能区	功能区名称	调查站位	海洋沉积物质量标准要求
农渔业区	湛江-珠海近海农渔业区	S40、S44、S48	执行海洋沉积物质量一类标准
工业与城镇用海区	横琴岛工业与城镇用海区	S31	执行海洋沉积物质量二类标准
	白龙尾工业与城镇用海区	S41	
	鹤州南工业与城镇用海区	S1、S2、S3	
	三灶工业与城镇用海区	S46	
港口航运	横琴岛港口航运区	S30	执行海洋沉积物质量三类

区			标准
保留区	磨刀门保留区	S34、S37、S43	海洋沉积物质量维持现状

4.4.5 分析方法

样品的分析按照《海洋调查规范》(GB/T12763.8-2007)和《海洋监测规范》(GB17378.5-2007)进行,超出的项目参照其他行业标准,各项目的分析方法如表 4.4-2。

表 4.4-2 样品采集、分析方法一览表

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测试方法	检出限
1	有机碳	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/18.1-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法	—
2	硫化物	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/17.1-2007 碘量法	4.0×10^{-6}
3	石油类	采集表层样品密封避光保存,正己烷萃取	GB17378.5/19.1-2007 紫外分光光度法	3.0×10^{-6}
4	铜 (Cu)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/6.2-2007 火焰原子吸收分光光度法	$2.0(10^{-6})$
5	铅 (Pb)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/7.2-2007 火焰原子吸收分光光度法	3.0×10^{-6}
6	镉 (Cd)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
7	铬 (Cr)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}
8	锌 (Zn)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/9-2007 火焰原子吸收分光光度法	6.0×10^{-6}
9	总汞 (Hg)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/5.2-2007 冷原子吸收光度法	0.005×10^{-6}
10	砷 (As)	采集表层样品密封避光保存	GB17378.5/11.1-2007 原子荧光法	0.06×10^{-6}

4.4.6 2021 年春季海洋沉积物

4.4.6.1 调查站位

本次调查项目附近布设 10 个调查站位,分别为 S30、S31、S34、S37、S40、S41、S43、S44、S46、S48。

4.4.6.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围。

4.4.6.3 调查结果及分析

2021年3~4月海洋沉积物调查结果见表4.4-3。各单项指数分析见表4.4-4至表4.4-7。

表4.4-3 沉积物现状监测结果

项目 站位	总汞 10 ⁻⁶	铜 10 ⁻⁶	铅 10 ⁻⁶	锌 10 ⁻⁶	镉 10 ⁻⁶	砷 10 ⁻⁶	铬 10 ⁻⁶	硫化物 10 ⁻⁶	有机 碳 %	石油类 10 ⁻⁶
S30	0.223	44.1	49.6	112.6	0.39	17.62	34.9	193.3	1.04	559.2
S31	0.214	40.9	57.8	125.7	0.30	8.94	39.8	17.1	1.11	449.8
S34	0.198	40.1	36.9	85.6	0.24	10.58	37.4	217.0	1.04	797.7
S37	0.208	35.5	45.9	103.9	0.25	10.55	39.7	42.1	0.93	96.8
S40	0.368	16.2	27.5	69.7	0.06	6.38	31.1	19.6	0.46	9.8
S41	0.259	51.8	49.5	118.5	0.43	11.40	32.9	22.9	1.20	300.1
S43	0.322	50.7	64.3	126.2	0.37	10.00	31.1	27.0	1.47	65.1
S44	0.217	23.6	36.4	85.7	0.16	7.16	44.8	23.9	0.41	18.0
S46	0.338	47.3	57.2	124.0	0.21	10.21	41.5	7.3	1.39	52.9
S48	0.292	37.7	48.0	121.4	0.17	11.11	42.1	330.5	0.85	186.7

表4.4-4 沉积物质量指数 (2021年3~4月)

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机 碳	油类
S40	1.84	0.46	0.46	0.46	0.12	0.32	0.39	0.07	0.23	0.02
S44	1.09	0.67	0.61	0.57	0.33	0.36	0.52	0.08	0.21	0.04
S48	1.46	1.08	0.80	0.81	0.34	0.56	0.53	1.10	0.43	0.37
最大值	1.84	1.08	0.80	0.81	0.34	0.56	0.53	1.10	0.43	0.37
最小值	1.09	0.46	0.46	0.46	0.12	0.32	0.39	0.07	0.21	0.02
平均值	1.46	0.74	0.62	0.62	0.26	0.41	0.48	0.42	0.29	0.14
超标率	100.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%
备注:	湛江-珠海近海农渔业区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第一类质量标准									

表4.4-5 沉积物质量指数 (2021年3~4月)

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机 碳	油类
S31	0.43	0.41	0.44	0.36	0.20	0.14	0.27	0.03	0.37	0.45
S41	0.52	0.52	0.38	0.34	0.29	0.18	0.36	0.13	0.40	0.30

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机碳	油类
最大值	0.52	0.52	0.44	0.36	0.29	0.18	0.36	0.13	0.40	0.45
最小值	0.43	0.41	0.38	0.34	0.20	0.14	0.27	0.03	0.37	0.30
平均值	0.47	0.46	0.41	0.35	0.24	0.16	0.31	0.08	0.39	0.37
超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
备注:	工业与城镇用海区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第二类质量标准									

表 4.4-6 沉积物质量指数 (2021 年 3~4 月)

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机碳	油类
S30	0.22	0.22	0.20	0.02	0.08	0.19	0.13	0.32	0.26	0.37
超标率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
备注:	横琴岛港口航运区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第三类质量标准									

表 4.4-7 沉积物质量指数 (2021 年 3~4 月)

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机碳	油类
S34	0.99	0.40	0.62	0.57	0.68	0.55	0.47	0.72	0.52	0.80
S37	0.42	0.36	0.77	0.69	0.68	0.54	0.50	0.14	0.47	0.19
S43	0.64	0.51	0.49	0.84	0.68	0.50	0.45	0.09	0.74	0.13
S46	0.68	0.47	0.95	0.83	0.44	0.51	0.52	0.02	0.70	0.11
备注:	①保留区海洋沉积物质量现状,其区域内的检测海洋沉积物质量评价统一从一类海洋沉积物质量标准开始评价,超过评价标准的检测结果,按下一级标准评价,超过第二类海洋沉积物质量标准的检测结果,评价至第三类海洋沉积物质量; ②表示符合一类海洋沉积物质量标准; 表示符合二类海洋沉积物质量标准; 表示符合三类海洋沉积物质量标准。									

4.4.7 2023 年春季海洋沉积物调查结果及分析

4.4.7.1 调查站位

本次调查项目附近布设 3 个调查站位,分别为 S1~S3。

4.4.7.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围,详见图 4.4-1。

4.4.7.3 调查结果与分析

2023 年 3 月海洋沉积物调查结果见表 4.4-8。本次调查的 3 个站位均位于鹤州南工业与城镇用海区,根据《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》(2012 年),

项目所在海域的海洋功能区划主要有鹤州南工业与城镇用海区，要求执行海洋沉积物质量二类标准。

由调查及评价结果可知，本次调查主要超标因子为重金属镉，其他海洋沉积物监测因子均符合海洋沉积物第二类标准。

综上，表明项目及其周围海域海洋沉积物质量状况一般，主要受重金属镉影响。本次调查所在的磨刀门河口，沉积物重金属可能通过以下两种途径输入，一是流域排放的污染物，经干河和网河区运送，通过口门进入调查区域；二是邻近海域的物质输送进入。

表 4.4-8 沉积物现状监测结果

项目 站位	总汞 ×10 ⁻⁶	铜 ×10 ⁻⁶	铅 ×10 ⁻⁶	锌 ×10 ⁻⁶	镉 ×10 ⁻⁶	砷 ×10 ⁻⁶	铬 ×10 ⁻⁶	硫化物 ×10 ⁻⁶	有机碳 %	石油类 ×10 ⁻⁶
S1	0.223	55.5	58.1	218.9	3.08	34.43	82.1	69.1	1.24	704.4
S2	0.244	57.0	57.6	236.8	2.11	34.56	71.1	77.5	1.26	40.5
S3	0.229	45.5	41.7	157.1	2.01	25.81	66.4	279.0	0.99	59.6

注：<或>代表超出检出限，--为未采样

表 4.4-9 沉积物质量评价 (2023 年 3 月)

项目 站位	总汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	硫化物	有机碳	油类
S1	0.45	0.56	0.45	0.63	2.05	0.53	0.55	0.34	0.41	0.70
S2	0.49	0.57	0.44	0.68	1.41	0.53	0.51	0.08	0.42	0.04
S3	0.46	0.45	0.32	0.45	1.34	0.40	0.44	0.56	0.33	0.06
最大值	0.49	0.57	0.45	0.68	2.05	0.53	0.55	0.56	0.42	0.70
最小值	0.45	0.45	0.32	0.45	1.34	0.40	0.44	0.08	0.33	0.04
平均值	0.46	0.53	0.40	0.58	1.60	0.49	0.50	0.32	0.39	0.27
超标率	0	0	0	0	100%	0	0	0	0	0
备注:	鹤州南工业与城镇用海区执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第二类质量标准									

4.5 海洋生物质量调查结果与评价

4.5.1 采样方法

a. 贝类样品的采集

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品，选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于冷冻箱中。

b. 虾与中小型鱼样采集

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

c. 大型鱼类采集

测量并记下鱼样的体长、体重和性别。用清洁刮刀取下至少100g肌肉组织，厚度至少5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分，存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

4.5.2 调查项目

在潮间带生物、底栖生物和渔业资源调查的渔获物中选取当地常见的、有代表性的贝类、鱼类和甲壳类等生物中选取，分析其体内石油烃、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、锌(Zn)、总汞(Hg)、砷(As)和铬(Cr)共8项指标。

4.5.3 评价方法及评价标准

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算。调查海域各功能区调查站位海洋生物监测因子质量指数。评价标准见表4.5-1。

表 4.5-1 调查海域海域功能区海洋生物体标准要求一览表

功能区	功能区名称	时间	调查站位	海洋生物体质量标准要求
农渔业区	湛江-珠海近海农渔业区	2021年(春季)	S39、S40、S44、S45、S47	海洋生物中的贝类执行海洋生物质量一类标准
		2022年(秋季)	28、29、32、33	
工业与城镇用	横琴岛工业与城镇用海区	2021年(春季)	S31	海洋生物中的贝类执行海洋生物质量二类标准
		2022年(秋季)	12	
	白龙尾工业与	2021年(春季)	S41	

海区	城镇用海区			
	三灶工业与城镇用海区	2021年（春季）	S46	
港口航运区	横琴岛港口航运区	2021年（春季）	S30	海洋生物中的贝类执行海洋生物质量三类标准
保留区	香洲保留区	2021年（春季）	S32	海洋生物体质量维持现状
		2022年（秋季）	10、21	
	磨刀门保留区	2021年（春季）	S35、S38、S42	
		2022年（秋季）	14、16、17、19、23、25、26	

4.5.4 分析方法

样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范》（GB17378.6-2007）进行，超出范围，参照其他行业标准而行，各项目的分析方法见表4.5-2。

表 4.5-2 样品采集、分析方法一览表

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	测试方法	检出限
1	石油烃	取样后用聚乙烯袋分类装袋冷冻保存	GB17378.6/13-2007 发光分光光度法	0.2×10^{-6}
2	铜 (Cu)		GB17378.6/6.3-2007 火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-6}
3	铅 (Pb)		GB17378.6/7.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}
4	镉 (Cd)		GB17378.6/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.005×10^{-6}
5	锌 (Zn)		GB17378.6/9.1-2007 火焰原子吸收分光光度法	0.4×10^{-6}
6	总汞 (Hg)		GB17378.6/5.2-2007 冷原子吸收光度法	0.01×10^{-6}
7	砷 (As)		GB17378.6/11.1-2007 原子荧光法	0.2×10^{-6}
8	铬 (Cr)		GB17378.6/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10^{-6}

4.5.5 2021 年春季调查结果

4.5.5.1 调查站位

本次调查项目附近布设 13 个调查站位，分别为 S30、S31、S32、S35、S38、S39、S40、S41、S42、S44、S45、S46、S47。

4.5.5.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围。

4.5.5.3 调查结果及分析

海洋生物质量调查结果分别见表 4.5-3。

1) 农渔业区

调查海域农渔业区仅包括湛江-珠海近海农渔业区，农渔业区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，湛江-珠海近海农渔业区包含 5 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

2) 工业与城镇用海区

调查海域工业与城镇用海区包括横琴岛工业与城镇用海区和白龙尾工业与城镇用海区，工业与城镇用海区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，工业与城镇用海区包含 2 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

3) 港口航运区

调查海域港口航运区仅包括横琴岛港口航运区，航运区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，航运区共包含 1 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

4) 保留区

调查海域保留区包括香洲保留区、磨刀门保留区和鸡啼门保留区，保留区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和

《海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，保留区包含 5 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 4.5-3 海洋生物体质量调查结果（2021 年 3-4 月）（鲜重）单位：mg/kg

站号	物种名称	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	石油烃
S30	皮氏叫姑鱼	0.03	<2.0	<0.04	3.8	0.007	0.3	<0.04	0.6
S31	周氏新对虾	0.01	4.1	<0.04	12.8	0.015	0.7	<0.04	0.7
S32	前鳞骨鲷	0.05	<2.0	<0.04	5.1	0.015	0.7	<0.04	3.1
S35	周氏新对虾	0.03	3.9	<0.04	14.0	0.013	0.8	<0.04	0.5
S38	中华海鲡	0.09	<2.0	<0.04	15.4	0.005	0.5	0.04	1.6
S39	棘头梅童鱼	0.01	<2.0	<0.04	4.2	<0.005	0.4	<0.04	0.5
S40	刺鲳	0.10	<2.0	<0.04	5.5	<0.005	0.5	<0.04	5.2
S41	棘头梅童鱼	0.02	<2.0	<0.04	4.2	<0.005	0.4	<0.04	1.4
S42	周氏新对虾	0.02	3.6	<0.04	12.1	0.013	0.9	<0.04	2.1
S44	刺鲳	0.09	<2.0	<0.04	5.5	<0.005	0.4	<0.04	2.1
S45	刺鲳	0.07	<2.0	<0.04	5.8	<0.005	1.1	<0.04	2.9
S46	棘头梅童鱼	0.06	<2.0	<0.04	3.3	<0.005	0.7	<0.04	1.5
S47	刺鲳	0.11	<2.0	<0.04	3.3	<0.005	0.6	<0.04	2.7

表 4.5-4 2021 年 3-4 月海洋生物质量指数（鲜重）

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
S39	棘头梅童鱼	鱼类	0.03	0.05	0.01	0.10	0.00	0.08	0.01	0.03
S40	刺鲳	鱼类	0.33	0.05	0.01	0.14	0.00	0.09	0.01	0.26
S44	刺鲳	鱼类	0.30	0.05	0.01	0.14	0.00	0.08	0.01	0.11
S45	刺鲳	鱼类	0.23	0.05	0.01	0.15	0.00	0.21	0.01	0.15
S47	刺鲳	鱼类	0.37	0.05	0.01	0.08	0.00	0.11	0.01	0.14
最大值			0.37	0.05	0.01	0.15	0.00	0.21	0.01	0.26
最小值			0.03	0.05	0.01	0.08	0.00	0.08	0.01	0.03
平均值			0.25	0.05	0.01	0.12	0.00	0.12	0.01	0.13
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：农渔业区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 4.5-5 2021 年 3~4 月海洋生物质量指数（鲜重）

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
S41	棘头梅童鱼	鱼类	0.07	0.05	0.01	0.11	0.00	0.08	0.01	0.07
S31	周氏新对虾	甲壳类	0.05	0.04	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.04
最大值			0.07	0.05	0.01	0.11	0.01	0.09	0.01	0.07
最小值			0.05	0.04	0.01	0.09	0.00	0.08	0.01	0.04
平均值			0.06	0.05	0.01	0.10	0.01	0.09	0.01	0.05
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：工业与城镇用海区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准；海洋生物中的贝类执行海洋生物质量二类标准

表 4.5-6 2021 年 3~4 月海洋生物质量指数（鲜重）

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
S30	皮氏叫姑鱼	鱼类	0.10	0.05	0.01	0.09	0.00	0.07	0.01	0.03
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：港口航运区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 4.5-7 2021 年 3~4 月海洋生物质量指数（鲜重）

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
S32	前鳞骨鲷	鱼类	0.11	0.05	0.01	0.13	0.03	0.14	0.01	0.16
S38	中华海鲶	鱼类	0.30	0.05	0.01	0.39	0.01	0.11	0.03	0.08
S46	棘头梅童鱼	鱼类	0.07	0.05	0.01	0.11	0.00	0.13	0.01	0.08
S35	周氏新对虾	甲壳类	0.15	0.04	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.03
S42	周氏新对虾	甲壳类	0.10	0.04	0.01	0.09	0.01	0.12	0.01	0.11
最大值			0.30	0.05	0.01	0.39	0.03	0.14	0.03	0.16
最小值			0.10	0.04	0.01	0.09	0.00	0.09	0.01	0.03
平均值			0.18	0.04	0.01	0.16	0.01	0.12	0.02	0.09
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：保留区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

4.5.6 2022 年秋季调查结果

4.5.6.1 调查站位

本次调查项目附近布设 13 个调查站位，分别为 28、29、32、33。

4.5.6.2 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围。

4.5.6.3 调查结果及分析

a. 农渔业区

调查海域农渔业区仅包括湛江-珠海近海农渔业区，农渔业区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，湛江-珠海近海农渔业区包含 4 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

b. 工业与城镇用海区

调查海域工业与城镇用海区包括横琴工业与城镇用海区，工业与城镇用海区内采集到的生物体无贝类，采集到的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，工业与城镇用海区共包含 1 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

c. 保留区

调查海域保留区包括香洲保留区、磨刀门保留区，保留区内采集到的海洋生物体贝类要求维持现状，采集到的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

由调查及评价结果可知，保留区包含 9 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。仅在 19 号站位中采集到生物体贝类翡翠贻贝，其体内锌、石油烃符合海洋生物质量第二类标准，其余因子均符合海洋生物质量第一类标准。

综上，表明项目及其周围海域海洋生物体质量状况较好。

表 4.5-8 2022 年 10 月海洋生物质量指数 (鲜重)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
28	棘头梅童鱼	鱼类	0.20	0.05	0.01	0.10	0.00	0.06	0.11	0.23
32	圆吻海鲷	鱼类	0.02	0.05	0.01	0.19	0.00	0.10	0.11	0.29
33	长鳍莫鲻	鱼类	0.03	0.05	0.01	0.20	0.01	0.16	0.09	0.29
29	长叉口虾蛄	甲壳类	0.05	0.06	0.01	0.12	0.02	0.19	0.11	0.70
最大值			0.20	0.06	0.01	0.20	0.02	0.19	0.11	0.70
最小值			0.02	0.05	0.01	0.10	0.00	0.06	0.09	0.23
平均值			0.08	0.05	0.01	0.15	0.01	0.13	0.10	0.38
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：农渔业区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 4.5-9 2022 年 10 月海洋生物质量指数 (鲜重)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
12	杂食豆齿鳗	鱼类	0.13	0.05	0.01	0.61	0.00	0.16	0.15	0.08
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：工业与城镇用海区中的鱼类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的相应标准。

表 4.5-10 2022 年 10 月海洋生物质量指数 (鲜重)

站号	物种名称	分类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
14	鲷	鱼类	0.02	0.05	0.01	0.18	0.02	0.02	0.13	0.10
16	凤鲆	鱼类	0.03	0.05	0.01	0.17	0.03	0.06	0.13	0.12
17	勒氏歧鬚石首鱼	鱼类	0.17	0.05	0.01	0.19	0.00	0.02	0.01	0.17
23	长鳍莫鲻	鱼类	0.03	0.05	0.01	0.07	0.00	0.08	0.11	0.13
25	凤鲆	鱼类	0.02	0.26	0.01	0.33	0.02	0.14	0.13	0.22
26	大眼油鲆	鱼类	0.07	0.05	0.01	0.52	0.01	0.02	0.20	0.22
10	墨吉对虾	甲壳类	0.15	0.05	0.01	0.09	0.03	0.05	0.14	0.07
17	刀额新对虾	甲壳类	0.03	0.05	0.01	0.09	0.00	0.08	0.09	0.11
19	红星梭子蟹	甲壳类	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.13	0.09
21	周氏新对虾	甲壳类	0.03	0.04	0.01	0.12	0.01	0.19	0.13	0.15
最大值			0.17	0.26	0.01	0.52	0.03	0.19	0.20	0.22
最小值			0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.07
平均值			0.06	0.07	0.01	0.18	0.01	0.07	0.12	0.13
超标率			0	0	0	0	0	0	0	0

备注：保留区中的鱼类、甲壳类重金属含量执行《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规

程》(第二分册)中规定的相应标准。										
19	翡翠贻贝	贝类	0.40	0.10	0.20	0.89	0.14	0.10	0.30	0.49

备注: ①保留区海洋生物质量要求维持现状, 其区域内的贝类评价统一从一类海洋生物质量标准开始评价, 超过评价标准的检测结果, 按下一级标准评价, 超过第三类海洋生物质量标准的检测数据, 评价至第三类海洋生物质量); ②表示符合第一类海洋生物体质量标准; 表示符合第二类海洋生物体质量标准; 表示符合第三类海洋生物体质量标准; 表示超过第三类海洋生物体质量标准。

海洋生态环境质量现状调查与评价

4.5.7 调查站位

2021年春季调查在项目附近海域共布设13个站位, 2022年秋季共布设14个站位。2023年春季共布设3个站位。

4.5.8 调查范围

本次评价的海洋水质调查范围同海洋评价范围。

4.5.9 2021年春季

4.5.9.1 海洋生物采集、处理和分析方法

① 叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为5L的有机玻璃采水器采集0.5m的水样, 现场过滤, 滤膜用保温壶冷藏, 带回实验室分析。采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量(引用标准: 《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007))。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法, 按照 CaXee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。

② 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范—海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网, 网口面积 0.1m², 采用垂直拖网法。样品现场用 5% 甲醛溶液固定, 带回实验室, 进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框, 视野法计数, 取其平均密度, 通过过滤的水柱, 测算出每个调查站位浮游植物的密度, 单位以每立方米多少个细胞数表示 (cells/m³)。

③ 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)中规定的方法进行。

以浅水 II 型浮游生物网采样，网口面积 0.08m^2 ，每个调查站从底至表垂直拖曳 II 型网，样品现场用 5% 甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m^3 水体的浮游动物数量。

④ 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样，取样面积为 0.05m^2 ，每个站采样 4 次。样品用 5% 甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和栖息密度 ind/m^2 为单位。

⑤ 潮间带生物

分别在项目区周边设 3 处潮间带代表断面，以 C7、C8、C9 表示，其中 C7 调查断面为岩石相；C8 调查断面为泥沙；C9 调查断面为珊瑚。调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)进行。生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和 ind/m^2 为计算单位。

⑥ 鱼卵仔鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 3 节左右，共获得 14 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 14 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计，定量样品以 ind/m^3 为计量单位进行统计分析。

⑦ 海洋渔业资源（游泳动物）

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样均于白天进行，每次放网 1 张。

本次 S30~S32 号断面渔业资源调查租用“粤珠渔 20008”渔船进行。渔船主机功率 365kW，船长 23.1m、船宽 5.1m、型深 2.3m，使用的网具为底拖网，上网

长度 1.8m，网长 6m，平均拖速为 3.0 km。S35~S47 号断面渔业资源调查租用“粤新会渔 02166”渔船进行。渔船主机功率 79kW，船长 17.95m、船宽 4.05m、型深 2m，使用的网具为底拖网，上纲长度 2.2m，网长 4.5m，平均拖速为 3.0 km。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等情况，将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类等 3 个类群，并分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

4.5.9.2 计算方法

① 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

P ——初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)；

C_a ——表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3)；

Q ——同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{h})$)。根据南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.7；

L ——真光层的深度 (m)；

t ——白昼时间 (h)，12h。

② 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算：

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中： n_i 为第 i 种的个体数； f_i 是该种在各站中出现的频率； N 为所有站每个种出现的总个体数。

③ 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中： H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

④ 均匀度

Pielou 均匀度公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中： J ——均匀度

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

⑤ 鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V = N / (S \times L)$$

式中： V ——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为个/m³、尾/m³

N ——每网鱼卵仔鱼数量，单位为(个、尾)

S ——网口面积，单位为

L ——拖网距离，单位为 m

⑥ 渔业资源(游泳动物)

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法(密度指数法)，来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。求算公式为：

$$S = (y) / a(1-E)$$

式中： S —重量密度(kg/km²)或个体密度(ind/km²)

a —底拖网每小时的扫海面积(扫海宽度取浮纲长度的 2/3)

y —平均渔获率(kg/h)或平均生物个体密度(ind/h)

E —逃逸率(取 0.5)

确定优势种的方法：根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI ，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。 IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。

式中： N —某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比

W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比

F —某一种类的出现的站位数占调查总站位数的百分比

4.5.9.3 调查结果与分析

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $1.13\text{mg}/\text{m}^3\sim 9.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $3.78\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 S30 号站叶绿素 a 含量最高，S45 号站叶绿素 a 含量最低，为 $1.13\text{mg}/\text{m}^3$ 。

低层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $0.79\text{mg}/\text{m}^3\sim 18.21\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $4.17\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 S31 号站叶绿素 a 含量最高，S39 号站叶绿素 a 含量最低，为 $0.79\text{mg}/\text{m}^3$ 。

调查海域初级生产力的变化范围为 $27.95\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})\sim 551.70\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $212.14\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 S44 号站初级生产力水平最高，S41 号站最低，为 $27.95\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

表 4.6-1 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	叶绿素 a (mg/m^3)		初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
	表层	底层	
S30	9.50	1.53	231.98
S31	2.66	18.21	162.21
S32	3.74	3.74	207.31
S35	3.79	3.79	55.24
S38	2.66	2.71	129.77
S39	2.66	0.79	159.08
S40	2.87	1.58	170.97
S41	1.53	2.71	27.95
S42	3.05	2.71	93.24
S44	7.97	8.37	551.70
S45	1.13	3.05	126.59
S46	6.06	3.05	295.74
S47	4.47	1.92	546.11
平均值	3.78	4.17	212.14
范围	1.13~9.50	0.79~18.21	27.95~551.70

(2) 浮游植物

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 4 门 46 属 105 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 33 属 78 种，占总种数的 74.29% (表 2.2.1)；其次为甲藻门出现 7 属 21

种, 占总种数的 20.00%, 蓝藻门和绿藻门均出现 3 属 3 种, 均占总种数的 2.86%。硅藻门的角毛藻出现种类数最多, 为 12 种, 其次是硅藻门的圆筛藻和甲藻门的角藻, 均为 11 种, 其它属出现的种类见表 4.6-2。

表 4.6-2 浮游植物种类组成

类群	属数	种类数	种类组成比例 (%)
硅藻	33	78	74.29
甲藻	7	21	20.00
蓝藻	3	3	2.86
绿藻	3	3	2.86
合计	46	105	100.00

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查的浮游植物优势种出现 11 种, 均为硅藻门, 分别为细弱海链藻 (*Thalassiosira subtilis*)、尖刺拟菱形藻 (*Pseudo-nitzschiapungens*)、密联海链藻 (*Thalassiosira condensata*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)、环纹劳德藻 (*Lauderia annulata*)、威氏圆筛藻 (*Coscinodiscus wailesii*)、哈德半盘藻 (*Hemidiscus hardmannianus*)、拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、角毛藻 (*Chaetoceros*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 和花冠角毛藻 (*Chaetoceros decipiens*)。细弱海链藻的优势度为 0.128, 丰度占调查海区总丰度的 17.04%, 其中在 S31 号站位密度最高, 为 $974.35 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 该优势种在 13 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%, 为本次调查第一优势种。尖刺拟菱形藻的优势度为 0.089, 丰度占调查海区总丰度的 7.43%, 其中在 S47 号站位密度最高, 为 $160.93 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 该优势种在 13 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%, 其他优势种见表 4.6-3。

表 4.6-3 浮游植物优势种及优势度

中文名	英文名	类群	优势度	占总丰度的百分比 (%)
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i>	硅藻	0.128	17.04
尖刺拟菱形藻	<i>Pseudo-nitzschiapungens</i>	硅藻	0.089	7.43
密联海链藻	<i>Thalassiosira condensata</i>	硅藻	0.080	8.31
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	硅藻	0.070	10.35
环纹劳德藻	<i>Lauderia annulata</i>	硅藻	0.060	6.41
威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>	硅藻	0.058	4.91
哈德半盘藻	<i>Hemidiscus hardmannianus</i>	硅藻	0.051	4.10

拟旋链角毛藻	<i>Chaetocerospseudocirvisetus</i>	硅藻	0.050	7.13
塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxisturris</i>	硅藻	0.048	5.13
中肋骨条藻	<i>Skeletonemacostatum</i>	硅藻	0.034	3.18
并基角毛藻	<i>Chaetocerosdecipiens</i>	硅藻	0.025	3.31

2) 丰度组成

本次调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为 $60.29 \times 10^4 \text{cells/m}^3 \sim 3398.82 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，平均为 $558.11 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ （表 4.6-4）。最高丰度出现在 S31 号站，S38 号站次之，其丰度为 $708.71 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，最低丰度则出现在 S30 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占首位，其丰度占各站总丰度的 18.00%~99.40%，平均为 79.67%，硅藻在 13 个测站中均有出现；蓝藻次之，其丰度占各站总丰度的 0.00%~79.05%，平均为 16.38%，蓝藻在 13 个测站均有出现；甲藻在各站丰度中的所占比例为 0.04%~10.83%，平均为 3.48%；绿藻在各站丰度中的所占比例为 0.00%~3.03%，平均为 0.47%。

表 4.6-4 浮游植物丰度 ($\times 10^4 \text{cells/m}^3$) 及其百分比值 (%)

站位	总丰度	硅藻		甲藻		蓝藻		绿藻	
		丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%
S30	60.29	57.77	95.83	0.69	1.14	0.00	0.00	1.83	3.03
S31	3398.82	3378.35	99.10	20.47	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
S32	285.93	276.00	96.53	9.93	3.47	0.00	0.00	0.00	0.00
S35	203.05	86.47	42.59	0.09	0.04	114.56	56.42	1.93	0.95
S38	708.71	672.94	94.95	7.06	1.00	13.65	1.93	15.06	2.12
S39	368.00	357.00	97.01	11.00	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00
S40	490.60	453.40	92.42	37.20	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00
S41	72.80	21.28	29.23	1.92	2.64	49.60	68.13	0.00	0.00
S42	103.35	18.60	18.00	3.05	2.95	81.70	79.05	0.00	0.00
S44	122.89	114.26	92.98	8.63	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00
S45	520.30	501.30	96.35	14.70	2.83	4.30	0.83	0.00	0.00
S46	424.20	374.00	88.17	45.93	10.83	4.27	1.01	0.00	0.00
S47	496.53	458.07	92.25	10.80	2.18	27.67	5.57	0.00	0.00
平均	558.11	520.73	79.67	13.19	3.48	22.75	16.38	1.45	0.47
变化范围	60.29~3398.82	18.60~3378.35	18.00~99.40	0.09~45.93	0.04~10.83	0.00~114.56	0.00~79.05	0.00~15.06	0.00~3.03

3) 多样性水平

本次调查,各站位浮游植物种数变化范围 26~52 种(表 2.2.4)。Shannon-wiener 多样性指数范围为 1.940~4.161, 平均为 3.363, 多样性指数以 S40 号站位最高, S35 号站最低, 多样性属于高水平; Pielou 均匀度指数范围为 0.385~0.767, 平均为 0.627, 其中 S40 号站均匀度指数最高, S35 号站最低, 各站物种间分布较为均匀。

表 4.6-5 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J)
S30	44	3.694	0.677
S31	52	3.630	0.637
S32	49	4.105	0.731
S35	33	1.940	0.385
S38	37	3.425	0.657
S39	41	3.993	0.745
S40	43	4.161	0.767
S41	26	2.053	0.437
S42	30	1.967	0.401
S44	39	3.135	0.763
S45	46	3.729	0.679
S46	41	3.481	0.652
S47	48	3.475	0.622
平均	/	3.363	0.627
范围	26~52	1.940~4.161	0.385~0.767

(3) 浮游动物

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 13 个生物类群 70 种, 其中桡足类 36 种, 浮游幼体类 15 种, 枝角类 5 种, 毛颚类 3 种, 被囊类和水螅水母类各 2 种, 端足类、多毛类、介形类、糠虾类、十足类、翼足类和原生动物各 1 种。

2) 浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示(表 4.6-6), 各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $18.18\text{mg}/\text{m}^3 \sim 15737.75\text{mg}/\text{m}^3$, 平均生物量为 $2875.32\text{mg}/\text{m}^3$ 。在整个调查区中, 生物量最高出现在 S38 号采样站, 最低出现在 S35 号采样站。在个体数量分布方面, 浮游动物密度变化幅度为 $381.82\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 89820.83\text{ind.}/\text{m}^3$, 平均密度

23093.51ind./m³。浮游生物最高密度出现在 S40 号采样站，最低密度则出现在 S35 号采样站。

表 4.6-6 浮游动物生物量及密度

站位	密度 (ind./m ³)	生物量 (mg/m ³)
S30	17039.29	425.00
S31	19242.65	7507.35
S32	3267.86	1383.93
S35	381.82	18.18
S38	15296.57	15737.75
S39	29330.56	3316.67
S40	89820.83	4020.83
S41	8600.00	412.50
S42	4943.75	193.75
S44	11375.00	513.16
S45	4431.25	175.00
S46	75266.67	3150.00
S47	21219.44	525.00
平均值	23093.51	2875.32
范围	381.82~89820.83	18.18~15737.75

3) 浮游动物主要类群分布

a. 桡足类

桡足类在 13 个调查站位中均有分布，其密度变化范围为 209.09ind./m³~44266.67ind./m³，平均密度为 11982.31ind./m³，占浮游动物总密度的 51.89%。其中最高密度出现在 S40 号采样站，其次为 S39 号采样站，密度为 22577.78ind./m³，S35 号站位密度最低。

b. 浮游幼体类

浮游幼体类在全部 13 个调查站位均有出现，平均密度为 3839.29ind./m³，占浮游动物总密度的 16.62%，其密度变化范围为 97.73ind./m³~14708.33ind./m³。其中最高密度分布于 S46 号采样站，其次是 S40 号采样站，密度为 10166.67ind./m³，S35 号站位密度最低。

c. 原生动物

原生动物在全部 13 个调查站位有 2 个站大量出现，平均密度为 5846.15ind./m³，占浮游动物总密度的 25.32%，其密度变化范围为

0.00ind./m³~48000.00ind./m³。其中最高密度分布于 S46 号采样站，其次是 S40 号采样站，密度为 28000.00ind./m³。

d.其他种类

浮游动物的其他类群有枝角类、毛颚类、被囊类、水螅水母类、端足类、多毛类、介形类、糠虾类、十足类、翼足类等，它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域内也较为广泛分布。

4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 18~38 种；种类多样性指数范围为 2.006~3.693 之间，平均为 3.072，多样性指数最高出现在 S44 号采样站，其次为 S47 号采样站，最低则出现在 S30 号采样站，多样性属于较高水平；种类均匀度变化范围在 0.405~0.824 之间，平均为 0.644，最高出现在 S35 号采样站，最低出现在 S46 号采样站，各站物种间分布较为均匀。见表 4.6-7。

表 4.6-7 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)
S30	24	2.006	0.437
S31	28	2.911	0.606
S32	24	2.221	0.703
S35	18	3.437	0.824
S38	25	3.096	0.667
S39	34	3.314	0.651
S40	38	3.022	0.576
S41	19	2.951	0.695
S42	25	3.349	0.721
S44	31	3.693	0.745
S45	33	3.449	0.684
S46	32	2.025	0.405
S47	37	3.460	0.664
平均	/	3.072	0.644
范围	18~38	2.006~3.693	0.405~0.824

5) 优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准，本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 8 种，为桡足类的小拟哲水蚤(Paracalanusparvus)、拟长腹剑水蚤(Oithonasimilis)、纺锤水蚤属(Acartiasp.)、克氏纺锤水蚤(Acartiaclausi)、浮游幼体的蔓足类幼

体 (Cirripedialarvae)、桡足类幼体 (Copepodalarvae) 和原生动物的夜光虫 (Noctiluca scintillans)、枝角类的鸟喙尖头蚤 (Penilia avirostris)。优势度指数分别为 0.252、0.095、0.049、0.044、0.087、0.038、0.036 和 0.025。小拟哲水蚤的平均密度为 5533.72 ind./m³，占浮游动物总密度的 23.96%，在 13 个调查站位中均有出现，其中在 S40 号站位密度最高，为 26400.00 ind./m³，其次为 S30 号站，为 11371.43 ind./m³，为该调查海区的第一优势种；拟长腹剑水蚤的平均密度为 2651.32 ind./m³，占浮游动物总密度的 11.48%，在 13 个调查站位中 11 个站有出现，其中在 S40 号站位密度最高，为 7733.33 ind./m³，其他优势种见表 4.6-8。

表 4.6-8 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁文	优势度	平均密度 (ind./m ³)	占总丰度百分比 (%)
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	0.252	5533.72	23.96
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	0.095	2651.32	11.48
桡足类幼体	Cirripedialarvae	0.049	2289.88	9.92
纺锤水蚤属	<i>Acartiasp.</i>	0.049	1091.96	4.73
克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi</i>	0.044	920.94	3.99
桡足类幼体	Copepodalarvae	0.038	836.77	3.62
夜光虫	<i>Noctiluca scintillans</i>	0.036	5846.15	25.32
鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i>	0.025	668.54	2.89

(4) 大型底栖生物

1) 种类组成

本次调查共记录大型底栖动物 40 种，其中环节动物 22 种、节肢动物 8 种、软体动物 5 种和其他动物 5 种（刺胞动物、帚形动物、扁形动物、纽形动物、星虫动物各 1 种）。环节动物、节肢动物和软体动物分别占总种数的 55.00%、20.00% 和 12.50%，环节动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2) 大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 165.77 ind./m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为 85.38 ind./m²，占总平均密度的 51.51%；软体动物次之，其平均栖息密度为 61.54 ind./m²，占总平均密度的 37.12%；节肢动物平均栖息密度为 12.69 ind./m²，占总平均密度的 7.66%；其他动物平均栖息密度之和为 6.15 ind./m²，占总平均密度的 3.71%，具体见表 4.6-9。

表 4.6-9 底栖生物各类群的生物量和栖息密度

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
S30	栖息密度(ind./m ²)	85.00	15.00	0.00	60.00	10.00
	生物量(g/m ²)	1.24	0.96	0.00	0.12	0.15
S31	栖息密度(ind./m ²)	245.00	205.00	0.00	5.00	35.00
	生物量(g/m ²)	1.14	0.59	0.00	0.00	0.55
S32	栖息密度(ind./m ²)	180.00	150.00	10.00	0.00	20.00
	生物量(g/m ²)	1.88	1.20	0.24	0.00	0.44
S35	栖息密度(ind./m ²)	45.00	0.00	45.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	2.08	0.00	2.08	0.00	0.00
S38	栖息密度(ind./m ²)	740.00	30.00	705.00	0.00	5.00
	生物量(g/m ²)	37.77	0.15	37.58	0.00	0.04
S39	栖息密度(ind./m ²)	95.00	30.00	30.00	35.00	0.00
	生物量(g/m ²)	4.57	0.19	0.99	3.40	0.00
S40	栖息密度(ind./m ²)	40.00	25.00	0.00	10.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.97	0.09	0.00	0.84	0.00
S41	栖息密度(ind./m ²)	15.00	5.00	0.00	10.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.09	0.03	0.00	0.01	0.00
S42	栖息密度(ind./m ²)	75.00	45.00	0.00	30.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.46	0.29	0.00	0.16	0.00
S44	栖息密度(ind./m ²)	210.00	95.00	0.00	15.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.18	1.17	0.00	0.01	0.00
S45	栖息密度(ind./m ²)	305.00	305.00	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	5.16	5.16	0.00	0.00	0.00
S46	栖息密度(ind./m ²)	40.00	40.00	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00
S47	栖息密度(ind./m ²)	80.00	65.00	5.00	0.00	10.00
	生物量(g/m ²)	0.83	0.67	0.04	0.00	0.13
平均	栖息密度(ind./m ²)	165.77	85.38	61.54	12.69	6.15
	生物量(g/m ²)	4.42	0.82	3.15	0.35	0.10

本次调查结果表明,各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀,变化范围从 15.00ind./m²~740.00ind./m²,其中 S38 号站位栖息密度最高,为 740.00ind./m²。该站位密度最高的原因在于记录到数量多的软体动物光滑河篮蛤 (*Potamocorbulalaevis*),它们在该站位的栖息密度为 705.00ind./m²;其次为 S45 号站位,为 305.00ind./m²,该站位密度较高的原因是记录到数量多的环节动物奇异椎齿虫 (*Paraprionospio**pinnata*) 和丝异须虫 (*Heteromastus**filiformis*),它们在

站位的栖息密度分别为 155.00ind./m² 和 125.00ind./m²，最低的站位为 S41 号站，为 15.00ind./m²。此站仅出现少量的底栖生物种类。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀，变化范围从 0.08g/m²~37.77g/m²，仅 S38 号站生物量大于 10.00g/m²，为 37.77g/m²，构成 S38 号站位生物量高的原因在于出现个体较大数量较多的软体动物光滑河篮蛤，生物量为 37.58g/m²。

环节动物在调查海区的平均密度为 85.38ind./m²。在 13 个站位中 12 个站有出现，出现频率为 92.31%。密度分布范围为 0.00ind./m²~305.00ind./m²；平均生物量为 0.82g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~5.16g/m²。

软体动物在调查海区 13 个站位中 6 个站出现，出现频率为 46.15%，平均密度为 61.54ind./m²，密度分布范围为 0.00ind./m²~705.00ind./m²；平均生物量为 3.15g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~37.58g/m²。

节肢动物在调查海区 13 个站位中 7 个站出现，出现频率为 53.85%，平均密度为 12.69ind./m²，密度分布范围为 0.00ind./m²~60.00ind./m²；平均生物量为 0.35g/m²，生物量分布范围为 0.00g/m²~1.90g/m²。

3) 大型底栖生物种类优势种和优势度

表 4.6-10 底栖动物优势种及优势度

优势种	类别	优势度 (Y)	平均密度 (ind./m ²)	占总生物栖息密度的百分比(%)
光滑河篮蛤	软体动物	0.111	60.00	36.19
丝异须虫	环节动物	0.057	24.62	14.85
奇异椎齿虫	环节动物	0.041	17.69	10.67
中华螺赢蛭	节肢动物	0.020	8.46	5.10

4) 大型底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~17 种/站。多样性指数(H')变化范围在 0.375~3.686 之间，平均值为 1.885 (表 4.6-11)。多样性指数最高出现在 S32 号站，最低则为 S38 号站，调查海域底栖生物多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.145~0.958 之间，平均值为 0.746。均匀度指数最高出现在 S42 号站，最低则为 S38 号站，各站位之间物种分布较均匀。

表 4.6-11 各调查站位底栖生物出现种数与物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J')
S30	6	1.731	0.670
S31	10	2.476	0.745
S32	17	3.686	0.902
S35	2	0.503	0.503
S38	6	0.375	0.145
S39	4	1.799	0.900
S40	6	2.406	0.931
S41	2	0.918	0.918
S42	8	2.873	0.958
S44	7	2.048	0.729
S45	5	1.444	0.622
S46	4	1.549	0.774
S47	8	2.703	0.901
平均	/	1.885	0.746
范围	2~17	0.375~3.686	0.145~0.958

(5) 潮间带生物

1) 种类构成

本次调查共记录潮间带生物 25 种, 其中环节动物 10 种, 软体动物 8 种和节肢动物 7 种。环节动物占总种数的 40.00%, 软体动物占总种数的 32.00%, 节肢动物占总种数的 28.00%。环节动物和节肢动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

其中 C7 调查断面为岩石相, C8 调查断面为泥沙, C9 调查断面为泥相。

高潮区: 生物群落组成以节肢动物谭氏泥蟹 (*Ilyoplaxdeschampsii*) 和软体动物波纹拟滨螺 (*Littorariaundulata*) 为主, 它们在高潮区的平均栖息密度分别为 57.33ind./m² 和 56.00ind./m², 它们的平均栖息密度之和占高潮区总平均栖息密度的 73.28%。

中潮区: 生物群落组成以环节动物羽须鳃沙蚕 (*Dendronerispinnaticirrus*)、尖刺纓虫 (*Potamillaacuminata*) 和软体动物波纹拟滨螺为主, 它们在中潮区的平均栖息密度分别为 25.78ind./m²、27.56ind./m² 和 33.78ind./m², 它们的平均栖息密度之和占中潮区总平均栖息密度的 61.64%。

低潮区: 生物群落组成以环节动物的羽须鳃沙蚕、尖刺纓虫、疣吻沙蚕 (*Tylorrhynchusheterochaetus*) 和节肢动物谭氏泥蟹为主, 它们在低潮区的平均

栖息密度分别为 29.33ind./m²、10.67ind./m²、10.67ind./m² 和 18.67ind./m²，它们的平均栖息密度之和占低潮区总平均栖息密度的 65.00%。

2) 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均生物量为 42.34g/m²，平均栖息密度为 134.22ind./m²。

在潮间带平均生物量的组成中，以软体动物居首位，平均生物量为 33.28g/m²，占总平均生物量的 78.60%；其次为节肢动物，其平均生物量为 8.15g/m²，占总平均生物量的 19.25%；环节动物的平均生物量为 0.91g/m²，占总平均生物量的 2.15%。

在平均栖息密度方面，总平均栖息密度为 134.22ind./m²。其中环节动物占首位，为 53.78ind./m²；节肢动物的平均栖息密度为 44.00ind./m²，软体动物的平均栖息密度为 36.44ind./m²。

表 4.6-12 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类别	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
栖息密度 (ind./m ²)	134.22	53.78	36.44	44.00
生物量 (g/m ²)	42.34	0.91	33.28	8.15

3) 平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面，平均栖息密度表现为 C9 断面>C7 断面>C8 断面；平均生物量则表现为 C7 断面>C9 断面>C8 断面。

表 4.6-13 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
C7	栖息密 (ind./m ²)	106.22	0.00	99.56	6.67
	生物量 (g/m ²)	116.13	0.00	97.68	18.44
C8	栖息密 (ind./m ²)	81.33	73.33	2.67	5.33
	生物量 (g/m ²)	1.70	1.60	0.08	0.02
C9	栖息密 (ind./m ²)	215.11	88.00	7.11	120.00
	生物量 (g/m ²)	9.20	1.13	2.08	5.98

4) 平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，高潮区居中，中潮带最低，其中低潮区的平均生物量主要由软体动物组成。平均栖息密度的垂

直分布，则表现为高潮区>中潮区>低潮区（表 4.6-14），高潮区的平均栖息密度主要由节肢动物和软体动物组成。

表 4.6-14 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮带	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
高	栖息密 (ind./m ²)	154.67	25.33	61.33	68.00
	生物量 (g/m ²)	20.03	0.36	7.49	12.18
中	栖息密 (ind./m ²)	141.33	72.00	37.33	32.00
	生物量 (g/m ²)	12.22	1.32	6.09	4.80
低	栖息密 (ind./m ²)	106.67	64.00	10.67	32.00
	生物量 (g/m ²)	94.78	1.04	86.27	7.47

5) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示，3 条调查断面出现的种类数在 7-14 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 1.885 和 0.536，多样性指数处于最低水平。

表 4.6-15 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数(H')	均匀度(J')
C7	7	1.967	0.344
C8	12	2.018	0.563
C9	14	2.671	0.701
平均		1.885	0.536

(6) 鱼类浮游生物

1) 种类组成

在采集的 13 个样品中，经鉴定，至少共出现了鱼卵仔鱼 12 种，其中鲈形目 6 种，鲱形目 2 种，鳊形目、蝶形目、鲇形目和未定种各鉴定出 1 种。

表 4.6-16 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

种类	拉文种名	鱼卵	仔鱼	
鲱形目	小沙丁鱼	<i>Sardinellasp.</i>	+	+
	小公鱼	<i>Stolephorus</i> sp.	+	+
鲈形目	鲷科	Sparidae	+	+
	石首鱼科	Sciaenidae	-	+
	美肩鳃鲷	<i>Omobranchuselegans</i>	-	+
	鰕虎鱼科	Gobiidae	-	+
	眶棘双边鱼	<i>Ambassisgymnocephalus</i>	-	+
	多鳞鲈	<i>Sillagosihama</i>	+	+

鲮形目	鲮科	Mugilidae	+	+
鲈形目	舌鲈科	Cynoglossidae	+	-
鲈形目	丝背细鳞鲈	Stephanolepis cirrhifer	-	+
	未定种	Unidentified	+	-

2) 数量分布

本次调查共采到鱼卵 2887 个，仔鱼 106 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 2507.28 个/1000m³，捕获鱼卵数量密度最高为 S32 号站，为 8578.20 个/1000m³，调查期间 13 个测站中均采到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，鱼卵密度变化范围在 192.11 个/1000m³~8578.20 个/1000m³（表 4.6-17）。

仔鱼在 13 个监测站中均有出现，出现率为 100.00%，仔鱼的平均密度为 84.29 尾/1000m³。

表 4.6-17 鱼类浮游生物水平拖网捕获量分布

站位	鱼卵发育	
	鱼卵 (个/1000m ³)	仔鱼 (尾/1000m ³)
S30	221.17	94.79
S31	6443.85	13.37
S32	8578.20	59.24
S35	211.47	285.41
S38	192.11	30.74
S39	102.85	41.61
S40	3360.78	43.92
S41	111.95	109.05
S42	216.94	20.66
S44	354.73	131.76
S45	2718.05	40.57
S46	283.64	120.00
S47	8520.59	104.68
平均值	2507.28	84.29

3) 主要种类及数量分布

小公鱼和鲮科是本次调查中出现的主要种类，在本次调查中出现在鱼卵当中。小公鱼鱼卵的密度在 51.65 个/1000m³~3956.73 个/1000m³ 之间，其鱼卵在 13 个调查站中均出现，出现频率为 100.00%。其中鱼卵密度最高出现在 S47 号站，其次为 S32 号站，密度为 2559.24 个/1000m³，平均密度为 867.08 个/1000m³，占本

次调查鱼卵总数的 34.58%；鲷科鱼卵的密度在 31.71 个/1000m³~1943.13 个/1000m³ 之间，其鱼卵在 13 个调查站中均出现，出现频率为 100.00%。其中鱼卵密度最高出现在 S32 号站，其次为 S31 号站，密度为 1684.49 个/1000m³，平均密度为 559.00 个/1000m³，占本次调查鱼卵总数的 22.29%。

小沙丁鱼和鰕虎鱼科也是本次调查中出现的主要种类，在本次调查中出现在仔鱼当中。小沙丁鱼仔鱼在 13 个调查站中出现了 10 次，出现频率为 76.92%，密度范围在 0.00 尾/1000m³~243.13 尾/1000m³ 之间，其中仔鱼密度最高出现在 S35 号站，其次为 S46 号站，密度为 87.27 尾/1000m³，平均密度为 42.78 尾/1000m³，占本次调查仔鱼总数的 50.76%；鰕虎鱼科仔鱼在 13 个调查站中出现了 7 次，出现频率为 53.85%，密度范围在 0.00 尾/1000m³~84.81 尾/1000m³ 之间，其中仔鱼密度最高出现在 S41 号站，其次为 S32 号站，密度为 73.70 尾/1000m³，平均密度为 14.32 尾/1000m³，占本次调查仔鱼总数的 16.19%。

(7) 游泳动物

1) 种类组成

本次调查，共捕获游泳动物 45 种，其中：鱼类 21 种，甲壳类 20 种，头足类 4 种，具体见表 4.6-18。

表 4.6-18 各断面出现种类统计结果

断面	甲壳类	头足类	鱼类	总计
S30	0	0	2	12
S31	9	1	8	18
S32	11	2	9	22
S35	1	1	3	5
S38	3	0	5	8
S39	2	0	3	5
S40	2	0	4	6
S41	3	2	4	9
S42	2	2	4	8
S44	2	0	3	5
S45	1	1	5	7
S46	2	1	4	7
S47	3	0	5	8

2) 渔获率

渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 2.60kg/h 和

298.82ind/h, 其中: 甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.50kg/h 和 52.63ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 26.15%和 26.23%; 头足类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.05kg/h 和 6.02ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 1.94%和 2.13%; 鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 2.05kg/h 和 240.17ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 71.92%和 71.64%。

表 4.6-19 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 kg/h	类群			类群		
			甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类
			个体渔获率(ind/h)			重量渔获率(kg/h)		
			个体渔获比例(%)			重量渔获比例(%)		
S30	136.80	0.80	127.20	0.00	9.60	0.68	0.00	0.12
			92.98	0.00	7.02	0.00	0.00	14.71
S31	144.00	1.43	98.40	2.40	43.20	0.99	0.02	0.42
			68.33	1.67	38.00	69.19	1.52	29.29
S32	196.80	2.42	129.60	4.80	22.20	1.34	0.07	1.01
			65.85	1.41	41.71	55.26	3.08	41.67
S35	56.00	0.41	14.00	0.00	40.00	0.10	0.01	0.31
			25.00	0.00	71.43	23.67	2.42	73.91
S38	324.00	3.28	36.00	0.00	288.00	0.28	0.00	3.00
			11.11	0.00	88.89	8.42	0.00	91.58
S39	444.00	4.40	24.00	0.00	420.00	0.16	0.00	2.64
			5.41	0.00	94.59	5.58	0.00	94.42
S40	408.00	3.18	60.00	0.00	348.00	0.60	0.00	2.58
			14.71	0.00	85.29	18.87	0.00	81.13
S41	312.00	3.38	48.00	24.00	240.00	0.52	0.17	2.70
			15.38	7.69	76.92	15.25	4.96	79.79
S42	372.00	4.09	36.00	24.00	312.00	0.53	0.16	3.41
			9.68	6.45	83.87	12.90	3.81	83.28
S44	444.00	3.74	24.00	0.00	420.00	0.48	0.00	3.26
			5.41	0.00	94.59	12.82	0.00	87.18
S45	480.00	3.96	24.00	12.00	444.00	0.19	0.18	3.59
			5.00	2.50	92.50	4.85	4.55	90.61
S46	270.00	1.85	27.00	9.00	234.00	0.17	0.09	1.59
			10.00	3.33	86.67	9.22	4.85	85.92
S47	297.00	2.42	36.00	0.00	261.00	0.45	0.00	1.97
			12.12	0.00	87.88	18.59	0.00	81.41

平均值	298.82	2.60	52.63	6.02	240.17	0.50	0.05	2.05
			26.23	2.13	71.64	26.15	1.94	71.92

3) 资源密度

本次调查各断面渔业资源密度分布见表 2.7.3。平均重量密度为 656.95kg/km²，S42 号站断面最高，S35 号站断面最低，范围为 101.61kg/km²~1004.32kg/km²；平均个体密度为 75.34×10³ind./km²，个体密度最高的断面为 S45 号站断面，其值为 117.81×10³ind./km²，最低为 S35 号站断面，其个体密度为 13.74×10³ind./km²。

表 4.6-20 调查断面的渔业资源密度

断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度(×10 ³ ind./km ²)
S30	239.74	41.04
S31	427.65	43.20
S32	725.70	59.04
S35	101.61	13.74
S38	804.04	79.52
S39	686.24	108.97
S40	780.48	100.14
S41	830.5	76.58
S42	1004.32	91.30
S44	718.91	108.97
S45	977.92	117.81
S46	455.04	66.27
S47	594.20	72.89
平均值	656.95	75.34

4) 鱼类资源状况

a. 鱼类种类组成

本次调查共捕获鱼类 21 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

b. 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 4.6-21。可得出个断面的平均重量密度和平均个体密度分别为 508.54kg/km² 和 59.43×10³ind./km²。在 13 个断面的鱼类重量密度分布中，S45 号站断面最高为 880.62kg/km²，S30 号站断面最低为 35.28kg/km²；

鱼类个体密度分布中，S45号站断面最高，为 $108.97 \times 10^3 \text{ind./km}^2$ ，S30号站断面最低，为 $2.88 \times 10^3 \text{ind./km}^2$ 。

表 4.6-21 鱼类资源密度

断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度($\times 10^3 \text{ind./km}^2$)
S30	35.28	2.88
S31	125.27	12.96
S32	302.38	18.72
S35	75.10	9.82
S38	736.30	70.69
S39	647.95	103.08
S40	633.22	85.41
S41	662.67	58.90
S42	836.44	76.58
S44	801.10	103.08
S45	880.62	108.97
S46	390.98	57.43
S47	483.75	64.06
平均值	508.54	59.43

c. 鱼类优势种

将鱼类 IRI 指数列于表 2.7.5。由表 2.7.5 可得出，鱼类 IRI 值在 1000 以上的优势种 2 种，分别为：棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)和刺鲳(*Psenopsis anomala*)，这 2 种鱼的重量渔获率之和为 15.51kg/h，占鱼类总重量渔获率(26.59kg/h)的 58.31%；这 2 种鱼的个体渔获率之和为 2622.40ind./h，占鱼类总个体渔获率(3122.20ind./h)的 83.99%。

表 4.6-22 鱼类的 IRI 指数

种类	出现频率(%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind./h)	(%)	
棘头梅童鱼	84.62	11.55	43.44	2520.40	80.73	10506.57
刺鲳	61.54	3.95	14.87	102.00	3.27	1116.02
凤鲚	61.54	2.47	9.27	167.40	5.36	900.46
赤鼻棱鲉	38.46	0.90	3.38	82.80	2.65	232.08
中华海鲶	15.38	3.25	12.23	48.00	1.54	211.79
银鲳	15.38	1.12	4.20	24.00	0.77	76.50
皮氏叫姑鱼	23.08	0.29	1.10	33.60	1.08	50.24
前鳞骨鲷	15.38	0.64	2.41	21.60	0.69	47.71
竹荚鱼	15.38	0.39	1.46	28.80	0.92	36.68

斑鲈	7.69	0.98	3.70	12.00	0.38	31.42
眶棘双边鱼	23.08	0.09	0.32	27.00	0.86	27.33
弓斑东方鲀	23.08	0.19	0.73	13.80	0.44	27.07
花鲈	7.69	0.65	2.44	12.00	0.38	21.70
拟矛尾鰕虎鱼	7.69	0.03	0.10	4.80	0.15	1.95
窄体舌鳎	7.69	0.03	0.10	4.80	0.15	1.95
短吻鳐	7.69	0.02	0.09	4.80	0.15	1.88
触角沟鰕虎鱼	7.69	0.01	0.03	4.80	0.15	1.39
孔鰕虎鱼	7.69	0.01	0.05	2.40	0.08	0.94
斑头舌鳎	7.69	0.01	0.04	2.40	0.08	0.87
二长棘鲷	7.69	0.01	0.03	2.40	0.08	0.80
李氏鲻	7.69	0.00	0.02	2.40	0.08	0.73

5) 甲壳类资源状况

a 种类组成

本次调查共捕获甲壳类 20 种，其中：蟹类 9 种，虾类 11 种，虾蛄类 2 种。

b.甲壳类资源密度评估

本次调查，甲壳类的资源密度见表 4.6-23。由表 4.6-23 得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 $134.79\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $4.41\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ 。其中，重量密度范围为 $24.05\text{kg}/\text{km}^2\sim 401.01\text{kg}/\text{km}^2$ ，S32 号站断面最高，S35 号站断面最低；个体密度分布范围为 $3.44\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2\sim 38.88\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$ ，S32 号站断面最高，S35 号站断面最低。

表 4.6-23 甲壳类资源密度

断面	重量密度(kg/km^2)	个体密度($\times 10^3\text{ind.}/\text{km}^2$)
S30	204.46	38.16
S31	295.90	29.52
S32	401.01	38.88
S35	24.05	3.44
S38	67.74	8.84
S39	38.29	5.89
S40	147.26	14.73
S41	126.64	11.78
S42	129.59	8.84
S44	117.81	5.89
S45	47.12	5.89
S46	41.97	6.63
S47	110.45	8.84

平均值	134.79	14.41
-----	--------	-------

c. 优势种

甲壳类 IRI 值在 1000 以上的优势种有 2 种，分别为：周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*) 和日本蛄 (*Charybdis japonica*)。这 2 种甲壳类的重量渔获率为 3.31kg/h，占甲壳类总重量渔获率 (6.47kg/h) 的 51.10%；这 2 种甲壳类的个体渔获率为 278.60ind./h，占甲壳类总个体渔获率 (684.20ind./h) 的 40.72%。

表 4.6-24 甲壳类的 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind./h)	(%)	
周氏新对虾	76.92	1.57	24.31	185.60	27.13	3956.78
日本蛄	46.15	1.73	26.78	93.00	13.59	1863.53
变态蛄	23.08	0.69	10.72	139.20	20.34	716.82
近缘新对虾	30.77	0.59	9.12	11.40	7.37	507.35
长叉口虾蛄	23.08	0.87	13.44	45.60	6.58	462.00
亨氏仿对虾	30.77	0.18	2.71	28.40	5.61	255.99
脊尾白虾	15.38	0.13	1.85	2.00	3.07	77.17
豆形拳蟹	15.38	0.07	1.07	21.60	3.16	65.11
隆线强蟹	15.38	0.10	1.47	14.40	2.10	56.34
伪装关公蟹	15.38	0.11	1.57	9.60	1.40	46.69
鲜明鼓虾	15.38	0.05	0.78	12.00	1.75	38.96
哈氏仿对虾	15.38	0.06	0.96	9.60	1.40	36.42
红星梭子蟹	7.69	0.08	1.25	18.00	2.63	29.86
长毛对虾	7.69	0.1	1.67	2.40	0.35	15.54
锈斑蛄	15.38	0.02	0.26	4.80	0.70	14.79
双斑蛄	7.69	0.02	0.33	7.20	1.05	10.66
日本对虾	7.69	0.03	0.45	4.80	0.70	8.82
口虾蛄	7.69	0.03	0.52	2.40	0.35	6.69
太阳强蟹	7.69	0.02	0.33	2.40	0.35	5.27
鹰爪虾	7.69	0.01	0.15	2.40	0.35	3.84

6) 头足类资源状况

本次调查海域内捕获的头足类出现 4 种，调查中的 13 个断面中 7 个断面有出现。头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 13.62kg/km² 和 1.51×10³ind./km²。

表 4.6-25 头足类资源密度

断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度($\times 10^3$ ind./km ²)
S30	0.00	0.00
S31	6.48	0.72
S32	22.32	1.44
S35	2.45	0.49
S38	0.00	0.00
S39	0.00	0.00
S40	0.00	0.00
S41	41.23	5.89
S42	38.29	5.89
S44	0.00	0.00
S45	44.18	2.95
S46	22.09	2.21
S47	0.00	0.00
平均值	13.62	1.51

a. 幼体比例

本次调查幼体群体占有游泳动物群体的比例为 64.60% (表 4.6-26)。渔获物中, 鱼类幼体比例为 75.79%, 甲壳类幼体比例为 29.71%, 头足类幼体比例为 81.82%, 各类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例见表 4.6-26。

鱼类整体幼体比例较高, 鳃舌鳎、触角沟鰕虎鱼、短吻鲷、二长棘鲷、孔鰕虎鱼、眶棘双边鱼、李氏鲷、拟矛尾鰕虎鱼、窄体舌鳎等, 以上几种鱼类的幼体比例均高达 100%, 除了个别鱼类均为成体外, 渔获中的大部分鱼类主要由幼体和亚成体组成, 这和调查期鱼类的产卵期和幼体生长期有关。

本调查中甲壳动物经济种的幼体比例较低, 除红星梭子蟹、日本对虾、双斑蟳、太阳强蟹、鲜明鼓虾、锈斑蟳和鹰爪虾幼体比例高达 100% 外, 渔获中的大部分甲壳类主要由成体和亚成体组成。

表 4.6-27 列出本次调查物种的幼体比例。

表 4.6-26 各断面幼体比例

断面	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
S30	29	28	57	49.12
S31	40	20	60	33.33
S32	44	38	82	46.34
S35	7	21	28	75.00

断面	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
S38	18	63	81	77.78
S39	21	90	111	81.08
S40	27	75	102	73.53
S41	42	36	78	46.15
S42	30	63	93	67.74
S44	24	87	111	78.38
S45	57	63	120	52.50
S46	18	72	90	80.00
S47	21	78	99	78.79
平均值	29	56	86	64.60

表 4.6-27 分类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例

类群	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
鱼类	206	645		75.79
甲壳类	168	71		29.71
头足类	4	18		81.82

表 4.6-28 主要物种的生物学特征和幼体比例

类群	物种名	体长 mm		体重范围 g		幼体比例 个数比%
		min.	max.	min.	max.	
甲壳类	变态蚜		30	1	13	43.10
	豆形拳蟹	5	20	2	4	66.67
	哈氏仿对虾	21	35	4	9	50.00
	亨氏仿对虾	12	39	2	7	57.14
	红星梭子蟹	17	19	4	5	100.00
	脊尾白虾	20	30	6	6	0.00
	近缘新对虾	19	44	7	16	23.08
	口虾蛄	24	/	14	/	0.00
	隆线强蟹	10	36	1	22	50.00
	日本对虾	21	30	4	8	100.00
	日本蚜	27	38	13	31	0.00
	双斑蚜	16	19	2	4	100.00
	太阳强蟹	23	/	9	/	100.00
	伪装关公蟹	26	36	6	17	0.00
	鲜明鼓虾	19	30	4	6	100.00
	锈斑蚜	10	25	1	6	100.00
	鹰爪虾	22	/	4	/	100.00
	长叉口虾蛄	25	30	13	27	0.00
	长毛对虾	60	/	45	/	0.00

	周氏新对虾	15	40	4	17	7.02
鱼类	斑鲮	165	/	82	/	0.00
	斑头舌鳎	46	/	4	/	100.00
	赤鼻棱鲮	80	110	7	17	12.00
	触角沟鰕虎鱼	45	55	1	2	100.00
	刺鲳	77	110	16	54	11.11
	短吻鲳	55	68	4	6	100.00
	二长棘鲷	44	/	3	/	100.00
	风鲚	120	188	9	41	13.04
	弓斑东方鲀	42	105	4	51	80.00
	花鲮	150	/	54	/	0.00
	棘头梅童鱼	40	88	2	12	88.34
	孔鰕虎鱼	88	/	5	/	100.00
	眶棘双边鱼	43	55	3	4	100.00
	李氏鲷	60	/	2	/	100.00
	拟矛尾鰕虎鱼	65	72	5	6	100.00
	皮氏叫姑鱼	47	101	4	20	50.00
	前鳞骨鲷	91	141	11	54	44.44
	银鲳	69	125	1	77	66.67
	窄体舌鳎	80	8	5	6	100.00
	中华海鲶	140	180	47	96	0.00
竹荚鱼	79	/	10	16	0.00	
头足类	杜氏枪乌贼	11	1	8	15	62.50
	剑尖枪乌贼	38	40	5	10	100.00
	曼氏无针乌贼	1	60	3	23	85.71
	田乡枪乌贼	28	/	5	/	100.00

本次调查中，游泳动物经济种的主要组成为珠江口近岸常见的中小型鱼类、对虾科类。鱼类经济种主要有棘头梅童鱼、刺鲳、风鲚等；甲壳动物中出现较多的是常见对虾科、梭子蟹科、虾蛄科物种。以上鱼类和甲壳动物物种经济价值较高，生长迅速，是优良的渔业经济种。综合考虑各品种出现站数、优势度、平均渔获率、经济价值和生物类型代表性，选定以下几种分述生物学特征如下：

a. 棘头梅童鱼

棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*) 属鲈形目 (PERCIFORMES)、石首鱼科 (Sciaenidae)、梅童鱼属 (*Collichthys*)，为中国河口、沿岸水域重要经济鱼类，其适温、适盐范围广，在中国沿海河口均有分布。该物种个体虽小，但肉味鲜嫩，生长迅速，是珠江口定置作业和底拖网渔业的主要捕捞对象，在珠江口水域渔业

中占有重要的地位。棘头梅童鱼主要摄食浮游生物，为中上层鱼类。

棘头梅童鱼的生长快速，生命周期短，一般寿命不超过3年。珠江口水域渔获中棘头梅童鱼主要以0~1龄个体为主。棘头梅童鱼产卵期较长，为12月至次年的7月，主要集中在2、4、5月，产卵高峰出现在5月。一般体长在80~100mm时达到性成熟，珠江口海域可周年出现幼鱼。

本次调查13个站位断面中，棘头梅童鱼11个站有出现，出现率为84.62%，总渔获共3.09kg、669尾，体长区间40~88mm，体重区间2~12g，平均体重4.62g，捕捞群体以幼体为主。各断面平均渔获率为0.89kg/h、193.88ind./h，重量渔获率最高的是S39号站断面，为1.94kg/h，个体渔获率最高的是S39和S45号站断面，均为384.00ind./h。

b. 刺鲳

刺鲳 (*Psenopsis anomala*) 为鲈形目 (PISCIFORMES)、长鲳科 (Centrolophidae)、刺鲳属 (*Psenopsis*)，近海暖温性中下层鱼类，通常栖息于水深45~120米泥沙底质的海区，常在水母触须中游泳。生殖季节自深海向浅海洄游，在40米以内浅海产卵，产卵期自外海。在东海北部从济州岛、南至台湾海峡均有分布。每年2月左右位于北部的刺鲳开始逐步南下，3月有部分鱼群已可到达福建的台山列岛附近海域，4~6月在北从沙埕港南至浙江的温州湾沿岸一带进行产卵；7月起转而北上至鱼山列岛附近海域，然后再沿近片逐步地向北至济州岛方向移动。摄食水母、假磷虾、幼鱼、泥沙中的原生动物和少量底栖硅藻，而桡足类及端足类偶有发现。

本次调查13个站位断面中，刺鲳出现在8个断面，占总调查断面数的61.54%，总渔获共1.04kg、27尾，体长区间77~110mm，体重区间16~54g，平均体重38.56g，捕捞群体以成体为主。各断面平均渔获率为0.30kg/h、7.85ind./h，渔获率最高出现在S44号站断面，分别为1.02kg/h、24.00ind./h。

c. 凤鲚

凤鲚 (*Coilia mystus*) 为鲱形目 (CLUPEIFORMES)、鲚科 (Engraulidae)、鲚属 (*Coilia*)，凤鲚一般生活在咸淡水交汇的河口沿海区域，亲鱼产卵有明显的溯河洄游习性，且产卵期持续时间较长。珠江口众多浅滩是凤鲚主要肥育的场所，在渔汛期间渔获产量较大，是重要的中小型经济物种。

本次调查 13 个站位断面中,凤鲚出现在 8 个断面,占总调查断面数的 61.54%,总渔获共 0.69kg、46 尾,体长区间 120~188mm,体重区间 9~41g,平均体重 14.91g,捕捞群体以成体为主。各断面平均渔获率为 0.19kg/h、12.88ind./h,渔获率最高的是 S44 号站断面,分别为 0.85kg/h、48.00ind./h。

d.周氏新对虾

周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)属于甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、对虾科(Penaeidae)、新对虾属(Metapenaeus)。广泛分布于我国东南沿海,栖息于海岸沙地和红树林附近之山底海域。周氏新对虾是广食性虾类,成体以底栖动物为主,兼食底层浮游动物及游泳生物。是我国重要的中型经济虾类。

周氏新对虾每年春季水温上升,离开越冬场,向近海生殖洄游,并分散于沿海 20m 水深以内的海域索饵,形成了以越冬个体为主的第一个数量高峰;春末至秋初都为产卵季节,因亲体产卵后一般死亡,繁殖群体数量有所下降,但新生个体(补充群体)摄食强度大,生长发育快速,到秋季形成以新生个体为主的另一个数量高峰,随后冬季又开始越冬洄游,游向更深的外海。

本次调查 13 个站位断面中,周氏新对虾出现在 10 个断面,占总调查断面数的 76.92%。总渔获共 0.48kg、57 尾,体长区间 15~40mm,体重区间 4~17g,平均体重 8.35g,捕捞群体以成体为主。各断面平均渔获率为 0.12kg/h、14.28ind./h,重量渔获率最高的是 S42 号站断面,为 0.37kg/h,个体渔获率最高的是 S40 号站断面,为 36.00ind./h。

e.长叉口虾蛄

长叉口虾蛄(*Oratosquilla nipa*)属于十足目(Stomatopoda),虾蛄科(Squillidae)。是大型凶猛的甲壳动物,最大可达 165mm。在我国南北沿海均有分布,是重要的渔业资源物种。其食物组成包括小型甲壳类、双壳类、多毛类和小型鱼类。

本次调查 13 个站位断面中,长叉口虾蛄出现在 3 个断面,占总调查断面数的 23.08%。总渔获共 0.23kg、12 尾,体长区间 25~30mm,体重区间 13~27g,平均体重 19.50g,捕捞群体均为成体。各断面平均渔获率为 0.07kg/h、3.46ind./h,渔获率最高的是 S41 号站断面,分别为 0.35kg/h、24.00ind./h。

(8) 小结

叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $1.13\text{mg}/\text{m}^3 \sim 9.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $3.78\text{mg}/\text{m}^3$ ；低层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $0.79\text{mg}/\text{m}^3 \sim 18.21\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $4.17\text{mg}/\text{m}^3$ 。初级生产力的变化范围为 $27.95\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 551.70\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $212.14\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

浮游植物

本次调查共记录浮游植物 4 门 46 属 105 种，其中以硅藻门出现的种类为最多，为 33 属 78 种。本次调查的浮游植物优势种出现 11 种，均为硅藻门，分别为细弱海链藻、尖刺拟菱形藻、密联海链藻、透明辐杆藻、环纹劳德藻、威氏圆筛藻、哈德半盘藻、拟旋链角毛藻、塔形冠盖藻、中肋骨条藻和并基角毛藻。调查海区浮游植物丰度变化范围为 $60.29 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3 \sim 3398.82 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ ，平均为 $558.11 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ 。各站位浮游植物种数变化范围 18~38 种，多样性指数范围为 1.940~4.161，平均为 3.363，多样性属于高水平，均匀度指数范围为 0.385~0.767，平均为 0.627。

浮游动物

本次调查共记录浮游动物 13 个门类 70 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $18.18\text{mg}/\text{m}^3 \sim 1275.55\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $2875.32\text{mg}/\text{m}^3$ ，浮游动物密度变化幅度为 $381.82\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 89820.83\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均密度 $23093.51\text{ind.}/\text{m}^3$ 。本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 8 种，为桡足类的小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤、纺锤水蚤属、克氏纺锤水蚤、浮游幼体的蔓足类幼体、桡足类幼体和原生动物的夜光虫、枝角类的鸟喙尖头蚤。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 18~38 种，种类多样性指数范围为 2.006~3.693 之间，平均为 3.072，多样性属于较高水平；种类均匀度变化范围在 0.405~0.824 之间，平均为 0.644。

底栖生物

本次调查共记录大型底栖动物 40 种，其中环节动物 22 种、节肢动物 8 种、软体动物 5 种和其他动物 5 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 $165.77\text{ind.}/\text{m}^2$ 。

平均生物量为 $4.42\text{g}/\text{m}^2$ 。本次调查海区的底栖生物有 4 个优势种，分别为软体动物的光滑河篮蛤和环节动物的丝异须虫、奇异稚齿虫和节肢动物的中华螺螄。

量。各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~17 种/站，多样性指数变化范围在 0.375~3.686 之间，平均值为 1.885，多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.145~0.958 之间，平均值为 0.746。

潮间带生物

本次调查共记录潮间带生物 25 种，其中环节动物 10 种，软体动物 8 种和节肢动物 7 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 $42.34\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $134.22\text{ind.}/\text{m}^2$ 。水平分布方面：平均栖息密度表现为 C9 断面 > C7 断面 > C8 断面；平均生物量则表现为 C7 断面 > C9 断面 > C8 断面。垂直分布方面：潮间带生物的平均生物量表现为低潮区最高，高潮区居中，中潮带最低；平均栖息密度的垂直分布，则表现为高潮区 > 中潮区 > 低潮区。3 条调查断面出现的种类数在 7~14 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 1.885 和 0.536，多样性指数属于较低等水平。

鱼类浮游生物

在采集的 13 个样品中至少共出现了鱼卵仔鱼 12 种。本次调查共采到鱼卵 2887 个，仔鱼 106 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 2507.28 个/ 1000m^3 ，鱼卵密度变化范围在 192.11 个/ 1000m^3 ~ 8571.40 个/ 1000m^3 ，仔鱼的平均密度为 84.29 尾/ 1000m^3 。小公鱼和鲷科是本次调查中出现的主要鱼卵种类，小公鱼鱼卵的平均密度为 867.08 个/ 1000m^3 ，占本次调查鱼卵总数的 34.58%；鲷科鱼卵平均密度为 559.00 个/ 1000m^3 ，占本次调查鱼卵总数的 22.29%。小沙丁鱼和鰕虎鱼科是本次调查中出现的主要仔鱼种类，小沙丁鱼仔鱼的平均密度为 42.78 尾/ 1000m^3 ，占本次调查仔鱼总数的 50.76%；鰕虎鱼科仔鱼平均密度为 14.32 尾/ 1000m^3 ，占本次调查仔鱼总数的 16.99%。

渔业资源

本次调查，共捕获游泳动物 45 种，鱼类 21 种，甲壳类 20 种，头足类 4 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 $2.60\text{kg}/\text{h}$ 和 $298.82\text{ind.}/\text{h}$ ，其中：甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 $0.50\text{kg}/\text{h}$ 和 $52.63\text{ind.}/\text{h}$ ；头足类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 $0.05\text{kg}/\text{h}$ 和 $6.02\text{ind.}/\text{h}$ ；鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 $2.05\text{kg}/\text{h}$ 和 $240.17\text{ind.}/\text{h}$ 。

本次调查各断面渔业资源密度的平均重量密度为 $656.95\text{kg}/\text{km}^2$ ，平均个体

密度为 $75.34 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。其中：鱼类的平均重量密度和平均个体密度分别为 508.54 kg/km^2 和 $59.43 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ；甲壳类的平均重量密度和平均个体密度分别为 134.79 kg/km^2 和 $14.41 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ；头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 13.62 kg/km^2 和 $1.51 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。鱼类的优势种 2 种，为：棘头梅童鱼和刺鲷，甲壳类的优势种有 2 种，为：周氏新对虾和日本鲷。本次调查幼体群体占所有游泳动物群体的比例为 64.60%，鱼类幼体比例为 75.79%，甲壳类幼体比例为 29.71%，头足类幼体比例为 81.82%。

4.5.10 2022 秋季

4.5.10.1 海洋生物采集、处理和分析方法

① 叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007））。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXer 和 Megeman（1974）提出的简化公式估算。

② 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 II 型浮游生物网，网口面积 0.1 m^2 ，采用垂直拖网法。样品现场用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示（ cells/m^3 ）。

③ 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

以浅水 II 型浮游生物网采样，网口面积 0.08 m^2 ，每个调查站从底至表垂直拖曳 II 型网，样品现场用 5% 甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m^3 水体的浮游动物数量。

④ 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样, 取样面积为 0.05m^2 , 每个站采样 2 次。样品用 5% 甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定, 生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和栖息密度 ind/m^2 为单位。

⑤ 潮间带生物

分别在项目区周边设 5 处潮间带代表断面, 以 C8~C12 表示, 其中 C8 中潮带的调查断面为泥沙相; C12 的调查断面为沙相; C8 高低潮带和 C9、C10、C11 的调查断面均为岩石相。调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)进行。生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和 ind/m^2 为计算单位。

⑥ 鱼卵仔鱼

采用拖网法, 每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法, 网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水层拖曳 10 分钟取得, 拖速保持在 3 节左右, 共获得 14 个鱼卵仔鱼样品, 此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网, 获得 14 个鱼卵仔鱼样品, 此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 2% 的量加入福尔马林溶液固定, 带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出, 在显微镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计, 定量样品以 ind/m^3 为计量单位进行统计分析。

⑦ 海洋渔业资源 (游泳动物)

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行, 采样均于白天进行, 每次放网 1 张。

本次渔业资源调查租用“粤阳东渔 19089”渔船进行。渔船主机功率 236kW, 船长 23.8m、船宽 5.1m、型深 2.65m, 使用的网具为底拖网, 网宽 5m, 网长 13m, 平均拖速为 3.0 kn。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计, 记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等情况, 将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类

等 3 个类群，并分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

4.5.10.2 计算方法

① 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

P ——初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)；

C_a ——表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3)；

Q ——同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{a}\cdot\text{h})$)，根据南海海洋研究所以往调查结果，这里取 3.7；

L ——真光层的深度 (m)；

t ——白昼时间 (h)，11h。

② 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算

$$Y = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中： n_i 为第 i 种的个体数； f_i 是该种在各站中出现的频率； N 为所有站每个种出现的总个体数。

③ 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中： H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

④ 均匀度

Pielou 均匀度公式为：

$$J = H' / \log_2 S$$

式中： J ——均匀度

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

⑤ 鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V=N/(S \times L)$$

式中： V ——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为个/ m^3 、尾/ m^3

N ——每网鱼卵仔鱼数量，单位为(个，尾)

S ——网口面积，单位为

L ——拖网距离，单位为 m

⑥ 渔业资源（游泳动物）

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度，求算公式为：

$$S = \frac{y}{a} (1 - E)$$

式中： S —重量密度 (kg/km^2) 或个体密度 (ind/km^2)

a —底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮网长度的 2/3）

y —平均渔获率 (kg/h) 或平均生物个体密度 (ind/h)

E —逃逸率（取 0.5）

确定优势种的方法：根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI ，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。 IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。

式中： N —某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比

W —某一种类的重量占渔获总重量的百分比

F —某一种类的出现的站位数占调查总站位数的百分比

4.5.10.3 调查结果及分析

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

1) 叶绿素 a

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $1.08\text{mg}/\text{m}^3\sim 6.79\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $3.27\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 19 号站叶绿素 a 含量最高，32 号站叶绿素 a 含量最低，为 $1.08\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2) 初级生产力

调查海域初级生产力的变化范围为 $18.01\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})\sim 872.88\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $182.20\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，其中 10 号站初级生产力水平最高，25 号站最低，为 $18.01\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$

表 4.6-29 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	表层叶绿素 a (mg/m^3)	初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)
10	6.50	872.88
12	1.13	69.05
14	2.95	90.03
16	2.95	143.92
17	2.55	124.75
19	6.79	165.71
21	3.00	238.15
23	3.34	102.00
25	1.47	18.01
26	4.13	50.45
28	4.50	23.84
29	3.87	114.14
32	1.08	79.10
33	5.37	458.80
平均值	3.27	182.20
范围	1.08-6.79	18.01-872.88

(2) 浮游植物

1) 种类组成

本次调查共记录浮游植物 5 门 46 属 95 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 32 属 64 种，占总种数的 67.37% (表 4.6-30)；甲藻门出现 9 属 26 种，占总种数的 27.37%，蓝藻门和绿藻门均出现 2 属 2 种，占总种数的 2.11%。甲藻门的角藻出现种类数最多 (15 种)，其次为硅藻门的角毛藻，为 12 种，其它属出现的种类见表 4.6-30。

表 4.6-30 浮游植物种类组成

类群	属数	种类数	种类组成比例 (%)
----	----	-----	------------

硅藻	32	64	67.37
甲藻	9	26	27.37
蓝藻	2	2	2.11
绿藻	2	2	2.11
金藻	1	1	1.05
合计	46	95	100.00

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查的浮游植物优势种出现 2 种, 分别为金藻门的球形棕囊藻 (*Phaeocystis globosa*) 和硅藻门的中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)。球形棕囊藻的优势度为 0.909, 丰度占调查海区总丰度的 90.44%, 该优势种在整个调查区域分布较广泛, 在 14 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%; 中肋骨条藻的优势度为 0.028, 丰度占调查海区总丰度的 3.22%, 该优势种在在 14 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%, 其他优势种见表 4.6-31。

表 4.6-31 浮游植物优势种及优势度

中文名	英文名	类群	优势度	占总丰度的百分比 (%)
球形棕囊藻	<i>Phaeocystis globosa</i>	金藻	0.909	90.44
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	硅藻	0.028	3.22

2) 丰度组成

本次调查结果表明, 调查海区浮游植物丰度变化范围为 $723.88 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 46868.56 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 平均为 $17208.00 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ (表 2.2.3)。最高丰度出现在 17 号站, 16 号站次之, 其丰度为 $37332.92 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 最低丰度则出现在 25 号站。

浮游植物丰度组成以金藻占首位, 其丰度占各站总丰度的 63.57%~98.98%, 平均为 87.11%, 金藻在 14 个测站中均有出现; 硅藻次之, 其丰度占各站总丰度的 0.63%~35.61%, 平均为 12.05%, 硅藻在 14 个测站中均有出现; 其他类的丰度占各站总丰度的 0.00%~2.38%, 平均为 0.81%; 甲藻在各站丰度中的所占比例为 0.00%~0.12%, 平均为 0.03%

表 4.6-32 浮游植物丰度 ($\times 10^4 \text{ cells/m}^3$) 及其百分比值 (%)

站位	总丰度	硅藻		甲藻		金藻		其他	
		丰度	百分	丰度	百分	丰度	百分	丰度	百分

			比%		比%		比%		比%
10	16023.69	921.54	5.75	6.22	0.04	14976.74	93.47	119.20	0.74
12	35939.38	1034.06	2.88	9.53	0.03	34711.88	96.58	183.91	0.51
14	36303.64	227.14	0.63	0.21	0.00	35933.14	98.98	143.14	0.39
16	37332.92	457.60	1.23	2.34	0.01	36858.09	98.73	14.89	0.04
17	46868.56	4997.62	10.66	11.62	0.02	41794.04	89.17	65.29	0.14
19	23642.29	8419.06	35.61	9.71	0.04	15030.00	63.57	183.53	0.78
21	7747.07	351.52	4.54	1.04	0.01	7238.22	93.43	156.30	2.02
23	853.00	154.60	18.12	0.00	0.00	693.60	81.31	4.80	0.56
25	723.88	123.75	17.10	0.88	0.12	599.25	82.78	0.00	0.00
26	8161.82	2709.63	33.20	0.55	0.01	5451.63	66.79	0.00	0.00
28	6952.50	1648.40	23.71	1.20	0.02	5247.90	75.48	55.00	0.79
29	12060.58	309.69	2.57	3.58	0.03	11612.31	96.28	135.00	1.12
32	6214.72	215.90	3.47	1.49	0.02	5879.38	94.60	117.95	1.90
33	2088.00	192.11	9.20	2.57	0.12	1843.70	88.30	49.62	2.38
平均	17208.00	1554.47	12.05	3.64	0.03	15562.41	87.11	87.76	0.81
变化范围	723.88~ 46868.56	123.75~ 8419.06	0.63~ 35.61	0.00~ 11.62	0.00~ 0.12	599.25~ 41794.04	63.57~ 98.98	0.00~ 183.91	0.00~ 2.38

3) 多样性水平

本次调查,各站位浮游植物种类变化范围 15~47 种(表 4.6-33)。Shannon-wiener 多样性指数范围为 0.119~2.061,平均为 0.800,多样性指数以 19 号站位最高,14 号站最低,多样性属于低水平;Pielou 均匀度指数范围为 0.025~0.380,平均为 0.162,其中 19 号站均匀度指数最高,14 号站最低。

表 4.6-33 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)
10	35	0.553	0.108
12	41	0.326	0.061
14	27	0.119	0.025
16	29	0.137	0.028
17	43	0.743	0.137
19	43	2.061	0.380
21	47	0.548	0.099
23	15	1.007	0.258
25	20	1.112	0.257
26	27	1.567	0.330
28	38	1.368	0.261
29	35	0.347	0.068
32	38	0.457	0.087
33	33	0.860	0.170

平均	/	0.800	0.162
范围	15~47	0.119~2.061	0.025~0.380

(3) 浮游动物

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 12 个生物类群 82 种，其中桡足类 49 种，浮游幼体类 11 种，毛颚类 6 种，水螅水母类 4 种，被囊类、端足类、十足类和翼足类各 2 种，多毛类、介形类、糠虾类和枝角类各 1 种。

2) 浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 34.62mg/m³~625.00mg/m³，平均生物量为 206.15mg/m³。在整个调查区中，生物量最高出现在 23 号采样站，最低出现在 16 号采样站。在个体数量分布方面，浮游动物密度变化幅度为 1788.46ind/m³~13647.32ind/m³，平均密度 5126.15ind/m³。浮游生物最高密度出现在 14 号采样站，最低密度则出现在 16 号采样站。

表 4.6-34 浮游动物生物量及密度

站位	密度 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
10	4676.15	146.15
12	7800.69	257.81
14	13647.32	267.86
16	1788.46	34.62
17	2579.55	100.00
19	5306.37	220.59
21	2671.30	186.73
23	7850.00	625.00
25	3531.25	291.67
26	2835.53	263.16
28	2837.50	112.50
29	5501.60	141.03
32	2506.41	83.33
33	8084.91	155.66
平均值	5126.15	206.15
范围	1788.46~13647.32	34.62~625.00

3) 浮游动物主要类群分布

a. 桡足类

桡足类在 14 个调查站位中均有分布，其密度变化范围为 1446.15ind/m³~12500.00ind/m³，平均密度为 3804.21ind/m³，占浮游动物总密度的 74.21%。其中最高密度出现在 14 号采样站，其次为 33 号采样站，密度为 6452.83ind/m³，16 号站位密度最低。

b.浮游幼体类

浮游幼体类在全部 14 个调查站位均有出现，平均密度为 1158.59ind/m³，占浮游动物总密度的 22.60%，其密度变化范围为 293.18ind/m³~3632.81ind/m³。其中最高密度分布于 12 号采样站，其次是 23 号采样站，密度为 3000.00ind/m³，17 号站位密度最低。

c.其他种类

浮游动物的其他类群有毛颚类、水螅水母类、被囊类、端足类、十足类、翼足类、多毛类、介形类、糠虾类、枝角类等，它们在我国沿岸和近岸区系的广分布种，虽然出现的数量不多，但在调查的海域中也较为广泛分布。

4) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物种类变化范围 11~48 种；种类多样性指数范围为 1.930~4.353 之间，平均为 3.178，多样性指数最高出现在 19 号采样站，其次为 29 号采样站，最低则出现在 14 号采样站，多样性属于较高水平；种类均匀度变化范围在 0.507~0.779 之间，平均为 0.661，最高出现在 19 号采样站，最低出现在 14 号采样站，各站物种间分布较为均匀。

表 4.6-35 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)
10	34	3.421	0.672
12	30	3.248	0.662
14	14	1.930	0.507
16	18	2.781	0.667
17	29	2.531	0.521
19	48	4.353	0.779
21	39	3.808	0.721
23	11	2.644	0.764
25	19	2.447	0.576
26	29	3.150	0.648
28	32	3.690	0.738
29	38	3.853	0.734
32	40	3.619	0.680

33	37	3.020	0.580
平均	/	3.178	0.661
范围	11~48	1.930~4.353	0.507~0.779

5) 优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准,本调查海域在调查期间浮游动物的优势有9种,为桡足类的小拟哲水蚤(*Paracalanusparvus*)、菱大眼水蚤(*Corycaeuslimbatus*)、拟长腹剑水蚤(*Oithonasimilis*)、锦隆水蚤(*Oncaeaornata*)、中华异水蚤(*Acartiellasinensis*)和浮游幼体的蔓足类幼体(*Cirripedialarvae*)、桡足类幼体(*Copepodalarvae*)、多毛类幼体(*Polychaetalarvae*)、长尾类幼体(*Macruralarvae*),优势度指数分别为0.396、0.036、0.027、0.027、0.022、0.070、0.059、0.021和0.021。小拟哲水蚤的平均密度为2013.47ind/m³,占浮游动物总密度的39.28%,在14个调查站位中均有出现,其中在14号站位密度最高,为5428.57ind/m³,为该调查海区的第一优势种;蔓足类幼体的平均密度为547.69ind/m³,占浮游动物总密度的10.68%,在14个调查站位中均有出现,其中在23号站位密度最高,为2200.00ind/m³,具体见表4.6-36。

表4.6-36 浮游动物的优势种及优势度

中文名	拉丁名	优势度	平均密度(ind/m ³)	占总丰度百分比(%)
小拟哲水蚤	<i>Paracalanusparvus</i>	0.396	2013.47	39.28
蔓足类幼体	<i>Cirripedialarvae</i>	0.070	547.69	10.68
桡足类幼体	<i>Copepodalarvae</i>	0.059	296.94	5.79
菱大眼水蚤	<i>Corycaeuslimbatus</i>	0.036	151.78	2.96
拟长腹剑水蚤	<i>Oithonasimilis</i>	0.027	187.60	3.66
锦隆水蚤	<i>Oncaeaornata</i>	0.027	109.99	2.15
中华异水蚤	<i>Acartiellasinensis</i>	0.022	463.76	9.05
多毛类幼体	<i>Polychaetalarvae</i>	0.021	116.18	2.27
长尾类幼体	<i>Macruralarvae</i>	0.021	107.33	2.09

(4) 大型底栖生物

1) 种类组成

本次调查共记录大型底栖动物36种,其中环节动物18种、软体动物6种、节肢动物5种和其他种类动物(星虫动物2种,刺胞动物、纽形动物、帚形动物、蠕虫动物、棘皮动物各1种)共7种。环节动物、软体动物和节肢动物分别占总

种数的 50.00%、16.67%和 13.89%，环节动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2) 大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为349.29ind/m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为292.86ind/m²，占总平均密度的83.84%；其他动物次之，其平均栖息密度之和为37.86ind/m²，占总平均密度的10.84%；节肢动物和软体动物的平均栖息密度均为9.29ind/m²，均占总平均密度的2.66%（表4.6-37）。

底栖生物的平均生物量为 4.77g/m²，以其他动物的平均生物量居首位，该种类的平均生物量之和为 2.48g/m²，占总平均生物量的 52.13%；其次为环节动物，其平均生物量为 1.71g/m²，占总平均生物量的 35.94%；软体动物的平均生物量为 0.47g/m²，占总平均生物量的 9.78%；节肢动物平均生物量较少，为 0.10g/m²（表 4.6-37）。

表 4.6-37 底栖生物各类群的生物量和栖息密度

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	其他动物
10	栖息密度(ind/m ²)	70.00	500.00	0.00	70.00	60.00
	生物量(g/m ²)	3.74	3.09	0.00	0.03	10.61
12	栖息密度(ind/m ²)	20.00	340.00	40.00	10.00	230.00
	生物量(g/m ²)	8.66	0.94	2.22	0.07	5.42
14	栖息密度(ind/m ²)	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00
16	栖息密度(ind/m ²)	120.00	120.00	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.03	1.03	0.00	0.00	0.00
17	栖息密度(ind/m ²)	50.00	40.00	0.00	0.00	10.00
	生物量(g/m ²)	0.34	0.30	0.00	0.00	0.04
19	栖息密度(ind/m ²)	650.00	620.00	0.00	10.00	20.00
	生物量(g/m ²)	2.33	2.17	0.00	0.01	0.15
21	栖息密度(ind/m ²)	130.00	80.00	0.00	10.00	40.00
	生物量(g/m ²)	19.42	0.61	0.00	0.58	18.24
23	栖息密度(ind/m ²)	440.00	430.00	0.00	0.00	10.00
	生物量(g/m ²)	8.24	8.13	0.00	0.00	0.11
25	栖息密度(ind/m ²)	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
26	栖息密度(ind/m ²)	40.00	0.00	40.00	0.00	0.00

	生物量(g/m ²)	2.27	0.00	2.27	0.00	0.00
28	栖息密度(ind/m ²)	810.00	750.00	20.00	10.00	30.00
	生物量(g/m ²)	1.37	1.09	0.24	0.01	0.03
29	栖息密度(ind/m ²)	100.00	90.00	10.00	0.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.78	0.66	1.12	0.00	0.00
32	栖息密度(ind/m ²)	550.00	460.00	10.00	0.00	80.00
	生物量(g/m ²)	4.48	3.89	0.50	0.00	0.09
33	栖息密度(ind/m ²)	680.00	600.00	10.00	20.00	50.00
	生物量(g/m ²)	3.00	1.98	0.18	0.73	0.10
平均	栖息密度(ind/m ²)	349.29	292.86	9.29	9.29	37.86
	生物量(g/m ²)	4.77	1.71	0.47	0.10	2.48

本次调查结果表明,各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀,变化范围从20.00ind/m²~810.00ind/m²,其中28号站位栖息密度最高,为810.00ind/m²。该站位密度最高的原因在于记录到数量较多的环节动物奇异稚齿虫属(*Paraprionospiospp.*),它们在站位的栖息密度为700.00ind/m²;其次为33号站位,为680.00ind/m²,该站位密度较高的原因是在记录到数量较多的环节动物奇异稚齿虫属、花岗钩毛虫(*Siganbrabuspp.*)和苔虫属(*Notomastuspp.*),它们在站位的栖息密度分别为180.00ind/m²、170.00ind/m²和110.00ind/m²,最低的站位为25号站,该站仅出现较少底栖生物。

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀,变化范围从0.03g/m²~19.42g/m²,仅10号和21号站生物量大于10.00g/m²,分别为13.74g/m²和19.42g/m²。构成10号站位高生物量的原因在于出现个体较大的蠕虫动物短吻铲荚蛭(*Listriolobusbrevirostri*),生物量为9.05g/m²。构成21号站位高生物量的原因在于出现个体较大的蠕虫动物短吻铲荚蛭,生物量为18.16g/m²。

环节动物在调查海区的平均密度为292.86ind/m²,在14个站位中13个站有出现,出现频率为92.86%。密度分布范围为0.00ind/m²~750.00ind/m²;平均生物量为1.71g/m²,生物量分布范围为0.00g/m²~8.13g/m²。

软体动物在调查海区14个站位中6个站出现,出现频率为42.86%,平均密度为9.29ind/m²,密度分布范围为0.00ind/m²~40.00ind/m²;平均生物量为0.47g/m²,生物量分布范围为0.00g/m²~2.27g/m²。

节肢动物在调查海区14个站位中6个站出现,出现频率为42.86%,平均密

度为 9.29ind/m², 密度分布范围为 0.00ind/m²~70.00ind/m²; 平均生物量为 0.10g/m², 生物量分布范围为 0.00g/m²~0.73g/m²。

(3) 大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y \geq 0.02$ 时即被认定为优势种, 本次调查海区的底栖生物有 5 个优势种, 为环节动物的奇异稚齿虫属、背蚓虫属、花岗钩毛虫、中华内卷齿蚕 (*Aglaophamussinensis*) 和纽形动物线纽虫属 (*Lineussp.*), 优势度分别为 0.321、0.069、0.038、0.024 和 0.023。奇异稚齿虫属在 14 个站位中的 12 个站出现, 其平均栖息密度为 130.71ind/m², 占调查海区底栖生物总平均密度的 37.42%, 为该调查海区的第一优势种; 背蚓虫属在 14 个站位中的 10 个站出现, 其平均栖息密度为 33.57ind/m², 占调查海区底栖生物总平均密度的 9.61%。

表 4.6-38 底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度 (Y)	平均密度 (ind/m ²)	占总生物栖息密度的百分比(%)
奇异稚齿虫属	环节动物	0.321	130.71	37.42
背蚓虫属	环节动物	0.069	33.57	9.61
花岗钩毛虫	环节动物	0.038	30.71	8.79
中华内卷齿蚕	环节动物	0.024	16.43	4.70
线纽虫属	纽形动物	0.023	18.57	5.32

(4) 大型底栖生物种类多样性注释

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 1~14 种/站。多样性指数 (H') 变化范围在 0.000~3.111 之间, 平均值为 1.803 (表 4.6-39)。多样性指数最高出现在 10 号站, 最低则为 26 号站, 为 0.000, 调查海域底栖生物多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.321~1.000 之间, 平均值为 0.747, 均匀度指数最高出现在 25 号站, 最低则为 28 号站, 各站位之间物种分布较均匀。

表 4.6-39 各调查站位底栖生物出现种数与物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
10	12	3.111	0.868
12	14	2.898	0.761
14	3	1.371	0.865
16	4	1.855	0.928
17	2	0.722	0.722
19	8	1.088	0.363

21	8	2.815	0.938
23	5	0.925	0.398
25	2	1.000	1.000
26	1	0.000	/
28	7	0.901	0.321
29	7	2.646	0.943
32	13	2.999	0.810
33	13	2.915	0.788
平均	/	1.803	0.747
范围	1~14	0.000~3.111	0.321~1.000

(5) 潮间带生物

1) 种类构成

本次调查共记录潮间带生物12种，其中节肢动物5种，软体动物5种和环节动物2种。节肢动物、软体动物、环节动物分别占总种数的41.67%、41.67%、16.67%。软体动物和节肢动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

调查断面以C8~C12表示，其中C8中潮带的调查断面为泥沙相；C12的调查断面为沙相；C8高低潮带和C9、C10的调查断面均为岩石相。

高潮区：生物群落组成以软体动物紫云女教士螺 (*Pythiafimbriosa*) 和节肢动物近亲拟相手蟹 (*Parasesarma*) 为主，它们在高潮区的平均栖息密度分别为12.00ind/m²和8.00ind/m²，它们在高潮区的平均栖息密度之和占高潮区总平均栖息密度的62.50%。

中潮区：生物群落组成以节肢动物淡水泥蟹 (*Ilyoplaxtansuiensis*)、近亲拟相手蟹和软体动物黑荞麦蛤 (*Vignadulaatrata*) 为主，它们在中潮区的平均栖息密度分别为21.87ind/m²、10.67ind/m²和12.27ind/m²，它们在中潮区的平均栖息密度之和占中潮区总平均栖息密度的73.04%。

低潮区：生物群落组成以节肢动物近亲拟相手蟹和软体动物黑荞麦蛤为主，它们在低潮区的平均栖息密度分别为17.60ind/m²和12.80ind/m²，它们在低潮区的平均栖息密度之和占低潮区总平均栖息密度的67.86%。

2) 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均生物量为30.06g/m²，平均栖息密度为46.04ind/m²。在潮间带平均生物量的组成中，以软体动物占首位，平均生物量为22.06g/m²。

占总平均生物量的 73.37%；其次为节肢动物，其平均生物量为 8.00g/m^2 ，占总平均生物量的 26.60%；环节动物的平均生物量为 0.01g/m^2 ，占总平均生物量的 0.03%。

在平均栖息密度方面，总平均栖息密度为 46.04ind/m^2 。其中软体动物占首位，为 22.40ind/m^2 ；节肢动物的平均栖息密度为 21.16ind/m^2 ，环节动物的平均栖息密度为 2.49ind/m^2 。

表 4.6-40 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类别	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
栖息密度 (ind/m^2)	46.04	2.49	22.40	21.16
生物量 (g/m^2)	30.06	0.01	22.06	8.00

(2) 平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面，平均栖息密度表现为 C10 断面>C8 断面>C9 断面>C11 断面>C12 断面；平均生物量则表现为 C10 断面>C9 断面>C11 断面>C8 断面>C12 断面。

表 4.6-41 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
C8	栖息密度 (ind/m^2)	70.22	9.78	9.33	51.11
	生物量 (g/m^2)	8.32	0.05	3.15	5.13
C9	栖息密度 (ind/m^2)	44.44	0.00	35.56	8.89
	生物量 (g/m^2)	32.43	0.00	23.44	9.00
C10	栖息密度 (ind/m^2)	80.44	0.00	51.56	28.89
	生物量 (g/m^2)	81.90	0.00	68.60	13.30
C11	栖息密度 (ind/m^2)	31.11	0.00	15.56	15.56
	生物量 (g/m^2)	26.33	0.00	15.10	11.23
C12	栖息密度 (ind/m^2)	4.00	2.67	0.00	1.33
	生物量 (g/m^2)	1.33	0.00	0.00	1.33

3) 平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的平均生物量表现为中潮区最高，低潮区居中，高潮带最低，其中潮区的平均生物量主要由软体动物组成。平均栖息密度的垂直分布，则表现为中潮区>低潮区>高潮区（表 4.6-42），中潮区的平均栖息密度主要由节肢动物和软体动物组成。

表 4.6-42 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮带	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
高	栖息密度 (ind/m ²)	32.00	0.00	24.00	8.00
	生物量 (g/m ²)	26.14	0.00	19.72	6.42
中	栖息密度 (ind/m ²)	61.33	5.87	22.40	33.07
	生物量 (g/m ²)	37.17	0.03	27.24	9.90
低	栖息密度 (ind/m ²)	44.80	1.60	20.80	22.40
	生物量 (g/m ²)	26.88	0.00	19.21	7.67

3) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示, 5 条调查断面出现的种类数在 2~8 种/断面, 多样性指数 (H') 变化范围在 0.918~2.165 之间, 平均值为 1.606。多样性指数最高出现在 C8 断面, 最低则为 C12 断面, 调查海域潮间带生物多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.722~0.918 之间, 平均值为 0.813, 均匀度最高出现在 C12 断面, 最低则为 C8 断面, 各断面之间物种分布均匀。

表 4.6-43 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')
C8	8	2.165	0.722
C9	7	1.667	0.833
C10	6	1.949	0.754
C11	3	1.330	0.839
C12	2	0.918	0.918
平均	4	1.606	0.813
范围	2~8	0.918~2.165	0.722~0.918

(6) 鱼类浮游生物

1) 种类组成

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的 28 个样品中, 经鉴定, 至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种, 其中鲈形目鉴定出 6 种, 鲱形目鉴定出 2 种, 鳀形目、鲷形目和未定种各鉴定出 1 种。

表 4.6-44 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

种类	拉文种名	鱼卵	仔鱼
鲱形目	小沙丁鱼	+	+
	小公鱼	+	+

鲈形目	多鳞鲈	<i>Sillagosihama</i>	+	+
	鲈属	<i>Lepidotriglasp.</i>	+	-
	眶棘双边鱼	<i>Ambassisgymnocephalus</i>	-	+
	鲷科	Spariae	+	+
	鰕虎鱼科	Gobidae	-	+
	美肩鳃鲷	<i>Omobranchuselegans</i>	-	+
鲽形目	舌鲷科	Cynoglossidae	+	-
鲷形目	鲷科	Mugiliae	-	+
	未定种	Unidentified	+	-

2) 数量分布

a. 水平拖网定性调查

本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 8854 粒，仔鱼 30 尾。调查海区 14 个测站中均采集到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，各站平均捕获鱼卵数量为 632.43ind/net。捕获鱼卵数最大是 32 号站，为 2816ind/net，各站捕获鱼卵数变化范围在 18ind/net~2816ind/net。

仔鱼在 14 个监测站中 11 个站有出现，出现率为 78.57%，仔鱼的各站平均捕获数量平均为 2.14ind/net，捕获仔鱼数最大是 32 号站，为 5ind/net，各站捕获仔鱼数变化范围在 0ind/net~5ind/net。

表 4.6-45 鱼卵发育期生物水平拖网捕获数量及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/net)	仔鱼 (ind/net)
10	44	0
12	1892	4
14	34	0
16	22	0
17	18	1
19	64	3
21	1812	2
23	26	2
25	28	3
26	19	1
28	61	3
29	1984	4
32	2816	5
33	34	2
平均值	632.43	2.14

b.垂直拖网定量调查

本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 247 粒，仔鱼 2 尾。调查期间 14 个测站中 13 个站采集到鱼卵，鱼卵出现率为 92.86%，调查海区的鱼卵平均密度为 20.93ind/m³，采获鱼卵数量密度最高的是 12 号站，为 174.55ind/m³，鱼卵密度变化范围在 0.00ind/m³~174.55ind/m³。

仔鱼在 14 个监测站中 2 个站有出现，出现率为 14.29%，仔鱼的平均密度为 0.13ind/m³，采获仔鱼数量密度最高的是 19 号站，为 1.50ind/m³，仔鱼密度变化范围在 0.00ind/m³~1.50ind/m³。

表 4.6-46 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/m ³)	仔鱼 (ind/m ³)
10	0.33	0.00
12	174.55	0.00
14	4.29	0.00
16	0.68	0.00
17	0.86	0.00
19	58.50	1.50
21	20.00	0.00
23	0.00	0.00
25	0.00	0.00
26	1.88	0.00
28	0.50	0.00
29	14.46	0.00
32	5.40	0.00
33	1.55	0.26
平均值	20.93	0.13

3) 主要种类及数量分布

a.水平拖网定性调查主要种类及数量占比

鳎属和多鳞鲆是本次水平拖网定性调查中的主要鱼卵种类，鳎属鱼卵数量共 4505 粒，占本次定性调查鱼卵总数的 50.88%，多鳞鲆鱼卵数量共 1267 粒，占本次定性调查鱼卵总数的 14.31%；小公鱼和眶棘双边鱼是本次水平拖网定性调查中的主要仔鱼种类，小公鱼仔鱼数量共 12 尾，占本次调查仔鱼总数的 40.00%；

眶棘双边鱼仔鱼数量共 7 尾，占本次调查仔鱼总数的 23.33%。

b. 垂直拖网定量调查主要种类及数量分布

本次垂直拖网定量调查中仅出现三种鱼卵种类，分别为鳐属、多鳞鳊和小公鱼。鳐属是本次垂直拖网定量调查中出现的主要鱼卵，其鱼卵在 14 个调查站中 11 个站有出现，出现频率为 78.57%，鱼卵密度在 $0.00\text{ind}/\text{m}^3$ ~ $133.64\text{ind}/\text{m}^3$ 之间，其中鱼卵密度最高出现在 12 号站，鱼卵的平均密度为 $14.92\text{ind}/\text{m}^3$ ，占本次调查鱼卵总数的 71.29%；多鳞鳊鱼卵的平均密度为 $4.25\text{ind}/\text{m}^3$ ，占本次调查鱼卵总数的 20.32%；小公鱼鱼卵的平均密度为 $1.76\text{ind}/\text{m}^3$ ，占本次调查鱼卵总数的 8.39%。

本次垂直拖网定量调查中仅出现两种仔鱼种类，分别为小公鱼和美肩鳃鲷。小公鱼仔鱼在 14 个调查站中仅 19 号站有出现，出现频率为 7.14%，其仔鱼的平均密度为 $0.11\text{ind}/\text{m}^3$ ，占本次调查仔鱼总数的 85.29%；美肩鳃鲷仔鱼的平均密度为 $0.02\text{ind}/\text{m}^3$ ，占本次调查仔鱼总数的 14.71%。

(7) 游泳动物

1) 种类组成

本次调查，共捕获游泳动物 52 种，其中：鱼类 34 种，甲壳类 17 种，头足类 1 种。根据表 4.6-47，各断面种类数如下：26 号站断面种类数最多，为 24 种，其次是 28 和 32 号站断面，均为 23 种，10 和 25 号站断面的种数最少，均为 16 种。

表 4.6-47 各断面出现种类统计结果

断面	甲壳类	头足类	鱼类	总计
10	8	0	8	16
12	10	0	8	18
14	7	0	13	20
16	7	0	15	22
17	10	0	7	17
19	11	0	8	19
21	9	0	9	18
23	5	1	13	19
25	6	0	10	16
26	6	0	18	24
28	7	1	15	23
29	11	0	9	20
32	6	0	17	23
33	8	0	12	20

2) 渔获率

渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 5.12kg/h 和 914.86ind/h, 其中: 甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 3.32kg/h 和 731.71ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 66.07%和 82.09%; 鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.79kg/h 和 182.57ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 33.81%和 17.85%; 头足类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.01kg/h 和 0.57ind/h, 占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 0.12%和 0.06%。

表 4.6-48 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比

断面	总个体渔获率 ind/h	总重量渔获率 kg/h	类群			类群		
			甲壳类	头足类	鱼类	甲壳类	头足类	鱼类
			个体渔获率(ind/h)			重量渔获率(kg/h)		
			个体渔获比例(%)			重量渔获比例(%)		
10	468.00	3.29	432.00	0.00	6.00	2.80	0.00	0.48
			92.31	0.00	7.69	85.29	0.00	14.71
12	456.00	4.33	404.00	0.00	52.00	2.53	0.00	1.80
			52.00	0.00	11.40	58.47	0.00	41.53
14	1132.00	5.43	428.00	0.00	304.00	2.89	0.00	2.54
			73.40	0.00	26.86	53.16	0.00	46.84
16	1120.00	5.40	832.00	0.00	288.00	2.86	0.00	2.54
			74.29	0.00	25.71	52.93	0.00	47.07
17	760.00	4.76	704.00	0.00	56.00	3.99	0.00	0.77
			92.63	0.00	7.37	83.84	0.00	16.16
19	692.00	5.08	624.00	0.00	68.00	4.24	0.00	0.84
			90.17	0.00	9.83	83.50	0.00	16.50
21	524.00	4.31	464.00	0.00	60.00	3.58	0.00	0.73
			88.55	0.00	11.45	82.99	0.00	17.01
23	1084.00	5.91	832.00	4.00	248.00	3.58	0.05	2.28
			76.75	0.37	22.88	60.61	0.87	38.51
25	1060.00	5.28	792.00	0.00	268.00	3.01	0.00	2.27
			74.72	0.00	25.28	56.93	0.00	43.07
26	1144.00	5.69	924.00	0.00	220.00	3.45	0.00	2.24
			80.77	0.00	19.23	60.62	0.00	39.38
28	920.00	4.99	696.00	4.00	220.00	2.69	0.04	2.26
			75.65	0.43	23.91	53.92	0.87	45.20

29	748.00	5.19	684.00	0.00	64.00	4.42	0.00	0.77
			91.44	0.00	8.56	85.17	0.00	14.83
32	1472.00	6.04	1104.00	0.00	368.00	2.98	0.00	3.06
			75.00	0.00	25.00	49.34	0.00	50.66
33	1228.00	5.99	924.00	0.00	304.00	3.49	0.00	2.50
			75.24	0.00	24.76	58.20	0.00	41.80
平均	914.86	5.12	731.71	0.57	182.57	3.32	0.01	1.79
			82.09	0.06	17.85	66.07	0.12	33.81

3) 资源密度

本次调查各断面渔业资源密度分布见表 4.6-49。平均重量密度为 $368.67\text{kg}/\text{km}^2$ ，32 号站断面最高，10 号站断面最低，范围为 $236.51\text{kg}/\text{km}^2\sim 434.51\text{kg}/\text{km}^2$ ；平均个体密度为 $65.86\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，个体密度最高的断面为 32 号站断面，其值为 $105.98\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，12 号站断面，其个体密度为 $32.83\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 。

表 4.6-49 调查断面的渔业资源密度

断面	重量密度(kg/km^2)	个体密度($\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$)
10	236.51	33.69
12	325.93	32.83
14	370.51	81.50
16	388.74	80.63
17	342.53	54.72
19	366.01	49.82
21	310.64	37.72
23	425.56	78.04
25	380.23	76.31
26	409.47	82.36
28	359.47	66.23
29	373.63	53.85
32	434.51	105.98
33	431.26	88.41
平均值	368.67	65.86

(4) 鱼类资源状况

1) 鱼类种类组成

本次调查共捕获鱼类 34 种。鱼类中大多数种类为我国沿岸、浅海渔业的兼捕对象。大多属于印度洋、太平洋区系，并以栖息于底层、近底层的暖水性的种类占优势。

2) 鱼类资源密度估算

本次调查，鱼类的资源密度见表 4.6-50。从表 2.7.4 可得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 $129.02\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $13.14 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。在 14 个断面的鱼类重量密度分布中，32 号站断面最高为 $220.11\text{kg}/\text{km}^2$ ，10 号站断面最低为 $34.78\text{kg}/\text{km}^2$ ；鱼类个体密度分布中，32 号站断面最高，为 $26.49 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ，10 号站断面最低为 $2.59 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。

表 4.6-50 鱼类资源密度

断面	重量密度(kg/km^2)	个体密度($\times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$)
10	34.78	2.59
12	129.53	3.74
14	183.11	21.89
16	182.99	20.73
17	55.42	4.03
19	162.49	4.90
21	52.42	4.32
23	163.90	17.85
25	163.78	19.29
26	161.24	15.84
28	162.49	15.84
29	55.42	4.61
32	220.11	26.49
33	180.27	21.89
平均值	129.02	13.14

3) 鱼类优势种

将鱼类 IRI 指数列于表 4.6-51。从表 2.7.5 可得出，鱼类 IRI 值在 1000 以上的优势种 6 种，分别为：凤鲚 (*Coiliamystus*)、尾纹双边鱼 (*Ambassisurotaenia*)、赤鼻棱鯧 (*Thryssakammalensis*)、长鳍莫鲻 (*Moolgardacummesius*)、棕斑兔头鲈 (*Lagocephaluspadiceus*) 和圆吻海鲷 (*Nematalosanusus*)，这 6 种鱼的重量渔获率之和为 $17.69\text{kg}/\text{h}$ ，占鱼类总重量渔获率 ($25.09\text{kg}/\text{h}$) 的 70.51%；这 6 种鱼的个体渔获率之和为 $1916.00\text{ind}/\text{h}$ ，占鱼类总个体渔获率 ($2556.00\text{ind}/\text{h}$) 的 74.96%。

表 4.6-51 鱼类的 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind/h)	(%)	
凤鲚	100.00	3.54	14.11	496.00	19.41	3351.44
尾纹双边鱼	57.14	2.70	10.77	736.00	28.79	2260.82
赤鼻棱鲉	92.86	2.00	7.97	272.00	10.64	1728.01
长鳍莫鲯	64.29	3.40	13.53	212.00	8.29	1403.14
棕斑兔头鲈	85.71	2.70	10.76	92.00	3.60	1230.45
圆吻海鲈	57.14	3.36	13.37	108.00	4.23	1005.68
丝鳍海鲈	57.14	0.96	3.83	128.00	5.01	504.90
褐篮子鱼	64.29	0.82	3.28	52.00	2.03	341.75
尖吻小公鱼	50.00	0.17	0.68	88.00	3.44	205.95
鳊	50.00	0.55	2.19	44.00	1.72	195.68
沙带鱼	42.86	0.28	1.10	40.00	1.56	114.24
龙头鱼	35.71	0.55	2.19	24.00	0.94	111.69
拉氏狼牙鰕虎鱼	42.86	0.20	0.82	40.00	1.56	102.04
棘头梅童鱼	35.71	0.50	2.00	16.00	0.78	99.33
颈斑鲷	28.57	0.27	1.09	16.00	0.94	57.86
克氏副叶鲽	35.71	0.17	0.68	20.00	0.78	52.10
杂食豆齿鲷	14.29	0.70	2.77	1.00	0.31	44.06
裘氏小沙丁鱼	28.57	0.20	0.79	16.00	0.63	40.40
短吻红舌鲷	28.57	0.15	0.58	16.00	0.63	34.43
皮氏叫姑鱼	21.43	0.18	0.71	16.00	0.63	28.54
线纹鳗鲶	14.29	0.18	1.51	12.00	0.47	28.24
孔鰕虎鱼	21.43	0.07	0.29	12.00	0.47	16.35
勒氏枝鳔石首鱼	14.29	0.17	0.74	8.00	0.31	15.05
大鳞舌鲷	14.29	0.17	0.66	8.00	0.31	13.91
长颌棱鲉	14.29	0.10	0.40	12.00	0.47	12.48
中颌棱鲉	14.29	0.09	0.37	12.00	0.47	11.99
鲷	14.29	0.05	0.21	8.00	0.31	7.54
弓斑东方鲀	7.14	0.17	0.68	4.00	0.16	5.95
白姑鱼	14.29	0.02	0.09	8.00	0.31	5.74
大眼鲷	7.14	0.15	0.60	4.00	0.16	5.40
短棘银鲈	7.14	0.10	0.39	4.00	0.16	3.93
少鳞鲷	7.14	0.09	0.35	4.00	0.16	3.61
双斑东方鲀	7.14	0.08	0.34	4.00	0.16	3.53
六指马鲛	7.14	0.04	0.17	4.00	0.16	2.31

(5) 甲壳类资源状况

1) 种类组成

本次调查共捕获甲壳类 17 种，其中：蟹类 4 种，虾类 9 种，虾蛄类 4 种。

2) 甲壳类资源密度评估

本次调查,甲壳类的资源密度见表 4.6-52。从表 2.7.6 得出其平均重量密度和平均个体密度分别为 239.16kg/km² 和 52.68×10³ind/km²。其中,重量密度范围为 182.39kg/km²~318.22kg/km², 29 号站断面最高, 12 号站断面最低; 个体密度分布范围为 29.09×10³ind/km²~79.48×10³ind/km², 32 号站断面最高, 12 号站断面最低。

表 4.6-52 甲壳类资源密度

断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度(×10 ³ ind/km ²)
10	201.73	31.10
12	182.39	29.09
14	207.80	59.61
16	205.75	59.90
17	287.18	50.68
19	305.60	44.92
21	257.79	33.41
23	257.94	59.90
25	216.45	57.02
26	248.23	66.52
28	193.84	50.11
29	318.22	49.24
32	214.39	79.48
33	250.99	66.52
平均值	239.16	52.68
断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度(×10 ³ ind/km ²)
10	201.73	31.10
12	182.39	29.09
14	207.80	59.61
16	205.75	59.90
17	287.18	50.68
19	305.60	44.92
21	257.79	33.41
23	257.94	59.90
25	216.45	57.02
26	248.23	66.52
28	193.84	50.11
29	318.22	49.24
32	214.39	79.48
33	250.99	66.52
平均值	239.16	52.68

(3) 优势种

将甲壳类 IRI 指数列于表 4.6-53。甲壳类 IRI 值在 1000 以上的优势种有 4 种,为:分别为周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)、近缘新对虾(*Metapenaeus affinis*)、红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*)和长叉口虾蛄(*Oratosquilla nipa*)。这 4 种甲壳类的重量渔获率之和为 40.54kg/h, 占甲壳类总重量渔获率(46.51kg/h)的 87.16%; 这 4 种甲壳类的个体渔获率之和为 9036.00ind/h, 占甲壳类总个体渔获率(10244.00ind/h)的 88.21%。

表 4.6-53 甲壳类的 IRI 指数

种类	出现频率 (%)	重量渔获率		个体渔获率		IRI
		(kg/h)	(%)	(ind/h)	(%)	
周氏新对虾	100.00	24.47	52.62	6848.00	66.85	11947.09
近缘新对虾	85.71	5.32	11.43	1124.00	11.95	2003.98
红星梭子蟹	100.00	6.58	14.15	2152.00	2.85	1699.75
长叉口虾蛄	100.00	4.17	8.96	672.00	6.56	1552.34
东方白虾	57.14	1.53	3.29	624.00	6.09	536.30
墨吉对虾	92.86	1.21	2.61	96.00	0.94	329.13
近亲蟳	50.00	1.05	2.29	84.00	0.82	154.18
亨氏仿对虾	50.00	0.37	0.80	140.00	1.37	108.20
刀额新对虾	21.43	1.11	2.50	120.00	1.17	78.57
哈氏仿对虾	35.71	0.57	0.65	76.00	0.74	49.84
中华管鞭虾	28.57	0.07	0.14	24.00	0.23	10.80
断脊小口虾蛄	28.57	0.09	0.09	16.00	0.16	6.97
锈斑蟳	14.29	0.15	0.33	8.00	0.08	5.82
口虾蛄	7.14	0.02	0.05	8.00	0.08	0.91
猛虾蛄	7.14	0.03	0.06	4.00	0.04	0.73
中型新对虾	7.14	0.01	0.03	4.00	0.04	0.48
矛形梭子蟹	7.14	0.01	0.02	4.00	0.04	0.45

(6) 头足类资源状况

本次调查海域内捕获的头足类仅 1 种,为曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)。在 14 个调查断面中 2 个断面出现头足类, 出现率为 14.29%。头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 0.49kg/km² 和 0.04×10³ind/km²。

表 4.6-54 头足类资源密度

断面	重量密度(kg/km ²)	个体密度(×10 ³ ind/km ²)
10	0.00	0.00

12	0.00	0.00
14	0.00	0.00
16	0.00	0.00
17	0.00	0.00
19	0.00	0.00
21	0.00	0.00
23	3.72	0.29
25	0.00	0.00
26	0.00	0.00
28	3.14	0.29
29	0.00	0.00
32	0.00	0.00
33	0.00	0.00
平均值	0.49	0.04

(7) 幼体比例

本次调查幼体群体占有游泳动物群体的比例为 54.99% (表 4.6-55)。渔获物中, 鱼类幼体比例为 39.12%, 甲壳类幼体比例为 60.87%, 头足类幼体比例为 50.00%, 各类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例见表 4.6-56。

鱼类整体幼体比例较低, 除白姑鱼、副六指马鲛、皮氏叫姑鱼、双斑东方鲀、丝鳍海鲶、长颌棱鲛、长尾副鲈等几种鱼类的幼体比例高达 100% 外, 其他渔获中的大部分由成体和亚成体组成。

本调查中甲壳动物经济种的幼体比例较高。断脊小口虾蛄、口虾蛄、矛形梭子蟹、猛虾蛄、中型新对虾等幼体比例均高达 100%, 渔获中的大部分甲壳动物经济种主要由幼体和亚成体组成。表 4.6-57 列出本次调查主要物种的生物学特征和幼体比例。

表 4.6-55 各断面幼体比例

断面	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
10	116	118	234	50.43
12	120	108	228	47.37
14	212	354	566	62.54
16	240	320	560	57.14
17	158	222	380	58.42
19	178	168	346	48.55
21	150	112	262	42.75

断面	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
23	232	310	542	57.20
25	196	334	530	63.02
26	216	356	572	62.24
28	204	256	460	55.65
29	204	170	374	45.45
32	368	368	736	50.00
33	190	424	614	69.06
平均值	199	259	457	54.99

表 4.6-56 分类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例

类群	成体尾数	幼体尾数	总尾数	幼体比%
鱼类	778	500	1278	39.12
甲壳类	2004	3118	5122	60.87
头足类	2	2		50.00

表 4.6-57 主要物种的生物学特征和幼体比例

类群	物种名	体长范围 mm		体重范围 g		幼体比例 个数比%
		min.	max.	min.	max.	
甲壳类	刀额新对虾	75	115	3.16	16.80	10.00
	东方白虾	25	65	1.46	4.02	0.00
	断脊小口虾蛄		73	1.74	4.78	100.00
	哈氏仿对虾	70	90	1.43	8.03	26.32
	亨氏仿对虾	50	80	1.27	4.98	40.00
	红星梭子蟹	40	105	6.61	58.42	94.52
	近亲蜆	27	65	2.48	34.36	4.76
	近缘新对虾	48	120	1.02	15.87	60.13
	口虾蛄	60	64	2.79	2.98	100.00
	矛形梭子蟹	35	\	2.73	\	100.00
	猛虾蛄	90	\	7.38	\	100.00
	墨吉对虾	78	145	5.00	27.95	37.50
	锈斑蜆	55	55	13.41	24.85	0.00
	长叉口虾蛄	45	125	1.43	22.66	86.31
	中华管鞭虾	50	70	1.29	3.73	0.00
	中型新对虾	72	\	3.30	\	100.00
	周氏新对虾	50	110	1.15	11.11	65.42
鱼类	白姑鱼	50	60	2.31	3.26	100.00
	赤鼻棱鯮	72	110	3.29	14.21	8.82
	大鳞舌鳎	140	140	20.69	20.75	0.00
	大眼鲈	178	\	37.58	\	0.00

	短棘银鲈	100	\	24.72	\	0.00
	短吻红舌鲷	66	132	1.49	14.98	75.00
	凤鲚	60	170	1.47	19.08	59.68
	弓斑东方鲀	100	\	42.40	\	0.00
	褐蓝子鱼	78	115	6.54	32.11	76.92
	棘头梅童鱼	95	130	17.38	40.55	0.00
	尖吻小公鱼	50	67	1.05	6.94	9.09
	颈斑鲷	72	90	6.31	17.89	0.00
	克氏副叶鲈	55	97	1.98	16.35	40.00
	孔鲈虎鱼	90	150	3.46	10.56	0.00
	拉氏狼牙鰕虎鱼	75	165	2.03	10.95	50.00
	鲷	60	72	5.42	8.05	100.00
	鲷	72	140	6.08	28.74	81.82
	勒氏枝鲷石首鱼	83	125	8.46	37.98	50.00
	六指马鲛	75	\	10.45	\	100.00
	龙头鱼	130	170	9.4	37.67	0.00
	皮氏叫姑鱼	55	115	2.42	28.41	100.00
	裘氏小沙丁鱼	85	120	2.33	23.30	75.00
	沙带鱼	40	120	1.5	39.17	90.00
	少鳞鲷	126	\	2.90	\	0.00
	双斑东方鲀	85	\	21.22	\	100.00
	丝鳍海鲷	60	\	2.42	34.92	100.00
	尾纹双边鱼	54	\	2.22	6.94	0.00
	线纹鳗鲶	120	165	18.47	39.74	0.00
	圆吻海鲷	115	130	20.47	40.56	25.93
	杂食豆齿鲷	30	230	45.94	127.87	0.00
	长颌棱鲷	85	98	7.19	9.42	100.00
	长鳍莫鲷	80	135	7.57	26.02	100.00
	中颌棱鲷	78	105	4.17	11.31	66.67
	棕斑兔头鲀	60	135	6.38	104.47	82.61
头足类	曼氏无针乌贼	38	40	10.89	12.93	50.00

注：*为肛长，无标注为体长；“/”代表此项无数据。

(8) 主要经济物种的生物学特征

本次调查中，游泳动物经济种的主要组成为珠江口近岸常见的中小型鱼类、梭子蟹科及虾蛄类。鱼类经济种主要有凤鲚、长鳍莫鲷、褐蓝子鱼等；甲壳动物中出现较多的是常见对虾科和虾蛄类物种，梭子蟹科物种也有广泛出现。以上鱼类和甲壳动物物种经济价值较高，生长迅速，是优良的渔业经济种。综合考虑各品种出现站数、优势度、平均渔获率、经济价值和生物类型代表性，选定以下几

种分述生物学特征如下:

1) 凤鲚

凤鲚 (*Coiliannystus*) 为鲱形目 (CLUPEIFORMES)、鳀科 (Engraulidae)、鲚属 (*Coilia*)。凤鲚一般生活在咸淡水交汇的河口沿海区域, 亲鱼产卵有明显的溯河洄游习性, 且产卵期持续时间较长。珠江口众多浅滩是凤鲚主要肥育的场所, 在渔汛期渔获产量较大, 是重要的中小型经济物种。

本次调查 14 个站位断面中, 凤鲚均有出现, 占总调查断面数的 100.00%, 总渔获共 1.77kg、248 尾, 体长区间 60~170mm, 体重区间 1.47~19.08g, 平均体重 7.14g, 捕捞群体主要以幼体和亚成体为主。各断面平均渔获率为 0.25kg/h、35.43ind/h, 重量渔获率最高的是 32 号站断面, 为 0.46kg/h, 个体渔获率最高的是 16、32 和 33 号站断面, 均为 68.00ind/h。

2) 长鳍莫鲻

长鳍莫鲻 (*Moolgardacunnmesius*) 属鲻形目 (Mugiliformes), 鲻科 (Mugilidae)。栖息在浅海与河口半咸水交汇处。对环境之适应性强, 属“广盐性鱼类”, 在淡水、海水或半淡咸水皆可存活。滤食性, 摄食底栖硅藻及有机碎屑, 有时也食小型甲壳类。幼鱼常出现于河口区索饵。雌性个体体长为 150mm 以上达到性成熟。

本次调查 14 个站位断面中, 长鳍莫鲻 9 个站位断面有出现, 占总调查断面数的 64.29%, 总渔获共 1.70kg、106 尾, 体长区间 80~135mm, 体重区间 7.57~26.02g, 平均体重 16.01g, 捕捞群体均为幼体。各断面平均渔获率为 0.24kg/h、15.14ind/h, 渔获率最高出现在 33 号站断面, 为 0.69kg/h、44.00ind/h。

3) 褐蓝子鱼

褐蓝子鱼 (*Siganus fuscensens*) 属鲈形目 (Perciformes), 蓝子鱼科 (Siganidae), 栖于平坦底质浅水或珊瑚礁, 于高纬度地区, 则栖息于岩礁区或浅水湾, 生活水深 1 至 50 米, 广盐、广温、植食性为主的杂食性鱼。

本次调查 14 个站位断面中, 褐蓝子鱼 9 个站有出现, 占总调查断面数的 64.29%, 总渔获共 0.41kg、26 尾, 体长区间 78~115mm, 体重区间 6.54~32.11g, 平均体重 15.83g, 捕捞群体主要以幼体为主。各断面平均渔获率为 0.06kg/h、3.71ind/h, 重量渔获率最高的是 25 号站断面, 为 0.18kg/h, 个体渔获率最高的

是 12、14、23、25 号站断面，均为 8.00ind/h。

4) 周氏新对虾

周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*) 隶属于甲壳纲 (Crustacea)、十足目 (Decapoda)、对虾科 (Penaeidae)、新对虾属 (*Metapenaeus*)。广泛分布于我国东南沿海，栖息于海岸沙地和红树林附近之山底海域。周氏新对虾是广食性虾类，成体以底栖动物为主，兼食底层浮游动物及游泳生物。是我国重要的中型经济虾类。

周氏新对虾每年春季水温上升，离开越冬场，向近海生殖洄游，并分散于沿海 20m 水深以内的海域索饵，形成了以越冬个体为主的第一个数量高峰；春末至秋初都为产卵季节，因亲体产卵后一般死亡，繁殖季节后群体数量有所下降，但新生个体（补充群体）摄食强度大，生长发育快速，到秋季形成以新生个体为主的另一个数量高峰，随后冬季又开始越冬洄游，向更远的海域移动。

本次调查 14 个站位断面中，周氏新对虾均有出现，占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 12.24kg、3424 尾，体长区间 5~110mm，体重区间 1.15~11.11g，平均体重 3.57g，捕捞群体以幼体和亚成体为主。各断面平均渔获率为 1.75kg/h、489.14ind/h，重量渔获率最高的是 23 号站断面，为 2.56kg/h，个体渔获率最高的是 32 号站断面，为 784.00ind/h。

5) 红星梭子蟹

红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*) 属于十足目 (Decapoda)，梭子蟹科 (Portunidae)，主要栖息于 10~30m 水深的泥、沙质海底。喜食软体动物瓣鳃类、小型甲壳类及浮游甲壳类、多毛类等，幼体在近岸河口处生活，是广东省主要经济蟹类。雌性初届性成熟的甲宽为 80mm，体重为 32g，大量性成熟甲宽 100~110mm，体重为 60~80g。周年几乎都有生殖活动，盛期 2~6 月。红星梭子蟹为我国东南部沿海常见的中大型经济蟹类。

本次调查 14 个站位断面中，红星梭子蟹均有出现，占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 3.29kg、146 尾，体长区间 40~105mm，体重区间 6.61~58.42g，平均体重 22.53g，捕捞群体以幼体为主。各断面平均渔获率为 0.47kg/h、20.86ind/h，渔获率最高的是 19 号站断面，为 1.16kg/h，32.00ind/h。

6) 长叉口虾蛄

长叉口虾蛄 (*Oratosquilla*) 属于口足目 (Stomatopoda), 虾蛄科 (Squillae)。是大型凶猛的甲壳动物, 最大可达 165mm。在我国南北沿海均有分布, 是重要的渔业资源物种。其食物组成包括小型甲壳类、双壳类、多毛类和小型鱼类。

本次调查 14 个站位断面中, 长叉口虾蛄均有出现, 占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 2.08kg、336 尾, 体长在 45~125mm 之间, 体重在 1.43~22.66g 之间, 平均体重为 6.20g。渔获中长叉口虾蛄主要以幼体为主。各断面平均渔获率为 0.30kg/h、48.00ind/h, 渔获率最高的是 29 号站断面, 为 0.74kg/h, 104.00ind/h。

(8) 小结

叶绿素 *a* 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 1.08mg/m³~6.79mg/m³, 平均值为 3.27mg/m³, 初级生产力的变化范围为 18.01mg·C/(m²·d)~872.88mg·C/(m²·d), 平均值为 182.20mg·C/(m²·d)。

浮游植物

本次调查共记录浮游植物 5 门 42 属 55 种, 硅藻门出现的种类为最多, 为 32 属 64 种。本次调查的浮游植物优势种有 2 种, 分别为金藻门的球形棕囊藻和硅藻门的中肋骨条藻。调查海区浮游植物丰度变化范围为 723.88×10⁴ cells/m³~46868.56×10⁴ cells/m³, 平均为 1728.00×10⁴ cells/m³。各站位浮游植物种数变化范围 15~47 种, 多样性指数范围为 0.119~2.061, 平均为 0.800, 多样性属于低水平; 均匀度指数范围为 0.025~0.380, 平均为 0.162。

浮游动物

本次调查共记录浮游动物 12 个生物类群 82 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 34.62mg/m³~625.00mg/m³, 平均生物量为 206.15mg/m³, 浮游动物密度变化幅度为 1788.46ind/m³~13647.32ind/m³, 平均密度 5126.15ind/m³。本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 9 种, 为桡足类的小拟哲水蚤、菱大眼水蚤、拟长腹剑水蚤、锦隆水蚤、中华异水蚤和浮游幼体的蔓足类幼体、桡足类幼体、多毛类幼体、长尾类幼体。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 11~48 种, 种类多样性指数范围为 1.930~4.353 之间, 平均为 3.178, 多样性属于较高水平; 种类均匀度变化范围在 0.507~0.779 之间, 平均为 0.661。

底栖生物

本次调查共记录大型底栖动物 36 种，其中环节动物 18 种、软体动物 6 种、节肢动物 5 种和其他种类动物 7 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 349.29ind/m²，平均生物量为 4.77g/m²。本次调查海区的底栖生物有 5 个优势种，为环节动物的奇异稚齿虫属、背蚓虫属、花冈钩毛虫、中华内卷齿蚕和纽形动物线纽虫属。各站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 1~14 种/站，多样性指数变化范围在 0.000~3.111 之间，平均值为 1.803，多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.321~1.000 之间，平均值为 0.747。

潮间带生物

本次调查共记录潮间带生物 12 种，其中节肢动物 5 种，软体动物 5 种和环节动物 2 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 30.05g/m²，平均栖息密度为 46.04ind/m²。水平分布方面：平均栖息密度表现为 C10 断面 > C8 断面 > C9 断面 > C11 断面 > C12 断面；平均生物量则表现为 C10 断面 > C9 断面 > C11 断面 > C8 断面 > C12 断面。垂直分布方面：潮间带生物的平均生物量表现为中湖区最高，低湖区居中，高潮带最低，平均栖息密度的垂直分布，则表现为中湖区 > 低湖区 > 高湖区。5 条调查断面出现的种数在 2~8 种/断面，多样性指数变化范围在 0.918~2.165 之间，平均值为 1.333，多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.722~0.918 之间，平均值为 0.833。

鱼类浮游生物

在水平拖网和垂直拖网两种方法样品中，至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种。本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 8854 粒，仔鱼 30 尾。鱼卵出现率为 100.00%，各站平均采获鱼卵数量为 632.43ind/net，仔鱼出现率为 78.57%，仔鱼各站平均采获数量平均为 2.14ind/net。鳎属鱼卵占本次定性调查鱼卵总数的 50.88%，多鳞鱈鱼卵占本次定性调查鱼卵总数的 14.31%；小公鱼仔鱼占本次调查仔鱼总数的 40.00%；眶棘双边鱼仔鱼占本次调查仔鱼总数的 23.33%。本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 247 粒，仔鱼 2 尾。鱼卵出现率为 92.86%，调查海区的鱼卵平均密度为 20.93ind/m³，仔鱼出现率为 14.29%，仔鱼的平均密度为 0.13ind/m³。鳎属是本次垂直拖网定量调查中出现的主要鱼卵，鱼卵占本次调查鱼卵总数的 71.29%；小公鱼是本次垂直拖网定量调查中出现的主要仔鱼，其仔鱼占本次调查

仔鱼总数的 85.29%。

渔业资源

本次调查共捕获游泳动物 52 种，鱼类 34 种，甲壳类 17 种，头足类 1 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 5.12kg/h 和 914.86ind/h，其中：甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 3.32kg/h 和 731.71ind/h；鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.79kg/h 和 182.57ind/h；头足类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.01kg/h 和 0.57ind/h。本次调查各断面的平均重量密度为 368.67kg/km²，平均个体密度为 65.86×10³ind/km²。其中：鱼类的平均重量密度和平均个体密度分别为 129.02kg/km² 和 13.14×10³ind/km²；甲壳类的平均重量密度和平均个体密度分别为 239.16kg/km² 和 52.68×10³ind/km²；头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 0.49kg/km² 和 0.04×10³ind/km²。鱼类有优势种 6 种，分别为凤鲚、尾纹双边鱼、赤鼻棱鲮、长鳍莫鲻、棕斑兔头鲈和圆吻乌鲷，甲壳类的优势种有 4 种，分别为周氏新对虾、近缘新对虾、红星梭子蟹和长尾对虾。本次调查幼体群体占所有游泳动物群体的比例为 54.99%，鱼类幼体比例为 39.12%，甲壳类幼体比例为 60.87%，头足类幼体比例为 50.00%。

4.5.11 2023 年春季

4.5.11.1 海洋生物采集、处理和分析方法

① 叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。

② 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网，网口面积 0.1m²，采用垂直拖网法。样品现场用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数

用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示 (cells/m³)。

③ 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)中规定的方法进行。

以浅水 II 型浮游生物网采样，网口面积 0.08m²，每个调查站从底至表垂直拖曳 II 型网，样品现场用 5%甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m³ 水体的浮游动物数量。

④ 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样，取样面积为 0.05m²，每个站采样 2 次。样品用 5%甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m² 和 ind/m² 为计算单位。

⑤ 潮间带生物

分别在项目区周边设 2 处潮间带代表断面，以 P1~P2 表示，其中 P1 的调查断面为岩石相，P2 的调查断面为泥相。调查方法按照《海洋监测规范》(GB17378.1-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763.1-2007)进行。生物量和栖息密度分别以 g/m² 和 ind/m² 为计算单位。

⑥ 鱼卵仔鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 2 节左右，共获得 3 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 3 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5%的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计，定量样品以 ind/m³ 为计量单位进行统计分析。

4.5.11.2 计算方法

① 初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法, 按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算:

$$P = C_a Q L t / 2$$

P —— 初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$);

C_a —— 表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3);

Q —— 同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{a}\cdot\text{h})$), 根据南海海洋研究所以往调查结果, 这里取 3.7;

L —— 真光层的深度 (m);

t —— 白昼时间 (h), 11h。

② 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算:

式中: n_i 为第 i 种的个体数, f_i 是其在各站中出现的频率; N 为所有站每个种出现的总个体数。

③ 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中: H' —— 种类多样性指数

S —— 样品中的种类总数

P_i —— 第 i 种的个体数与总个体数的比值。

④ 均匀度

Pielou 均匀度公式为:

$$J = H' / \log_2 S$$

式中: J —— 均匀度

H' —— 种类多样性指数

S——样品中的种类总数

⑤ 鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量，按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度：

$$V=N/(S \times L)$$

式中：V——鱼卵仔鱼的分布密度，单位为个/m³、尾/m³

N——每网鱼卵仔鱼数量，单位为(个，尾)

S——网口面积，单位为 m²

L——拖网距离，单位为 m

4.5.11.3 调查结果及分析

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 16.00mg/m³~20.97mg/m³，平均值为 18.66mg/m³，其中 S2 号站叶绿素 a 含量最高，S1 号站叶绿素 a 含量最低。

调查海域初级生产力的变化范围为 463.90mg·C/(m²·d)~512.13mg·C/(m²·d)，平均值为 488.16mg·C/(m²·d)，其中 S2 号站初级生产力水平最高，S3 号站最低。

表 4.6-52 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

站位	叶绿素 a (mg/m ³)	初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
S1	16.00	488.44
S2	20.97	512.13
S3	19.00	463.90
平均值	18.66	488.16
范围	16.00~20.97	463.90~512.13

(2) 浮游植物

1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 3 门 19 属 21 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 13 属 15 种，占总种数的 71.43% (表 4.6-59)；甲藻门出现 5 属 5 种，占总种数的 23.81%，绿藻门出现 1 属 1 种，均占总种数的 4.76%。硅藻门的菱形藻出现种类数最多，为 3 种，其它属出现的种类见表 4.6-59。

表 4.6-59 浮游植物种类组成

站位	表层叶绿素 <i>a</i> (mg/m ³)	初级生产力 (mg·C/(m ² ·d))
S1	16.00	488.44
S2	20.97	512.13
S3	19.00	463.90
平均值	18.66	488.16
范围	16.00~20.97	463.90~512.13

以优势度 *Y* 大于 0.02 为判断标准, 本次调查的浮游植物优势种出现 2 种, 分别为硅藻门的柔弱根管藻 (*Rhizosoleniadelicatula*) 和新月菱形藻 (*Nitzschiaclosterium*)。柔弱根管藻的优势度为 0.954, 丰度占调查海区总丰度的 95.47%, 该优势种在整个调查区域分布广泛, 在 3 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%; 新月菱形藻的优势度为 0.034, 丰度占调查海区总丰度的 3.43%, 该优势种在 3 个调查站位中均有出现, 出现率为 100.00%。

表 4.6-60 浮游植物优势种及其优势度

中文名	英文名	类群	优势度	占总丰度的百分比 (%)
柔弱根管藻	<i>Rhizosoleniadelicatula</i>	硅藻	0.954	95.47
新月菱形藻	<i>Nitzschiaclosterium</i>	硅藻	0.034	3.43

2) 丰度组成

本次调查结果统计, 调查海区浮游植物丰度变化范围为 $7738.67 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 9760.60 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 平均为 $9021.98 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ (表 2.2.3)。最高丰度出现在 S2 号站, 最低丰度则出现在 S1 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占绝对优势, 其丰度占各站总丰度的 99.84%~99.998%, 平均为 99.94%, 硅藻在 3 个测站中均有出现; 绿藻次之, 其丰度占各站总丰度的 0.00%~0.14%, 平均为 0.05%, 绿藻在 3 个测站中 1 个站有出现; 甲藻在各站丰度中的所占比例为 0.002%~0.02%, 平均为 0.01%。

表 4.6-61 浮游植物丰度 ($\times 10^4 \text{ cells/m}^3$) 及其百分比值 (%)

站位	总丰度	硅藻		甲藻		绿藻	
		丰度	百分比%	丰度	百分比%	丰度	百分比%
S1	7738.67	7737.67	99.99	1.00	0.01	0.00	0.00

S2	9760.60	9760.40	99.998	0.20	0.002	0.00	0.00
S3	9566.67	9551.00	99.84	2.00	0.02	13.67	0.14
平均	9021.98	9016.36	99.94	1.07	0.01	4.56	0.05
变化范围	7738.67~ 9760.60	7737.67~ 9760.40	99.84~ 99.998	0.20~ 2.00	0.002~ 0.02	0.00~ 13.67	0.00~ 0.14

3) 多样性水平

本次调查,各站位浮游植物种数变化范围 10~14 种(表 4.6-62)。Shannon-wiener 多样性指数范围为 0.264~0.352,平均为 0.316,多样性指数以 S3 号站位最高, S1 号站最低,多样性属于低水平; Pielou 均匀度指数范围为 0.071~0.100,平均为 0.088,其中 S2 号站均匀度指数最高, S1 号站最低

表 4.6-62 浮游植物的多样性及均匀度指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度(J)
S1	13	0.264	0.071
S2	10	0.333	0.100
S3	14	0.352	0.092
平均	/	0.316	0.088
范围	10-14	0.264~0.352	0.071~0.100

(3) 浮游动物

1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 个生物类群 14 种(见附录 II—浮游动物种类名录),其中桡足类 6 种,浮游幼体类 4 种,端足类、毛颚类、十足类和翼足类各 1 种。

2) 浮游动物生物量、密度及其分布

本次调查结果显示,各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 458.33mg/m³~906.25mg/m³,平均生物量为 704.86mg/m³。在整个调查区中,生物量最高出现在 S2 号采样站,最低出现在 S1 号采样站。在个体数量分布方面,浮游动物密度变化幅度为 500.00ind/m³~666.67ind/m³,平均密度 597.22ind/m³。浮游生物最高密度出现在 S3 号采样站,最低密度则出现在 S1 号采样站。

表 4.6-63 浮游动物生物量及密度

站位	密度(ind/m ³)	生物量(mg/m ³)
S1	500.00	458.33

S2	625.00	906.25
S3	666.67	750.00
平均值	597.22	704.86
范围	500.00~666.67	458.33~906.25

3) 浮游动物主要类群分布

a. 桡足类

桡足类在 3 个调查站位中 2 个站有分布，其密度变化范围为 $0.00\text{ind}/\text{m}^3 \sim 500.00\text{ind}/\text{m}^3$ ，平均密度为 $270.83\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游动物总密度的 45.35%。其中最高密度出现在 S3 号采样站，S1 号站位没有出现桡足类。

b. 浮游幼体类

浮游幼体类在全部 3 个调查站位均有出现，平均密度为 $236.11\text{ind}/\text{m}^3$ ，占浮游动物总密度的 39.53%，其密度变化范围为 $125.00\text{ind}/\text{m}^3 \sim 458.33\text{ind}/\text{m}^3$ 。其中最高密度分布于 S1 号采样站，S2 和 S3 号站位密度最低，均为 $125.00\text{ind}/\text{m}^3$ 。

c. 其他种类

浮游动物的其他类群有端足类、毛颚类、十足类、翼足类等，它们大部分属于我国沿岸和近岸区系的广分布种，在调查中出现的数量不多，但在调查的海域内也较为广泛分布。

d. 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 3~11 种；种类多样性指数范围为 1.281~3.184 之间，平均为 2.340，多样性指数最高出现在 S2 号采样站，最低则出现在 S1 号采样站，多样性属于中等水平；种类均匀度变化范围在 0.808~0.920 之间，平均为 0.880，最高出现在 S2 号采样站，最低出现在 S1 号采样站，各站物种间分布较均匀。

表 4.6-64 浮游动物的多样性指数及均匀度

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J)
S1	3	1.281	0.808
S2	11	3.184	0.920
S3	7	2.555	0.910
平均	/	2.340	0.880
范围	3~11	1.281~3.184	0.808~0.920

5) 优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准,本调查海域在调查期间浮游动物的优势有6种,为浮游幼体的蔓足类幼体(Cirripedialarvae)、多毛类幼体(Polychaetalarvae)和桡足类的中华异水蚤(*Acartiellasinensis*)、瘦形歪水蚤(*Tortanusgracilis*)、右突歪水蚤(*Tortanusdextrilobatus*)、端足类的钩虾(Gammarideasp.),优势度指数分别为0.229、0.069、0.125、0.097、0.028和0.056。蔓足类幼体的平均密度为149.31ind/m³,占浮游动物总密度的25.00%,在3个调查站位中均有出现,其中在S1号站位密度最高,为291.67ind/m³,为该调查海区的第一优势种;中华异水蚤的平均密度为111.11ind/m³,占浮游动物总密度的18.60%,在3个调查站位中2个站有出现,其中在S3号站位密度最高,为208.33ind/m³,其他优势种见表4.6-65。

表4.6-65 浮游动物的优势种及其分布

中文名	拉丁文	优势度	平均密度(ind/m ³)	占总丰度百分比(%)
蔓足类幼体	Cirripedialarvae	0.229	149.31	25.00
中华异水蚤	<i>Acartiellasinensis</i>	0.125	111.11	18.60
瘦形歪水蚤	<i>Tortanusgracilis</i>	0.097	83.33	13.95
多毛类幼体	Polychaetalarvae	0.069	65.97	11.05
钩虾	Gammarideasp.	0.056	45.14	7.56
右突歪水蚤	<i>Tortanusdextrilobatus</i>	0.028	24.31	4.07

(4) 大型底栖生物

1) 种类组成

本次调查共记录大型底栖动物14种,其中环节动物7种、节肢动物5种、软体动物1种和纽形动物1种。环节动物、节肢动物和软体动物分别占总种数的50.11%、35.71%和7.14%,节肢动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

2) 大型底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明,调查海区大型底栖生物平均栖息密度为903.33ind/m²,以节肢动物的平均栖息密度最高,为653.33ind/m²,占总平均密度的72.32%;环节动物的平均栖息密度为240.00ind/m²,占总平均密度的26.56%;纽形动物的平均栖息密度为6.67ind/m²,占总平均密度的0.74%;软体动物的平均栖息密度为3.33ind/m²,占总平均密度的0.37%。底栖生物的平均生

物量为 3.34g/m^2 ，以节肢动物的平均生物量居首位，该种类的平均生物量之和为 2.01g/m^2 ，占总平均生物量的 60.12% ；其次为环节动物，其平均生物量为 1.20g/m^2 ，占平均生物量的 36.07% ；软体动物的平均生物量为 0.07g/m^2 ，占总平均生物量的 1.98% ；纽形动物平均生物量较少，为 0.06g/m^2 。

表 4.6-66 底栖生物各类群的生物量和栖息密度

站位	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物	纽形动物
S1	栖息密度(ind/m ²)	930.00	460.00	0.00	470.00	0.00
	生物量(g/m ²)	4.03	2.96	0.00	1.07	0.00
S2	栖息密度(ind/m ²)	1270.00	240.00	0.00	1010.00	20.00
	生物量(g/m ²)	4.03	0.58	0.00	3.27	0.18
S3	栖息密度(ind/m ²)	510.00	20.00	10.00	480.00	0.00
	生物量(g/m ²)	1.96	0.08	0.20	1.68	0.00
平均	栖息密度(ind/m ²)	903.33	240.00	0.00	653.33	6.67
	生物量(g/m ²)	3.34	1.20	0.07	2.01	0.06

次调查结果表明，各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从 $510.00\text{ind/m}^2\sim 1270.00\text{ind/m}^2$ ，其中S2号站位栖息密度最高，为 1270.00ind/m^2 。该站位密度最高的原因在调查记录到数量多的节肢动物麦克碟尾虫 (*Discapseudesmackie*)、日本拟背尾水虱 (*Paranthura japonica*) 和环节动物寡鳃齿吻齿蚕 (*Nephtys incobranchia*)，它们在站位的栖息密度分别为 680.00ind/m^2 、 250.00ind/m^2 和 130.00ind/m^2 。最低的站位为S3号站，栖息密度为 510.00ind/m^2 。

本次调查海域的底栖生物的生物量变化范围从 $1.96\text{g/m}^2\sim 4.03\text{g/m}^2$ ，S1和S2号站生物量较高，均为 4.03g/m^2 。构成S1号站位较高生物量的原因在于出现数量较多个体较大的环节动物三角石纉虫 (*Laonometriangularis*)，生物量为 2.85g/m^2 ；S2号站位较高生物量的原因在于出现数量较多的节肢动物麦克碟尾虫和日本拟背尾水虱，生物量分别为 1.48g/m^2 和 1.74g/m^2 。

环节动物在调查海区的平均密度为 240.00ind/m^2 ，在3个站位中均有出现，出现频率为 100.00% 。密度分布范围为 $20.00\text{ind/m}^2\sim 460.00\text{ind/m}^2$ ；平均生物量为 1.20g/m^2 ，生物量分布范围为 $0.08\text{g/m}^2\sim 2.96\text{g/m}^2$ 。

节肢动物在调查海区3个站位中均有出现，出现频率为 100.00% ，平均密度为 653.33ind/m^2 ，密度分布范围为 $470.00\text{ind/m}^2\sim 1010.00\text{ind/m}^2$ ；平均生物量为

2.01g/m²，生物量分布范围为1.07g/m²~3.27g/m²。

3) 大型底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y \geq 0.02$ 时即被认定为优势种，本次调查海区的底栖生物有 4 个优势种，为节肢动物的麦克碟尾虫、日本拟背尾水虱和环节动物三角石纓虫、寡鳃齿吻齿蚕，优势度分别为 0.465、0.177、0.162 和 0.039。麦克碟尾虫在 3 个站位中均有出现，其平均栖息密度为 420.00ind/m²，占调查海区底栖生物总平均密度的 46.49%，为该调查海区的第 一优势种；日本拟背尾水虱在 3 个站位中的均有出现，其平均栖息密度为 160.00ind/m²，占调查海区底栖生物总平均密度的 17.71%，其他优势种见表 4.6-67。

表 4.6-67 底栖动物优势种及优势度

优势种	类群	优势度 (Y)	平均密度 (ind/m ²)	占总生物栖息密度的百分比(%)
麦克碟尾虫	节肢动物	0.465	420.00	46.49
日本拟背尾水虱	节肢动物	0.177	160.00	17.71
三角石纓虫	环节动物	0.162	146.67	16.24
寡鳃齿吻齿蚕	环节动物	0.039	53.33	5.90

4) 大型底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 6~11 种/站。多样性指数 (H') 变化范围在 0.787~2.172 之间，平均值为 1.698 (表 4.6-68)。多样性指数最高出现在 S2 号站，最低则为 S3 号站，调查海域底栖生物多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.305~0.760 之间，平均值为 0.564，均匀度指数最高出现在 S1 号站，最低则为 S3 号站。

表 4.6-68 各调查站位底栖生物出现种数与物种多样性指数

站位	种类数	多样性指数(H')	均匀度 (J)
S1	7	2.133	0.760
S2	11	2.172	0.628
S3	6	0.787	0.305
平均	/	1.698	0.564
范围	6~11	0.787~2.172	0.305~0.760

(5) 潮间带生物

1) 种类构成

本次调查共记录潮间带生物15种，其中节肢动物8种，环节动物5种和软体动物2种。节肢动物、环节动物和软体动物分别占总种数的53.33%、33.33%和13.33%，节肢动物和环节动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。

在项目区周边设2处潮间带代表断面，以P1~P2表示，其中P1的调查断面为岩石相，P2的调查断面为泥相。

高潮区：生物群落组成以节肢动物肉球近方蟹 (*Hemigrapsus sanguineus*) 和环节动物软疣沙蚕 (*Tylonereis bogoyanvleskyi*) 为主，它们在高潮区的平均栖息密度分别为16.00ind/m²和12.00ind/m²，它们在高潮区的平均栖息密度之和占高潮区总平均栖息密度的63.64%。

中潮区：生物群落组成同样以节肢动物肉球近方蟹和环节动物软疣沙蚕为主，它们在中潮区的平均栖息密度分别为13.33ind/m²和12.00ind/m²，它们在中潮区的平均栖息密度之和占中潮区总平均栖息密度的46.31%。

低潮区：生物群落组成以节肢动物麦克假扇虫 (*Dissoapseudes mackie*) 和肉球近方蟹为主，它们在低潮区的平均栖息密度分别为12.00ind/m²和8.00ind/m²，它们在低潮区的平均栖息密度之和占低潮区总平均栖息密度的45.45%。

2) 平均生物量及平均栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均生物量为14.78g/m²，平均栖息密度为47.56ind/m²。

在潮间带平均生物量的组成中，以节肢动物占绝对优势，平均生物量为14.55g/m²，占总平均生物量的8.45%；其次为软体动物，其平均生物量为0.16g/m²，占总平均生物量的1.09%；环节动物的平均生物量为0.07g/m²，占总平均生物量的0.46%。

在平均栖息密度方面，总平均栖息密度为47.56ind/m²。其中节肢动物占首位，为24.89ind/m²；环节动物的平均栖息密度为21.78ind/m²，软体动物的平均栖息密度为0.89ind/m²。

表 4.6-69 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

类别	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
栖息密度 (ind/m ²)	47.56	21.78	0.89	24.89
生物量 (g/m ²)	14.78	0.07	0.16	14.55

2) 平均生物量及平均栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面, 平均栖息密度表现为 P2 断面>P1 断面; 平均生物量则表现为 P1 断面>P2 断面。

表 4.6-70 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
P1	栖息密 (ind/m ²)	27.11	0.00	0.00	27.11
	生物量 (g/m ²)	25.53	0.00	0.00	25.53
P2	栖息密 (ind/m ²)	68.00	43.56	1.78	22.67
	生物量 (g/m ²)	4.03	0.14	0.32	3.57

3) 平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

在垂直分布上, 潮间带生物的平均生物量表现为中潮区最高, 低潮区居中, 高潮带最低, 其中潮区的平均生物量主要由节肢动物组成。平均栖息密度的垂直分布, 则表现为中潮区>低潮区=高潮区 (表 4.6-71)。中潮区的平均栖息密度主要有环节动物和节肢动物组成。

表 4.6-71 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

潮带	项目	合计	环节动物	软体动物	节肢动物
高	栖息密度(ind/m ²)	16.00	16.00	0.00	28.00
	生物量 (g/m ²)	0.09	0.09	0.00	10.42
中	栖息密度(ind/m ²)	54.67	29.33	2.67	22.67
	生物量 (g/m ²)	18.62	0.07	0.48	18.06
低	栖息密度(ind/m ²)	44.00	20.00	0.00	24.00
	生物量 (g/m ²)	15.21	0.04	0.00	15.17

3) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示, 2 条调查断面出现的种类数在 4~12 种/断面, 多样性指数和均匀度指数平均值分别为 2.004 和 0.655, 多样性指数属于中等水平, 各断面物种间分布较为均匀。

表 4.6-72 调查海区潮间带生物多样性指数及均匀度

断面名称	样方内出现的种类数	多样性指数 (H')	均匀度 (J')
P1	4	0.868	0.434
P2	12	3.140	0.876
平均	/	2.004	0.655

(6) 鱼类浮游生物

1) 种类组成

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的 6 个样品中, 经鉴定, 至少共出现了鱼卵仔鱼 4 种, 其中鲈形目鉴定出 2 种, 鲱形目和未定种各鉴定出 1 种。

表 4.6-73 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

种类		拉文种名	鱼卵	仔鱼
鲱形目	小公鱼	<i>Stolephorus</i> sp.	+	+
鲈形目	多鳞鲈	<i>Sillagosihama</i>	+	+
	鲷科	Sparidae	+	+
	未定种	Unidentified	+	-

2) 数量分布

a. 水平拖网定性调查

本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 40 粒, 仔鱼 4 尾。调查海区 3 个测站中全部采集到鱼卵, 鱼卵出现率为 100.00%, 各站平均采获鱼卵数量为 13.33ind/net。采获鱼卵数最大是 S2 号站, 为 16ind/net。各站采获鱼卵数变化范围在 11ind/net~16ind/net。

仔鱼在 3 个监测站中均有出现, 出现率为 100.00%, 仔鱼的各站平均采获数量平均为 1.33ind/net。采获仔鱼数最大是 S3 号站, 为 2ind/net, 各站采获仔鱼数变化范围在 1ind/net~2ind/net。

表 4.6-74 鱼类浮游生物水平拖网采获数量及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/net)	仔鱼 (ind/net)
S1	13	1
S2	16	1
S3	11	2
平均值	13.33	1.33

b. 垂直拖网定量调查

本次垂直拖网定量调查仅采到鱼卵 5 粒。调查期间 3 个测站中均采集到鱼卵, 鱼卵出现率为 100.00%, 调查海区的鱼卵平均密度为 10.00ind/m³, 采获鱼卵数量密度最高的是 S2 号站, 为 15.00ind/m³, 鱼卵密度变化范围在

5.00ind/m³~15.00ind/m³。

表 4.6-75 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/m ³)	仔鱼 (ind/m ³)
S1	5.00	0
S2	15.00	0
S3	10.00	0
平均值	10.00	0

3) 主要种类及数量分布

a. 水平拖网定性调查主要种类及数量占比

鲷科、小公鱼和多鳞鳕是本次水平拖网定性调查中出现的鱼卵种类, 鲷科是其中的主要鱼卵种类, 鲷科鱼卵数量共 19 粒, 占本次定性调查鱼卵总数的 47.50%; 小公鱼鱼卵数量共 10 粒, 占本次定性调查鱼卵总数的 25.00%; 多鳞鳕鱼卵数量共 9 粒, 占本次定性调查鱼卵总数的 22.50%。小公鱼、鲷科和多鳞鳕是本次水平拖网定性调查中出现的仔鱼种类, 小公鱼是本次水平拖网定性调查中的主要仔鱼种类, 其仔鱼数量共 2 尾, 占本次定性调查仔鱼总数的 50.00%; 鲷科和多鳞鳕仔鱼数量各 1 尾, 均占本次调查仔鱼总数的 25.00%。

b. 垂直拖网定量调查主要种类及数量分布

本次垂直拖网定量调查中仅出现 3 种鱼卵种类, 分别为鲷科、多鳞鳕和小公鱼。鲷科是本次垂直拖网定量调查中出现的主要鱼卵种类, 其鱼卵在 3 个调查站中仅 S2 个站有出现, 密度为 15.00ind/m³, 出现频率为 33.33%, 鱼卵的平均密度为 5.00ind/m³, 占本次调查鱼卵总数的 50.00%; 多鳞鳕鱼卵的平均密度为 3.33ind/m³, 占本次调查鱼卵总数的 33.33%; 小公鱼鱼卵的平均密度为 1.67ind/m³, 占本次调查鱼卵总数的 16.67%。

(7) 小结

叶绿素 a 和初级生产力

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 16.00mg/m³~20.97mg/m³, 平均值为 18.66mg/m³, 初级生产力的变化范围为 463.90mg·C/(m²·d)~512.13mg·C/(m²·d), 平均值为 488.16mg·C/(m²·d)。

浮游植物

本次调查共记录浮游植物 3 门 19 属 21 种，硅藻门出现的种类为最多，为 13 属 15 种。本次调查的浮游植物优势种出现 2 种，分别为硅藻门的柔弱根管藻和新月菱形藻。调查海区浮游植物丰度变化范围为 $7738.67 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ~ $9760.60 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，平均为 $9021.98 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 。各站位浮游植物种数变化范围 10~14 种，多样性指数范围为 0.264~0.352，平均为 0.316，多样性属于低水平；均匀度指数范围为 0.071~0.100，平均为 0.088。

浮游动物

本次调查共记录浮游动物 6 个生物类群 14 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 458.33 mg/m^3 ~ 906.25 mg/m^3 ，平均生物量为 704.86 mg/m^3 ，浮游动物密度变化幅度为 500.00 ind/m^3 ~ 666.67 ind/m^3 ，平均密度 597.22 ind/m^3 。本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 6 种，为浮游幼体的蔓足类幼体、多毛类幼体和桡足类的中华异水蚤、瘦形歪水蚤、右突歪水蚤和钩虾。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 3~11 种；种类多样性指数范围为 1.281~3.184 之间，平均为 2.340，多样性属于中等水平；均匀度变化范围在 0.808~0.920 之间，平均为 0.880。

底栖生物

本次调查共记录大型底栖动物 14 种，其中环节动物 7 种、节肢动物 5 种、软体动物 1 种和纽形动物 1 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 903.33 ind/m^2 ，平均生物量为 1.34 g/m^2 。本次调查海区的底栖生物有 4 个优势种，为节肢动物的麦克碟尾虫、日本拟背尾水虱和环节动物三角石纓虫、寡鳃齿吻齿蚕。各采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 6~11 种/站，多样性指数变化范围在 0.787~2.172 之间，平均值为 1.698，多样性指数属于较低水平；均匀度范围在 0.305~0.760 之间，平均值为 0.564。

潮间带生物

本次调查共记录潮间带生物 15 种，节肢动物 8 种，环节动物 5 种和软体动物 2 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 14.78 g/m^2 ，平均栖息密度为 47.56 ind/m^2 。水平分布方面：平均栖息密度表现为 P2 断面 > P1 断面，平均生物量则表现为 P1 断面 > P2 断面；垂直分布方面：潮间带生物的平均生物量表现为中潮区最高，低潮区居中，高潮带最低，平均栖息密度的垂直分布表现为中潮区 >

低湖区 = 高湖区。2 条调查断面出现的种类数在 4~12 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 2.004 和 0.655，多样性指数属于中等水平。

鱼类浮游生物

在本次调查至少共出现了鱼卵仔鱼 4 种。本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 40 粒，仔鱼 4 尾，鱼卵出现率为 100.00%，各站平均采获鱼卵数量为 13.33ind/net。仔鱼的出现率为 100.00%，仔鱼各站平均采获数量平均为 1.33ind/net。鲷科和小公鱼是本次水平拖网定性调查中出现的主要种类，鲷科鱼卵数量占本次定性调查鱼卵总数的 47.50%；小公鱼仔鱼数量占本次定性调查仔鱼总数的 50.00%。本次垂直拖网定量调查仅采到鱼卵 5 粒。鱼卵出现率为 100.00%，鱼卵平均密度为 10.00ind/m³。鲷科、多鳞鳊和小公鱼是本次垂直拖网定量调查中仅出现 3 种鱼卵种类，鲷科是本次垂直拖网定量调查中出现的主要鱼卵种类，其鱼卵占本次调查鱼卵总数的 50.00%。

4.6 环境空气质量现状

4.6.1 2021 年区域大气环境质量现状

根据环境空气质量功能区划分，项目所在地属二类区。

根据珠海市生态环境局公布《2021 年珠海市环境质量状况》，珠海市 2021 年空气质量达标率为 95.1%，较 2020 年上升 1.7 个百分点，有效监测天数共 365 天，其中：优 192 天，良 157 天，轻度污染 18 天。2021 年环境空气质量六项污染物全部达标。全市 PM_{2.5} 均值为 20 微克/立方米，同比上升 5.3%；PM₁₀ 均值为 37 微克/立方米，同比上升 8.8%；SO₂ 均值为 6 微克/立方米，同比上升 20%；NO₂ 均值为 22 微克/立方米，同比下降 8.3%；CO 均值为 0.8 毫克/立方米，同比下降 11.1%；O₃ 均值为 144 微克/立方米，同比上升 1.4%。具体监测结果见表 4.7-1。

按照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单“生态环境部公告 2018 年第 29 号”二级标准要求，珠海市属于达标区域。

表 4.7-12021 年珠海市区域空气质量现状评价表

污染物	年评价指标	现状浓度	标准值	占标率	达标情况
PM _{2.5}	年平均质量浓度	20ug/m ³	35ug/m ³	57%	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	37ug/m ³	70ug/m ³	53%	达标

SO ₂	年平均质量浓度	6ug/m ³	60ug/m ³	10%	达标
NO ₂	年平均质量浓度	22ug/m ³	40ug/m ³	55%	达标
CO	第 95 百分位数日平均质量浓度	0.8mg/m ³	4mg/m ³	20%	达标
O ₃	第 90 百分位数 8 小时平均质量浓度	144ug/m ³	160ug/m ³	90%	达标

4.6.2 补充监测

4.6.2.1 监测点位

为全面了解本项目周边大气环境质量现状，同创伟业（广东）检测技术股份有限公司 2023 年 03 月 06 日至 12 日在选址周边布设 2 个监测点位，开展连续 7 天的环境空气质量监测，监测点位设置情况具体见表 4.7-2 及图 4.7-1。

表 4.7-2 监测点位设置情况

采样地点	经纬度	距项目边界距离、方位
G1 南堤	113.450829° E22.088137° N	约 1.2km，项目东南
G2 北堤	113.412251° E22.148894° N	约 1.2km，项目北面

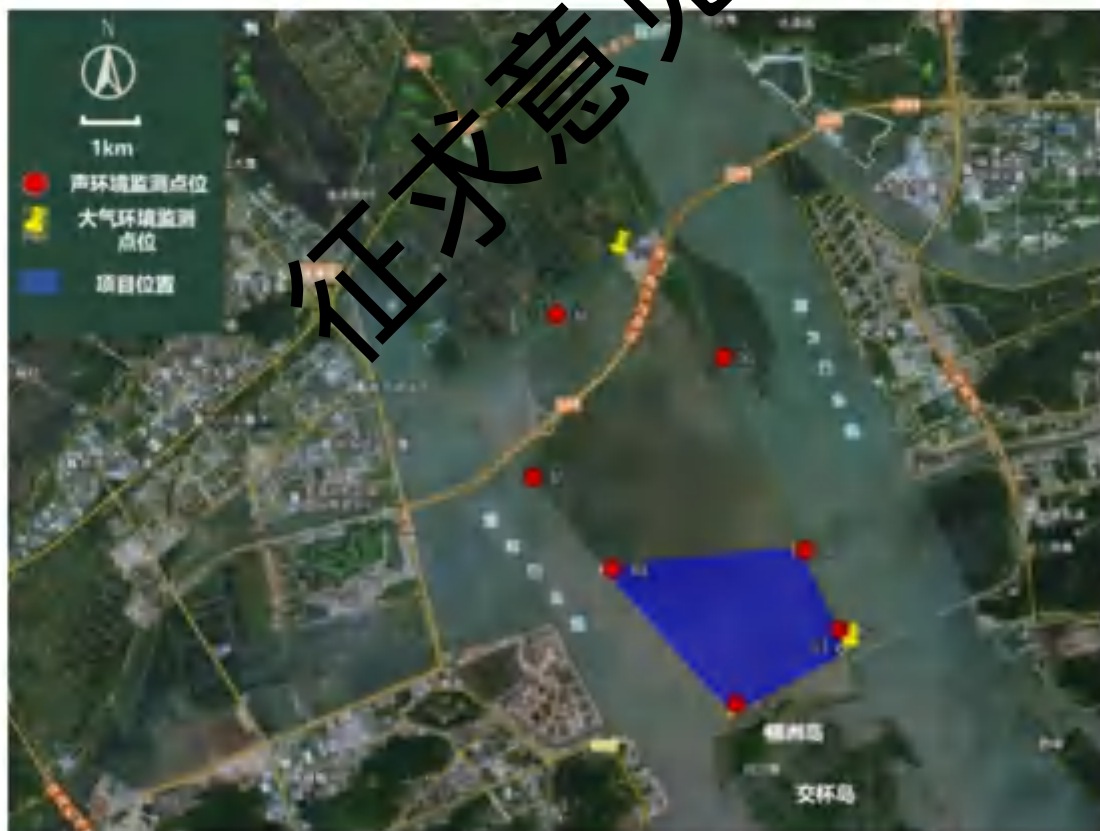


图 4.7-1 大气环境、声环境监测点位

4.6.2.2 监测项目与检测方法

检测 TSP 日均浓度，连续监测 7 天，每次连续采样 24 小时。

检测方法见表 4.7-3。

表 4.7-3 总悬浮颗粒物检测方法、检出限、主要仪器

类别	项目	检测方法	检出限	主要仪器
环境空气	总悬浮颗粒物	《环境空气总悬浮颗粒物的测定重量法》 HJ1263-2022	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	电子天平 AUW120D

4.6.2.3 监测结果及分析

(1) 监测结果

2023 年 03 月 06 日至 12 日的气象数据具体见表 4.7-4 至表 4.7-10。G1 南堤、G2 北堤的总悬浮颗粒物监测结果见表 4.7-11。根据珠海市生态环境局关于印发《珠海市环境空气质量功能区划分（2022 年修订）》（珠环〔2022〕197 号）的通知，本项目位于二类环境空气质量功能区，评价标准按照《环境空气质量标准》（GB3098-2012）及其修改单二级浓度限值，即 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 4.7-4 气象数据（03 月 06 日）

项目 时间	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)	气压 (kPa)	
03 月 06 日	00:00~01:00	晴	东北	3.8	76	15.4	101.8
	01:00~02:00	晴	东北	3.8	76	15.4	101.8
	02:00~03:00	晴	东北	3.8	76	15.2	101.9
	03:00~04:00	晴	东北	3.7	74	15.2	101.9
	04:00~05:00	晴	东	3.7	74	15.4	101.8
	05:00~06:00	晴	东	3.7	75	15.7	101.8
	06:00~07:00	晴	东	3.4	75	16.0	101.7
	07:00~08:00	晴	东	3.4	73	16.3	101.7
	08:00~09:00	晴	东	3.4	73	16.8	101.7
	09:00~10:00	晴	东	3.2	71	17.5	101.6
	10:00~11:00	晴	东	3.2	71	18.2	101.5
	11:00~12:00	晴	东	3.0	70	18.9	101.4
	12:00~13:00	晴	东	3.0	68	19.9	101.3
	13:00~14:00	晴	东	2.9	68	21.5	101.1
	14:00~15:00	晴	东	2.9	66	22.6	101.0
	15:00~16:00	晴	东	2.8	66	23.0	100.9
	16:00~17:00	晴	东	3.0	67	22.5	101.0
17:00~18:00	晴	东南	3.2	68	21.9	101.1	

18:00~19:00	晴	东南	3.3	69	21.2	101.1
19:00~20:00	晴	东南	3.4	71	20.1	101.2
20:00~21:00	晴	东南	3.4	73	18.9	101.4
21:00~22:00	晴	东	3.5	75	17.2	101.5
22:00~23:00	晴	东	3.7	77	16.4	101.6
23:00~次日 00:00	晴	东	3.8	78	15.6	101.7

征求意见稿

表 4.7-5 气象数据 (03 月 07 日)

项目 日期	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 07 日	00:00~01:00	晴	东	3.8	78	15.6	101.7
	01:00~02:00	晴	东	3.7	78	15.3	101.7
	02:00~03:00	晴	东	3.7	77	15.2	101.8
	03:00~04:00	晴	东	3.8	77	15.5	101.7
	04:00~05:00	晴	东	3.8	76	15.9	101.7
	05:00~06:00	晴	东北	3.6	75	16.6	101.6
	06:00~07:00	晴	东北	3.6	74	17.3	101.5
	07:00~08:00	晴	东北	3.5	74	18.0	101.5
	08:00~09:00	晴	东北	3.5	73	18.9	101.4
	09:00~10:00	晴	东北	3.5	73	20.2	101.2
	10:00~11:00	晴	东北	3.3	72	21.1	101.1
	11:00~12:00	晴	东北	3.3	71	22.6	101.0
	12:00~13:00	晴	东	3.2	71	23.5	100.9
	13:00~14:00	晴	东	3.2	71	24.3	100.8
	14:00~15:00	晴	东	3.2	71	23.7	100.9
	15:00~16:00	晴	东	3.3	67	23.3	100.9
	16:00~17:00	晴	东	3.3	65	22.1	101.0
	17:00~18:00	晴	东	3.4	65	21.2	101.1
	18:00~19:00	晴	东	3.4	66	20.3	101.2
	19:00~20:00	晴	东南	3.4	67	18.9	101.4
	20:00~21:00	晴	东南	3.5	67	18.2	101.4
	21:00~22:00	晴	东南	3.3	69	17.6	101.5
	22:00~23:00	晴	东南	3.2	69	17.2	101.5
	23:00~次日 00:00	晴	东南	3.2	71	16.1	101.6

表 4.7-6 气象数据 (03 月 08 日)

项目 日期	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 08 日	00:00~01:00	晴	东	3.1	72	16.2	101.7
	01:00~02:00	晴	东	3.1	73	16.0	101.7
	02:00~03:00	晴	东	3.0	73	16.0	101.7
	03:00~04:00	晴	东	3.0	74	16.4	101.7
	04:00~05:00	晴	东南	3.0	74	16.7	101.7
	05:00~06:00	晴	东南	3.0	72	17.0	101.6
	06:00~07:00	晴	东南	2.9	72	17.6	101.6
	07:00~08:00	晴	东南	2.9	70	18.2	101.5
	08:00~09:00	晴	东南	2.7	70	18.9	101.5
	09:00~10:00	晴	东南	2.7	69	19.9	101.4
	10:00~11:00	晴	东南	2.6	68	21.2	101.2
	11:00~12:00	晴	东南	2.5	68	22.3	101.1
	12:00~13:00	晴	南	2.5	65	23.3	101.0
	13:00~14:00	晴	南	2.4	64	24.4	100.9
	14:00~15:00	晴	南	2.4	64	24.7	100.9
	15:00~16:00	晴	南	2.3	61	23.8	101.0
	16:00~17:00	晴	南	2.5	63	22.9	101.1
	17:00~18:00	晴	西南	2.5	63	22.0	101.2
	18:00~19:00	晴	西南	2.6	65	21.0	101.2
	19:00~20:00	晴	西南	2.6	66	19.8	101.4
	20:00~21:00	晴	西南	2.8	67	19.1	101.5
	21:00~22:00	晴	西南	2.8	67	17.9	101.7
	22:00~23:00	晴	西南	2.9	69	17.2	101.7
	23:00~次日 00:00	晴	西南	2.9	72	16.5	101.8

表 4.7-7 气象数据 (03 月 09 日)

项目 日期	天气 状况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 09 日	00:00~01:00	晴	西南	2.9	73	16.5	101.8
	01:00~02:00	晴	西南	3.0	75	16.2	101.8
	02:00~03:00	晴	西南	3.0	75	16.2	101.8
	03:00~04:00	晴	西南	3.0	74	16.6	101.8
	04:00~05:00	晴	西南	2.9	72	17.1	101.7
	05:00~06:00	晴	西南	2.9	72	17.7	101.7
	06:00~07:00	晴	西南	2.8	71	18.5	101.6
	07:00~08:00	晴	西南	2.8	71	19.4	101.5
	08:00~09:00	晴	西南	2.8	70	20.3	101.4
	09:00~10:00	晴	西南	2.7	70	22.1	101.2
	10:00~11:00	晴	南	2.7	67	23.3	101.1
	11:00~12:00	晴	南	2.7	66	24.2	101.0
	12:00~13:00	晴	南	2.6	65	25.7	100.8
	13:00~14:00	晴	南	2.5	65	26.6	100.7
	14:00~15:00	晴	南	2.5	65	26.0	100.7
	15:00~16:00	晴	南	2.5	62	24.9	100.9
	16:00~17:00	晴	南	2.7	63	24.0	101.0
	17:00~18:00	晴	南	2.7	65	22.9	101.2
	18:00~19:00	晴	南	2.7	65	21.7	101.3
	19:00~20:00	晴	西南	2.9	67	20.9	101.4
	20:00~21:00	晴	西南	2.9	67	19.3	101.5
	21:00~22:00	晴	西南	2.9	69	18.5	101.6
	22:00~23:00	晴	西南	3.0	69	17.9	101.7
	23:00~次日 00:00	晴	南	3.0	70	17.0	101.8

表 4.7-8 气象数据 (03 月 10 日)

项目 日期	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 10 日	00:00~01:00	晴	东南	3.0	73	17.0	101.7
	01:00~02:00	晴	东南	3.2	74	16.7	101.8
	02:00~03:00	晴	东南	3.2	74	16.6	101.8
	03:00~04:00	晴	东南	3.3	74	16.9	101.7
	04:00~05:00	晴	东南	3.5	72	17.5	101.7
	05:00~06:00	晴	东	3.5	72	17.9	101.6
	06:00~07:00	晴	东	3.3	71	18.5	101.6
	07:00~08:00	晴	东	3.3	70	19.6	101.5
	08:00~09:00	晴	东	3.1	69	20.9	101.4
	09:00~10:00	晴	东	3.0	69	22.4	101.2
	10:00~11:00	晴	东	2.9	67	23.2	101.1
	11:00~12:00	晴	东	2.9	66	24.4	101.0
	12:00~13:00	晴	东南	3.0	65	25.9	100.8
	13:00~14:00	晴	东南	3.1	64	26.8	100.7
	14:00~15:00	晴	东南	3.0	63	26.1	100.8
	15:00~16:00	晴	东南	3.2	67	25.3	100.8
	16:00~17:00	晴	东南	3.4	69	24.4	101.0
	17:00~18:00	晴	东南	3.4	71	23.7	101.1
	18:00~19:00	晴	东南	3.6	72	22.1	101.2
	19:00~20:00	晴	南	3.5	74	20.9	101.4
	20:00~21:00	晴	南	3.5	75	19.3	101.5
	21:00~22:00	晴	南	3.7	75	18.4	101.6
	22:00~23:00	晴	南	3.8	76	18.0	101.7
	23:00~次日 00:00	晴	南	3.9	77	17.5	101.7

表 4.7-9 气象数据 (03 月 11 日)

项目 日期	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 11 日	00:00~01:00	晴	东南	3.8	77	17.3	101.7
	01:00~02:00	晴	东南	4.1	77	17.0	101.7
	02:00~03:00	晴	东南	4.1	76	16.8	101.7
	03:00~04:00	晴	东南	4.0	77	17.1	101.7
	04:00~05:00	晴	东南	3.8	77	17.5	101.6
	05:00~06:00	晴	东南	3.8	75	18.0	101.6
	06:00~07:00	晴	东	3.6	74	18.6	101.5
	07:00~08:00	晴	东	3.6	74	19.4	101.4
	08:00~09:00	晴	东	3.4	72	20.3	101.3
	09:00~10:00	晴	东	3.3	71	21.8	101.2
	10:00~11:00	晴	东	3.3	70	23.0	101.0
	11:00~12:00	晴	东	3.2	70	24.2	100.9
	12:00~13:00	晴	东	3.1		25.7	100.8
	13:00~14:00	晴	东	3.0		26.7	100.7
	14:00~15:00	晴	东	3.0		26.0	100.8
	15:00~16:00	晴	东	3.1	66	25.2	100.9
	16:00~17:00	晴	东	3.1	67	24.5	101.0
	17:00~18:00	晴	东	2.9	68	23.4	101.1
	18:00~19:00	晴	东	2.7	70	22.0	101.1
	19:00~20:00	晴	东南	2.5	71	20.7	101.3
	20:00~21:00	晴	东南	2.5	70	19.1	101.4
	21:00~22:00	晴	东南	2.7	73	18.2	101.5
	22:00~23:00	晴	东南	2.7	74	17.4	101.6
	23:00~次日 00:00	晴	东南	2.7	74	16.8	101.7

表 4.7-10 气象数据 (03 月 12 日)

项目 日期	天气状 况	风向	风速 (m/s)	湿度 (%)	气温 (°C)	气压 (kPa)	
03 月 12 日	00:00~01:00	晴	东南	2.7	74	16.4	101.7
	01:00~02:00	晴	东南	2.6	75	16.0	101.7
	02:00~03:00	晴	东南	2.6	75	16.1	101.7
	03:00~04:00	晴	东南	2.5	75	16.5	101.7
	04:00~05:00	晴	东南	2.5	73	17.2	101.6
	05:00~06:00	晴	东	2.4	72	18.0	101.5
	06:00~07:00	晴	东	2.4	71	18.8	101.5
	07:00~08:00	晴	东	2.2	70	19.7	101.4
	08:00~09:00	晴	东	2.2	69	20.2	101.3
	09:00~10:00	晴	东	2.1	67	21.2	101.2
	10:00~11:00	晴	东	2.0	67	22.3	101.1
	11:00~12:00	晴	东	1.9	66	23.0	101.0
	12:00~13:00	晴	东	1.9	66	24.0	100.9
	13:00~14:00	晴	东	1.7	65	24.9	100.8
	14:00~15:00	晴	东	1.7	65	24.1	100.8
	15:00~16:00	晴	东	1.8	63	23.4	101.0
	16:00~17:00	晴	东	1.8	65	22.7	101.1
	17:00~18:00	晴	东北	1.9	67	22.0	101.2
	18:00~19:00	晴	东北	1.9	68	20.8	101.4
	19:00~20:00	晴	东北	2.2	70	18.9	101.5
20:00~21:00	晴	东北	2.5	72	18.0	101.5	
21:00~22:00	晴	东	2.6	74	17.4	101.6	
22:00~23:00	晴	东	2.8	76	16.9	101.7	
23:00~次日 00:00	晴	东	3.0	78	16.3	101.7	

表 4.7-11 环境空气（总悬浮颗粒物）监测结果

采样地点	采样时间	监测结果（单位：μg/m ³ ）						
		03月06日	03月07日	03月08日	03月09日	03月10日	03月11日	03月12日
G1 南堤	00:00~次日00:00	101	105	106	109	112	106	113
G2 北堤	00:00~次日00:00	109	113	119	117	123	118	124

(2) 监测结果分析

1) 评价方法

用单因子指数法作大气环境质量现状评价。统计各监测点的小时浓度、日均浓度范围和超标率。其计算公式为：

$$I_i = C_i / C_{oi}$$

式中， I_i ：第 i 项污染物的大气质量指数；

C_i ：第 i 项污染物的实测值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

C_{oi} ：第 i 项污染物的标准值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

若超标率 > 100%，表明该大气指标超过规定的大气环境质量标准限值，超标率越大，说明该大气指标超标越严重。

2) 评价结果

根据表 4.7-12，G1 南堤、G2 北堤的监测结果均达到《环境空气质量标准》（GB3098-2012）及其修改单二级浓度限值。

表 4.7-12 环境空气（总悬浮颗粒物）标准指数

采样地点	采样时间	03月06日	03月07日	03月08日	03月09日	03月10日	03月11日	03月12日
G1 南堤	00:00~次日00:00	0.34	0.35	0.35	0.36	0.37	0.35	0.38
G2 北堤	00:00~次日00:00	0.36	0.38	0.40	0.39	0.41	0.39	0.41

4.7 声环境质量现状

4.7.1 监测点位、监测时间及监测频次

同创伟业（广东）检测技术股份有限公司于 2023 年 03 月 06 日至 7 日在项

目周边布设 7 个声环境质量现状监测点位，连续监测 2 天，昼夜间各监测 1 次，每次监测不小于 20min，监测点位设置情况具体见图 4.7-1。

表 4.8-1 监测点位设置情况

采样地点	经纬度	与本项目边界距离、方位
N1	113.443550° E22.102816° N	1m, 项目东北角
N2	113.449459° E22.090564° N	1m, 项目东南角
N3	113.432065° E22.078983° N	1m, 项目西南角
N4	113.411484° E22.099904° N	1m, 项目西北角
N5	113.398304° E22.114110° N	1.6km, 项目西北面
N6	113.402338° E22.139235° N	4.17km, 项目北面
N7	113.430061° E22.132715° N	3.3km, 项目东北面

4.7.2 监测方法

测量方法和规范按《环境影响评价技术导则声环境》(HJ/T2.4-2009)《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的有关规定。声环境质量监测期间，天气良好，无雨、风速介于 3.1~3.7m/s，传声器设置高度为 1.2~1.5 米。

表 4.8-2 声环境质量现状监测方法

类别	项目	检测方法	检出限	主要仪器
噪声	环境噪声	《声环境质量标准》(GB3096-2008)	35dB	多功能声级计 AWA5680

4.7.3 监测结果及分析

根据《珠海市声环境功能区区划》，本项目所在区域为 2 类区，声环境评价标准应执行声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准，即昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)。根据表 4.8-3 声环境质量监测结果，7 个监测点位的噪声值均达标。

表 4.8-3 声环境质量监测结果及分析

测点编号及位置	监测结果 LeqdB(A)							
	3 月 6 日				3 月 7 日			
	昼间	达标情况	夜间	达标情况	昼间	达标情况	夜间	达标情况
N6 北堤	51	达标	46	达标	52	达标	46	达标
N7 东堤上	49	达标	42	达标	49	达标	43	达标
N1 东堤下	50	达标	43	达标	49	达标	43	达标

N2 东南角	50	达标	44	达标	50	达标	44	达标
N3 西南角	50	达标	44	达标	50	达标	44	达标
N4 西堤	49	达标	43	达标	49	达标	43	达标
N5 西堤上	49	达标	44	达标	49	达标	43	达标
气象条件	03月06日:天气状况:晴气温:17.3~22.6°C风向:东风速:3.1~3.7m/s 03月07日:天气状况:晴气温:17.1~23.4°C风向:东风速:3.3~3.4m/s							

4.8 电磁环境质量现状

为了解项目周围及环境敏感点处的工频电场及工频磁场现状,广东智环创新环境科技有限公司于2023年3月7日对工程区域的工频电场和工频磁场进行现状测量。

4.8.1 测量方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ 1024-2013)。

4.8.2 测量仪器

仪器名称:电磁场探头(交变磁场/工频电场测试仪)

仪器型号:SEM-600/LF-04

仪器编号:D-1643/I-1643

生产厂家:北京森淼科技股份有限公司频率范围:1Hz~400kHz

测量范围:0.001V/m~100kV/m(电场)1nT~10mT(磁场)

校准单位:华南国家计量测试中心广东省计量科学研究院

证书编号:WWD2022032460.003

校准日期:2022年11月9日有效期:1年

4.8.3 测量时间及气象状况

测量时间为2023年3月7日,无雨雪雾、无雷电,风速2.3~2.7m/s,东风,温度19~23°C,相对湿度35~49%,气压1019~1021hPa。

4.8.4 布点原则

变电站监测点应选择在无进出线或远离进出线(距离边导线地面投影不少于20m)的围墙外且距离围墙5m处布置。如在其他位置监测,应记录监测点与围墙的相对位置关系以及周围的环境情况。

4.8.5 测量点位

因场地监测条件限制，升压站拟建站址周边均为海域，仅站址西侧围堤（距拟建升压站约 50m）具备监测布点条件，本次站址西侧围堤布设 2 个电磁环境现状测量点。本项目电磁环境现状测量布点图见图 4.9-1。



图 4.9-1 拟建升压电磁环境测量布点图

4.8.6 监测结果及分析

工频电场、工频磁场测量结果见表 4.9-1。

表 4.9-1 电磁环境现状测量结果

测量点位	点位描述	工频电场强度(V/m)	磁感应强度(μ T)
E1	拟建升压西侧①	4.0×10^{-2}	4.0×10^{-3}
E2	拟建升压西侧②	5.0×10^{-2}	8.0×10^{-3}

由上表可知，拟建升压站周边电磁环境现状值为：工频电场为 $4.0 \times 10^{-2} \text{V/m} \sim 5.0 \times 10^{-2} \text{V/m}$ ，工频磁场为 $4.0 \times 10^{-3} \mu \text{T} \sim 8.0 \times 10^{-3} \mu \text{T}$ ，满足《电磁环境

控制限值》(GB8702-2014)中的频率为 0.05kHz 的公众曝露控制限值要求,即电场强度 4000V/m, 磁场强度 100 μ T。

4.9 其他生态环境现状

4.9.1 湿地生态系统现状调查(红树林)

2022年10月9日,本评价对鹤洲南堤围周边海域的红树林进行了初步调查。调查发现,红树林群落主要分布于区域A与区域B内(调查站位见图4.10-1)。本次分别在区域A设置10个调查站位(编号H1~H10),在区域B设置14个调查站位(编号H11~H24),对红树种类、红树主干与路基距离、树高和胸径进行测量以及记录,调查结果详见表4.6-2,红树林分布范围见图4.6-2。



图 4.10-1 项目附近红树林现状调查站位示意图

区域 A 红树林东西向长约 425 米，宽约 7~20 米，其中站位 H4 宽约 7 米，站位 H9 宽约 20 米。红树种类为无瓣海桑和老鼠簕，无瓣海桑平均树高 8 米以上，最高可达 12 米，平均胸径 18.02 厘米，最大胸径达 39.8 厘米。老鼠簕主要集中分布在 H3 以及 H4 两个站位点间。从红树主干算起，红树群落距离路基最小 3 米（站位 H5），最大 13.9 米（站位 H2），并有杂草生长于红树主干与路基之间的区域内。

区域 B 红树林群落总长度约 1370 米，最小宽约 7 米（站位 H18），最大宽约 40 米（站位 H21、H23）。区域 B 内有 6 个红树群落分布区，对应站位编号为别为：H11~H14，此区域长度约 110 米，宽 12~17 米，红树种类为无瓣海桑和老鼠簕，无瓣海桑平均树高 7.7 米，最高可达 10 米，平均胸径 15.97 厘米，最大胸径 24.1 厘米，红树主干距离路基最大 8.9 米（站位 H12），最小 3.7 米（站位 H13），红树主干到路基区域内分布当地杂草与树种（非红树）；H15~H16，此区域长度约 300 米，宽 6~25 米，红树种类为无瓣海桑和老鼠簕，无瓣海桑平均树高 8 米，平均胸径 11.06 厘米，最大胸径 17 厘米，无瓣海桑群落主干距离路基约 7.5 米，老鼠簕群落主干距离路基约 5 米，红树主干到路基区域内分布当地杂草与树种（非红树）；H17~H20，此区域长度约 600 米，宽 6~30 米，红树种类为无瓣海桑，无瓣海桑平均树高 6.4 米，最高达 8 米，平均胸径 11.8 厘米，最大胸径 19.2 厘米，红树主干距离路基最大 10 米（站位 H18），最小 3.5 米（站位 H20），红树主干到路基区域内分布当地杂草与树种（非红树）；站位 H22、H23 和 H24，该三区域内红树群落沿海堤分别长约 30、60 和 50 米，最外围红树距离海堤分别约为 45、50 和 15 米，红树种类为无瓣海桑和老鼠簕，无瓣海桑平均树高 6 米，平均胸径 13.39 厘米，最大胸径 19 厘米，站位 H23 和 H24 区域内无瓣海桑和老鼠簕群落主干距离路基约 4~5 米，红树主干到路基区域内分布当地杂草，而站位 H22 靠近海堤一侧的部分红树群落主干紧靠路基生长。

表 4.10-1 红树林调查结果一览表

编号	经度	纬度	种类	距路基 (米)	树高 (米)	胸径(厘米)			
H1	113°23'53.358"	22°08'34.432"	无瓣海桑	7.4	8	39.8	15.8	18.9	39.1
H2	113°23'54.925"	22°08'37.205"	无瓣海桑	13.9	8	7.0	7.4	16.7	18.1
H3	113°23'55.866"	22°08'39.726"	无瓣海桑	7.6	9	7.3	15.5	4.9	8.1

	113°23'56.938"	22°08'42.369"	老鼠筋	6					
H4	113°24'01.626"	22°08'49.852"	无瓣海桑	9	11	6.1	8.8	29	10.8
	113°24'02.751"	22°08'50.644"	老鼠筋	8					
H5	113°24'05.792"	22°08'53.019"	无瓣海桑	3	8	27.3	12.2	17.6	26.4
H6	113°24'09.206"	22°08'55.578"	无瓣海桑	4.5	11	23.8	10.2	10	25.1
H7	113°24'10.488"	22°08'56.561"	无瓣海桑	3	10	12.4	8.5	8.2	10.4
H8	113°24'18.586"	22°09'02.770"	无瓣海桑	6	12	11.3	28.1	20.2	19.1
H9	113°24'20.699"	22°09'04.397"	无瓣海桑	4	11	8.6	4.6	8.8	14
H10	113°24'21.439"	22°09'05.097"	无瓣海桑	7.3	10	7.9	12.7	23	3.6
H11	113°24'22.635"	22°09'05.990"	无瓣海桑	6	10	21.4	21.6	11.4	9.2
H12	113°24'23.895"	22°09'06.801"	无瓣海桑	8.9	10	24.1	16.8	23.5	14.6
H13	113°26'31.759"	22°05'03.181"	无瓣海桑	8	8	21.6	12.3	14.4	10.8
	113°26'33.386"	22°05'03.140"	老鼠筋	3.7					
H14	113°26'34.820"	22°05'03.243"	无瓣海桑	8.5	5	14.9	16.3	9.6	13
H15	113°26'35.641"	22°05'03.280"	无瓣海桑	7.5	8	14	12.5	10.8	10.2
H16	113°26'36.123"	22°05'03.277"	无瓣海桑	7.5	8	16	17	10.2	11.6
	113°26'37.432"	22°05'03.335"	老鼠筋	3.7					
H17	113°26'38.813"	22°05'03.369"	无瓣海桑	7	8	13.8	12.5	16.6	15
H18	113°26'42.255"	22°05'03.219"	无瓣海桑	10	5	11	14.3	10.2	15.9
H19	113°26'43.592"	22°05'03.470"	无瓣海桑	10	8	18.5	8.3	11.8	9.1
H20	113°26'45.861"	22°05'03.567"	无瓣海桑	5	4	2	5	2.8	2.3
H21	113°23'53.358"	22°08'34.432"	无瓣海桑	6	7	16	15.4	9.8	19.2
H22	113°23'54.925"	22°08'37.205"	无瓣海桑	0	6	12.9	11.9	19	14.4
	113°23'55.866"	22°08'39.266"	老鼠筋	0					
H23	113°23'56.938"	22°08'42.369"	无瓣海桑	4	6	12.5	15.1	10.3	10.3
	113°24'01.626"	22°08'49.852"	老鼠筋	4					
H24	113°24'02.751"	22°08'50.644"	无瓣海桑	5	6	9	16.1	11.8	17.4
			老鼠筋	5					

4.9.2 鸟类生态现状

4.9.2.1 评价内容

列出评价区域历史和现场调查观测到的鸟类种类和数量、栖息生境状况。分析评价区域内鸟类分布和密度、特有种、受保护物种、受胁物种和关注物种的生态学特征，评估项目区域作为鸟类栖息、觅食、繁殖和/或换羽地的重要性。针对保护区域、珍稀保护鸟类物种等做详细分析。

4.9.2.2 调查范围

根据《环境影响评价技术导则生态环境 HJ19-2022》《海洋工程环境影响评

价技术导则 GB/T19485-2014》等有关技术导则和规程，结合本次工程特点，生态环境现状调查范围为项目区域及周边海岸湿地生境。结合鸟类迁徙路线分布和本单位在鹤洲南周边的历史调查数据，以光伏设施对鸟类影响为重点，分析项目区域对沿海迁徙鸟类的影响。

4.9.2.3 调查内容

结合项目位置、鸟类迁徙路线、栖息地分布和本单位在鹤洲南周边的历史调查数据，通过对比分析项目区域对沿海迁徙鸟类的影响。

调查内容具体包括：

主要鸟类资源种类和数量、季节类型；

国家级重点保护鸟类及其他受胁类型；

主要鸟类分布情况与区域生境质量。

4.9.2.4 调查时间与频次

根据导则要求，生态环境一级评价应获得至少1~2个完整年度不同季节的现状资料，因此，本项目鸟类专题承担技术组联合珠海市观鸟协会在鹤洲南有多年调查经验和数据。利用2020-2022年度冬、春季调查作为季节本底监测数据。附以2023年3月11日在项目场址所在地开展鸟类现场调查作为补充，调查时间为冬末春初，属于调查区域内的鸟类种类和数量均较丰富的时期；面积较大区域时采用分组方法在同一时间范围内开展调查，以减少重复记录。

4.9.2.5 鸟类调查及统计方法

依据《生物多样性观测技术导则鸟类》(HJ710.4-2014)，湿地鸟类数量调查采用直接计数法，在同一个湿地区域中同步调查。

直接计数法：调查时以步行为主，在比较开阔、生境均匀的大范围区域可借助汽车、船只进行调查，有条件的地方还可开展航调。直接计数法是通过直接计数而得到调查区域中水鸟绝对数量的调查方法。适用于越冬水鸟及调查区域较小、便于计数的繁殖群体的数量统计。

记录对象：记录调查范围内的所有鸟类种类，以记录实体为主，辅以鸣声判别。计数借助于单筒或双筒望远镜进行。如果群体数量极大，或群体处于飞行、取食、行走等运动状态时，可以5、10、20、50、100等为计数单元来估计群体的数量。春、秋季候鸟迁徙季节的调查以种类调查为主，同时还应兼顾迁徙种群

数量的变化。

直接计数法得到的某种鸟类数量总和即为该区域该种鸟类的数量。

把整个调查过程中的每种鸟类数量总和除以鸟类调查总数量,求出该种鸟类所占百分数。当百分数大于 50%为极多种,用“++++”表示;百分数为 10%—50%,为优势种,用“+++”表示;当百分数为 1%—10%,为常见种,用“++”表示;当百分数小于 1%,为稀有种,用“+”表示。

4.9.2.6 评价区域鸟类群落特征

① 鸟类物种组成特征

近三年调查共计在鹤洲南垦区和周边湿地发现鸟类 14 目 31 科 84 种(附录表一)。优势类群为雀形目 PASSERIFORMES,共有 23 种,其次为鹤形目 CHARADRIIFORMES,有 22 种,从科水平看,则鸭科 Anatidae 物种最多,有 10 种。由于本调查主要调查地为沿岸湿地区域,因此鹤形目是该区域鸟类种群的重要组成部分。湿地水鸟是指在生态上依赖于湿地,在其生活史阶段依赖于湿地,且在形态和行为上对湿地形成适应特征的鸟类。根据 Howes 等(1988)对水鸟的定义,广义的水鸟包括鹮科(Scopelidae)、鹭科(Ardeidae)、鸭科(Anatidae)、秧鸡科(Rallidae)、巨嘴鹮科(Scolopacidae)、鸻科(Charadriidae)、鹬科(Scolopacidae)、燕鸥科(Glaucopidae)、鸥科(Laridae)、燕鸥科(Stemidae)、翠鸟科(Alcedinidae)等鸟类,其他统称为陆生鸟类。按上述定义,本次调查的鸟类中,水鸟有 49 种,陆生鸟类有 35 种。

居留型方面,按主要居留型划分,留鸟共有 26 种,复合居留型(既有留鸟种群也有候鸟种群的类型)有 6 种,迁徙候鸟共 52 种,以冬候鸟种类最丰富,可见本区域以迁徙候鸟为主。

② 珍稀保护物种

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 52 种,其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 19 种,除灰头鹀外均为水鸟,其中鹭科鸟类占 8 种,鸥科鸟类 4 种,鹬科和鸭科各 2 种,鸻科和秧鸡科各一种;列入国家重点保护陆生动物中的一级保护物种有黑脸琵鹭(*Plataleaminor*)、黑嘴鸥(*Chroicocephalus saundersi*)等 2 种;列入二级保护动物的有 10 种,包括白额雁(*Anser albifrons*)、褐翅鸭(*Centropus sinensis*)、大滨鹬(*Calidris temminckii*)、

白琵鹭 (*Platalealeucorodia*)、鸮 (*Pandionhaliaetus*)、黑翅鸢 (*Elanuscaeruleus*)、白腹鹳 (*Circusspilonotus*)、黑鸢 (*Milvusmigrans*)、白胸翡翠 (*Halcyonsmyrnenis*) 和红隼 (*Falcotinnunculus*)；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 9 种，其中黑脸琵鹭属于濒危 (EN) 级别，大滨鹬、红腹滨鹬 (*Calidriscanutus*) 和黑嘴鸥等 3 种属于易危 (VU) 级别，罗纹鸭 (*Anasfalcata*)、白琵鹭、鸮、黑翅鸢和白腹鹳等 5 种属于近危 (NT) 级别；列入 IUCN 红皮书的物种有 8 种，其中大滨鹬、红腹滨鹬和黑脸琵鹭等 3 种属于濒危 (EN) 级别，黑嘴鸥属于易危 (VU) 级别，罗纹鸭、黑尾塍鹬 (*Limosalimosa*)、灰尾漂鹬 (*Tringabrevipes*) 和红颈滨鹬 (*Calidrisruficollis*) 等 4 种属于近危 (NT) 级别。列入 CITES (濒危野生动植物种国际贸易公约) 附录的物种有 6 种，包括白琵鹭、黑翅鸢、鸮、白腹鹳、黑鸢和红隼，均为附录 II 物种。属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录 (以下简称中日候鸟保护协定) 和《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》附录 (以下简称中澳候鸟保护协定) 是中国分别和日本、澳大利亚签订的有关候鸟保护的协定，目的是尽力减少对两国间候鸟所到之主要地区的伤害。本地记录中，属于中日候鸟保护协定的有 42 种，中澳候鸟保护协定种类有 22 种，详见附表。

以上保护物种中国家级以上种类以水鸟和猛禽为主，其中大滨鹬、黑嘴鸥、黑脸琵鹭、白琵鹭、黑翅鸢和白腹鹳被列入 3 个名录中，其种群数量也较少，珍稀濒危程度较高；其次为罗纹鸭、红腹滨鹬、黑鸢和红隼。

③ 鸟类数量特征

记录鸟类数量中，数量比例大于 10% 的优势种为环颈鸪、黑腹滨鹬、赤颈鸭，数量分别占调查总数的 25.7%、20.9% 和 12.5%。常见种 (占总数量 1%—10%) 有白鹭、大白鹭、苍鹭、绿翅鸭、家燕、琵嘴鸭、黑脸琵鹭、八哥、泽鹬、小鹧鸪等 10 种，共占调查数量的 29.5%。偶见种有 71 种，但共计记录数量仅占 11.5%。说明调查范围内部分物种的数量优势较明显。

《国际重要湿地公约 (Ramsar)》对重要湿地的评价标准中有这样一条：“如果一块湿地定期栖息有一个水禽物种或亚种某一种群 1% 的个体，就应被认为具有国际重要意义”。生态专家认为，水鸟栖息具有混群性，占全球种群数量 1% 以上的水鸟物种，往往可以作为同类水鸟的代表物种，反映整个水鸟的丰富程度，

从而反映栖息地的生态环境质量。因此，国际上通常将鸟类的丰富程度作为衡量一个地区生态环境质量优劣的重要标志。本项目所调查鸟类物种的全球种群数量1%数量估计来自于湿地国际的水鸟种群数量估计（WetlandsInternational2016）。经对比分析，项目用地和周边区域的单次鸟类调查数量超过占全球种群数量1%以上的种类有环颈鸪和黑脸琵鹭（详见下表）。

表 4.10-2 调查区域水鸟种群数量与全球种群 1%数量对比

目	科	种	学名	1%标准	调查最大值	
雁形目	鸭科	豆雁	<i>Anserfabalis</i>	1230	3	
		白额雁	<i>Anseralbifrons</i>	180	11	
		罗纹鸭	<i>Marecafalcata</i>	830	5	
		赤颈鸭	<i>Marecapenelope</i>	7100	1000	
		绿头鸭	<i>Anasplatyrhynchos</i>	15000	4	
		斑嘴鸭	<i>Anaszonorhyncha</i>	12300	90	
		针尾鸭	<i>Anasacuta</i>	2400	100	
		绿翅鸭	<i>Anascrecca</i>	7700	130	
		琵嘴鸭	<i>Spatulalyspeata</i>	5000	250	
		凤头潜鸭	<i>Aythyafligula</i>	2400	40	
鸬鹚目	鸬鹚科	小鸬鹚	<i>Tadornisvireocollis</i>	10000	55	
		凤头鸬鹚	<i>Tadornis cristatus</i>	350	2	
鹤形目	秧鸡科	灰胸秧鸡	<i>Amargallinistrata</i>	-----	1	
		白胸苦恶鸟	<i>Amargallinistrata</i>	-----	2	
		黑水鸡	<i>Gallinulachloropus</i>	-----	12	
		白肩顶	<i>Fulicaatra</i>	20000	100	
鹤形目	反嘴鹬科	反嘴鹬	<i>Recurvirostraavosetta</i>	1000	20	
	鸻科	金眼鸻	<i>Phalaropusfulva</i>	1000	50	
		金眶鸻	<i>Charadriusdubius</i>	250	2	
		环颈鸻	<i>Charadriusalexandrinus</i>	1000	1800	
		蒙古沙鸻	<i>Charadriusmongolus</i>	260	100	
		黑尾塍鹬	<i>Limosalimosa</i>	1400	2	
	鹬科	鸻鹬	<i>Tringaerythropus</i>	250	79	
		红脚鹬	<i>Tringatotanus</i>	1000	50	
		泽鹬	<i>Tringastagnatilis</i>	10000	161	
		青脚鹬	<i>Tringanebularia</i>	1000	40	
		灰尾漂鹬	<i>Tringabrevipes</i>	440	2	
		矶鹬	<i>Actitishypoleucos</i>	500	2	
		大滨鹬	<i>Calidristenuirostris</i>	2900	8	
		红腹滨鹬	<i>Calidriscamutus</i>	540	20	
		红颈滨鹬	<i>Calidrisruficollis</i>	3200	50	
		黑腹滨鹬	<i>Calidrisalpina</i>	10000	710	
		燕鹬科	普通燕鹬	<i>Glareolamaldivarum</i>	28800	10

目	科	种	学名	1%标准	调查最大值
	鸻科	红嘴鸥	<i>Chroicocephalusridibundus</i>	20000	1
		黑嘴鸥	<i>Chroicocephalussaundersi</i>	71	2
		红嘴巨燕鸥	<i>Hydroprogne caspia</i>	250	11
		白额燕鸥	<i>Sterna albifrons</i>	1000	10
		白翅浮鸥	<i>Chlidonias leucopterus</i>	-----	5
鸺鸟目	鸺鹠科	普通鸺鹠	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1000	1
鹤形目	鸬科	白琵鹭	<i>Platalea leucorodia</i>	100	9
		黑脸琵鹭	<i>Platalea minor</i>	20	131
	鹭科	大麻鳎	<i>Botaurus stellaris</i>	1000	1
		黄顶苇鳎	<i>Ixobrychus sinensis</i>	10000	3
		夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	10000	2
		池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	-----	19
		苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	10000	119
		大白鹭	<i>Ardea alba</i>	1000	217
		中白鹭	<i>Ardea intermedia</i>	250	3
白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	10000	455		

4.9.2.7 评价区域鸟类季节动态

根据历史资料收集，项目场址及场址附近四季鸟类物种组成分析如下：

(1) 春季鸟类组成

春季为3-5月鸟类迁徙季，其中4-5月为迁徙高峰，迁徙特点是种类多，数量分布不均匀，迁徙期集中，停留时间较短。调查记录到的主要物种组成为11目25科45种，其中22种为水鸟，其余23种为陆生鸟类，留鸟有20种，复合居留型有6种，候鸟有15种。

受保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有11种；国家重点保护陆生动物6种，包括一级保护的黑脸琵鹭以及二级保护的褐翅鸕鹬、白琵鹭、鸕、黑翅鸕和黑鸕；列入国家保护动物红色名录近危以上等级的有5种，为濒危等级的黑脸琵鹭和近危级别的罗纹鸭、白琵鹭、鸕、黑翅鸕；列入IUCN红皮书的物种有3种，濒危级别的有黑脸琵鹭，近危级别有罗纹鸭和灰尾漂鹬；列入CITES附录II的物种有白琵鹭、鸕、黑翅鸕和黑鸕。属于中日候鸟保护协定的有17种，中澳候鸟保护协定种类有13种。

数量方面，优势类群为鹤形目和雀形目。优势种为白鹭、大白鹭和家燕，数量分别占总调查数量的23.2%、20.5%和19.3%。常见种为八哥、小鸕鹬、白头鸭、麻雀、黑脸琵鹭、池鹭、珠颈斑鹬，数量共占当季比例的25.2%。水鸟数

量占总调查数量的 59.2%。留鸟数量占 73%，部分为复合居留型的种类。

(2) 夏季鸟类组成

夏季属于繁殖季，以留鸟和夏候鸟营巢繁殖为主，其他迁徙候鸟偶有记录但数量较少，主要为不参与繁殖的亚成鸟。繁殖鸟多以配对形式分布，较少集大群和活动。夏季繁殖期鸟类主要物种组成为 10 目 16 科 22 种，其中 7 种为水鸟，其余 18 种为陆生鸟类，留鸟有 12 种，复合居留型有 6 种，候鸟有 19 种。

受保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 5 种；国家重点保护陆生动物中的二级保护动物的有 4 种，包括褐翅鸬鹚、黑鸢、黑翅鸢和白胸翡翠；列入国家保护动物红色名录近危级别的有 1 种，为黑翅鸢；没有列入 IUCN 红皮书的物种；列入 CITES 附录 II 的物种有 2 种，为黑翅鸢和黑鸢。属于中日候鸟保护协定的有 7 种，中澳候鸟保护协定种类有 5 种。

数量方面，优势类群为鹈形目和雀形目。优势种为黑鹇、白鹭、八哥和大白鹭，数量分别占总调查数量的 24.3%、20.8%、11.9% 和 11.3%。常见种为家燕、池鹭、黑水鸡、白额燕鸥、黑领棕鸟、珠颈斑鸠、丝光棕鸟、麻雀、棕背伯劳、白头鸭，数量共占当季比例的 28.3%。留鸟数量占总调查数量的 68.2%，留鸟数量占 89.5%，部分为复合居留型的种类。

(3) 秋季鸟类组成

秋季是鸟类南迁时期，迁徙特点为时间分散，从 7 月底开始即有迁徙过境种类，一直到 11 月仍陆续有鸟南迁来，其中，较早迁徙到达珠江口的种类多为过境候鸟，较迟到达的种类多为越冬候鸟，后者数量随时间逐渐增加至秋季结束。秋季迁徙期鸟类主要物种组成为 12 目 23 科 43 种，其中 23 种为水鸟，其余 20 种为陆生鸟类，留鸟有 14 种，复合居留型有 4 种，候鸟有 25 种。

受保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 5 种；国家重点保护陆生动物中的一级保护动物有 1 种，为黑嘴鸥；二级保护动物的有 6 种，包括褐翅鸬鹚、大滨鹚、鸮、黑翅鸢、黑鸢、红隼；列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 5 种，其中大滨鹚、红腹滨鹚、黑嘴鸥为易危级别，鸮和黑翅鸢为近危级别；列入 IUCN 红皮书近危级别以上的物种有 4 种，为大滨鹚 (EN)、红腹滨鹚 (EN)、红颈滨鹚 (NT)、黑嘴鸥 (VU)。列入 CITES 附录 II 的物种有 4 种，为鸮、黑翅鸢、黑鸢和红隼。属于中日候鸟保护协定的有 19 种，中澳候鸟

保护协定种类有 13 种。

数量方面，优势类群为鹁形目和雁形目。优势种为赤颈鸭、黑腹滨鹬、环颈鹧和白鹭，数量分别占总调查数量的 29.3%、19.2%、16.5%和 16.5%。常见种为苍鹭、蒙古沙鹁、大白鹭、红颈滨鹬、八哥、青脚鹬、绿翅鸭，数量共占当季比例的 12.6%。水鸟数量占总调查数量的 96.2%。留鸟数量占 21.6%，部分为复合居留型的种类。

(4) 冬季鸟类组成

冬季是项目所在的珠江口鸟类种类丰富，数量最稳定的时期，一般情况下鸟类数量在 12 月中旬至 11 月中旬达到峰值，并保持相对稳定。其中以水鸟占绝对优势，并多集大群活动。冬季越冬期鸟类主要物种组成为 9 目 22 科 46 种，其中 31 种为水鸟，其余 15 种为陆生鸟类，留鸟有 9 种，复合居留型有 4 种，候鸟有 33 种。

受保护物种方面，属于广东省重点保护陆生野生动物的有 11 种；国家重点保护陆生动物有 8 种，包括一级保护的黑脸琵鹭和二级保护的白额雁、白琵鹭、鸕、黑翅鸕、白腹鹬、黑鸕、红隼等。列入国家保护动物红色名录近危以上级别的有 5 种，其中黑脸琵鹭为濒危物种，白琵鹭、鸕、黑翅鸕、白腹鹬等 4 种为近危级别；列入 IUCN 红色名录近危级别以上的物种有 2 种，分别为近危级别的黑尾塍鹬和濒危级别的黑脸琵鹭。列入 CITES 附录的物种有 6 种，为白琵鹭、鸕、黑翅鸕、白腹鹬、黑鸕和红隼。属于中日候鸟保护协定的有 26 种，中澳候鸟保护协定种类有 9 种。

数量方面，优势类群为鹁形目和雁形目。优势种为环颈鹧和黑腹滨鹬，数量分别占总调查数量的 36.1%和 26.4%。常见种有赤颈鸭、琵嘴鸭、白鹭、绿翅鸭、黑脸琵鹭、苍鹭、大白鹭、洋鹬、针尾鸭、白骨顶、鹤鹬、斑嘴鸭等 12 种，数量共占当季比例的 33.1%。水鸟数量占总调查数量的 99.5%。留鸟数量占 6.86%，部分为复合居留型的种类。

4.9.2.8 评价区域鸟类空间分布

根据调查区域和评价目标，项目场址及周边鸟类主要生境分为养殖塘湿地、滩涂湿地、红树林湿地等三类栖息生境。其中种类最丰富的鹁鹬类主要分布在垦区外的磨刀门水道和鹤洲南垦区北部，退潮时在滩涂集群觅食，涨潮时飞进垦区

内的裸地或浅滩中停歇。小型雁鸭类则主要分布在垦区内的近中央位置，在水位较深的区域游动，受人为干扰较少，也有部分出现在鹤洲北的养殖塘。而大型的雁类则更偏向在垦区北部的浅水和水边草地活动。体型较大的鹭类分布较广泛，在垦区内的浅水、河道滩涂和红树林上均会栖息，以养殖塘和滩涂上的鱼类为食。和鹭鸟同属鹬形目的琵鹭属鸟类也会跟随鹭鸟活动，但更为胆小，偏好浅水区域，常集群。保护物种中有多种猛禽，其中黑鸢、鸮等都以鱼为食，在垦区上空活动较频繁，也可能俯冲到水面捕捉鱼类，其他猛禽也会在垦区和周边养殖塘上空飞行，但基本不会降落在水面上。主要国家级保护物种的空间分布见下图，项目范围内紧邻东堤有黑脸琵鹭、白额雁停留，于堤外觅食；其他物种分布在项目范围以外，包括堤内北侧区域及堤外湿地。

征求意见稿

4.9.2.9 鸟类迁徙及飞行路线

① 鸟类迁徙路线及其规律

鸟类的迁徙是指鸟类种群在夏天繁殖区和冬天越冬区之间所进行的一种大规模的、有规律的、广泛的和季节性的运动。这种运动的基本特点是定期和定向并且常常集成大群进行。鸟类迁徙路线是指鸟类在越冬地和营巢地之间的迁徙路径(王勇等, 2012)。鸟类迁徙的方向取决于越冬地和繁殖地之间的位置, 由于大多数迁徙鸟类在北方高纬度地带繁殖, 南方越冬, 因此, 鸟类多是南北迁徙, 部分种类在南北半球之间行季节性迁徙, 也有些种类迁徙距离较近, 仅限于北半球, 或有的种类可能做东西方向或东偏北、东偏南方向的迁徙(张孚允, 1994)。

通过长期、大量的鸟类环志和科研监测等工作, 现已证实全球八大迁徙路线有三条路线贯穿我国全境(Bamford et al., 2008), 在我国形成东部、中部和西部三条迁徙路线。珠江口地区属华南沿海, 位于东部迁徙路线上, 即全球尺度的东亚-澳大利西亚迁徙路线的中段偏东地带。该路线从我国南海沿东南沿海一带, 穿越华南东部和华东、华北、东北的大部分地区, 通往俄罗斯西伯利亚地区, 其覆盖范围主要包括我国动物地理学分区的大兴安岭亚区、长白山亚区和松辽平原亚区, 华北区的黄淮海平原亚区, 东北区的东部草原亚区, 华中区的东部丘陵平原亚区, 华南区的闽粤沿海亚区、海南岛亚区、台湾亚区和南海诸岛亚区。沿该路线迁徙的候鸟主要包括: 在西伯利亚、阿拉斯加、蒙古东部和我国东北地区繁殖, 前往东南亚、澳洲等地越冬的鸕鹚类, 在我国越冬的白鹤、白枕鹤、东方白鹳、鸿雁、豆雁、苍鹭、花脸鸭、苍鹰、红嘴鸥、长耳鸮、白腰朱顶雀、黄喉鹀等鸟类, 以及前往朝鲜半岛及日本越冬的丹顶鹤等鸟类, 是涉及候鸟种类和数量最多的路线。

鸟类的迁徙路线, 虽然在大尺度上可能体现出空间上的近似关系。但是具体的迁飞路径, 停歇地点有很大的种间变异, 甚至种内的不同种群之间均有变异。研究鸟类迁徙, 需要对鸟类进行环志标记或者卫星追踪调查。目前研究表明, 大部分迁徙性水鸟的连续飞行距离较长, 经常进行上千公里甚至数千公里的连续飞行(马志军, 2013)。大部分对迁徙路线的研究采用直线将营巢地——中途停歇地——越冬地之间联结起来, 形成理论上的迁徙路线, 然而受地面构造、景观类型、植被、食物及天气等各种条件影响, 实际路线有所偏差。如雁鸭类大都集中

于内陆水域,沿湖泊、河流迁徙,鹤鹑类则多沿海岸绕行(张孚允和杨若莉,1997)。



图 4.6-3 东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线示意图

② 珠江口鸟类迁徙和飞行路线

根据珠江口的地形地貌、景观类型、鸟类栖息生境等分布情况,结合实际观察,在珠江口分布的迁徙鸟类主要为越冬和春秋过境的水鸟,在项目所在地海域和周边区域的经停点主要是沿岸滩涂湿地,其次是大型的离岸岛屿,迁徙路线主要沿海岸迁徙。沿海滩涂湿地是迁飞候鸟主要栖息生境。在珠江口分布的已知主要水鸟集中栖息地包括深圳湾(香港称后海湾)红树林湿地、澳门路氹湿地、南沙湿地、淇澳岛红树林湿地、珠海斗门平沙、新会银湖湾湿地等。根据环志目击记录和鸟类组成分析,水鸟会在以上几处湿地间飞行,因此,珠江口多个沿海湿地共同为迁徙候鸟提供栖息和觅食场所。

5 环境影响预测与评价

5.1 水文动力影响分析与评价

5.1.1 潮流场模型

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》的要求，建立评价海域潮流模型，预测本项目对水文动力环境的影响，并为施工期水质环境影响预测和溢油事故风险预测建立基础。针对本工程所在地的水动力特性，采用平面二维水动力模型进行潮流场计算，所用模型的控制方程如下：

(1) 模型基本方程

对于宽浅型水域且潮混合较强烈、各要素垂向分布较均匀的近岸海域或河口、海湾，其水动力特性可平面二维数值模型近似描述。将动水压力取代动水压力，并沿水深方向积分 N-S 方程，可以得到平面二维水动力模型的控制方程。

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}h}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}h}{\partial y} = hS$$

动量方程：

$$\frac{\partial \bar{u}h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}h^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}h\bar{v}}{\partial y} - f\bar{v}h + gh\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_0} \left(h\frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{gh^2}{2}\frac{\partial \rho}{\partial x} \right) + A_x + h\bar{u}_z S$$

$$\frac{\partial \bar{v}h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{v}h^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{u}h\bar{v}}{\partial x} + f\bar{u}h + gh\frac{\partial \eta}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0} \left(h\frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{gh^2}{2}\frac{\partial \rho}{\partial y} \right) + A_y + h\bar{v}_z S$$

式中： t 为时间； x, y, z 为右手 Cartesian 坐标系； d 为静止水深； $h = \eta + d$ 为总水深； η 为水位； u, v, w 分别为流速在 x, y, z 方向上的分量； ρ 为水的密度， ρ_0 则是参考水密度； P_a 为当地的大气压； $f = 2\Omega \sin\phi$ 为 Coriolis 参数（ Ω 是地球自转角速率， ϕ 为地理纬度）； $f\bar{v}$ 和 $f\bar{u}$ 为地球自转引起的加速度； A_x, A_y 为应力项； S 为源汇项， (u_z, v_z) 源汇项水流流速。横线表示深度的平均值。例如， \bar{u} 和 \bar{v} 平均深度的速度，被定义为

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz, \quad h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

应力项 A_x 、 A_y 为包括水平粘滞应力、表面风应力、底部切应力和波浪辐射应力。其方程如下:

$$A_x = -\frac{1}{\rho_0} \left(\tau_{bx} - \tau_{ax} + \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy})$$

$$A_y = -\frac{1}{\rho_0} \left(\tau_{by} - \tau_{ay} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy})$$

式中, $\tau_{bx} = \frac{\rho g}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} u$, $\tau_{by} = \frac{\rho g}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} v$, $C = M \times h^{1/6}$, M 为曼宁系数。

$\tau_{bx} = f_w \rho_a (u_w^2 + v_w^2)^{1/2} u_w$, $\tau_{by} = f_w \rho_a (u_w^2 + v_w^2)^{1/2} v_w$, f_w 为风阻力系数, ρ_a 为空气密度, u_w, v_w 为 x 向和 y 向的风速。

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yy} 为波浪辐射应力。

$T_{xx} = 2E \frac{\partial u}{\partial x}$, $T_{xy} = E \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)$, $T_{yy} = 2E \frac{\partial v}{\partial y}$, E 为紊动粘性系数, 采用

smagorinsky 公式计算 $E = C \Delta \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]$ 进行计算, C 为计

算参数, 取值范围为 0.15~1.0, Δ 为网格尺寸, u 、 v 为 x 、 y 方向的流速。

本研究中不考虑风应力影响, 即 $\tau_x^i = \tau_y^i = 0$ 。

本研究中不考虑波浪影响, 即 $S_{xx} = 0$ 、 $S_{xy} = 0$ 、 $S_{yy} = 0$ 。

(2) 数值解法

模型的空间离散是使用单元中心有限体积法。空间离散是由连续离散细分成非重叠的单元, 在水平面上非结构化网格是用三角形单元组成。方程离散时, 结果矢量参数 u 、 v 位于单元中心上。中心上的变量通过该三角形三边的净通量来计算, 而节点上变量的计算是通过与该点相连的三角形中心和边中心连线的净通量进行。跨边界通量的计算采用 Riemann 近似求解。

模型的时间差分格式采用显式迎风格式。模型中使用了动态时间步长, 依据

网格大小在保证模型收敛的条件（ $CFL < 1$ ）下自动调整。

$$CFL = (\sqrt{gh} + |u|) \frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|) \frac{\Delta t}{\Delta y}$$

式中 Δt 为时间步长， Δx 和 Δy 分别为每个单元 x 和 y 方向上的特征长度比例。

5.1.2 模型建立

5.1.2.1 计算范围和网格设置

本项目所在的磨刀门水道、泥湾门水道和鹤洲水道既受外海潮汐动力影响，也受上游径流影响，为充分反映上述两种动力的影响且兼顾工程近区的精度，本次采取嵌套模型思路来计算工程海区的潮流场，其中大范围模型覆盖整个珠江三角洲网河及外海 80m 水深海域，小范围模型着重模拟本项目所在的磨刀门水道、泥湾门水道和鹤洲水道，小模型的边界条件由大范围提供，所建大小模型的计算范围和网格见图 5.1-1~图 5.1-2，工程附近区域的网格及水下地形见图 5.1-3。

模型采用三角形网格进行离散，大范围的空间分辨率外海为 2000m，网河区及工程近区为 20~100m，小模型外海网格约 500m，工程区网格约 10~20m。

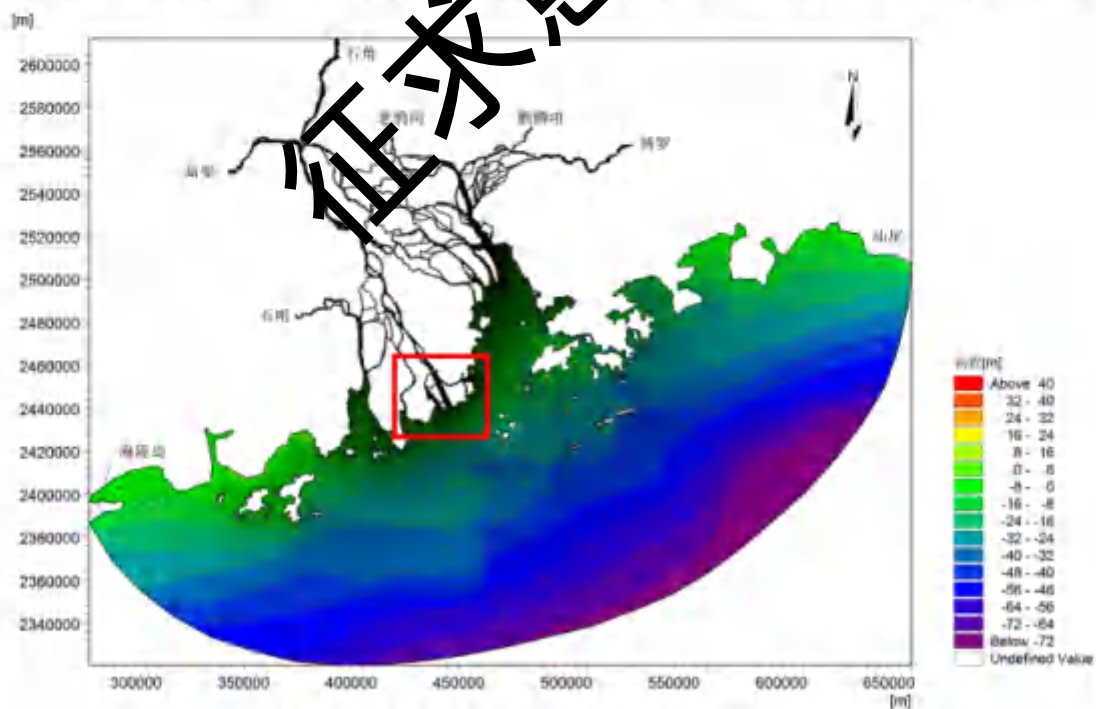


图 5.1-1 大模型范围与网格地形图（85 高程）

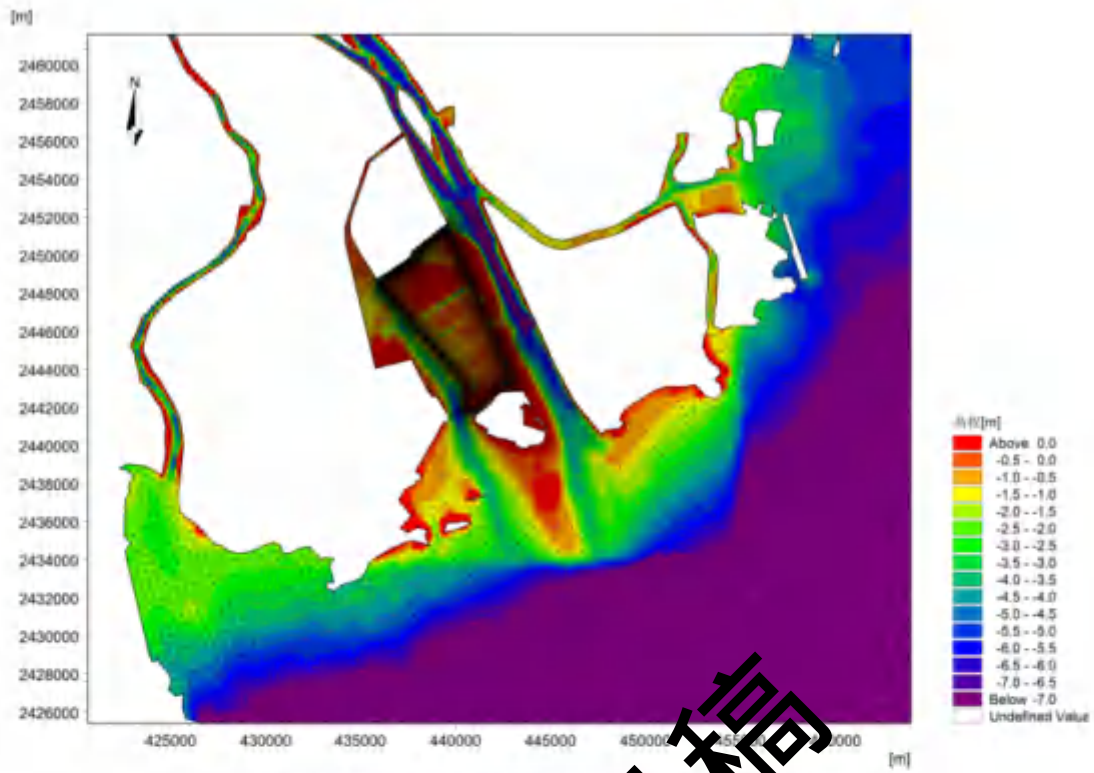


图5.1-2 小模型范围与网格地形图 (85 高程)

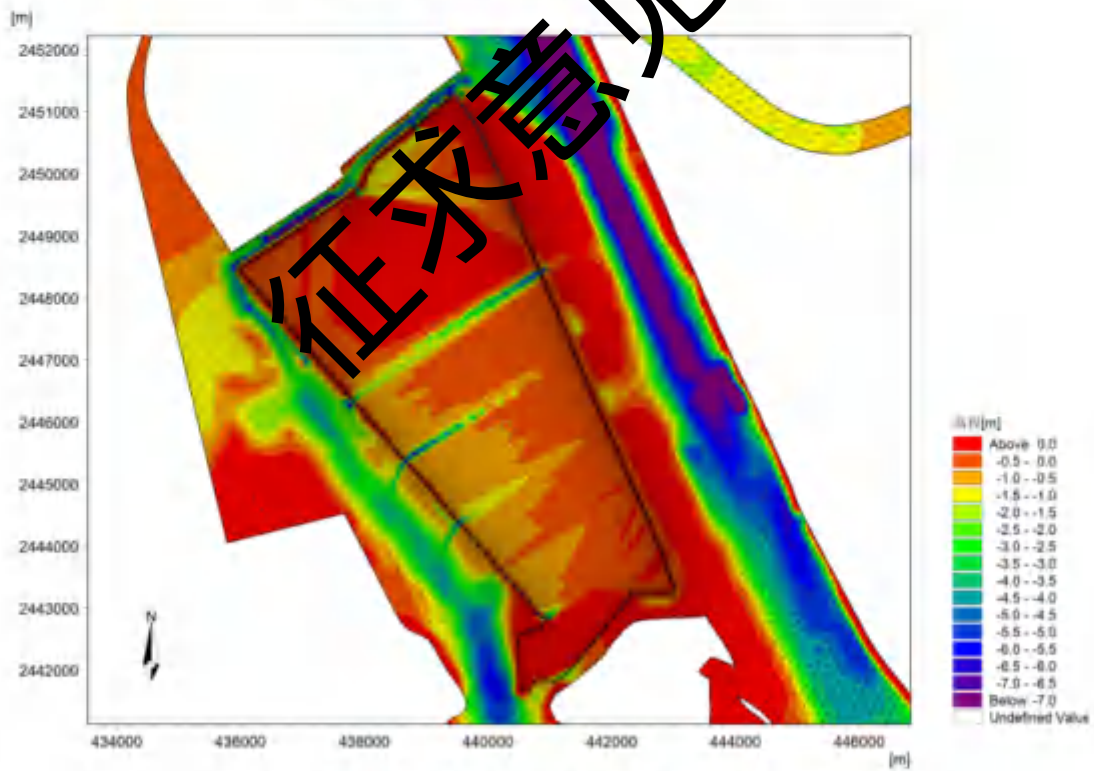


图5.1-3 拟建项目附近网格地形图 (85 高程)

5.1.2.2 采用的地形资料及坐标系、高程系

建模的大范围水深数据取自航保部 1:30000、和 1:150000 海图，工程附近采用 2020 年测绘的 1:2000 水下地形图补充。

模型平面坐标系采用 2000 国家大地坐标系，3 度带高斯投影平面直角坐标系，中央子午线为 114° ，高程采用 1985 国家基准高程。

计算区域水下地形见图 5.1-1~图 5.1-2，考虑到计算海域浅滩较多，本模型增加了漫滩、露滩效应的模拟。

5.1.2.3 边界条件及计算步长

边界条件：模型外海边界采用水位控制，水位由中国海洋大学研发的中国近海潮汐预测程序（ChinaTide）提供，该潮汐预测程序由 9 个分潮的调和常数进行叠加而获得潮位，具有较高精度。

模型上游河流边界采用流量控制，即西江边界采用梧州站的流量数据，北江边界采用石角站的流量数据，东江边界采用博罗站的流量数据，潭江边界采用石咀站的流量数据，流溪河边界采用老鸦岗站的流量数据，增江边界采用麒麟咀站的流量数据。

模型在固壁边界上给定滑移边界条件，即固壁上法向流速为零，而切向流速不为零。

计算步长：根据稳定性要求动态调整，取值在 0.1~5.0s 之间。

5.1.2.4 水闸调度运行方式

本项目位于鹤州南围垦区内，四面有堤防围蔽，仅通过东、北、西三面堤防上的水（船）闸与磨刀门水道、鹤州水道、泥湾门水道相连。根据现场调研得知，水闸除了横洲闸外其它 6 个闸为间歇性开启，一般早、晚会各开启一段时间；船闸如有航行要求，会临时开启，其余时间关闭。本次数模从偏保守角度考虑按照水闸开启进行水动力场计算。

5.1.3 模型验证

本次建立的潮流场数学模型采用 2023 年 3 月 6 日 10:00~7 日 11:00（大潮）的水文资料进行验证。观测资料包括 2 个站点（T2、C9）的潮位资料和 9 个站点（C4、C6、C8~C12、C14、C15）的海流资料。

5.1.3.1 潮位验证

潮位验证结果见下图，由图可见，T1 和 C4 站潮位计算过程与实测过程吻合良好，两个站的计算潮位与实测潮位最大偏差不超过 0.08m，相位偏差不超过 0.5h，满足相关规程规范要求。

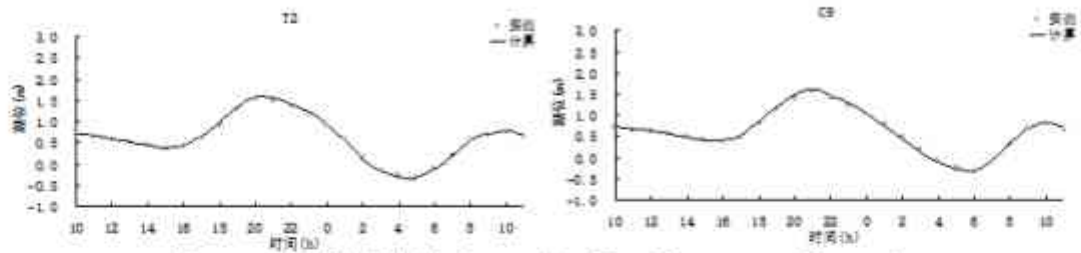


图 5.1-5 潮位验证曲线（2023 年 3 月 6 日 10:00~7 日 11:00）

5.1.3.2 海流验证

海流验证结果见下图。海流验证结果显示，各站计算流向过程与实测流向过程基本吻合，仅个别站点在短时段内存在一定偏差。各站计算流速过程与实测流速过程基本一致，计算流速值与实测流速值量级相当。

征求意见稿

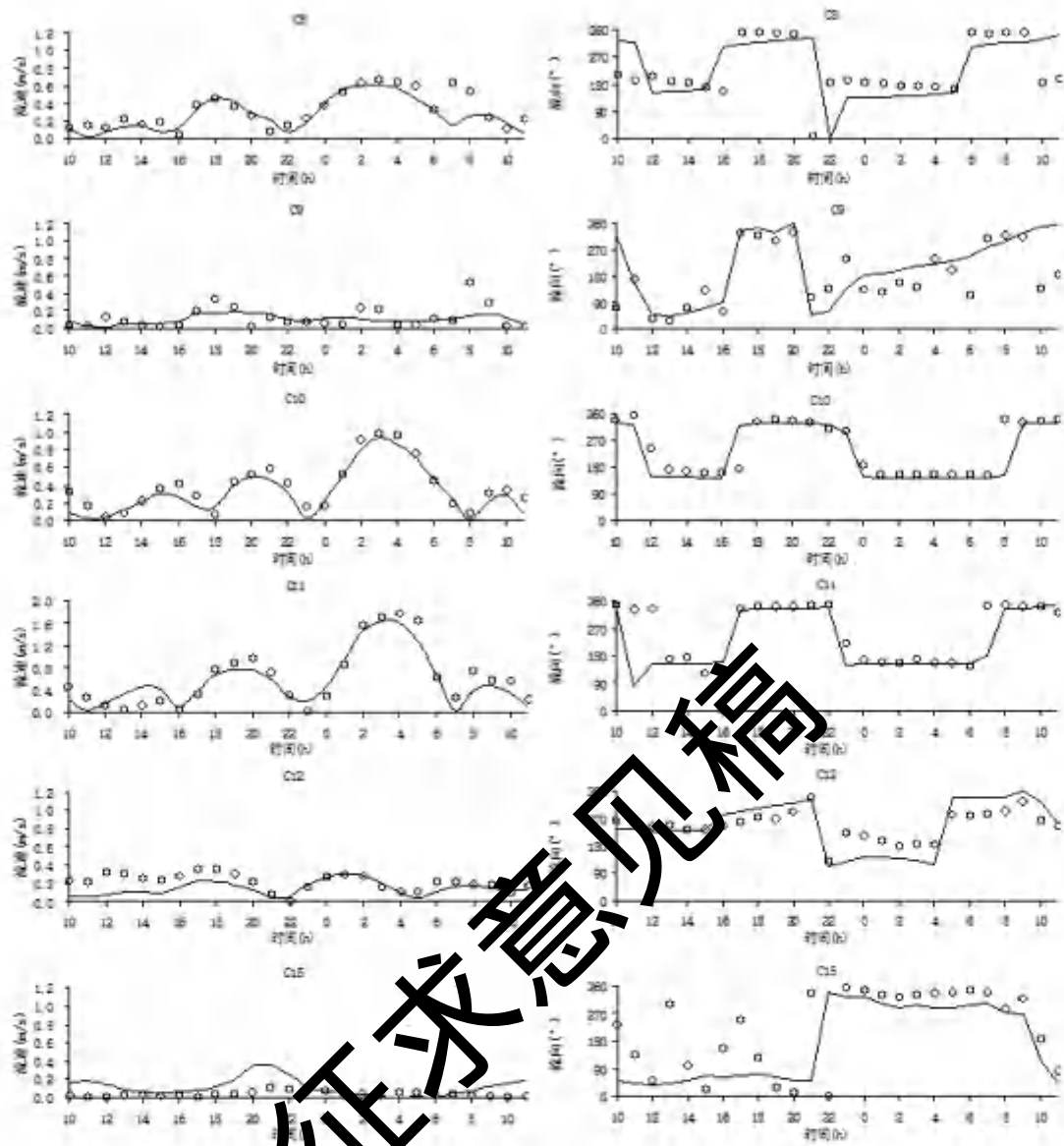


图5.1-6 流速、流向曲线（2023年3月6日10:00~7日11:00）

综合潮位及潮流的验证结果，本次建立的潮流场数学模型计算潮位及计算流速、流向与原体实测值基本吻合，可认为模型基本反映了工程海域的水流运动特征，可作为本项目水动力环境和溢油扩散等方面预测计算的基础。

5.1.4 潮流动力场变化分析

5.1.4.1 工程前潮流场特征

本项目所在的鹤洲水道位于磨刀门出口段，磨刀门为珠江口八大口门之一，受上游径流和外海潮汐共同影响，其中潮汐动力是控制性因素，上游珠江径流流量对于本区域流场的影响远小于外海潮汐动力对于本区域流场的影响。

工程海域海水的潮流运动表现出明显的往复流特征。涨潮时，潮流由白藤河水道进入项目所在的鹤洲水道，之后再流入磨刀门水道；落潮时则相反，潮流由磨刀门水道流入鹤洲水道，之后流入白藤河水道。大潮涨急、落急时刻的流场见图 5.1-6~图 5.1-10。从图中可以看出，工程前现状条件下项目附近的鹤洲水道涨急最大流速约 0.58m/s，落急最大流速约 1.02m/s，落潮流速大于涨潮流速。本项目位于广东省珠海市鹤州新区南垦区内，所在海域受四周堤防围蔽，水流动力较弱，除水闸短暂开启围内水体与外海水体交换时，围内海域水流流动外，大部分时段围内水体处在静止状态。

5.1.4.2 工程后潮流场特征

本项目的涉水建筑物包括升压站一座与光伏桩基，以上建筑物均位于围垦区内，项目所在海域受四周堤防围蔽，水流动力较弱，大部分时段为静止状态，因而定性判断本项目对其影响不大，对围外的磨刀门水道环境基本无影响。

征求意见稿

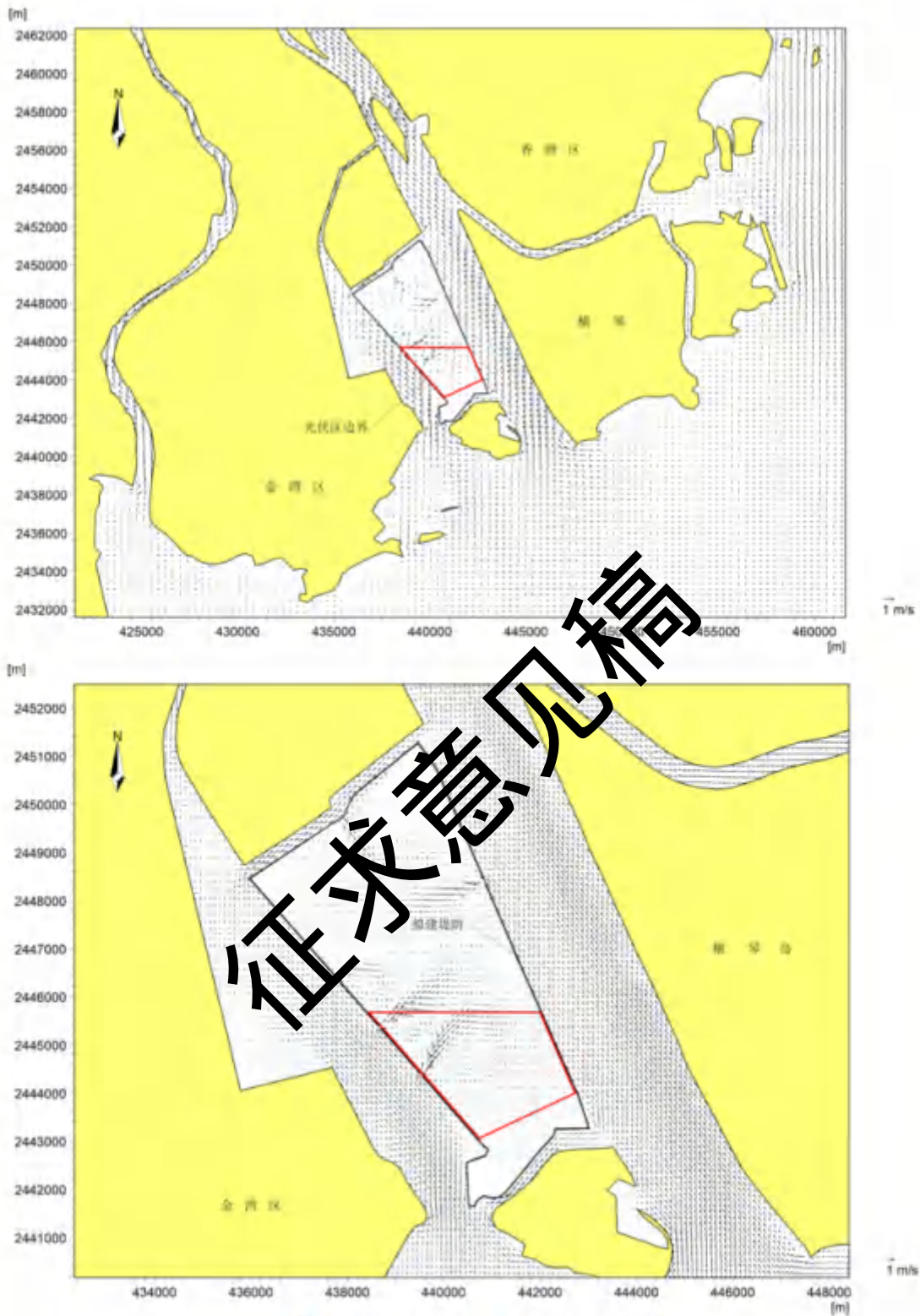


图 5.1-7 工程前大潮涨急时刻流场图

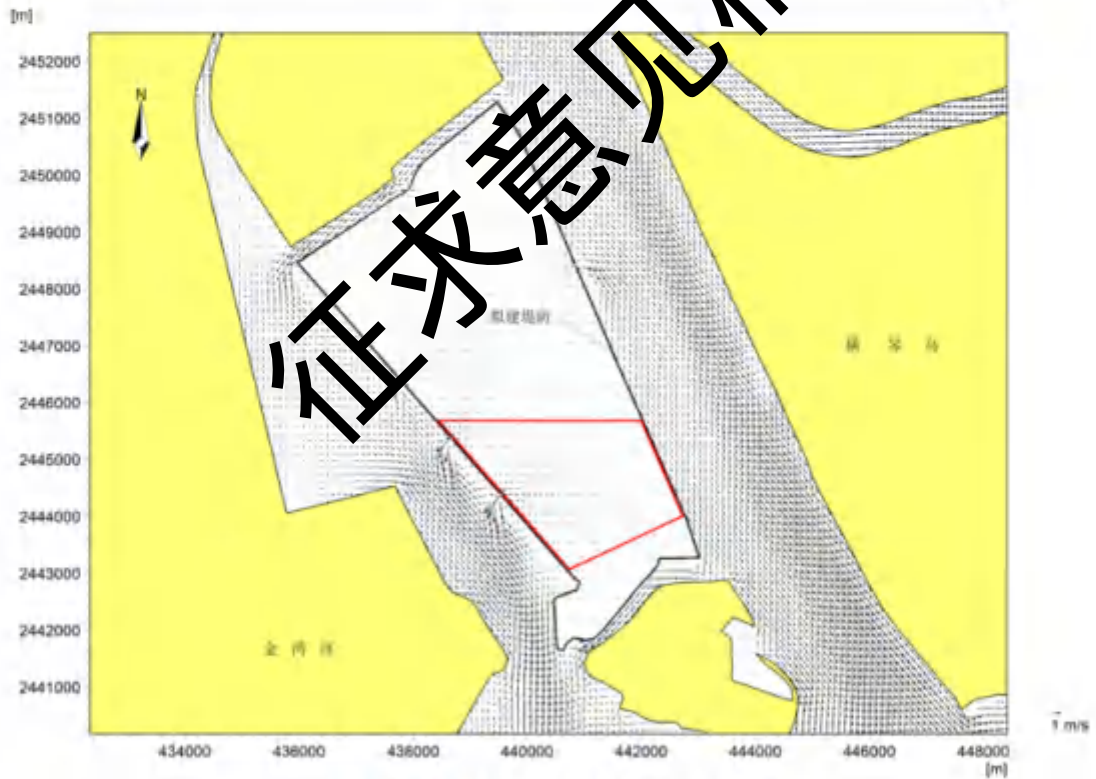
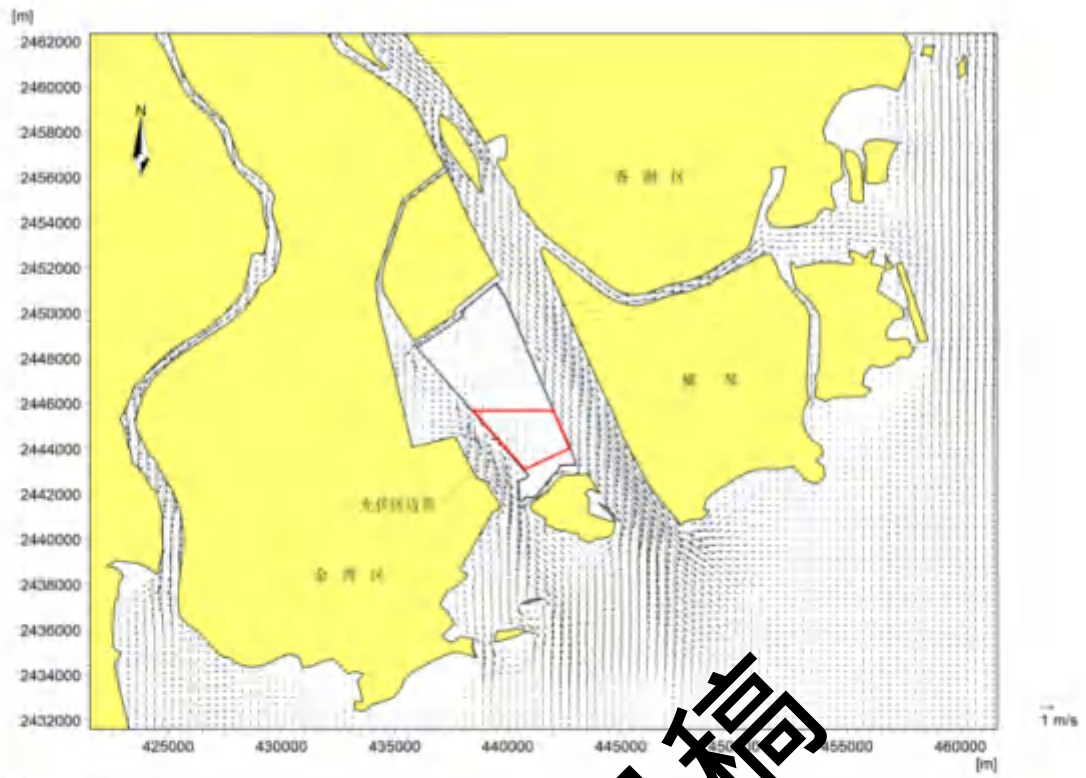


图 5.1-8 工程前大潮落急时刻流场图

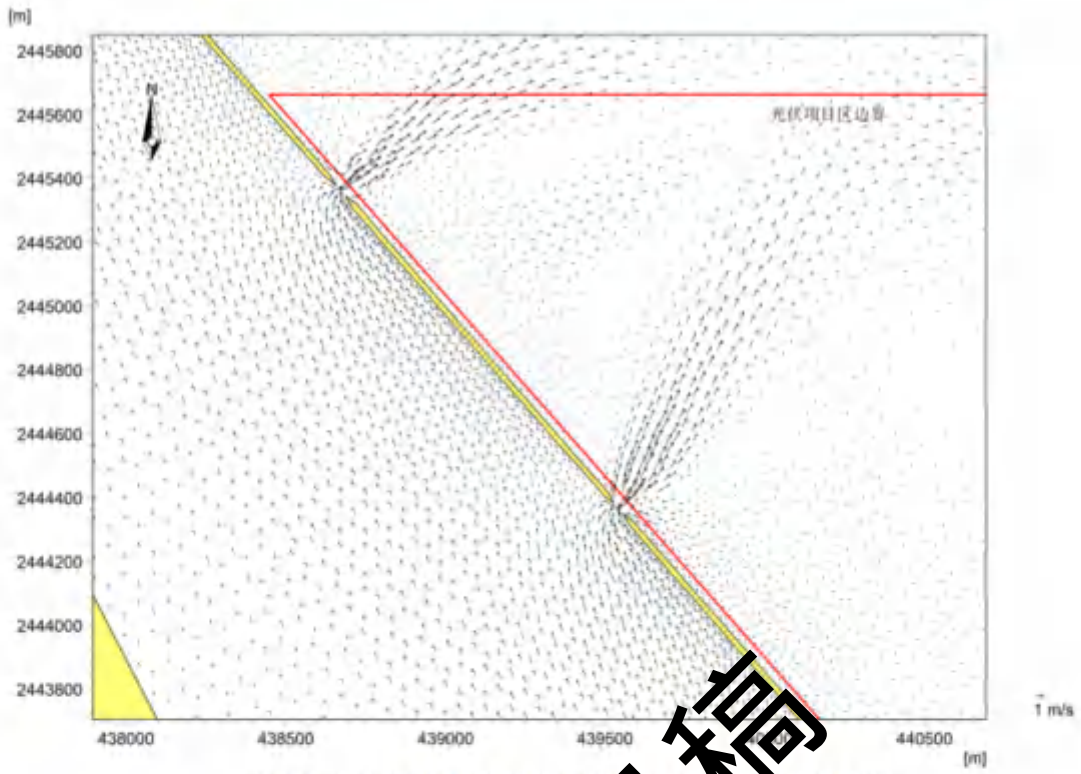


图 5.1-9 工程前大潮涨急时刻 3#、4#水闸附近流场图

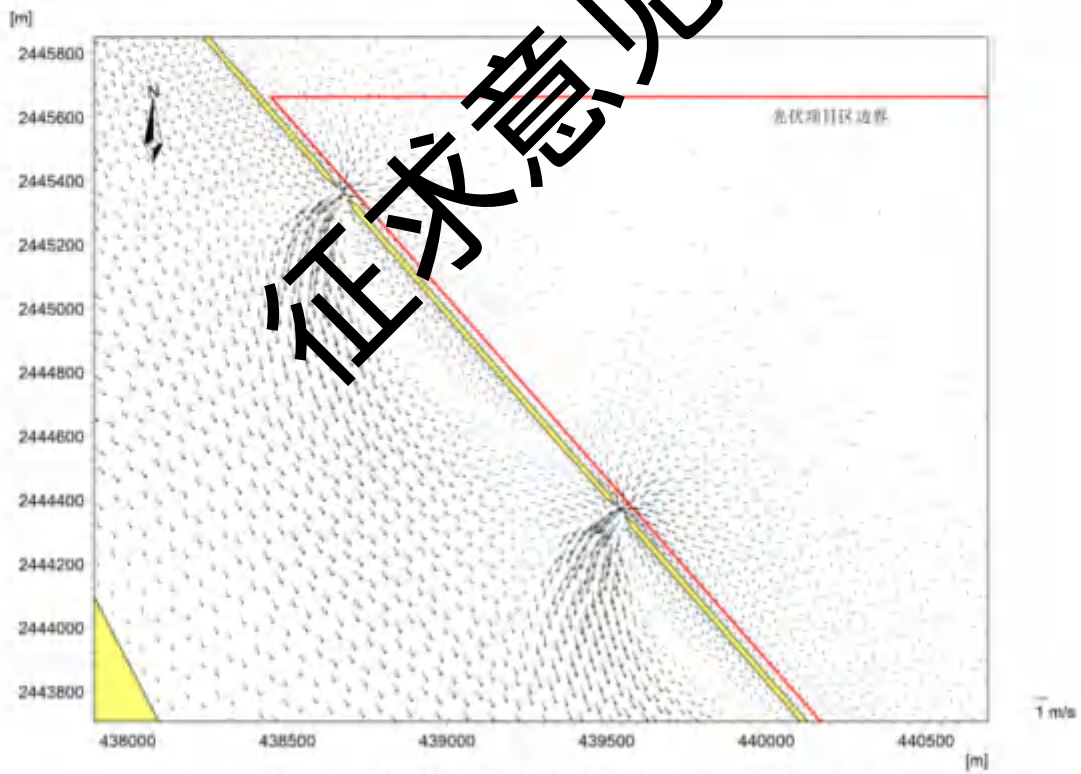


图 5.1-10 工程前大潮落急时刻 3#、4#水闸附近流场图

5.2 地形地貌与冲淤环境影响预测

本项目的涉水建筑物为升压站一座及光伏桩基，以上建筑物均位于围垦区内。光伏项目所在海域四周有堤防围蔽，水流动力较弱，水体大部分时段为静止状态，可以定性判断本项目对水动力环境不产生明显影响，不影响水流泥沙的运动特征，对工程所在海域的海床冲淤也不产生明显影响。

5.3 海水水质影响分析与评价

本项目光伏桩基施工过程中会产生悬浮物，造成水体混浊、对项目周边的水质环境产生影响。本节在上述水动力计算的基础上，对施工期产生的悬浮物进行预测，据此评估本项目施工对水质环境的影响。

5.3.1 悬浮物扩散模型

(1) 悬浮物输运扩散方程

$$\frac{\partial HC}{\partial t} + \frac{\partial uHC}{\partial x} + \frac{\partial vHC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x H \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_y H \frac{\partial C}{\partial y} \right) + Q_s$$

式中， C 为水中悬浮物浓度， A_x 、 A_y 为 x 、 y 方向的广义物质扩散系数， Q_s 为源汇项，

$$Q_s = q_s + \begin{cases} M \left(\frac{V^2}{V_e^2} - 1 \right) & V \geq V_e \\ 0 & V_d < V < V_e \\ \lambda \alpha C \left(\frac{V^2}{V_d^2} - 1 \right) & V \leq V_d \end{cases}$$

式中， q_s 为施工期产生的悬浮物源强， M 为冲刷系数， λ 为悬浮物沉降机率， ω 为悬浮物沉速， V 为潮流流速， V_d 为悬浮物落淤临界流速， V_e 为悬浮物悬扬临界流速；

(2) 定解条件

初始条件：由于我们主要考虑施工作业对水体的影响，故假定初始含沙量分布场为零。

边界条件：在闭边界上，含沙量的法向梯度为零。

在开边界上：当水体流入计算区含沙量取为零；当水体流出计算区时边界上的含沙量用 $\frac{\partial C}{\partial t} + V_n \frac{\partial C}{\partial n} = 0$ 计算。

(3) 模型参数

1) 广义物质扩散系数 A_x 、 A_y ：按以下公式计算，

$$\begin{cases} A_x = 5.93\sqrt{gH}|u|/C_s \\ A_y = 5.93\sqrt{gH}|v|/C_s \end{cases}$$

式中： C_s 为谢才系数。

2) 冲刷系数 M ：计算不考虑悬浮泥沙沉降后的再悬浮， M 取 0。

3) 泥沙沉降几率 λ

根据经验取值为 0.50。

4) 泥沙的沉速 ω ：根据《港口与航道水文规范》(GB 5145-2015)，泥沙颗粒中值粒径小于等于 0.03mm 时，絮凝沉降速度取 0.04~0.05cm/s。根据工程附近海域表层沉积物粒度调查结果，工程区年平均中值粒径普遍小于 0.03mm。因此，悬沙沉降速度取为 0.05cm/s。

5) 落淤临界流速 V_d 、悬移质流速 V_c ：采用窦国仁泥沙公式计算

$$V_d = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD}, \quad k = 0.26$$

$$V_c = k \left(\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD + \left(\frac{r_0}{r_*} \right)^{5/2} \frac{\varepsilon + g\delta h(\delta/D)^{1/2}}{D}}, \quad k = 0.41$$

以上两公式中其他各参数取值为， $g=981\text{cm/s}^2$ ，当泥沙粒径 $D < 0.05\text{cm}$ ，床面糙率 $\Delta=0.1\text{cm}$ ， $d'=0.05\text{cm}$ ， $d_*=1.0\text{cm}$ ，泥沙粘结系数 $\varepsilon=1.75\text{cm}^3/\text{s}^2$ ，薄膜水厚度参数 $\delta=2.31 \times 10^{-5}\text{cm}$ ， h 水深 (cm)， r_0 床面泥沙干容重 (g/cm^3)， r_* 床面泥沙稳定干容重 (g/cm^3)，泥沙容重 $r_s=2.65\text{g/cm}^3$ ，海水容重 $r=1.025\text{g/cm}^3$ 。

5.3.2 悬浮物计算条件

(1) 水动力条件

采用 2023 年 3 月 5 日~12 日包含大、中、小潮的潮汐过程作为悬浮物计算

的代表动力过程。

(2) 悬浮物源强

本项目光伏区桩基单根桩源强为 0.075kg/s；升压站按同时打 4 根桩考虑，源强为 0.396kg/s。

(3) 悬浮物计算工况

本项目施工最大源强的情景为升压站同时打 4 根桩、桩基式光伏区同时打 16 根桩预测的情景，即场内同时有 20 条船在施工。源强产生位置见图 5.3-1。施工时为了避免船只互相影响，16 条施工船将分散施工，因此光伏区源强均匀分布于厂界内，升压站在西南角。典型情景的计算工况见表 5.3-1。

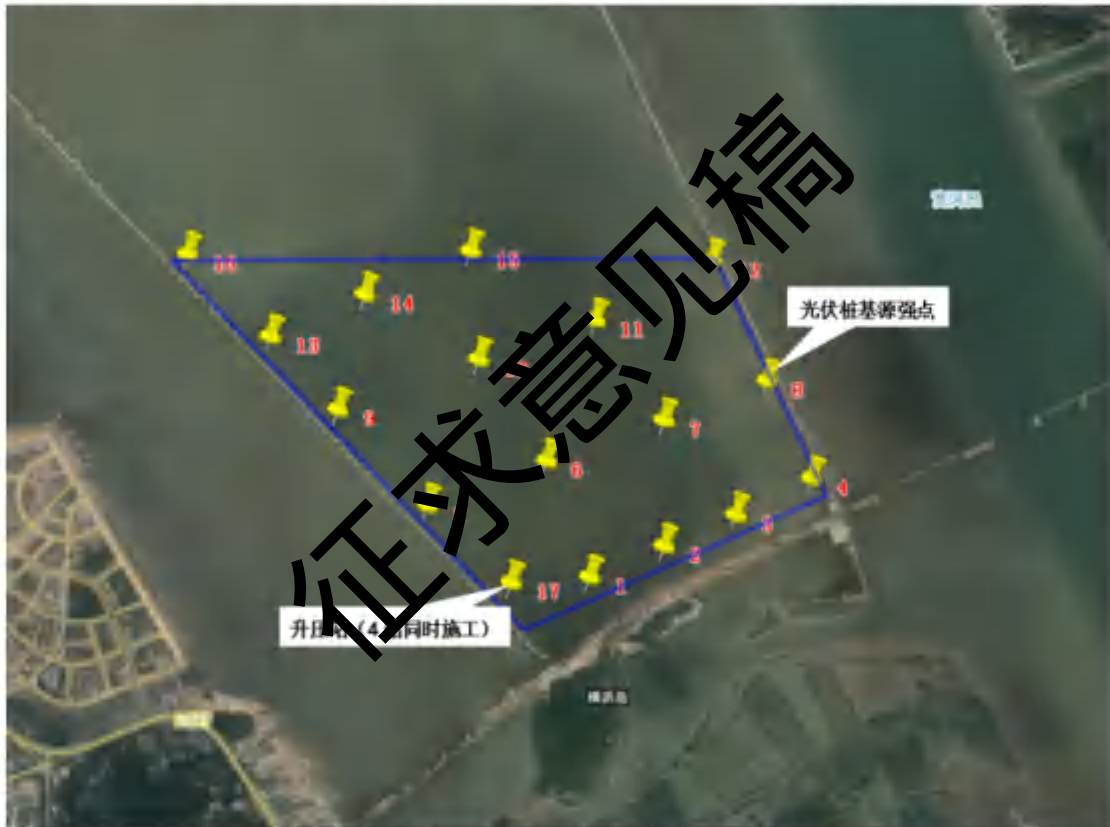


图 5.3-1 施工期悬浮物源强点位置示意图

表 5.3-1 项目施工期悬浮物计算的典型情景

序号	施工位置	源强点	源强
1	光伏桩基区	1~16	0.075kg/s
2	升压站	17	0.396kg/s

5.3.3 影响预测与评价

潮流是悬浮物运输、扩散的“载体”，施工产生的悬浮物除因自身重力发生沉降外，主要受潮流作用，进行运输、稀释和扩散。悬浮物计算时，首先进行水动力场计算，然后再施加悬浮物源强，计算出模拟时段内各计算网格点的悬浮物增量浓度。最后统计各计算网格点在模拟时段内的悬浮物增量浓度最大值，利用各网格点的最大值绘制悬浮物增量浓度包络线图。

图 5.3-2 为典型情景的悬浮物增量浓度最大包络线，表 5.3-2 为不同增量浓度包络线的包络面积。由图 5.3-2 可见，各源强点的悬浮泥沙增量浓度包络线主要呈圆形或椭圆形分布，扩散范围较小，这与工程区受四周堤防围蔽，潮流总体较弱的规律相符。

计算结果显示，施工典型情景的悬浮物增量浓度小于 10mg/L 的影响区域包络面积为 0.0172km²。

本项目位于磨刀门水道，所在水域涉及台湾重要河口生态系统限制类红线区、幼鱼幼虾保护区，施工悬浮泥沙不可避免会对上述功能区产生影响；除此之外，本项目施工对周边其它环境敏感目标影响的悬浮泥沙增量浓度均小于 1mg/L。

表 5.3-2 悬浮物不同增量浓度包络线的包络面积 (km²)

增量浓度	>150mg/L	>100mg/L	>50mg/L	>20mg/L	>10mg/L
包络面积	0.0006	0.0006	0.0018	0.0044	0.0172

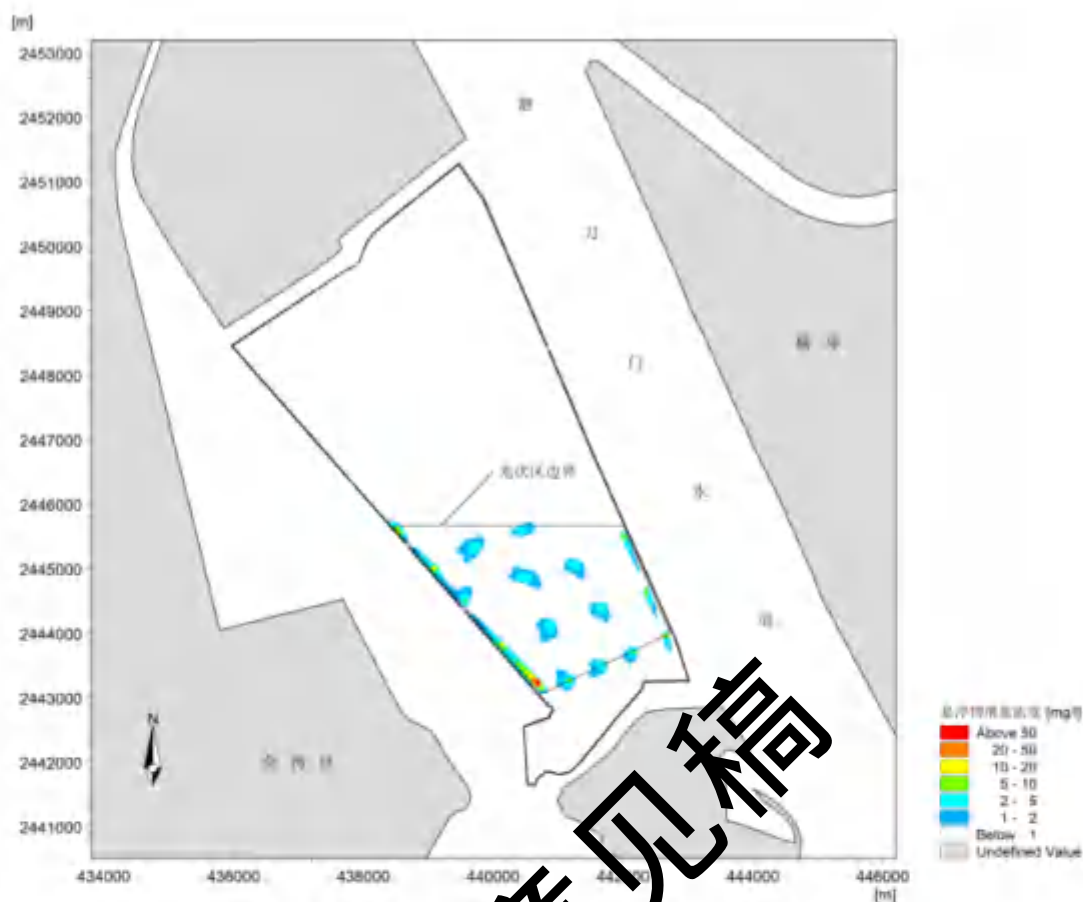


图 5.3-2 施工典型情景内悬浮物增量浓度包络线

5.4 海洋生态影响分析与评价

5.4.1 项目施工期对水生生态环境影响分析

5.4.1.1 对浮游生物的影响分析

项目施工期桩基施工过程中，会引起附近水域悬浮物质的增加，破坏浮游生物的生存环境，从而对本项目附近水域内浮游生物产生影响。

(1) 对浮游植物的影响

水中浮游生物的时空分布、数量变化与水体的透明度密切相关，且具有较强的流动性，本工程施工期间的打桩作业对水体底部扰动而产生一定量的悬浮物，悬浮物随着水体流场的变化扩散，会形成一定范围的悬浮物高浓度分布区，导致局部水体透明度下降，而水体浊度变化将直接或间接影响水生植物的光合作用。

(2) 对浮游动物的影响

施工作业引起施工水域内的局部海水的混浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该海域内的游泳动物迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响，尤其是

滤食性浮游动物受到的影响较大,这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加,悬浮颗粒会粘附在动物体表,干扰其正常的生理功能,滤食性浮游动物会吞食适当粒径的悬浮颗粒,造成内部消化系统紊乱。据有关资料,水中悬浮物质含量的增多,对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤和消化器官,尤其在其含量水平达到 300mg/L 以上时,这种危害特别明显。而在悬浮物中,又以粘性淤泥的危害最大,泥土及细砂泥次之。

施工引起的环境影响是局部的,低浓度的,且这种不良影响是暂时的,当施工结束后,这种影响也将随之消失。

(3) 对鱼卵、仔鱼的影响

水体中过高和细小的悬浮颗粒物会黏附于鱼卵表面,妨碍鱼卵的呼吸,不利于鱼卵成活、孵化,从而导致部分鱼卵死亡,总体成活率下降。

5.4.1.2 对底栖生物的影响

工程建设的桩基等将占用河道及海域的生态面积,桩基覆盖面积内的底栖动物将被完全破坏,河床的底质类型和分布将被改变,底栖动物的生境条件和空间分布也将被改变。

研究表明,悬浮物浓度为 8mg/L、耐受时间为 2.5h 时,底栖无脊椎动物漂移率增加;悬浮物浓度为 62mg/L、耐受时间为 2400h 时,底栖无脊椎动物种群数量下降 77%;悬浮物浓度为 743mg/L、耐受时间为 2400h 时,底栖无脊椎动物种群数量下降 85%。施工水域悬浮物浓度的增加会对底栖动物产生影响。

施工期桩基施工对水环境的影响和对水体底质的破坏,会导致底栖动物栖息地的减少和生物量的降低。

5.4.1.3 对鱼类的影响

施工期的桩基施工会造成局部范围内水体含沙量和混浊度增加以及冲刷引起的底泥变化,使施工区浮游生物和底栖生物的生境受到一定的破坏,从食物链角度分析,将对施工区鱼类生长带来一定的影响。另外,施工作业搅动水体和河床底泥,局部范围内破坏了鱼类原有栖息地,鱼类将避开这一混浊区,产生“驱散效应”,对渔业捕捞产生一定影响。加上因水质破坏,浮游生物、底栖动物等饵料生物量的减少,改变了原有鱼类的生存、生长和繁衍条件,鱼类将择水而栖

迁到其它地方，施工区域的鱼类密度会有所降低。

另外，施工导致水中悬浮物含量过高，会使鱼类的鳃腺积聚泥沙微粒，严重损害鳃部的滤水和呼吸功能，甚至导致鱼类窒息死亡，特别是对鱼仔影响较为严重，通常认为，悬浮物的含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时，不会导致鱼类直接死亡；另外，水中过量的悬浮物将造成水中溶解氧、透光率下降，使水生生物光合作用强度发生变化，导致局部水域内初级生产力水平降低，进而影响鱼类的繁殖和生长。

根据研究，水中大量存在的悬浮物对生物的毒理危害首先表现为堵塞或破坏水生生物的呼吸器官，从而造成窒息死亡。室内毒性实验表明，前鳞鲷幼鱼在香港维多利亚港疏浚淤泥悬浮液中的中毒症状主要为缺氧窒息，镜检发现幼鱼鳃部不同程度地分布着悬浮微粒从而阻碍其正常呼吸。大颗粒悬浮物在沉降过程中还将直接覆盖底栖生物，如贝类、甲壳类尤其是它们的卵，长时期的累积覆盖影响将导致底栖生物的减产或死亡。悬浮颗粒粘附在生物体表面，也会干扰其正常的生理功能，滤食性游泳动物及鱼类会吞食这些粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。根据国内外文献资料，悬浮物对某些水生生物种类的致死浓度和明显影响浓度见下表。一般认为，水中悬浮颗粒物质含量低于 200mg/L 的水体中鱼类等水生生物不会直接死亡。

表 5.4-1 悬浮物对海洋生物的致死浓度和明显影响浓度（单位：mg/L）

种类	成体		幼体	
	致死浓度	明显影响浓度	致死浓度	明显影响浓度
鱼类	52000	500	250	125
虾类	8000	500	400	125
蟹类	9200	4300	700	125
贝类	700	500	250	125

5.4.1.4 项目海洋对生态环境的其它影响

在项目施工过程中，施工作业对底层泥沙搅动悬浮，致使附近水域悬浮物增加，透明度减小，暂时影响水生植物的初级生产力和所在海域的海洋生态系统；对生态环境有一定的影响。上述影响，是不能用简单的公式进行估算的。建设单位应在工程实施期间要始终将环境保护放在首位，合理采取有效的保护措施，尽量将工程对环境的影响降到最低。

5.4.2 施工期水生生态损失估算

5.4.2.1 底栖生物损失量估算

参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程 (SC/T9110-2007)》(以下简称《规程》), 底栖生物的损失量按以下公式进行计算:

$$W_i = D_i \times S_i \quad (\text{式 5.4-1})$$

式中: W_i 为第 i 种生物资源受损量, 单位为尾、个或千克 (kg); 指底栖生物资源受损量;

D_i 为评估区域内第 i 种生物资源密度, 单位为尾/ km^2 或个/ km^2 或千克 (kg) / km^2 ;

S_i 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积, 单位为 km^2 , 在此为桩基直接占地面积: 为 0.0233km^2 。

根据 2023 年 3 月对 S3 站点的调查, 本项目所在海域大型底栖生物生物量为 $1.96\text{g}/\text{m}^2$ 。

由此, 计算底栖生物损失量为: $1.96 \times 0.0233 \times 10^9 \times 10^{-6} = 0.0457$ 吨

5.4.2.2 鱼卵损失量估算

(1) 按照《规程》, 施工在污染物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害, 按以下公式计算:

$$M_i = W_i \times T \quad (\text{式 5.4-2})$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad (\text{式 5.4-3})$$

式中: M_i 为第 i 种生物资源累计损害量, 尾、个或千克 (kg);

W_i 为第 i 种生物资源一次性平均损失量, 尾、个或千克 (kg);

T 为污染物浓度增量影响的持续周期数 (以年实际影响天数除以 15), 本项目桩基施工 4 个月, 则 T 为 8 个;

D_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度, 尾/ km^2 或个/ km^2 或千克 (kg) / km^2 ;

S_j 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积, km^2 ;

K_{ij} 为某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率, %;

n 为某一污染物浓度增量分区总数。

(2) 各参数取值依据:

①污染物浓度增量区面积 (S_i)、生物资源损失率 (K_{ij}) 的取值依据: 根据水质环境模拟结果, 参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》, 小于 10mg/L 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响, 选取 4 个悬浮物浓度增量分区, 具体见表 5.4-1。

表 5.4-1 本工程悬浮物对各类生物损失率及分区

分区	浓度增量范围 (mg/L)	超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)			
			鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
I 区	10~20	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5	5	5
II 区	20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	17	5	15	15
III 区	50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	40	15	40	40
IV 区	≥ 100	$B_i \geq 9$ 倍	50	20	50	50

②生物资源密度 (D_{ij}) 的取值:

使用 2023 年 3 月在项目场址 (S3 站点) 的监测数据作为项目所在地的生物资源密度。即鱼卵 10ind/m³。

(3) 渔业资源损失量估算结果

根据下表, 施工导致的渔业资源损失量为鱼卵 14.9 万个。

表 5.4-2 本工程悬浮物对各类生物损失率及分区

分区	浓度增量范围 (mg/L)	面积 (m ²)	鱼卵和仔稚鱼生物损失率	鱼卵密度 (ind/m ³)	平均水深 (m)	施工期内实际影响时间 (月)	鱼卵损失量 (个)
I	10~20	12800	5	10	1	4	51200
II	20~50	2600	17	10	1	4	35360
III	50~100	1200	40	10	1	4	38400
IV	≥ 100	600	50	10	1	4	24000
合计							148960

注: 项目北侧和西侧水深相对较深, 一般为 1m。保守计算, 认为项目用海范围平均水深为 1m。

5.4.3 项目运营期海洋生态影响

项目运营期生活污水和生活垃圾均得到收集处理, 不会影响到项目所在海域的水质环境、底质环境。

项目运营期对水生生态的影响主要体现在光伏板的遮光作用。光伏板遮挡阳

光，可能造成水温偏低，对水产品的正常生长有一定的影响。项目在设计光伏板间距时考虑了对渔业的影响，光伏组件预留 1.51m 的间距，以便后期实现渔光互补，尽量减少对水生生态的影响。综上所述，项目运营期对水生生态的影响较小。

5.5 海洋沉积物影响分析与评价

5.5.1 施工期对海洋沉积物环境影响分析

工程施工期间，施工单位制定了严格的管理制度，施工期间严格限制向海域排放废水、丢弃垃圾等；工程施工期对海洋沉积物的影响主要来自打桩时搅动海底沉积物，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会对海底沉积物质量造成不利影响。因此，工程施工期不会对海洋沉积物产生明显影响。

5.5.2 运营期对海洋沉积物环境影响分析

本工程为光伏发电项目，光伏板清洗时产生少量废水，运营期间不向海洋内丢弃垃圾，废太阳能组件及废支架及时清运，不会对工程周边的沉积物环境造成明显影响。

综上所述，工程的建设不会对海洋沉积物环境产生明显影响。

5.6 对其他生态环境的影响分析与评价

5.6.1 对陆地生态的影响

项目施工期临时办公区及仓库占用陆域，临时办公区现状为金海大桥施工生活区，没有植被覆盖，施工不会对此处陆生生态产生明显影响。

项目四周堤围东西两段最宽处接近 40m，南北两段最宽处接近 60m，其中水泥浇筑路面约 8m，没有水泥浇筑的部分地面上覆盖植被，以芦苇、灌木为主。施工期施工车辆可能直接覆压植物，造成生物量的损失。同时施工机械尾气污染可能影响植物生长。施工期影响在施工结束后即消失，不会对堤围陆生生态系统造成明显影响。

项目运营期不占用陆域，运输生活垃圾、生活污水的频次较小，运输车辆对堤围附近陆生生态系统影响不大。

5.6.2 对湿地生态（红树林）的影响

项目与周边红树林均有堤围阻隔，项目施工机械不会直接损伤红树林。项目所在水域与堤围外水域水力联系较小，产生的悬浮泥沙污染对堤围外水环境影响不大，不会影响红树林的生境，因此项目施工期对红树林的间接影响较小。

项目运营期排放的废水污染物仅有自然降落的灰尘，不会破坏项目周边红树林的生境，对红树林的影响较小。

5.6.3 对鸟类的影响分析与评价

5.6.3.1 施工期对鸟类的影响

① 鸟类生境的破坏

项目范围内主要为养殖塘湿地，目前有雁鸭类和鹭类等在该区域栖息和觅食。施工期的工程永久和临时用海（占地）缩小了工程范围内的鸟类栖息空间，在光伏设备安装期间，鸟类将不能在水面停留和觅食，这部分鸟类离开项目工程区域。

② 影响鸟类的食源和水源

项目施工可能会造成鹤州南垦区水体泥沙浑浊、水源污染，如安装桩基时，以及清洗太阳能面板时，还会产生施工扬尘和少量污水（Walstonetal.2015）。这会影响在这些水体中觅食的鸟类。一方面可能会使鸟类觅食效率下降而被迫到更远区域寻找食源和水源，另一方面对于留下来觅食的鸟类而言，会存在摄入污染物等风险。

③ 干扰鸟类活动

施工中频繁的人员活动、工程机械作业与车辆往来产生的噪声都会在短期内会对靠近项目场址的鸟类活动造成一定影响，使鸟类产生趋避反应、远离当地区域。根据相关研究（辜小安，1999），通常鸟类栖息地附近背景噪声（如树叶摇动等）平均为45dB（A），当等效连续A声级 L_{Aeq} ，24h超过50dB，可能对鸟类的栖息和繁殖产生影响，项目主要噪声源为各类施工机械噪声和运载物料车辆的交通噪声，桩基安装时也会产生噪声。项目因此应根据施工设施确定对周边鸟类的可能影响范围。

④ 对不同时期鸟类的影响

1、对繁殖期鸟类的影响：在繁殖期，项目施工对场址及周边区域鸟类的影

响，主要体现在对其营巢地和觅食地的影响。根据现场调查，项目场址内没有鸟类营巢地，项目周边可能有少量陆生鸟类繁殖，但总体影响较少。但是未受约束的施工人员可能会对工地附近的鸟类进行捕捉，因此要加强施工人员管理。

2、对迁徙期鸟类的影响：本地鸟类迁徙期在秋季和春季，迁徙期的鸟类种群数量波动较大，不同种类迁徙高峰略有差异，总体上存在春季迁徙短但数量集中、秋季迁徙期长但数量分散的特点。在项目施工期间，可能会有迁徙过境的鸟类在场址上空飞越，部分会降落停留在现为养殖塘的区域。施工期间的日间由于存在干扰，会导致部分鸟类不选择在此停留，需消耗更多能量飞到其他区域。而施工期的夜间灯光则可能会吸引鸟类错误降落至场址内而造成伤害，尤其对迁徙鸟类来说，在夜间或者雨雾天气，被灯光诱导偏离迁徙路线的机会更大。

3、对越冬期鸟类的影响：在越冬期，场址及周边区域鸟类群落趋于稳定，前期调查显示场址内会有较多水鸟聚集停歇。项目施工对水鸟的影响主要是越冬地丧失、工程和设施产生污染、人为活动的干扰等。水鸟将离开该区域到周边适宜生境，整体上压缩了珠江口水鸟适宜栖息地面积，并增加其他湿地的生境承载压力。

5.6.3.2 运营期对鸟类的影响

① 鸟类生境的损失和污染

光伏电站及其相关设施的建设通常需要大片面积的土地或水体，这可能导致鸟类栖息地的丧失、退化或破碎化，导致物种丰富度和密度的减少。区内水鸟将会扩散到邻近区域的适宜生境内，加剧邻近区域对水鸟的生境承载负荷。

② 鸟类种群分布和数量改变

建设项目对生境专性鸟类和生境泛性鸟类种群数量的影响不同。生境专性和泛性是评估鸟类生境适应能力的重要指标之一，可通过生态位宽度来理解(Futuymaetal., 1988)。与生境专性鸟类相比，生境泛性鸟类适应能力更强，能利用更多样的生境，故它们对栖息地变化的响应也存在差异(Paracuellos, 2006;Hua, 2015)。对于生境专性鸟类来说，栖息地变化会造成其种群数量的下降，这与鸟类的栖息地利用、体型以及食物安全性相关(Burtonetal., 2006;Miettonetal., 2007)。从水鸟体型来说，不同大小的鸟类受影响程度不一样。由于体型较大的鸟类需求食物资源较多、对栖息地空间要求的范围更大，对于栖息地的丧失更为敏感。在

江苏盐城珍禽保护区的旭强新能源响水 100MWp 光伏发电项目有研究表明，项目建成后，区内鸟类各种群比例虽然基本保持稳定，但数量总体呈下降趋势，鸟类群落结构稳定性较差。项目建设加速了重点评价区内鸟类种群数量的下降，场区内鹤鹑类和鸥类群落出现大规模流失，这在一定程度上将增加保护区其他区域自然生境的承载压力，并降低鸟类迁徙成功率。建成前期因湿地生境尚未恢复，项目区多见麻雀、喜鹊、白鹡鸰等伴人鸟类；随着生境恢复鹭类和鹤鹑类数量所回升。

项目及周边范围内记录有几种体型较大的保护物种，如黑脸琵鹭、白额雁等，且对湿地生境较为依赖，对水体面积、水深、水质等均有一定要求，对人为干扰也较敏感，项目建成后很可能导致这些物种不再在鹤洲南垦区栖息。而对于依赖滩涂觅食、高潮时主要在裸露干塘或塘埂停歇的小型鹤鹑类则影响较小。

③ 发生鸟撞事故

就像建筑上的玻璃一样，光伏电池板和聚光太阳能收集器，可能会给鸟类带来碰撞的风险，特别是当表面是垂直方向和反射光时，容易招致鸟类撞击。而与水面平行的电池板也可能被鸟类误认为水面而直接降落，这被称为“湖效应”假说。这可能会有导致鸟类受伤的风险，尤其是一些没有水体就不能起飞的鸟类有害。发生鸟类撞击事故的类群以大型水鸟较多。

④ 产生光污染

光伏电池板的晶硅板会产生一定光污染，除了会引起人体不舒适感和损害人体健康外，对鸟类也会有一定影响。运营期光污染主要为太阳能电池板反射的太阳光线，光污染可能会干扰鸟类大脑中枢神经。强光会导致鸟类眩晕并伤害了其视力与判断能力。

⑤ 对水鸟迁徙行为的影响

项目对水鸟迁徙行为的影响较大，主要表现在中途停歇地和越冬地生境的改变、食物的减少导致水鸟中途停歇地和越冬地的改变。东亚-澳大利西亚路线作为我国鸟类迁徙最重要的路线，是我国水鸟迁徙的主要区域，而我国沿海湿地则是这条路线上的重要停留站点和越冬地(Stroud et al., 2006)。在迁徙期，水鸟需要高质量的站点来栖息，在质量较高的站点，水鸟停歇的时间更长，获得的能量更多；在质量较低的站点，水鸟不会做过久的停留，也不能获得足够的能量，有的

甚至会直接飞往下一站点(Weberetal., 1994)。项目建设会降低周边湿地的质量和为鸟类提供的食物量,从而使得水鸟能量积累不足,迁徙兴奋下降,最终导致其不能迁飞到原来的越冬地而被迫就近寻找新的越冬地(Newton, 2008)。生境的破坏和退化也将改变水鸟的迁徙路线(马志军等, 2005)。

⑥ 对鸟类觅食行为的影响

项目范围内少见鸟类觅食,鸟类觅食区主要在堤围外滩涂,项目运营期对堤围外的生境影响较小,对鸟类觅食行为的影响较小。

5.6.3.3 受影响类群及代表性物种分析

在珠江口地区,迁徙鸟类以水鸟为主,其中大部分为候鸟,其中种类最多的是鸬鹚类,主要以沿海滩涂生境为主要栖息地;其次数量较多的为雁鸭类,主要在库塘河流湿地和浅海湿地生境栖息;分布广泛的是鹭类,其体型较大,需求生境多样。本项目场址所在地为养殖塘,有深浅水位,是多种水鸟栖息,调查记录显示上述种类均会出现在项目用地及周边区域。以下选择在调查中记录到保护级别较高,或数量优势明显的种类作为本区域代表性的指示物种,详细分析本项目建设和运营对其的影响。

(1) 罗纹鸭 (*Anas falcata*)

保护状况:中国红色名录(CR) IUCN 红色名录 (NT)

项目影响:罗纹鸭为中型鸭类,在项目调查区域属冬候鸟,10月至翌年3月可见。主要分布是鹤洲南垦区内的浅水区域,栖息在农田和沿海沼泽地带,常成对或成小群活动,冬季和迁徙季节会结大群。飞行灵活迅速,性胆怯而机警。在调查范围内种群数量较少。项目建设后会减少其栖息活动范围。

(2) 白额雁 (*Anser albifrons*)

保护状况:国家二级保护

项目影响:白额雁为大型雁类,在项目调查区域属冬候鸟,在1月调查时发现,在珠江口乃至广东沿海都是较为珍贵的记录。主要分布在鹤洲南垦区内的浅水区域,有时也在塘埂和水边草地上停歇。以水边植物为食。迁徙时无论飞行、休息和觅食均成群。在调查范围内仅发现一次,但数量达到11只。由于工程范围内水位较深,不是其主要栖息生境,项目建设后对其栖息地的直接影响较小,但可能因增加了人为干扰导致其不再选择在鹤洲南及周边停留。

(3) 褐翅鸫 (*Centropus sinensis*)

保护状况：国家二级保护

项目影响：褐翅鸫为鸫科中型鸟类，在项目调查区域为常见留鸟。主要分布在垦区堤岸一带的湿地灌丛。多在地面活动，但也在小灌丛及树间跳动，通常较隐蔽，只凭鸣声识别。常单只活动，由于分布较广，项目对其基本没有影响。

(4) 大滨鹬 (*Calidris tenuirostris*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (VU)，IUCN 红色名录 (EN)

项目影响：大滨鹬是中小型涉禽，在项目调查区域为冬候鸟，10月至翌年4月可见。主要分布在鹤洲南垦区北部的浅滩和垦区外河道退潮时出露的滩涂。冬季与其他小型鹬类混群在滩涂觅食。种群数量较少，且基本不会在深水区域停留，项目对其影响较小。

(5) 黑尾膝鹬 (*Limosa limosa*)

保护状况：IUCN 红色名录 (NT)

项目影响：黑尾膝鹬为中型涉禽，在项目调查区域为冬候鸟，10月至翌年4月可见。主要分布在鹤洲南垦区内的浅滩和滩涂区域。冬季常与其他鹬类集群活动，在沿海泥滩和浅水沼泽觅食，但项目调查期间仅发现2只，数量较少。且基本不会在深水区域停留，项目对其影响较小。

(6) 黑嘴鸥 (*Chroicocephalus saundersi*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (VU)，IUCN 红色名录 (VU)

项目影响：黑嘴鸥为中型涉禽，在项目调查区域为冬候鸟，一般秋冬季，10-4月可见。主要分布在鹤洲南垦区北部的浅滩和垦区外河道退潮时出露的滩涂。常单独或小群活动于水边浅水处，或在水面飞行。由于分布区狭窄，数量较少，保护级别较高。项目会减少其活动范围。

(7) 白琵鹭 (*Platalea leucorodia*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (NT)，CITES 附录 II

项目影响：白琵鹭为大型涉禽，在项目调查区域为冬候鸟，10月至翌年4月可见。主要分布在鹤洲南垦区内的浅水区域和垦区外河道退潮时出露的滩涂。数量较少，常和黑脸琵鹭混群栖息与活动。常单独或成松散的小群活动于水边浅水处。觅食主要在早晨、黄昏和晚上，其余时间会长时间站立不动。性机警畏人。

很难接近。项目会减少其栖息范围。

(8) 黑脸琵鹭 (*Platalea minor*)

保护状况：国家一级保护，中国红色名录 (EN)，IUCN 红色名录 (EN)

项目影响：黑脸琵鹭为大型涉禽，在项目调查区域为冬候鸟，10月至翌年4月可见。主要分布在鹤洲南垦区内的浅水区域和垦区外河道退潮时出露的滩涂。喜集群，并和白琵鹭及其他鹭鸟混群，性情温顺，活动主要在白天，多在水边浅水处觅食。由于外形独特且全球数量稀少，是珠江口地区受到最多关注的水鸟物种。在鹤洲南记录到的数量逐年增加，2023年初记录到最大群数量131只，占全球总数量的2.5%。项目会减少其栖息范围，是本项目最应重点关注的物种。

(9) 鸞 (*Pandion haliaetus*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (NT)，CITES 附录 II

项目影响：黑翅鸞为鹰形目中型猛禽，在项目调查区域为留鸟，以鱼类为主要食物。主要分布在鹤洲南垦区养殖塘及周边河道。喜欢站在水面竹竿顶部，伺机觅食鱼类。一般在白天单独活动，在水体上空飞行。可能会被光伏面板反射的光线所影响。

(10) 黑翅鸞 (*Elanus caeruleus*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (NT)，CITES 附录 II

项目影响：黑翅鸞为鹰形目小型猛禽，在项目调查区域为留鸟，部分为迁徙过境种群。主要分布在鹤洲南垦区养殖塘及周边河道。喜欢在空中悬停观察猎物，飞翔的高度较低，采用盘旋、翱翔等方式。一般单独活动，活动在白天，多在早晨和黄昏进行。可能会被光伏面板反射的光线所影响。

(11) 白腹鸞 (*Circus spilonotus*)

保护状况：国家二级保护，中国红色名录 (NT)，CITES 附录 II

项目影响：白腹鸞为鹰形目中型猛禽，在项目调查区域为冬候鸟。主要分布在鹤洲南垦区养殖塘及周边河道。通常栖息于沼泽低湿地带的芦苇丛，喜开阔地，常成对活动。可能会在项目场址及附近海域活动，被光伏面板反射的光线所影响。

(12) 黑鸞 (*Milvus migrans*)

保护状况：国家二级保护，CITES 附录 II

项目影响：黑鸞为鹰形目中型猛禽，在项目调查区域为常见留鸟，主要在近

岸滨海湿地上空飞翔，以鱼类为食，喜在近岸和海岛上的山林营巢繁殖。在珠海多处海岸上空均有记录。白天活动，常单独在高空飞翔，秋季会集群盘旋飞行，也常在海岸觅食鱼类，可能会在项目场址及附近海域活动，被光伏面板反射的光线所影响。

(13) 白胸翡翠 (*Halcyon smyrnensis*)

保护状况：国家二级保护，CITES 附录 II

项目影响：白胸翡翠为中型翠鸟，因羽色亮丽常被捕猎，因此于 2021 年升级成为国家二级保护动物。在项目调查区域为留鸟，主要分布在鹤洲南垦区堤岸灌丛湿地及周边红树林湿地。栖息于山地森林和山脚平原河流、湖泊岸边，也出现于池塘、水库、沼泽和稻田等水域岸边，以鱼类为食，可能会在光伏面板上停留，但其适应性较强，受光伏电站影响较小。

(14) 红隼 (*Falco tinnunculus*)

保护状况：国家二级保护，CITES 附录 II

项目影响：红隼为隼形目隼科中小型猛禽，项目调查区域为常见留鸟，主要活动于近岸低矮林地和开阔草地。平常单独活动，尤以傍晚时最为活跃。其飞行迅速，飞翔力强，喜逆风飞翔，白天多见于岩石边伫立，伺机捕捉猎物。猎物主要为蛇类和鼠类等小型哺乳动物，有时也捕捉鱼类，受光伏设施影响较小。

(15) 环颈鸻 (*Charadrius alexandrinus*)

保护状况：无

项目影响：环颈鸻是鸻科小型涉禽，在项目区域有留鸟种群也有候鸟种群。本次调查发现在调查区域秋冬季节有集大群分布，超过迁徙路线上总数量的 1%。一般在退潮时于沿海滩涂觅食，高潮时会选择在高潮滩或没有水的养殖塘等人工湿地中停留。它们基本不会在深水区域停留，调查观察到的栖息地点距离工程范围较远，但由于数量较多，光伏电站建设期间会干扰其栖息，使其离开鹤洲南垦区，而运营期鸟群在光伏设施上空飞过可能受到面板反射的影响。

5.7 大气环境影响分析与评价

5.7.1 施工机大气环境影响评价

拟建项目施工船舶和施工机械、运输车辆等大都以燃料油为动力，在作业时

发动机会产生燃油废气，排放的污染物主要为 SO₂、NO_x、烟尘。由于尾气仅会对近距离环境造成一定的影响，且海上空气的稀释扩散能力很强，因此，项目排放的机械设备尾气对周边环境空气质量影响较小。为进一步减少废气排放量，建议项目采用环保型的低硫分柴油。

项目施工期在水上作业几乎不产生扬尘，陆域运输过程将产生少量扬尘。运输道路为项目四周的堤围，堤围上有 5-8m 宽的水泥路面，水泥路面扬尘量较小，对大气环境的影响较小。

5.7.2 运营期大气环境影响评价

光伏发电是利用自然太阳能转变为电能，在生产过程中不消耗矿物燃料，不产生废气污染物，对环境空气无影响。运营期仅有少量油烟产生。项目运营期定员 20 人，食堂设 2 个炒炉灶头，采用静电油烟净化器将油烟收集后进行处理后，排放浓度为 0.168mg/m³，对大气环境不会产生明显影响。

5.8 声环境影响分析与评价

5.8.1 施工机械噪声

本工程施工过程中涉及多种施工机械设备，主要包括打桩机、起重机等，根据施工安排会交替使用施工机械，噪声源随施工位置变化移动；施工机械种类较多，施工阶段不同使用机械种类不同，同时根据实际施工进度，施工机械数量也会有所变化，施工噪声影响较为复杂；另施工机械设备的噪声源强不同，声级具有一定差别。主要机械设备的噪声源强见下表。

表 5.8-1 项目施工期主要设备噪声级

序号	设备名称	噪声级 dB (A)	离声源距离 m
1	打桩机（打桩船）	90-110	10
2	运输车	85-95	15
3	起重机（部分安装在船舶上）	80-85	1
4	铲车（部分安装在船舶上）	75	5
5	吊机（部分安装在船舶上）	80	5
6	发电机（部分安装在船舶上）	95	5

项目 200m 范围内无声环境敏感目标；施工期产生的噪声具有阶段性、临时性和不固定性；项目内无声环境敏感目标；施工结束后，噪声污染随之消失。综

上所述，本项目施工期所产生的噪声不会对周边环境造成明显影响。

施工期可采取以下措施降低噪声排放：

① 施工中应当选用低噪声型施工设备，降低对周边环境的影响；

② 严格遵守施工噪声相关管理规定，合理安排施工时间，加强管理，尽可能避免或减轻施工噪声对环境的影响。

5.8.2 运营期声环境影响评价

5.8.2.1 预测方法

采用商用软件进行预测，预测工具采用石家庄环安科技有限公司正式发售的《噪声环境影响评价系统（NositeSystem）标准版》，版本号为 V4.0.2022.0。该软件以《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）推荐的模型为基础。

5.8.2.2 参数选取

项目运营期的声源主要为升压站的主变压器和箱式变压器。

本站为户外变电站，本期新建 2 台 290MVA 主变压器。本次主变采用三相双绕组油浸式低损耗有载调压自冷变压器，属于低噪音变压器。根据设计单位提供的资料，本设计采用节能型主变压器，节能型变压器运行时在距变压器 1m 处的噪声 $\leq 68\text{dB(A)}$ ，保守考虑，本报告预测主变压器噪声源强取 68dB(A) （1m 处）。

光伏发电区设置有 201 台箱式变压器，箱式变压器噪声声功率级为 60dB(A) 。

预测软件中的相关参数选取见下表。

表 5.8-2 预测软件相关参数选取

项目		主要参数设置
点声源		#1、#2 主变：垂直面声源，面声源高度 3.5m，声压率级为 68dB(A) （1m 处），不分时段/频率，离地高度为 0.5m； 箱式变压器：点声源，声功率级为 60dB(A) ，不分时段/频率，离地高度为 1m
声传播衰减效应	声屏障	无
	建筑物隔声	项目主变位于户外，升压站平台展厅 7.2m，管理用房 4.2m，35kV 开关柜预制舱室 7.2m，仅考虑外墙隔声作用，外墙隔声量均为 20dB ；不考虑墙体吸声作用，吸声系数均为零
预测点	厂界噪声	变电站噪声预测最大值处各设 1 点：厂界（项目红线）外 1m，高地 1.2m 高处
	网格点	$1\text{m}\times 1\text{m}$ 网格中心，离地 1.2m 高处

表 5.8-3 噪声源与厂界的距离 (m)

主变	距离东边界	距离南边界	距离西边界	距离北边界
1#	2126	160	55	2435
2#	2136	145	55	2415
距边界最近箱式 变压器	60	40	20	120

5.8.2.3 预测结果

根据软件计算结果，本项目噪声贡献值等值线图见图 5.8-1，计算结果见表 5.8-4。

表 5.8-4 本工程噪声贡献值计算结果

接收点		噪声贡献值/dB(A)
厂界噪声	项目东侧厂界外 1m	15
	项目南侧厂界外 1m	32
	项目西侧厂界外 1m	43
	项目北侧厂界外 1m	12

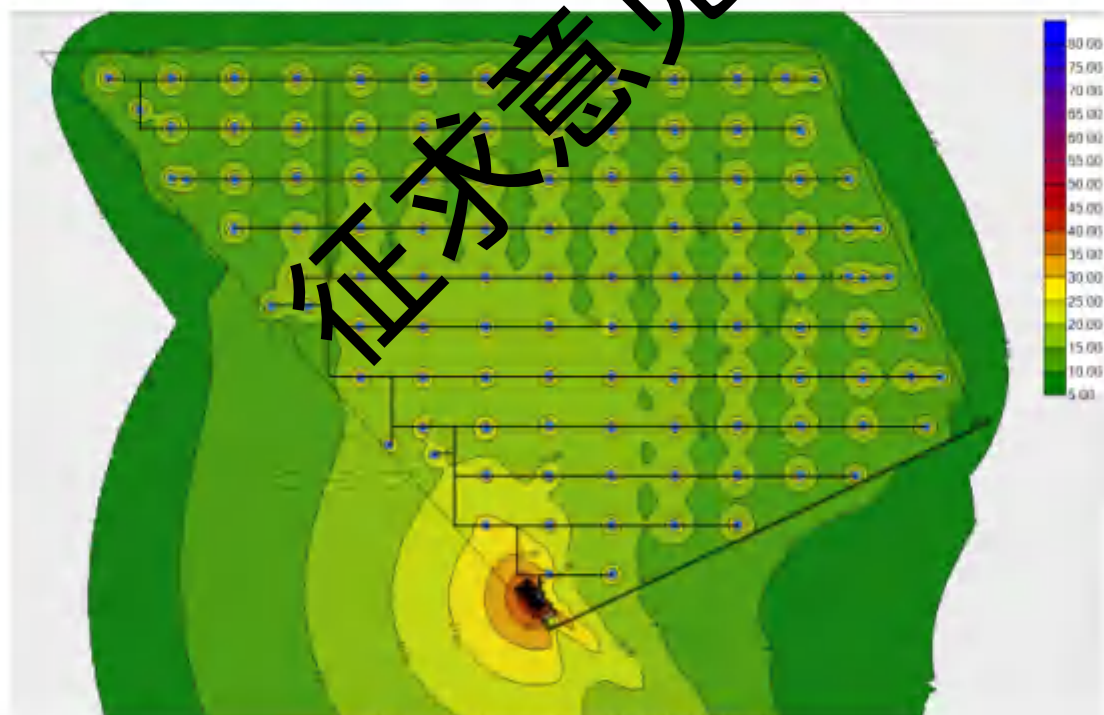


图 5.8-1 项目噪声贡献值等值线图

叠加声环境现状值后，项目厂界各点声环境质量预测值如下表所示。

表 5.8-5 项目运营期噪声预测结果

测点编号及 位置	监测结果 LeqdB(A)											
	3月6日						3月7日					
	昼 间	贡 献 值	预 测 值	夜 间	贡 献 值	预 测 值	昼 间	贡 献 值	预 测 值	夜 间	贡 献 值	预 测 值
N1 东堤下	50	15	50	43	15	43	49	15	49	43	15	43
N2 东南角	50	32	50	44	32	44	50	32	50	44	32	44
N3 西南角	50	32	50	44	32	44	50	32	50	44	32	44
N4 西堤	49	43	50	43	43	46	49	43	50	43	43	46

5.8.2.4 评价结论

根据以上计算结果，项目建成投运后，项目厂界噪声贡献值为 12~43dB(A)，厂界噪声增量为 0~3 dB(A)。项目贡献值叠加背景值后满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求（昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)），项目投运后对周围声环境影响不大。

5.9 电磁影响分析与评价

根据《环境影响评价技术导则输变电》(HJ24-2020)，本项目电磁环境影响评价等级为二级。

变电站建成投运后，由于变电站内电气设备较多，布置复杂，其产生的工频电场、工频磁场难于用模式进行理论计算，因此本项目采用类比方法进行电磁环境影响评价。

5.9.1 类比对象选取原则

进行变电站的电磁环境类比分析，从严格意义讲，具有完全相同的主设备配置和布置情况是最理想的，即：不仅有相同的主变数和容量，而且一次主接线也相同，布置情况及环境条件也相同。但是要满足这样的条件是很困难的，要解决这一实际困难，可以在关键部分相同，而达到进行类比的条件。所谓关键部分，就是变电站的电压等级、主变规模及平面布置。

5.9.2 类比对象

根据上述类比原则，选定已运行的东莞 220 千伏双岗变电站作为类比预测对象，有关情况如下表 5.9-1 所示。

表 5.9-1 主要技术指标对照表

名称 主要指标	拟建升压站	东莞 220 千伏双岗变电站
主变容量	2×290MVA	3×240MVA (测量时)
电压等级	220kV	220kV
总平面布置	GIS、主变户外布置	常规户外布置
面积	15999m ²	12690m ²
电气形式	GIS	GIS
母线形式	单母分段	单母分段
环境条件	海域	海域

由上表可知，东莞 220 千伏双岗变电站与拟建变电站电压等级、电气形式、母线形式等一致，主变容量大于拟建升压站，因此以东莞 220 千伏双岗变电站类比拟建升压站投产后产生的电磁环境影响是具有可类比性的。

5.9.3 类比测量

5.9.3.1 测量方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法》(GB 18881-2013) HJ681-2013)

5.9.3.2 测量仪器

仪器名称：电磁辐射分析仪(低频电偶探头)

仪器型号：SEM-600(主机)/EM-01(探头)

生产厂家：北京森淼公司频率范围：1Hz~100kHz

测量范围：0.01V/m~100kV/m (电场) 1nT~10mT (磁场)

检定单位：上海市计量测试技术研究院

证书编号：2020F33-10-2812545002

检定日期：2020 年 10 月 29 日有效期：1 年

5.9.3.3 监测单位

江西省核工业地质局测试研究中心

5.9.3.4 测量时间及气象状况

天气：晴温度：15~20℃湿度：59%RH 气压：1012hPa

5.9.3.5 监测工况

表 5.9-2 主变运行工况

名称	电压 (kV)	电流 (A)	功率 (MVA)	无功功率 (MVar)

#1 主变	216.5	312.42	123.05	9.50
#2 主变	216.5	315.21	123.28	9.45
#3 主变	216.5	314.25	123.58	9.65

5.9.3.6 监测布点

监测布点如图 5.9-1 所示。

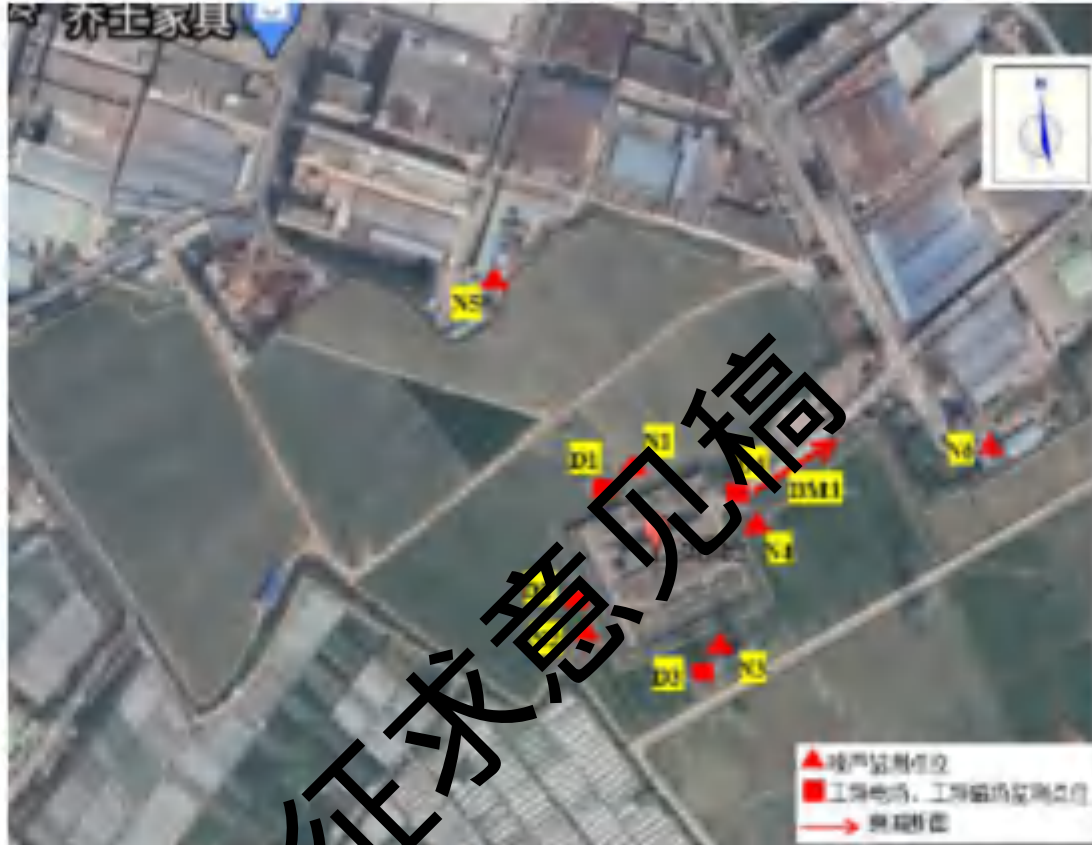


图 5.9-1 监测布点图

5.9.3.7 类比测量结果

东莞 220 千伏双岗变电站工频电场、工频磁场类比测量结果见下表。

表 5.9-3 东莞 220 千伏双岗变电站工频电场、工频磁场类比值测量结果

测量点位编号	点位描述	电场强度(V/m)	磁感应强度(μ T)
(一) 东莞 220 千伏双岗变电站厂界四周工频电场、磁场监测结果			
D1	变电站北侧围墙外 5m	6.99	0.228
D2	变电站西侧围墙外 5m	9.00	0.209
D3	变电站南侧围墙外 5m	194.2	0.623
D4	变电站东侧围墙外 5m	38.95	0.576
(二) 东莞 220 千伏双岗变电站断面工频电场、磁场监测结果			

测量点 位编号	点位描述	电场强度(V/m)	磁感应强度(μ T)
DM1	变电站东侧围墙 5m 处	38.95	0.576
	变电站东侧围墙 10m 处	38.64	0.428
	变电站东侧围墙 15m 处	32.70	0.292
	变电站东侧围墙 20m 处	26.82	0.239
	变电站东侧围墙 25m 处	23.68	0.203
	变电站东侧围墙 30m 处	20.46	0.198
	变电站东侧围墙 35m 处	14.75	0.190
	变电站东侧围墙 40m 处	13.77	0.187

由上表可知：

东莞 220 千伏双岗站围墙四周电场强度为 6.99~194.2V/m，工频磁场强度为 0.209~0.623 μ T。

东莞 220 千伏双岗变电站东侧监测断面（5m~40m）工频电场强度为 13.77V/m~38.95V/m，工频磁感应强度为 0.187~0.576 μ T。

所有测点均满足达标考核标准《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中输电频率为 0.05kHz 时的公众曝露控制限值要求，即工频电场强度 4000V/m，磁感应强度 100 μ T。

5.9.4 电磁环境影响预测与评价

根据东莞 220 千伏双岗变电站的类比监测结果可知，东莞 220 千伏双岗变电站运营期间工程所在区域电磁场强度为：变电站围墙四周电场强度为 6.99~194.2V/m，工频磁场强度为 0.209~0.623 μ T；变电站东侧监测断面（5m~40m）工频电场强度为 13.77V/m~38.95V/m，工频磁感应强度为 0.187~0.576 μ T。所有监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的公众曝露的电磁场限值要求，即工频电场强度 4000V/m，工频磁感应磁场强度 100 μ T。因此，类比可知，本工程 220kV 升压站建成运行后，工程所在区域电磁环境能够满足相关标准要求。

5.10 固体废物影响分析与评价

5.10.1 施工期固体废物

施工期产生的固体废物主要为施工人员的生活垃圾、建筑垃圾等。

- 1、施工人员生活垃圾集中收集后由环卫部门定时清运处置；
- 2、建筑垃圾收集后暂时存放于临时施工营地，其中的钢材边角料等进行回收，其余建筑垃圾集中运至符合规定的建筑垃圾消纳场处理。

施工固废均得到妥善处置，不会向海洋倾倒或弃置，对周围环境影响较小。

5.10.2 运营期固体废物

项目运营期支架、电池不更换。光伏区有损坏或者使用寿命到期的废光伏板产生，产生量约为 7.7t/a，主要组分为玻璃、单晶硅膜、铝合金等，可暂存在升压站内，收集后直接送往生产厂家回收处理。

运营期生活垃圾产生量约为 3.65t/a，集中收集后经当地环卫部门收集转运，不外排。

正常运营情况下项目无危险废物产生，一旦发生变压器油泄露事故，将产生变压器事故油，属于危险废物（HW08）。项目各箱式变压器下方设 2.5m³ 事故油池，升压站内设一个 80m³ 消防水池，一旦排油或漏油，所有的油水将通过油槽到达消防水池。

根据《火力发电厂与变电所设计防火标准》（GB50229-2019）中 6.7.8 的要求：“户外单台油量为 1000kg 以上的电气设备，应设置贮油或挡油设施，其容积宜按设备油量的 20% 设计，并能将事故油排至总事故贮油池。总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定，并设置油水分离装置。当不能满足上述要求时，应设置能容纳相应电气设备全部油量的贮油设施，并设置油水分离装置。”

根据工程设计单位提供的资料，本项目单台箱式变压器最大含油量 2t，体积约 2.2m³，配 2.5m³ 事故油池。单台 290MVA 主变最大含油量约 50t，折合体积约 55.9m³，本工程设置 1 座有效容积为 80m³ 的消防水池。容积满足《火力发电厂与变电所设计防火标准》（GB50229-2019）中事故油池容积宜按其接入的油量最大一台设备全部油量确定的要求，能够保证事故并失控状态下变压器油全部收集处置的需要。

事故油池应采用抗渗等级较高的材料建造，防渗材料及防渗性能应满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）要求。油渣和含油废水应由国家许可的危险废物收集单位进行转移、处理。承担危险废物运输的单位应获得交通运输部

门颁布的危险货物运输资质。项目危险废物运输采用公路运输方式，应按照《道路危险货物运输管理规定》（交通部令〔2005〕第9号）执行。同时企业及运输单位在进行危险废物转移时按照《危险废物转移联单管理办法》的相关要求执行。

综上，本项目产生的危险废物收集、贮存、转移均符合《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）要求，项目建设不会对周边环境产生不良影响。

5.11 光污染影响分析与评价

本项目太阳能光伏组件采用 11° 倾角南向安装，由于倾斜角度小，反射面反射的光绝大部分朝向天空，反射光的主要影响时间集中在日出、日落前后的1-2小时左右。光污染的程度与光伏电池板的透光率直接相关。本项目采用的光伏组件为表面涂覆有防反射涂层的晶硅板片，同时晶硅板片表面经过防反射处理，使晶硅板片对阳光反射以漫反射为主。光伏板符合《玻璃幕墙光学性能》(GTT18091-2000)中的要求。

另外，根据《光伏建筑一体化在海洋应用中光反射问题的探讨》（彭志刚，2010），在人眼可见光范围内，太阳能光伏板的反射率（6%）低于波浪水面（10%）或平静水面（2%~58%），项目所在海域为海域，安装太阳能光伏板后，反射光线不会有明显增强。

5.12 环境保护目标影响分析与评价

5.12.1 对海洋环境保护目标的影响

项目位于省级幼鱼和幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场，施工悬浮泥沙不可避免会对上述功能区产生影响。除此之外，本项目施工对周边其它环境敏感目标造成的悬浮泥沙增量浓度均小于 1mg/L （详见图5.3-2）。且由于项目位于南垦区堤围内部，与堤围外水域水力联系较小，因此项目施工不会对项目附近海洋环境保护目标产生明显影响。

项目紧邻堤围上的横洲闸、3号水闸、4号水闸三座穿堤建筑物，施工期需要利用船闸作为船舶通道，施工过程中对水闸做好防护措施，不会对水闸安全造成明显影响。

5.12.2 对其他利益相关者的影响

珠海城建鹤洲开发有限公司在堤围内养殖，项目施工期的桩基施工会造成局部范围内水体含沙量和混浊度增加以及冲刷引起的底泥变化，局部范围内破坏了鱼类原有栖息地，对渔业捕捞产生一定影响。项目运营期对水生生态的影响主要体现在光伏板的遮光作用。光伏板遮挡阳光，可能造成水温偏低，对水产品的正常生长有一定的影响。项目在设计光伏板间距时考虑了对渔业的影响，光伏组件预留 1.51m 的间距，以便后期实现渔光互补，将对养殖区的影响降到最低。

项目的光污染、电磁污染不会影响珠海金湾国际机场的正常运行。项目光伏板为表面涂覆有防反射涂层的晶硅板片，同时封装玻璃表面经过防反射处理，使晶硅板片对阳光反射以漫反射为主。光伏板符合《玻璃幕墙光学性能》(GJT18091-2000)中的要求。项目区域现状为海域，水面反射率较高，安装太阳能光伏板后，反射光线不会有明显增强。因此项目不会对珠海金湾国际机场的正常运行产生影响。项目对升压站的电磁环境影响作了预测分析，结果表明，在项目电磁影响评价边界（即升压站平台边界外距 40m 范围），电磁场满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的公众曝露的电磁场限值要求，即工频电场强度 4000V/m，工频磁感应场强度 0.1μT，项目电磁污染不会影响珠海金湾国际机场的正常运行。

征求意见稿

6 环境风险评价

6.1 环境风险识别

6.1.1 施工期环境风险识别

拟建项目施工期主体工程施工均位于海上，施工期主要可能发生施工船舶、水上施工机械溢油事故，由于船舶本身出现设施损废，或在行进中受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞，都有可能使油类溢出造成污染，因此主要风险物质为柴油，环境风险类型主要为危险物质泄漏，危险物质向环境转移的最大途径即为海域，通过海洋水文潮汐往周边海域扩散，主要影响海水水质，再影响海洋沉积物和海洋生态环境。

6.1.1 运营期环境风险识别

根据风险起因，拟建项目主要分为火灾、爆炸和泄漏三种类型。

火灾、爆炸发生的情况有 2 种：

- 1、升压站、箱变、逆变一体机运行后的设备老化，容易引发火灾；
- 2、电线起火，进而造成变压器火灾。

根据相关资料统计，变电站的火灾、爆炸发生几率最大。而且由于火灾、爆炸事故均为重大事故，造成的损失巨大，所以企业应加强变电站的管理，严格遵守相关规章制度，并制定相应的应急预案，将事故发生几率降到最低、发生后损失降到最低。

泄漏主要发生在以下 5 种情况：

- 1、过载运行使变压器、逆变、箱变温度升高加速密封圈老化造成渗油；
- 2、升压站位于海上；逆变、箱变位于海上，箱体容易氧化生锈造成漏油；
- 3、变压器使用年数过长；
- 4、着火引起泄漏；
- 5、受海上恶劣天气影响，导致箱变、逆变破损导致泄漏。

根据国内已建成运行的 220kV 升压站的运行情况，除非设备年久失修老化，主变事故漏油发生概率极小，一旦发生事故，变压器油将进入消防水池。

针对本项目，考虑到施工机械数量较多，施工时间 17 个月，本工程最大可

信事故为施工期溢油事故。

6.1.2 风险敏感目标识别

参考《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018),本项目风险评价可做简单分析。但考虑到项目附近存在生态敏感区,特对按照二级评价要求开展数模预测分析,主要环境风险保护目标同海洋环境保护目标一致,详见本报告书2.5 环境保护目标章节。

6.2 环境风险分析

6.2.1 施工期溢油预测分析结果

燃油入海后,在水体中的溶解性很弱,当溢油发生后,燃油在潮流、湍流、扩散以及风的作用下,主要是以油膜的形式在海表面扩散。在风及海流作用下油膜随之漂移,与此同时,油膜还将不断向四周扩展,油膜面积不断扩大。蒸发是溢油初期发生的主要降解过程,蒸发减少了水面的油体积,并使油的某些物理化学特性发生变化。除蒸发外,燃油在水中还经历着溶解、乳化、吸附沉淀、生物降解及其相互作用的复杂过程,但影响溢油行为的主要因素—诸如海面风、海流是制约溢油行为变化的主要因素。本次评价中主要对溢油初期在风、海流等因素作用下油膜随之漂移扩散进行分析评价。

6.2.1.1 预测模型简介

采用“油粒子”方法(即把溢油分成许多离散的小油滴)来模拟泄漏物质在海水中的运输、扩散过程。在潮流场计算的基础上,采用拉格郎日法计算溢油对流、扩散影响范围,公式如下:

$$X = X_0 + (U_{oil} + r \cos B)\Delta t$$

$$Y = Y_0 + (V_{oil} + r \sin B)\Delta t$$

式中: X_0 、 Y_0 为某质点初始座标(m); U_{oil} 、 V_{oil} 为油粒子运动速度的x、y向分量; r 为随机扩散项, $r = RE$, R 为0~1之间的随机数, E 为扩散系数; B 为随机扩散方向, $B = 2\pi R$ 。

(1) 油的溢出

油可以是瞬间溢出或连续溢出,瞬间溢油的初始半径可以自己定义,也可以

由模型自动计算。本次模型计算采用 Fay 扩散公式 (Fay and Hoult,1971) 计算重力扩展阶段后的油膜半径:

$$r_i = K_1 (\Delta g V t^2)^{1/4}, \quad t = \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^4 \left(\frac{V}{\nu_w \Delta g} \right)^{1/3}$$

式中: V 为溢油初始体积 (m^3); $\Delta = 1 - \rho_0 / \rho_w$, ρ_0 为油的密度 (kg/m^3); ρ_w 为水的密度 (kg/m^3); g 为重力加速度; ν_w 为水的运动粘度 (m^2/s); K_1 、 K_2 为 Fay 常数, 取值分别为 2.28、2.90。

(2) 表层油膜的漂移

表层油膜的平流输运主要是由风引起的, 风和波浪引起的流动通常采用经验公式, 通过局地的风向和风速相关的偏移因子和偏转角来表示。漂移速度通常取为风速的 2.5~4.4%, 均值为 3.5%; 偏转角在北半球偏向风的偏右侧, 南半球偏左 0~25°, 均值为 15°。对于表层漂浮的油, 风对漂移的影响关系为:

$$U_{oil} = U_{current} + C_{wd} \times W_{10} \times \cos(\theta_w - 150 + \alpha)$$

$$V_{oil} = V_{current} + C_{wd} \times W_{10} \times \sin(\theta_w - 150 + \alpha)$$

式中: U_{oil} 、 V_{oil} 为油粒子运动速度 U 、 V 向分量; $U_{current}$ 、 $V_{current}$ 为水流流速的 x 、 y 向分量; C_{wd} 为风漂移系数; W_{10} 为风速; θ_w 为风向; α 为风偏转角。该只适用于表层漂浮的油膜, 而弥散到水体中的油膜主要受水体内部动力过程影响, 不会直接受风的影响。

(3) 油的蒸发

蒸发作为一级衰减过程考虑, 衰减部分可以通过衰减常数来定义:

$$\frac{dn}{dt} = -k_E t$$

其中: k_E 为蒸发率 (1/d); t 为时间 (d)。

(4) 油的附着

油可能会附着在岸上或水底, 每个油粒子随机取一个介于 0~1 之间的数, 当这个数小于给定的数时, 该油粒子则附着在岸上或水底。

6.2.1.2 海洋环境风险预测方案确定

(1) 事故类型

本项目溢油事故主要考虑施工船舶碰撞事故。

(2) 泄漏物质类型和泄漏量

事故泄漏物质为船舶燃料油，泄漏量计算如下：

①按建设单位提供资料，施工期船舶最大船型为 25t，根据《船舶污染海洋环境风险评价规范》（试行），非油轮一般载油量为载重量的十分之一，则船舶载油量为 2.5t。

②施工期船舶上将安装有打桩机、吊机等机械，此类机械同样使用燃油驱动，机械自带的油舱可能增加船舶载油量。保守考虑，船上机械载油量按 2.5t 计算。则施工期可能最大水上溢油事故溢油量为 5t。

(3) 溢油位置

溢油位置假定发生在升压站平台附近，具体位置如下图。



图 6.2-1 溢油点位置示意图

(4) 计算工况

从环境风险的最不利影响角度出发，燃料油以瞬时源的形式泄漏。按照 Fay

公式计算油膜经过重力扩展后的半径为 75m，故溢油模型初始时刻的油膜直径取为 150m，初面积为 1.77 万 m²，初始油膜厚度为 0.3mm。燃料油的密度按 950kg/m³ 考虑，油膜蒸发率为 0.1m/d。

分别对大潮涨潮初期和落潮初期发生泄漏事故的情况进行计算。计算结果给出 72h 的预测结果，统计油膜厚度大于 0.0001 mm 的影响范围和扫海面积。

海上风况（风速和风向）对油膜的运动有很大的影响，计算必须考虑风对油膜运动的影响。根据工程海域的风向频率特征并考虑附近环境敏感目标的分布情况，选取可能对计算域内的敏感目标产生不利影响的风向进行预测分析，具体选择风向选取冬季主导风向 NNE、夏季主导风向 SE 和不利风向 S、SE，计算风速考虑各风向全年平均风速与允许作业的最大风速（六级风）。本项目溢油风险计算方案见下表。

表 6.2-1 溢油风险计算方案

序号	风险类型及 泄漏位置	泄漏物质 及泄漏量	预测风况		事故发生时刻	说明
			风向	风速 (m/s)		
1	西堤围外侧 航道	燃料油 10t	NNE	2.8	涨潮	冬季主导风
2			NNE	2.8	落潮	
3			SE	3.7	涨潮	夏季主导风
4			SE	3.7	落潮	
5			SE	13.8	涨潮	不利风
6			S	13.8	涨潮	

6.2.1.3 风险事故影响计算结果分析

本项目位于磨刀门重要河口生态系统限制类红线区和省幼鱼幼虾保护区，溢油事故一旦发生，均对上述功能区产生影响。

施工船舶在升压站附近发生燃料油泄漏事故时，油膜到达敏感地区和海岸线时间统计见表 6.2-2，油膜扫海面积统计见表 6.2-3，油膜轨迹见图 6.2-2~图 6.2-7。

表 6.2-2 油膜到达敏感地区和海岸线的时间统计

序号	风况		事故发生时刻	到达敏感 区时间	到达岸线时间
	风向	风速 (m/s)			
1	NNE	2.8	涨潮	-	10min 到达升压站西侧堤围岸线
2	NNE	2.8	落潮	-	10min 到达升压站西侧堤围岸线
3	SE	3.7	涨潮	-	30min 到达升压站西侧堤围岸线

序号	风况		事故发生时刻	到达敏感区时间	到达岸线时间
	风向	风速 (m/s)			
4	SE	3.7	落潮		10min 到达升压站西侧堤围岸线
5	SE	13.8	涨潮	-	10min 到达升压站西侧堤围岸线
6	S	13.8	涨潮	-	50min 到达围垦区东堤中部岸线

注：不统计到达本项目所在的幼鱼幼虾保护区的时间

表 6.2-3 油膜扫海面积统计

序号	风况		事故发生时刻	扫海面积 (km ²)			
	风向	风速 (m/s)		1 小时后	2 小时后	4 小时后	12 小时后
1	NNE	2.8	涨潮	0.0073	-	-	-
2	NNE	2.8	落潮	0.0092	-	-	-
3	SE	3.7	涨潮	0.0384	0.1259	3.1240	14.9380
4	SE	3.7	落潮	0.0092	-	-	-
5	SE	13.8	涨潮	0.4101	1.8751	4.3971	-
6	S	13.8	涨潮	0.2121	0.7205	-	-

注：1、扫海面积以油膜绘制时间间隔 1 分钟的轨迹图进行统计。

2、表中“-”表示油膜抵岸且不再运动，扫海面积不再增大。

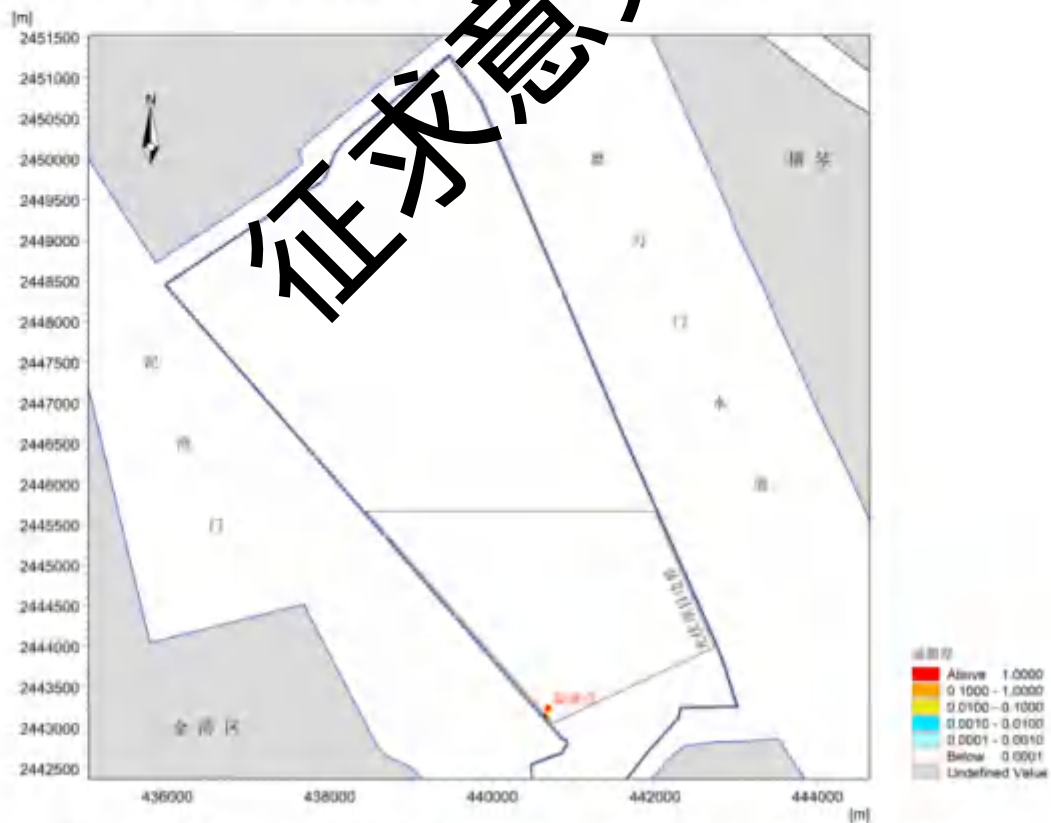


图 6.2-2 油膜运动轨迹图（大潮涨潮期，风向 NNE、风速 2.8m/s，油膜绘制时间间隔 0.5h）

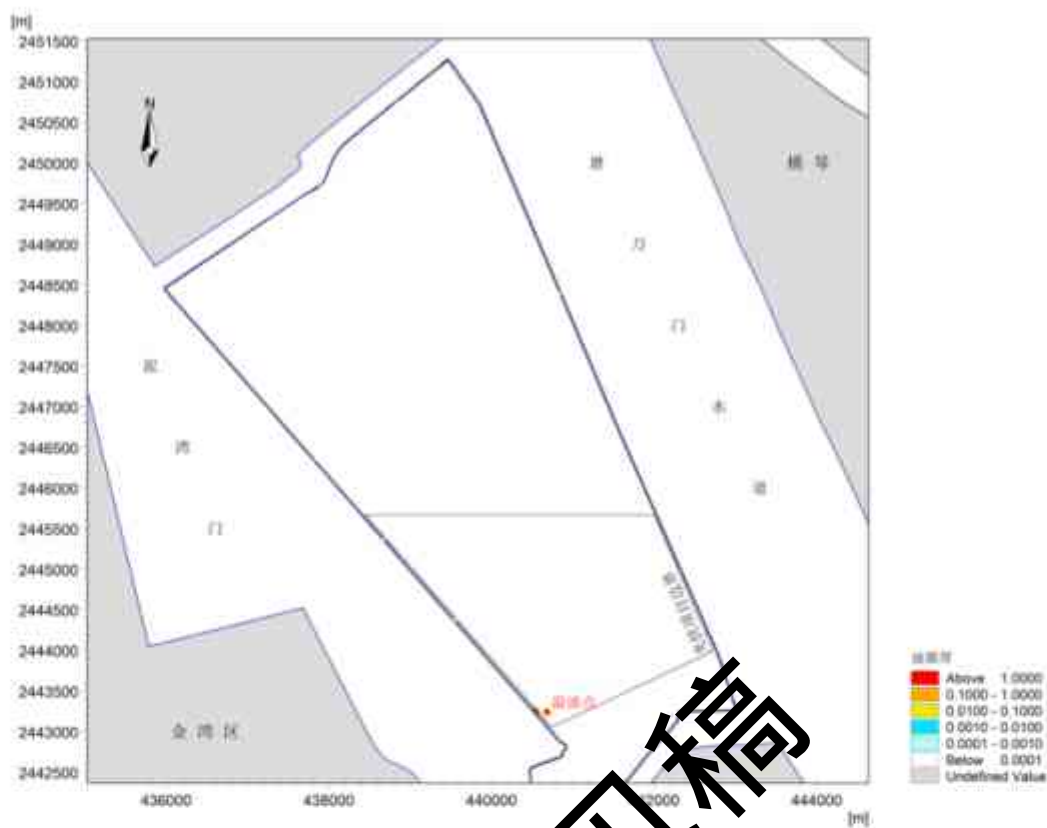


图 6.2-3 油膜运动轨迹图（大潮落潮期，风向NNE、风速2.6m/s，油膜绘制时间间隔 0.5h）

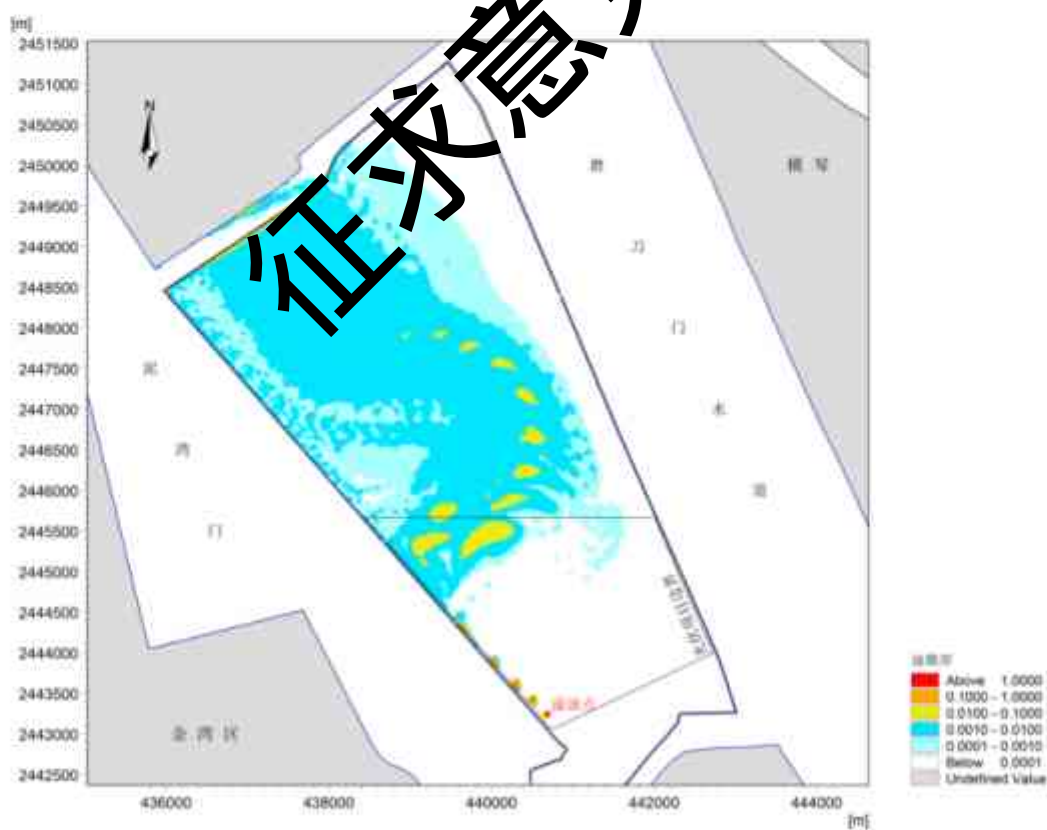


图 6.2-4 油膜运动轨迹图（大潮涨潮期，风向SE、风速3.7m/s，油膜绘制时间间隔 0.5h）

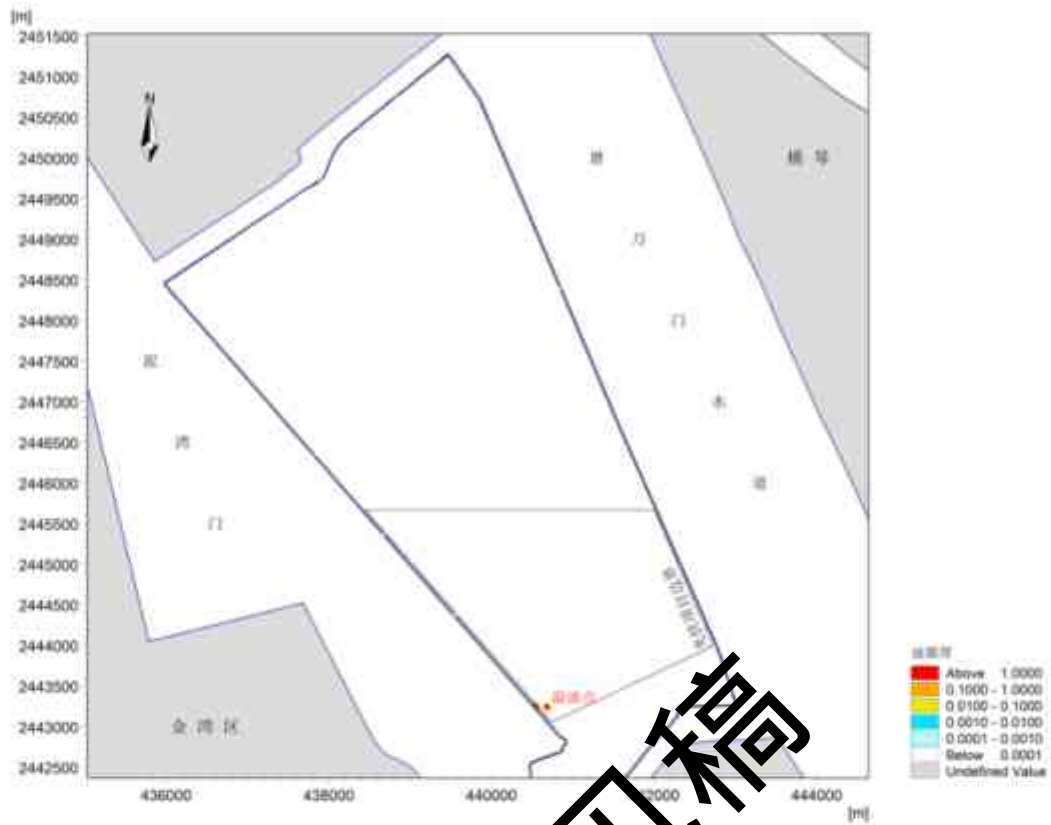


图 6.2-5 油膜运动轨迹图 (大潮落潮期, 风向 SE、风速 3.7m/s, 油膜绘制时间间隔 0.5h)

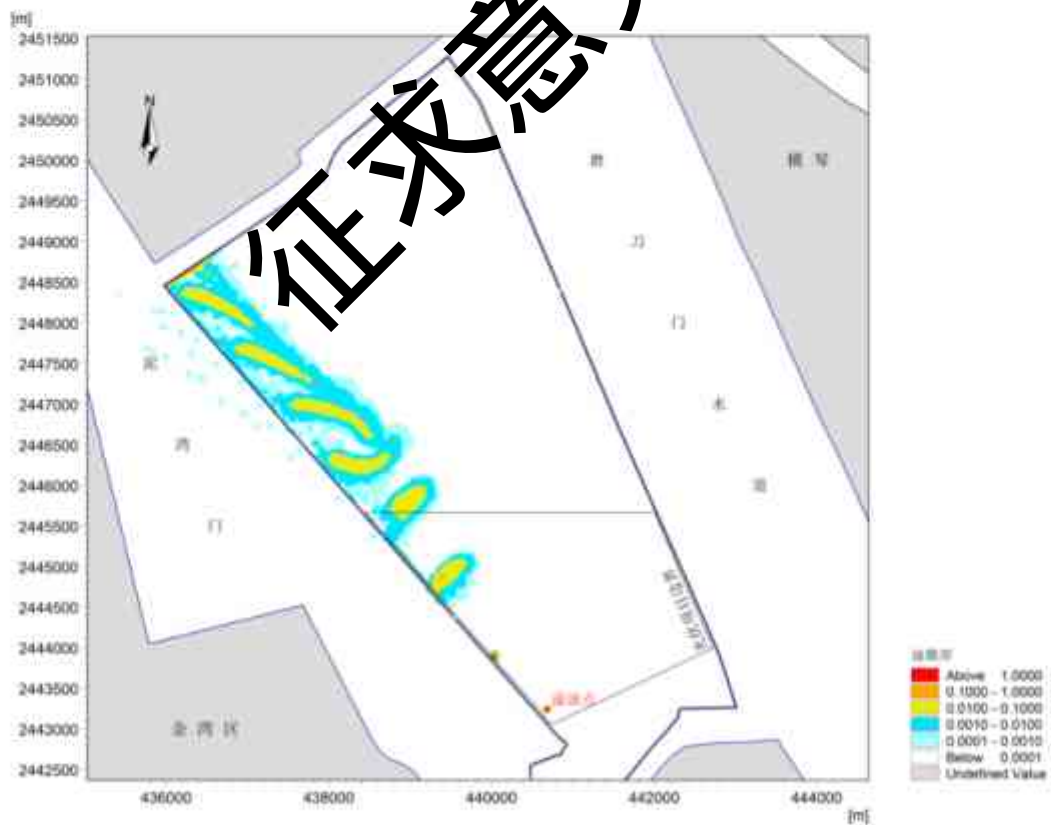


图 6.2-6 油膜运动轨迹图 (大潮涨潮期, 风向 SE、风速 13.8m/s, 油膜绘制时间间隔 10min)

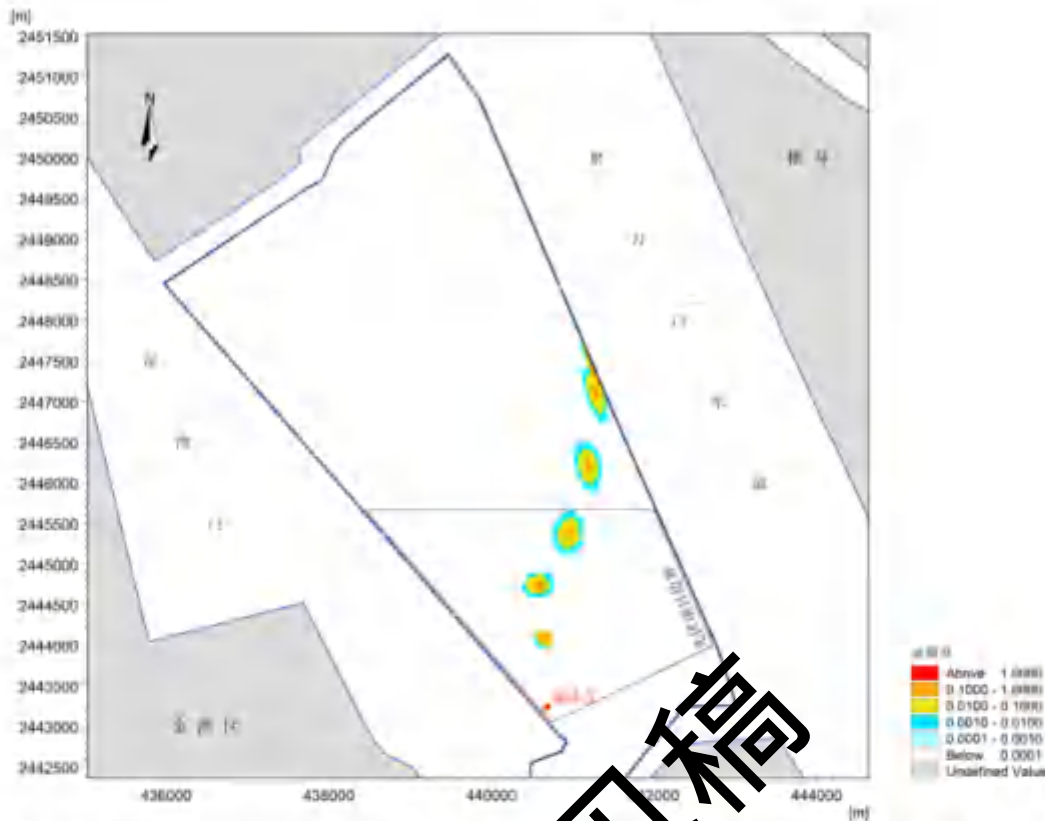


图 6.2-7 油膜运动轨迹图（大潮涨潮期，风向 S、风速 8m/s，油膜绘制时间间隔 10min）

6.2.2 其他事故影响简要分析

变压器一旦发生事故，漏油将进入事故油池收集。项目每个箱式变压器设置 2.5m³ 事故油池，升压站平台设置 80m³ 消防水池，消防水池的容量可满足最大事故油量要求，废油交由有危废处置资质的单位进行妥善处置。当发生事故漏油，同时事故油池与消防水池池壁渗漏时，可能对周边的水环境造成一定影响。事故油池与消防水池采用钢筋混凝土箱型结构，防渗层渗透系数 ≤ 10⁻¹⁰cm/s，防渗性能满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）要求。

变压器等电器设备在过热或老化情况下可能发生爆炸，由于升压站电气设备本身不含易燃易爆物质，爆炸影响范围很小，基本局限在压站范围内；火灾影响主要为变压器油燃烧后产生的大气污染物，主要为一氧化碳和二氧化氮，另外爆炸火灾等引变压油泄漏，进入海域，影响海水水质、沉积物及生态环境。

6.3 环境风险防范措施及应急要求

考虑到风险事故可能造成的后果，建立快速科学有效的应急反应体系是非常

必要的。事故的应急防治主要落实于应急计划的实施，事故发生后，能否迅速有效的做出应急反应，对于控制污染、减少污染对环境造成的损失以及消除污染等都起着关键性作用。应急反应体系包括以下几方面的内容：

(1) 建立健全的应急组织指挥系统，制定应急预案。

(2) 指定专门的应急防护人员，加强应急处理训练。为了保证应急预案的落实，对有关应急人员进行培训和演习，检验反应速度，提高反应质量。根据应急预案，针对可能发生的环境事故定期进行演练，提高应急反应和处置能力，并根据演练的实际情况进行评审和修订，以保证应急预案的有效性。在演练中加强应急设备的检修和维护，以确保应急设备处于良好的备用状态。

(3) 加强设施的日常维护和管理，定期巡视，防止事故发生

施工期，加强对施工机械的维护与管理；运营期，加强主变压器、事故油池、蓄电池室的日常维护和管理，由专责人员负责定期检查，第一时间发现漏油或渗漏，以便及时进行废油或废液的收集和处理，防止流入水体，把环境风险事故发生的概率降到最低。

(4) 人员教育和信息

一方面加强对施工人员、升压站工作人员的规章制度学习，严格按照安全技术规程操作，避免因人为操作不当造成事故。另一方面进行一定应急知识的培训，根据计划定期进行应急演练。

(5) 配备相应的应急物资和器材

主变压器设置水喷雾灭火装置和火灾探测报警装置，升压站室外设消防栓、干粉灭火器。

6.3.1 施工期溢油防范措施及应急预案

6.3.1.1 施工期溢油防范措施

(1) 施工作业船舶在施工期间应加强值班和瞭望，施工作业人员应严格按照操作规程进行操作，认真落实巡回检查制度；

(2) 施工作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向海事部门报告；

(3) 施工区域设置施工专用标志，严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告；

(4) 加强员工安全教育和业务技术培训，严格执行值班制度，提高风险防范意识；

(5) 落实设备“5S”管理制度，对设备定时检查和监控，对设备的安全隐患要及时整改，确保设备技术性能；

(6) 对新安装和维修后的设备，严格执行实验和验收制度；

(7) 严格执行检查维护管理制度，定期对施工船舶进行监测，消除事故隐患；

6.3.1.2 施工期应急预案

一旦发生船舶碰撞，燃料油外泄或火灾等事故，建设单位应立即启动其应急预案。

(1) 事故报告

当任何人发现船损、溢油、火灾等意外事故时，应立即采取有效措施通知主管部门及消防队，报告事故发生的时间、地点、性质和程度等。

建设单位指定的现场指挥者应立即赶赴现场，同时组织紧急处置，迅速拟定出消除溢油的方案，提出所需的人力和设备。

(2) 现场处理

1、所有现场处理人员均应在紧急行动之前，了解所发生的意外事故危险特性，急救方法等，在专家的指导下进行现场处理；

2、若发现船体破损进水，应组织排水和堵漏；若碰撞引起火灾或油污染，应按火灾应变部署、油污应急计划处理；若发生人员伤亡，应立即组织抢救；

3、对事故现场水域进行应急监控、及时疏散附近船舶及现场无关人员；

4、如碰撞的船舶受损严重可能沉没，应立即通知拖轮、工程船赶往现场施救，将遇难船舶拖离到安全水域或合适地点进行搁滩，以保持航道的畅通；

5、受损船舶如沉没，应准确测定船位，必要时按规定设标，并及时组织力量打捞清障；

6、船舶如发生人员落水，应立即按规定的信号报警，并用有效手段向主管机关报告；

7、事故船舶应迅速按“应急部署表”积极进行自救，按安全操作方法向落水者投放救生艇（筏）施救；

8、夜间要考虑到照明问题，必要时对搜救水域实施交通管制，保证搜救工作顺利进行和通航水域的安全；

9、一旦发生燃料油泄漏，应立即组织关闭阀门，堵漏、驳油，防止溢油源继续溢出，根据溢油的类型、数量、地点与海水的流速、流向确定应急方案，比如，立即用吸油毡等吸油材料吸附或用带式抽吸式收油机对溢油集中区域进行抽吸等；

10、调度应急防治队伍，同时通知有关部门，派遣船舶对溢油源进行警戒和监控；

11、与环保和海洋部门合作，对溢油进行跟踪监测，以掌握环境受到污染的情况，获取认证资料。

12、为确保事故发生时能得到及时有效地响应和处置，建议应在施工船上配备一定量的水上溢油应急处理设施。参考《港口码头水上溢油应急防备能力要求》(JT/T 451-2017)中表4 海港其它码头水上溢油应急设施、设备、物资配备要求，本项目应急处理物资配备要求详见下表。

表 6.3-1 水上溢油应急处理设施一览表

设备名称	类型	规格	配备量
围油栏	港型	GW750GW1100	100m
收油机	抽吸带式	1m ³ /h	1台
吸油材料	纤维式	/	0.2t
溢油分散剂	浓缩类	/	0.2t
溢油分散剂喷洒装置	/	/	1套
储油罐	轻便	1m ³	1m ³
应急人员防护设备	见表 6.3-2		

表 6.3-2 应急人员防护设备配备一览表

项目	名称	数量	单价	费用(元)
1	防护衣	5套	800	4000
2	护目罩	5个	400	2000
3	耐酸碱手套	5双	60	300
4	安全鞋	5双	60	300
5	吸收材料(消防砂)	2套	/	2000
6	泄漏处理桶	5个	60	300
7	塑料簸箕	5个	20	100
合计				9000

(3) 事后处理

- 1、事故处理完毕后，在未得到现场指挥人员或公安消防等机构的同意，严禁拆除现场，以便专家取证，分析事故的原因，现场处理人员暂时不要撤离；
- 2、协助相关部门调查事故原因；
- 3、事故处理结束后，应对事故进行总结，编写事故报告。

6.3.2 变压器泄露应急预案

环境风险防范措施是安全生产事故防范措施的基础，防止有毒有害物质泄漏进入环境的措施。

升压站负责环保的部门主管站内的环境风险防范工作，制订实施站内环境风险防范计划，明确管理组织、责任人与责任范围、预防措施、宣传教育等内容，主要有以下环境风险防范措施：

(1) 建立报警系统

针对本工程主要风险源主变压器存在的风险，应建立报警系统，设专门摄像头，与监控设施联网，一旦发生风险事故，监控人员便启动报警系统，并及时通知检修单位和有资质的油处理单位及时赶赴现场，实施既定环境风险应急预案。

(2) 防止进入水环境

现场如事发突然，有大量泄漏变压器油，首先进行变压器停电倒闸操作；并组织现场人员进行拉警戒线，防止无关人员进入；组织人员在变压器周围设置吸油毡；待变压器油降至正常漏时，组织专业人员进入变压器收集，回收处理。在变压器油移入相关容器时，要使用连接器，并保持良好的可靠接地。变压器油如情况异常应采取相应措施，严防事故油外漏而造成环境污染；

6.4 环境风险评价结论

本项目涉及的危险物质为施工期船舶和设备所携带的燃料柴油、运营期变压器油，可能发生的事故主要为施工期船舶溢油事故及运营期变压器油泄露事故。建设单位应运营期日常管理中制订应急预案，配置溢油风险防范物资，建设箱变平台事故油池、升压站 80m³消防水池，在此基础上拟建项目环境风险可控。

7 环境保护措施及可行性论证

7.1 施工期环保措施和污染防治对策

7.1.1 施工期水环境保护措施

7.1.1.1 减少悬浮泥沙污染措施

本项目施工期间产生的悬浮泥沙对环境影响较大的工程内容主要为光伏区、升压站等桩基施工，拟采取的悬浮泥沙污染防治措施如下：

1、合理安排施工顺序和进度，尽量缩短工期，避免施工过程中产生的悬浮物对水质的影响。

2、施工单位应制定详细的施工计划，合理安排施工船舶数量、打桩进度，最大可能地减少悬浮泥沙产生的污染。

3、采用先进的施工工艺和设备，在施工过程中采用GPS与常规定位技术相结合的方法，准确定位打桩的位置，确保打桩过程一次性成功，避免重复操作，尽量减少对底泥的搅动范围和强度。

4、合理规划施工进度，采取分段施工，尽量缩短施工时间。

5、提高防患意识，在恶劣天气条件下，如风暴潮、台风及暴雨时，提前做好安全防护工作，6级以上大风应停止作业。重点地段应采取加固措施，保证有足够的强度抵御风浪。

6、尽量在水闸和船闸的关闭期间进行桩基施工，以便减少堤围内的水流流速，减少悬浮泥沙污染的影响范围。

7、在施工过程中需加强管理，文明施工，施工场地和车辆应有必要的围蔽措施，以减少沙尘外漏对海域环境的影响。

8、建设单位应会同地方生态环境管理部门做好施工期间水环境监测检查工作。

7.1.1.2 施工船舶污染防治措施

1、施工船舶舱底油污水依据《省交通厅工信厅省生态环境厅省住建厅广东海事局关于联合印发<广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案>的通知》（粤交港【2021】547号）要求进行处置。施工船舶含油污水利用船载收集装置收集，

排入接收设施，定期由施工单位自行委托有处理能力的公司接收上岸处理，不在本工程附近海域排放。建设单位委托施工单位时应在施工合同中明确施工期船舶舱底油污水必须全部收集处理，由施工单位自行与油污水接受单位签订船舶油污水接受协议。

2、本项目船舶施工人员生活污水，根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）的要求进行处理处置。本项目施工船舶生活污水利用船载收集装置收集，排入接收设施，定期由施工单位自行委托有处理能力的公司接收上岸处理，不在本工程附近海域排放。

3、严禁向施工海域排放废油、残油等污染物。不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

4、施工单位应加强安全与质量管理，加强对施工船舶和运输船舶的安全性和环保意识教育，遵守海上航行和作业的有关规定，防止船舶碰撞、漏油、往海域投弃垃圾的不良现象。

5、根据《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》（交通运输部，2017年第15号，2017年5月23日）第十三条规定，建设单位应配备相应的船舶污染应急设备，因条件难以配备船舶污染应急能力，建设单位应与具备相应能力的船舶污染清除单位签订协议，由其在施工期间提供临时性的船舶污染应急防备服务，一旦发生事故可立即前往现场开展应急行动，保护敏感资源免遭侵害。

综上所述，本项目按照相关规定建设船舶污染物接收设施、船舶污染监视设施，配备应急船舶、设备、人员，做好防治船舶污染工作，避免对周边敏感水域造成污染。

7.1.1.3 施工生活污水污染防治措施

本项目施工期严格管理和节约施工、生活用水，施工人员生活污水经临时环保型流动厕所进行收集预处理后委托第三方清运至白藤水质净化厂，该厂位于斗门区白藤街道群兴社区环湖路工业厂房15号，距离项目约10km。项目施工期废水产生量不大，且均为生活污水，可以纳入白藤水质净化厂处理。

类比同类工程同种治理措施可知，本项目拟采取的废水污染防治措施技术可行。施工单位施工期加强严格管理，文明施工，切实落实相应的环保治理措施，

可确保施工期各类废水不对海域造成污染。施工期有限，其废（污）水处理费用相对较低，建设单位拟将此费用计入环保投资中；从经济上看，本项目的施工期各类废水污染防治措施可行。

7.1.2 施工期大气污染防治措施

本项目在海域进行施工，施工期废气主要为各类施工机械的燃油废气。项目施工期的废气污染防治措施如下：

- 1、燃柴油的大型运输车辆、推土机、施工船舶等不得使用劣质燃料。
- 2、施工船舶应保证船上发动机及有关设备经船舶检验机构检验合格，以及按照《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求使用低硫燃油。
- 3、对车辆及船舶的尾气排放进行监督管理，严格执行汽车排污监管办法，使尾气达标排放。
- 4、对入场施工机械进行管理，检查合格的机械方可作业，尽量减少施工机器包括车船产生的燃油废气。

施工期采用上述措施在实践中是行之有效的，且方法简单，经济合理。

7.1.3 施工期声环境保护措施

1、施工时采取有效的工程措施，降噪设计，采用先进环保型施工机械，加强设备检修、养护和维护，使施工机具齿轮和轴承等保持良好的润滑条件，减小机械部件的振动，以降低振动噪声。

2、加强教育宣传工作，树立生态保护优先的意识，使得保护的观念深入人心，便于保护工作的顺利开展。

3、施工应避免对可能出现在工程海域的敏感保护动物造成惊吓，尽可能避开幼鱼幼虾产卵繁育期，减少施工噪声对海洋生物的影响。

4、选用符合国家有关标准的施工机械和车辆，尽量采用低噪声的施工机械和工艺，振动较大的固定机械设备应加装减振机座，固定强噪声源应考虑加装隔音罩（如发电车等），同时应加强各类施工设备的维护和保养，保持其良好的运转，以便从根本上降低噪声源强。

5、首先从噪声源强进行控制，尽量采用先进的低噪声液压施工机械替代气压机械，如采用液压挖掘机；尽可能选用附带消声和隔音附属设施的设备。

6、对施工进度和施工时段进行合理安排，尽量避免高噪声设备同时工作，

避免高噪声设备在午间和夜间施工。

7、对人为的施工噪声应有管理制度和降噪措施，并进行严格控制；承担材料运输的车辆，进入施工现场避免鸣笛，装卸材料应做到轻拿轻放，最大限度地减少噪声影响。

8、及时修理和改进施工机械和车辆，加强文明施工，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

9、加强对整个工程运输工作的组织，合理安排施工车辆进出场地的行驶线路和时间，控制或减少大型运输车辆在休息时间通过城镇居民点，注意限速行驶和禁止高音鸣号以减小地区交通噪声。

10、对施工机械操作工人及现场施工人员按劳动卫生标准控制工作时间，并加强对施工人员的个人防护，对高噪声设备附近工作的施工人员，可采取配备、使用耳塞、耳机、防声头盔等防噪用具。

类比同类工程措施，严格切实落实以上环保措施，可使施工期噪声污染降至最低程度，其环保治理措施可行。

7.1.4 施工期固体废物防治措施

1、船舶垃圾由具有资质的船舶污染接收单位负责接收和处置，严禁将船舶垃圾倾倒入海污染水域。

2、加强施工工区生活垃圾的管理，分类设置垃圾箱，避免生活垃圾混入施工弃土（渣），并定期由环卫部门定期予以清运，以防生活垃圾经雨水冲刷后，随地表径流带入附近水体。

3、建筑垃圾处理应遵守市区垃圾收集处理管理办法。应当到市环卫部门申请处置，办理核准手续。产生的建筑垃圾应分类堆放，并及时清运，做到工完场清，严禁凌空抛撒、私自倾倒，装运车辆应采取有效遮盖和清洗措施，不得抛撒滴漏及车轮带泥污染道路。

采取上述环保措施，施工固废可实现分类收集，资源化、无害化处置，其环保治理措施可行。

7.1.5 生态保护措施

7.1.5.1 陆域植被保护措施

项目堤岸上没有水泥覆盖的地面有植被分布，施工期应加强对植被的保护，

降低对项目周边陆域植被的影响。

- 1) 施工单位加强宣传教育，加强施工人员保护陆地植被的意识。
- 2) 施工车辆尽量在有水泥覆盖的路面上行驶，避免覆压植被。
- 3) 落实保护措施。严禁施工期生活污水、生活垃圾等直接外排，影响陆域生态环境。

7.1.5.2 湿地（红树林）保护措施

本项目堤岸附近水域有天然红树植物，因此施工期应加强对其保护，尽最大可能降低对红树林的影响。

- 1) 建设单位加强宣传教育，使施工人员了解红树林保护的相关知识，增强保护红树林的自觉性和主动性。
- 2) 施工期间采取悬挂醒目的树牌进行提醒保护，在树体四周设置围栏加以重点保护，以防止施工车辆或人员的无意破坏；
- 3) 落实保护措施。严格落实施工期的环境保护措施，施工废水、生活污水严禁向红树林区排放，施工中产生的工业固体废物以及生活垃圾严禁向红树林区堆放和弃置。

7.1.5.3 鸟类保护措施

施工时应尽量减少不必要的土地和植被破坏，控制噪声设备使用时间，尽量避免在晨昏使用高分贝设备，减少工程施工噪声对动物的惊扰。调查鸟类飞行路线和栖息地方位，合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；本区域作为重要鸟类物种的越冬地，在冬季同样应采取生态友好型的建设技术以减少对鸟类的干扰。同时合理布置施工车辆运输路线，减小施工期对鸟类的影响。

加强对施工人员、运营期工作人员的管理和生态环境保护宣传教育，严禁猎杀兽类，严禁捕蛇、打鸟、捉蛙、捉野鸡野兔等捕杀野生动物行为。

7.1.5.4 施工期海洋生态保护措施

本项目在施工过程中会对海洋生物栖息地造成破坏，施工过程中应当尽可能防止破坏超出施工范围，以及防止不可恢复的破坏和影响，具体生态保护对策如下：

- 1、悬浮物影响减缓对策：施工单位应严格落实报告中提出的各项悬浮物影

响减缓措施，最大限度地减少海上施工作业的影响范围和影响程度，从而减少对渔业资源的影响。

2、施工应尽可能选择在海流平静的潮期，避免对敏感目标造成影响；应尽量避开工程水域底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的快速生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节（4~7月）进行水下施工等作业。同时，应对整个施工进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。

3、尽量减少在底栖生物、浮游动物的快速生长期进行作业。应对整个施工进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻施工可能带来的水生生态环境影响。

4、开展施工期环境监理。重点强化施工人员、施工区域、施工方式、施工时间的管理以及生态保护和恢复工程建设的监督。当发生不利环境影响比较显著时，环境监理单位应报告环境保护部门，并通知建设方和施工单位，停止工程建设，落实相应环保对策措施，在消除和减缓生态环境影响后方可恢复施工。

5、施工单位在施工前期充分做好生态环境保护宣传教育工作，组织施工人员学习《中华人民共和国海洋环境保护法》等有关法律法规，增强施工人员对海洋珍稀动物保护的意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制。

6、施工期间和工程建成后，定期对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

7、加强施工污水、固废的监管力度，防止施工污水和垃圾直接排海。

8、防止超出施工范围，以及防止不可恢复的破坏和影响。

7.1.5.5 临时用地生态恢复及景观协调措施

项目堆场、小型加工厂等临时用地最终会建设成为光伏区，临时办公区与小型仓库位于金海大桥下，目前现状为填海形成的陆域，建设单位应做临时用地生态恢复及景观协调措施。

（1）采取临时水保措施，减少水上流失。

（2）控制办公区面积，施工前与当地政府签好协议，不占协议外用地。

（3）施工结束后，在临时占地因地制宜、优先种植本土植被，种植后注意保证成活率和良好的生长状况。

7.2 运营期环境保护措施

7.2.1 水污染防治对策措施

项目在升压站设置宿舍、食堂，运营期有 20 人在厂区食宿。生活污水收集至带有隔油装置的有动力一体化的生活污水处理设备，最终委托第三方清运使用汽车运输至白藤水质净化厂，该厂位于斗门区白藤街道群兴社区环湖路工业厂房 15 号，距离项目约 10km。

项目运营期人员较少，生活污水委外处理经济可行。

7.2.2 环境空气污染防治对策

运营期无大型机械设备使用，无尾气排放；光伏电站运行全生命周期无废气排放，不会对环境及空气质量造成影响，无需特殊防治对策。项目食堂油烟采用静电油烟净化器对油烟收集后进行处理。

7.2.3 噪声污染防治对策

针对项目运营期间产生的噪声，提出以下防治措施：

(1) 优化设备选型

对于会产生噪声的设备，设备选型时选用低噪声的。

(2) 合理布局，做好减振降噪

优化高噪音设备布局，箱变远离厂界布置，减少对周围环境的影响。

(3) 加强管理

建立设备定期维护、保养的管理制度，以防止设备故障形成的非正常噪声，同时确保环保措施发挥最有效的功能。

7.2.4 固体废物处理措施

项目运营期支架、电池不更换。固体废弃物主要为损坏或者使用寿命到期的废光伏板，可暂存在升压站内，收集后直接送往生产厂家回收处理。项目运营期间，加强光伏区巡视，检修人员及时清理损坏组件及支架至陆域厂区。当发生风险事故，光伏设备大范围发生破损时，增加检修人员数量，加快损坏设备清理。建设单位应建立工业固体废物管理台账，如实记录产生工业固体废物的种类、数量、流向、贮存、利用、处置等信息，实现工业固体废物可追溯、可查询。

项目生活垃圾集中收集后经当地环卫部门收集转运。

本工程变压器发生事故时将产生变压器事故油，属于危险废物。工程设计时已在各箱式变压器下设置 2.5m^3 集油池，主变压器下方设有集油坑，通过导油槽连通站内消防水池，发生事故或设备检修时含油污水进入消防水池，交由有危废处置资质的单位进行妥善处置。

本项目各项污染防治措施大部分是根据国家环境保护要求及相关的设计规程规范提出、设计，同时结合已建成的同等级的输变电工程设计、实际运行经验确定的，因此在技术上合理、可操作性强。同时，这些污染防治措施在设计、施工阶段就已充分考虑了从设计的源头减少污染源强及其影响范围，有效避免了先污后治的被动局面，减少了物财浪费，既保护了环境，又节约了经费。

因此，本项目采取的环保措施在技术上可行、经济上是合理的。

7.2.5 光污染防治措施

项目光伏组件为表面涂覆有防反射涂层的晶硅板片，同时封装玻璃表面经过防反射处理，使晶硅板片对阳光反射以漫反射为主，可以达到《玻璃幕墙光学性能》(GJT18091-2000)中的要求。

根据《光伏建筑一体化在城市应用中的反射问题的探讨》(彭志刚, 2010)，在人眼可见光范围内，太阳能光伏板的反射率(6%)低于波浪水面(10%)或平静水面(2%~58%)，项目区域现状为海域，安装太阳能光伏板后，反射光线不会有明显增强。

另外，建议在桩柱上部采用非反光涂料。

7.2.6 电磁影响防治措施

为尽量减小变电设备产生的电磁场对环境的影响，在设备安装时，应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电；对电力线路的绝缘子和金属，要求绝缘子表面保持清洁和不积污，金属间保持良好的连接，防止间隙性放电。箱变安装防电磁金属外壳，集电电缆安装于电缆槽盒内，降低电磁影响。

7.2.7 生态环境保护措施

7.2.7.1 鸟类生态保护防治措施

使用抛物线(弯曲)镜代替平坦的镜面来减少天空反射的可能性，以最大限

度地减少潜在的鸟类碰撞；在太阳能发电利用中，将外露在强光下的金属构件均考虑采用亚光处理或是刷涂色漆等处理工艺。在桩柱上部采用非反光涂料，在桩柱上部或框架四周涂抹红白相间警示色，降低鸟类撞击风险。

使用驱鸟装置降低碰撞和污染等问题。加强对产生的废水管理和水保护措施，在场区外设置围栏可以减少动物进入光伏设施区域的可能。

本项目造成迁徙候鸟的觅食地和栖息地丧失，可通过在项目周边湿地开展杂色蛤仔、光滑河蓝蛤、菲律宾蛤仔等贝类增殖放流计划，以增加鸟类在其他湿地觅食和栖息的几率作为补偿。

对场区周边围栏进行生态化改造，如在围栏种植攀缘植物和灌木作为绿篱，在一定程度上遮蔽光伏设施，减少对外围鸟类的视觉影响，同时避免污水排放，阻隔噪声干扰等，减少对场区外鸟类的影响。

对场区外的湿地进行优化改造，如对鹤洲南垦区西侧的红树林和芦苇湿地进行优化，清除外来物种、捕鸟网及漂浮垃圾等影响鸟类栖息的杂物，吸引更多鸟类往垦区外的河道活动，从而减少鸟类进入项目场址的几率，减少项目影响。

建议在鹤州南垦区内本项目场址附近的湿地选取一定面积（不少于一占用面积的10%，即65公顷）的库塘湿地作为生态补偿与修复区，开展生态修复和补偿工程。通过地形改造、原生植被恢复和贝类增殖放流等方式，将其恢复为自然程度较高的湿地，以提高该地块作为鸟类栖息地和觅食地的生态价值，并以此作为占用地块造成的生态损失的生态补偿。生态修复方案及施工建议由有资质单位负责执行，并由专家论证方案可行性，在修复工程前后开展鸟类监测以明确修复效果。通过修复区建设，吸引黑脸琵鹭、白额雁等国家重点保护动物转移栖息地，得到更好的保护，并提高修复区的鸟类多样性；通过植被、鱼类及底栖动物等恢复工程，增加修复区单位面积可利用的食物量，生境承载力提高。

综上所述，为了减轻光伏项目对鸟类的影响，建议在项目施工期注意对减少对生态环境的破坏，并加强对施工人员的科普教育，关注施工噪声和灯光对鸟类的影响。同时对光伏设备增设减低鸟类碰撞和光反射等装置与工艺。运营期可通过在周边近岸海域制定贝类增殖放流计划，以增加鸟类在其他湿地觅食和栖息的几率作为觅食地损失的补偿；注意项目用地的污染物排放和控制事故风险，避免因环境污染或污染物泄漏造成邻近河口湿地生态环境质量下降。在鹤州南垦区项

目以北水域设置面积不少于 65 公顷的鸟类补偿区，通过地形改造、原生植被恢复和贝类增殖放流等方式等方式进行生态改造和生态修复，吸引黑脸琵鹭等重点保护物种转移栖息地。并定时开展鸟类生态监测以明确对周边鸟类的影响。

7.2.7.2 水生生态损失赔偿措施

项目应按照相关规范，开展渔业资源补偿、增殖放流等工作。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T9110-2007）》初步估算，项目施工对海洋生物资源赔偿额约 39 万元。

根据《农业农村部办公厅关于进一步明确涉渔工程水生生物资源保护和补偿有关事项的通知》，建设单位是涉渔工程水生生物资源保护和补偿的主体，应根据环境影响评价报告中所列的水生生物资源保护和补偿内容，制定具体的实施方案。渔业部门要对实施方案编制进行组织协调和指导把关，确保方案合理可行。建设单位应根据实施方案，组织落实水生生物资源保护和补偿措施。无能力落实保护和补偿措施的，可以委托具备相应能力的社会第三方机构实施。补偿资金由建设单位支付给受委托的社会第三方机构。渔业部门要对保护和补偿措施落实情况进行监督管理，组织开展技术审查和效果评估。所需相关费用应纳入补偿资金。

就本工程的生态补偿措施，本评价建议采取目前普遍采用的增殖放流方式。放流的品种建议按照农业部《关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》和《全国水生生物增殖放流总体规划》中规定的适宜在珠江口伶仃洋海域放流的鱼种。结合项目实际情况，委托技术单位对放流效果进行跟踪监测，如需进行补充增殖放流，应结合监测结果调整放流种类和规模。

1) 放流时间

根据 2017 年起实施的南海海域伏季休渔政策，每年的 5 月 1 日 12 时至 8 月 16 日 12 时为休渔期。在施工期间根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，以避免高强度捕捞压力时间和选择部分种苗对海域环境的适应性较强季节，提高增殖放流效果。建议放流时间定于 6 月~7 月份。

2) 放流地点

放流地点建议定在项目正东方约 2.2km 的二井湾红树林湿地片区附近海域，幼苗可依托湿地优良环境条件，提高放流成活率，达到渔业资源增殖补偿效果。

3) 放流物种、数量及规格

① 放流物种

结合项目水生生态监测数据，建议本项目放流物种褐蓝子鱼与周氏新对虾。

② 数量及规格

根据珠海市及其周边幼苗市场价格，褐蓝子鱼规格约 600 尾/千克，单价为 0.5 元/尾；周氏新对虾幼苗规格 ≥ 1.5 cm，单价为 0.07 元/尾。按补偿 39 万元购买，则可购买幼苗数量及金额如表 7.2-1。

本项目渔业资源补偿措施应当和当地有关行政管理部门协商，即在当地有关行政管理部门的指导下进行增殖放流。

表 7.2-1 拟购买幼苗数量及金额

序号	种类	数量(尾)	金额(万元)
1	褐蓝子鱼	50 万	25
2	周氏新对虾幼苗	200 万	14
	合计		39

征求意见稿

7.3 项目环境保护措施一览表

表 7.3-1 环境保护设施和对策措施一览表

时段	种类		具体内容	相应设施和主要方法	预期目标	实施地点及 投用时间
施工期	污水	施工工区 悬浮泥沙	施工期悬浮泥沙主要产生于光伏阵列、箱变平台、栈桥、升压站等打桩过程	制定详细的施工计划，合理控制施工船舶数量、打桩进度	降低影响	项目区域、 与施工活动 同步进行
		船舶舱底 含油污水	水运船舶的船舱含油污水	委托有资质的单位接收上岸处理	严禁外排入 海	
		船舶生活 污水	工作人员在作业过程中产生的船舶生活污水	委托有资质的单位接收上岸处理		
		施工生活 污水	施工人员生活污水经临时环保型流动厕所进行收集预处理后委托第三方清运至白藤水质净化厂	施工人员生活污水经临时环保型流动厕所进行收集预处理后委托第三方清运至白藤水质净化厂		
	废气	机械、船舶 废气	施工机械、船舶产生的废气	机械、船舶使用清洁燃油	降低影响	
		噪声	机械、船舶噪声	选用符合国家有关标准的施工机械和车辆，尽量采用低噪声的施工机械和工艺，振动较大的固定机械设备应加装减振机座，同时应加强各类施工设备的维护和保养，保持其良好的运转。	降低影响	
		固体废物	施工营地中的材料加工产生的边角料、支架安装产生的废材料等，预计产生量约	建筑垃圾处理应遵守市区垃圾收集处理管理办法。应当到市环卫部门申请处置，办理核准手续。产生的建筑垃圾应分类堆放，并及时清运，做到工完场清，严禁凌空抛撒、私自倾倒，装运	可回收的固体废物回收， 严禁直接投	

时段	种类		具体内容	相应设施和主要方法	预期目标	实施地点及 投用时间
			100t	车辆应采取有效遮盖和清洗措施，不得抛撒滴漏及车轮带泥污染道路。	放入海	
	生态影响		水生生态：施工期打桩过程中，由于机械的搅动作用，使得泥沙悬浮，造成水体混浊水质下降，影响浮游生物的生境，影响项目范围内的渔业资源。 陆生生态：以芦苇、灌木为主。施工期施工车辆可能直接覆压植物，造成生物量的损失。同时施工机械尾气污染可能影响植物生长。 鸟类影响：影响鸟类生境、迁徙路线等	水生生态：项目紧邻南屏区堤围，与堤围外水域水力联系较小，因此项目施工对堤围外水生生态影响较小，施工结束后按照相关规范，开展渔业资源补偿、增殖放流等工作。 陆生生态：施工期应加强对植物的保护，降低对项目周边陆域植被的影响。 鸟类保护：调整鸟类飞行路线和栖息地方位，合理安排施工时间，在候鸟迁徙期如遇候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；同时合理规划施工车辆运输路线，减小施工期对鸟类的影响。	降低影响	
运营期	噪声	升压站噪声、箱变噪声	/	优化设备选型	降低影响	项目用海区域，运营期同步进行
	废水	生活污水和清洗废水	项目劳动定员 20 人，在升压站平台食宿，产生生活污水。项目光伏板清洗过程产生清洗废水。	项目生活污水委托第三方通过运输车清运至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。清洗废水自然下流至项目水域，不会造成明显的水环境污染。	生活污水严禁外排入海	
	电磁影响		项目升压站产生电磁影响	为尽量减小变电设备产生的电磁场对环境的影响，在设备安装	降低影响	

时段	种类	具体内容	相应设施和主要方法	预期目标	实施地点及 投用时间
			时,应减少设备及其连接电路相互间接触不良而产生的火花放电;对电力线路的绝缘子和金属,要求绝缘子表面保持清洁和不积污,金属间保持良好的连接,防止间隙性放电。箱变安装防电磁金属外壳,集电电缆安装于电缆槽盒内,降低电磁影响。		
固体废物	一般固废	光伏板的破损将产生废光伏板。项目劳动定员 20 人,在场内食宿,将产生生活垃圾。	项目运营期间,加强光伏区巡视,检修人员及时清理损坏组件及支架至陆域厂区。当发生光伏设备大范围发生破损时,增加检修人员数量,及时对设备清理。生活垃圾产生量为 3.65t/a,集中收集后经当地环卫部门收集转运。	降低影响	
	危险废物	发生事故时,变压器油泄露,产生废事故油,属于危险废物。	通过事故油池、消防水池收集,交由有资质的单位处理。	严禁外排,降低影响	
	光污染	/	项目光伏组件背面涂覆有防反射涂层的晶硅板片,同时封装玻璃表面经过防反射处理,使晶硅板片对阳光反射以漫反射为主,可以达到《玻璃幕墙光学性能》(GTT18091-2000)中的要求。	/	
生态环境	水生生态	光伏板遮挡阳光,可能造成库区水温偏低,对水产品的正常生长有一定的影响。	项目在设计光伏板间距时考虑了对渔业的影响,光伏组件预留 1.5m 的间距,以便后期实现渔光互补,尽量减少对水生生态的影响。		
	陆生生态	项目运营期运输生活垃圾、生活污水	运输车辆在地围上有水泥覆盖的路面行驶,对堤围附近陆生生态系统影响不大。	降低影响	
	鸟类	项目影响鸟类生境、光伏板可能造成鸟类碰撞事故、光伏区占地影响鸟类迁徙	使用驱鸟装置、为围栏进行生态化改造、建设修复区等		

8 环境影响经济损益分析

生态环境的经济损益分析是建设项目经济损益分析的一部分。对该工程进行环境影响经济损益分析的目的在于评价项目的社会、经济、环境效益是否能补偿或在多大程度上补偿了由项目造成的社会、经济、环境损失，并提出减少损失的措施；对该工程的整体效益进行综合分析比较。

8.1 社会效益分析

本项目安装容量 704.704MWp，运营期多年平均上网电量为 83715 万 kW·h。按照火电煤耗（标准煤）308.46g/kW·h 测算，项目建成投运后每年可节约标煤 26.4 万 t，相应每年可减少多种大气污染物的排放，减少二氧化碳约 66.27 万 t，减少二氧化硫约 566.13t，减少氮氧化物约 21.9t，减少烟尘 84.92t。可见，项目的节能减排效益明显。

光伏电站的建设替代燃煤电厂的建设，可起到充分利用自然可再生能源、节约不可再生化石资源的目的，将大大减少对周围环境的污染，对改善大气环境有积极的作用。可见光伏电站建设对于当地的环境保护、减少大气污染具有积极的作用，并有明显的节能、环境效益和社会效益。

8.2 环保投资估算

1、项目建设和施工作业过程中采用合理有效的环保措施，包括合理安排施工计划、防止泄漏等制度和措施，可以使施工区附近海域的水环境和海洋生态环境得到有效的保护，降低对海洋生态环境的影响。

2、项目施工期间，施工人员生活污水经临时环保型流动厕所进行收集后委托第三方运送至斗门区白藤水质净化厂，不外排。

3、施工人员生活垃圾集中收集后由环卫部门统一收集处理，项目没有弃方，固体废物根据金湾区的统一管理要求进行处置，不得随意外排。

本项目总投资约 372851.11 万元。凡属污染治理和环境保护所需的设备及工程设施和绿化均属环保设施，其投资全部计入环保投资。本项目环保投资 600 万元，占总投资的 0.16%。从项目投资比例来说是可行的。本项目的环保投资如

表 8.2-1 所示。

表 8.2-1 环保措施及投资估算

项目	环保投资内容	投资额 (万元)
施工期废水处理处置设施	临时环保型流动厕所、委托第三方清运	30
船舶含油污水、生活污水	均按照船舶管理规定，禁止排海，将定期由有资质单位回收陆域处理或处置。	30
废气防治设施	道路、场地洒水装置；围挡、遮盖等防尘措施	40
噪声防治措施	尽量采用低噪声的施工机械和工艺、设备减振、加强保养、围挡等	30
固废处置措施	垃圾收集桶，固废处置费	45
运营期生活污水处理设施	日常维护费用、委托第三方清运	130
渔业资源补偿措施	渔业资源补偿措施	39
环境监理	合理安排施工进度，严格掌握施工进度，降低水域中悬浮物浓度。	40
环境监测	掌握施工期污染物排放状况，为施工管理提供依据。	86
其他环保措施	环境应急体系、环境验收等	130
	总计	600

8.3 环境经济损益分析结论

光伏发电是清洁的可再生能源，具有较好的环境效益，工程难度小，建设周期短、在节能减排、改善当地能源结构及促进区域经济发展等方面能产生积极的社会效益，从缓解能源供应紧张并同时保护环境的角度考虑，开发太阳能光伏发电项目是必要的。本项目的建设符合国家政策和社会发展要求，工程技术可行、经济合理，项目建设是可行。

9 环境管理与监测计划

9.1 环境管理计划

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》的精神，企、事业单位在生产和经营中防止污染、保护环境应是其重要的职责之一。环境管理是控制污染、保护环境的重要措施，应根据《建设项目环境保护设计规定》等法规的要求，确定环保管理机构，制定管理程序。

9.1.1 环境管理机构及管理人员的职责

本工程应设置环境管理机构，其中施工期管理机构应包括施工单位的环境管理机构和建设单位的管理机构，营运期环境管理单位为建设单位管理机构，具体设置情况如下：

9.1.1.1 施工单位管理机构及管理人员职责

施工管理单位的管理主要内容为：

- 1) 负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并做好详细的记录，以备检查。
- 2) 及时向环境保护主管部门或向单位负责人汇报与本项目建设有关的污染因素、存在的问题、采取的控制对策、实施情况等，提出改进建议。
- 3) 按本报告提出的各项环境保护措施，编制施工期环境保护措施落实计划，明确各个施工工序的场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该计划以书面形式发放给相关人员，以便于项目措施的有效落实。

9.1.1.2 建设单位的环境管理机构及管理人员职责

为了有效保护工程建设期和施工期工程所在区域的环境质量，保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，建设单位还应成立专门小组，建议定员为3-4人（包括施工期和运营期），负责环境管理和环境监测计划制定和实施。

负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签

订的合同中，聘请有资质的施工监理单位对施工环境保护措施落实情况进行跟踪监理，监理单位对项目施工实施监督、管理和指导。具体措施如下：

- 1) 对工程辖区范围内的环境保护实行统一管理，贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规；
- 2) 领导和组织工程管辖区范围内的环境监测工作，建立监控档案；
- 3) 做好环境教育和宣传工作，提高各级管理人员和操作人员的环境保护意识，加强人员对环境污染防治的责任心；
- 4) 定期对环保人员和工作人员进行环境保护管理培训，提高人员的业务和管理水平；
- 5) 严格执行“三同时”规定，使环境保护工作与主体工程同时设计、同时施工、同时生产，以保证有效控制污染；
- 6) 加强建设项目的环境管理，严格执行本报告提出的污染防治措施和对策；
- 7) 定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防治污染事故的发生；
- 8) 加强与环境保护管理部门的沟通联系，主动接受主管部门的管理、监督和指导。

9.1.2 监督机构

本项目环境保护监督机构为珠海市及下辖区县生态环境局等。

9.1.3 人员要求

从事环境管理的相关人员应具备必要的环保知识和环保意识，并且具备光伏发电项目环境管理经验。

9.2 施工期环境管理计划

对本项目实施环境监理的目的是使施工现场的环境监督、管理责任分明，目标明确，并贯穿于整个工程实施过程中，从而保证环境保护设计、环境影响报告书中提出的各项环境保护措施能够顺利实施，保证施工合同中有关环境保护的合同条款切实得到落实。环境监理人员应从以下方面开展监理工作：

1. 在整个施工期内，由建设单位委托的环保专职人员承担生态监理。通过制定相应的环保手册对施工人员、施工区域、施工方式、施工时间进行有效的指

导。

2.明确监理范围。工程所在区域与工程影响区域，包括施工现场、施工便道等以及上述范围内生产施工对周边造成环境污染和生态破坏区域。

3.临时堆场的监理。本项目设置5个堆场，主要用于临时堆放型钢、钢筋、电池板组件等。在施工过程中需要严格落实材料的堆放位置，禁止占用周边陆域。在整个施工期内，由建设单位委托的环保专职人员承担生态监理，采用巡检监理的方式，对材料堆放、施工方式、施工机械和宿营地进行环境监理，检查生态保护措施的落实及施工人员的生态保护行为。

4.对施工船舶的监理。即对施工船舶含油废水和固体废物进行监理，不得随意排入附近海域中，必须进行收集处理；另外对施工船舶的性能进行监理，减少施工船舶在施工过程中的跑冒滴漏对施工附近海域的水体污染。

5.对施工队伍进行监理。施工队伍的施工水平直接影响到施工时污染物的产生，因此环境监理人员应对施工队伍进行严格的监理，有效地促使施工单位规范施工，环境污染问题得到有效的控制。

6.鸟类保护的监理。开工前，在工程周边设立爱护鸟类、鱼类和自然植被的宣传牌。施工人员进场后，立即进行生态保护教育。明确禁止施工人员进入项目东侧的候鸟主要聚集地，杜绝伤害鸟类的行为。同时，严格控制车辆噪声，减少噪声对鸟类的惊扰，并尽量避免在鸟类大规模迁徙时段施工。

7.环境监理单位应按不同施工时段，监督落实施工单位所承诺的各项施工工程的环境保护条款，及时提交环境监理报告。

8.对环境监测及环评报告中提出的其它环保措施进行监理；落实必要的施工期环境监测，为环境监理提供必要的监测数据。

9.3 运营期环境管理计划

1.严格执行各项生产及环境管理制度。

2.监督生态影响防治措施。

3.制订和实施环境监测计划。

4.污染事故应急防范：对于突发性污染事故的应急防范，建设单位应成立应急响应指挥小组，制定和实施项目应急响应计划，配备适当数量的应急设备，将

项目的突发事故应急防范与地方应急防范工作相衔接,充分利用区域的应急资源,做好污染事故应急防范工作。

5.定期开展宣传、教育和培训。

6.运营期应该注意监督建设单位的生态保护措施是否到位,观察生态补偿和生态修复措施效果。

7.要对项目运营有关管理人员进行鸟类知识的宣传和相关指导,并和鸟类管理保护单位建立必要的工作联系,使其对鸟类的干扰降低到最低程度。

9.4 环境监测计划

制订环境监测计划的目的是为了监督各项环保措施的落实执行情况,根据监测结果适时调整环境保护行动计划,为环保措施的实施时间和周期提供依据,为项目的环保竣工验收和后评价提供依据。

本工程严格按照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程(国家海洋局2002.4)》《近岸海域环境监测规范(HJ442-2008)》和《近岸海域环境监测点位布设技术规范(HJ730-2014)》的规定,制定了本工程的环境监测计划,监测项目、方法及频率。监测工作由建设单位委托有资质单位按照制订的计划进行监测,并由当地行政主管部门进行监督指导。监测方法按《海洋监测规范》《声环境质量标准》等相关标准进行。

结合工程分析,本工程位于堤围内,主要建设光伏区、升压站区,均为透水建筑物。桩基施打过程中,打桩机扰动堤围内水体,致使水体出现浑浊。同时,施工过程中的机械设备的噪声值、船舶噪声值介于75dB(A)~110dB(A),属于间断排放。为进一步做好施工期环境监理工作,建议施工单位和监理单位开展施工期及施工结束后的跟踪监测工作。

运营期的主要污染源为食堂废气、光伏区组件清洗废水、箱式变压器的低频噪声、废光伏板等。建设单位在运营期严格落实环保措施前提下,本项目对周边环境影响较少。

本项目监测计划实施时间为施工期、施工结束后与运营期,具体计划如下:

9.4.1 施工期跟踪监测

(1) 水质的环境质量监测计划

监测站位：布设 4 个水质监测站位（S1~S4）；

监测项目：COD、活性磷酸盐、氨、硝酸盐、亚硝酸盐、悬浮物、石油类

监测频次：采样监测一次，施工期在进行打桩工序期间，选择大潮期进行 1 次监测。

（2）沉积物环境质量监测计划

监测站位：同水质监测站位；

监测项目：石油类、有机碳、重金属（铜、锌、镉、铅）；

监测频次：在进行打桩工序期间，选择大潮期进行 1 次监测。

（3）海洋生态环境监测计划

监测站位：同水质监测站位；

监测项目：叶绿素 a 及其初级生产力、浮游植物、底栖生物、浮游动物、潮间带生物、游泳生物、鱼卵鱼仔等。

监测频次：施工期在进行打桩工序期间，选择大潮期进行 1 次监测。

（4）噪声监测计划

监测点位：项目边界

监测项目：Leq

监测频次：1 次/季度/处，选点监测 2 天，每天 2 次（昼夜间各一次）；

（5）大气环境监测计划

监测点位：施工场地

监测项目：TSP

监测频次：2 次/年/处，监测 1 天；

（6）鸟类监测计划

监测点位：项目所在地与周边地区

监测项目：鸟类

监测频次：2 次

在施工前期、施工期间应对项目场址和周边河道、养殖塘等区域分别开展鸟类种类和数量的跟踪监测，以比较分析项目建设对鸟类造成的影响，密切关注变化较大的种类，以及重点保护的物种。鸟类监测是一项专业性很强且工作量很大的任务，需由相关单位的鸟类专业人员进行，建设单位也可以在专业人员的指导

下，参加项目场址范围内及周边地带的鸟类监测工作，做好观测记录并想学习鸟类救助基本知识。

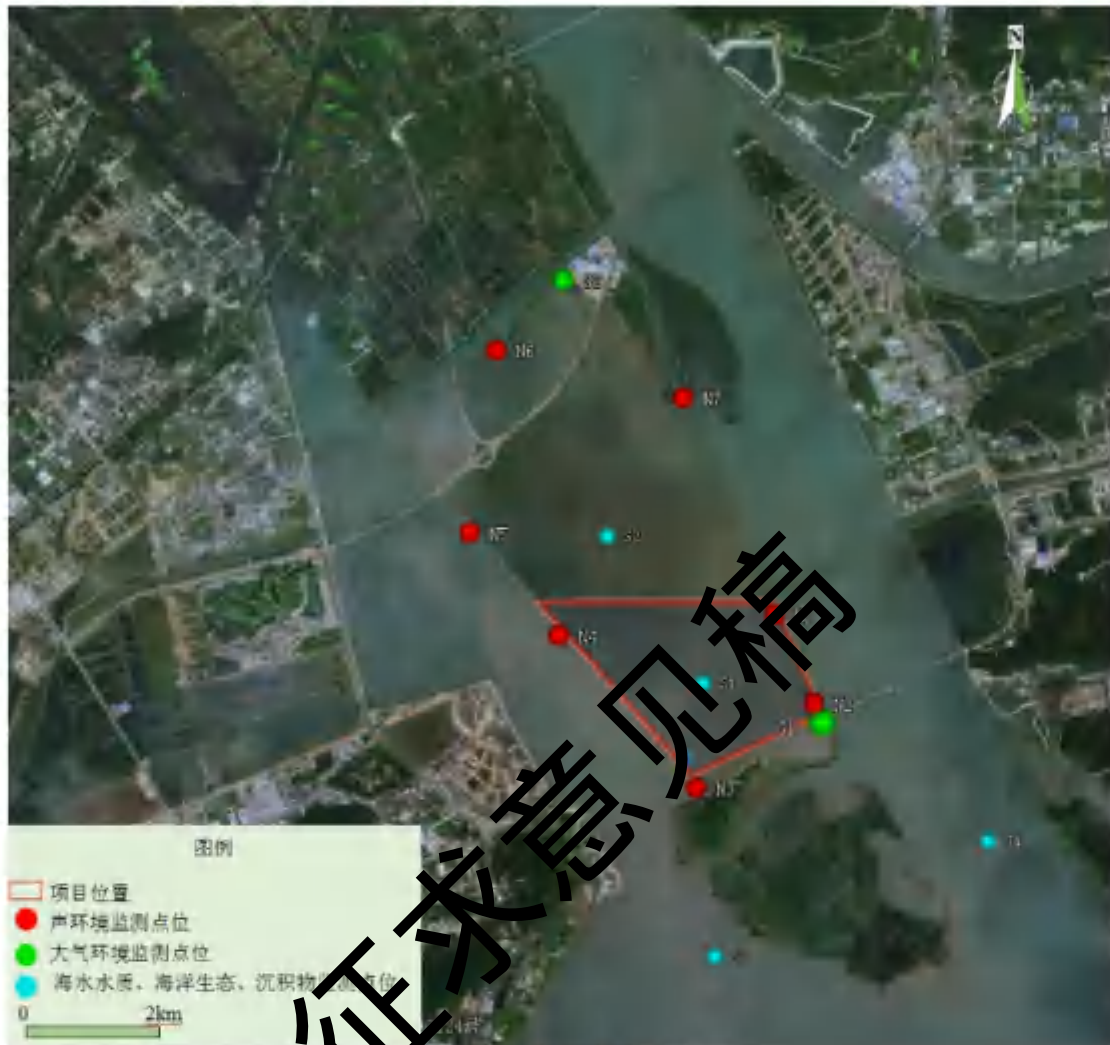


图 9.4-1 施工期监测点位图

9.4.2 施工结束后

施工结束后进行一次水质、沉积物、海洋生态现状监测，监测点位与监测内容同施工期。

项目完成后立即开展一次鸟类调查，主要选择在春秋迁徙季及候鸟最多的冬季，调查范围包括本项目场址和鹤洲南垦区北部、垦区外围河道和海域、鹤洲北部分养殖塘区域、以及拟开展生态修复措施的区域。建议每年调查两次。

9.4.3 运营期

运营期鸟类连续五年开展跟踪监测，主要选择在春秋迁徙季及候鸟最多的冬

季，调查范围包括本项目场址和鹤洲南垦区北部、垦区外围河道和海域、鹤洲北部分养殖塘区域、以及拟开展生态修复措施的区域。建议每年调查两次。

征求意见稿

9.5 环保设施“三同时”竣工验收

本项目为太阳能光伏发电项目，施工期环境污染主要有船舶污水、施工机械船舶噪声、桩基施工产生的悬浮泥沙等，运营期环境污染主要有箱变及检修船产生的噪声、废太阳能电池组件。

表 9.5-1 “三同时”验收一览表

内容类型	污染源	污染物名称	验收内容（环保设施措施）	执行标准
大气污染物	施工期、运营期船舶	NO _x 、烟尘、SO ₂ 、	低硫份燃油或替代清洁能源	《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB15097-2016）第二阶段排放限值
水污染物	施工期船舶含油污水	石油类	船舶含油污水收集装置，不外排	/
	施工期船舶员工生活	pH、SS、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N	统一收集，委托有资质单位处理，不外排	/
	施工期作业区	悬浮泥沙	制定详细的施工计划，合理安排施工船舶数量，打桩进度	/
	施工期生员工生活	pH、SS、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N	设置移动厕所，委托第三方清运至斗门区白藤水质净化厂	/
	运营期办公、生活	pH、SS、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N	生活污水处理设备及污水池安装在升压站平台，污水池大小 3×5×2m，委托第三方通过运输车清运至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理	/
	运营期光伏	SS	清洗废水自然下流至项目水域	/

	面板清洗			
噪声	施工期船舶、机械	噪声	选用低噪声设备、严格机械管理及工作时间管理	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的噪声排放限值
	运营期噪声	噪声	合理设计布局,采用低噪音变压器	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准
固废	施工期施工过程	建筑垃圾	具备回收利用价值的金属废料等回收处理,其他建筑垃圾运至符合要求的建筑垃圾消纳场所	/
	施工期员工生活	生活垃圾	集中收集后经当地环卫部门收集转运	/
	运营期	生活垃圾	集中收集后经当地环卫部门收集转运	/
		废光伏板	可暂存在升压站平台,后期直接送往生产厂家回收处理。	/
光污染	运营期光伏面板	光污染 光伏板表面涂覆防反射	反射率需符合《玻璃幕墙光学性能》(GTT18091-2000)中的要求	
电磁环境	升压站	/	/	《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中频率为50Hz的公众曝露限值
环境风险管控措施	施工期船舶	柴油	水上溢油应急处理设施配备	/
	变压器	事故油	各箱式变压器下安装2.5m ³ 事故油池,升压站平台设置80m ³ 消防水池	/
生态环境保护措施	施工期施工、临时占地	/	1、悬挂醒目的树牌进行提醒保护项目附近的生态系统、动植物。 2、夜间不施工以减少对鸟类的影响。	/
	施工结束后	/	开展渔业资源补偿、增殖放流等工作	/

10 项目建设政策相符性及选址可行性分析

10.1 产业政策相符性分析

本项目主要建设海上光伏发电项目，根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年12月27日修改）的规定，属于第一类“鼓励类”中第五项“新能源”中1条“太阳能光伏发电系统集成技术开发应用”，项目为鼓励类项目，符合国家产业政策。

2022年3月12日，国家发展改革委和商务部联合印发《市场准入负面清单（2022年版）》（发改体改规〔2022〕397号）中明确，未取得许可，不得从事“海洋工程相关项目建设”、“水利基建项目初步设计文件审批”。本项目属于可再生能源建设项目，项目的可行性研究报告已经通过审批，属于“许可准入事项”，符合《市场准入负面清单（2022年版）》。

因此，本项目的建设与《产业结构调整指导目录（2019年本）》及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（国家发展改革委第49号令）、《市场准入负面清单（2022年版）》相符。

10.2 与经济社会发展规划的相符性分析

10.2.1 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年计划和2035年远景目标纲要》相符性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》指出：构建高质量绿色低碳能源保障体系。大力发展清洁低碳能源。优化能源供给结构，实施可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统。大力发展海上风电、太阳能发电等可再生能源。

珠海作为粤港澳大湾区的重要组成部分，完善能源基础设施网络为发展鹤州南片区提供保障，有利于推动珠海创建现代海洋城市。因此，本项目符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》。

10.2.2 与《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》相符性分析

根据《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，“十四五”时期珠海发展定位为：围绕新珠海、新经济、新生活，打造粤港澳大湾区经济新引擎、独具特色令人向往的大湾区魅力之城和践行新发展理念的典型城市，努力建设枢纽型核心城市和新时代中国特色社会主义现代化国际化经济特区。规划指出打造粤港澳大湾区经济新引擎就包括创建现代海洋城市，优化海洋开发格局，拓展蓝色发展空间，提升海洋产业竞争力，发展特色海洋经济，推进海洋治理体系与治理能力现代化。规划指出：大力发展清洁能源，谋划推动海上风电、太阳能发电建设，加快天然气和可再生能源利用，实施智慧能源示范工程，推进能源清洁低碳化转型。构建坚强智能电网，提升大规模分布式新能源接入和消纳能力。加强对澳门能源保障，建成对澳供能第三通道。

本项目属于可再生能源工程。开发太阳能符合国家环保、节能政策，光伏电站的开发建设可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护环境，推进能源清洁低碳化转型。对确保珠海市生态安全和经济的有利发展有重要意义。总体来讲，工程建设符合《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

10.2.3 与《珠海市金湾区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》相符性分析

《珠海市金湾区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》指出：发展壮大四大百亿级产业集群。持续壮大船舶与海洋工程装备制造、清洁能源、家用电器、电子信息等产业集群，打造四大百亿级产业集群。大力发展海洋经济，推动珠海经济技术开发区与广州南沙科学城、深圳宝安海洋新兴产业基地等开展合作。

鹤洲南垦区正处于新一轮大发展的关键时期，光伏发电工程的建设贴合“推动清洁能源产业发展壮大”的举措，打造清洁能源产业链。项目的建设助力打造经济特区活力品质幸福新城。项目建设符合《珠海市金湾区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

10.2.4 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》提出：按照“一核一带一区”发展格局，完善“三线一单”生态环境分区管控体系，强化其在生态环境源头预防制度体系中的基础地位和作用。优化海域环境管控单元，细化近岸海域环境管控单元准入清单，落实区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控、环境风险防控等环境管控要求。

本项目属于再生能源工程，优化产业结构，因此建设符合《广东省海洋经济发展“十四五”规划》。

10.2.5 与《珠海市城市总体规划》的相符性分析

《珠海市城市总体规划（2001—2020年）》中明确了整合绿地资源和开放空间，完善生态绿地系统网络。大力发展清洁能源、可再生能源和新能源，推进非常规水利用，实现水资源与能源的节约高效利用。

本项目是再生能源项目，满足相应的城市规划要求，年平均理论发电量为87944万kW·h，将充分发挥可再生能源优势。因此项目符合《珠海市城市总体规划（2001—2020年）》。

10.2.6 与《珠海市光伏发电发展规划（2022-2025年）》的相符性分析

《珠海市光伏发电发展规划（2022-2025年）》指出：一是严格执行环境影响评价制度，严格落实国土空间规划对坚守生态保护红线和永久基本农田底线，在规划选址、并网线路等方面确保区域生态功能避让环境敏感性因素。二是严格落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单“三线一单”要求，加强项目布局、建设、运营、退役全环节、全生命周期环境保护。三是严格执行环保标准，做到环境保护设施与主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”，预防和减轻环境影响。四是通过规划实施，“十四五”期间在推动光伏发电加快健康发展的同时，实现与生态环境的友好共赢，为实现“双碳”目标做出重要贡献。

本项目位于鹤洲南垦区，不占用生态保护红线和永久基本农田底线。选址符合《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案要求》，广东省“三区三线”。建

建设单位将严格落实项目布局、建设、运营、退役全环节、全生命周期环境保护的要求，在推动光伏发电加快健康发展的同时，实现与生态环境的友好共赢，为实现“双碳”目标做出重要贡献。

10.2.7 与《珠海市土地利用总体规划》的相符性分析

根据图 10.2-1，本项目位置属于限制建设区（自然保留地），对照限制建设区的管控要求，主要管制规则包括：

（一）区内土地主导用途为农业生产空间，是发展农业生产，开展土地开发整理复垦和基本农田建设的主要区域；

（二）区内禁止城、镇、村建设，严格控制线型基础设施和独立建设项目用地；

（三）严格限制在区内安排建设用地，交通、能源、水利、军事、国家安全、矿山和其他因生态环境保护要求需要单独选址且不在《限制建设区用地项目目录》范围的，可在区内安排建设用地。

本项目属于能源项目，可在区内安排建设用地。项目选址位于鹤洲南垦区堤围内，不占用基本农田或海洋生态保护区，用海方式为透水构筑物用海，基本不改变海域自然属性。透水构筑物桩基之间自然可以过水，能最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。项目光伏支架基础和网墙桩基尺寸较小，产生的悬浮泥沙源强很小，悬浮物影响区域范围有限，一般集中在施工区域附近，且施工期间产生的废水和固废均能得到妥善处置，不随意排放和倾倒，施工期间不会对周边功能区产生不利影响。对因此本项目选址符合《珠海市土地利用总体规划》限制建设区的管控要求。



图10.2-1 项目与珠海市土地利用总体规划的关系

10.3 与海洋相关规划的相符性分析

10.3.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

《全国海洋主体功能区规划》明确指出“海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为以下四类区域：

优化开发区域，是指现有开发利用强度较高，资源环境约束较强，产业结构亟需调整和优化的海域。

重点开发区域，是指在沿海经济社会发展中具有重要地位，发展潜力较大，资源环境承载能力较强，可以进行高强度集中开发的海域。

限制开发区域，是指以提供海洋水产品为主要功能的海域，包括用于保护海洋渔业资源和海洋生态功能的海域。

禁止开发区域，是指对维护海洋生物多样性，保护典型海洋生态系统具有重要作用的海域，包括海洋自然保护区、领海基点所在岛屿等。

优化开发区域包括渤海湾、长江口及其两翼、珠江口及其两翼、北部湾、海峡西部以及辽东半岛、山东半岛、苏北、海南岛附近海域。珠江口及其两翼海域包括广东省汕头市、潮州市、揭阳市、汕尾市、广州市、深圳市、珠海市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、阳江市、茂名市、湛江市（涠尾角以东）毗邻海域。

该区域的发展方向与开发原则是，优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染治理和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。”

珠海作为粤港澳大湾区的重要组成部分，属优化开发区。本项目建设是推动海洋产业结构需要，为建设用地日益紧张的珠海市提供大片优质可开发用地，符合《规划》中“优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度”的发展方向与开发原则。因此项目符合《全国海洋主体功能区规划》。

10.3.2 与《全国海洋功能区划》（2011-2020年）相符性分析

依据《全国海洋功能区划（2011-2020年）》，本项日用海所在海域属于“珠江三角洲海域”，其包括广州、深圳、珠海、惠州、东莞、中山、江门毗邻海域，主要功能为港口航运、工业与城镇用海、海洋保护、渔业和旅游休闲娱乐。大亚湾至大鹏湾重点发展海洋保护、港口航运、旅游休闲娱乐，重点保护红树林、珊瑚礁及海龟等生物资源，保护针头岩领海基点；狮子洋至伶仃洋重点发展港口航运、工业与城镇、旅游休闲娱乐，重点保护中华白海豚、黄唇鱼和红树林等生物资源，狮子洋两岸严格控制填海造地，保障防洪泄洪和航道安全；万山群岛重点

发展海洋保护、旅游休闲娱乐、港口航运、渔业，重点保护佳蓬列岛领海基点，以及珊瑚礁和上升流生态系统；磨刀门至镇海湾重点发展港口航运、工业与城镇、渔业、旅游休闲娱乐，重点安排横琴总体发展规划用海；珠江口外重点开展油气和矿产资源的勘探开发，保护围夹岛和大帆石领海基点，保护中华白海豚等生物资源及红树林和海草床等生态系统。区域加强对海岸、海湾及周边海域的整治修复。区域实施污染物排海总量控制制度，改善海洋环境质量。

本工程建设内容为光伏发电，在海域利用太阳能进行发电，属于利用再生能源实施电力工业的项目，建成后可充分为周边工业项目提供电力保障，优化产业结构，符合本功能区“本区域基本功能为工业与城镇用海”的用途管制要求。

10.3.3 与《广东省海洋主体功能区规划》（2017年）相符性分析

《广东省海洋主体功能区规划》（2017年）是我省海洋空间开发的基础性和约束性规划，是全省海洋主体功能区总体布局的基本依据。根据《广东省海洋主体功能区规划》，我省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。

根据《广东省海洋主体功能区规划》（2017年）提及的开发原则第五点保护自然，按照建设环境友好型社会的要求，保护生物多样性，保护水源地，实现人与自然的和谐相处。以保护良好生态为前提、以水土资源承载能力和环境容量为基础进行有序开发。加强主要江河的水污染治理，改善生态环境。能源和矿产资源开发坚持“点上开发，面上保护”的原则。第六点能源布局，加强能源生产和供应保障能力建设，加快推进阳江等地核电项目建设，有序推进沿海大型燃煤电厂建设；进一步加强跨区域输电通道建设，提高电力送出能力；加快粤东、粤西沿海地区大型炼油基地和液化天然气（LNG）接收站等油气基础设施建设，统筹推进油气主干管网建设；稳步推进石油储备基地和大型煤炭中转基地建设；积极开发风电、太阳能、生物质能等新能源和可再生能源。

本项目是再生能源工程，选址属于鹤洲南垦区围堤内，该区的功能区划为鹤洲南工业与城镇用海区。建设用海光伏阵列采用桩基式固定，支架基础拟采用PHC管桩基础。用海方式为透水构筑物用海，基本不改变海域自然属性，透水构筑物桩基之间仍然可以过水，能最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。项目光伏支架基础和网墙桩基尺寸较小，产生的悬浮泥沙源强很小，悬浮物

影响区域范围有限。符合《广东省海洋主体功能区规划》(2017年)的保护自然和能源布局要求。

10.3.4 与《广东省海洋功能区划》(2011-2020年)相符性分析

本工程所在海域的海洋功能区为鹤洲南工业与城镇用海区,附近海洋功能区有磨刀门保留区、白龙尾工业与城镇用海区、横琴岛工业与城镇用海区、三灶工业与城镇用海区、湛江-珠海近海农渔业区、横琴岛港口航运区、香洲保留区。详见图 2.3-1。

10.3.4.1 与“磨刀门保留区”的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划(2011—2020年)》(2012年),本项目周边涉及“磨刀门保留区”功能区范围,该功能区海域使用管理要求为:“(1)维护磨刀门海域防洪纳潮功能,维护海上交通安全;(2)通过严格论证,合理安排相关开发活动;(3)严格控制围填海,不得设置明显改变水动力环境的构筑物。”海洋环境保护管理要求为:“(1)保护磨刀门生态环境;(2)海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状”。本项目用海与磨刀门保留区的符合性分析详见表10.3-1。

表 10.3-1 与磨刀门保留区的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
1.维护磨刀门海域防洪纳潮功能;维护海上交通安全;	本项目为可再生能源工程,不影响区域防洪潮安全,同时项目建在堤防内,对现状堤线不做调整,故能维护磨刀门海域防洪纳潮功能。项目建设不占用航道,在施工期间,将划定施工范围、船型和时间,在海事部门的协调下开展海上作业,可保障海上交通安全。
2.通过严格论证,合理安排相关开发活动。	建议建设单位及施工单位制定严格的施工方案,合理安排施工时间、方式及范围,以最大程度降低对其他用海活动的影响。
3.严格控制围填海,不得设置明显改变水动力环境的构筑物。	项目不涉及围填海,外围有堤围阻隔,本项目的建设对所在海域的流速影响不大,其余海域涨、落潮流速基本不受影响。
海洋环境保护管理要求	项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
1.保护磨刀门生态环境;	本项目施工工区位于堤防内,物料在运输过程中落实环保措施的前提下,对磨刀门保留区的生态环境影响较小。

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
2. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状；	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目施工期不排放水污染物，运营期排放的清洗废水主要污染物为自然降落的灰尘，基本不影响水环境。
与省海洋功能区划是否符合	符合

10.3.4.2 与“鹤洲南工业与城镇用海区”的符合性分析

本项目位于《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》（2012年）中的“鹤洲南工业与城镇用海区”功能区范围内，该功能区海域使用管理要求为：“（1）相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；（2）维护磨刀门海域防洪纳潮功能；（3）围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源；（4）加强对围填海的动态监测和监管。”海洋环境保护管理要求为：“执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准”。

本项目用海与鹤洲南工业与城镇用海区的符合性分析详见下表。

表 10.3-2 项目与省海洋功能区划的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海。	本项目属于能源项目，选址位于鹤洲南垦区堤围内。该区划分为鹤洲南工业与城镇用海区，用海方式为透水构筑物用海，符合鹤洲南工业与城镇用海区的要求。
2.维护磨刀门海域防洪纳潮功能。	项目建设不占用航道，在施工期间，将划定施工范围、船型和时间，在海事部门的协调下开展海上作业，可保障海上交通安全。
3.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源。	本项目用海方式不涉及围填海。
4.加强对围填海的动态监测和监管。	本项目用海方式不涉及围填海。
海洋环境保护管理要求	项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
	施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。
与省海洋功能区划是否符合	符合

10.3.4.3 与“白龙尾工业与城镇用海区”的符合性分析

表 10.3-3 项目与省海洋功能区划的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海	本项目用地不涉及占用“白龙尾工业与城镇用海区”的区域。
围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源	本项目用海不涉及围填海。
工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。
加强对围填海的动态监测和监管	本项目在施工期、施工结束期将在项目周边开展环境监测活动。
海洋环境保护管理要求	项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物多样性二类标准。	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。
与省海洋功能区划是否符合	符合

10.3.4.4 与“三灶工业与城镇用海区”的符合性分析

表 10.3-4 项目与“三灶工业与城镇用海区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海	本项目选址不涉及占用三灶工业与城镇用海区
2.保障航空产业园、防灾减灾体系建设用海需求	本项目位于三灶工业与城镇用海区东北方位，直线最短距离为 2.1km。属于再生能源项目。本项目位于鹤洲南堤围内，堤围现状共有穿堤建筑物 8 座，其中水闸 7 座、船闸 1 座，本项目涉及 13 眼水闸、4 号和 3 号闸。不影响三灶工业与城镇用海区的航空产业园、防灾减灾体系建设。
3.适当保障金沙滩旅游娱乐用海需求	本项目位于三灶工业与城镇用海区东北方位，直线最短距离为 2.1km。施工不影响金沙滩旅游娱乐用海需求，船舶运输过程中将严格按照海事管理部门的要求对货物进行运输。
4.保护金沙滩砂质海岸	本项目位于三灶工业与城镇用海区东北方位，直线最短距离为 2.1km。填海、围填海等主体工程均在鹤洲南堤围内进行，且堤围共有穿堤建筑物 8 座，其中水闸 7 座、船闸 1 座，突发环境事故下，将根据实际情况控制闸门的开闭，缩短环境影响范围。
5.围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源	本项目不涉及围填海。
6.工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响	本项目位于三灶工业与城镇用海区东北方位，直线最短距离为 2.1km。桩基的建设等主体工程均在鹤洲南堤围内进行，且堤围共有穿堤建筑物 8 座，其中水闸 7 座、船闸 1 座，突发环境事故下，将根据实际情况控制闸门的开闭，缩短环境影响范围。
7.加强对围填海的动态监测和监管	本项目在施工期、施工结束期将在项目周边开展环境监测活动。
与省海洋功能区划是否符合	符合

10.3.4.5 与“湛江-珠海近海农渔业区”的符合性分析

表 10.3-5 项目与“湛江-珠海近海农渔业区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
相适宜的海域使用类型为渔业用海	本项目不涉及占用湛江-珠海近海农渔业区相关区域

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
禁止炸岛等破坏性活动	本项目不涉及炸岛等破坏性活动
40米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序	本项目属于再生能源项目，不进行渔业捕捞活动
经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线、保护区等用海需求	本项目不涉及占用湛江-珠海近海农渔业区相关区域
优先保障军事用海需求	本项目不涉及占用湛江-珠海近海农渔业区相关区域
保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道	本项目施工在鹤洲南垦区堤围内进行，物料运输将严格按照相关部门要求，项目施工期尽量避免鱼类繁殖、产卵、洄游期。
执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在围内施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限在围内施工点附近，一旦施工结束此污染即消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。

10.3.4.6 与“横琴岛工业与城镇用海区”的符合性分析

表 10.3-6 项目与“横琴岛工业与城镇用海区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海	本项目不涉及占用横琴岛工业与城镇用海区的区域
保障养殖用海、旅游娱乐用海需求	本项目位于横琴岛工业与城镇用海区的西北侧，相距 6.4km，物料运输船舶采用清洁能源，运输路线严格按照相关部门要求通航，减少影响施工期对横琴岛工业与城镇用海区养殖用海、旅游娱乐用海需求。
围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源	本项目不涉及围填海。
工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响，避免影响海底管线的正常使用	本项目施工主要在堤围内进行，环境监理人员将严格落实施工制度，引导施工单位、建设单位工程建设期间采取有效措施降低对该区域的影响，本项目不涉及开挖，不影响横琴岛工业与城镇用海区里海底管线的正常使用。

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
加强对围填海的动态监测和监管	本项目在施工期、施工结束期将在项目周边开展环境监测活动。
优先保障军事用海需求	本项目不涉及占用横琴岛工业与城镇用海区的区域
保障横琴岛南航道通行需要	船舶运输路线将严格按照相关部门执行，保障横琴岛南航道通行需要
生产废水、生活污水须达标排海	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。
执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准标准	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水，施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域，高浓度污染局限于施工点附近，一旦施工结束此污染便会消失。因此，项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。

10.3.4.7 与“横琴岛港口航运区”的符合性分析

表 10.3-7 项目与“横琴岛港口航运区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
相适宜的海域使用类型为交通运输用海	本项目位于横琴岛港口航运区西南侧，直相距 7.3km，不涉及占用横琴岛港口航运区的相关区域。
围填海须严格论证，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源	本项目不涉及围填海。
维持航道畅通，维护海上交通安全	本项目物料运输路线将严格按照相关部门的要求执行，不影响横琴岛港口航运区的通航。
改善水动力条件和泥沙冲淤环境	项目建在堤围内，不占用自然岸线，对横琴岛港口航运区水动力条件和泥沙冲淤环境的影响较小，不影响该区域的基本功能。
加强用海动态监测和监管	本项目在施工期、施工结束期将在项目周边

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
	开展环境监测活动。
加强港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海	项目生活污水采用运输车运输至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。 项目光伏板清洗废水自然流至项目水域内，对横琴岛港口航运区的海水水质影响较小。
执行海水水质四类标准、海洋沉积物质量三类标准和海洋生物质量三类标准	本项目不占用横琴岛港口航运区区域

10.3.4.8 与“香洲保留区”的符合性分析

表 10.3-8 项目与“香洲保留区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
维护防洪纳潮功能，维持航道畅通	本项目位于香洲保留区西侧，直线距离约 12.2km 本项目不涉及占用香洲保留区的区域
通过严格论证，合理安排相关开发活动	本项目位于香洲保留区西侧，直线距离约 12.2km 本项目不涉及占用香洲保留区的区域
保护河口生态环境	项目生活污水采用运输车运输至珠海市斗门区白藤水质净化厂处理。 项目光伏板清洗废水自然流至项目水域内，对河口生态环境的影响较小。
生产废水、生活污水须达标排海	本项目生产废水、生活污水不外排，对河口生态环境影响较小。
加强前山河水道环境综合治理	本项目对前山河水道的环境影响较小。
加强海洋环境监测	本项目在施工期、施工结束期将在项目周边开展环境监测活动。
海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状	本项目施工废水、生活污水不外排，与香洲保留区的直线距离约 12.2km，对香洲保留区范围内的海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量的影响较小。

10.3.4.9 与“万山群岛保留区”的符合性分析

表 10.3-9 项目与“万山群岛保留区”的符合性分析

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
加强管理，严禁随意开发	本项目不涉及占用万山群岛保留区的区域
严禁显著改变海域自然属性	本项目不涉及占用万山群岛保留区的区域

海域管理要求	项目与海域管理要求的符合性分析
通过严格论证，合理安排相关开发活动	本项目不涉及占用万山群岛保留区的区域
维护海上交通安全，优化保障军事用海需求	本项目废水、生活污水不外排，对河口生态环境影响较小。
保护万山群岛海域生态环境	本项目对万山群岛海域生态环境不会产生明显影响
加强对海岛污染物及船舶排污、海洋工程和海洋倾废的监控	项目建设在鹤洲南垦区堤国内，不占用自然岸线，不影响该区域的基本功能
海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状	项目建设在鹤洲南垦区堤国内，不占用自然岸线，不影响该区域的基本功能

10.3.5 与《珠海市海洋功能区划》相符性分析

按照《珠海市海洋功能区划》（2015-2020年），本工程所在及附近海域的海洋功能区和《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（2011年）保持一致；所在海域的海洋功能区为鹤洲南工业与城镇用海区，附近海洋功能区划为磨刀门保留区、横琴岛港口航运区、白龙尾工业与城镇用海区、横琴岛工业与城镇用海区以及三灶工业与城镇用海区。详见图2.1-1。

10.3.5.1 与“磨刀门保留区”的符合性分析

本项目用海与磨刀门保留区符合性分析详见表 10.3-10。

表 10.3-10 项目与珠海市海洋功能区划的符合性分析

海域管理要求		项目与海域管理要求的符合性分析
用途管制	1.保障磨刀门航道用海；	项目的建设不占用航道，不影响磨刀门航道用海。
	2.通过论证合理安排相关开发活动。	建议业主及施工单位制定严格的施工方案，合理安排施工时间、方式及范围，以最大程度降低对其他用海活动的影响。
用海方式控制	1.严格限制改变海域自然属性；	本项目的建设不会显著改变海域自然属性。
	2.严格限制围填海，不得设置明显改变水动力环境的构筑物；	项目无围填海，无明显改变水动力环境的构筑物，项目建设对工程所在海域的流速影响不大。
	3.保护海岛自然岸线。	项目用海范围不占用海岛自然岸线。同时，项目应规范施工，避免破坏海岛自然岸线。
整治修复	1.整治磨刀门出海航道，改善和维持河口海域纳潮、排洪、通航等功能，整治修复岸线长度不少于 2 千米；	项目不属于航道整治工程，其建设基本不影响河口海域纳潮、排洪、通航等功能。

海域管理要求		项目与海域管理要求的符合性分析
	2.逐步恢复横琴岛二井湾、芒洲等岸及海域的红树林生态系统服务功能,整治修复岸线长度不少于4.5千米。	项目边界外存在红树林,施工过程中建设单位、施工单位应严格落实环保措施,避免破坏红树林生态系统。
海洋环境保护管理要求		项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
	1.保护磨刀门生态环境;	本项目施工工区位于堤围内,项目建设过程中对磨刀门生态环境影响不大。
	2.海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状;	项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水,施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域,高浓度污染局限于施工点附近,一旦施工结束此污染便会消失。因此,项目施工期对项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小,项目运营期无明显污染,施工期污染物保证达标排放,对周围环境影响较小。
其他管理要求		项目与其他管理要求的符合性分析
	1.维护磨刀门海域防洪纳潮功能;	项目建设不占用磨刀门,施工期间,将划定施工范围、船型和时间,在海事部门的协调下开展海上作业,可保障海上交通安全。
	2.维护海上交通安全。	
与市海洋功能区划是否符合		符合

10.3.5.2 与“鹤洲南工业与城镇用海区”的符合性分析

本项目用海与鹤洲南工业与城镇用海区的符合性分析详见表 10.3-11。

表 10.3-11 项目与珠海市海洋功能区划的符合性分析

海域管理要求		项目与海域管理要求的符合性分析
用途管制	相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海,在海域基本功能未利用前保留现有养殖活动。	项目属于工业用海,符合本区域用途管制要求。
用海方式控制	1.允许适度改变海域自然属性;	项目不对现状堤线做调整,已尽可能最大程度降低对海域自然属性的改变。
	2.优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源。	项目不涉及围填海。
海洋环境保护管理要求		项目与海洋环境保护管理要求的符合性分析
执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。		项目施工期不向海域排放施工废水和生活污水,施工过程中产生的悬浮泥沙影响范围主要局限在项目施工作业场地附近的水域,高浓度污染局限于施工点附近,一旦施工结束此污染便会消失。因此,项目施工期对

	项目所在海域的水质、沉积物和海洋生态环境影响较小。项目运营期无明显污染，施工期污染物保证达标排放，对周围环境影响较小。
与珠海市海洋功能区划是否符合	符合

10.4 与环境保护规划的相符性分析

10.4.1 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》相符性分析

2017年10月27日发布的《广东省人民政府国家海洋局关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府[2017]120号）中，为了严格海岸线管控和构建海岸带基础空间布局，划定了海域“三线”和海域“三区”。其中海域“三线”分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线等，海域“三区”为海洋生态空间、海洋生物资源利用空间和建设用海区。

严格保护岸线针对自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线以及军事设施利用的海岸线划定，主要包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林、珊瑚礁等所在岸线。管理要求是确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。禁止在严格保护岸线范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。限制开发岸线是针对自然形态保持基本完整、生态功能与资源价值较好、开发利用程度较低的海岸线划定。限制开发岸线要以保护和修复生态环境为主，为未来发展预留空间，控制开发强度，不再安排围填海等改变海域自然属性的用海项目，在不损害生态系统功能的前提下，因地制宜，适度发展旅游、休闲渔业等产业；根据实际情况，对已经批准的填海项目要按照国家要求开展海岸线自然化、绿植化、生态化建设。优化利用岸线针对人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线划定。优化利用岸线为沿海地区集聚、产业升级和产城融合提供空间，要统筹规划、集中布局确需占用海岸线的建设项目，推动海域资源利用方式向绿色化、生态化转变。提高海岸线利用的生态门槛和产业准入门槛，禁止新增产能严重过剩以及高污染、高耗能、高排放项目用海，重点保障国家重大基础设施、国防工程、重大民生工程和国家重大战略规划用海；优先支持海洋战略性新兴产业、绿色环保产业、循环经济产业发展和海洋特色产业

园区建设用海；严格执行建设项目用海面积控制指标等相关技术标准，提高海岸线利用效率。

本项目不属于围填海项目，不影响岸线形态，不会损害生态系统的主体功能。因此，本项目的建设满足海域“三线”和海域“三区”的管控要求，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

10.4.2 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》相符性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出坚持“三个治污”，持续改善近岸海域环境质量，强化海上污染协同治理。深化船舶水污染物治理：严格落实《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》，完善船舶水污染物收集处理设施，提高港口接收转运能力，补足市政污水管网与码头连接线。推进海洋垃圾治理：加强入海河流、沿海城镇、水产养殖区、港口、滨海旅游区等重点区域的海洋垃圾防控、收集和处置，加强与市政垃圾处置体系有效衔接，加大对重点河口海湾的巡查监测和监管力度。

本项目施工期船舶垃圾由具有资质的船舶污染物接收单位负责接收和处置，严禁将船舶垃圾倾倒入海污染水域，船舶含油污水、生活污水由施工单位自行委托上岸，定期交由有处理能力的船舶污水接收单位处理。本项目船舶水污染物、海洋垃圾的处理处置符合强化海上污染协同治理要求，项目建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

10.4.3 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》相符性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》指出：系统推进航运污染整治，加快推进船舶污水治理、老旧及难以达标船舶淘汰，加快船舶含油污水、洗舱水、生活污水和垃圾等污染物接收、转运及处置能力建设。推进船舶污染防治设施设备配备和改造升级，确保船舶水污染物达标排放。本项目施工期船舶垃圾由具有资质的船舶污染物接收单位负责接收和处置，严禁将船舶垃圾倾倒入海污染水域，施工船舶含油污水由施工单位自行委托上岸，定期交由有处理能力的船舶油污水接收单位处理。本项目船舶水污染物、海洋垃圾的处理处置符合强化海上污染治理的要求。

另外，规划还指出要加强建筑垃圾污染防治，建立建筑垃圾分类处理制度，持续深化建筑垃圾源头减量，提高建筑垃圾资源化利用水平。

本项目船舶含油废水、生活污水、生活垃圾均委托有资质的单位上岸处理。项目施工期、运营期产生的固体废物，尽可能地进行分拣，回收可用物以减少最终的固体废弃物产生量，不可利用的集中收集，交由相应的资质单位处理。施工建筑垃圾可回收的尽量回收综合利用，符合全规划中建筑垃圾源头减量的理念。

综上，本项目符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》相关要求。

10.4.4 与“三区三线”相符性分析

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函【2022】2207号，2022年10月14日），按照《全国国土空间规划纲要(2021~2035年)》确定的耕地和永久基本农田保护红线任务和《全国“三区三线”划定规则》，我省（区、市）完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，已正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。根据我省划定的“三区三线”划定工作成果，本项目不占用海洋生态红线，项目附近的生态红线区详见图 2.5-1。

根据《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，“到2020年年底，结合国土空间规划编制，统筹划定三条控制线（生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界）划定不落地，统筹协调解决矛盾冲突，纳入全国统一、多规合一的国土空间基础信息平台，形成一张底图，实现部门信息共享，实行严格管控。到2035年，通过加强国土空间规划实施管理，严守三条控制线，引导形成科学适度有序的国土空间布局体系。”、“生态保护红线内，自然保护区核心区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括：必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护。”

本项目属于光伏发电工程。建设在广东省珠海市鹤洲南南垦区，不涉及占用岸线、生态保护红线。施工过程均在堤内进行，船舶废水和生活污水不进行周边水体，施工过程将严格落实环境保护措施。因此，项目建设符合我省划定的“三区三线”工作成果的要求。

10.4.5 建设项目“三线一单”符合性分析

10.4.5.1 与“三线一单”符合性分析相符性分析

(1) 生态保护红线

根据我省划定的“三区三线”工作成果，详见图 2.3-7。本项目建设符合我省划定的“三区三线”工作成果的要求。

(2) 环境质量底线

本项目建设虽然会产生一定的环境影响，但通过采取各项环保措施，项目施工、运营对周边环境保护目标影响在可接受范围内，本项目建设符合环境质量底线的要求。

(3) 资源利用上线

本项目不占用大陆自然岸线保有岸线，与大陆自然岸线的距离均较远，不会显著改变大陆自然岸线的自然属性和生态功能，对大陆自然岸线保有无影响。

横沥岛位于项目南侧，最近距离约 355m，本项目建设期间可能会对海岛产生一定影响。根据项目工程分析，项目施工不破基岩结构，对横沥岛稳定影响不大。

本项目不改变海域自然属性，工程规划在节约用海、减小环境影响的基础上，优化资源利用方式。本项目不占用基本农田和耕地，土地资源消耗符合要求。

综上所述，项目建设不会突破当地的资源利用上线。

(4) 环境准入负面清单

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年 12 月 27 日修改）及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（国家发改委第 49 号令），本项目属于鼓励类。本项目不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》中的禁止限制类。不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》中的禁止限制类。项目建设符合国家及地方相关产业政策。

综上所述，本项目建设符合“三线一单”要求。

10.4.5.2 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》相符性分析

根据广东省人民政府关于印发《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知（粤府〔2020〕71 号），全省共划定海域环境管控单元 471 个，其中优先保护单元 279 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 125 个，主要为用于拓展

工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元 67 个，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目所在位置为海域管控分区的重点管控单元（详见图 10.4-1），影响海域的海域管控分区包含优先保护单元。项目与管控单元的相符性分析如下表。

表 10.4-1 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》相符性分析

管控要求	相符性分析	符合性
重点管控单元的管控要求为：以推动产业转型升级、强化污染减排、提升资源利用效率为重点，加快解决资源环境负荷大、局部区域生态环境质量差、生态环境风险高等问题。	本项目所在位置为海域管控分区的重点管控单元（详见图 10.4-1）。项目为光伏发电项目，运营期污染较少，可以减少碳排放、提升资源利用效率，对项目附近生态环境无明显负荷。	相符
水环境质量超标类重点管控单元具体管控要求为：“加强山水林田湖草系统治理，开展江河、湖泊、水库、湿地保护与修复，提升流域生态环境承载力。严格控制耗水量大、污染物排放强度高的行业发展，新建、改建、扩建项目实施重点水污染物减量替代，以城镇生活污染为主的单元，加快推进城镇生活污水有效收集处理，重点完善污水处理厂及配套管网建设，加快实施雨污分流改造，推动提升污水处理设施进水水质和浓度，充分发挥污水处理设施治污效能。对农业污染为主的单元，大力推进畜禽养殖生态化转型及水产养殖业绿色发展，实施种植业“肥药双减”，加强畜禽养殖废弃物资源化利用，加快规模化畜禽养殖场粪便污水贮存、处理与利用配套设施建设，强化水产养殖尾水治理。”	本项目是《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》允许开展的基础设施建设项目，属于非污染生态类项目，为了尽量减少项目施工对海洋环境的影响，施工过程中必须加强管理，严格按照施工规范，顺序施工。在施工期间悬浮泥沙影响范围仅限于项目施工作业附近水域，施工一旦结束，影响不再持续。船舶含油污水委托有资质的单位接收并处理；施工期生活污水委托第三方清运至市区生活污水厂处理，不外排。项目实施期间严格执行区域生态环境保护的要求，严控污染物排海，加强环境监测。	相符

<p>项目评价范围内优先保护单元的管控要求为：以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线，确保生态功能不降低。</p> <p>生态保护红线内，自然保护区核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。一般生态空间内，可开展生态保护红线内允许的活动；在不影响主导生态功能的前提下，还可开展国家和省规定不纳入环评管理的项目建设，以及生态旅游、畜禽养殖、基础设施建设、村庄建设等人为活动。</p>	<p>项目不占用优先保护单元用地，不在优先保护单元内进行大规模、高强度的工业和城镇建设。</p>	<p>相符</p>
---	--	-----------



图 10.4-1 项目与广东省生态环境分区位置关系

10.4.5.3 与《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案》

本项目位于海域管控单元中的重点管控单元（48，鹤洲南工业与城镇用海区-劣四类海域），项目影响海域的海域管控分区为优先管控单元（10，磨刀门重要河口）。详见图 2.3-6。

表10.4-2 与《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案》相符性分析

环境管控单元名称	准入要求	相符性分析	符合性	
重点管控单元	区域布局管控	<ol style="list-style-type: none"> 1.从严控制“两高一资”产业在沿海地区布局。 2.立足海洋特色资源和海洋开发需求，积极培育发展海洋新兴产业和先进制造业。 3.依法淘汰沿海地区污染物排放不达标或超过总量控制要求的产能。 3.除国家重大项目外，全面禁止围填海。 4.船舶不符合污染危害性货物适载要求的，不得载运污染危害性货物，码头、装卸站不得为其进行装载作业。 	<p>本项目在堤围内建设，不新增围填海，不会显著改变海域自然属性；项目为非污染生态类项目，不会对项目所在海域进行围填海，将项目可能造成的海洋环境影响降至最低。</p>	符合
	能源资源利用	<ol style="list-style-type: none"> 1.节约集约用海，合理控制围填海空间布局，提高海域空间资源利用效能。 2.引导船舶靠港使用岸电，推进船舶清洁能源改造，鼓励提前淘汰老旧渔业作业船舶和老旧货运船舶。 3.维持岸线自然属性，保持自然岸线形态，砂质岸线向海一侧3.5海里内禁止采挖海砂、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，保护岸线原有生态功能，加强对受损自然岸线的整治与修复。 	<p>本项目在堤围建设光伏发电工程，体现了节约集约用海的原则。本项目堤围所在岸线为人工岸线，不涉及自然岸线。</p>	符合
	污染物排放管控	<ol style="list-style-type: none"> 1.向海域排放陆源污染物，必须严格执行国家或者地方规定的标准和有关规定。 2.禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和高、中水平放射性废水；严格限制向海域排放低水平放射性废水，确需排放的，应当符合国家放射性污染防治标准。 3.严格落实排污许可管理要求，加强排污许可证实施监管，督促企业采取有效措施控制污染物排放，达到排污许可证 	<p>本项目施工船舶的含油污水经收集后将其交由经珠海市交通运输局备案的船舶污染物接收单位接收处理，生活污水不外排，施工人员产生的生活垃圾则经分类收集上岸后，由环卫部门清运处理，不得排放入海。</p>	符合

环境管控单元名称	准入要求	相符性分析	符合性
	<p>规定的许可排放量要求。</p> <p>4.以近岸海域劣四类水质分布区为重点，建立健全“近岸水体-入海排污口-排污管线-污染源”全链条治理体系，系统开展入海排污口综合整治，建立入海排污口整治销号制度。</p> <p>5.从事海水养殖的养殖者，应当采取科学的养殖方式，减少养殖饵料对海洋环境的污染。</p> <p>6.清理沙滩垃圾，改善旅游环境。</p>		
环境风险防控	<p>1.进行海上堤坝、跨海桥梁、海上娱乐及运动、景观开发工程建设的，应当采取有效措施防止对海岸的侵蚀或者淤积。</p> <p>2.制定和完善陆域环境风险源、海上溢油及危险化学品泄漏、海洋环境灾害等对近岸海域影响的应急预案，健全应急响应机制。</p> <p>3.船舶、港口、码头、装卸站以及从事有关作业单位应当制定防治船舶及有关作业活动污染海洋环境的应急预案，定期组织演练，并做好相应记录。</p>	<p>本项目为海上风电建设，施工作业单位均配备防治船舶及其有关作业活动污染海洋环境的应急预案，定期组织演练，并做好相应记录。</p>	符合
优先管控单元	<p>禁止围填海，维护海洋生态系统健康和安 全，严格执行海洋生态红线管控要求。</p>	<p>本项目无围填海；建设过程中产生的生产废水、生活污水均经处理达标或委外处理，不排海；项目运营期对周边环境影响较小。项目建设不属于破坏河口生态功能和防洪纳潮的开发活动，施工过程中建设单位将严格按照施工管理和监测计划要求实施生态环境监测。本项目建设严格执行红线区的管控要求。</p>	符合

10.5 与输变电建设项目环境保护技术要求的相符性分析

项目与《输变电建设项目环境保护技术要求》(HJ1113-2020)的相符性具体见表 10.5-1。

表 10.5-1 本工程与《输变电建设项目环境保护技术要求》的相符性分析

	输变电建设项目环境保护技术要求	本工程情况	符合性分析
选址 选线	输变电建设项目选址选线应符合生态保护红线管控要求，避让自然保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。	本项目选址不占用生态保护红线、自然保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。	符合
设计	变电工程应设置足够容量的事故油池及其配套的拦截、防雨、防渗等措施和设施。一旦发生泄漏，应能及时进行拦截和处理，确保油及油水混合物全部收集、不外排。	项目箱式变压器设计了 2.5m ³ 事故油池，升压站设置了 80m ³ 容量的消防水池及其配套的拦截、防雨、防渗等措施和设施。	符合
施工	<p>1、声环境： 变电工程施工过程中场界环境噪声排放应满足 GB12523 中的要求。 在城市市区噪声敏感建筑物集中区域内，禁止夜间进行产生环境噪声污染的建筑施工作业，但抢修、抢险作业和因生产工艺上要求或者特殊需要必须连续作业的除外。夜间作业必须公告附近居民。</p> <p>2、生态环境保护 施工临时道路应尽可能利用机耕路、林区小路等现有道路，新建道路应严格控制道路宽度，以减少临时工程对生态环境的影响。 施工结束后，应及时清理施工现场，因地制宜进行土地恢复。</p> <p>3、水环境保护 施工期间禁止向水体排放、倾倒垃圾、弃土、弃渣，禁止排放未经处理的钻浆等废弃物。</p> <p>4、大气环境保护 施工过程中，应当加强对施工现场和物料运输的管理，在施工工地设置硬质围挡，保持道路清洁，管控料堆和渣土堆放，防治扬尘污染。 施工过程中，对易起尘的临时堆土、运输过程中的土石方等应采用密闭式防尘布（网）进行苫盖，施工面集中且有条件的地方宜采取洒水降尘等有效措施，减少易造成大气污染的施工作业。 施工过程中，建设单位应当对裸露地面</p>	<p>1、声环境 本工程所在地远离居民生活区，项目周边无噪声敏感建筑物。施工过程中拟采取合理安排施工进度、合理布置施工现场等措施，确保环境噪声排放满足 GB12523 中的要求。</p> <p>2、生态环境保护 新建道路严格控制道路宽度，以减少临时工程对生态环境的影响。 施工结束后，及时清理施工现场，拟对可绿化地表采取撒播草籽栽植灌木等绿化措施。</p> <p>3、水环境保护 施工期间不向水体排放、倾倒垃圾、弃土、弃渣，不排放未经处理的钻浆等废弃物。</p> <p>4、大气环境保护 本报告对施工期大气环境进行了分析，并根据 HJ/T393 的规定提出相关的环境保护措施。 施工过程中，加强对施工现场和物料运输的管理，在施工工地设置围挡、洒水抑尘、同时作业处覆盖防尘布、防尘网等措施，有效降低扬尘对周围环境的影响。</p> <p>5、固体废物处置 施工过程中产生的建筑垃圾、生活垃圾应分类集中收集，并按国家和地方有关规定定期进行清运处置，施工完成后及时平整清理施工现</p>	符合

	<p>进行覆盖；暂时不能开工的建设用地超过三个月的，应当进行绿化、铺装或者遮盖。</p> <p>施工现场禁止将包装物、可燃垃圾等固体废弃物就地焚烧</p> <p>位于城市规划区内的输变电建设项目，施工扬尘污染的防治还应符合 HJ/T393 的规定。</p> <p>5、固体废物处置</p> <p>施工过程中产生的土石方、建筑垃圾、生活垃圾应分类集中收集，并按国家和地方有关规定定期进行清运处置，施工完成后及时做好迹地清理工作。</p>	场。	
运行	运营期做好环境保护设施的维护和运行管理，加强巡查和检查，保障发挥环境保护作用。	运营期间设有专职管理人员对设施的维护和运行管理、巡查和检查。	符合

征求意见稿

11 结论

11.1 项目概况

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区，场址西临泥湾门水道，东临磨刀门水道与横琴新区相望，北侧紧邻鹤洲水道与北垦区相隔，南侧紧邻横洲水道与横洲围相隔，地理坐标介于东经 113.40~113.45°、北纬 22.08~22.11° 之间。

项目额定容量 524.7MW，安装容量 702.3475 MWp，容配比为 1.339，多年平均上网电量 87944 万 kW·h，年平均等效满负荷小时数 1252h。项目安装光伏组件 1210944 块，组成 43248 串光伏组串，共 159 个 3.3MWac 的光伏阵列。每个光伏阵列设置 1~2 个箱变平台。本工程新建 1 座 220kV 升压站，位于项目西南角，主变规模为 2×290MVA。项目总用海面积 642.962 公顷，其中光伏区用海面积 534.3738 公顷，升压站区域用海面积为 108.588 公顷。

11.2 环境质量现状调查与评价结论

11.3 水质环境现状评价结论

春季海洋环境现状调查结论：农渔业区包含 6 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%；其他因子几项超标因子依次为活性磷酸盐和 Zn，超标率均为 16.7%、Pb 超标率为 8.3%。工业与城镇用海区包含 3 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率 100.0%。航运区仅包含 1 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%。堤围内部点位春季调查结果显示，主要超标因子为 DO、pH 和无机氮，超标率依次为 100.0%、66.7%和 33.3%。

秋季海洋环境现状调查结论：农渔业区包含 8 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 90.9%；其次为 DO，超标率为 27.3%。工业与城镇用海区包含 2 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 50.0%。港口航运区包含 1 个调查站位，主要超标因子为无机氮，超标率为 100.0%。

11.3.1 沉积物环境现状评价结论

春季沉积物调查结果显示，港江-珠海近海农渔业区设置 3 个点位，总汞超

标 100%，铜与硫化物超标率 33%。工业与城镇用海区设置 2 个点位、港口航运区 1 个点位，全部达到相应环境质量标准。

11.3.2 海洋生物质量现状评价结论

春季调查结果：湛江-珠海近海农渔业区包含 5 个调查站位，工业与城镇用海区包含 2 个调查站位，航运区共包含 1 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

秋季调查结果：湛江-珠海近海农渔业区包含 4 个调查站位，工业与城镇用海区包含 1 个调查站位，海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

11.3.3 海洋生态环境质量现状评价结论

11.3.3.1 2022 春季调查结果

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 $2.43\text{mg}/\text{m}^3 \sim 9.50\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $3.78\text{mg}/\text{m}^3$ ；初级生产力的变化范围为 $27.95\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 551.70\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $212.14\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

本次调查共记录浮游植物 4 门 46 属 105 种，其中以硅藻门出现的种类为最多，为 33 属 78 种。调查海区浮游植物丰度变化范围为 $60.29 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3 \sim 3398.82 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ ，平均为 $381.1 \times 10^4 \text{ cells}/\text{m}^3$ 。各站位浮游植物种数变化范围 26~52 种，多样性指数范围为 1.946~4.161，平均为 3.363，多样性属于高水平；均匀度指数范围为 0.185~0.567，平均为 0.627。

本次调查共记录浮游动物 13 个生物类群 70 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $18.18\text{mg}/\text{m}^3 \sim 15737.75\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $2875.32\text{mg}/\text{m}^3$ ，浮游动物密度变化幅度为 $381.82\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 89820.83\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均密度 $23093.51\text{ind.}/\text{m}^3$ 。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 18~38 种，种类多样性指数范围为 2.006~3.693 之间，平均为 3.072，多样性属于较高水平；种类均匀度变化范围在 0.405~0.824 之间，平均为 0.644。

本次调查共记录大型底栖动物 40 种，其中环节动物 22 种、节肢动物 8 种、软体动物 5 种和其他动物 5 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 $165.77\text{ind.}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $4.42\text{g}/\text{m}^2$ 。

本次调查共记录潮间带生物 25 种，其中环节动物 10 种，软体动物 8 种和节肢动物 7 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 $42.34\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为

134.22ind./m²。

在采集的 13 个样品中至少共出现了鱼卵仔鱼 12 种。本次调查共采到鱼卵 2887 个，仔鱼 106 尾。调查海区的鱼卵平均密度为 2507.28 个/1000m³，鱼卵密度变化范围在 192.11 个/1000m³~8578.20 个/1000m³，仔鱼的平均密度为 84.29 尾/1000m³。

本次调查，共捕获游泳动物 45 种，鱼类 21 种，甲壳类 20 种，头足类 4 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 2.60kg/h 和 298.82ind./h。本次调查各断面渔业资源密度的平均重量密度为 656.95kg/km²，平均个体密度为 75.34×10³ind./km²。

11.3.3.2 2022 秋季调查结果

本次调查海区表层水体叶绿素 *a* 含量的变化范围为 1.08mg/m³~6.79mg/m³，平均值为 3.27mg/m³，初级生产力的变化范围在 18.01mg·C/(m²·d)~872.88mg·C/(m²·d)，平均值为 182.20mg·C/(m²·d)。

本次调查共记录浮游植物 5 门 46 属 95 种。调查海区浮游植物丰度变化范围为 723.88×10⁴ cells/m³~46868.56×10⁴ cells/m³，平均为 17208.00×10⁴ cells/m³。各站位浮游植物种数变化范围 15~47 种，多样性指数范围为 0.119~2.061，平均为 0.800，多样性属于低水平；均匀度指数范围为 0.025~0.380，平均为 0.162。

本次调查共记录浮游动物 1 个生物类群 82 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 34.62mg/m³~225.00mg/m³，平均生物量为 206.15mg/m³，浮游动物密度变化幅度为 1788.46ind/m³~13647.32ind/m³，平均密度 5126.15ind/m³。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 11~48 种，种类多样性指数范围为 1.930~4.353 之间，平均为 3.178，多样性属于较高水平；种类均匀度变化范围在 0.507~0.779 之间，平均为 0.661。

本次调查共记录大型底栖动物 36 种，其中环节动物 18 种、软体动物 6 种、节肢动物 5 种和其他种类动物 7 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 349.29ind/m²，平均生物量为 4.77g/m²。各站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 1~14 种/站，多样性指数变化范围在 0.000~3.111 之间，平均值为 1.803，多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.321~1.000 之间，平均值为 0.747。

本次调查共记录潮间带生物 12 种，其中节肢动物 5 种，软体动物 5 种和环

节动物 2 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 $30.06\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $46.04\text{ind}/\text{m}^2$ 。5 条调查断面出现的种类数在 2~8 种/断面，多样性指数变化范围在 0.918~2.165 之间，平均值为 1.606，多样性指数属于较低水平。均匀度范围在 0.722~0.918 之间，平均值为 0.813。

本次调查至少共出现了鱼卵仔鱼 11 种。本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 8854 粒，仔鱼 30 尾。本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 247 粒，仔鱼 2 尾。

本次调查共捕获游泳动物 52 种，鱼类 34 种，甲壳类 17 种，头足类 1 种。渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 $5.12\text{kg}/\text{h}$ 和 $914.86\text{ind}/\text{h}$ 。本次调查各断面的平均重量密度为 $368.67\text{kg}/\text{km}^2$ ，平均个体密度为 $65.86 \times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 。

11.3.3.3 2023 春季调查结果

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $1.90\text{mg}/\text{m}^3 \sim 20.97\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $18.66\text{mg}/\text{m}^3$ ，初级生产力的变化范围为 $463.90\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 512.13\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，平均值为 $488.16\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

本次调查共记录浮游植物 3 门 12 属 19 种。调查海区浮游植物丰度变化范围为 $7738.67 \times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3 \sim 9760.69 \times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3$ ，平均为 $9021.98 \times 10^4\text{ cells}/\text{m}^3$ 。各站位浮游植物种数变化范围 10~19 种，多样性指数范围为 0.264~0.352，平均为 0.316，多样性属于低水平；均匀度指数范围为 0.071~0.100，平均为 0.088。

本次调查共记录浮游动物 6 个生物类群 14 种。各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $458.33\text{mg}/\text{m}^3 \sim 906.25\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $704.86\text{mg}/\text{m}^3$ ，浮游动物密度变化幅度为 $500.00\text{ind}/\text{m}^3 \sim 666.67\text{ind}/\text{m}^3$ ，平均密度 $597.22\text{ind}/\text{m}^3$ 。本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围 3~11 种；种类多样性指数范围为 1.281~3.184 之间，平均为 2.340，多样性属于中等水平；种类均匀度变化范围在 0.808~0.920 之间，平均为 0.880。

本次调查共记录大型底栖动物 14 种，其中环节动物 7 种、节肢动物 5 种、软体动物 1 种和纽形动物 1 种。调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 $903.33\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $3.34\text{g}/\text{m}^2$ 。各采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 6~11 种/站，多样性指数变化范围在 0.787~2.172 之间，平均值为 1.698，多样性指数属于较低水平；均匀度范围在 0.305~0.760 之间，平均值为 0.564。

本次调查共记录潮间带生物 15 种，节肢动物 8 种，环节动物 5 种和软体动物 2 种。调查断面潮间带生物平均生物量为 $14.78\text{g}/\text{m}^2$ ，平均栖息密度为 $47.56\text{ind}/\text{m}^2$ 。2 条调查断面出现的种类数在 4~12 种/断面，多样性指数和均匀度指数平均值分别为 2.004 和 0.655，多样性指数属于中等水平。

在本次调查至少共出现了鱼卵仔鱼 4 种。本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 40 粒，仔鱼 4 尾。本次垂直拖网定量调查仅采到鱼卵 5 粒。环境空气现状评价结论

根据珠海市生态环境局公布的《2021 年珠海市环境质量状况》，珠海市属于达标区域。补充监测的大气 TSP 数据显示，TSP 监测结果均达到《环境空气质量标准》(GB3098-2012) 及其修改单二级浓度限值，项目所在区域环境质量达标。

11.3.4 声环境质量现状评价结论

根据《珠海市声环境功能区划》，本项目所在区域为 2 类区。根据声环境质量现状监测结果，项目厂界及项目附近的 7 个监测点位的噪声值均达标。

11.3.5 电磁环境质量现状评价结论

拟建升压站周边电磁环境现状值为：工频电场为 $4.0 \times 10^{-2}\text{V}/\text{m} \sim 5.0 \times 10^{-2}\text{V}/\text{m}$ ，工频磁场为 $4.0 \times 10^{-3}\mu\text{T} \sim 8.0 \times 10^{-3}\mu\text{T}$ ，满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 中的频率为 0.05kHz 的公众曝露控制限值要求，即电场强度 $4000\text{V}/\text{m}$ ，磁场强度 $100\mu\text{T}$ 。

11.3.6 鸟类调查现状评价结论

近三年调查共计在鹤洲南垦区和周边湿地发现鸟类 14 目 31 科 84 种。优势类群为雀形目、鸻形目。其中水鸟有 49 种，陆生鸟类有 35 种。留鸟共有 26 种，复合居留型 6 种，迁徙候鸟共 52 种，以冬候鸟种类最丰富，可见本区域以迁徙水鸟为主。数量方面以环颈鸻、黑腹滨鹬、赤颈鸭为优势种。其中环颈鸻和黑脸琵鹭的单次记录最大数量超过全球种群数量 1%。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 52 种，其中广东省重点保护 19 种；国家重点保护陆生动物 12 种，其中一级 2 种，二级 10 种；列入 IUCN 红色名录的有 8 种。国家级以上的保护物种以水鸟和猛禽为主，以大滨鹬、黑嘴鸥、

黑脸琵鹭、白琵鹭、黑翅鸢和白腹鹭的珍稀濒危程度较高；其次为罗纹鸭、红腹滨鹬、黑鸢和红隼。以上保护物种主要在垦区内的的浅滩和浅水区域内记录到。

11.4 环境影响评价结论

11.4.1 海水水质与水生态影响评价结论

计算结果显示，施工典型情景的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的影响区域包络面积为 0.0172km²。

本项目位于磨刀门水道，所在水域涉及金湾重要河口生态系统限制类红线区、幼鱼幼虾保护区，施工悬浮泥沙不可避免会对上述功能区产生影响；除此之外，本项目施工对周边其它环境敏感目标造成的悬浮泥沙增量浓度均小于 1mg/L。

项目施工期将损失 0.0457t 底栖生物，14.9 万个幼鱼。

项目运营期生态影响主要体现在光伏板的遮光影响，生态影响可控。

11.4.2 大气环境影响评价结论

拟建项目施工期大气影响主要为机械设备尾气影响，对周边环境空气质量影响较小。运营期仅产生少量食堂油烟，对大气环境不会产生明显影响。

11.4.3 声环境影响评价结论

拟建项目运营期施工机械噪声持续时间较短，不会对周边环境造成明显影响。

项目建成投运后，项目厂界噪声贡献值为 9.6~29.4dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求（昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)），项目投运后对周围声环境影响不大。

11.4.4 电磁环境影响评价结论

根据东莞 220 千伏双岗变电站的类比监测结果可知，东莞 220 千伏双岗变电站运营期间工程所在区域电磁场强度为：变电站围墙四周电场强度为 6.99~194.2V/m，工频磁场强度为 0.209~0.623 μT；变电站东侧监测断面（5m~40m）工频电场强度为 13.77V/m~38.95V/m，工频磁感应强度为 0.187~0.576 μT。所有监测结果均满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 规定的公众曝露的电磁场限值要求，即工频电场强度 4000V/m，工频磁感应磁场强度 100 μT。因此，本工程 220kV 升压站建成运行后，工程所在区域电磁环境能够满足相关标准要

求。

11.4.5 固体废物影响评价结论

本项目生活垃圾集中收集后由环卫部门定时清运处置；施工期建筑垃圾收集后回收或集中运至符合规定的建筑垃圾消纳场处理；运营期产生的破损光伏板收集后直接送往生产厂家回收处理。运营期事故状态下产生的变压器油经事故油池收集后，交由有资质的单位处理。项目固体废物不会对环境产生明显影响。

11.4.6 鸟类生态影响评价结论

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目的工程建设对周边地区多数鸟类物种不会产生足以改变其种群规模、居留模式的影响，但存在对国家一级保护动物黑脸琵鹭的栖息地占用问题。建议在项目以北的湿地区域内设置补偿区，并对其进行生态改造和生态修复，吸引黑脸琵鹭等重点保护物种栖息地作为替代补偿方案，并在项目和周边生态修复区域开展不少于5年跟踪监测以明确长期影响。

11.5 环境保护措施及可行性结论

本项目施工期合理安排施工工艺与工期，减少悬浮泥沙产量；船舶污水、生活污水、生活垃圾等委托有资质单位处理，不直接外排至项目附近水体；建筑垃圾可回收的部分回收处理，其余部分运送至符合要求的建筑垃圾消纳场；施工期应做好对红树林的保护措施，做好驱鸟措施。

项目运营期生活废水、生活垃圾委托有资质的单位处理；食堂油烟采用静电油烟净化器对油烟收集后进行处理；废光伏板暂存在升压站内，收集后直接送往生产厂家回收处理；光伏组件涂覆防反射涂层防止光污染。

以上污染防治措施经济技术可行，落实后项目环境影响可接受。

11.6 环境风险评价结论

本项目的环境风险主要是施工期主要可能发生施工船舶、水上施工机械溢油事故；运营期发生升压站、变压器的火灾、爆炸事故；运营期发生变压器油泄露事故。为避免安全、消防风险事故发生后对环境造成的污染，建设单位首先应树立安全风险意识，并在管理过程当中强化安全风险意识。在实际工作与管理过程

中，应按照安监、消防部门的要求，严格落实安全风险防患措施，并自觉接受安监、消防部门的监督管理。同时，建设单位应制定切实可行的环境风险事故应急预案，当出现事故时，要采取应急措施，以控制事故和减少对环境造成的危害。总的来说，本项目的建设在严格落实风险防范措施和应急措施后，环境风险水平是可接受的。

11.7 环境经济损益评价结论

光伏发电是清洁的可再生能源，具有较好的环境效。项目环保投资 1000 万元，本项目在落实各项环保措施，加强对污染物的有效治理、按照计划进行生态恢复措施后，可达到预定的环境目标，减轻对生态环境的破坏，同时还可以收到一定的经济效益，使社会效益、经济效益和环境效益得到较好的统一，保证了社会和环境可持续发展。

11.8 项目建设与规划、产业政策的相符性结论

本项目符合国家产业政策，项目符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》《珠海市城市总体规划（2001~2020 年）》《珠海市土地利用规划（2006~2020 年）》等经济社会发展规划，符合《全国海洋主体功能区规划》《广东省海洋主体功能区规划》《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》等海洋功能区规划，符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》《珠海市“三线一单”生态环境分区管控方案》等环境保护规划。本项目与相关生态功能区划、海洋环境保护规划相协调。

11.9 公众参与结论

11.10 综合结论

鹤洲南“渔光互补”光伏发电一期项目位于广东省珠海市鹤洲新区南垦区，

项目符合国家产业政策，项目建设符合“三线一单”管控要求，符合广东省海洋主体功能区规划、海洋功能区划、生态红线以及海洋环境保护规划等相关规划。

项目实施后不会对海洋环境产生重大影响；项目施工期及运营期污染物均妥善处理，废水不直接排放至水体；本项目风险水平为低风险，在落实了相关应急措施、设施，加强风险管理后，可以避免大的环境风险，项目所带来的环境风险可控。

在项目的建设过程中，需严格执行国家及地方的各项环保政策和规定，确保本报告中的各项污染防治措施及建议认真落实，严格管理。建议项目按照用海批复内容及范围进行施工。建议落实施工期和运营期海洋环境跟踪监测、生态修复及补充措施。

在落实报告书中提出的各项环保治理措施后，从环境保护方面角度出发，本项目的建设是可行的。

征求意见稿