江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目

海域使用论证报告书

（公示稿）

编制单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

统一社会信用代码：**91440101MA59KQLF0D**

二〇二四年十月

关于《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海域使用论证报告书》公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2021〕1号）相关要求，我司对《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海域使用论证报告书》予以公示。

在报告中，部分相关水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料、所在海域水深资料、地质勘察资料等涉及第三方技术秘密及商业秘密，信息不能全文公开，制作去除上述信息的论证报告公开版，进行公示。现将删除处理内容说明如下：

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因：影响第三方商业秘密。

2.删除处理部分水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料及生物种类名录、现场踏勘记录。

原因：此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因：此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因：此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件内容。

原因：此部分内容涉及用海单位、利益相关者及有关管理部门的管理要求，未经同意不允许公开。

广东海兰图环境技术研究有限公司

2024年10月24日

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4407812024001832
论证报告所属项目名称	江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目
一、编制单位基本情况	
单位名称	广东海兰图环境技术研究有限公司
统一社会信用代码	91440101MA59KQLF0D
法定代表人	吕建海
联系人	麦晓敏
联系人手机	

二、编制人员有关情况

姓名	信用编号	本项论证职责	签字
郑茜元	BH001287	论证项目负责人	郑茜元
郑茜元	BH001287	1. 概述 2. 项目用海基本情况 3. 项目所在海域概况 7. 项目用海合理性分析 9. 结论	郑茜元
古炜培	BH002816	4. 资源生态影响分析	古炜培
李舒敏	BH000294	5. 海域开发利用协调分析	李舒敏
姜惠吟	BH002271	6. 国土空间规划符合性分析	姜惠吟
陈冬梅	BH001289	8. 生态用海对策措施	陈冬梅

本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。**愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。**

承诺主体(公章)：广东海兰图环境技术研究有限公司

2024年10月24日

项目基本情况表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4">江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目</td></tr>
<tr><td>项目地址</td><td colspan="4">广东省江门市台山市南侧海域</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="2">公益性（ ）</td><td colspan="2">经营性（√）</td></tr>
<tr><td>用海面积</td><td colspan="2">650.9889 公顷</td><td>投资金额</td><td>446196 万元</td></tr>
<tr><td>用海期限</td><td colspan="2">27 年</td><td>预计就业人数</td><td>/人</td></tr>
<tr><td rowspan="4">占用岸线</td><td>总长度</td><td>92.7m
（底土穿越）</td><td>邻近土地平均价格</td><td>—</td></tr>
<tr><td>自然岸线</td><td>71.8m
（底土穿越）</td><td>预计拉动区域经济 产值</td><td>/万元</td></tr>
<tr><td>人工岸线</td><td>20.9m
（底土穿越）</td><td rowspan="2">填海成本</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>其他岸线</td><td>0m</td></tr>
<tr><td>海域使用类型</td><td colspan="2">工矿通信用海的可再生能源用海
工业用海中的电力工业用海</td><td>新增岸线</td><td>0m</td></tr>
</table>

用海方式	面积	具体用途
透水构筑物	0.7529 公顷	海上升压站
透水构筑物	0.7229 公顷	海上无功补偿站
海底电缆管道	649.5131 公顷	500kV 送出海缆

目 录

摘要 1

1 概述 5

1.1 论证工作来由 5

1.2 论证依据 7

1.2.1 法律法规 7

1.2.2 相关规划和区划 12

1.2.3 技术标准和规范 14

1.2.4 项目基础资料 14

1.3 论证等级和范围 15

1.3.1 论证等级 15

1.3.2 论证范围 16

1.4 论证重点 18

2 项目用海基本情况 20

2.1 用海项目建设内容 20

2.2 总平面布置和主要结构、尺度 21

2.2.1 总平面布置 21

2.2.2 主要水工构筑物结构及设计尺度 35

2.3 项目主要施工工艺与方法 39

2.3.1 施工工艺及方法 39

2.3.2 施工设备 48

2.3.3 施工进度计划 49

2.3.4 土石方平衡 50
2.4 项目用海需求 51
2.4.1 项目用海需求 51
2.4.2 申请用海需求 52
2.5 项目用海必要性 63
2.5.1 项目建设必要性分析 63
2.5.2 项目用海必要性分析 70
3 项目所在海域概况 72
3.1 海洋资源概况 72
3.1.1 岸线资源 72
3.1.2 滩涂资源 72
3.1.3 岛礁资源 72
3.1.4 港口资源 72
3.1.5 航道（路）资源 73
3.1.6 锚地资源 73
3.1.7 渔业生产资源 73
3.1.8 矿产资源 74
3.1.9 旅游资源 74
3.2 海洋生态概况 74
3.2.1 区域气候气象 74
3.2.2 水文动力 76
3.2.3 海域地形地貌与冲淤现状 101

3.2.4 工程地质 102
3.2.5 海洋自然灾害 110
3.2.6 海洋水质现状调查与评价 111
3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价 123
3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价 128
3.2.9 海洋生态现状 130
3.2.10 电磁环境现状调查与评价 149
3.2.11 噪声环境现状调查与评价 151
3.2.12 自然保护地 154
3.2.13 珍稀海洋生物 155
3.2.14 典型生态系统调查 161
3.2.15 ..... “三场一通道”分布情况 165
4 资源生态影响分析 171
4.1 生态评估 171
4.1.1 水文动力环境影响分析 171
4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响分析 194
4.1.3 水质环境影响分析 198
4.1.4 沉积物环境影响分析 207
4.1.5 海洋生物影响分析 209
4.1.6 水下噪声环境影响分析 212
4.1.7 电磁环境影响分析 216
4.1.8 对珍稀海洋生物的影响分析 218

4.1.9 生态跟踪监测指标合理影响范围 220
4.2 资源影响分析 224
4.2.1 项目用海对海域空间资源的影响分析 224
4.2.2 对海洋生物资源的影响 226
4.2.3 对海岛资源的影响 229
4.2.4 对其他海洋资源的影响 229
4.2.5 对重要经济鱼类资源“三场一通道”的影响分析 230
5 海域开发利用协调分析 232
5.1 海域开发利用现状 232
5.1.1 社会经济概况 232
5.1.2 海域使用现状 236
5.1.3 海域使用权属现状 239
5.2 项目用海对海域开发活动的影响 240
5.2.1 对航路及通航安全影响的分析 242
5.2.2 对锚地的影响分析 243
5.2.3 对养殖项目的影响分析 244
5.2.4 对海上风电场项目的影响分析 244
5.2.5 对自然保护区的影响分析 245
5.2.6 对造礁石珊瑚的影响分析 246
5.2.7 对广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程的影响分析 246
5.2.8 对登陆点附近开发利用活动的影响分析 247

5.2.9 对其他项目的影响分析 247
5.3 利益相关者界定 248
5.4 需协调部门界定 249
5.5 相关利益协调分析 250
5.5.1 与利益相关者的协调分析 250
5.5.2 与协调责任部门的协调分析 250
5.6 项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析 251
5.6.1 对国防安全和军事活动的影响分析 251
5.6.2 对国家海洋权益的影响分析 252
6 国土空间规划符合性分析 253
6.1 项目用海与国土空间规划符合性分析 253
6.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况 253
6.1.2 对海域国土空间规划分区的影响分析 262
6.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析 266
6.2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析 267
6.3 项目用海与“三区三线”的生态保护红线的符合性分析 272
6.4 项目用海与其他相关规划的符合性分析 275
6.4.1 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析 276
6.4.2 与《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》的符合性分析 279
6.4.3 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析 281

6.4.4 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析 . 282
6.4.5 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析 283
6.4.6 与《江门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》的符合性分析 285
6.5 小结 287
7 项目用海合理性分析 288
7.1 用海选址合理性分析 288
7.1.1 项目选址区位和社会条件的合理性分析 288
7.1.2 项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析 289
7.1.3 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析 290
7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展 290
7.1.5 项目选址合理性分析 291
7.2 用海平面布置合理性分析 291
7.2.1 平面布置合理性分析 292
7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则 295
7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护 296
7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响 296
7.2.5 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响 296
7.3 用海方式合理性分析 297
7.3.1 是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽

可能采用透水式、开放式的用海原则 297
7.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能 298
7.3.3 是否有利于保护和保全区域海洋生态系统 298
7.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响 299
7.4 岸线占用合理性分析 299
7.4.1 项目占用岸线情况 299
7.4.2 对周边岸线资源的影响分析 300
7.4.3 占用岸线的必要性与合理性 301
7.4.4 岸线占补分析 302
7.5 用海面积合理性分析 303
7.5.1 申请用海面积 303
7.5.2 用海面积合理性分析 303
7.5.3 宗海图绘制 311
7.5.4 项目用海面积量算 313
7.6 用海期限合理性分析 327
8 生态用海对策措施 329
8.1 生态用海对策 329
8.1.1 生态保护对策 329
8.1.2 生态跟踪监测 331
8.2 生态保护修复措施 339
8.2.1 生态修复目标 339

8.2.2 生态修复内容（增殖放流）..... 340

8.2.3 生态保护修复实施效果监测 342

9 结论 344

9.1 结论 344

9.1.1 项目用海基本情况 344

9.1.2 项目用海必要性结论 344

9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论 345

9.1.4 海域开发利用协调分析结论 346

9.1.5 国土空间规划符合性分析结论 347

9.1.6 项目用海合理性分析结论 347

9.2 项目用海可行性分析结论 348

摘要

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目由国能（江门）风能开发有限公司开发建设，项目位于广东省江门市台山市南侧海域，拟建设 1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和 2 回 500kV 海底电缆。500kV 海上升压站位于江门川岛一、 二海上风电场址中间预留的通道，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域。500kV 送出海缆由海上升压站出发，送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。

《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 650.9889 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.7529 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.7229 公顷，500kV 送出海缆海底电缆管道用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3m（具体以使用高程为准）。本项目 500kV 送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 92.7m，岸线类型为自然岸线和人工岸线。本项目申请用海期限为 27 年。

本项目涉海工程主要有海底电缆、海上升压站和海上无功补偿站，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升

压站和海上无功补偿站。工程实施后，对潮汐动力影响主要出现在升压站和补偿站桩基附近，对其他海域影响程度较有限。本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓，导致桩基附近出现 0.02m/a 左右的淤积,而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。海上升压站、海上无功补偿站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。项目实施后垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 36.156km^2。本项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 1.46kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 26.08t。施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.58t、鱼卵 8.78×10^7 粒、仔鱼 1.86×10^7 尾。渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源（江门）有限公司和广东国华粤电台山发电有限公司，协调责任部门为海事局。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于川山群岛农渔业区、广海湾工业与城镇用海区和湛江-珠海近海农渔业区，项目的建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。本项目建设符合国家产业政策，符合《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划(2021-2035 年)》《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《江门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》等各级相关规划的相关要求。

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的条件下，可减轻对生态环境的影响；项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业协调发展；登陆点选址按照《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》的要求统筹布局，项目选址合理。本项目 500kV 送出海底电缆结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑，同时为了增加海底管道的安全系数，最终确定了海底电缆平面布置，平面布置合理。项目申请用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准

和规范，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。本项目用海方式能够维护所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。本工程申请用海年限 27 年，与主体工程申请年限保持一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源减少，针对项目可能产生的主要生态问题，提出增殖放流的生态保护修复措施，项目拟增殖放流总数量共 212 万尾。根据本报告分析，从海域使用角度，本项目用海可行。

1 概述

1.1论证工作来由

随着国家提出碳达峰、碳中和的中远期目标，大力发展光伏、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。2011 年 6 月，《广东省海上风电场工程规划》报告正式报送国家能源局；2011 年 7 月，《广东省海上风电场工程规划》通过水利水电规划总院审查；2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，2016 年 9 月广东省能源局委托广东院进行《广东省海上风电发展规划》修编，对《广东省海上风电场工程规划》中原有场址进一步进行梳理，并作适当调整。近两年，我国加快了海上风电平价上网的步伐。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发

改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。

江门川岛风电场址位于江门市台山市南侧海域，中广核江门川岛一海上风电项目（以下简称川岛一海上风电项目）和国能江门川岛二海上风电项目（以下简称川岛二海上风电项目）位于川岛风电场址内，场址面积分别为 47km^2 和 52km^2，风场场址水深在 41m~49m 之间，规划总装机容量均为 400MW。川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目建设单位分别为中广核新能源（江门）有限公司和国能（江门）风能开发有限公司。目前川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目均已取得了用海预审意见和项目核准。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案（2024-2028 年）》（征求意见稿）“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目共建共用海上升压站、海上无功补偿站、送出海底电缆、海缆登陆点，川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目建设的风电机组发出的电能通过集电海底电缆接入共建的海上升压站，升压后通过送出海底电缆输送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至

陆上集控中心。本项目为川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目的集中送出项目，建设内容为 1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和 2 回 500kV 送出海底电缆。根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，江门川岛一、川岛二海上风电场项目登陆点位于江门市台山市赤溪镇。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，本项目建设占用海域空间资源，应进行海域使用论证，办理用海手续。受国能（江门）风能开发有限公司所托（附件 1），广东海兰图环境技术研究有限公司承担该项目的海域使用论证工作。我公司在接受该海域使用论证工作的委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求编制了《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目海域使用论证报告书（送审稿）》。

1.2论证依据

1.2.1法律法规

本项目海域使用论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律法规，以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

（1）《中华人民共和国海域使用管理法》（2001 年 10 月 27 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2002 年 1 月 1 日起实施）；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，自 2024 年 1 月 1 日起施行）；

（3）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；

（4）《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

（5）《中华人民共和国可再生能源法》（2009 年 12 月 26 日第十一届全国人民代表大会常务委员会修订，2010 年 4 月 1 日起实施）；

（6）《中华人民共和国港口法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

（7）《中华人民共和国海上交通安全法》（2021 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订，自 2021 年 9 月 1 日起施行）；

（8）《中华人民共和国安全生产法（修正草案）》（2021 年 6 月 10 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议第三次修正，2021 年 9 月 1 日起施行）；

（9）《中华人民共和国湿地保护法》（2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022 年 6 月 1 日施行）；

（10）《中华人民共和国渔业法》（2013 年 12 月 28 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订，2014 年 3 月 1 日起施行）；

（11）《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013 年 12 月 7 日第二次修订）；

（12）《中华人民共和国野生动物保护法》（2022 年 12 月 30 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订）；

（13）《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》（国办发〔2002〕36号）；

（14）《海域使用权管理规定》（国家海洋局，2007年1月1日起实施）；

（15）《国家海洋局关于印发<海洋生态损害评估技术指南（试行）>的通知》（国海环字〔2013〕583号）；

（16）《中华人民共和国自然保护区条例》（根据2017年10月7日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）；

（17）《中华人民共和国航道法》（根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》修正）；

（18）《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（根据2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订）；

（19）《关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2020〕1号，2021年1月8日）；

（20）《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》（自然资办函〔2021〕2073号，2021年11月10日）；

（21）《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用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号，2022年10月14日）；

（22）《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日）；

（23）《关于印发<生态保护红线生态环境监督办法（试行）>的通知》（生

态环境部，国环规生态〔2022〕2 号，2022 年 12 月 27 日）；

（24）《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日）；

（25）《自然资源部办公厅关于进一步加强现有自然岸线监管工作的函》（自然资源部，自然资办函〔2022〕977 号，2022 年 6 月 2 日）；

（26）《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》（自然资发〔2023〕89 号，2023 年 6 月 13 日）；

（27）《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资源部，自然资规〔2023〕8 号，2023 年 11 月 13 日）；

（28）《自然资源部办公厅关于印发<海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）>的通知》（自然资源部办公厅，自然资办函〔2023〕2234 号，2023 年 11 月 17 日）；

（29）《自然资源部关于印发<国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南>的通知》（自然资发〔2023〕234 号，2023 年 11 月）；

（30）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行）；

（31）《市场准入负面清单（2022 年版）》（国家发展改革委商务部，发改体改规〔2022〕397 号，2022 年 3 月 12 日）；

（32）《海上风电开发建设管理办法》（国能新能〔2016〕394 号，2016 年 12 月 29 日发布实施）；

（33）《铺设海底电缆管道管理规定》（自 1989 年 3 月 1 日起施行）；

（34）《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（1992 年 8 月 26 日国家

海洋局令第 3 号发布施行）；

（35）《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6 号）；

（36）《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》（国海规范〔2017〕8 号）；

（37）《关于印发<广东省海域使用金征收标准（2022 年修订）>的通知》（粤财规〔2022〕4 号，2022 年 6 月 17 日）；

（38）《广东省海域使用管理条例》（根据 2021 年 9 月 29 日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《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正）；

（39）《广东省环境保护条例》（根据 2019 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十五次会议《关于修改〈广东省水利工程管理条例〉等十六项地方性法规的决定》第二次修正）；

（40）《广东省湿地保护条例》（广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 124 号，2006 年 9 月 1 日起施行，2022 年 11 月 30 日第三次修正）；

（41）《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资规字〔2021〕4 号）；

（42）《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》（2022 年 2 月 22 日）；

（43）《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资海域〔2023〕149）号，2023 年 2 月 6 日）；

（44）《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》（粤府办〔2017〕62号，广东省人民政府办公厅，2017年10月15日）；

（45）《广东省自然资源厅关于印发<广东省项目用海政策实施工作指引>的通知》（粤自然资函〔2020〕88号，2020年2月28日）；

（46）《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》(广东省自然资源厅，2023年9月18日）；

（47）《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（2023年11月28日）。

1.2.2相关规划和区划

（1）《全国海洋主体功能区规划》（国务院，国发〔2015〕42号，2015年8月20日）；

（2）《全国国土规划纲要（2016-2030年）》（国务院，国发〔2017〕号，2017年1月3日）；

（3）《全国海洋功能区划（2011-2020年）》（国家海洋局，2012年4月1日）；

（4）《“十四五”现代能源体系规划》（国家发展改革委、国家能源局，发改能源〔2022〕210号，2022年1月29日）；

（5）《“十四五”可再生能源发展规划》（国家发展改革委、国家能源局发改能源〔2021〕1445号，2022年6月1日）；

（6）《中国航路指南》A103，海军司令部航海保证部；

（7）《全国沿海船舶航路总体规划》（中华人民共和国交通运输部，2011

年 11 月 18 日）；

（8）《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（广东省人民政府、国家海洋局，粤府〔2017〕120 号，2017 年 10 月）；

（9）《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（广东省人民政府，粤府函〔2016〕328 号，2016 年 10 月 11 日修订）；

（10）《广东省海洋主体功能区规划》（广东省人民政府，粤府〔2017〕359 号，2017 年 12 月 18 日）；

（11）《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》（广东省人民政府，粤府〔2021〕28 号，2021 年 4 月 6 日）；

（12）《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕33 号，2021 年 12 月）；

（13）《广东省能源发展“十四五”规划》（广东省人民政府办公厅，粤府办〔2022〕8 号，2022 年 3 月）；

（14）《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》（广东省发展改革委，粤发改能新〔2018〕193 号，2018 年 4 月 11 日）；

（15）《广东沿海港口航行指南》（广东海事局，2012 年）；

（16）《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（广东省人民政府，国函〔2023〕76 号，2023 年 8 月 8 日）；

（17）《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》（广东省自然资源厅，粤自然资发〔2023〕2 号，2023 年 5 月 10 日）；

（18）《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》；

（19）《江门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》（江门市人民政府，2021 年 5 月）。

1.2.3技术标准和规范

（1）《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；

（2）《海域使用分类》（HY/T123-2009）；

（3）《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；

（4）《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；

（5）《海洋监测规范》（GB17378-2007）；

（6）《海水水质标准》（GB3097-97）；

（7）《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；

（8）《海洋生物质量》（GB18421-2001）；

（9）《渔业水质标准》（GB11607-89）；

（10）《海域使用面积测量规范》（HY070-2022）；

（11）《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009）；

（12）《中国海图图式》（GB12319-2022）；

（13）《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；

（14）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.04）；

（15）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007，中华人民共和国农业部）；

（16）《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014.04）；

（17）《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）。

1.2.4项目基础资料

（1）《江门川岛一、 二海上风电集中送出工程项目可行性研究报告》

（2024 年 9 月）；

（2）《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程路由选择依据说明材料》（2024 年 6 月）；

（3）《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（2024 年 7 月）；

（4）《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2024 年 5 月）；

（5）《江门川岛（电缆）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）；

（6）建设单位提供的项目设计方案、施工方案、升压站图纸及其他相关资料。

1.3论证等级和范围

1.3.1论证等级

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

项目拟申请总用海面积为 650.9889 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.7529 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.7229 公顷，500kV 送出海缆海底电缆管道用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆

管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3.0m（具体以使用高程为准）。本项目500kV送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线92.7m，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）的海域使用论证等级判定表（见表1.3.1-1），透水构筑物总长度小于（含）400m或用海总面积小于（含）10公顷所有海域论证等级为三级，海底电缆管道所有规模敏感海域（本项目距离生态保护红线区最近1.01km）论证等级为二级，根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，判定项目的论证等级为二级。

表1.3.1-1 海洋使用论证等级判定

<table>
<tr><th>用海单元</th><th>一级用海方式</th><th>二级用海方式</th><th colspan="2">用海规模</th><th>所在海域特征</th><th>论证等级</th></tr>
<tr><td rowspan="4">海上升压站、海上无功补偿站</td><td rowspan="4">构筑物</td><td rowspan="4">透水构筑物</td><td colspan="2">构筑物总长度大于（含）2000m或用海总面积大于（含）30ha</td><td>所有海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">构筑物总长度（400~2000）m或用海总面积（10~30）ha</td><td>敏感海域</td><td>一</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>二</td></tr>
<tr><td colspan="2">构筑物总长度小于（含）400m或用海总面积小于（含）10公顷
（本项目透水构筑物申请用海面积1.4758ha，透水构筑物总长度为130.9m）</td><td>**所有海域**</td><td>**三**</td></tr>
<tr><td rowspan="2">海底电缆</td><td rowspan="2">其他方式</td><td rowspan="2">海底电缆管道</td><td rowspan="2">海底电（光）缆</td><td rowspan="2">所有规模
（本项目海底电缆管道申请面积649.5131ha）</td><td>**敏感海域**</td><td>**二**</td></tr>
<tr><td>其他海域</td><td>三</td></tr>
<tr><td colspan="6">本项目</td><td>二</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：敏感海域是指海洋生态保护红线区，重要河口、海湾、红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域，特别保护海岛所在海域等。</td></tr>
</table>

1.3.2论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）规定的确定论证范围原则方法，即应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用

海外缘线为起点进行划定，一级论证向外扩展 15km，二级论证 8km，三级论证 5km；跨海桥梁、海底管线、航道等线性工程项目用海的论证范围划定，一级论证每侧向外扩展 5km，二级论证 3km，二级论证 1.5km。本项目建设 1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和 2 回 500kV 送出海底电缆，结合所在海域特征，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，向外扩展 8km，总面积约 2011.83km^2，论证范围见图 1.3.2-1，论证范围坐标点见表 1.3.2-1。

表 1.3.2-1 论证范围坐标点

（内容不公开）

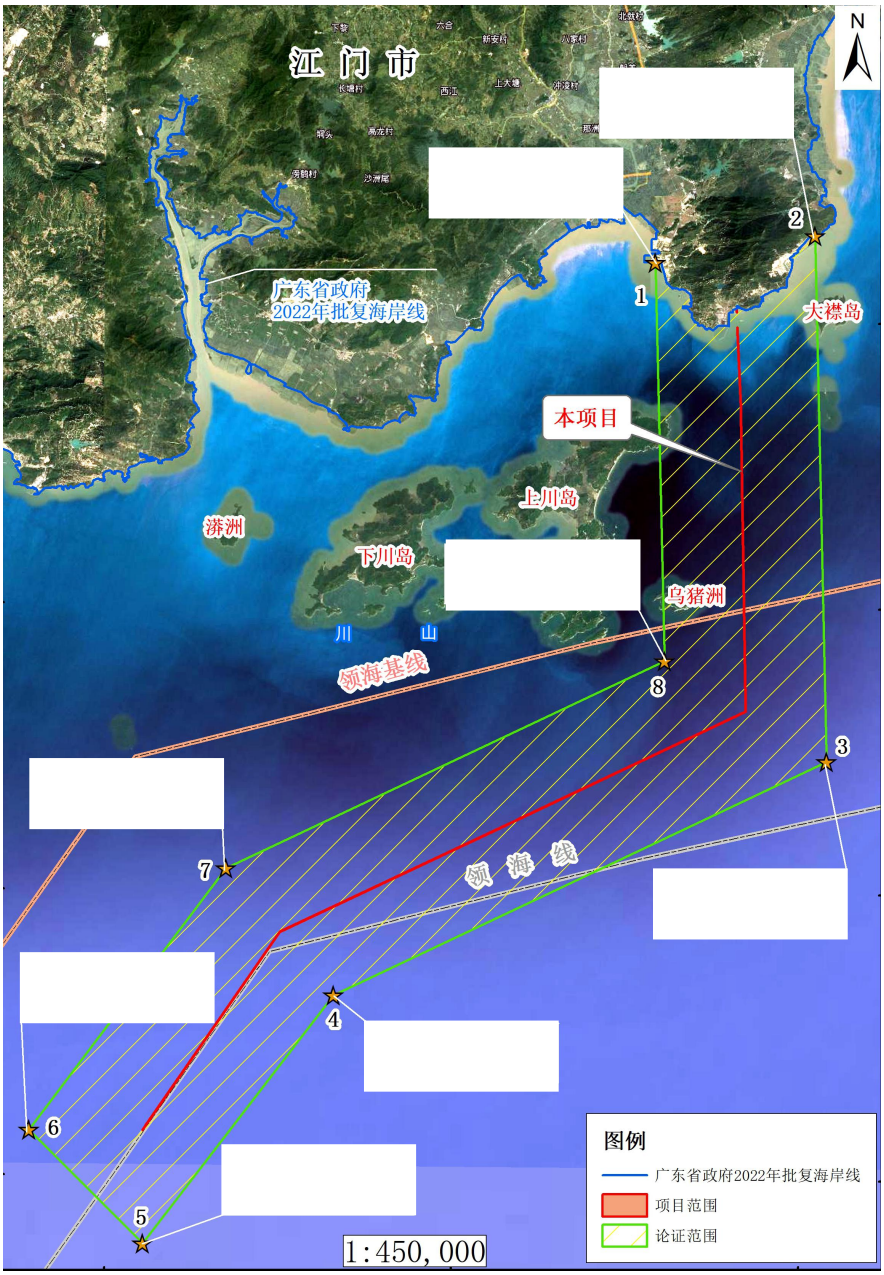


图 1.3.2-1 论证范围图

1.4论证重点

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），本项目海域使用论证重点确定如下：

（1）项目用海必要性分析；

（2）项目用海资源生态影响分析；

（3）项目用海选址（选线）、平面布置、用海方式合理性分析；

（4）项目生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1用海项目建设内容

（1）项目名称：江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目

（2）项目性质：新建经营性

（3）投资主体：国能（江门）风能开发有限公司

（4）工程投资额：446196 万元

（5）地理位置：本项目位于江门市台山市南侧海域，海上升压站布置在江门川岛一、二海上风电场址中间预留的通道，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域。500kV 送出海缆由海上升压站出发，送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至台山市赤溪镇登陆点。

（6）建设内容与建设规模：本项目拟建设 1 座海上升压站（平台尺寸为 67.0m×66.6m）、1 座海上无功补偿站（平台尺寸为 63.9m×66.2m）和 2 回 500kV 海底电缆（单回海缆长度约 116.24km）。

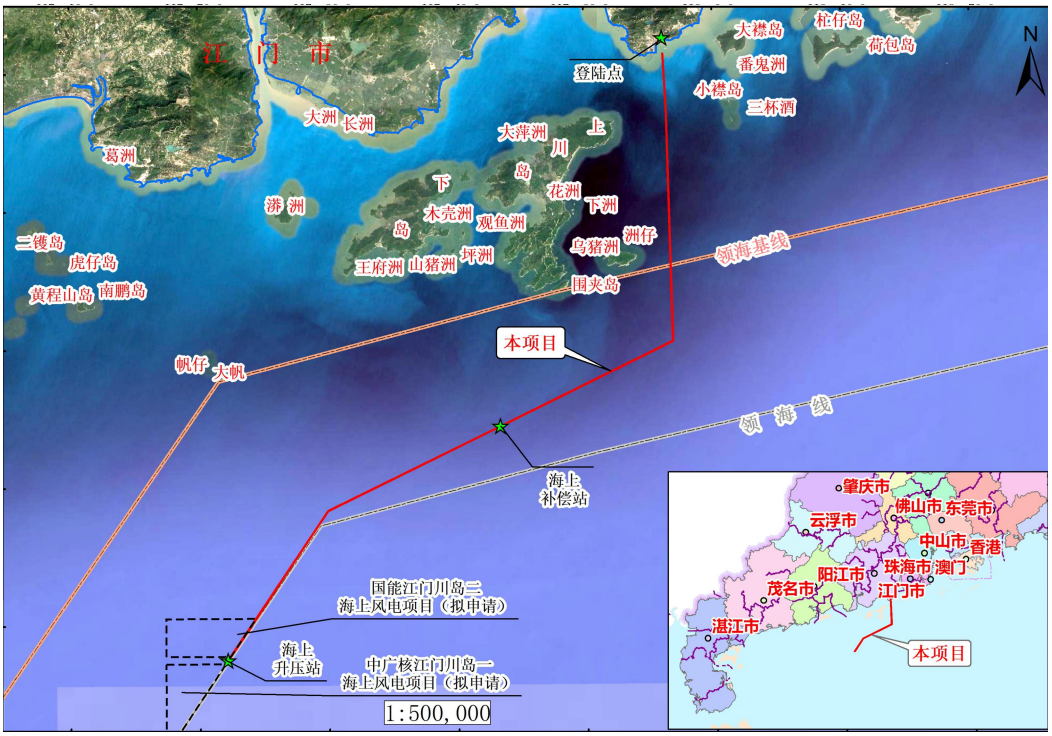


图 2.1.1-1 项目地理位置图

2.2总平面布置和主要结构、尺度

2.2.1总平面布置

川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目规划装机容量均为 400MW，川岛一、二风电机组发出电能均通过 66kV 集电海底电缆接入位于川岛一、二海上风电场址中间的海上升压站内，升压后通过 2 回 500kV 海底电缆送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。项目总平面布置示意图详见图 2.2.1-1。

川岛一、川岛二海上风电项目风力发电机组及集电海底电缆分别由中广核新能源（江门）有限公司和国能（江门）风能开发有限公司申请建设，不在本项目论证范围。

2.2.1.1海上升压站

本工程配套建设一座 500kV 海上升压站，海上升压站位于江门川岛一、二

海上风电场址中间预留通道东侧，海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用四桩导管架型式。上部结构平台共四层，原川岛一、川岛二海上风电项目用海论证时预留平台最外缘尺寸为 63m×53.1m，平台北和真北逆时针夹角 22.5°，现设计平台最外缘尺寸为 67.0m×66.6m，平台北和真北逆时针夹角 45°。海上升压站布置图详见图 2.2.1-2。

2.2.1.2海上无功补偿站

本工程配套建设一座 500kV 海上无功补偿站，海上无功补偿站布置在 500kV 送出海缆中部区域，平台北和真北逆时针夹角 45°。

海上无功补偿站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用四桩导管架型式。上部结构平台共四层，平台最外缘尺寸为 63.9m×66.2m。海上无功补偿站布置图详见图 2.2.1-3。

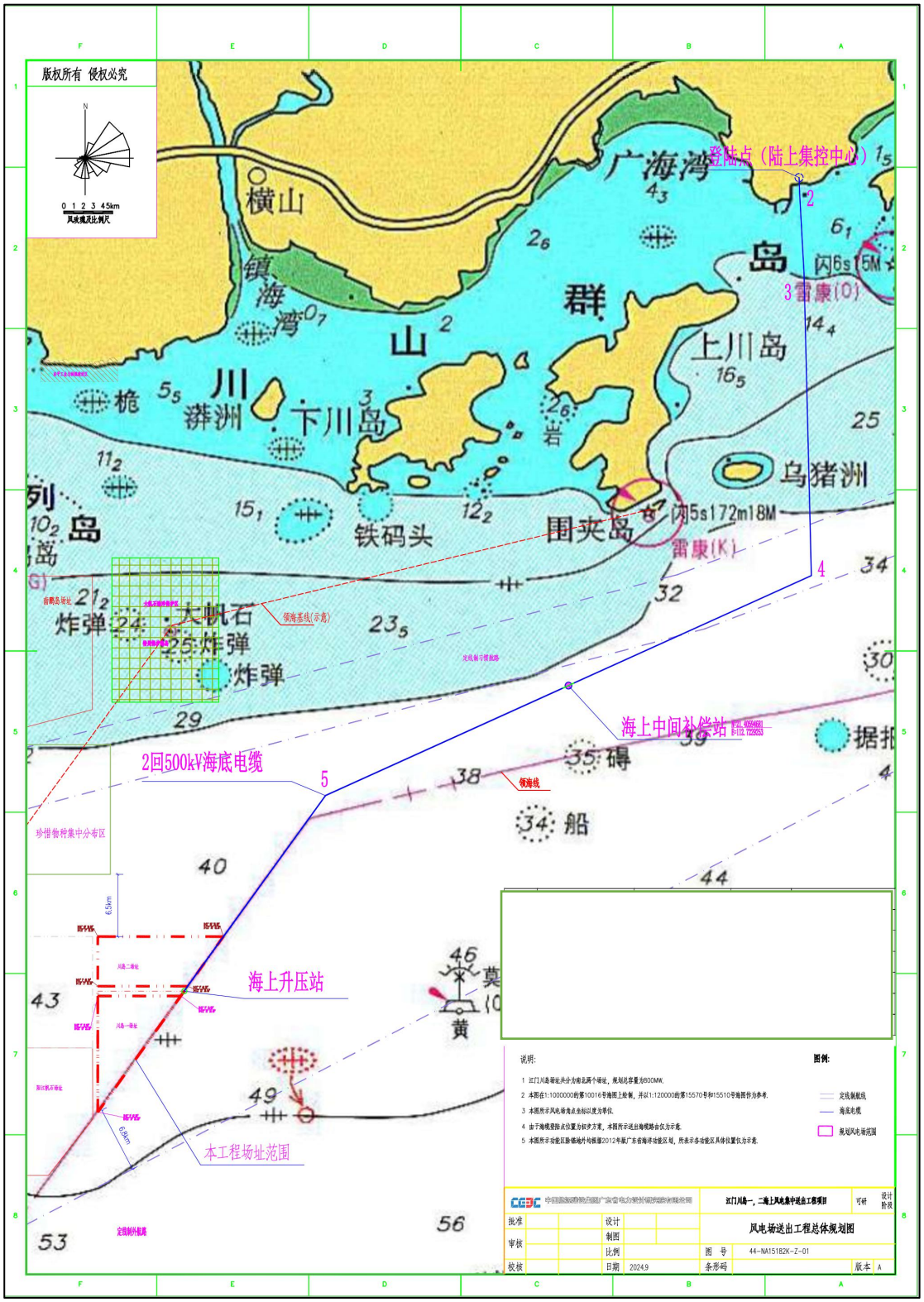


图 2.2.1-1 项目总平面布置示意图

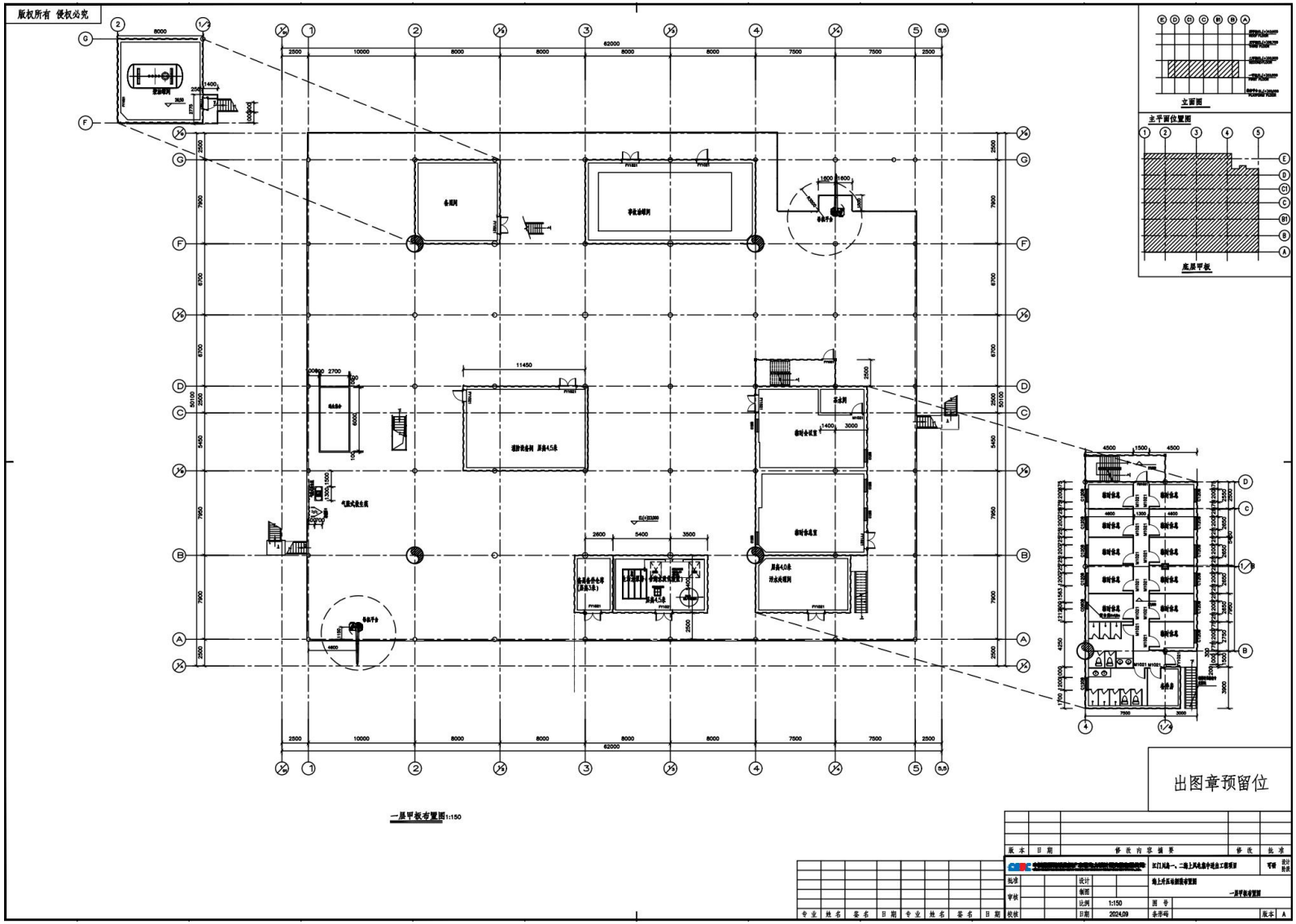


图 **2.2.1-2a** 海上升压站一层甲板布置图

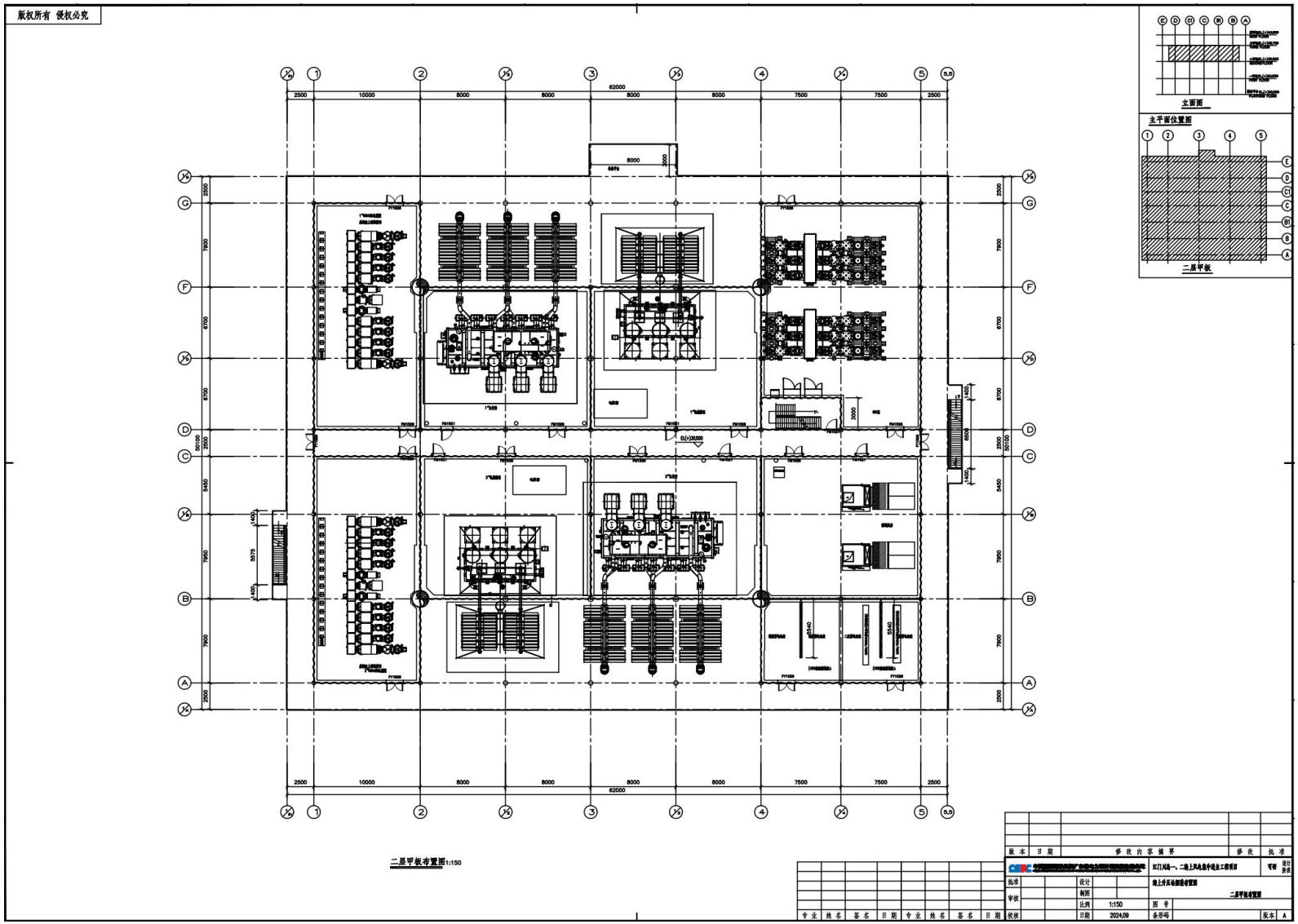


图 **2.2.1-2b** 海上升压站二层甲板布置图

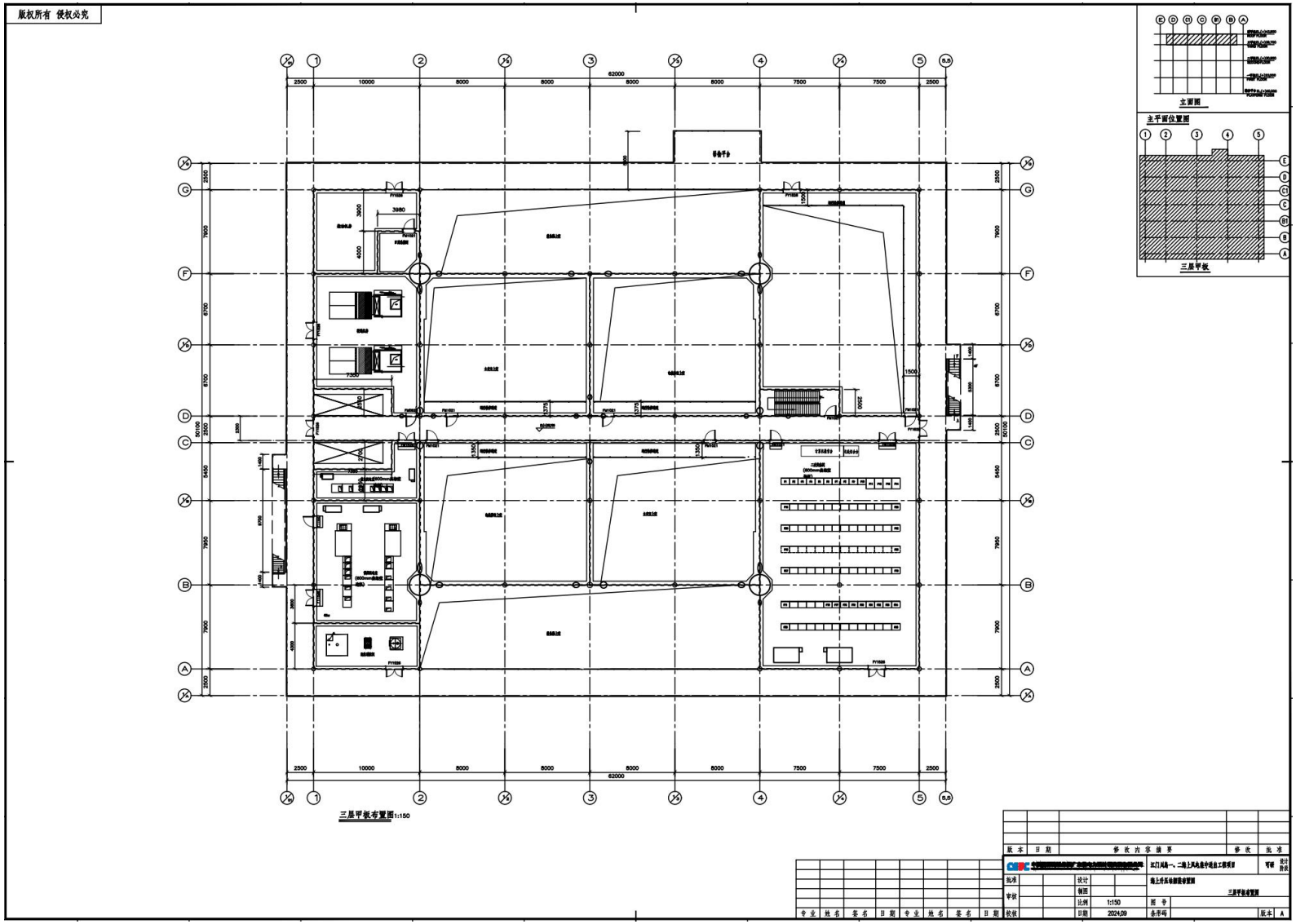


图 **2.2.1-2c** 海上升压站三层甲板布置图

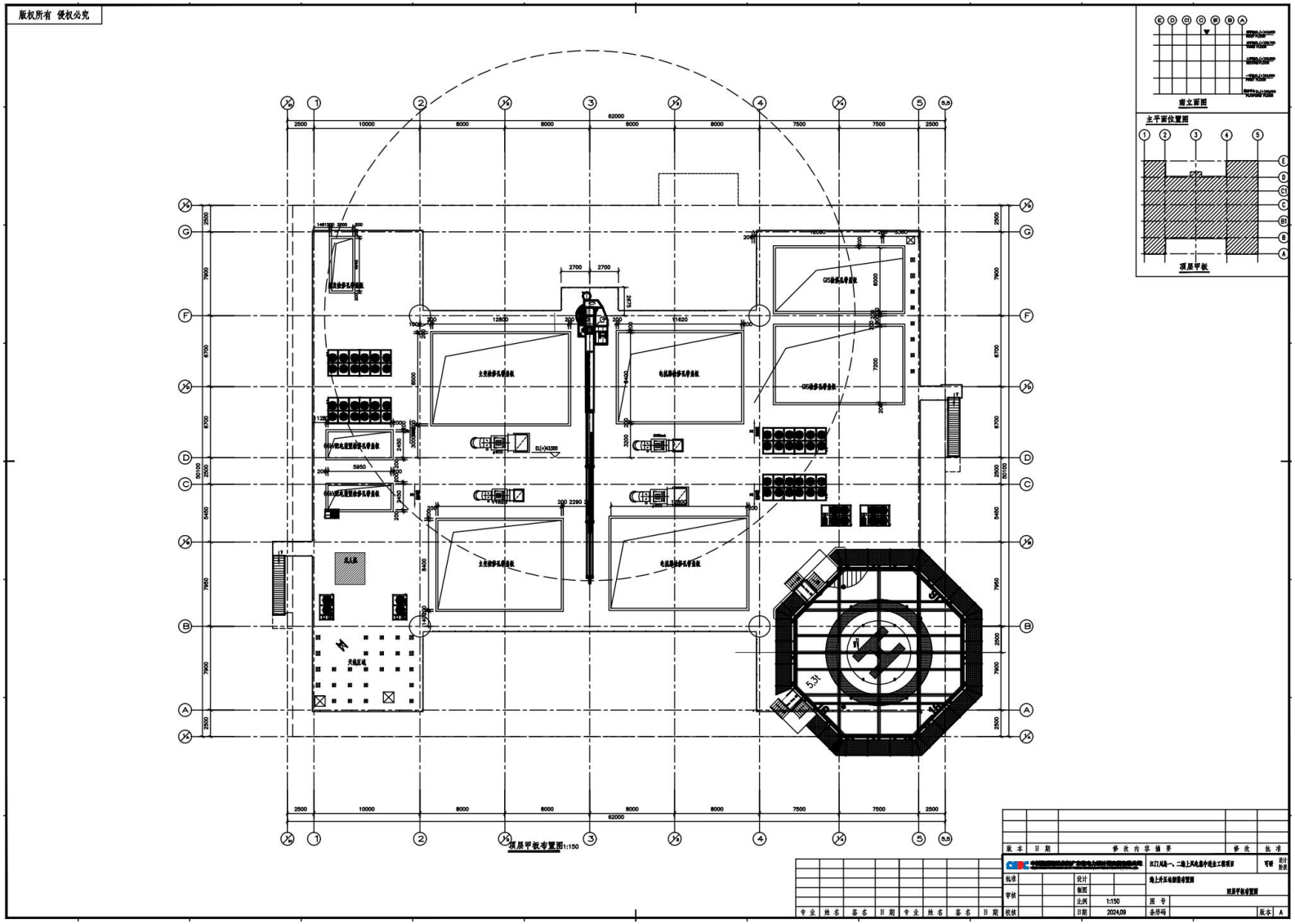


图 **2.2.1-2d** 海上升压站顶层甲板布置图

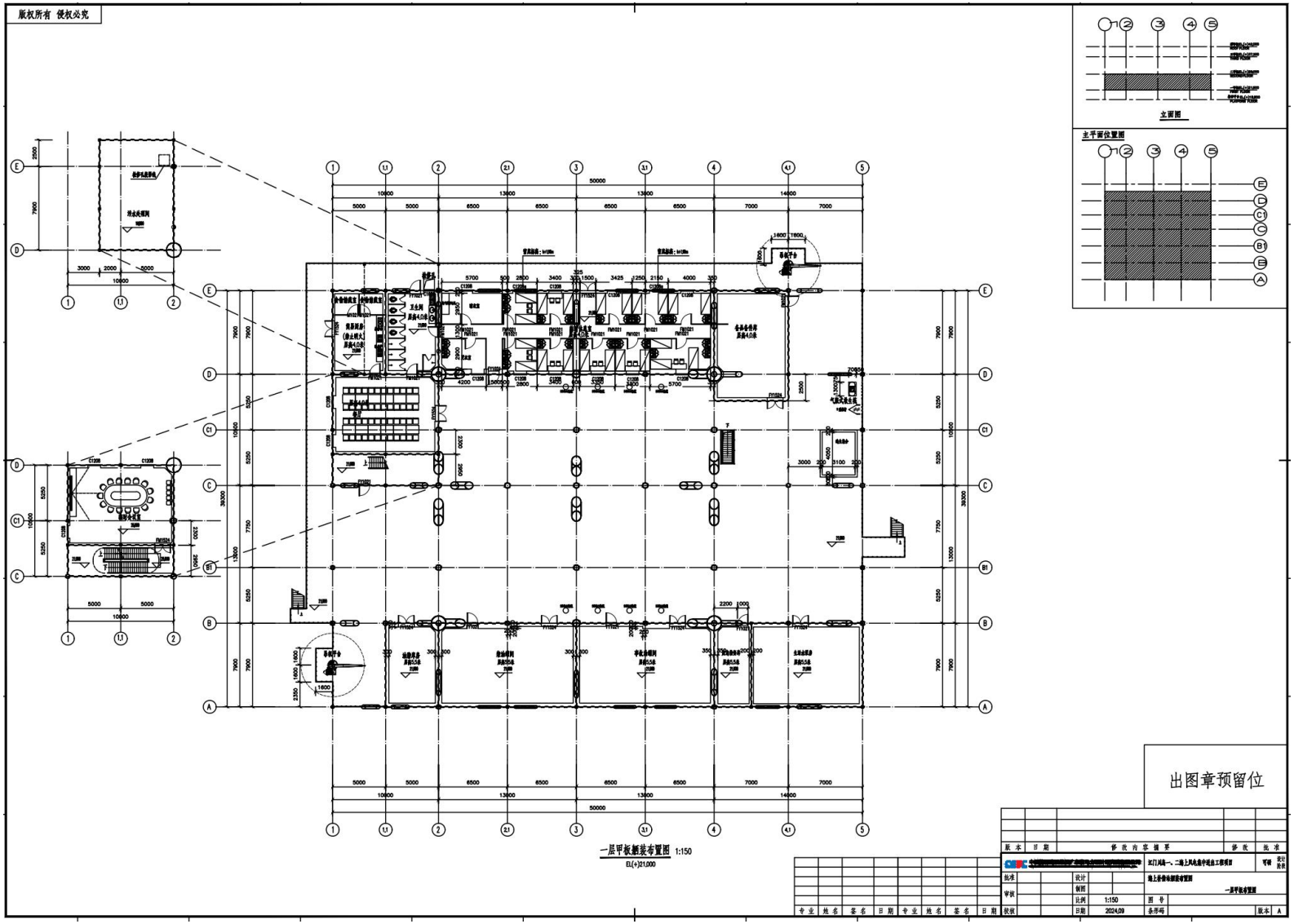


图 **2.2.1-3a** 海上无功补偿站一层甲板布置图

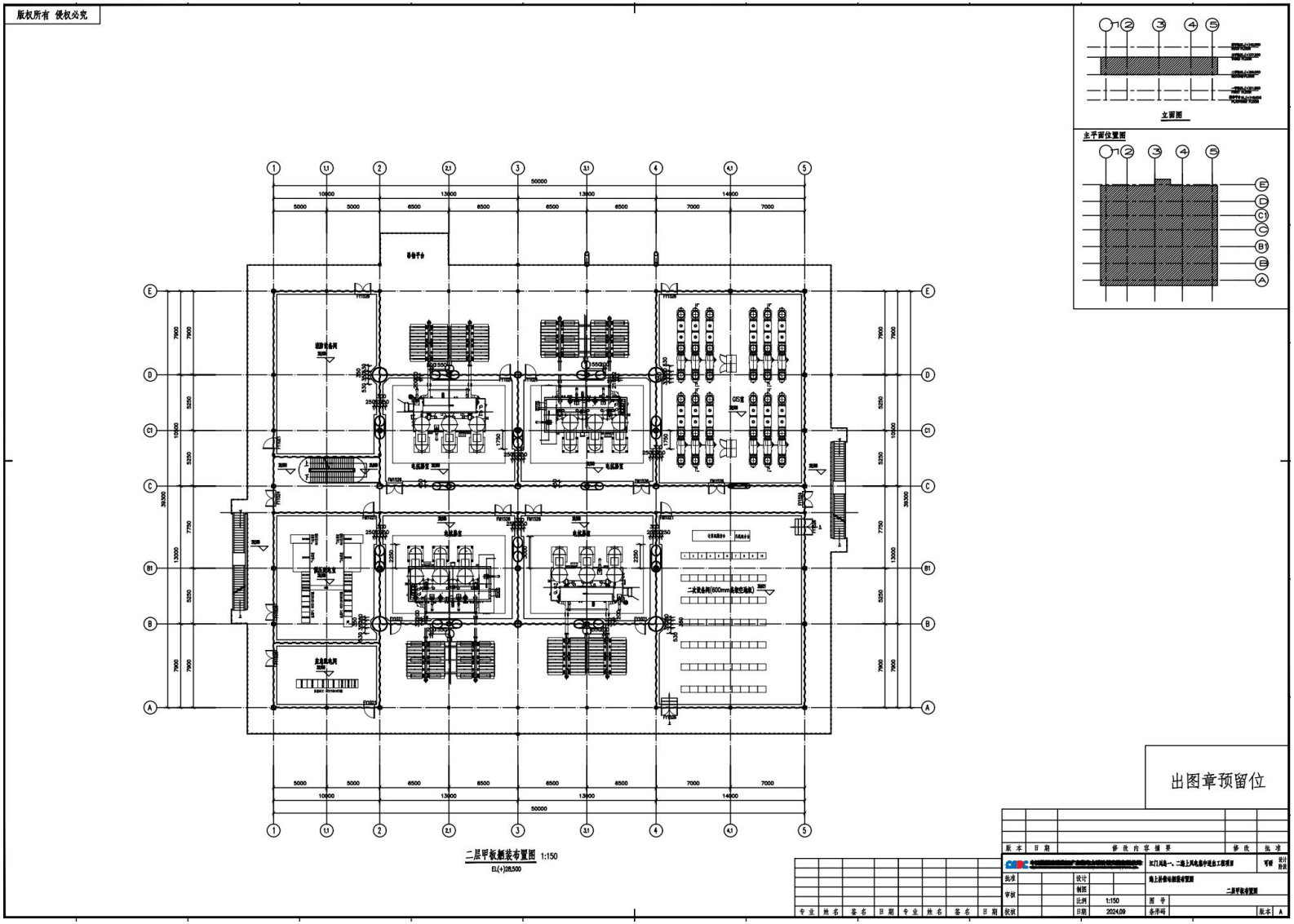


图 **2.2.1-3b** 海上无功补偿站二层甲板布置图

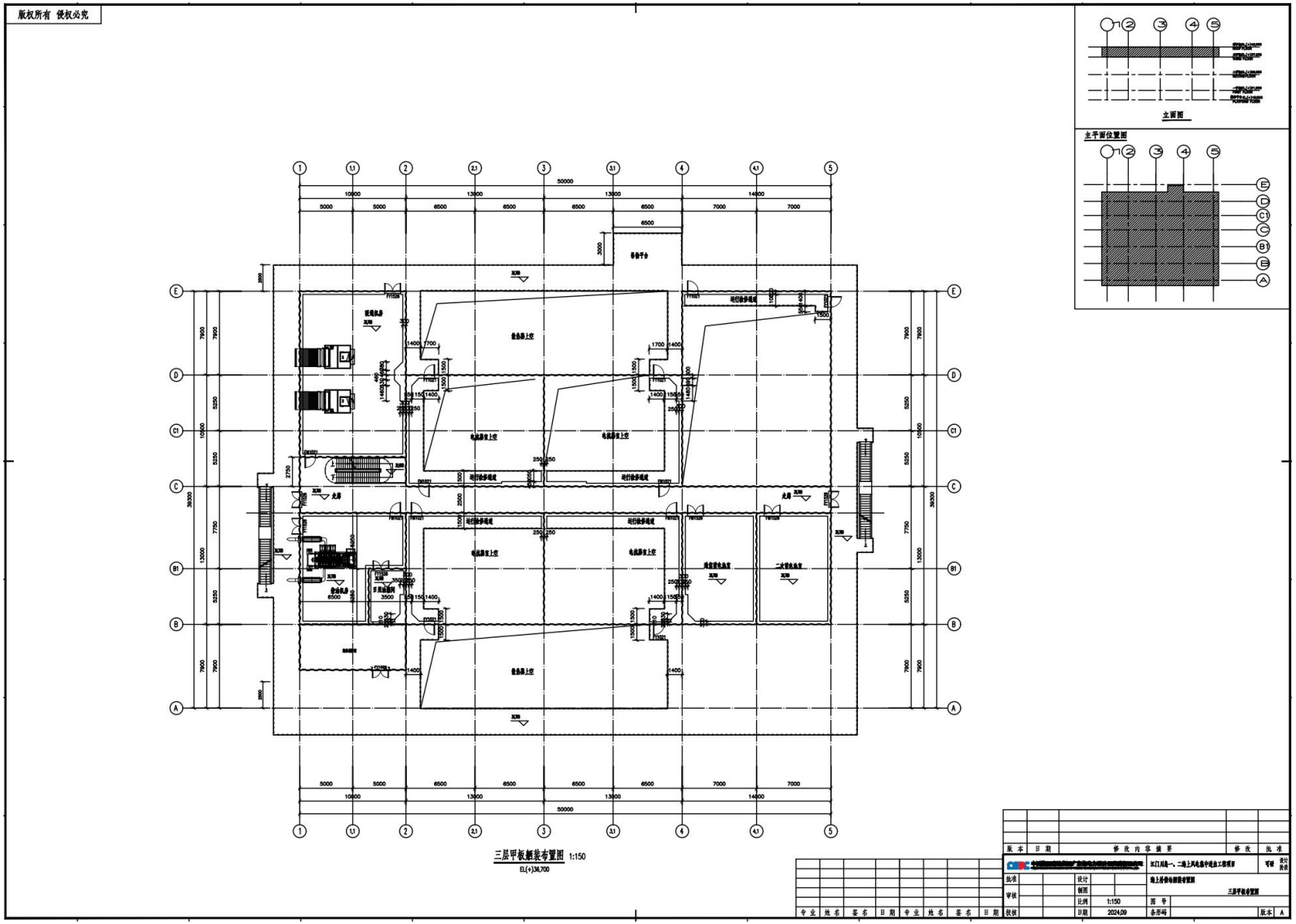


图 **2.2.1-3c** 海上无功补偿站三层甲板布置图

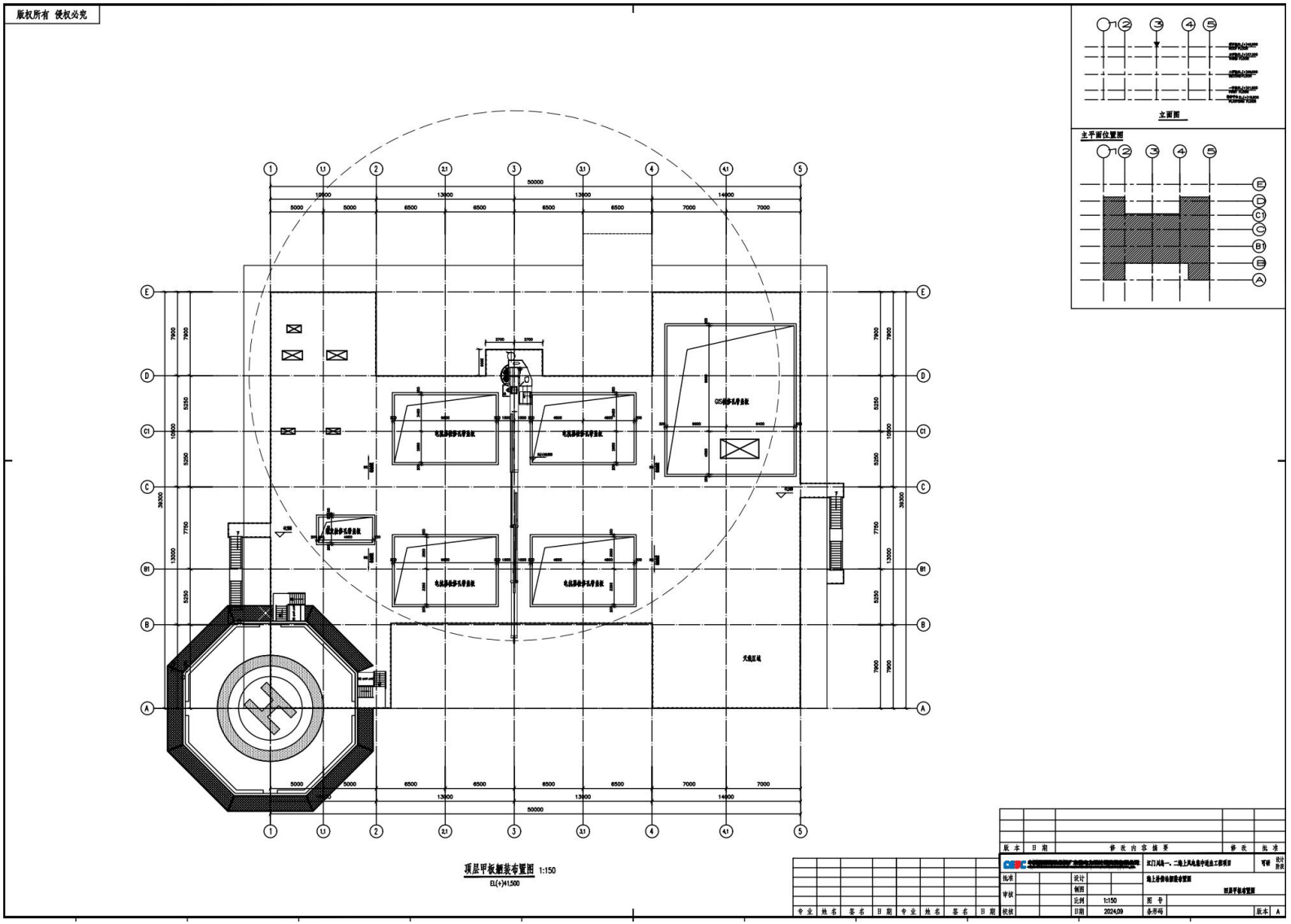


图 **2.2.1-3d** 海上无功补偿站顶层甲板布置图

2.2.1.3500kV 送出海底电缆

500kV 送出海底电缆从登陆点出发以定向钻方式从底土穿越黑沙湾海浴场后避开铜鼓排从其西侧向南延伸 40.64km 后到达位于江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园东南侧的拐点 4，期间避开周边海域在用及规划锚地和江门中华白海豚地方级自然保护区，随后向西南延伸 51.53km 至位于江门川岛场址东北角的拐点 5，再向西南方向顺着江门川岛场址东侧边缘延伸 24.07km 至海上升压站，单回长度约 116.24km。

表 2.2.1-1 500kV 送出海底电缆拐点坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 2.2.1-4 500kV 送出海底电缆拐点分布示意图

2.2.1.4登陆点

本项目登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，台山电厂大坑水库入海口处北侧，水库呈西北-东南走向，登陆点北侧为养殖区，西侧紧挨内部道路跨水库桥梁，水库对岸为黑沙湾，黑沙湾南侧为铜鼓海，海岸线约 600m，为砂质海海滩。根据海缆预选路由方案，通过定向钻将海缆从黑沙湾海浴场地下通过，定向钻入钻点在登陆点附近，出钻点位于黑沙湾南侧海域，距离黑沙湾南侧海岸线约 460m，定向钻长度 753m。

登陆点位于水库入海口处北侧岸线，距入海口约 400m。登陆点东侧有渔船停泊区，岸上有土质道路用于通行，东侧有囤放物资的简易仓库，距登陆点约 70m。登陆点南侧为水库河流，宽约 40m，河对岸为黑沙湾。登陆点西侧紧挨着一个跨河桥梁，可通行，桥梁旁边建有 5 个桥墩，桥梁未建设完成。登陆点北侧紧挨有建筑物，均为一层平房，距登陆点 60m 处有一栋 3 层楼房。登陆点

西部和北部有大片养殖水塘，距东北部水塘最近约 40m，距西部水塘最近约 100m。

定向钻出土点（ ）位于岸线向陆一侧 293m，定向钻入海点（ ）位于岸线向海一侧 460m，定向钻施工段全长约 753m。

图 2.2.1-5 登陆点位置示意图

a. 正射影像

b. 北侧现状

c. 东南侧现状

d. 西侧现状

图 2.2.1-6 登陆点周边环境

图 2.2.1-7 登陆点定向钻位置示意图

2.2.2主要水工构筑物结构及设计尺度

2.2.2.1海上升压站

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。

海上升压站上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸（长×宽）分别为一层65.0m×50.6m、二层 64.8m×53.3m、三层 64.8m×53.3m，四层67.0m×66.6m。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1500、H1200、H1000 及热轧 H 型钢 H900、H700、HM600、HM500、HN400，次梁采用热轧 H 型钢 HN300 等。立柱采用φ1600、φ1000钢管，两层主甲板间斜撑采用φ610、φ508、φ406 和φ356 等钢管，甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用 Z 向钢钢材 DH36 加强。

海上升压站下部结构采用四桩导管架型式。主导管采用φ2200 钢管，成矩形布置，设置水平圆管φ1400、组合型钢材及斜拉圆管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台等附属构件。导管架上设置靠船构件、登船平台以及阴极保护系统等。升压站导管架底部桩靴中心根开为58m×48m，约重 4576t。

海上升压站钢管桩采用φ4800 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为40~80mm。桩长约为 101m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。4根桩总重约 3550t。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置φ325mm 的 66KV 海缆保护 J 型套管和φ508mm 的 500kV 海缆保护 J 型套管。66KV 海缆和 500kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上升压站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到

一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

本工程海上升压站结构设计使用年限为 50 年，结构安全等级为一级。

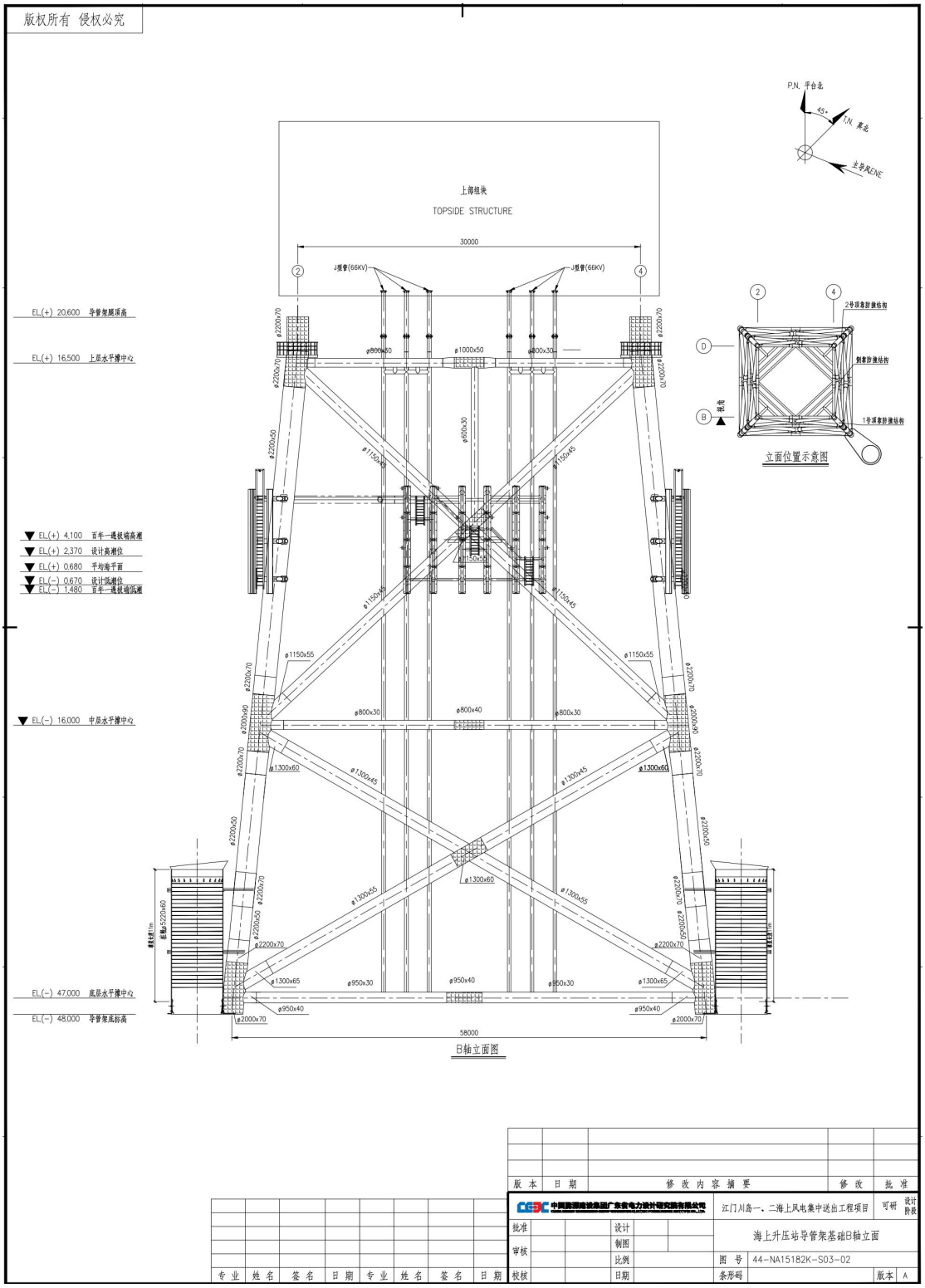


图 2.2.2-1 海上升压站导管架基础立面图

2.2.2.2海上无功补偿站

海上无功补偿站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。

海上无功补偿站上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸（长×宽）分别为一层 58.0m×44.9m 、二层 58.0m×47.3m 、三层 58m×47.4m ，四层 63.9m×66.2m。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1500、H1200、H1000 及热轧 H 型钢 H900、H700、HM600、HM500、HN400，次梁采用热轧 H 型钢 HN300 等。立柱采用φ1600、φ1000 钢管，两层主甲板间斜撑采用φ610、φ508、φ406 和φ356 等钢管，甲板之上满铺 6mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用 Z 向钢钢材 DH36 加强。

海上无功补偿站下部结构采用四桩导管架型式。主导管采用φ2200 钢管，成矩形布置，设置水平圆管、组合型钢材及斜拉圆管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台等附属构件。导管架上设置靠船构件、登船平台以及阴极保护系统等。补偿站导管架底部桩靴中心根开为 48m×48m，约重 3543t。

海上无功补偿站钢管桩采用φ4300 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~80mm。桩长约为 101m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。4 根桩总重约 2511t。

在海上无功补偿站两侧沿导管架分别布置ϕ508mm 的 500kV 海缆保护 J 型套管。500kV 海缆沿 J 型套管登入、登出海上无功补偿站平台。电缆保护 J 型套管固定在导管架上，上部延伸到一层甲板，下面伸到泥面处，采用电缆柔性保护限制器固定。

本工程海上无功补偿站结构设计使用年限为 50 年，结构安全等级为一级。

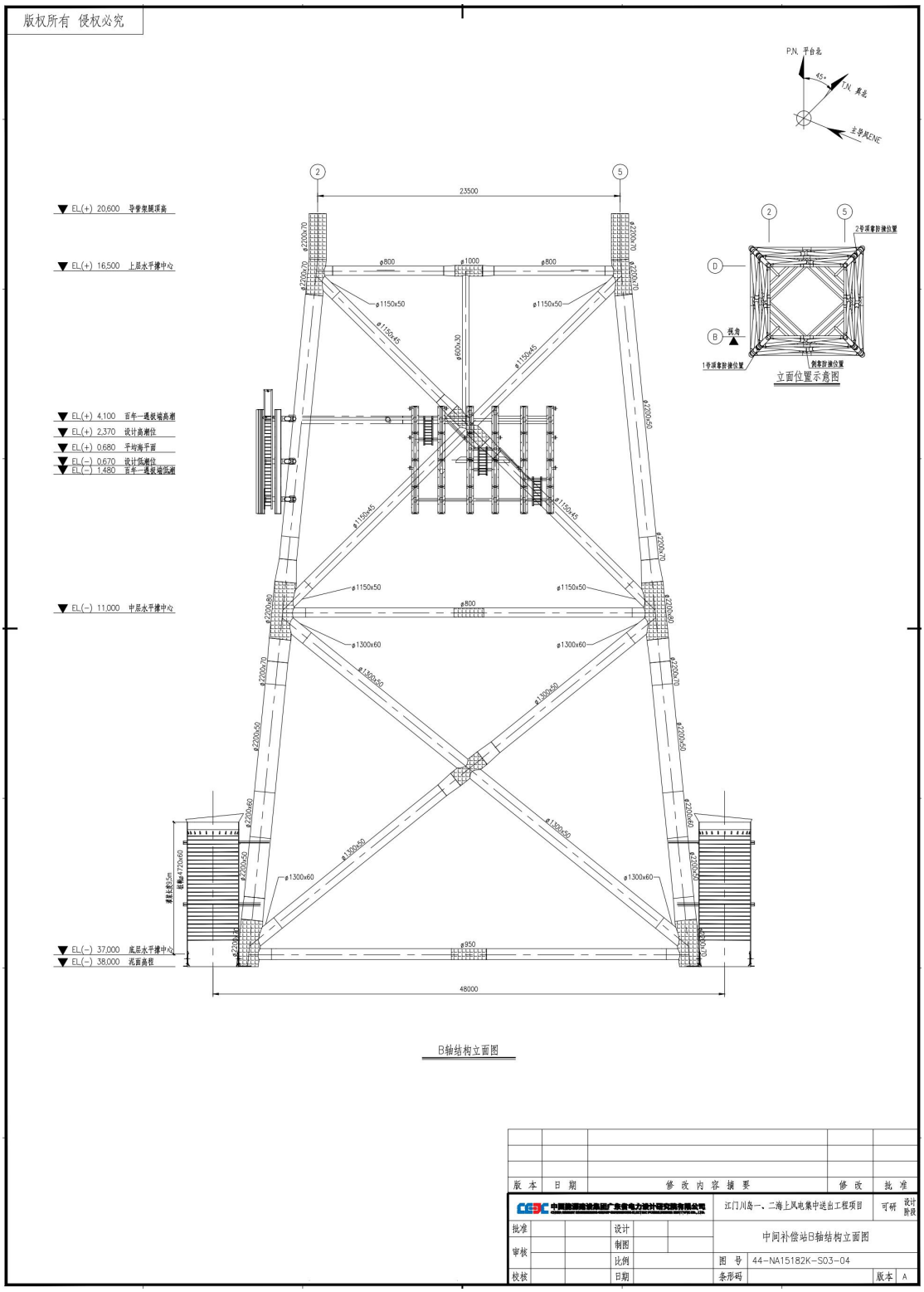


图 2.2.2-2 海上无功补偿站导管架基础立面图

2.2.2.3500kV 送出海底电缆

本项目布置两回 500kV 送出海底电缆连接海上升压站与陆上集控中心，中间布置一座海上无功补偿站，单回长约 116.24km，拟选用型号 HYJQF41-F 290/500 3×800mm² 的三芯海底电力电缆，电缆外径为 305mm。海缆结构型式图详见图 2.2.2-2。

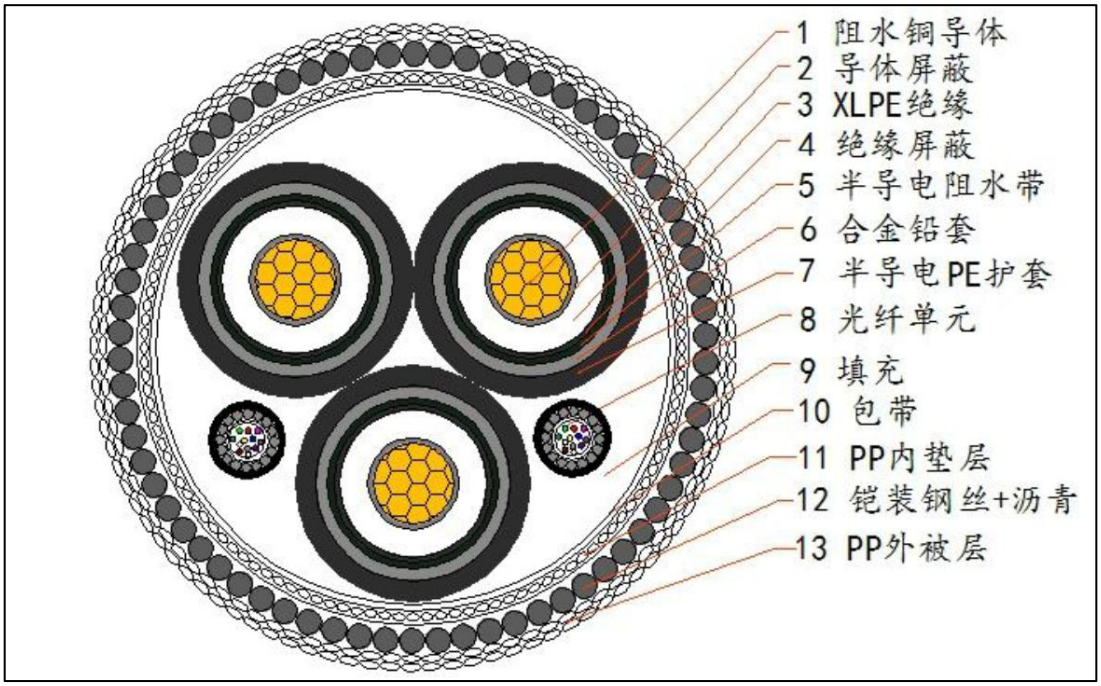


图 2.2.2-2 海缆结构型式图

2.3项目主要施工工艺与方法

2.3.1施工工艺及方法

2.3.1.1海上升压站、海上无功补偿站

海上升压站和海上无功补偿站的施工内容包括钢结构制作、基础施工、上部组块安装三大部分。一般来说，主要施工工艺流程为：钢结构加工与制作——→电气设备安装、调试——→导管架沉放——→钢管桩沉桩施工——→上部平台整体安装——→电气设备联动调试。

（1）钢管桩、导管架的制作、运输

本阶段选择在工程周边区域内的大型钢结构加工企业或船厂类企业中进行整体加工制作，钢管桩运输选择 15000t 级以上的驳船，考虑运输驳船使用拖轮拖带，驳船的配套拖轮考虑为 5000HP 及以上动力。

（2）导管架沉放施工

在导管架运输至海上升压站和海上无功补偿站位置后，首先开始进行导管架的沉放工序。为保证导管架安放水平，施工前，在辅助驳船上配冲喷设备、沙石料等，对海床实施扫海，垫砂整平，确保海床无障碍物及基本平整。本工程升压站导管架约重 4576t，补偿站导管架约重 3543t。根据导管架吊重、吊装尺寸的要求，并按照起重机 85%起重保证率的设备性能要求，同时考虑本标段升压站、补偿站基础工程桩长度较大，针对基础“先沉放导管架、后插桩施工”的施工顺序，对浮式起重船的吊高能力提出了相当严格的要求。为减少船机资源配置，本阶段初步选择 4000t 级全旋转浮式起重船进行导管架的沉放与钢管桩施工。导管架安装到位后，应及早跟进沉桩施工，以免导管架在风浪作用下滑移，超出偏差要求。

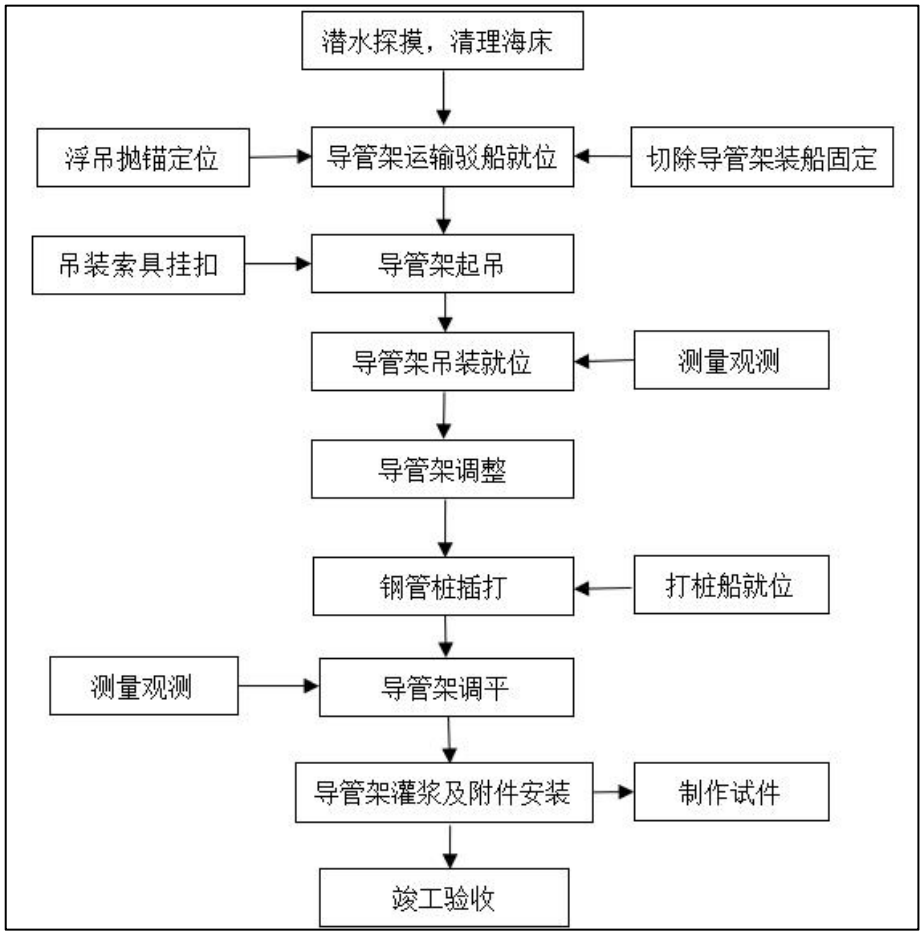


图 2.3.1-1 桩基础导管架施工流程图

（3）钢管桩沉桩施工及连接段灌浆

为保证管桩的加工与施工质量，拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。沉桩过程中桩基为垂向入泥，桩穿过导管架上的桩靴，内部设置限位板，确保钢桩沉桩垂直度以及钢桩与导管架桩靴间的环缝的最小间距的精度，保证沉桩施工的角度与精度控制满足要求。桩锤系统根据工程基础管桩设计参数，选用 MHU1900 锤型。

钢管桩、导管架桩靴之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩管间的间隙后进行。灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。由于可能存在泥沙等杂物，影响灌浆效果，灌浆前可用吸力较强的小型吸泥泵清理底部

泥沙，吸泥完成后尽快进行灌浆施工。灌浆材料的性能必须确保满足设计要求，在施工监理方的监督下，采用小型压浆机将材料浆液压至导管与钢管桩的环缝内，自下而上注满。

施工时，用软管伸入导管架桩靴内部，利用灌浆的自重挤出空气达到密实，待浆液从顶部溢出后即可停止灌浆并迅速拔出软管。

（4）上部组块制作

海上升压站、海上无功补偿站上部组块平台共分四层，一层平台、二层平台、三层平台及顶层平台。各电气设备按照功能需求设置在不同隔层范围内，本工程升压站、补偿站上部组块结构类同于海上石油类钻井平台上部组块结构，因此本阶段上部组块结构参考成熟的钻井平台上部组块结构的施工方案进行考虑，一般都在加工现场整体制作完毕后，现场进行一次性吊装。

根据类似工程实际的操作模式，为尽量减小现场的安装次数，避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时减少海上设备安装调试时间，海上升压站、海上无功补偿站上部平台采用陆上总装的方式，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。上部结构由立柱、甲板、主次梁和斜撑组成。

上部组块的主体设备是电设备，因此在钢结构制作过程中需要结合电气设备的到货时间来进行电气设备安装。

（5）上部组块运输与安装

本工程海上升压站钢结构平台与内部电气设备组合形成整体的上部组块总重量约为 6400t，海上无功补偿站为 4900t，国内较少起重船施工能力满足其起吊安装要求，故建议主平台通过滑道或模块车，配合可调载自航驳船，依次进

行装船作业。

运输用船舶应尽量保证升压站、海上无功补偿站上部组块的整体边界在船舶型宽范围内，尤其应保证底部四根主柱位置在船舶型宽有效范围内。根据上述对运输船舶尺寸数据的要求并参考同类海工结构组块实际选用运输船舶的情况，考虑运输稳性要求，推荐选用 15000t 级自航驳船进行运输。

海上运输条件复杂，升压站组块为大尺寸、超重量的构件，运输过程中受天气、海况等影响较大，船身可能出现横倾晃动的危险，因此需要根据升压站尺寸与重量等条件，统筹规划生产基地，选择有利的天气时机，并对运输船舶增加临时辅助固定装置，降低运输过程中的风险，增加运输过程中的可靠性。

根据钢桁架组合体上部结构整体吊装尺寸要求，选择 7500t 级及以上起重能力的浮式起重船进行组合体的安装工作。

2.3.1.2500kV 送出海底海缆

本工程海缆敷设为海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的 500kV 海底电缆。根据水深要求，主要采用深埋方式。初步拟定埋深 3~4m。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

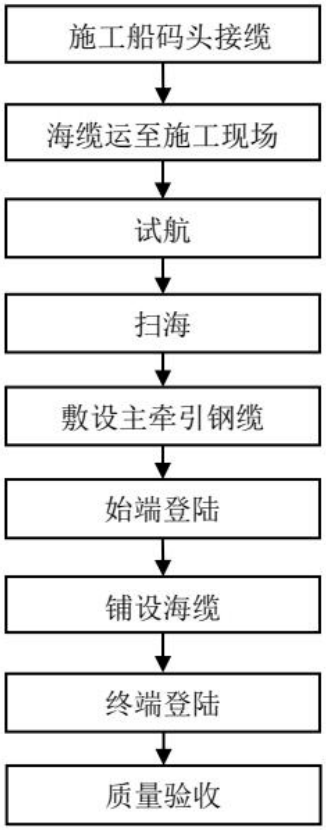


图 2.3.1-2 海缆敷设施工工艺

（1）接缆

接缆采用海缆敷设船接缆，接缆地点一般为生产厂家码头。电缆在过驳前首先对电缆进行出厂检验，对装载上船的海底电缆进行性能检测，包括逐根进行交流耐压、绝缘电阻、泄漏电流、铅包耐压等测试；待测试符合设计标准后方能进行过驳施工。装船完毕后重新对海底电缆性能检查测试，确认各项性能指标满足工程设计要求。

（2）试航

施工船舶到达施工现场之后，可首先进行试航作业，以确保施工顺利及施工质量。

（3）扫海

该工作主要解决施工路由轴线上影响施工顺利进行的旧有废弃缆线、插网、

渔网等小型障碍物。采用锚艇尾系扫海工具，沿设计路由往返电缆路由扫海一次，发现障碍物由潜水员水下清理；若遇到不能及时清理的大型障碍物，由潜水员水下探明情况，拟订解决方案并上报。

（4）敷设主牵引钢缆

海缆敷设船一般为无动力船型，需要拖轮拖带。本项目初步考虑采用设置主牵引钢缆引导敷设船的施工方法：首先施工船根据 DGPS 定位就位于始端登陆点附近路由轴线上，由锚艇在电缆设计路由上抛设牵引锚，牵引锚和主牵引钢缆连接后开始敷设主牵引钢缆，直至将主牵引钢缆和施工船上卷扬机连接。施工时，由锚艇敷设主牵引锚。当施工至终端登陆点附近时，将主牵引钢缆与预先设置在终端登陆点侧的地锚相连接，牵引钢缆敷设时采用 DGPS 定位系统。

（5）始端登陆

完成海缆始端登陆施工后，在 GPS 定位下，由潜水员摸清预先在水下处理好的登陆段沟槽，然后沿登陆段海缆逐个拆除浮运海缆的轮胎，将海缆按设计路由沉放至海床上。

（6）电缆敷埋段施工

本阶段推荐采用敷埋同步方式，确保海缆在非航道段埋深 3m，航道段埋深达 4m。考虑到集约用海的要求，对于不能满足海缆敷设间距的深水海域，建议施工单位采用含 DP 的高精度海缆敷设船进行敷设施工，并在海缆敷设完成对所有海缆进行扫测并提供扫测报告。

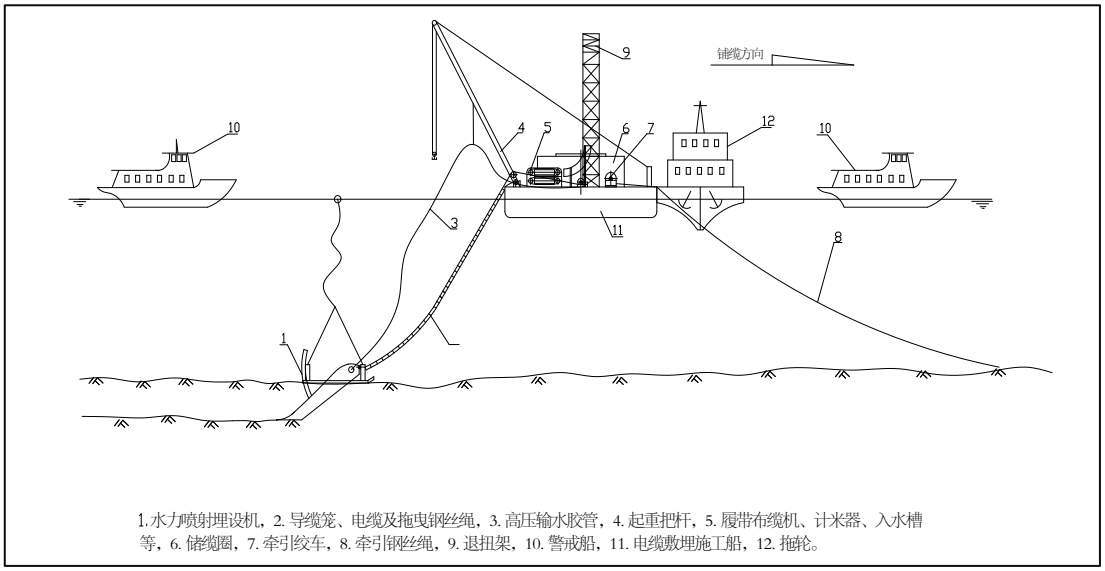


图 2.3.1-3 海底电缆敷设施工

（7）终端登陆施工

在海缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。准确测量登陆长度后，在施工船上截下余缆，并对截断海缆两端进行铅包封堵工作，防止海缆截断后外界环境对电缆造成电气性能及绝缘影响，确保海缆埋设及后续工作质量。海缆截断封堵结束后，进行海缆的终端登陆。

海底电缆在升压站、补偿站的登陆，需穿过与桩基固定的“J”管，登平台前应将钢丝绳置换“J”管内预先设置的牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引至平台塔筒内预定位置。

（8）登陆段施工

项目拟采用定向钻穿越进行海缆登陆方案。

定向钻埋管与海缆登陆描述如下：

定向钻穿孔埋管主要工艺：施工准备→导向孔施工→反拉扩孔、成孔→牵引管道→回填→清场。

①根据施工要求，在靠近登陆点需开挖一个工作坑。在工作坑前方还需要停

放施工机械以及导管拆装施工操作面，需占用 10m×4m 的地方做工作坑的施工操作空间。浅滩段出钻点需设置船舶锚泊作为接收平台。

②使用定向钻拖拉法穿越岸滩形成孔道，牵引并预埋管道，回填工作坑。

③电缆始端登陆前，在高潮位时将施工船锚泊就位在登陆点附近，以减小登陆距离，并利用 DGPS 测量系统定位于路由轴线上，抛“八”字开锚锚泊固定。

④在终端登陆点处设置绞磨机。在电缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。

⑤将海缆头从电缆盘拉出，在电缆头上设置活络转头。并与设置在终端登陆点处绞磨机的牵引钢丝联结，牵引钢丝穿过预埋管道。

⑥启动绞磨机缓慢回绞钢丝，牵引海缆穿越管道，完成海缆穿越登陆。

图 2.3.1-4 工作坑位置示意图

定向钻可行性分析：陆域集控中心位于登陆点北侧约 440m，定向钻由登陆点附近入钻，需穿过黑沙湾陆地部分，从黑沙湾南侧海域出钻，全长约 753m。

黑沙湾地表为大片平地，上有少量建筑物，南侧海岸线为砂质海滩。定向钻扩孔难度不大，且灌入泥浆能够形成稳定孔壁，施工可行性高，项目定向钻穿越自然岸滩，施工可行。定向钻施工工艺为非开挖施工，避免了对所在岸线的开挖，有利于对所在岸线的生态环境保护，是合理的。

（9）海缆保护

本工程海缆敷设包括海上升压站与海上无功补偿站、海上无功补偿站与陆上集控中心之间的主送出海缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，建议采取以下防护措施进行海缆保护。

①建设单位应按照国家法律法规，维护自己的合法权益，保护海底电缆的安全。

②对于穿越航道区的海缆可加大电缆的埋深，在航道内施工时，需向海事主管机关申请交通管制，同时尽量避免航道封航。

④在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程。

2.3.2施工设备

表 2.3.2-1 海上升压站和海上无功补偿站主要施工设备配置表

序号	机械设备名称	型号规格	单位	数量	备　注
1	浮式起重船	4000t 级及以上	艘	1	导管架基础施工，配置 MHU1900 液压打桩锤作为首选桩锤
2	起重船	7500t 级及以上	艘	1	上部组块装船及现场安装
3	甲板驳船	10000t 级	艘	1	钢管桩、导管架的运输，船宽不小于 40m
4	甲板驳船	15000t 级	艘	1	上部组块运输；
5	拖轮	5000HP	艘	1	拖运船舶
6	抛锚艇		艘	2	打桩船、起重船等抛锚
7	交通艇		艘	2	

表 2.3.2-2 海缆敷设主要施工设备配置表

序号	机械设备名称	单位	数量	用途	备　注
1	带埋设机的铺缆船	艘	3	500kV 铺缆	载缆 10000t 及以上
2	两栖式挖掘机	辆	1	电缆沟开挖和土方回填	
3	卷扬机	台	2	电缆牵引	
4	拖轮	台	2	铺缆船拖航及稳定性控制	
5	抛锚艇	艘	2	铺缆船抛锚	
6	交通艇	艘	2	接送人员	

表 2.3.2-3a 主要铺缆设备和机具

序号	名称	说明
1	海缆转盘	储存电缆，载重 8000t 级，轨道转动，机械手盘放
2	电缆退扭系统	释放电缆扭应力
3	布缆机	将电缆从储缆圈经电缆桥拉至甲板
4	机械计米器	计量敷设海缆长度
5	入水槽	保证电缆入水角度和弯曲半径

表 2.3.2-3b 主要电缆埋深设备

序号	名　称	用　途
1	电缆埋设机	海底电缆埋深，埋设犁挖深最大可达 5m
2	高压水泵	供水，扬程 300 米以上
3	高压水管	将高压水输送至埋设机
4	导缆笼	保证埋设机至船舷间电缆的张力和弯曲半径
5	海缆埋深监测系统	监测电缆的张力、埋深、偏差、缆长及水深、流速等
6	拖曳式潜水器综合监控导航系统	埋设机综合监控与水下导航定位系统

表 2.3.2-3c 锚泊设备

序号	名　称	用　途
1	牵引绞车	牵引施工船前进
2	锚机	固定船位
3	海军锚	大抓力锚
4	钢丝绳	牵引、锚泊等

2.3.3施工进度计划

本工程项目总工期计划为 14 个月，其中工程主体施工总工期为 10 个月。本工程于 T+0 月开工后，T+3 月后施工准备完成，主体工程开始施工，第 T+14 个月海上升压站调试完成，项目竣工验收。

表 2.3.3-1 施工进度计划表

序号	项　目	工期（月）	计划开工（月）	计划结束（月）	备　注
1	施工准备	3	T+0	T+3	
2	海上升压站上部结构加	8	T+4	T+11	

序号	项　　目	工期（月）	计划开工（月）	计划结束（月）	备　　注
	工制作				
3	海上升压站下部基础加工制造	4	T+7	T+10	
4	海上升压站基础施工与上部安装调试	1	T+10	T+10	下部基础施工
		1	T+12	T+12	上部组块安装
		2	T+13	T+14	调试
5	海上无功补偿站上部结构加工制作	8	T+4	T+11	
6	海上无功补偿站下部基础加工制造	4	T+7	T+10	
7	海上无功补偿站基础施工与上部安装调试	1	T+10	T+10	下部基础施工
		1	T+12	T+12	上部组块安装
		2	T+13	T+14	调试

2.3.4土石方平衡

本项目送出工程共建设 1 座海上升压站，1 座海上无功补偿站，2 回 500kV 送出海底海缆。

（1）海上升压站和海上无功补偿站

1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站采用后桩法施工。在灌浆前对沉桩的钢管桩内进行清孔，预计升压站和补偿站清孔产生泥沙各约 12m^3，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。海上升压站、海上无功补偿站基础水下灌浆量各约 100m^3。灌浆料可从高强度灌浆料生产厂家购买，灌浆结束时桩顶会有少量浆液溢出，产生溢浆可由施工单位统一回收，运至陆上建材废料处理站处理，施工过程不产生弃渣。

（2）500kV 送出海底海缆

500kV 送出海缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，除送出海缆始端登陆段需采用定向钻施工外，没有多余土石方产生。预计定向钻施工的钢管直径为 0.8m，单根长度 500m，共计两根。预计定向钻施工产生的土石方量共

计 503m³，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。

2.4项目用海需求

2.4.1项目用海需求

本项目拟建设一座 500kV 海上升压站、一座 500kV 海上无功补偿站和 2 回 500kV 送出海底电缆。

（1）海上升压站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上升压站,海上升压站为四桩导管架基础结构，上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 67.0m×66.6m，因此海上升压站需占用海域面积为 0.4462 公顷。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则海上升压站申请用海面积由平台最外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上升压站用海需求为 0.7529 公顷。

（2）海上无功补偿站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上无功补偿站，海上无功补偿站为四桩导管架基础结构，上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 63.9m×66.2m，因此海上无功补偿站需占用海域面积为 0.4230 公顷。

本项目海上无功补偿站用海面积根据《海籍调查规范》“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”进行界定，则海上无功补偿站申请用海面积由平台最外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。本项目海上无功补偿站用

海需求为 0.7229 公顷。

（3）500kV 送出海底海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过集电海底电缆接入海上升压站后需通过 500kV 送出海底电缆送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆直径为 305mm，500kV 送出海底电缆单回长度约为 116.24km，2 回长度为 232.48km，500kV 送出海底电缆占用海域面积为 7.0906 公顷。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定："以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界"，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求为 653.8655 公顷。考虑到本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站、海上无功补偿站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上升压站、海上无功补偿站用海优先，海底电缆次之，扣除海上升压站、海上无功补偿站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积。另外，500kV 送出海底电缆在登陆近岸段附近与广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组"上大压小"扩建工程发生权属重叠，因此需对其进行权属避让，避让权属面积为 3.6876 公顷，最终计算得出 500kV 送出海底电缆项目用海需求为 649.5131 公顷。

2.4.2申请用海需求

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123 -2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 650.9889 公顷，其中海上升压站透水

构筑物用海面积为 0.7529 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.7229 公顷，500kV 送出海缆海底电缆管道用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3m（具体以使用高程为准）。

本项目 500kV 送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 92.7m，其中自然岸线 71.8m、人工岸线 20.9m。

本项目申请用海期限为 27 年。

项目宗海位置图见图 2.4.2-1，项目宗海平面布置图详见图 2.4.2-2，项目宗海界址图见图 2.4.2-3。

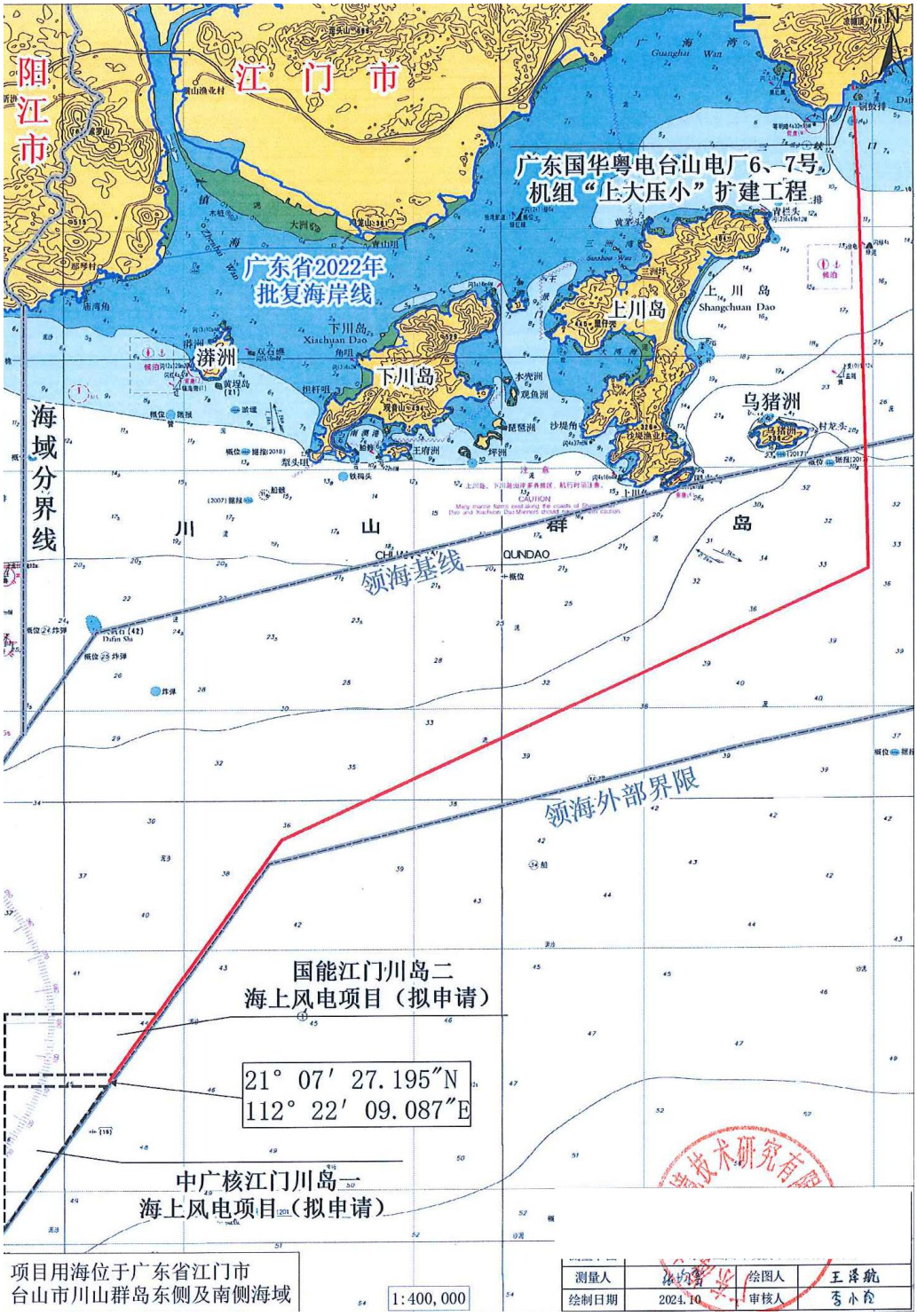
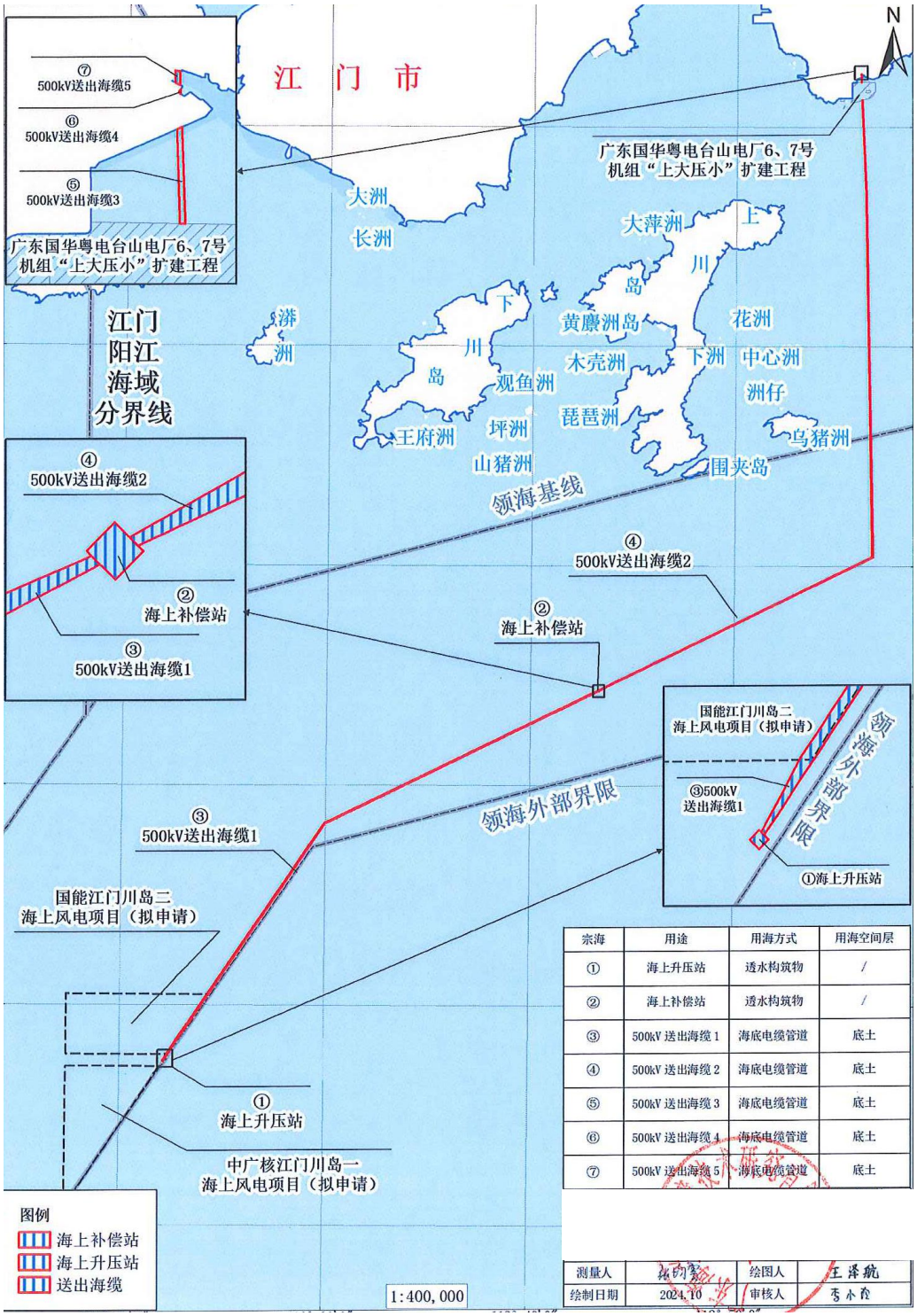
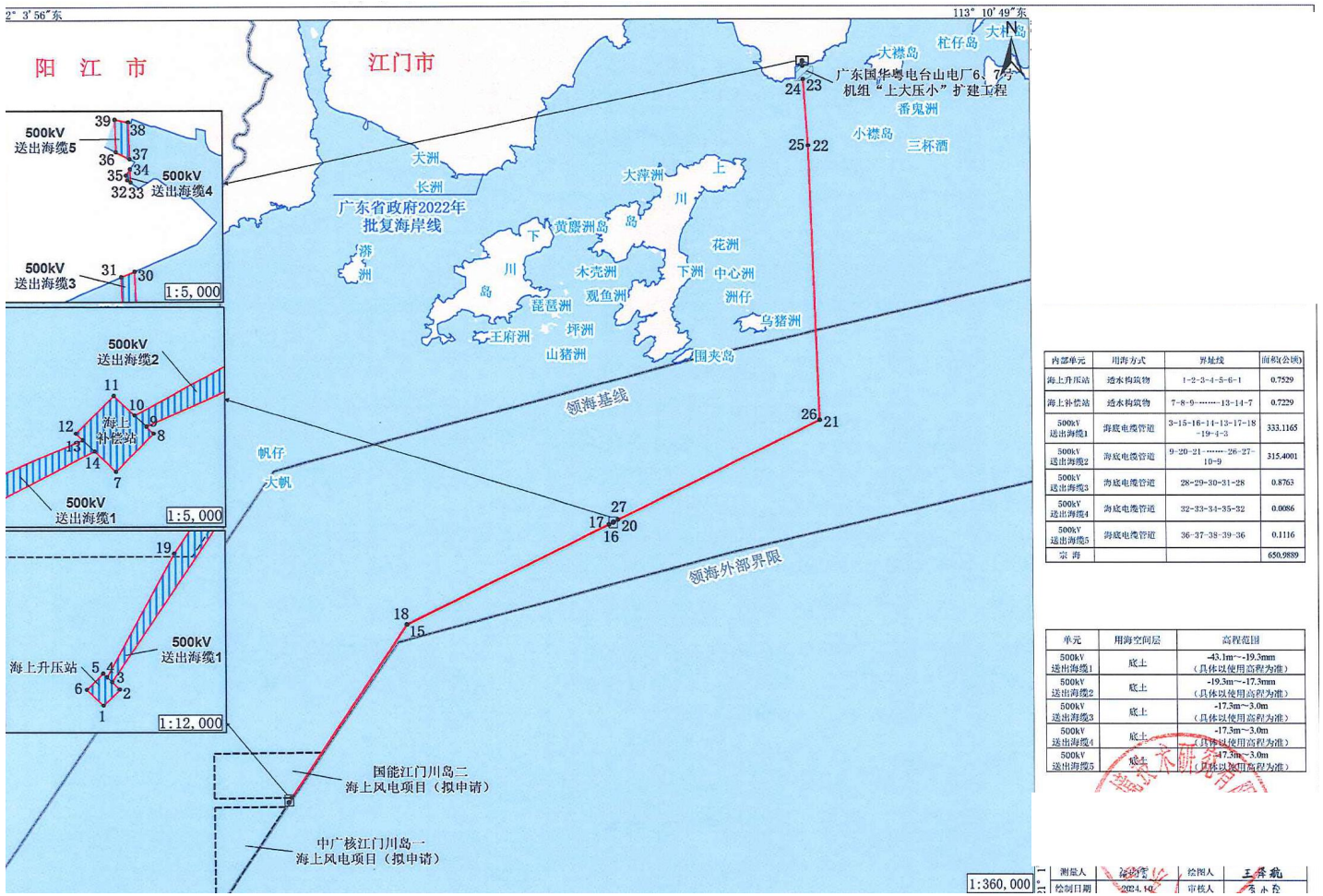


图 **2.4.2-1** 项目宗海位置图



宗海	用途	用海方式	用海空间层
①	海上升压站	透水构筑物	/
②	海上补偿站	透水构筑物	/
③	500kV 送出海缆 1	海底电缆管道	底土
④	500kV 送出海缆 2	海底电缆管道	底土
⑤	500kV 送出海缆 3	海底电缆管道	底土
⑥	500kV 送出海缆 4	海底电缆管道	底土
⑦	500kV 送出海缆 5	海底电缆管道	底土

图 2.4.2-2 项目宗海平面布置图



内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
海上升压站	透水构筑物	1-2-3-4-5-6-1	0.7529
海上补偿站	透水构筑物	7-8-9-……-13-14-7	0.7229
500kV 送出海缆1	海底电缆管道	3-15-16-14-13-17-18-19-4-3	333.1165
500kV 送出海缆2	海底电缆管道	9-20-21-……-26-27-10-9	315.4001
500kV 送出海缆3	海底电缆管道	28-29-30-31-28	0.8763
500kV 送出海缆4	海底电缆管道	32-33-34-35-32	0.0086
500kV 送出海缆5	海底电缆管道	36-37-38-39-36	0.1116
宗 海			650.9889

单元	用海空间层	高程范围
500kV 送出海缆1	底土	-43.1m~-19.3mm（具体以使用高程为准）
500kV 送出海缆2	底土	-19.3m~-17.3mm（具体以使用高程为准）
500kV 送出海缆3	底土	-17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）
500kV 送出海缆4	底土	-17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）
500kV 送出海缆5	底土	-17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）

测量人	[illegible]	绘图人	王[illegible]	
绘制日期	2024.10	审核人	[illegible]	

图 2.4.2-3 项目宗海界址图

表 2.4.2-1 宗海界址点（续）

（内容不公开）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆1)宗海立体空间范围示意图

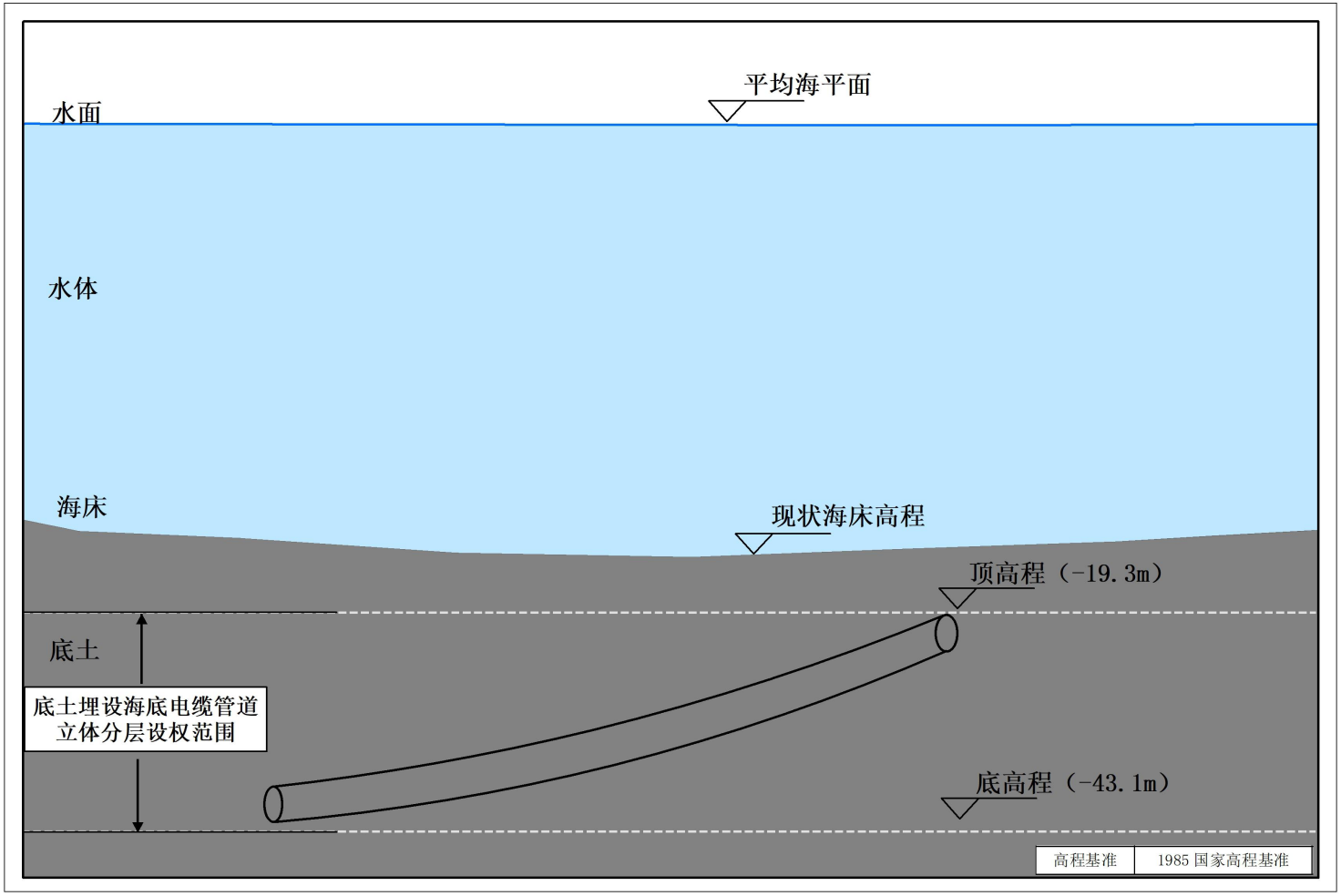


图 2.4.2-4a 宗海立体空间范围示意图 1（海上升压站至海上无功补偿站段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆2)宗海立体空间范围示意图

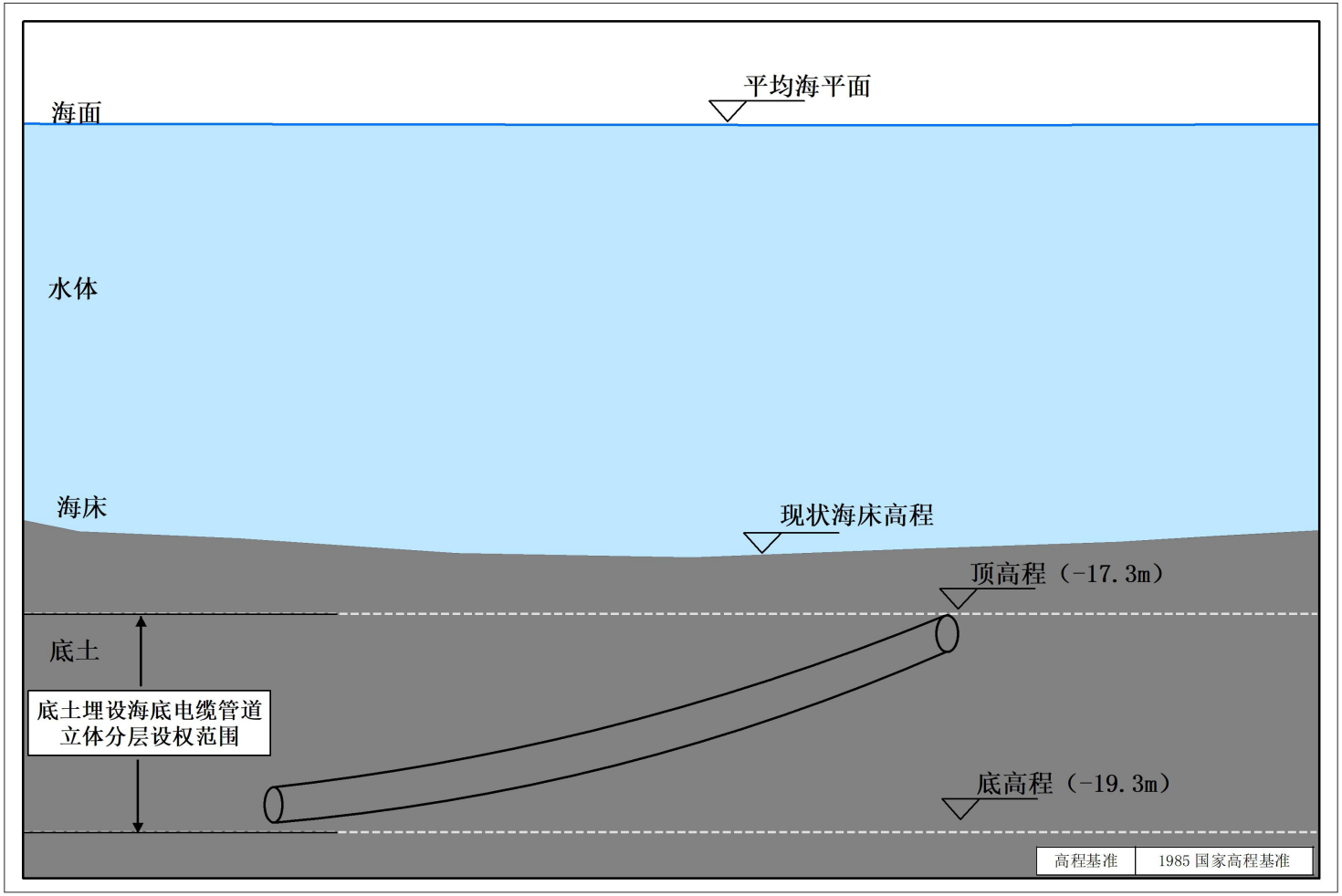


图 2.4.2-4b 宗海立体空间范围示意图 2（海上无功补偿站至近岸段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆3)宗海立体空间范围示意图

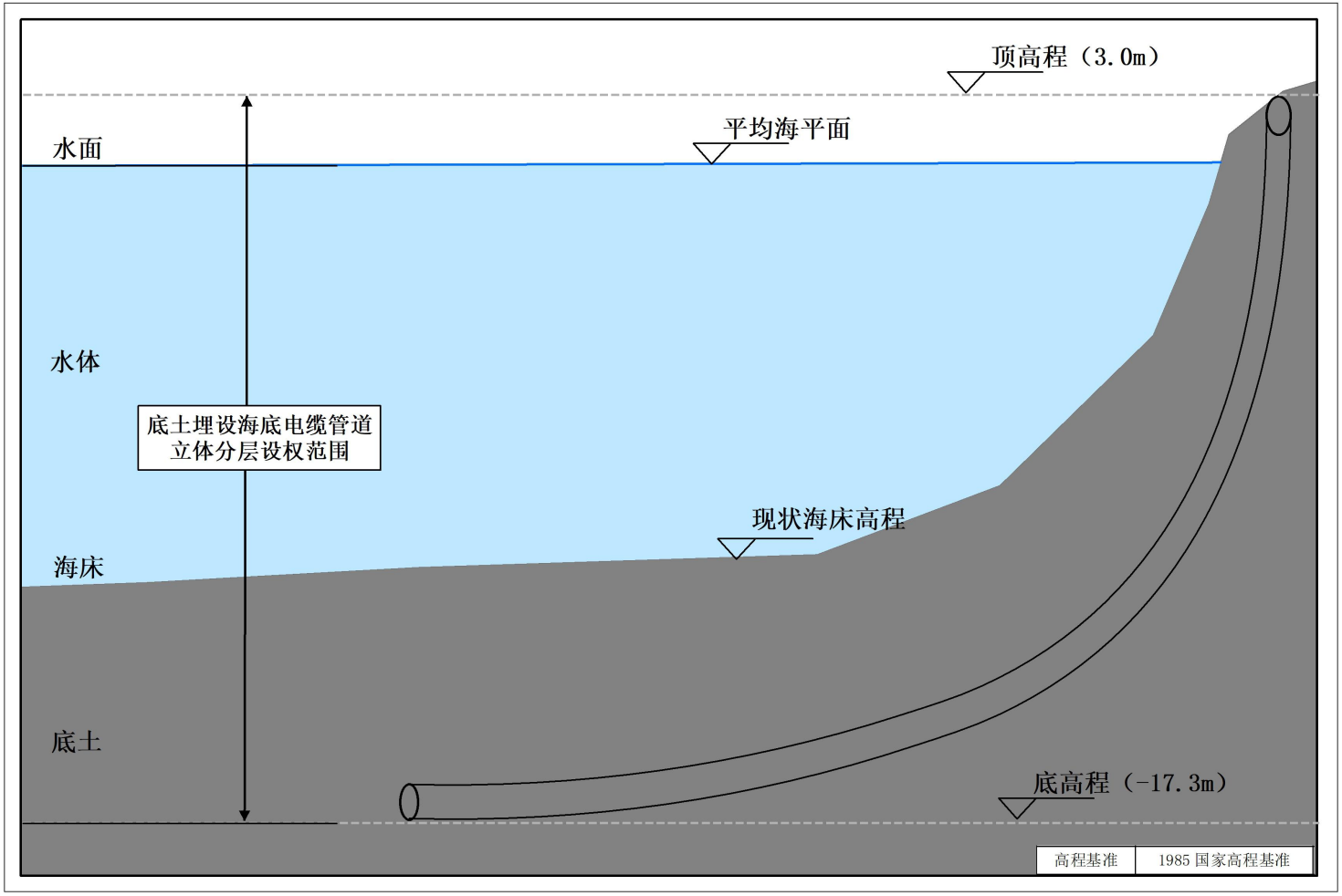


图 2.4.2-4c 宗海立体空间范围示意图 3（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆4)宗海立体空间范围示意图

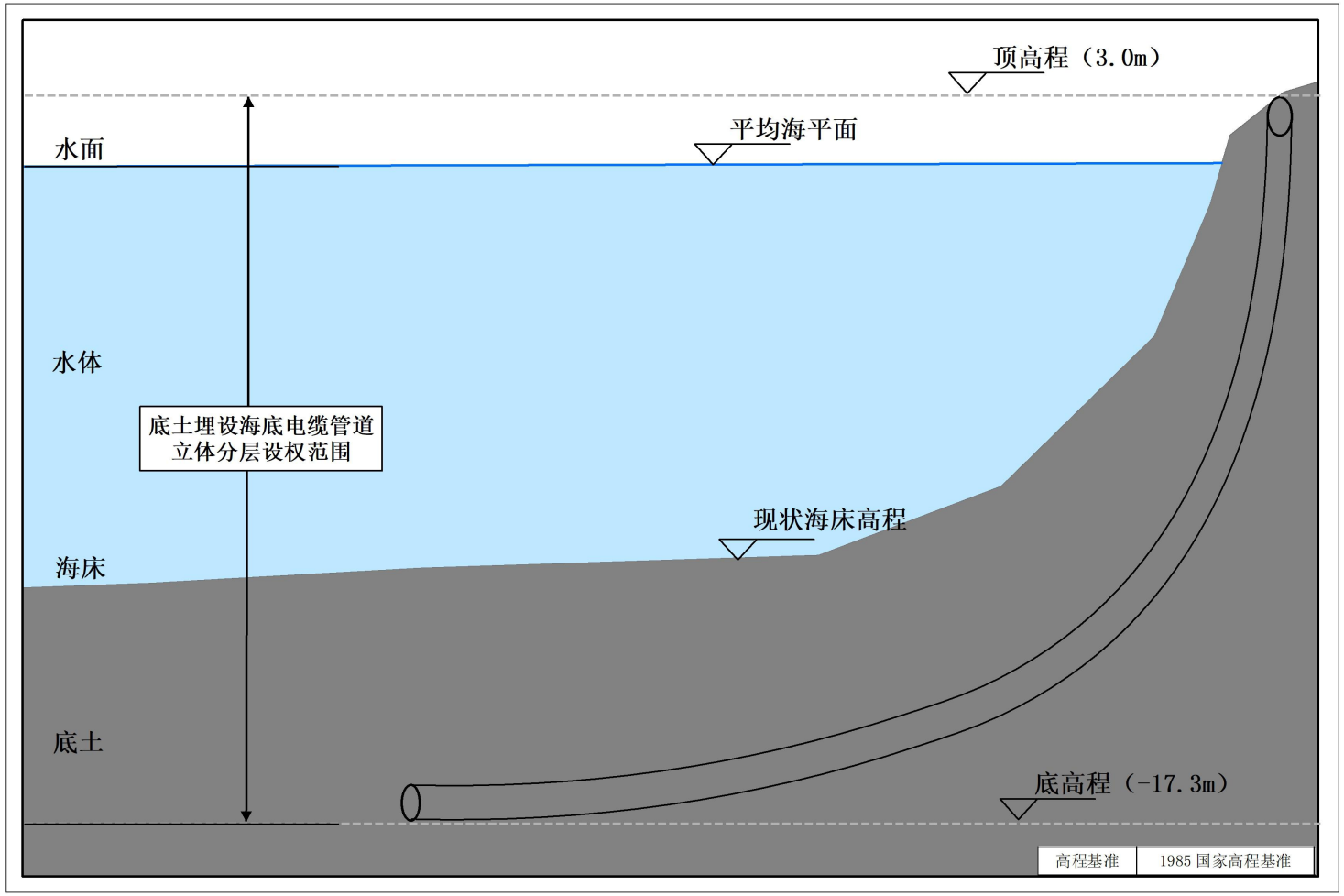


图 2.4.2-4d 宗海立体空间范围示意图 4（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆5)宗海立体空间范围示意图

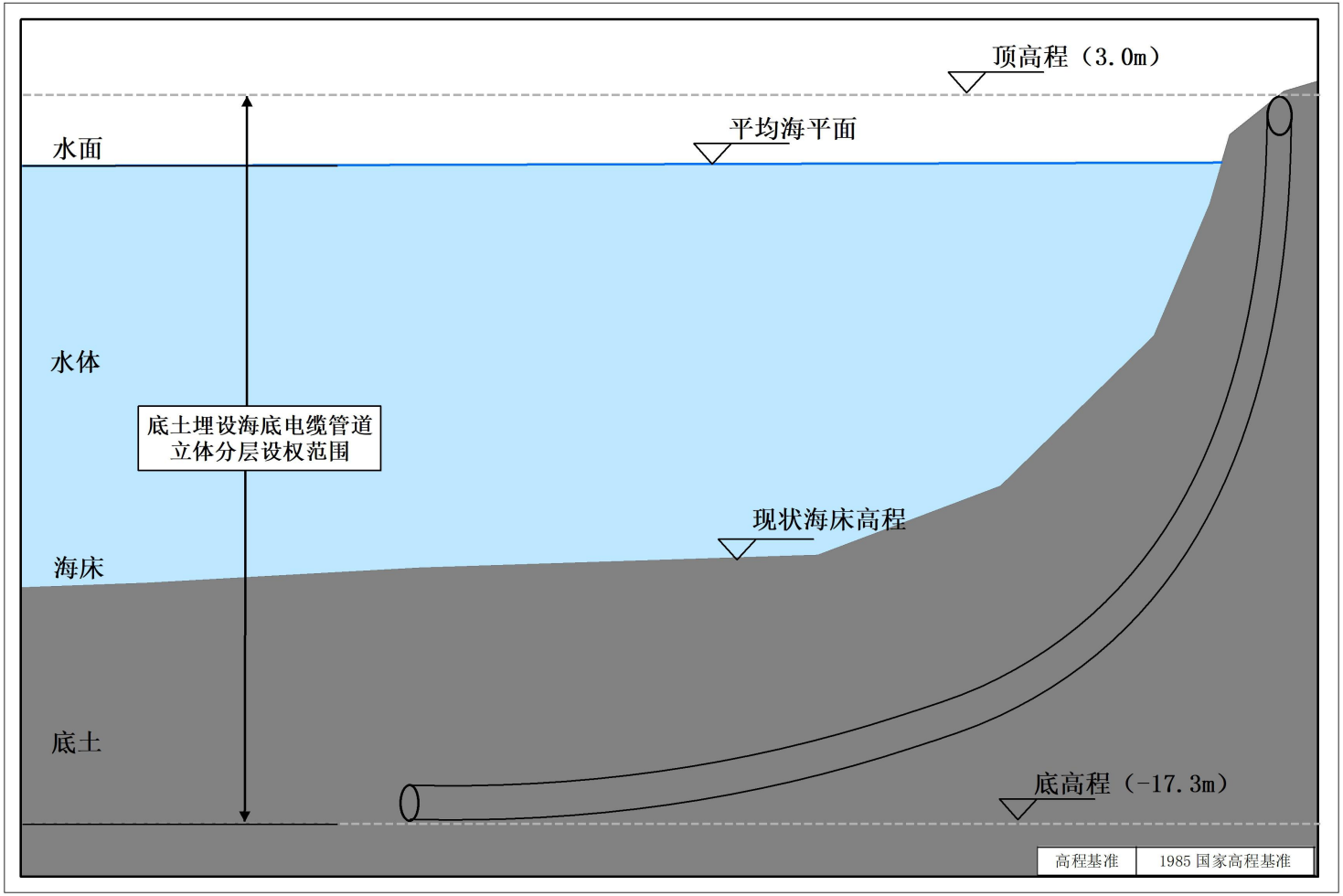


图 2.4.2-4e 宗海立体空间范围示意图 5（近岸至登陆段）

2.5项目用海必要性

2.5.1项目建设必要性分析

2.5.1.1项目建设符合相关国家产业政策及涉海规划

（1）《产业结构调整指导目录》（2024 年本）

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于“五 新能源 1.风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，为鼓励类，不属于高耗能、高污染和资源消耗型工业项目，符合国家产业结构政策要求。

（2）《市场准入负面清单》（2022 年版）

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。根据《市场准入负面清单》（2022 版），在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

（3）《“十四五”现代能源体系规划》

《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称《规划》）主要阐明我国能源发展方针、主要目标和任务举措，是“十四五”时期加快构建现代能源体系、推动能源高质量发展的总体蓝图和行动纲领。

《规划》提出，展望 2035 年，能源高质量发展取得决定性进展，基本建成现代能源体系。非化石能源消费比重在 2030 年达到 25%的基础上进一步大幅

提高，可再生能源发电成为主体电源，新型电力系统建设取得实质性成效，碳排放总量达峰后稳中有降。

《规划》强调，要大力发展非化石能源加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式光伏建设，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。积极推动工业园区、经济开发区等屋顶光伏开发利用，推广光伏发电与建筑一体化应用。开展风电、光伏发电制氢示范。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局。积极发展太阳能热发电。

根据《规划》中“专栏 3”、能源绿色低碳转型工程中的风电和光伏发电：积极推进东部和中部等地区分散式风电和分布式光伏建设，优化推进新疆、青海、甘肃、内蒙古、宁夏、陕北、晋北、冀北、辽宁、吉林、黑龙江等地区陆上风电和光伏发电基地化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

广东省是全国能源消费大省，煤炭和石油仍是主要的能源消费方式。因此，积极发展海上风电，逐步推进海上风电规模化发展，是“十四五”期间全省能源发展建设，提升全省能源生产供应能力，能源消费结构进一步优化的重要措施。江门川岛一、川岛二海上风电项目建设是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调

整我国能源结构的需要。

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目和国能江门川岛二海上风电项目的集中送出项目，项目建设符合《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标。

（4）《2030 年前碳达峰行动方案》

《2030 年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）围绕贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略决策，按照《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》工作要求，聚焦 2030 年前碳达峰目标，对推进碳达峰工作作出总体部署。

《方案》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神，深入贯彻习近平生态文明思想，立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，构建新发展格局，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，统筹稳增长和调结构，把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展全局，有力有序有效做好碳达峰工作，加快实现生产生活方式绿色变革，推动经济社会发展建立在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上，确保如期实现 2030 年前碳达峰目标。

《方案》强调，要坚持“总体部署、分类施策，系统推进、重点突破，双轮驱动、两手发力，稳妥有序、安全降碳”的工作原则，强化顶层设计和各方统筹，加强政策的系统性、协同性，更好发挥政府作用，充分发挥市场机制作用，坚持先立后破，以保障国家能源安全和经济发展为底线，推动能源低碳转型平稳过渡，稳妥有序、循序渐进推进碳达峰行动，确保安全降碳。《方案》提出了非化石能源消费比重、能源利用效率提升、二氧化碳排放强度降低等主要目标。

《方案》要求，将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动、绿色低碳科技创新行动、碳汇能力巩固提升行动、绿色低碳全民行动、各地区梯次有序碳达峰行动等“碳达峰十大行动”，并就开展国际合作和加强政策保障作出相应部署。

《方案》提出能源绿色低碳转型行动，要求大力发展新能源。全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，坚持集中式与分布式并举，加快建设风电和光伏发电基地。加快智能光伏产业创新升级和特色应用，创新“光伏+”模式，推进光伏发电多元布局。坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。积极发展太阳能光热发电，推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地。因地制宜发展生物质发电、生物质能清洁供暖和生物天然气。探索深化地热能以及波浪能、潮流能、温差能等海洋新能源开发利用。进一步完善可再生能源电力消纳保障机制。到 2030 年，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。

面对全球气候和环境挑战，大力发展可再生能源已成为能源发展的必然趋势。我国承诺在 2020 年碳排放强度下降 40%～45%，非化石能源占比达到 15%的基础上，计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰，并计划到 2030 年非化石能源占一次能源的比重提高到 20%左右。在调整能源结构和应对气候变化的双重约束下，大力发展风电、太阳能等技术成熟、经济性较好的可再生能源就显得十分重要。

广东省省内电源装机以火电机组为主，节能减排压力巨大，大力发展核电、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省沿海风能资源

丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。开发利用珠海地区近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

本项目的开发建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现 2030 年前碳达峰目标有着重要的意义。

因此，本项目建设符合《2030 年前碳达峰行动方案》的要求。

（5）《可再生能源中长期发展规划》

国家发改委 2007 年 8 月发布了《可再生能源中长期发展规划》，规划中提出以规模化建设带动可再生能源技术发展的目标，在 2010 年-2020 年期间，建立起完备的可再生能源产业体系。截至 2015 年底，中国累计风电装机总量已达到 16873 万 kW，首次超过美国，位居世界首位。

随着国家能源政策的调整，“十四五”期间我国能源发展的重点是可再生能源，而广东省可再生能源中，海上风能资源是最具规模开发潜力的，将成为广东风电装机主要的增长点。近年来广东省风电事业迅速发展，截至 2016 年广东省风电装机合计 2337 万 kW，均为沿海陆地风电，主要分布在粤东、粤西和珠三角沿海地区，受土地资源的限制，陆上风电装机规模难以进一步大幅增加。海上风电具有资源丰富、发电利用小时数高、不占用土地、不消耗水资源和适宜大规模开发等特点，目前中国的风电发电量已经超过核电，成为第三大电源，在风电发展进入成熟期后，海上风电空间仍十分广阔。

海上风电加速开发任务紧迫。在广东省因地制宜地开发建设一定规模的清洁

可再生能源，是对广东省能源消耗的有益补充，符合我国能源可持续发展战略的要求。本项目为海上风电项目的集中送出工程，其建设适应国家可再生能源发展的政策需求，符合《可再生能源中长期发展规划》的要求。

（6）《广东省能源发展“十四五”规划》

《广东能源发展“十四五”规划》明确，展望 2035 年，能源高质量发展取得决定性进展，能源消费总量控制在 4 亿吨标准煤以内，非化石能源消费比重争取提升至 40%左右，能源安全保障能力大幅提升，能源利用效率基本达到世界先进水平，能源科技创新取得较大突破，形成新兴能源产业体系，助力加快碳中和进程，高水平建成国内领先的清洁低碳、安全高效、智能创新的现代能源体系。

规划提出，坚持生态优先、绿色发展，持续优化能源结构，大力发展非化石能源，扩大天然气利用规模，积极争取省外清洁能源，推进煤炭清洁高效利用，加快构建以新能源为主体的新型电力系统，坚持能源节约与高效利用并举，促进重点用能领域能效提升，开创清洁低碳、高效节约的用能新局面。

规划要求，大力发展海上风电，规模化开发海上风电，推动项目集中连片开发利用，打造粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，“十四五”时期新增海上风电装机容量约 1700 万千瓦。

推动海上风电产业集聚发展。充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发，加快建设阳江海上风电全产业链，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城，以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、

控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展，加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

本项目为江门川岛一、川岛二海上风电项目的集中送出工程，其建设符合《广东能源发展“十四五”规划》要求和国家能源发展政策方针，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，推动提高我国大容量海上风电机组的国产化水平，促进当地旅游业、带动地方经济快速发展，提高风电场近区供电能力都有着重要的意义。

2.5.1.2建设必要性

本项目为江门川岛一、川岛二海上风电项目的集中送出工程，二者共同建设1座海上升压站和1座海上无功补偿站，海上升压站布置在江门川岛一、二海上风电场址中间预留的通道，海上无功补偿站布置在500kV送出海缆中部区域。500kV送出海缆由海上升压站出发，送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心，项目送出海缆路由单回约116.24km。500kV海底电缆、海上升压站及海上无功补偿站是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节，其建设是整个风电场正常运转的必要工程之一，且与风电项目的建设必要性密切相关。项目建设的必要性体现在以下几个方面：

（1）适应国家新能源政策和发展趋势

2020年12月16日至18日召开的中央经济工作会议明确要求：我国二氧化碳排放力争2030年前达到峰值，力争2060年前实现碳中和。要抓紧制定2030年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化

产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。风电作为发电成本最接近常规能源的新能源之一，将是实现碳达峰、碳中和目标的重要支撑。

本项目建设能够适应国家新能源发展的政策需求，有效促进节能减排。

（2）推动可再生资源开发利用，有利于经济与环境的协调发展

广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海处于亚热带和南亚热带海洋性季风气候区，风力资源丰富，风能资源不仅是广东省能源供应的有效补充，地区经济发展的持续助力，而且作为绿色电能，风电的发展将有效减少二氧化硫（SO_2）、二氧化碳（CO_2）和氮氧化物（NO_X）等多种大气污染物的排放。

本项目的建设有助于开发广东海上风能资源，提高地区能源供应能力，缓解电力工业的环保压力，助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。

（3）开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展

本工程的建设充分利用了江门沿海资源，对于地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展起到带动作用，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，有利于地区经济社会的全面发展。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

综上所述，本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

2.5.2项目用海必要性分析

本项目作为海上风电场项目的必要配套工程，项目的海域使用是由其工程建

设的特殊性质及项目建设的必要性决定的。

海上风电场的送出方式为：海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入海上升压站，由海上升压站通过 500kV 海缆送出至陆上集控中心。海上升压站位于海中，采用导管架基础，桩基插入海床，升压站架设在海面上方，必将占用一定的海域。500kV 海缆敷设于海底，是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节。其路由、选型、回路等根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境、功能区种种因素确定，其建设占用海底空间是不可避免，也是必要的。在远距离海上风电交流输电系统中，由于海缆电容特性，当输送距离较长输送电压等级高，容易出现海缆容性充电功率过高和过电压的问题，通过在送出海缆路由中段设置海上无功补偿站，可以有效解决这些问题。考虑海缆载流量的限制，本项目必须在送出海缆路由中间设置海上无功补偿站以补偿海缆的充电功率。海上无功补偿站采用导管架基础，桩基插入海床，补偿站架设在海面上方，必将占用一定的海域。

因此，从项目的建设特点来看，本项目海上升压站、海上无功补偿站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1海洋资源概况

3.1.1岸线资源

根据广东省政府 2022 年批复海岸线统计,本项目论证范围内的大陆海岸线共有 32.93km，包括人工岸线、基岩岸线、砂质岸线。其中人工岸线长度为 17.46km，基岩岸线长度为 11.00km，砂质岸线长度为 4.47km。

3.1.2滩涂资源

根据《台山市养殖水域滩涂规划（2024-2030 年）》，台山市领海基线内水深 0～2 米浅海面积 42830 公顷，水深 2～5 米浅海面积 54550 公顷，滩涂面积 10790 公顷，主要分布在广海湾、镇海湾、崖门水道西侧。

3.1.3岛礁资源

根据《中国海域海岛地名志 广东省第二册》，本项目论证范围内涉及到的岛礁资源有 36 个，包括 2 个有居民海岛，34 个无居民海岛。其中有居民海岛为上川岛和大襟岛；无居民海岛已开发的有 7 个，分别为过船排、鱼塘洲、庙咀礁、银豆排、乌猪洲仔、乌猪洲和甩洲；未开发的有 27 个，分别为头排、头排北岛、台山三点金、鸟米石、鸟米石北岛、斧头石、鳟鱼石、大湾咀礁、鹅玉仔岛、坭塘洲、鱼湾礁岛等。距离较近的海岛为神咀排，位于本项目送出海缆东侧约 381m。

3.1.4港口资源

根据《江门港总体规划》（江门市交通运输局，2015 年 2 月），江门港划分为广海湾、恩平、新会、主城、开平、鹤山、台山等七大港区，各港区规划包

括数量不等的作业区。其中台山港区主要是指建在台山市北面潭江公益大桥下游的公益港。现有 1000 吨级泊位 4 个，设计通过能力 60 万吨，货类主要为集装箱、钢铁、有色金属等，进出地多为港澳地区。

3.1.5航道（路）资源

根据《广东海事局关于发布广东沿海主要公共航路的公告》，本项目论证范围内的航路有珠海高栏港外至阳江南鹏岛北、粤西沿海近岸航路、珠江口大蜘洲至江门上川岛南、珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川岛南、广东沿海内航路、粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道。

3.1.6锚地资源

本项目论证范围内分布有 1 个在用锚地和 4 个规划锚地，其中在用锚地位于本项目送出海缆西侧约 0.67km，规划锚地距离本项目最近约 1.40km，位于本项目送出海缆西侧。

3.1.7渔业生产资源

根据《台山市养殖水域滩涂规划（2021-2030 年）》，2020 年全市水产养殖面积 27116 公顷，其中海水养殖面积 17976 公顷，海水养殖水面主要三个海湾的沿海；海上养殖主要在上下川岛沿海海域。海水养殖产量 205666 吨，其中滩涂底播养殖产量 75327 吨，面积 6781 公顷，分别占海水养殖总量的 36.6%和 37.8%；筏式吊养产量 62113 吨，面积 3963 公顷，分别占海水养殖总量的 30.2%和 22.0%，筏式吊养和滩涂底播是台山海水养殖主要模式。

台山 2020 年海水养殖的鱼类产量 27551 吨，占海水养殖产量 13.4%；虾类产量 28675 吨，占海水养殖产量 13.9%；蟹类、海胆、海蜇等产量 3312 吨，占海水养殖产量 1.6%；产量贝类产量 146128 吨，占海水养殖产量 71.1%。

台山养殖品种结构组成是以贝类为主，其中蛤产量 74771 吨，占台山海水养殖产量的36.4%,居全省前列;牡蛎产量62113吨,占台山海水养殖产量的30.2%；另外南美白对虾的产量 27483 吨，占总产量 13.4%。

3.1.8矿产资源

根据《江门市矿产资源总体规划（2021-2025 年）》，截止 2020 年底，已探明资源储量的有 48 种，累计发现矿产地（矿点）275 处，其中能源矿产 2 种，矿产地 16 处；金属矿产 17 种，矿产地 47 处；非金属矿产 27 种，矿产地（矿点）171 处；水气矿产 2 种，矿产地 41 处。其中大、中型矿床有 31 处，小型矿床 171 处，矿点 73 处。

3.1.9旅游资源

江门台山市是旅游大市，首批国家全域旅游示范区，省内著名的生态休闲旅游度假胜地，全国县域旅游发展潜力百佳县，连续十届被评为“广东省县（市）域旅游综合竞争力十强县”。台山旅游资源丰富，拥有“山湖泉海林、湾侨石岛楼”十大旅游资源，以及“滨海风光、温泉养生、田园牧歌、华侨文化、海丝史迹、红色经典、台山排球、影视基地”八大文旅品牌。目前，主要的旅游景区（景点）45 个，包括国家 4Ａ级旅游景区 3 个、3Ａ级旅游景区 8 个，川山群岛旅游景区、那琴半岛、五丰村、康桥温泉、梅家大院等景区（景点）远近闻名。

3.2海洋生态概况

3.2.1区域气候气象

3.2.1.1气温

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003 年~2022 年的长期

气候统计资料，台山气象站多年平均温度为 23℃，7 月份平均气温最高为 28.9℃，1 月份平均温度最低为 14.6℃。近 20 年气温呈现上升趋势，2016、2019 年年平均气温最高（23.9℃），2011 年年平均气温最低（22℃）。

3.2.1.2降水

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003 年~2022 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均降雨量为 1903.2mm，最大日降水量为 274.8mm，出现在 2008 年 6 月 6 日。

3.2.1.3相对湿度

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003 年~2022 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均相对湿度为 77.4%。

3.2.1.4风况

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003 年~2022 年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均风速为 2.1m/s，12 月份平均风速最大为 2.7m/s，8 月份平均风速最小为 1.7m/s。根据近 20 年资料分析，2011 年年平均风速最大（2.4 米/秒），2003 年年平均风速最小（1.9 米/秒）。年主要风向为 N、NNE、S，年均频率合计为 41.7%，其中以 N 为主风向，占到全年 16.6%左右。

表 3.2.1-1 台山市近 20 年月平均风速变化统计表（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
风速	2.4	2.2	2.2	2	2	2	1.9	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	2.1

表 3.2.1-2 台山气象站年风向频率统计表（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	16.6	13.5	5.2	3.4	2.7	3.0	3.9	7.1	11.6
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率	6.6	3.7	1.9	2.3	2.4	3.9	6.3	5.8	/

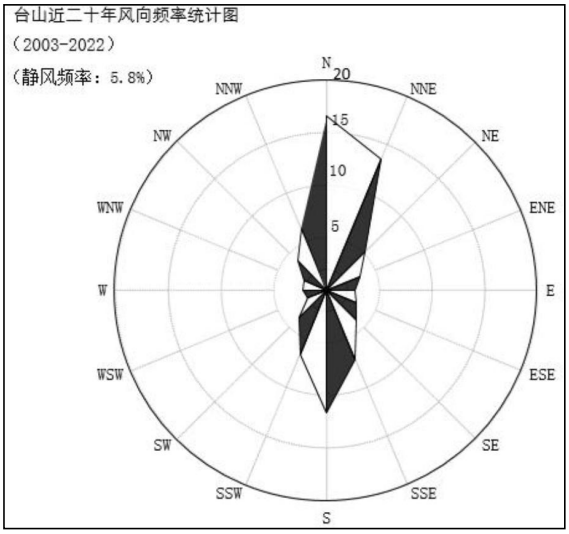


图 3.2.1-1 台山市近 20 年风向玫瑰图

3.2.2水文动力

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（2024 年 7 月），于 2024 年 6 月在项目附近海域进行的水文观测数据。

3.2.2.1调查概况

本次调查共布设6个水文站位(CDL1～CDL6站)和3个临时潮位站(CDC1、CDC2 和 CDC3 站），具体位置见表 3.2.2-1 和图 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 水文观测站坐标和观测内容

站号	经度（E）	纬度（N）	观测要素	观测时间
CDL1			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向	2024 年 06 月 15 日 21 时至 2024 年 06 月 16 日 23 时（小潮） 2024 年 06 月 18 日 21 时至 2024 年 06 月 19 日 23 时（中潮） 2024 年 06 月 20 日 01 时至 2024 年 06 月 21 日 03 时（大潮）
CDL2			海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL3			海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL4			海流、悬沙、粒径、温盐、风速风向	
CDL5			海流、悬沙、粒径、温盐	
CDL6			海流、悬沙、粒径、温盐	
CDC1			潮位	2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23
CDC2			潮位	

站号	经度（E）	纬度（N）	观测要素	观测时间
	[illegible]			时
CDC3	98		潮位	

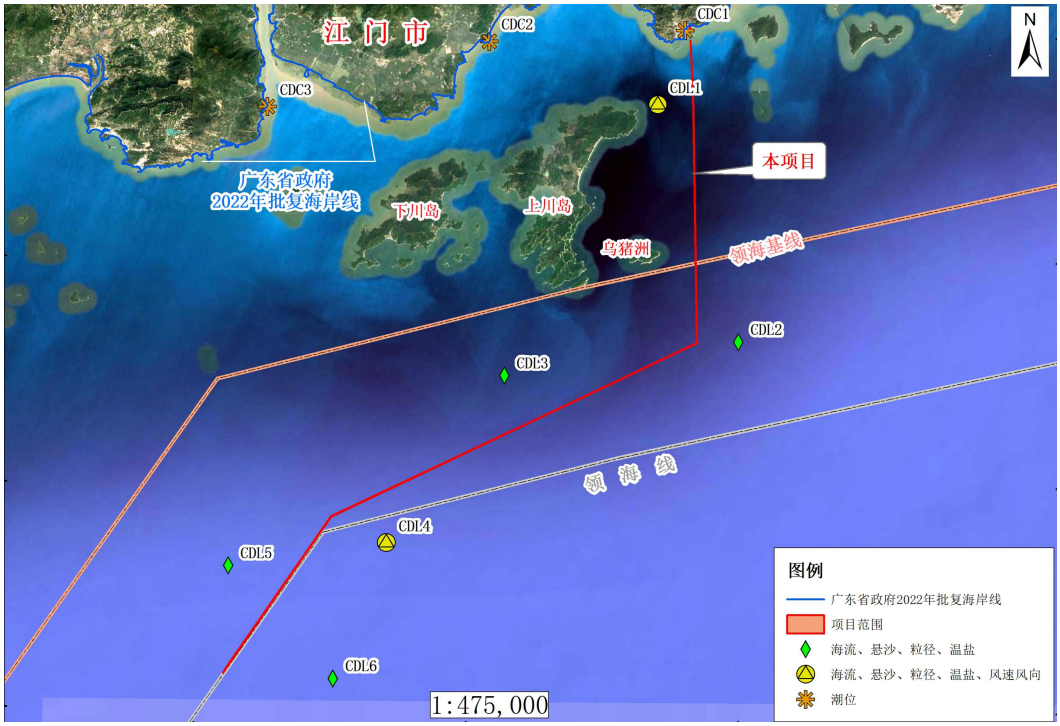


图 3.2.2-1 水文观测站位图

3.2.2.2基面关系

本海区的平均潮差在 1.34m～1.60m 之间，整个海区潮差是从东往西逐渐增大。各站最大潮差在 2.53～3.76m 之间；涨潮历时普遍小于落潮历时。基面关系见图 3.2.2-2。各主要潮位站的潮位特征值见表 3.2.2-2。

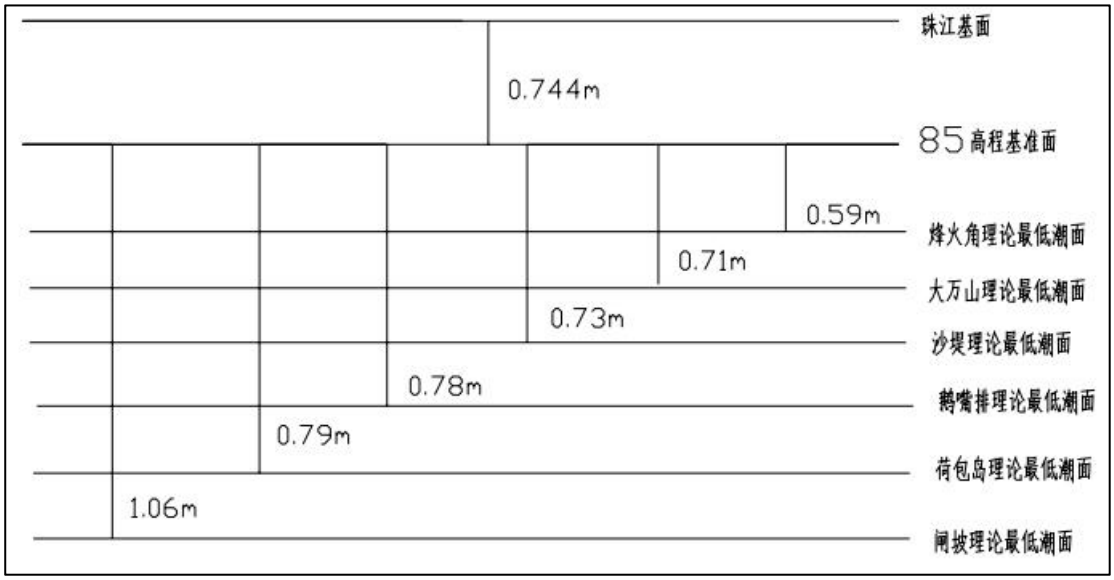


图 3.2.2-2 基面关系图

表 3.2.2-2 各主要潮位站的潮位特征值

站名	荷包岛	鹅嘴排	烽火角	沙堤	闸坡
最高潮位	2.13	2.22	4.01	2.49	2.92
最低潮位	-0.71	-0.72	-1.58	-1.05	-1.46
平均高潮位	1.31	1.41	1.36	1.64	1.40
平均低潮位	-0.04	-0.02	-0.05	-0.01	-0.16
平均潮位	0.63	0.67	0.66	0.82	0.62
最大潮差	2.59	2.53	3.52	3.06	3.76
年平均潮差	1.34	1.45	1.38	1.60	1.54
平均涨潮历时	6：34	6:56	5:02	5：48	5:50
平均落潮历时	6：44	7:17	7:33	6：26	6:35
统计年限	2004.7-2005.6	1988.8-1989.8	1965-2004	2005.8.20～9.20	1984-2004
使用基面	1985 国家高程基准				

3.2.2.3观测期间海况

小潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 4.5m/s~10.8m/s，观测海域的平均风速大小为 7.4m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

中潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 6.3m/s~10.0m/s。观测海

域的平均风速大小为 8.3m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

大潮水文观测期间，风向以南风为主，风速在 7.6m/s~9.7m/s。观测海域的平均风速大小为 8.6m/s。各站点风速以及风向变化不大，观测海区的整体水深较深，海面上并无明显的遮挡物，故各个站位的风速接近一致。各个站位海况均为 2 级。

3.2.2.4潮位

（1）实测潮位统计分析

根据 CDC1、CDC2 和 CDC3 潮位观测站的潮位资料绘制潮位过程曲线，其中观测得到的潮位资料时间为 2024 年 06 月 07 日 00 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时（30 天），如图 3.2.2-3 所示（黑色线段表示 30 天的观测潮位数据，红色线段表示海流观测时间段的潮位数据）。为了验证潮位资料的真实有效性，同时展示观测海域附近的两个潮位观测点：上川岛和高栏岛，其中黑色的线表示上川岛和高栏岛，红色表示 CDC1 站的潮位，蓝色表示 CDC2 站的潮位，绿色表示 CDC3 站的潮位，绘制时间为 2024 年 06 月 07 日 0 时至 2024 年 07 月 06 日 23 时（一个月），其数据来自于国家海洋信息中心，如图 3.2.2-4 所示。

由图表可知，各个站位的潮汐基本一样，在一个太阴日内有两次高潮和两次低潮，但相邻的高潮或低潮的高度不等，涨潮时和落潮时也不等。

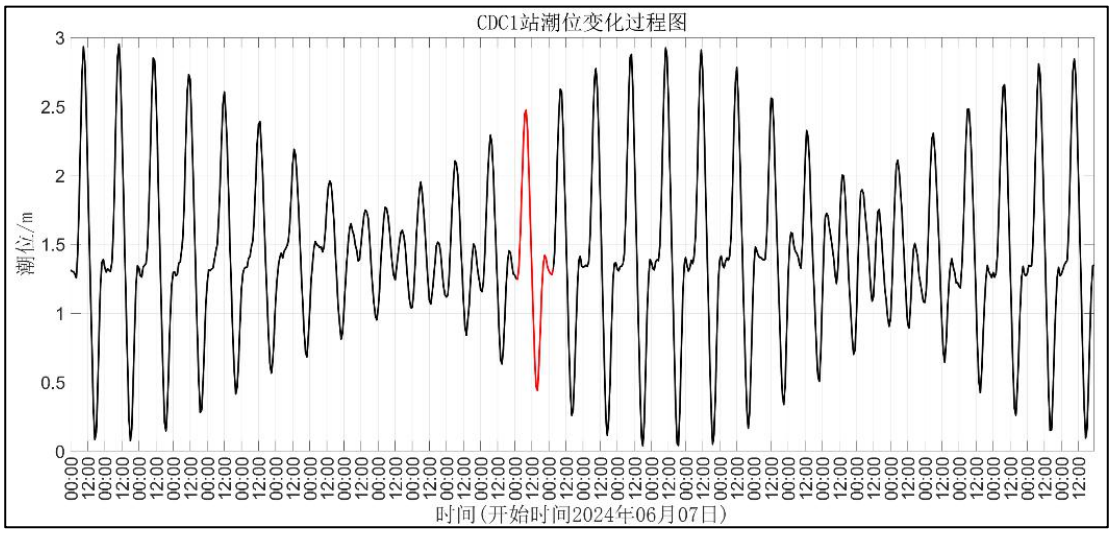


图 3.2.2-3a CDC1 站潮位过程曲线

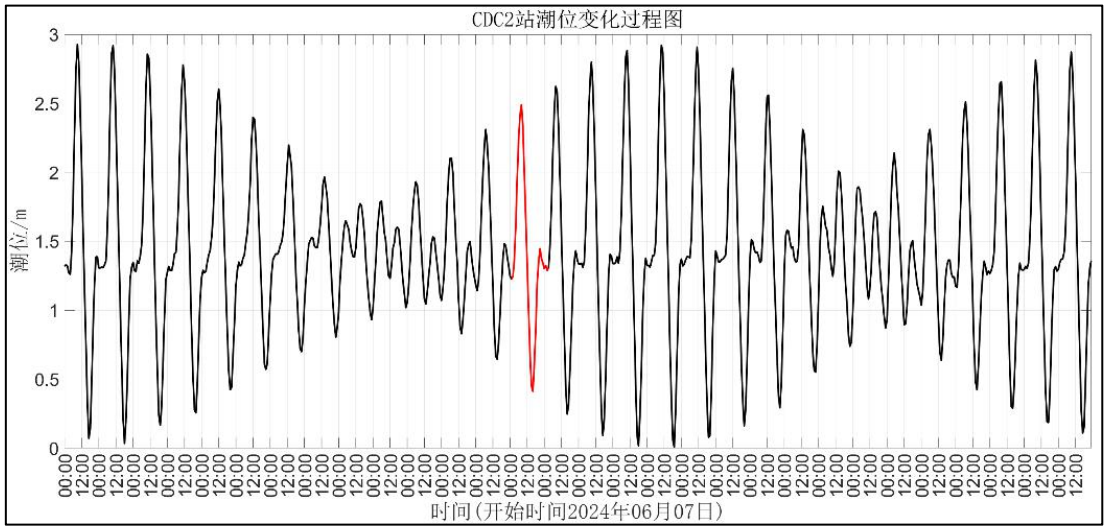


图 3.2.2-3b CDC2 站潮位过程曲线

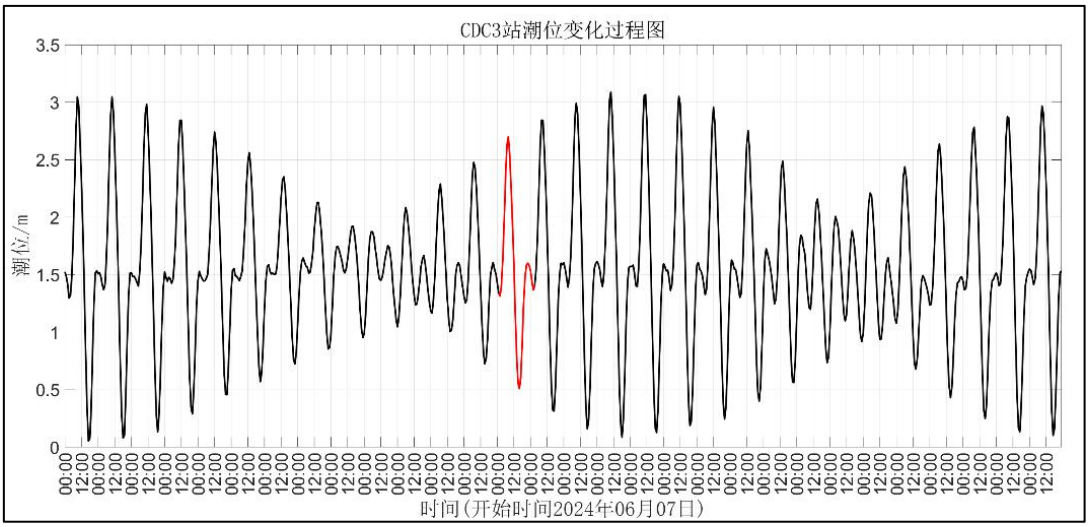


图 3.2.2-3c CDC3 站潮位过程曲线

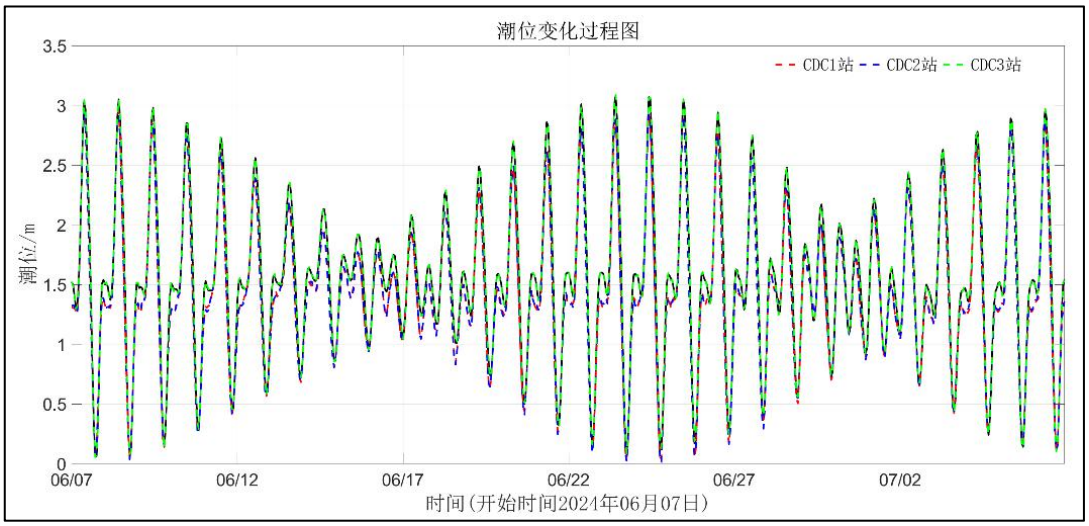


图 3.2.2-4a 上川岛站潮位过程曲线

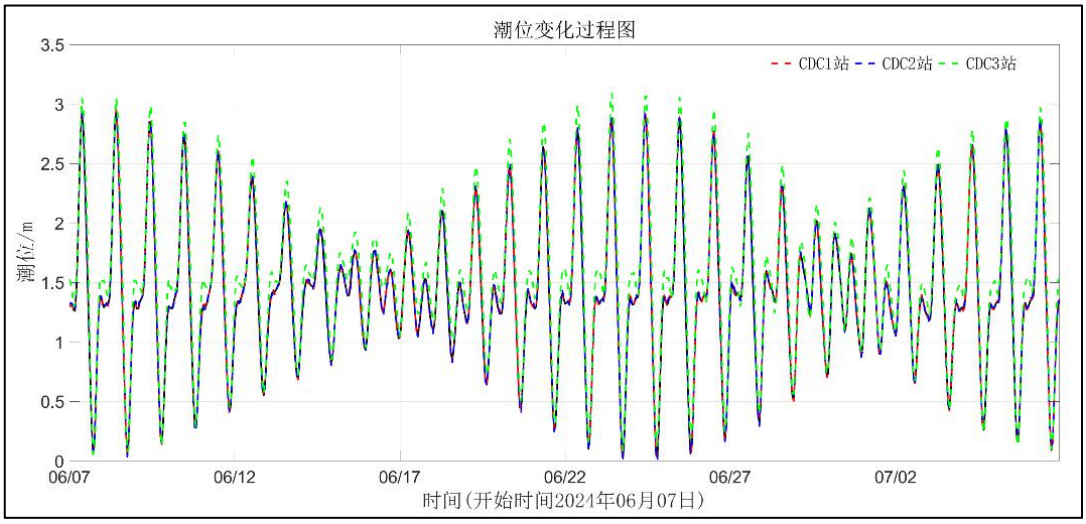


图 3.2.2-4b 高栏岛站潮位过程曲线

（2）潮汐调和分析

根据收集的 CDC1、CDC2 和 CDC3 连续 30 天潮位资料，为了获得较准确的潮汐调和常数，采用引入差比数（采用了上川岛的差比关系）的最小二乘法对潮位进行调和分析，分析之前潮位进行了气压订正。采用最小二乘法原理计算得到各站各分潮的调和常数，表 3.2.2-3 列出了各站六个主要分潮的振幅和迟角。

表 3.2.2-3 调查海区调和常数统计分析（基于 30 天）

分潮	CDC1		CDC2		CDC3	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
O_1	30.55	256	30.51	256	32.15	259
K_1	49.06	305	49.08	305	48.71	308
M_2	50.19	277	50.38	278	56.44	286

分潮	CDC1		CDC2		CDC3	
	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)	振幅(cm)	迟角(°)
S_2	12.11	320	12.07	320	14.10	335
M_4	7.91	105	7.92	105	7.09	103
MS_4	3.49	170	3.52	170	3.32	163

临时潮位站的分潮中 M_2 分潮振幅皆最大，其中 CDC1 的 M_2 分潮振幅为约为50.19cm,迟角为277°;CDC2 的 M_2 分潮振幅约为50.38cm,迟角为278°;CDC3 的 M_2 分潮振幅约为 56.44cm，迟角为 286°。

（3）潮汐性质和潮汐特征值

采用主要日分潮振幅与主要半日分潮振幅的比值 $F=\left(H_{O_1}+H_{k_1}\right)/H_{M_2}$ 作为划分潮汐性质的判据：

$F<0.5$ 正规半日潮

$0.5\le F<2.0$ 不正规半日潮

$2.0\le F<4.0$ 不正规全日潮

$4.0\le F$ 正规全日潮

临时潮位观测站的潮汐性质系数 F 值分别为 1.59、1.58 和 1.43，说明观测期间调查海区的潮汐类型为不正规半日潮。同时，通过上川岛站和高栏岛站的一个月的潮位数据，计算两个潮位观测站的潮汐性质系数，其结果分别为 1.34 和 1.50；而测量海区更靠近上川岛站。因此 CDC1、CDC2 和 CDC3 站为不正规半日潮的结果可信。观测期间调查海区最高潮位为 3.09m，最低潮位为 0.01m，最大涨潮潮差为 1.98m，最大落潮潮差为 3.00m。

表 3.2.2-4 潮位站潮汐特征值统计

特征值	CDC1	CDC2	CDC3
最高潮位（m）	2.95	2.93	3.09
最低潮位（m）	0.04	0.01	0.05
平均潮位（m）	1.43	1.43	1.54
最大涨潮潮差（m）	1.98	1.67	1.75
最大落潮潮差（m）	2.89	2.91	3.00

特征值	CDC1	CDC2	CDC3
平均涨潮历时（h）	13	13	12
平均落潮历时（h）	12	12	12
潮汐性质系数 F	1.59	1.58	1.43
潮汐类型	不正规半日潮	不正规半日潮	不正规半日潮

3.2.2.5实测海流

（1）小潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速从表层随深度加深而减小，且表层主要受到夏季风控制。

观测期间，CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 49.6cm/s（122°）、83.4cm/s（51°）、74.8cm/s（41°）、41.0cm/s（268°）、60.1cm/s（53°）、48.2cm/s（185°），实测最大落潮流速分别为 89.3cm/s（132°）、86.5cm/s（76°）、75.1cm/s（125°）、65.4cm/s（102°）、64.2cm/s（81°）、48.4cm/s（176°），实测涨潮平均流速依次为 30.6cm/s（78°）、49.3cm/s（62°）、38.8cm/s（63°）、25.2cm/s（329°）、31.2cm/s（56°）、35.2cm/s（225°），实测落潮平均流速依次为 44.0cm/s（130°）、53.7cm/s（85°）、56.5cm/s（84°）、36.5cm/s（103°）、39.6cm/s（79°）、31.6cm/s（103°）。

最大涨潮流速为 83.4cm/s（方向为 51°），最大落潮流速为 89.3cm/s（方向为 132°），分别出现在 CDL2 站表层和 CDL1 站表层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 49.3cm/s（方向为 62°）和 56.5cm/s（方向为 84°），出现在 CDL2 站表层和 CDL3 站表层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季

风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。其中，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。

（内容不公开）

图 3.2.2-5a 表层海流平面分布矢量图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-5b 0.2H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-5c 0.4H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-5d 0.6H 层海流平面分布矢量图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-5e 0.8H 海流平面分布矢量图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-5f 底层海流平面分布矢量图（小潮期）

表 3.2.2-5 小潮期涨、落潮流对比统计表

（内容不公开）

（2）中潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速从表层随深度加深而减小，且表层主要受到夏季风控制。

观测期间，CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 66.0cm/s（325°）、41.0cm/s（106°）、50.0cm/s（93°）、50.7cm/s（82°）、37.2cm/s（19°）、56.8cm/s（357°），实测最大落潮流速分别为 68.1cm/s（141°）、62.1cm/s（103°）、74.8cm/s（102°）、67.6cm/s（80°）、47.9cm/s（84°）、68.6cm/s（65°），实测涨潮平均流速依次为 45.5cm/s（311°）、26.0cm/s（89°）、26.5cm/s（63°）、43.5cm/s（50°）、32.4cm/s（41°）、47.8cm/s（34°），实测落潮平均流速依次为 35.6cm/s（98°）、39.5cm/s（106°）、47.5cm/s（103°）、39.8cm/s（82°）、30.8cm/s（65°）、40.5cm/s（58°）。

观测期间最大涨潮流速为 66.0cm/s（方向为 325°），最大落潮流速为 74.8cm/s（方向为 102°），出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 47.8cm/s（方向为 34°）和 47.5cm/s（方向为 103°），出现在 CDL6 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。其中，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。而 CDL1 在上川岛与大陆的海峡处（并且处于上川岛的东北部），南向来的夏季风受到上川岛隆起地形的影响，在海峡处形成一个风的窄道，形成了一个狭管效应，将南风转变成西北方向的强风。在强风和潮汐作用下，CDL1 站有强的北偏西的强流。

（内容不公开）

图 3.2.2-6a 表层海流平面分布矢量图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-6b 0.2H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-6c 0.4H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-6d 0.6H 层海流平面分布矢量图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-6e 0.8H 海流平面分布矢量图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-6f 底层海流平面分布矢量图（中潮期）

表 3.2.2-6 中潮期涨、落潮流对比统计表

（内容不公开）

（3）大潮期

从海流的运动状态来看，观测期内各站点海流表现出了明显的往复流的特征，各观测站各层潮流方向主要受局地的潮汐（半日潮区）的影响，该海区表现出了极强的规律性；在垂向结构上看，流速从表层随深度加深而减小，且表层主要受到夏季风控制。

观测期间，CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5 和 CDL6 站实测最大涨潮流速分别为 70.4cm/s（338°）、43.1cm/s（81°）、31.3cm/s（84°）、51.5cm/s（35°）、34.3cm/s（24°）、38.1cm/s（53°），实测最大落潮流速分别为 68.5cm/s（134°）、47.0cm/s（134°）、56.3cm/s（109°）、56.4cm/s（39°）、39.8cm/s（85°）、44.0cm/s（66°），实测涨潮平均

流速依次为 51.3cm/s（327°）、20.0cm/s（75°）、22.3cm/s（76°）、25.8cm/s（21°）、24.2cm/s（27°）、26.4cm/s（11°），实测落潮平均流速依次为 34.2cm/s（116°）、27.6cm/s（102°）、37.7cm/s（95°）、26.3cm/s（71°）、27.8cm/s（81°）、27.4cm/s（69°）。

观测期间最大涨潮流速为 70.4cm/s（方向为 338°），最大落潮流速为 68.5cm/s（方向为 134°），出现在 CDL1 站表层和 CDL1 站 0.4H 层。最大涨潮和落潮平均流速分别为 51.3cm/s（方向为 327°）和 37.7cm/s（方向为 95°），出现在 CDL1 站表层和 CDL3 站 0.2H 层。由于观测时间处于夏季，并且受风速较大的夏季风控制，各个站位都表现出表层流速最大，随着深度加深依次减小。在南方向的夏季风控制下，整体站位的流向往东北方向转变。其中，CDL4、CDL5 和 CDL6 整体向北偏东；同时，在南方向的夏季风控制下，北向流遇到上川岛的地形阻碍，在上川岛南部形成了一个东向的流动。所以可以看到 CDL2 和 CDL3 站的流主要是向东，这是由于上川岛地形和夏季风共同作用下导致的东向流。而 CDL1 在上川岛与大陆的海峡处（并且处于上川岛的东北部），南向来的夏季风受到上川岛隆起地形的影响，在海峡处形成一个风的窄道，形成了一个狭管效应，将南风转变成西北方向的强风。在强风和潮汐作用下，CDL1 站有强的北偏西的强流。

（内容不公开）

图 3.2.2-7a 表层海流平面分布矢量图（大潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-7b 0.2H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-7c 0.4H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-7d 0.6H 层海流平面分布矢量图（大潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-7e 0.8H 海流平面分布矢量图（大潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-7f 底层海流平面分布矢量图（大潮期）

表 3.2.2-7 大潮期涨、落潮流对比统计表

（内容不公开）

3.2.2.6潮流

（1）潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F=\left(W_{O_1}+W_{K_1}\right)/W_{M_2}$ 作为判别标准：

$F\leq 0.5$ 正规半日潮流

$0.5<F\leq 2.0$ 不正规半日潮流

$2.0<F\leq 4.0$ 不正规全日潮流

$4.0<F$ 正规全日潮流

其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速，W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速，W_{M_2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

根据潮流调和分析结果，各观测点各层次主要表现出不正规半日潮流特征。由此可见，调查海区潮流类型主要表现为不正规半日潮流。

表 3.2.2-8 潮流性质系数表

（内容不公开）

（2）潮流的运动形式及潮流椭圆要素

潮流运动可粗略分为往复流和旋转流，它可由潮流的椭圆旋转率 k 值来描述，

k 值为潮流椭圆的短半轴与长半轴之比，其值介于-1～1 之间。k 的绝对值越小越接近往复流，越大越接近于旋转流。k 值的正、负号表示潮流旋转的方向，正号表示逆时针方向旋转，负号表示顺时针方向旋转。从结果可知：

本次观测所有站位各层次潮流中，其中 M_2 分潮占优，K_1 分潮和 O_1 分潮次之；绝大部分的椭圆旋转率 k 绝对值小于 0.5，主要表现为往复流的特征。最大 M_2 分潮流出现在 CDL1 站 0.6H 层，流速为 105.8cm/s。

（内容不公开）

图 3.2.2-8a 各站各层 O_1 分潮椭圆图

（内容不公开）

图 3.2.2-8b 各站各层 K_1 分潮椭圆图

（内容不公开）

图 3.2.2-8c 各站各层 M_2 分潮椭圆图

（内容不公开）

图 3.2.2-8d 各站各层 S_2 分潮椭圆图

（内容不公开）

图 3.2.2-8e 各站各层 M_4 分潮椭圆图

（内容不公开）

图 3.2.2-8f 各站各层 MS_4 分潮椭圆图

表 3.2.2-9 各站各层潮流椭圆要素

（内容不公开）

（3）理论最大可能潮流和水质点可能最大运移距离

根据《港口与航道水文规范》（JTS 145-2015）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。

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下式计算：

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

②对规则全日潮流海区可按下式计算

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

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：°）

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（1）和式（2）中的较大值。

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：

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

②规则全日潮流海区按下式计算：

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

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：°）

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（3）和式（4）中的较大值。

项目海域潮流可能最大流速为 79.4cm/s（方向为 298° ），出现在 CDL1 站表层，各站层可能最大流速介于 12.6cm/s-79.4cm/s 之间，各站潮流的可能最大流速方向以北为主；水质点可能最大运移距离为 25705.61m，出现在 CDL1 站表层,各站层水质点可能最大运移距离介于 2878.78m~ 25705.61m 之间。

表 3.2.2-10 各站层潮流可能最大流速

（内容不公开）

3.2.2.7余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之后，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。

由图表可知，调查海区观测期间余流流速主要介于 0.8cm/s～34.0cm/s。最大余流为潮流 CDL2 站（表层，34.0cm/s，86°），最小余流为潮流 CDL1 站（底层，0.8cm/s，48°）。受南海夏季风的影响，余流中的风海流占比大；

在强季风控制下，观测海区出现了较大的风海流。各站表层的余流流速最大，CDL1 表层余流的方向为西北方向，中低层余流的方向为东方向，其余站位整体余流的方向为东北方向。

表 3.2.2-11 观测期各站各层余流对比表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.2-9 观测期各站余流图

3.2.2.8水温和盐度

（1）小潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 29.61℃，出现在 CDL5 站表层；测得水温的最小值为 22.39℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.51，出现在 CDL6 的底层；测得盐度的最小值为 19.74，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，

由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

（2）中潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.40℃，出现在 CDL4 站表层；测得水温的最小值为 22.36℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.38，出现在 CDL5 的 0.8H 层；测得盐度的最小值为 11.39，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

（3）大潮期

温度结果：调查期间调查海区测得的水温最大值为 30.78℃，出现在 CDL6 站表层；测得水温的最小值为 22.30℃，出现在 CDL6 站底层；由于观测时间

在夏季，夏季的海区一般的特点为越靠近外海温度越低，越靠近陆地温度越高，从各个站位的温度变化可以看到这一特点。由于夏季的太阳辐射充盈，所以观测海区整体的海表面温度都接近为 30℃左右。而越靠近外海，底层的温度越低，表层和底层的温差越大。温度从表层到底层依次降低。此次观测的温度主要受昼夜和季节的影响。

盐度结果：调查期间调查海区测得的盐度最大值为 34.45，出现在 CDL2 的底层；测得盐度的最小值为 7.36，出现在 CDL1 站表层。统计结果表明，靠近陆地（海岛）的站位整体的盐度偏低，这是由于有陆源物质的输入导致近岸海水盐度偏低；而靠近外海的海表面盐度偏低，随着深度变深，其盐度越高，明显可以看到靠近外海的站位的盐度出现分层，即次表层出现盐度梯度陡变。这是由于夏季太阳辐射强度高，在海表面形成稳定的高热海水，与海底的海水形成稳定的温度跃层（冷水重，热水轻，上热下冷，层结稳定，垂向输运减弱），因此，由于垂向输运减弱，加上夏季降雨，逐渐形成这种稳定的盐度特点，即盐跃层。各站的盐度混合均匀，且受潮汐作用的影响。

3.2.2.9悬浮泥沙

（1）悬浮泥沙浓度

①小潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m^3~0.023kg/m^3，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（0.023kg/m^3），CDL2 站表层、0.2H 层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和 0.8H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小（0.001kg/m^3）。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 3.2.2-12 各站悬沙浓度情况表（小潮期）

（内容不公开）

②中潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.027kg/m³，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（0.027kg/m³），CDL2 站 0.2H 层，CDL3 站表层和 0.2H 层，CDL4 站整层，CDL5 站整层，CDL6 站整层的悬沙浓度最小（0.001kg/m³）。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 3.2.2-13 各站悬沙浓度情况表（中潮期）

（内容不公开）

③大潮期

观测期间调查海区悬沙浓度范围为 0.001kg/m³~0.025kg/m³，CDL1 站 0.8H 层的悬沙浓度最大（0.025kg/m³），CDL2 站表层和 0.4H 层，CDL3 站 0.2H 层、0.4H 层和底层，CDL4 站除 0.8H 层外的所有层，CDL5 站表层和 0.2H 层，CDL6 站除 0.8H 层和底层外的所有层的悬沙浓度最小（0.001kg/m³）。在垂向上，各站表层和底层悬沙浓度较为接近。空间上，近岸站点的平均悬沙浓度高于外海站点的平均悬沙浓度。

表 3.2.2-14 各站悬沙浓度情况表（大潮期）（单位：kg/m³）

（内容不公开）

（2）输沙量

小潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.96t/m，方向 64°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 3.29t/m，方向 75°，出现在 CDL2 站；最大单宽净输沙量为 5.22t/m，方向 71°，出现在 CDL2 站。

中潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 1.92t/m，方向 52°，出现在 CDL4 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.17t/m，方向 87°，出现在 CDL4 站；最大单宽净输沙量为 5.85t/m，方向 76°，出现在 CDL4 站。

大潮期间的涨潮期最大单宽输沙量为 2.28t/m，方向 55°，出现在 CDL2 站；落潮期最大单宽输沙量为 4.33t/m，方向 95°，出现在 CDL3 站；最大单宽净输沙量为 5.93t/m，方向 88°，出现在 CDL3 站。

表 3.2.2-15 各站单宽输沙量统计表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.2-10a 净输沙示意图（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-10b 净输沙示意图（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-10c 净输沙示意图（大潮期）

（3）悬沙粒度分析

①悬沙类型、粒级组成及含量

按《海洋调查规范（GB/T12763.8-2007）》粒级间隔为 1 ，粒级组成为 1 ~11 。

调查水域各站悬沙从组成成分类别来看，粉砂是悬沙主体，其次是粘土，最后是砂。

各站大潮期间砂含量为 0.00%～4.57%，平均值为 0.26%，粉砂含量在 33.29%～85.13%之间，平均值为 65.38%，粘土含量在 14.21%～66.71%之间，平均值为 34.36%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（128/162），粉砂

（26/162），粉砂质粘土（8/162），共 3 种样品。

各站中潮期间砂含量为 0.00%～82.11%，平均值为 0.91%，粉砂含量在 13.93%～85.15%之间，平均值为 66.01%，粘土含量在 3.96%～62.03%之间，平均值为 33.08%；悬沙样品类型为粉砂（27/162），粘土质粉砂（125/162），粉砂质粘土（9/162），砂（1/162），共 4 种样品。

各站大潮期间砂含量为 0.00%～6.33%，平均值为 0.65%，粉砂含量在 24.97%～85.19%之间，平均值为 72.43%，粘土含量在 11.48%～75.03%之间，平均值为 26.93%；悬沙样品类型为粘土质粉砂（108/162），粉砂（51/162），粉砂质粘土（2/162），粘土（1/162），共 4 种样品。

表 3.2.2-16 悬沙粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量（N=486）

（内容不公开）

表 3.2.2-17 悬沙粒级组成和各粒级含量（N=486）

（内容不公开）

（内容不公开）

图 3.2.2-11a 悬沙所有样品谢帕德三角图分布（N=162）（小潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-11b 悬沙所有样品谢帕德三角图分布（N=162）（中潮期）

（内容不公开）

图 3.2.2-11c 悬沙所有样品谢帕德三角图分布（N=162）（大潮期）

②中值粒径（M_d， m）

中值粒径（M_d， m）是在绘制颗粒粒径分布概率累积曲线图中读取含量 50%的对应粒径值。

小潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在 5.84 m～8.51 m 之间，平均

值为7.55　m。CDL4测站2024年6月16日12:00悬沙粒径最粗(8.90　m),CDL2测站2024年6月16日23:00悬沙粒径最细（5.84　m）。

中潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在1.49　m～8.53　m之间,平均值为7.46　m。CDL2测站2024年6月18日21:00悬沙粒径最粗(8.53　m),CDL4测站2024年6月18日05:00悬沙粒径最细（1.49　m）。

大潮期航次测区悬沙中值粒径变化范围在5.66　m～8.75　m之间,平均值为6.88　m。CDL5测站2024年6月21日17:00悬沙粒径最粗(8.75　m),CDL2测站2024年6月21日07:00悬沙粒径最细（5.66　m）。

由于测区地形、来沙、水流、波浪等因素的复合作用，泥沙颗粒起、落情况复杂，本次调查中的悬沙粒径变化与潮流急、憩的相关性不明显。小潮期各个站位中值粒径的平均值分别为7.56μm、7.41μm、7.59μm、7.56μm、7.61μm、7.60μm。中潮期各个站位中值粒径的平均值分别为7.46μm、7.32μm、7.41μm、7.34μm、7.59μm、7.63μm。大潮期各个站位中值粒径的平均值分别为6.79μm、6.70μm、6.84μm、6.84μm、7.03μm、6.91μm。

③平均粒径（M_z，　）

采用福克—沃德公式计算出悬沙平均粒径。

小潮测量期间测区平均粒径在5.68　～8.11　之间，平均值为6.94　。平均粒径的空间分布为:CDL4站的2024年6月16日12:00最大,为8.11　;CDL2站的2024年6月15日23:00最小，为5.68　。

中潮测量期间测区平均粒径在1.38　～8.59　之间，平均值为6.87　。平均粒径的空间分布为:CDL5站的2024年6月19日00:00最大,为8.59　;CDL4站的2024年6月19日05:00最小，为1.38　。

大潮测量期间测区平均粒径在 5.46 ~8.47 之间，平均值为 6.19 。平均粒径的空间分布为：CDL5 站的 2024 年 6 月 20 日 17:00 最大，为 8.47 ；CDL2 站的 2024 年 6 月 20 日 07:00 最小，为 5.46 。

④分选系数（ i， ）

测区小潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.003 ~0.016 ，平均值为 0.009 。测区中潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.003 ~0.358 ，平均值为 0.012 。测区大潮期间悬沙分选系数变化范围为 0.002 ~0.019 ，平均值为 0.014 。

⑤偏态（S_{ki}）

测区小潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.17～0.78，平均值为 0.59。测区中潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.17～0.76，平均值为 0.58。测区大潮期间悬沙偏态系数变化范围为 0.19～0.69，平均值为 0.57。

⑥峰态（Kg）

测区小潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.73～3.42，平均值为 1.48。测区中潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.75～3.06，平均值为 1.44。测区大潮悬沙峰态系数的变化范围为 0.64～1.39，平均值为 0.78。

3.2.2.10波浪

根据《江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目可行性研究报告》（2024 年 9 月）。

本工程现阶段波浪周年观测工作尚未完成，暂参考工程海域周边工程观测成果。全年有效波高（$H_{1/3}$）均值为 1.13m，最大值为 3.63m。最大波高（H_{max}）均值为 1.89m，最大值为 6.39m。$T_{1/3}$ 均值为 5.71s，最大值为 9.33s。

全年常浪向为 E 向，年出现频率为 38.56%，全年次常浪向为 ESE，出现频率为 19.03%。全年强浪向为 NE 向，次强浪向为 ENE。

全年有效波高为≤0.5m 时，对应的 $T_{1/3}$ 主要分布在 4-6s 的区间，合计频率为 8.88%；有效波高为 0.5~1.0m 时，对应的 $T_{1/3}$ 以 4-6s 居多，合计频率为 31.83%；有效波高为 1.0m~1.5m 时，$T_{1/3}$ 以 4-7s 居多，合计频率为 23.40%;有效波高为 1.5m~2.0m 时,$T_{1/3}$ 以 5-8s 居多,合计频率为 15.25%；有效波高≥2.0m 时，$T_{1/3}$ 在 6s 以上居多。

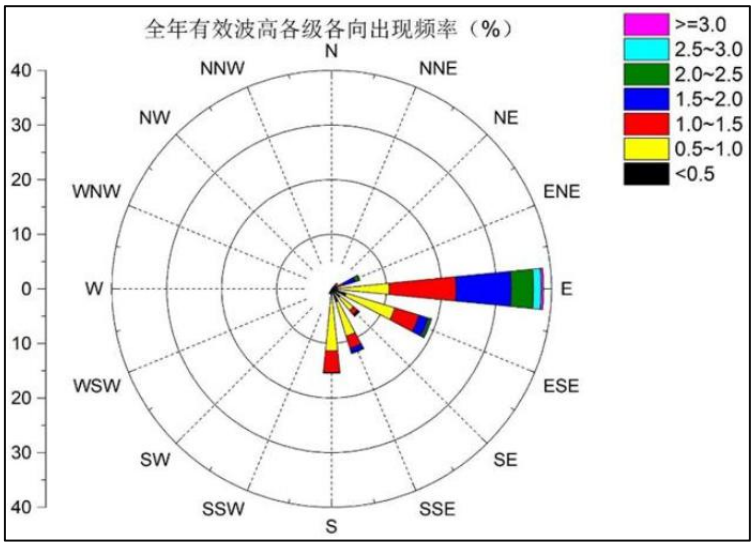


图 3.2.2-12 全年波浪玫瑰图

3.2.3海域地形地貌与冲淤现状

3.2.3.1地形地貌

路由区水深多在 50m 以内，位于广东沿岸陆架水下岸坡以外至水深 50m 左右传统上的内陆架平原上，海底地形平坦，平均坡降为 0.53‰，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元。总体地形特点为水深缓慢由北向南逐渐增大，等深线规则近平行排列，无明显地形凸起或下凹，为典型的南海北部陆架区地形。

总的来说，路由所处海域水深条件较好，海底地形较平坦，但近岸区局部可能存在礁石，地形局部有起伏。

（内容不公开）

图 3.2.3-1a 项目水深地形图（登陆点至海上补偿站）

（内容不公开）

图 3.2.3-1a 项目水深地形图（海上补偿站至海上升压站）

3.2.3.2冲淤现状和冲淤变化特征

本节引自《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程路由选择依据说明材料》（2024 年 6 月）。

登陆点位于海湾海域，本海湾受波浪和潮流动力作用，但以波浪动力作用为主，岸滩坡度较陡，泥沙运动活跃。

10m 等深线附近海床整体呈现稳定状态，在拐点 3 附近出现等深线向岸移动的现象，分析原因可能是江门港航道疏浚引起的等深线前移。20m 等深线海床整体表现与 10m 等深线附近大致相同，海床整体呈现稳定状态。30m 等深线除乌猪洲部分存在淤积外海床整体呈现略微侵蚀的状态。

场址水深较大，而且在海岸周围只有短小河流入海，工程区附近泥沙来源有

限，年输沙量较少。周边海床近年来变化较小，水文观测期间的潮流流速较小，深水大浪出现频率不高，波浪和潮流作用下的泥沙运动动力条件较弱。该水域含沙量较低、悬沙细以及沉速较小，工程建设对附近海域床面的冲淤影响较小，工程建设实施后，工程海域的海床基本是稳定的。

综上，由近年的等深线变化分析知，路由区 20m（含 20m）以浅的区域海床泥沙不活跃，床底相对较稳定，20m 以深的区域存在相对较为明显的冲刷侵蚀现象，路由研究海域整体处于基本稳定的状态。

3.2.4工程地质

本节引自《国能江门川岛二海上风电项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2024 年 5 月）。

根据区域地质资料及钻探揭示，场区内自上而下地层为第四系全新统海相沉积的淤泥质土和粉砂混淤泥（①层）、第四系全新统海陆过渡相的黏性土、砂土及粉土（②层）、第四系晚更新统海陆交互相的黏土及砂土（③层），各层根据工程性质的差异分为若干个亚层，岩土体分层情况见表 3.2.4-1。

表 3.2.4-1 岩土体工程地质分层表

序号	岩土名称		地层编号	状态/风化程度	地层时代	成因
1	软土	淤泥质土	①$_2$	流塑	全新世 Q_4^m	海相沉积
2	砂土	粉砂混淤泥	①$_3$	松散		
3	黏性土	黏土	②	软塑	全新世 Q_4^{m+al}	海陆过渡相沉积
4		粉质黏土	②$_{0-1}$	软塑		
5		黏土	②$_1$	可塑		
6		粉质黏土	②$_{1-1}$	可塑		
7	砂土	粉砂	②$_3$	中密		
8		粉砂混黏性土	②$_{3-1}$	中密，部分密实		
9		中砂	②$_5$	密实		
10		粗砂	②$_6$	密实		
11	粉土	粉土	②$_8$	中密～密实		
12	黏性土	黏土	③$_1$	可塑	晚更新	海陆交

序号	岩土名称		地层编号	状态/风化程度	地层时代	成因
13		粉质黏土	③$_{1-1}$	可塑	世 $_3^{m+al}$	互相沉积
14		黏土	③$_2$	硬塑		
15		粉质黏土	③$_{2-1}$	硬塑		
16	砂土	粉砂	③$_3$	密实		
17		粉砂混黏性土	③$_{3-1}$	密实		
18		中砂	③$_5$	密实		
19		中砂混黏性土	③$_{5-1}$	密实		
20		粗砂	③$_6$	密实		
21		砾砂	③$_7$	密实		

第一大层：全新统海相沉积层（Q_4^m）

淤泥质土（①$_2$）：灰黑、深灰色，饱和，流塑，略具砂感，局部夹粉土或粉砂薄层，混少量贝壳碎屑，含有机质，略具腥臭味，海相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 1.80m～6.00m，层底面高程为-58.40m～-46.80m，层顶面高程为-52.90m～-43.40m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 1~4 击。

粉砂混淤泥（①$_3$）：灰色、灰褐色，饱和，松散，主要矿物为石英、长石，级配一般，含较多淤泥，局部呈夹层产出，海相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 3.20m～6.00m，层底面高程为-49.50m～-47.05m，层顶面高程为-43.85m～43.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 6～9 击。

第二大层：全新统海陆过渡相沉积层（Q_4^{m+al}）

黏土（②）：灰色，很湿，软塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，局部表现为粉质黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 3.30m～4.70m，层底面高程为-55.85m～-51.75m，层顶面高程为-52.55m～-47.05m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 3~5 击。

粉质黏土（②$_{0-1}$）：灰色，湿，软塑，局部可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉

砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，局部表现为黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 2.80m～5.50m，层底面高程为-62.25m～-49.60m，层顶面高程为-58.40m～-46.80m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 4~6 击。

黏土（②$_1$）：灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，局部表现为粉质黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 2.90m～5.40m，层底面高程为-87.40m～-61.90m，层顶面高程为-84.50m～-58.90m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 6～17 击。

粉质黏土（②$_{1-1}$）：灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，局部表现为黏土，海陆过渡相沉积。该层在场地广泛分布，厚度为 2.50m～8.20m，层底面高程为-92.50m～-57.35m，层顶面高程为-88.50m～-51.75m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 6～18 击。

粉砂（②$_3$）：灰色，饱和，中密，主要矿物为石英、长石，级配差，局部混细粒质土，海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 2.00m～4.00m，层底面高程为-55.50m～-53.50m，层顶面高程为-53.50m～-49.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 16～19 击。

粉砂混黏性土（②$_{3-1}$）：灰色，饱和，中密，局部密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混多量细粒质土，多夹薄层黏性土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地地段分布，厚度为 0.50m～5.80m，层底面高程为-82.35m～-58.90m，层顶面高程为-78.50m～-55.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 16～35 击。

中砂（②$_5$）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英和长石，级配一

般，混细粒质土，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 1.10m～5.40m，层底面高程为-75.25m～-74.70m，层顶面高程为-74.15m～-69.30m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 31～42 击。

粗砂（②$_6$）：灰色，局部灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好，混细粒质土，混少量圆砾，海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 1.20m～7.10m，层底面高程为-93.25m～-71.65m，层顶面高程为-86.15m～-70.45m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 46~75 击。

粉土（②$_8$）：灰色，饱和，中密~密实，局部夹粉质黏土薄层，显细微水平层理，摇振中等，无光泽，土质韧性差，干强度低，海陆过渡相沉积。该层在场地局部地段分布，钻孔揭露该层厚度为 3.00m，层底面高程为-83.50m，层顶面高程为-80.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 15 击。

第三大层：全新统海陆交互相沉积层（Q_3^{m+al}）

黏土（层号③$_1$）：灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，局部表现为粉质黏土，海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 2.00m～8.80m，层底面高程为-159.10m～-101.30m，层顶面高程为-154.70m～-92.50m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 16~40 击。

粉质黏土（层号③$_{1-1}$）：灰色，湿，可塑，灰色，湿，可塑，含粉砂颗粒，局部夹粉砂或中砂薄层，土质黏性一般，韧性中等，局部表现为黏土，海陆交互相沉积。该层在场地广泛分布，厚度为 0.90m～7.10m，层底面高程为-154.70m～-94.95m，层顶面高程为-150.80m～-91.10m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 16～40 击。

黏土（层号③$_2$）：灰色，稍湿，硬塑，含粉砂颗粒，土质黏性较好，韧性中等，切面较光滑，海陆交互相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 1.50m，层底面高程为-140.50m，层顶面高程为-139.00m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 40 击。

粉质黏土（层号③$_{2-1}$）：灰色，稍湿，硬塑，含粉砂颗粒，土质黏性一般，韧性中等，海陆交互相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 2.40m，层底面高程为-163.00m，层顶面高程为-160.60m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 41 击。

粉砂（③$_3$）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配差，混细粒质土，海陆交互相沉积。该层在场地局部地段分布，厚度为 1.90m，层底面高程为-130.15m，层顶面高程为-128.25m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 60 击。

粉砂混黏性土（③$_{3-1}$）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较差，混多量细粒质土，多夹薄层黏性土，海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 1.10m～4.40m，层底面高程为-167.15m～-91.10m，层顶面高程为-163.00m～-87.40m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 53～100 击。

中砂（③$_5$）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，混少量粗砂颗粒，局部混细粒质土，海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布，厚度为 0.50m～8.45m，层底面高程为-150.80m～-95.45m，层顶面高程为-148.30m～-94.95m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 58～115 击。

中砂混黏性土（③$_{5-1}$）：灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配一般，混多量细粒质土，局部夹薄层黏性土，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 1.40m～5.60m，层底面高程为-136.75m～-104.40m，层顶面高程为-133.95m～-100.60m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 71～88 击。

粗砂（③$_{6}$）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配较好,局部混圆砾,海陆交互相沉积。该层在场地大部分地段分布,厚度为 0.70m～5.10m，层底面高程为-143.74m～-97.45m，层顶面高程为-140.50m～-95.35m。剔除异常数据后实测标准贯入击数为 75～125 击。

砾砂（③$_{7}$）：灰、灰黄色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配好，混圆砾，呈亚圆状，粒径 2~4mm，海陆交互相沉积。该层在场地部分地段分布，厚度为 1.30m～3.70m，层底面高程为-131.05m～-122.00m，层顶面高程为-129.15m～-120.60m。剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 79~125 击。

（内容不公开）

图 3.2.4-1 钻孔平面布置图

（内容不公开）

图 3.2.4-2 工程地质剖面图（5—5′）

（内容不公开）

图 3.2.4-3a 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3b 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3c 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3d 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3e 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3f 钻孔柱状图（CDKK06）

（内容不公开）

图 3.2.4-3g 钻孔柱状图（CDKK06）

3.2.5海洋自然灾害

3.2.5.1热带气旋

热带气旋，是指发生、发展于西太平洋和南海上的热带气旋性天气系统。常带来狂风和暴雨，使农作物受损、交通通讯设施被破坏，甚至造成人民生命财产的严重损失。路由区几乎每年都可受到其影响，为影响海区的主要灾害性天气。

影响路由区附近的热带气旋来自太平洋和南海，按照《热带气旋等级》国家标准（GB/T 19201–2006）划分为：

热带低压：风力 6～7 级（风速 10.8～17.1m/s）；

热带风暴：风力 8～9 级（风速 17.2～24.4m/s）；

强热带风暴：风力 10～11 级（风速 24.5～32.6m/s）；

台风：风力 12 级～13 级（风速 32.7m/s～41.4 m/s）；

强台风：风力 14～15 级（风速 41.5 m/s～50.9 m/s）；

超强台风：风力≥16 级（风速≥51.0 m/s）。

南海在夏秋两季常受热带气旋影响。南海热带气旋 70%来自菲律宾以东的西太平洋面和加罗林群岛附近洋面，三成源自南海的西沙群岛和中沙群岛附近海面。进入南海的热带气旋对南海的影响非常巨大。根据中国台风网“CMA－STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至 2022 年影响南海的热带气旋。72 年间，影响该海域的热带低压 245 个，热带风暴 174 个，强热带风暴 216 个，台风 198 个，强台风 115 个，超强台风 71 个。南海区域的热带气旋多集中在 16°N~20°N 偏东的南海洋面上，路由北部绝大部分线路都处于热带气旋的高发区域。经统计，热带气旋多发生在 6 月～11 月，该时间内的发生次数占总数的 88%以上，9 月份发生次数最多，为 190 次，8 月份次之，为 181 次，12 月至次年 5 月台风较少，2 月发生过 5 次，1 月发生过 9 次。

3.2.5.2风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达

的沿海地区。台风引起的增水见表 3.2.5-1。

表 3.2.5-1 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
温比亚	湛江市麻章区湖光镇沿海	2013 年 7 月 2 日	珠江口以西沿岸（38~182cm）
尤特	阳西县附近沿海	2013 年 8 月 14 日	台山站（120cm）
电母	湛江雷州市东里镇沿海地区	2016 年 8 月 18 日	珠江口到粤西沿岸（30~60cm）
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017 年 8 月 23 日	台山站（102cm）
帕卡	江门市台山东南部沿海	2017 年 8 月 27 日	台山站（52cm）
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017 年 10 月 16 日	台山站（105cm）
山竹	广东省台山海宴镇	2018 年 9 月 16 日	台山站（175cm）
韦帕	广东省湛江市	2019 年 8 月 1 日	台山站（78cm）
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020 年 8 月 19 日	台山站（50cm）
查帕卡	广东省阳江市江城区沿海	2021 年 7 月 20 日	台山站（51cm）
圆规	海南省琼海市沿海	2021 年 10 月 13 日	台山站（152cm）
暹芭	茂名市电白区沿海	2022 年 7 月 2 日	台山站（104cm）
马鞍	茂名市电白区沿海	2022 年 8 月 25 日	台山站（114cm）

3.2.6海洋水质现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2024 年 5 月），于 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋环境质量现状调查数据。

3.2.6.1调查概况

2023 年 11 月 20 日～11 月 22 日在项目海域开展海洋环境现状调查。本次调查共设水质调查站位 22 个，沉积物调查站位 12 个，海洋生物生态 14 个，潮间带生物断面 3 个，具体调查站位详见表 3.2.6-1 和图 3.2.6-1。

表 3.2.6-1 海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY01			水质
LY02			水质、沉积物、海洋生态
LY03			水质、海洋生态
LY04			水质
LY05			水质
LY06			水质、沉积物、海洋生态

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY07			水质、沉积物、海洋生态
LY08			水质
LY09			水质、沉积物、海洋生态
LY10			水质
LY11			水质、沉积物、海洋生态
LY12			水质
LY13			水质、沉积物、海洋生态
LY14			水质
LY15			水质、沉积物、海洋生态
LY16			水质、沉积物、海洋生态
LY17			水质、沉积物、海洋生态
LY18			水质
LY19			水质、沉积物、海洋生态
LY20			水质、海洋生态
CD18			水质、沉积物、海洋生态
CD20			水质、沉积物、海洋生态
J02			
J03			
J01			潮间带生物

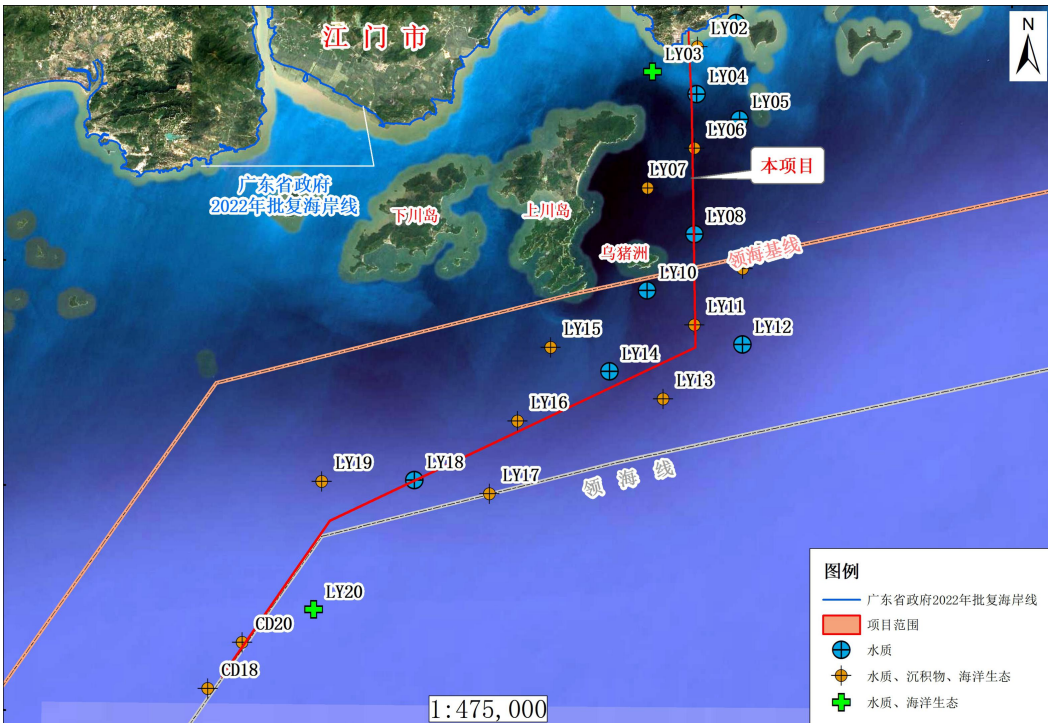


图 3.2.6-1 调查站位布置图

3.2.6.2调查项目

调查项目包括 pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、

亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、总铬、铅、镉、锌、铜、汞、砷、生化需氧量、活性硅酸盐、硒、镍。

3.2.6.3采样与分析方法

（1）采样方法

①按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）中的要求执行。

②使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深，进行透明度、水色等现场观测，当站位水深浅于 10m 时（以现场水深为准，下同），仅采表层水样一个；当站位水深在 10m～25m 时，分别采集表层和底层水样各一个；其中表层为距表面 0.1m～1m，底层为离底 2m。

③采用向风逆流采样，严格控制来自船体自身的污染，采样时严禁船舶排污，采样位置远离船舶排污口，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。

④对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》（GB17378-2007）加固定剂后带回实验室分析。

⑤水文气象观测执行《海洋调查规范第 3 部分：海洋气象观测》（GB/T12763.3-2020）、《海洋调查规范第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T12763.2-2007））和《海洋观测规范第 2 部分：海滨观测》（GB/T14914.2-2019）。

⑥溶解氧样品的采集：将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样，洗水样瓶两次。将玻璃管插到水样瓶底部慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 50%时，将玻璃管慢慢抽出盖上瓶盖，再取

下瓶盖，立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.00mL 氯化锰溶液和 1.00mL 碱性碘化钾溶液。塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下顺倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。待样品瓶内沉积物降至瓶体 60%以下时方可进行分析。如样品瓶浸泡在水中，允许存放 24h，避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

⑦pH 样品的采集：样品瓶洗净后，用海水浸泡 1d。采样时需用采样点的海水洗涤两次，再装入水样瓶固定，盖好瓶盖混合均匀，待测，允许保存 48h。

⑧重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45μm 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO_3 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

⑨油类样品的采集：测定水中油含量应用单层采水器固定样品瓶在水体中直接灌装，采样后立即提出水面，在现场用石油醚（或正己烷）萃取或者在现场采集油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸溶液固定，带回实验室萃取；测定油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

（2）分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.6-2。

表 3.2.6-2 海水调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0010mg/L
亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L
石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378. 4-2007/13.2	紫外分光光度法	0.0035mg/L
汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
砷	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.0031mg/L
总铬	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
生化需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
活性硅酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
硒	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
镍	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L

3.2.6.4评价方法及评价标准

（1）评价方法

采用单因子污染指数法（标准指数法）进行评价。

其中：单项水质评价因子 i 在第 j 点的标准指数：

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

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

$C_{i,j}$——评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

$C_{i,o}$——评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

对于溶解氧，DO 的标准指数为：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \qquad DO_j \le DO_f$$

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

$S_{Do,j}$—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制，mg/L；

DO_f—饱和溶解氧浓度，mg/L，DO_f=（491-2.65S）/（33.5+T）；

S—实用盐度符号，量纲一；

T——水温，℃。

pH 的标准指数为：

$$S_{pH}=\frac{7.0-pH}{7.0-pH_{sd}}, pH \le 7.0; \quad S_{pH}=\frac{pH-7.0}{pH_{su}-7.0}, pH > 7.0$$

$S_{pH,j}$—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j—pH 值实测统计代表值；

pH_{su}—pH 评价标准的上限值；

pH_{sd}—pH 评价标准的下限值；

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。

（2）评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行标准见表 3.2.6-3 和图 3.2.6-2。

表 3.2.6-3 各站位执行的标准要求一览表

<table>
<tr><th>功能区名称</th><th>调查站位</th><th>标准要求</th></tr>
<tr><td>领海线外</td><td>LY20</td><td rowspan="4">执行海水水质第一类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准</td></tr>
<tr><td>湛江-珠海近海农渔业区</td><td>LY04、LY06、LY07、LY08、LY09、LY11、LY12、LY13、LY14、LY15、LY16、LY17、LY18、LY19、CD18、CD20</td></tr>
<tr><td>大襟岛海洋保护区</td><td>LY05</td></tr>
<tr><td>乌猪洲海洋保护区</td><td>LY10</td></tr>
<tr><td>川山群岛农渔业区</td><td>LY01、LY03</td><td>执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准</td></tr>
<tr><td>广海湾工业与城镇用海区</td><td>LY02</td><td>执行海水水质第三类标准、海洋沉积物质量第二类标准和海洋生物质量第二类标准</td></tr>
<tr><td colspan="3">位于领海线外的站位，参考《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中距离最近海洋功能区湛江-珠海近海农渔业区的标准要求</td></tr>
</table>

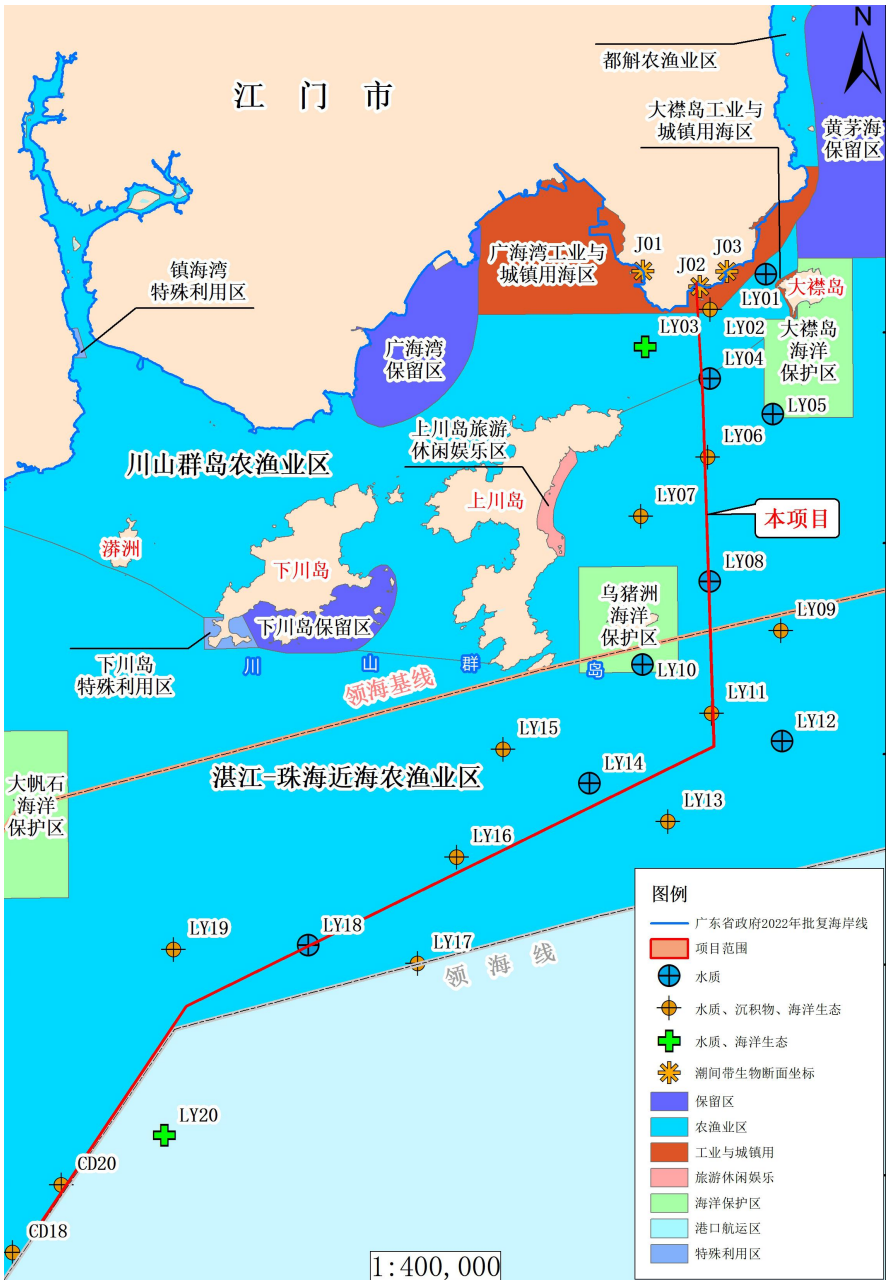


图 3.2.6-2 各监测站位所在海洋功能区示意图

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》（GB3097-1997），见表3.2.6-4。

表 3.2.6-4 海水水质标准 单位：mg/L（pH 除外）

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤	2	3	4	5
生化需氧量≤	1	3	4	5
溶解氧＞	6	5	4	3
活性磷酸盐≤（以 P 计）	0.015	0.030	0.030	0.045
无机氮≤（以 N 计）	0.200	0.300	0.400	0.500

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
铜≤	0.005	0.010	0.050	0.050
铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
锌≤	0.020	0.050	0.100	0.500
镉≤	0.001	0.005	0.010	0.010
汞≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷≤	0.020	0.030	0.050	0.050
铬）≤	0.050	0.100	0.200	0.500
硒≤	0.010	0.020	0.020	0.050
镍≤	0.005	0.010	0.020	0.050
硫化物≤（以硫计）	0.020	0.050	0.100	0.250
挥发性酚≤	0.005	0.005	0.010	0.050

3.2.6.5海洋水质现状调查结果与评价

（1）调查结果

海洋水质调查结果见表 3.2.6-5。

（2）评价结果

采用上述单项指数评价法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2.6-6。

执行海水水质第一类标准要求的站位有 LY04~LY20、CD18、CD20，由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为无机氮和活性磷酸盐，超标率分别为 13.7%和 17.6%。LY04、LY05、LY06 和 LY07 调查站位的无机氮含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求。LY04、LY05、LY06、LY07 和 LY08 调查站位的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求。其余监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

执行海水水质第二类标准要求的站位有 LY01、LY03，由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为无机氮，超标率为 100.0%。LY01、LY03

站位的无机氮含量不符合海水水质第二类标准要求,但符合海水水质第三类标准要求。其余监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

执行海水水质第三类标准要求的站位有 LY02。由监测结果及标准指数表结果可知：LY02 调查站位的监测因子均符合海水水质第三类标准要求。

综上所述,调查海区海水中无机氮和活性磷酸盐在部分站位超过其海洋功能区对应的水质标准要求，其余监测因子均符合。

表 3.2.6-5 海水水质监测结果

（内容不公开）

表 3.2.6-6a 海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数

（内容不公开）

表 3.2.6-6b 海水水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的标准指数

（内容不公开）

表 3.2.6-6c 海水水质监测站位（执行第三类海水水质标准）各要素的标准指数

（内容不公开）

3.2.7海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2024 年 5 月），于 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋沉积物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.7.1调查项目

调查项目包括 pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷、粒度。

3.2.7.2采样与分析方法

（1）采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

①到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与 0.05m^2 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，用塑料刀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；

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

③取样和处理样品时，注意层次，结构和代表性，同一采样点采集 3～6 次，将样品混合均匀分装。现场记录底质类型，并分装与处理、保存；

④稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和无粘性的描述；

⑤分装顺序：常规指标用聚乙烯袋分装大约 600g；取大约 100g 湿样，盛

入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，再加入约 5ml 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 200～300g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，供有机碳等指标分析所用。

⑥分装要求：样品瓶（袋）要贴标签，并将样品瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与瓶（袋）号一致。认真作好采样详细记录。

⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

（2）分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB 17378.5-2007）和《海洋调查规范第 8 部分 海洋地质地球物理调查》（GB/T 12763.8-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 沉积物项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19	重量法	/
有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》G	原子荧光法	0.06mg/kg

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	B 17378.5-2007/11.1		
pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/
粒度	《海洋调查规范第 8 部分 海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.3	激光粒度分布仪法	/

3.2.7.3评价方法与评价标准

（1）评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$。

式中：P_i—第 i 种评价因子的质量指数；

C_i—第 i 种评价因子的实测值；

C_{si}—第 i 种评价因子的标准值。

沉积物质量评价因子的标准指数＞1，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

（2）评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行标准见表 3.2.7-2。

表 3.2.7-2 各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
湛江-珠海近海农渔业区	LY06、LY07、LY09、LY11、LY13、LY15、LY16、LY17、LY19、CD18、CD20	执行海洋沉积物质量第一类标准
广海湾工业与城镇用海区	LY02	执行海洋沉积物质量第二类标准

表 3.2.7-3 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳（$\times10^{-2}$）≤	2.0	3.0	4.0
硫化物（$\times10^{-6}$）≤	300.0	500.0	600.0
石油类（$\times10^{-6}$）≤	500.0	1000.0	1500.0
铜（$\times10^{-6}$）≤	35.0	100.0	200.0
铅（$\times10^{-6}$）≤	60.0	130.0	250.0
锌（$\times10^{-6}$）≤	150.0	350.0	600.0
镉（$\times10^{-6}$）≤	0.50	1.50	5.00

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
汞（$\times10^{-6}$）≤	0.20	0.50	1.00
砷（$\times10^{-6}$）≤	20.0	65.0	93.0

3.2.7.4沉积物质量调查结果与评价

（1）调查结果

沉积物样品的分析统计结果及粒级组成见表 3.2.7-4。该项目海域海洋沉积物砂含量在 2.49%～61.43%，平均值为 25.66%，粉砂含量在 28.00%～67.27%，平均值为 53.79%，粘土含量在 10.57%～30.28%，平均值为 20.55%。LY02、LY06、LY09、LY13、LY15、LY16 和 LY17 等 7 个调查站位的沉积物样品类型均为粘土质粉砂 YT，LY07 站位和 CD20 站位的沉积物样品类型为砂质粉砂 ST，LY11、LY19 和 CD18 等 3 个调查站位的沉积物样品类型为粉砂质砂 TS。

调查海域沉积物化学调查结果见表 3.2.7-5。

（2）评价结果

执行海洋沉积物质量第一类标准要求的站位有 LY06、LY07、LY09、LY11、LY13、LY15、LY16、LY17、LY19、CD18、CD20。由监测结果及标准指数表结果可知：所有海洋沉积物质量调查站位的监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

执行海洋沉积物质量第二类标准要求的站位有 LY02。由监测结果及标准指数表结果可知：LY02 调查站位的监测因子符合海洋沉积物质量第二类标准要求。

综上所述，秋季调查站位的沉积物质量监测因子均符合相应功能区的海洋沉积物质量标准要求。

表 3.2.7-4 海洋沉积物粒度参数以及砂、粉砂、粘土含量

（内容不公开）

表 3.2.7-5 海洋沉积物质量监测结果

（内容不公开）

表 3.2.7-6a 海洋沉积物质量监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数

（内容不公开）

表 3.2.7-6b 海洋沉积物质量监测站位（执行第二类海洋沉积物质量）各要素标准指数

（内容不公开）

3.2.8海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2024 年 5 月），于 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.8.1调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

3.2.8.2采样与分析方法

（1）采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的样品进行分析检测。

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。

（2）分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.8-1。

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
石油烃	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg
铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分	无火焰原子吸收分	0.04mg/kg

检测指标	检测依据	分析方法	检出限
	析》GB 17378.6-2007/7.1	光光度法	
镉	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.005mg/kg
总汞	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
砷	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg
锌	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
铬	《海洋监测规范 第6部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

3.2.8.3评价方法与评价标准

（1）评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式：

$$P_i=C_i/C_{si}$$

式中：P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数＞1，则表明该项指标已超过规定的生物质量标准。

（2）评价标准

调查采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，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》（第二分册）中规定的生物质量标准。砷、铬没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

表 3.2.8-2 海洋生物体评价标准（鲜重，mg/kg）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	20	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	/	

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃	引用标准
软体类	100	10.0	5.5	250	0.3	20	海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准

3.2.8.4海洋生物质量调查结果与评价

（1）调查结果

海洋生物质量监测结果见表 3.2.8-3。

（2）评价结果

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.2.8-4。

调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，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》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 3.2.8-3 生物质量现状调查结果（鲜重，单位：mg/kg）

（内容不公开）

表 3.2.8-4 海洋生物监测站位各要素标准指数

（内容不公开）

3.2.9海洋生态现状

3.2.9.1调查概况

本节引用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程海洋环境现状调查监测报告（2023 年秋季）》（2024 年 5 月），于 2023 年 11 月在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据。具体站位详见 3.2.6.1 节。

3.2.9.2调查方法

（1）叶绿素 *a* 和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 *a* 的含量。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。每 500mL 加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

（2）浮游植物

浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL～8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

（3）浮游动物

浮游动物样品用浅水 II 型浮游生物网(加重锤)从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5%的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在体视显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

（4）大型底栖生物

定量样品采用 0.05m^2 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称

重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

（5）潮间带生物

①在调查海区内选择不同生境（如泥滩、沙滩和岩滩）的潮间带断面，断面位置有陆上标志，走向与等深线垂直，选择在滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、无人为破坏或人为扰动较小且相对较稳定的地点或调查断面，在每个剖面的高滩、中滩和低滩采集样品；

②泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5 ~ 2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锨。岩石岸生物取样采用岩石定量采样框，一般用 25cm×25cm 的定量框。若生物栖息密度很高，且分布较均匀，可采用 10cm×10cm 的定量框。滩涂和岩滩定量取样用对应的定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4 ~ 8 个样方（依据现场生物量大小而定）；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索（每隔 5m 或 10m 有一标志）于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；在滩涂取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锨清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；岩滩确定样方位置应在宏观观察基础上选取能代表该水平高度上生物分布特点的位置。取样时，应先将框内的易碎生物（如：牡蛎、藤壶等）加以计数，并观察记录优势种的覆盖面积。然后

再用小铁铲、凿子或刮刀将框内所有生物刮取干净；

③用筛网孔目为 1.0mm 和 0.5mm 的过筛器进行生物样品筛选；

④为全面反映各断面的种类组成和分布，在每站定量取样的同时，应尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考，定性样品务必与定量样品分装，切勿混淆；

⑤取样时，测量各潮区优势种的垂直分布高度和滩面宽度，描述生物分布带的特征；样品存放于 500mL～1000mL 样品瓶中，加入适量淡水于 4℃环境中存放 6～8h，可使海洋底栖环节动物产生应激反应，表现出形态特征，再用体积分数为 5%～7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

（6）鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网（水深＜30m）或大型浮游生物网（30m＜水深＜200m）垂直采样，由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用水平拖网法，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳 10min 取得，拖速保持在 2 节左右。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。

（7）游泳动物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

①调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查

海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

②调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置 2n mile～3n mile 处放网，拖速控制在 2kn～3kn 左右，经 1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳纲投放，曳纲着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳纲时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

③样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量（kg）。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

3.2.9.3计算方法

（1）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：

$$P = C_a QLt/2$$

式中：*P*—初级生产力（mg•C/m^2•d）；

C_a—叶绿素 *a* 含量（mg/m³）；

Q—同化系数（mg•C/(mgChl-a•h)），根据南海水产研究所以往调查结果取值，秋季取 3.42；

L—真光层的深度（m）；

t—白昼时间（h），根据南海水产研究所以往调查结果取值，秋季取 10.5。

（2）优势度（*Y*）：

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

（3）Shannon-Weaver 多样性指数（*H′*）：

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

（4）Pielou 均匀度指数（*J*）：

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

（5）Margalef 丰富度指数（*D*）：

$$D = （S-1）/\log_2 N$$

上述（2）~（5）式中：

n_i—第 *i* 种的个体数量（ind）；

N—某站总生物数量（ind）；

f_i—某种生物的出现频率（%）；

P_i—第 *i* 种的个体数与总个体数的比值；

S—出现生物总种数。

（6）鱼卵仔鱼

水平拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{t \times V \times S}$$

式中：*N*—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m^2），$S_{大型浮游生物网}$=0.5m^2；

t—拖网时间（h）；

V—拖速（m/h）；

垂直拖网密度计算：

$$N = \frac{n}{S \times L}$$

式中：*N*—鱼卵仔稚鱼密度（ind/m^3）；

n—每网鱼卵仔稚鱼数量，单位为（ind）；

S—网口面积（m^2），$S_{浅水Ⅰ型网}$=0.2m^2；

L—采样绳长（m），垂直拖网 L=水深-2m。

（7）渔业资源

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。

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

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（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）；

y—平均重量渔获率（kg/h）或平均个体渔获率（ind/h）；

E—逃逸率（取 0.5）。

（8）游泳生物优势种

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。

$$IRI=（N+W）F$$

式中：*N*—某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比；

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比；

F—某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

3.2.9.4海洋生态调查结果

（1）叶绿素 a 与初级生产力

本次调查结果显示，各站表层叶绿素 *a* 变化范围在（0.62~3.26）mg/m^3，平均为 1.58mg/m^3；10m 水层叶绿素 *a* 变化范围在（0.52~1.59）mg/m^3，平均为 1.03mg/m^3；底层叶绿素 *a* 含量变化范围在（0.36~1.36）mg/m^3，平均为 0.77mg/m^3。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素 *a* 的浓度，各站叶绿素 *a* 浓度的变化范围为（0.52~3.26）mg/m^3，平均为 1.30mg/m^3，LY03 站位叶绿素 *a* 平均值最高，CD18 站位叶绿素 *a* 平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在（148.560~1073.459）mg·C/(m^2·d)，平均值为 514.703mg·C/（m^2·d），其中 LY17 站位初级生产力值最高，LY02 站位初级生产力值最低。

（2）浮游植物

①种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 25 科 129 种。硅藻门种类最多，共 13 科 91 种，占总种类数的 70.54%；甲藻门种类次之，出现 10 科 34 种，占总种类数的 26.36%；金藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.55%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.55%。

②个体数量及占比

调查区域内各站位浮游植物个体数量分布差异较大，变化范围在（26.874~1134.633）×10^3ind/m^3之间，平均值为 322.200×10^3ind/m^3，最高个体数量出现在 CD18 站位，最低个体数量出现在 LY16 站位。

从门类来看，14 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门个体数量范围在（19.253~1110.212）×10^3ind/m^3之间，平均值为 290.259×10^3ind/m^3；硅藻门各站位个体数量的占比在 47.42%~97.85%之间，各站位占比平均值为 80.57%。甲藻门个体数量范围在（1.278~57.082）×10^3ind/m^3之间，平均值为 22.286×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 1.35%~44.35%之间，占比平均值为 13.44%；其他类群（包括金藻门和蓝藻门）个体数量范围在（2.303~21.794）×10^3ind/m^3之间，平均值为 9.655×10^3ind/m^3；各站位个体数量百分比在 0.80%~20.34%之间，占比平均值为 6.00%。

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 5 种，分别为海链藻属（*Thalassiosira* sp.）、劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）、红海束毛藻（*Trichodesmium erythraeum*）、透明辐杆藻（*Bacteriastrum hyalinum*）和拟旋链角毛藻（*Chartoceros pseudocurvisetus*）。其中海链藻属为第一优势种，优势度为 0.278，平均个体数量为 89.564×10^3ind/m^3，占各站位平均个体数量的 27.80%。

④浮游植物多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 25~66 种。多样性指数范围在 2.287~4.404 之间，平均值为 3.414，多样性指数以 LY16 站位最高，LY03 站位最低；均匀度指数范围在 0.394~0.797 之间，平均值为 0.606，均匀度

指数以 LY16 站位最高，LY11 站位最低；丰富度指数范围在 1.491~3.027 之间，平均值为 2.652，丰富度指数以 CD20 站位最高，LY03 站位最低。

（3）浮游动物

①种类组成

本次调查共记录浮游动物 5 门 8 纲 14 目 28 科 62 种（包括浮游幼体 9 种）。分属 9 个不同类群，即水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体。其中，以桡足类最多，为 35 种，占总种类数的 56.45%；浮游幼体次之，出现 9 种，占总种类数的 14.52%；其他类群出现种类较少。

②个体数量与生物量

14 个调查站位浮游动物生物量变化范围在（148.16~1043.86）mg/m^3 之间，平均值为 392.66mg/m^3，其中 LY02 站位生物量最高，LY17 站位生物量最低；浮游动物个体数量变化范围在（2644.581~26894.737）ind/m^3 之间，平均值为 9182.732ind/m^3，其中 LY02 站位个体数量最高，CD18 站位个体数量最低。从类群个体数量分布来看，本次调查桡足类个体数量最高，为 6067.236ind/m^3，占总个体数量的 66.07%；其次是浮游幼体，个体数量为 2540.657ind/m^3，占总个体数量的 27.67%。

③优势种

以优势度 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查浮游动物优势种共 7 种。分别为桡足幼体（Copepoda larvae）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、针刺拟哲水蚤（*Paracalanus aculeatus*）、丽隆水蚤（*Oncaea venusta*）、尖额谐猛水蚤（*Euterpina acutifrons*）、红住囊虫（*Oikopleura*

rufescens）和小毛猛水蚤（*Microsetella norvegica*）。其中桡足幼体为第一优势种，优势度为 0.281，平均个体数量为 2279.394ind/m^3，占各站位平均个体数量的 24.82%，出现频率 100%。

④浮游动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查，各调查区站位浮游动物种数范围为 14~35 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.372~3.796 之间，平均值为 3.096，其中 CD20 站位最高，LY03 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.623~0.740 之间，平均值为 0.676，其中 CD20 站位最高，LY03 站位最低；丰富度指数范围在 0.934~2.497 之间，平均值为 1.724，丰富度指数以 CD20 站位最高，LY03 站位最低。

（4）大型底栖生物

①种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 20 目 39 科 52 种，分属 7 个不同类群，即环节动物、节肢动物、软体动物、棘皮动物、纽虫动物、刺胞动物和半索动物。其中环节动物种类数最多，为 28 种，占种类总数的 53.85%，节肢动物 9 种，占种类总数的 17.31%，软体动物 8 种，占种类总数的 15.38%。

②生物量和栖息密度

1）生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 14 个站位大型底栖生物的生物量范围在（0.230~50.865）g/m^2 之间，平均生物量为 11.219g/m^2，其中 LY07 站位的生物量最高，LY19 站位生物量最低；栖息密度范围在（5.000~135.000）ind/m^2 之间，平均栖息密度为 48.214ind/m^2，其中 LY07 站位的栖息密度最高，CD18 和 LY19 站

位栖息密度最低。

2）类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中环节动物平均生物量最高，平均生物量为 4.725g/m^2，占比为 42.12%；其次为软体动物，平均生物量为 4.283g/m^2，占比为 38.17%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.036g/m^2，占比为 0.32%。

环节动物平均栖息密度最高，为 23.929ind/m^2，占比为 49.63%；其次为棘皮动物，平均栖息密度为 13.214ind/m^2，占比为 27.41%，最低为刺胞动物和半索动物，平均栖息密度均为 0.357ind/m^2，分别占总栖息密度的 0.74%。

表 3.2.9-1 大型底栖生物生物量分布（单位：g/m^2）

（内容不公开）

表 3.2.9-2 大型底栖生物栖息密度分布（单位：ind/m^2）

（内容不公开）

③优势种

以优势度指数 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查的优势种共 1 种，为洼颚倍棘蛇尾（*Amphioplus depressus*），优势度为 0.148。

④大型底栖生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 1~13 种，多样性指数变化范围在 0~3.556 之间，平均值为 1.744，其中 LY06 站位最高，CD18 和 LY19 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.810~1.000 之间，平均值为 0.925，其中 CD20、LY16 和 LY17 站位最高，LY15 站位最低；丰富度指数范围在 0.301~2.653 之间，平均值为 1.502，丰富度指数以 LY02 站位最高，LY06 站位最低。

（5）潮间带生物

①潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况：J01 和 J02 为沙滩-岩石断面、J03 断面为泥沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查，共记录潮间带生物 3 门 4 纲 8 目 14 科 18 种，其中包括节肢动物 8 种、软体动物 8 种、环节动物 2 种，分别占种类总数的 44.44%、44.44%和 11.11%。

②潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为 44.574g/m^2，平均栖息密度为 31.333ind/m^2。J02 断面的生物量最大，为 80.971g/m^2；J01 断面的栖息密度最大，为 42.889ind/m^2。

从类群分布来看，3 个断面中软体动物的平均生物量最高，其次是节肢动物；节肢动物平均栖息密度最高，其次是软体动物。

表 3.2.9-3 潮间带各断面生物量和栖息密度分布

（内容不公开）

③潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个调查断面中，J02 断面的低潮带生物量最高，为 222.412g/m^2；其次是 J01 断面的低潮带，生物量为 110.756g/m^2；J03 断面的中潮带生物量为最低，为 1.703g/m^2。J01 断面低潮带的栖息密度最高，为 112.000ind/m^2；其次是 J03 断面的低潮带，栖息密度为 40.000ind/m^2；J01 断面的中潮带的栖息密度最低，为 6.667ind/m^2。

④潮间带断面水平分布和垂直分布

本次潮间带生物调查从水平分布上看，生物量由高到低排序为 J02＞J01＞

J03，栖息密度由高到低排序为 J01＞J03＞J02。

本次潮间带生物调查从垂直分布上看，生物量由高到低排序为低潮带＞高潮带＞中潮带，栖息密度由高到低排序为低潮带＞高潮带＞中潮带。

⑤潮间带各断面优势种

以优势度指数 $Y \geqslant 0.02$ 为判断标准，本次调查区域潮间带生物优势种共有 7 种，分别为韦氏毛带蟹（*Dotilla wichmanni*）、痕掌沙蟹（*Ocypode stimpsoni*）、鳞腹沟虫（*Scolelepis squamata*）、文蛤（*Meretrix meretrix*）、粗糙拟滨螺（*Littoraria articulata*）、多齿围沙蚕（*Perinereis nuntia*）和豆斧蛤（*Donax faba*）。其中韦氏毛带蟹为第一优势种，优势度为 0.353。

⑥潮间带生物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海区潮间带生物多样性指数的变化范围在 0.955~3.306 之间，平均值为 2.112；均匀度指数的变化范围在 0.603~0.894 之间，平均值为 0.797；丰富度指数范围在 0.381~2.287 之间，平均值为 1.173。

3.2.9.5渔业资源调查结果

（1）鱼卵仔稚鱼

①种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 12 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲽形目 1 种；仔稚鱼 13 种，其中包括鲈形目 8 种，鲱形目 3 种，鲽形目 2 种。

②数量分布

调查 14 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵 88ind，仔稚鱼 18ind；鱼卵平均密度为 0.599ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.127ind/m^3。LY02 站位

鱼卵密度最高,密度为 2.655ind/m³,其次是 LY09 站位,密度为 2.246ind/m³,共 13 个站位采获到鱼卵；LY02 站位仔稚鱼密度最高，密度为 0.885ind/m³,其次是 CD20 站位，密度为 0.306ind/m³，共 7 个站位采获到仔稚鱼。

表 3.2.9-4 鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）

（内容不公开）

③主要种类的数量分布（水平拖网）

1）鲷科

本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 846 粒，出现在 12 个站位，鲷科鱼卵在调查海域中 LY02 站位数量最多；鲷科仔稚鱼共有 10 尾，出现在 3 个站位，鲷科仔稚鱼在调查海域中 CD18 站位数量最多。

2）笛鲷科

本次水平拖网调查出现的笛鲷科鱼卵共有 508 粒，出现在 9 个站位，笛鲷科鱼卵在调查海域中 LY09 站位数量最多。

3）鲻属

本次水平拖网调查出现的鲻属鱼卵共有 425 粒，出现在 10 个站位，鲻属鱼卵在调查海域中 LY03 站位数量最多。

（2）游泳生物

①种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108,使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 60mm、网囊目 20mm 的底拖网，平均拖网船速为 3.0kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 14 目 60 科 148 种，其中：鱼类 101 种，占总种类数的 68.24%，虾类 19 种（其中虾蛄类 4 种），占总种类数的

12.84%，蟹类 21 种，占总种类数的 14.19%，头足类 7 种，占总种类数的 4.73%。

②渔获率

1）尾数渔获率

本次调查该海区 14 个站位的游泳动物尾数渔获率范围为（104~2302）ind/h,平均尾数渔获率为 1210ind/h。其中,鱼类平均尾数渔获率为 871ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 67.46%；虾类平均尾数渔获率为 168ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 15.70%；蟹类平均尾数渔获率为 168ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 16.07%；头足类的平均尾数渔获率为 2ind/h，占游泳动物平均尾数渔获率的 0.76%。

2）重量渔获率

本次调查该海区 14 个站位的重量渔获率范围为（2.643~27.779）kg/h，平均重量渔获率为 11.853kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 9.206kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 70.14%；虾类平均重量渔获率为 1.071kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 10.32%；蟹类平均重量渔获率为 1.470kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 17.81%；头足类的平均重量渔获率为 0.105kg/h，占游泳动物平均重量渔获率的 1.73%。

③渔业资源密度

1）尾数渔获密度

本次调查 14 个站位尾数渔获密度范围在（2.338~50.119）$\times10^3$ind/km^{2}之间,平均值为 26.836$\times10^3$ind/km^2,尾数渔获密度最高的站位为 LY07 站位，最低为 LY20 站位。

其中，鱼类尾数渔获密度分布范围在（1.462~44.198）×10^3ind/km^2之间，平均值为 19.229×10^3ind/km^2，其中 LY03 站位最高，LY20 站位最低；虾类尾数渔获密度分布范围在（0.202~13.891）×10^3ind/km^2之间，平均值为 3.757×10^3ind/km^2，其中 LY15 站位最高，LY20 站位最低；蟹类尾数渔获密度分布范围在（0.414~12.196）×10^3ind/km^2之间，平均值为 3.803×10^3ind/km^2，其中 CD18 站位最高，CD20 站位最低；头足类尾数渔获密度分布范围在（0~0.202）×10^3ind/km^2之间，平均值为 0.048×10^3ind/km^2，其中 LY20 站位最高。

2）重量渔获密度

本次调查 14 个站位渔业资源重量渔获密度范围在（59.463~604.817）kg/km^2之间，平均值为 261.708kg/km^2，LY07 站位最高，LY20 站位最低。

其中，鱼类重量渔获密度变化范围在（37.169~526.937）kg/km^2之间，平均值为 202.529kg/km^2，其中 LY07 站位最高，LY13 站位最低；虾类重量渔获密度变化范围在（0.675~98.716）kg/km^2之间，平均值为 23.749kg/km^2，其中 LY15 站位最高，LY20 站位最低；蟹类重量渔获密度变化范围在（1.785~122.274）kg/km^2之间，平均值为 33.091kg/km^2，其中 LY15 站位最高，CD20 站位最低；头足类重量渔获密度变化范围在（0~9.067）kg/km^2之间，平均值为 2.338kg/km^2，其中 LY20 站位最高。

表 3.2.9-5 各站位重量渔获密度

（内容不公开）

④优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种（IRI≥1000）共 2 种，分

别为杜氏棱鳀(Thryssa dussumieri)和縫鱗小沙丁鱼(Sardinella fimbriata)。杜氏棱鳀为第一优势种，其总渔获重量为 23.615 kg，占游泳动物总渔获重量的 14.23%；杜氏棱鳀的总尾数渔获量为 3254 个，占游泳动物总渔获尾数数的 19.21%。

⑤游泳动物多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在 33~57 种，多样性指数变化范围在 1.764~4.780 之间，平均值为 3.291，其中 LY20 站位最高，LY03 站位最低；均匀度指数变化范围在 0.335~0.925 之间，平均值为 0.608，其中 LY20 站位最高，LY02 站位最低；丰富度指数范围在 2.900~5.968 之间，平均值为 4.270，丰富度指数以 LY19 站位最高，LY03 站位最低。

⑥主要经济种类规格和分布

1）主要经济鱼类

a、縫鱗小沙丁鱼

地理分布：縫鱗小沙丁鱼分布于印度-西太平洋区，西起非洲东部，东至菲律宾，北至台湾，南至巴布新几内亚。台湾分布于南部、西部及澎湖海域。

生活习性：縫鱗小沙丁鱼为集群性洄游鱼类、近海暖水性鱼类，主要摄食浮游生物。

本次调查的縫鱗小沙丁鱼体长范围为 79~133mm，体重范围为 6.54~29.44g，平均体重为 12.66g。

b、日本金线鱼

地理分布：分布于印度西太平洋区，包括东非、红海、波斯湾、塞舌尔群岛、马尔代夫印度、日本、韩国、中国台湾地区、中国东海、南海等海域。

生活习性：主要栖息于沿岸及近海砂泥底质的水域，栖息深度可达 80 公尺深。主要觅食甲壳类、头足类或其他小鱼等为食

本次调查的日本金线鱼体长范围为 52~143mm，体重范围为 2.47~63.64g，平均体重为 24.13g。

2）主要经济虾类

a、伍氏平虾蛄

地理分布：主要分布于西印度洋至印尼、越南、香港、台湾、中国、日本、菲律宾及澳洲。

生活习性：栖息于 50 公尺以下之平坦沙泥底浅水海湾或近岸水域。

本次调查的伍氏平虾蛄体长范围为 16~30mm，体重范围为 1.81~28.27g，平均体重为 11.95g。

b、须赤虾

地理分布：须赤虾在印度尼西亚、日本、朝鲜及我国南海、东海各省区均有分布。

生活习性：须赤虾栖息于水深 5～220 米之软泥至细砂底海区，尤以 20～70 米海区为密集，其对水温和盐度变化有较强的适应能力，底质自软泥至细沙环境都能适应。除摄食底栖生物外，还摄食底层游泳生物。

本次调查的须赤虾体长范围为 10~37mm，体重范围为 0.55~13.22g，平均体重为 3.53g。

3）主要经济蟹类

红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、

马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 24~70mm，体重范围为 6.28~201.39g，平均体重为 97.86g。

3.2.10电磁环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（电缆）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）。

3.2.10.1调查概况

2023 年 12 月 6-7 日在工程海域开展电磁辐射和噪声环境现状调查，各站点经纬度坐标详见表 3.2.10-1。调查站点详见图 3.2.10-1。

表 3.2.10-1 电磁环境和噪声调查站位

监测站位	经度	纬度	监测内容
S3			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S10			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S14			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S18			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S19			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S20			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S21			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S22			水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S23			水下噪声、水上噪声、电磁辐射

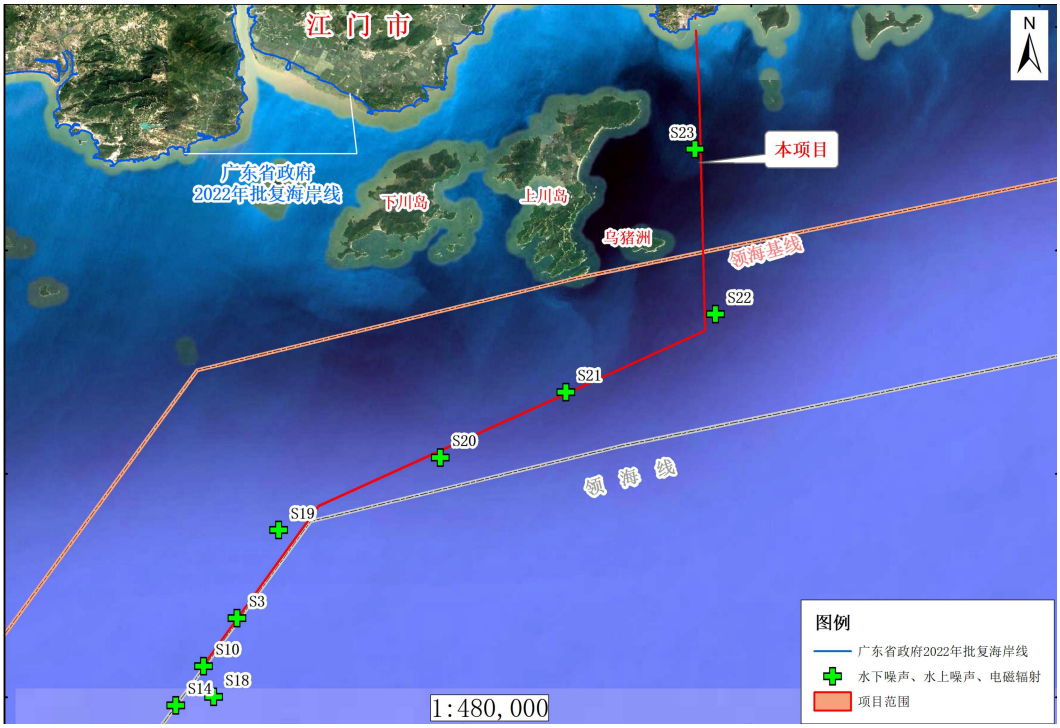


图 3.2.10-1 电磁环境和噪声调查站位图

3.2.10.2调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

3.2.10.3分析方法

工频电场和工频磁场测量方法按照《交流输变电工程电磁环境监测方法》（试行）（HJ 681-2013）标准进行。

3.2.10.4检测结果

项目所在海区现场监测结果显示，工频电场强度在（0.07~0.35）V/m 之间，工频磁场强度在（0.0072~0.0116）μT 之间，满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100μT）。

表 3.2.10-2 电磁环境调查结果

（内容不公开）

3.2.11噪声环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（电缆）海上风电项目（2023年冬季）调查报告》（2023年12月）。

3.2.11.1调查概况

2023年12月6-7日在工程海域开展噪声环境现状调查，调查站位布设与电磁调查站位一致，各站点经纬度坐标详见表3.2.10-1。调查站点详见图3.2.10-1。

3.2.11.2调查内容

水上噪声包括等效连续声级、累积百分声级L10(dB)、累积百分声级L50(dB)和累积百分声级L90(dB)。水下噪声调查内容为频程频带声压级(Lps)、噪声功率谱密度级以及各测点的峰值声压级。

3.2.11.3调查结果

（1）水上噪声环境调查结果

由水上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在（49~63）dB之间，算术平均值为56dB。

表3.2.11-1 工程海域水上声环境质量调查结果

（内容不公开）

（2）水下噪声峰值声压级

各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级详见表3.2.11-2。

表3.2.11-2 工程海域水下噪声峰值声压

（内容不公开）

（3）水下噪声环境调查结果

该海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在20Hz~20kHz

频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 77dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 16dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 106dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 86dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 71dB 以下。

表 3.2.11-3a 工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(Lps)

（内容不公开）

表 3.2.11-3b 工程海域水下声环境监测结果-频程频带声压级(Lps)

（内容不公开）

表 3.2.11-4a 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

（内容不公开）

表 3.2.11-4b 工程海域水下声环境监测结果-噪声功率谱密度级

（内容不公开）

3.2.12自然保护地

项目论证范围内自然保护地有 3 个，分别为江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园、江门中华白海豚地方级自然保护区和江门上川岛猕猴地方级自然保护区，详见图 3.2.12-1。

（1）江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园

江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园位于本项目西侧最近约 1.01km，面积 15846.34 公顷，主要保护对象为保护龙虾种质资源及其生境。

（2）江门中华白海豚地方级自然保护区

江门中华白海豚地方级自然保护区位于江门市下辖的台山市大襟岛附近海域，总面积 10771.17 公顷，是江门市首个和唯一的水生野生动物生态系统类型的省级自然保护区，主要保护对象是中华白海豚及其生境。中华白海豚是国家一级重点保护水生野生动物，有“海上大熊猫”之称。科考发现，江门市大襟岛和上下川岛附近海域有中华白海豚 200 多头，是我国海域第二大集中分布区域。距离本项目最近约 1.30km。

（3）江门上川岛猕猴地方级自然保护区

江门上川岛猕猴地方级自然保护区位于本项目西侧最近约 9.14km，面积 2228.74 公顷，主要保护对象为猕猴及其栖息环境。

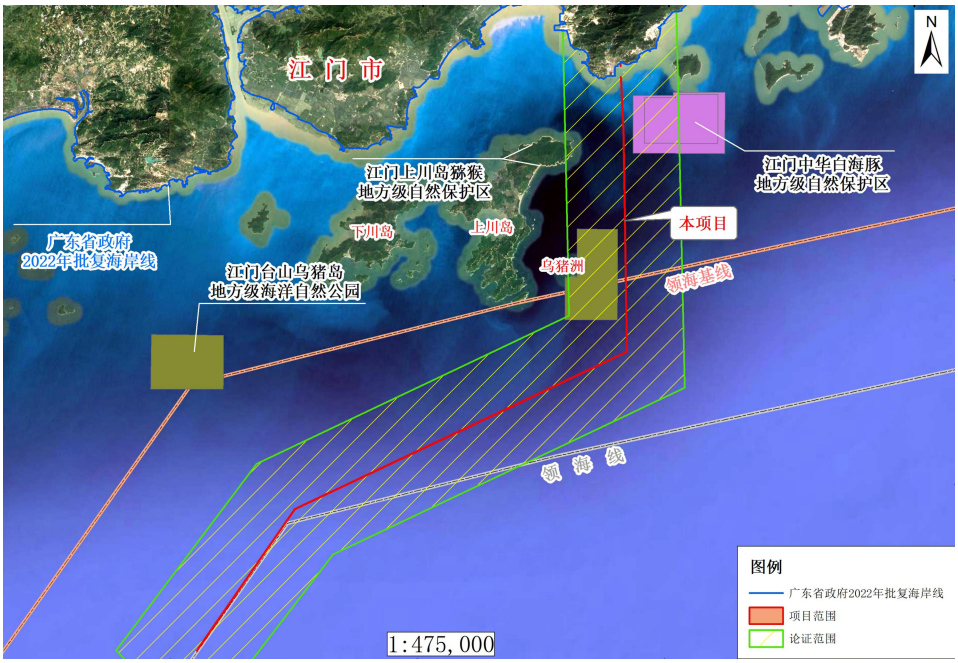


图 3.2.12-1 项目周边自然保护地分布图

3.2.13珍稀海洋生物

3.2.13.1中华白海豚

（1）调查概况

中华白海豚监测分为近岸区（中华白海豚定居区）和离岸区（中华白海豚常规分布范围之外）两部分（图 3.2.13-1），目前已于 2024 年 2 月~7 月完成了近岸区 3 个航次和离岸区 1 个航次的截线调查。

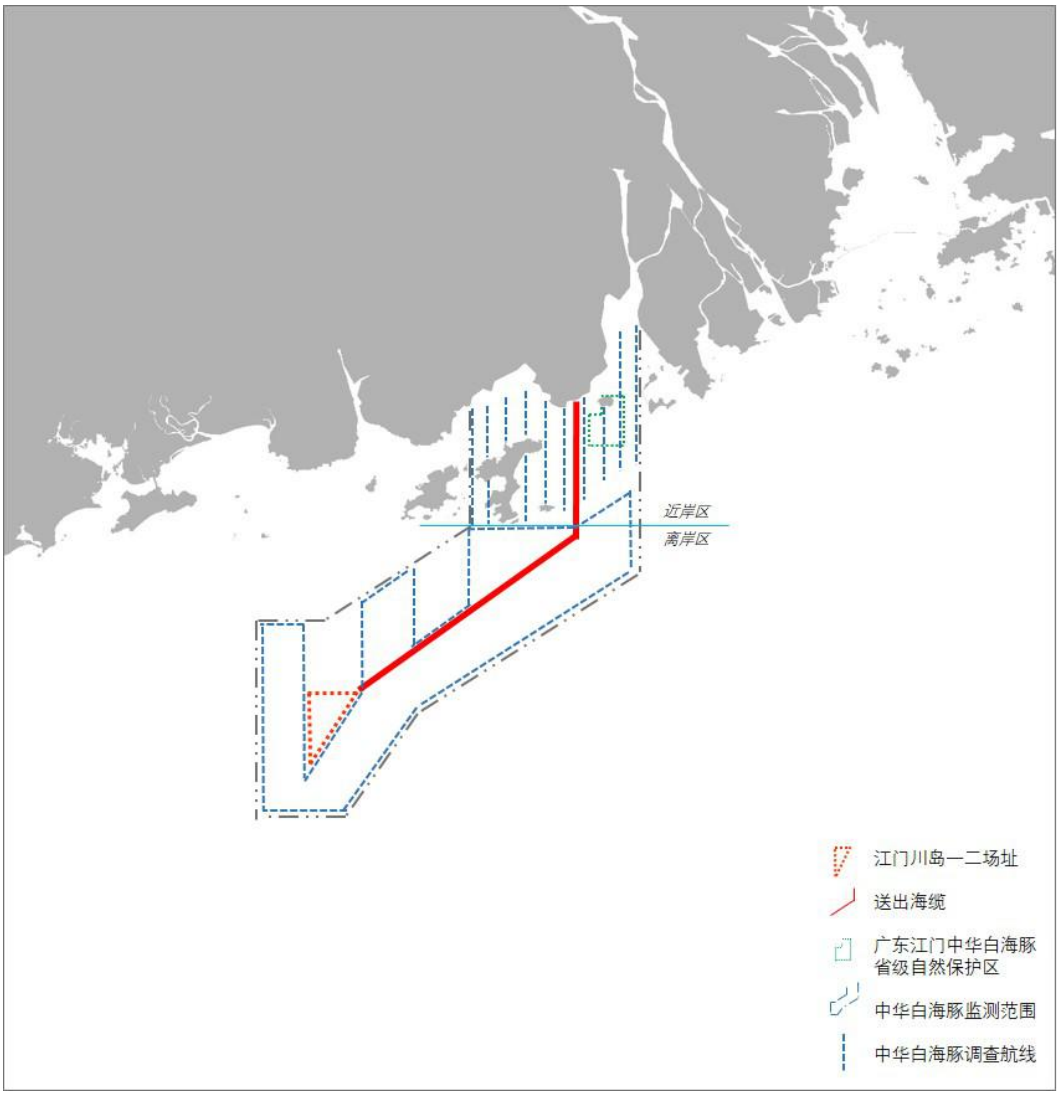


图 3.2.13-1 中华白海豚监测范围及航线设置

近岸区调查范围为荷包岛西至下川岛东之间水深 20m 以浅的海域，累积航程 788.1km，共目击中华白海豚 18 群次（合计 204 头次），未目击到印太江豚。

表 3.2.13-1 江门川岛海上风电项目近岸区中华白海豚监测 3 航次数据统计

（内容不公开）

离岸区调查范围为上下川岛以南、风电场址及送出海缆周围 15km 范围海域，累积航程 462.7km（表 3.2.13-2），未目击到中华白海豚。共目击到印太江豚 2 群次（合计 6 头次）。

表 3.2.13-2　江门川岛海上风电项目离岸区中华白海豚监测 1 航次数据统计

（内容不公开）

（2）分布特征

中华白海豚目击分布如图 3.2.13-2 所示，共有 18 次中华白海豚群目击记录，目击主要发生在台山赤溪镇近岸海域（国华电厂港池口附近）、大襟岛周围海域及上川岛北近岸海域。其中以国华电厂港池口出没最为频繁，共发现 8 群次，占到目击总次数的 44%。

（内容不公开）

图 3.2.13-2 近岸监测区中华白海豚目击分布（红色圆点为中华白海豚目击位置）

离岸区未目击到中华白海豚,发现印太江豚 2 群次,目击位置如图 3.2.13-3 所示，分别位于乌猪洲南和下川岛南海域。

（内容不公开）

图 3.2.13-3 离岸监测区目击海豚（印太江豚）的分布（白色圆点为印太江豚目击位置）

（3）聚群特征

目击到的中华白海豚聚群大小的变化范围为 2~32 头，平均聚群大小 11.3 头（SD=8.6）。各组聚群的目击频次分布见图 3.2.13-4。本监测期内大聚群（10 头以上）频次教多，有 10 群次，占总目击频次的 56%。

本监测期中华白海豚大聚群的分布如图 3.2.13-5 所示，这些较大的聚群主要分布于国华电厂港池口附近和大襟岛周围海域。本监测期还目击到超过 30 头的超大聚群 1 次，同样位于国华电厂港池口附近，表明这个区域是中华白海豚的聚集热点。

（内容不公开）

图 3.2.13-4 中华白海豚群大小频次分布

（内容不公开）

图 3.2.13-5 近岸监测区中华白海豚大聚群目击分布（绿色圆点为≥10 头的聚群位置）

中华白海豚的社群组织比较松散，根据以往对个体照片识别的结果来看，聚群的组成大多数情况下比较随机，所以短时期内聚群大小的变化是一个动态的过程，需要进行长时期的监测来寻找规律以及其代表的生物学意义。

（4）年龄结构

本监测期近岸区中华白海豚年龄段构成如图 3.2.13-6 所示。从目击群体的年龄阶段组成来看，幼年期（UJ）、青少年期（SJ）、亚成年期（SS）和成年期（SA）四个年龄段的个体数量占比较大，均接近或超过 20%。而婴儿期（UC）和老年期（UA）个体比例较小，均只占 4%以内。整体上幼豚（包括 UC 和 UJ）和青少年期（SJ）占比超过一半，反映出监测海域中华白海豚年龄组成整体上比较年轻化。

（内容不公开）

图 3.2.13-6 中华白海豚年龄体色比例构成

监测期几乎所有目击的海豚群均有中华白海豚幼豚，而目击到刚出生不久的婴儿期的中华白海豚分布如图 3.2.13-7 所示。均发现于在大襟岛东北和西北海域。

（内容不公开）

图 3.2.13-7 近岸区中华白海豚幼豚目击分布（黑色圆点为新生婴儿期（UC）海豚目击位置）

（5）行为特征

重点记录了海上调查过程中观察到的海豚觅食和社交行为。本监测期目击到的海豚群绝大部分均有觅食行为（16 群次，占总群次的 89%）。频繁的觅食行

为从某种程度上反应当地海域食物资源并非很充分。觅食行为遍布海豚的目击分布范围（图 3.2.13-8），没有体现出特殊的海域偏好，反映出整个分布海域均可以作为他们的觅食区。

（内容不公开）

图 3.2.13-8 中华白海豚觅食行为目击分布（青色圆点为海豚觅食行为目击位置）

本监测期目击到的社交行为共 6 次，占总群数的 33%。社交行为多发生于国华电厂港池口海域（图 3.2.13-9），一般与大聚群的分布相关联，且同时有觅食行为。即大聚群为社交提供必要条件，也有利于海豚合作捕食。而小聚群海豚（特别是 1、2 头的群）捕食的同时不一定有社交行为。

本监测期与渔业活动相关的聚群目击仅有 3 次，分别国华电厂港池口南、鱼塘湾外及上川岛北（养殖网箱处），在其余海域没有目击到跟随渔船的行为（图 3.2.13-10）。从观察到的与渔业活动相关的情况来看，有 1 群次跟随双拖网渔船进行觅食，2 群次在靠近流刺网和地笼网附近觅食。

（内容不公开）

图 3.2.13-9 中华白海豚社交行为目击分布（紫色圆点为海豚社交行为目击位置）

（内容不公开）

图 3.2.13-10 与渔业活动关联的中华白海豚目击分布（黄色圆点为与渔业活动关联的海豚目击位置）

3.2.13.2海龟

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠵龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠵龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。

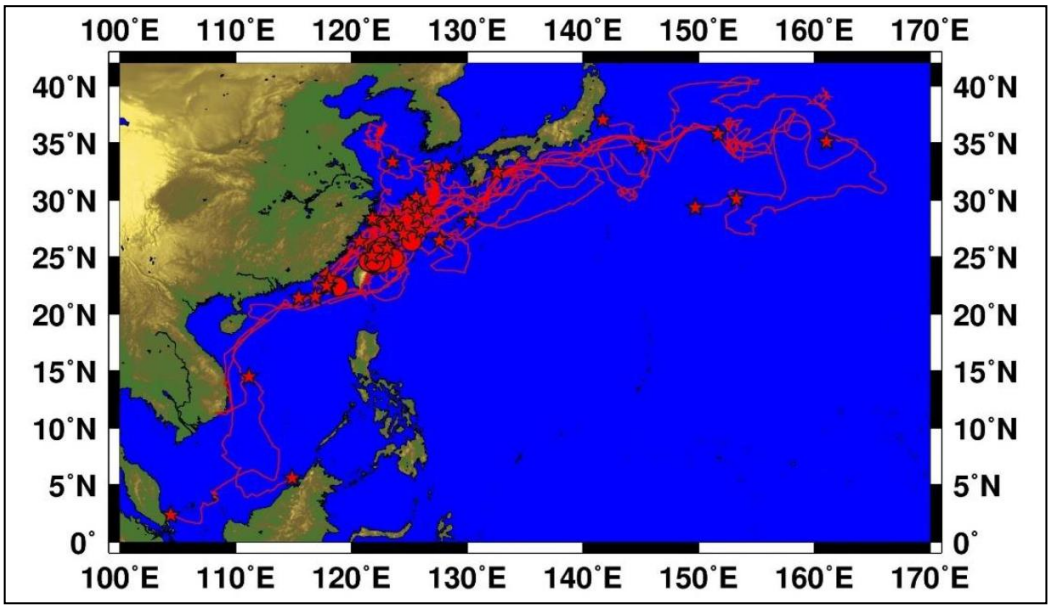


图 3.2.13-11 中国台湾误捕蠵龟洄游路线卫星追踪图

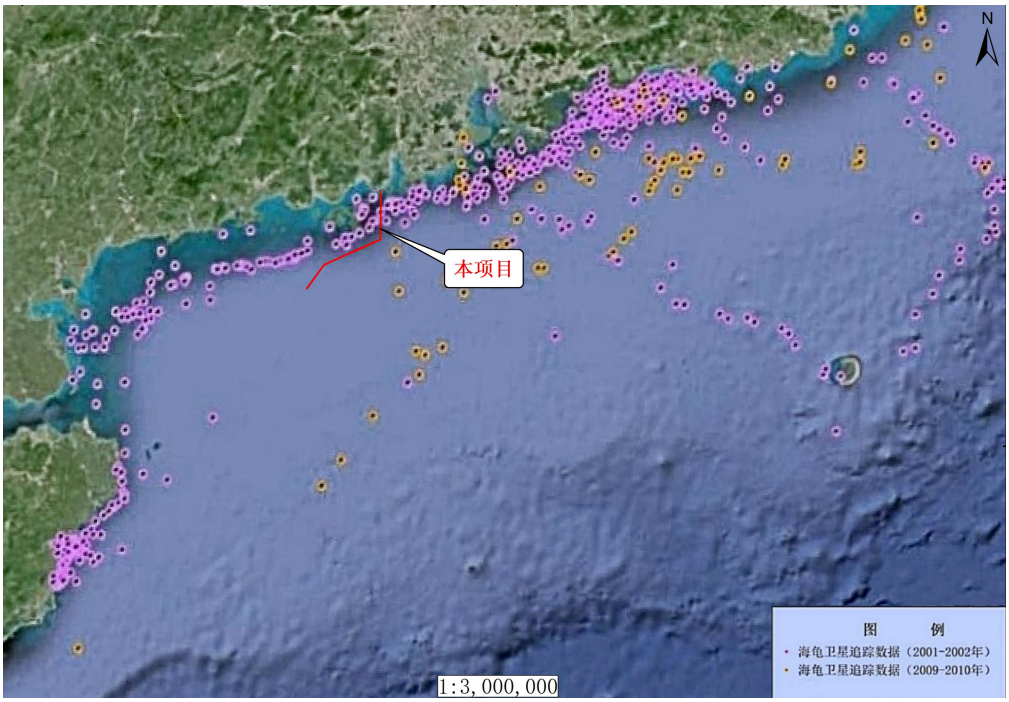


图 3.2.13-12 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）

根据《惠东幼年绿海龟的洄游规律及觅食地选择》（动物学杂志 2021 年 第 56 卷第 4 期 叶明彬等），2011 至 2015 年间，将 6 只来自广东惠东海龟国家级自然保护区人工培育 2~14a 的幼年海龟，分为夏季组及冬季组，在其背甲上安装追踪器，6 只幼年绿海龟的洄游路线详见图 3.2.13-13。

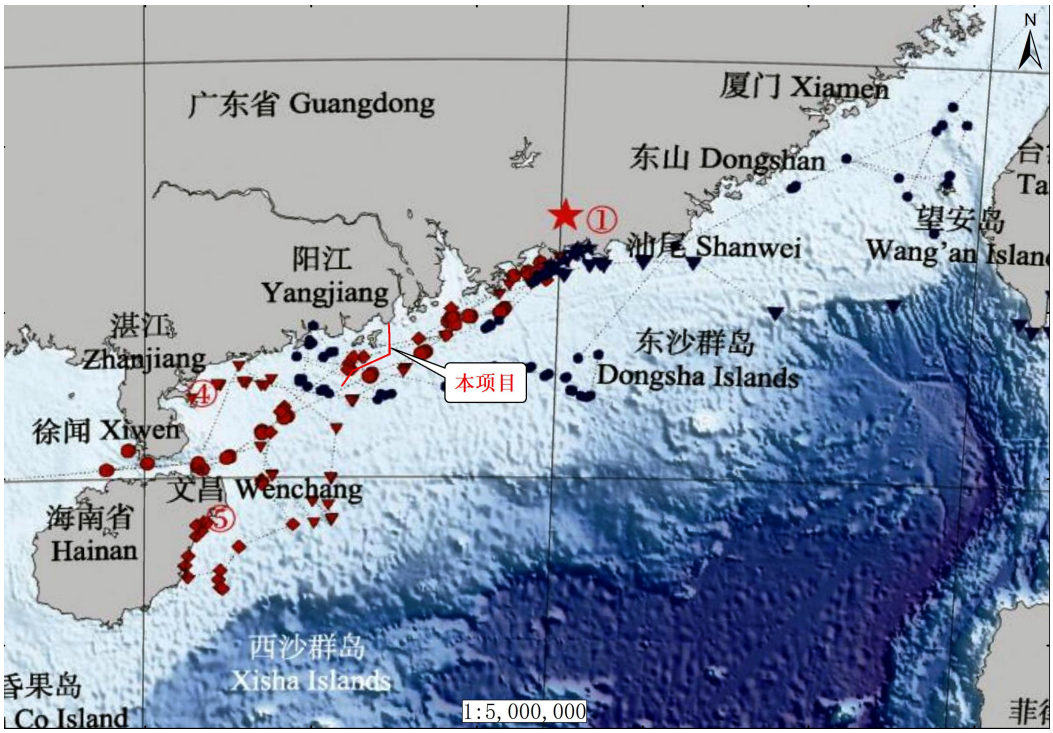


图 3.2.13-13 6 只幼年绿海龟的洄游路线

蓝色和红色路线分别代表追踪终点时间在夏季和冬季的幼年绿海龟洄游路线；① ~ ⑥分别代表编号分别为 73040、 70464、 65415、 40470、53744、 52694 幼年绿海龟的终点位置； ★为起点，广东惠东海龟国家级自然保护区海龟产卵场沙滩。 GEBCO Bathymetry. 海洋大体水深图等深线标尺，不同颜色代表不同的海水深度。

根据图 3.2.13-11~图 3.2.13-13 可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程海域曾有海龟出没，但工程海域不是海龟的主要活动区域。

3.2.14典型生态系统调查

2024 年 4 月，自然资源部南海生态中心根据《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 5 部分：珊瑚礁》中的有关技术要求，利用船载水下便携式摄像设备和人工潜水等技术手段在项目附近海域开展《江门川岛海上风电项目造礁石珊瑚群落现状调查》，以掌握项目周边海域造礁石珊瑚分布状况和生态状况。

3.2.14.1调查概况

结合现场实际情况，利用船载水下便携式摄像设备和现场人工潜水等技术手段，以 200～500m/条间距布设垂直于岸线的断面，在上川岛东侧岸线（约 35 千米），乌猪洲岛岸线（约 12 千米），铜鼓排（约 1 千米），登入点岸段（约 2 千米）的范围内开展造礁石珊瑚群落分布状况调查，以获取掌握造礁石珊瑚的分布范围和面积。其中，上川岛东侧岸段采用船载水下便携式摄像设备和现场人工潜水方式两种手段交替设置断面开展调查，其余岸段以人工潜水方式开展。实际调查断面点见图 3.2.14-1。

在充分摸查造礁石珊瑚分布边界的前提下，参照团体标准《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第 5 部分：珊瑚礁》（T/CAOE 20.5-2020）布设造礁石珊瑚群落生态调查站位，原则上生态调查站位覆盖所有造礁石珊瑚分布斑块。调查要素包括：造礁石珊瑚种类数、活造礁石珊瑚覆盖率、造礁石珊瑚死亡率、硬珊瑚补充量、造礁石珊瑚白化与病害情况、造礁石珊瑚形态组成。

（内容不公开）

图 3.2.14-1 造礁石珊瑚群落分布状况调查断面点

3.2.14.2调查方法

（1）造礁石珊瑚分布状况调查

采用船载便携式水下摄像设备和现场人工潜水调查相结合的方式沿岸线垂直方向（水深从 0m-20m），按 200～500m/条间距设置珊瑚调查断面，断面调查点间距 10～20m，以 50m 范围内未见造礁石珊瑚作为分布边缘点评判标准，通过浮球和 GPS 定位确定并记录造礁石珊瑚分布边缘点的经纬度。

操作流程如下：

①在划定的调查区域内按照 200～500m 间距设置断面，在海角、底质类

型过渡区增设断面，将断面信息导入移动导航设备。

②驾驶小艇到达预设断面，测量水深，根据水深情况调整小艇位置，小艇尽量靠近岸边。

③采用人工潜水录像、岸边踏勘等方式记录小艇无法到达区域的造礁石珊瑚分布状况，小艇能到达区域采用放下船载便携式珊瑚礁分布调查设备，沿岸线垂直方向（可借助潜水装备中的三联表）每隔 10~20 m（可根据珊瑚礁分布连续程度进行调整）设置 1 个调查点位，放下设备观察，记录影像和经纬度信息，直至造礁石珊瑚与泥沙边界区，然后再沿调查断面往外设置 5 个调查点位，确认 50m 范围内无造礁石珊瑚。

④断面调查过程中记录各截面岸线底质情况。

（2）造礁石珊瑚生态状况调查

①断面设置和样带铺设

在 2m～4m、5m～7m 和 9m～12m 处沿等深线布设 1 条～3 条断面，断面之间相互平行，断面长度 50m。若珊瑚实际分布水深超过 12m，应布设 3 条断面，各断面水深可适当调整。按断面布设要求铺设大于 50m 的样带皮尺，作为一条断面。

铺设样带皮尺时，皮尺应拉直，每隔 10m 缠绕固定在礁石上，固定卷尺起点和终点，并放置浮球，标示位置，记录断面起点和终点的位置及水深。

断面皮尺铺设完后，依次开展珊瑚群落、硬珊瑚补充量等项目现场拍摄工作。第一次调查时，应尽可能用钢钉和浮球等工具标识断面位置，并记录经纬度。

②造礁石珊瑚群落调查

一名调查技术人员手持摄像机，镜头离样带 0.2m～0.3m，从起点开始沿

样带皮尺缓慢匀速游动，镜头垂直向下对准皮尺，拍摄皮尺和皮尺下面的生物和基质，镜头画面应避免晃动，保证清晰。一直拍摄到样带皮尺终点为止，录像时长至少 10min。

另一名调查技术人员在录像人员之后微距拍摄样带皮尺下各种类造礁石珊瑚照片，并少量采集稀有种类标本。

③硬珊瑚补充量调查

在断面两侧各 2.5m 范围内随机放置 10 个 50cm×50cm 样方或 40 个 25cm×25cm 样方，拍摄样方照片。

3.2.14.3调查结果

本次调查海岸线约 50km，累计完成调查断面 143 条，其中有造礁石珊瑚分布的断面 21 条，乌猪洲西南部的海湾内是集中分布区在。造礁石珊瑚沿海岸水下陡坡生长，生长水深多在 10m 以浅，水深 6～8m 最为集中。造礁石珊瑚分布带宽度窄，宽度范围约 15～35m，共划定造礁石珊瑚分布面积约 6.22 公顷。样带定量调查共发现造礁石珊瑚 4 科 5 属 6 种，各种类均以生长速度慢、环境耐受性强的皮壳状形态出现，澄黄滨珊瑚占绝对优势。各站位活造礁石珊瑚覆盖率范围为 0.8%～12.0%，平均 6.9%；硬珊瑚补充量变化范围为 0.0~0.8 个/平方米，平均 0.5 个/平方米，造礁石珊瑚新生幼体补充不足；未发现造礁石珊瑚出现白化、死亡和病害情况。

此外，乌猪洲东南部和围夹岛西北面个别断面发现极少个体的造礁石珊瑚，不成规模，因此乌猪洲东南部和围夹岛西北面不划定造礁石珊瑚群落分布范围和面积。

（内容不公开）

图 3.2.14-2 造礁石珊瑚分布图

3.2.15“三场一通道”分布情况

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

（1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2.15-1 和图 3.2.15-2,本工程部分位于南海中上层鱼类产卵场内和南海底层、近底层鱼类产卵场。

（2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域（图 3.2.15-3），管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目部分位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

（3）南海区幼鱼、幼虾保护区

根据《南海区水产资源保护示意图》（1985 年 8 月）确定、2002 年农业部发布 189 号文公布的幼鱼幼虾保护区范围，幼鱼幼虾保护区位于广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域（图 3.2.15-4），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，主要功能为渔业水域，保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。本项目部分位于南海区幼鱼、幼虾保护区内，保护期为 3 月 1 日至 5 月 31 日。

（4）黄花鱼幼鱼保护区

黄花鱼幼鱼保护区共有 4 处。一为粤东汕头外表角至勒门列岛、南澳岛饶

平宫口头一带内海，保护期为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；二为海丰县遮浪横至惠东县平海角 20 米水深以内海域，保护期也为每年的 11 月 1 日至翌年 1 月 31 日；三为上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小至洲），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日；四为湛江港口至硇州岛周围 20 米水深以内海域，保护期亦为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。本项目部分位于上、下川岛周围 20 米水深以内海域（大小至洲）黄花鱼幼鱼保护区。

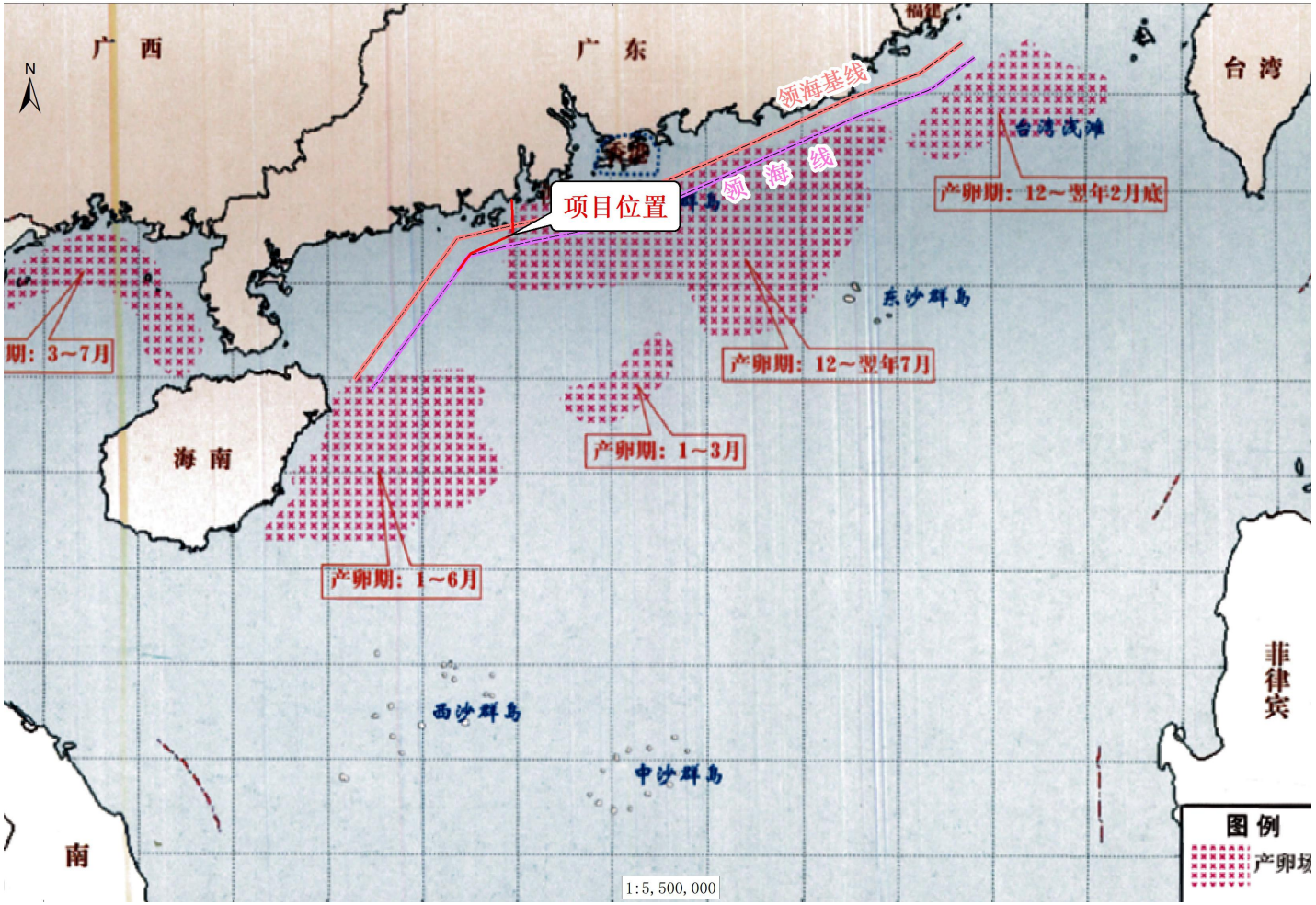


图 **3.2.15-1** 南海中上层鱼类产卵场示意图

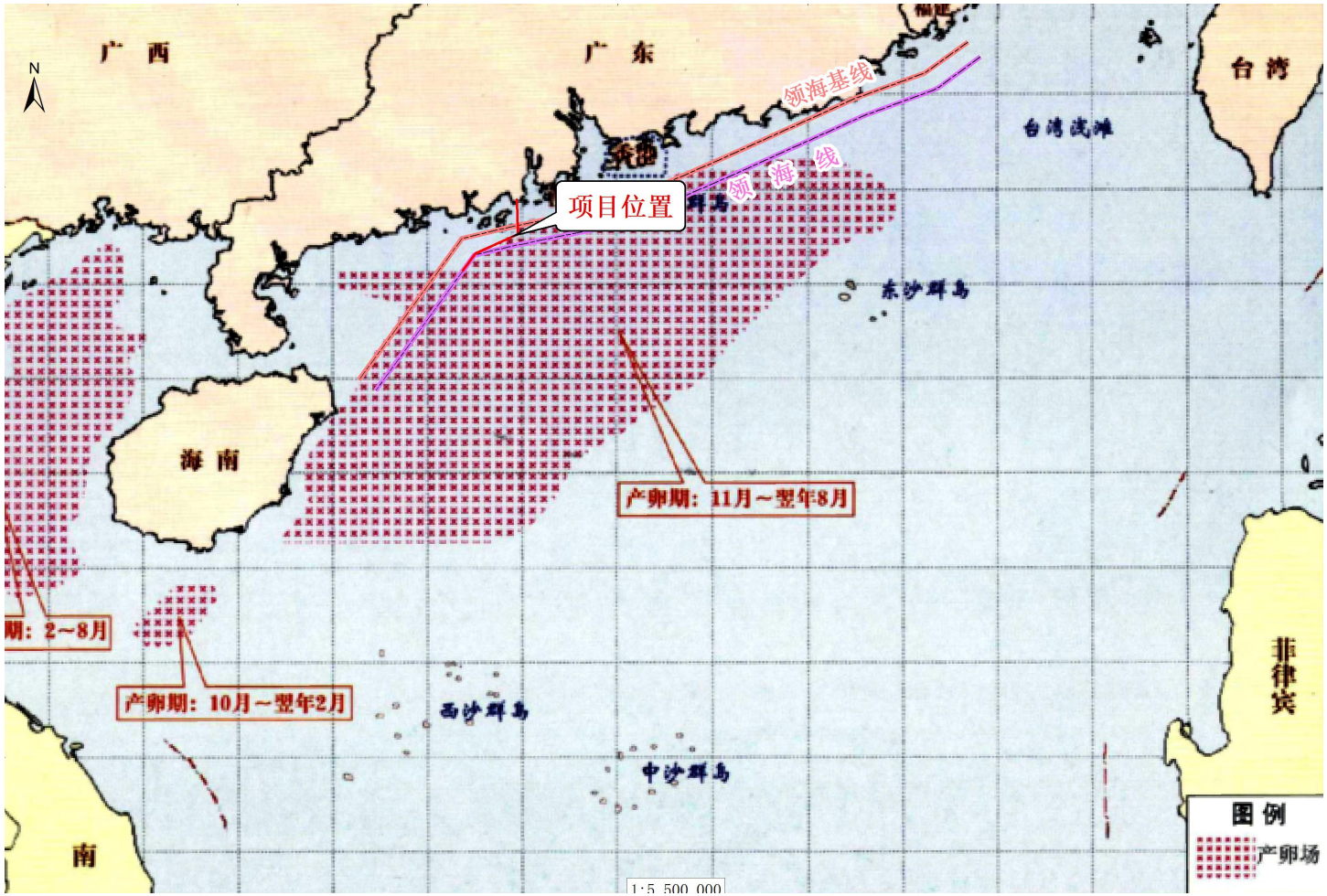


图 **3.2.15-2** 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

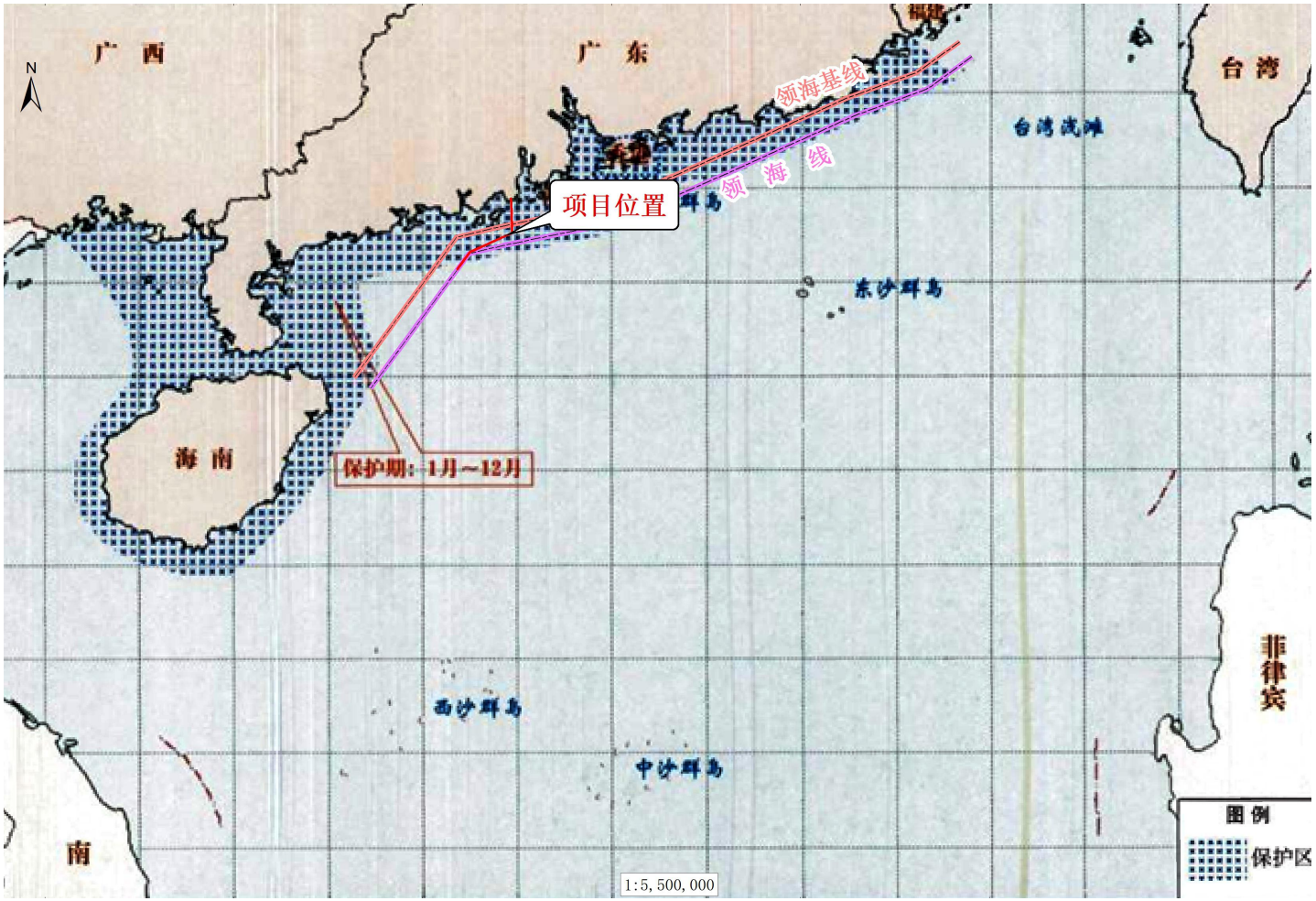


图 **3.2.15-3** 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

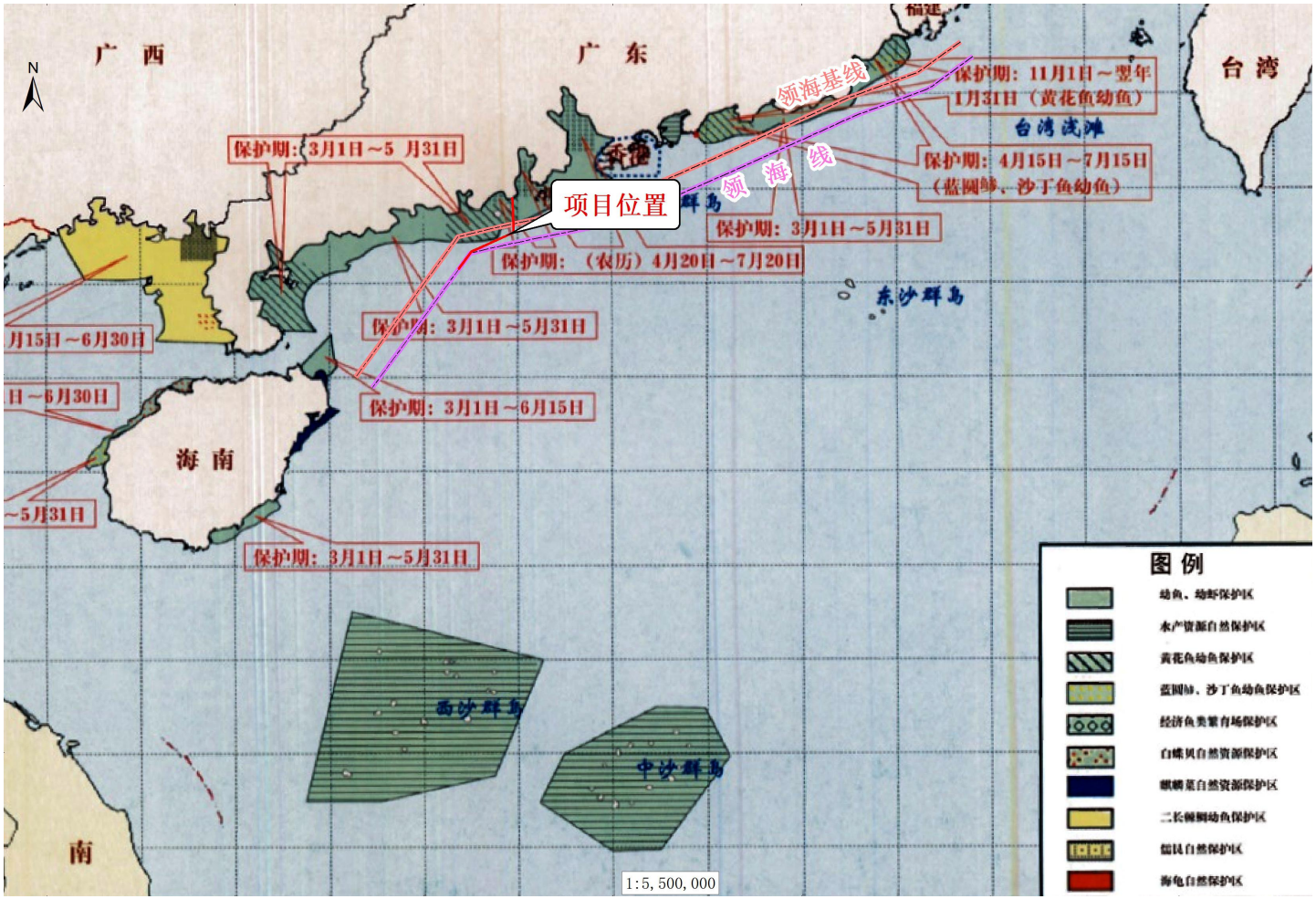


图 **3.2.15-4** 幼鱼幼虾保护区范围示意图

4 资源生态影响分析

4.1生态评估

4.1.1水文动力环境影响分析

4.1.1.1三维水动力模式

（1）基本方程

三维水动力数学模型是基于三维不可压缩流，雷诺平均化的 N-S 方程，服从 Boussinesq 假定和静水压力假设，它包括了紊流影响以及密度变化，同时包含了温度平衡方程：

①控制方程

1）连续方程

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial uD}{\partial x}+\frac{\partial vD}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial \sigma}=0$$

2）动量方程

$$\frac{\partial uD}{\partial t}+\frac{\partial u^2D}{\partial x}+\frac{\partial uvD}{\partial y}+\frac{\partial uwD}{\partial \sigma}-fvD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial x}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma+F_X$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t}+\frac{\partial uvD}{\partial x}+\frac{\partial v^2D}{\partial y}+\frac{\partial vwD}{\partial \sigma}+fuD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{A_M}{D}\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right]$$

$$-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial y}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma+F_Y$$

$$DF_X=\frac{\partial}{\partial x}\left[2DA_H\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$DF_Y=\frac{\partial}{\partial y}\left[2DA_H\frac{\partial v}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[DA_H\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]$$

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}$$

$$z = \eta, \sigma = 0$$

$$z = -H, \sigma = -1$$

其中：

x、y、z—坐标系三个分量；

D—总水深（m），$D = H + \eta$，H 为平均海平面下水深（m），η为平均海平面起算水位（m）；

u—x 方向（东方向）流速（m/s）；

v—y 方向（北方向）流速（m/s）；

w—σ坐标系流速（m/s），方向为等σ线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速 W 的关系为：

$$w = W - u\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x}\right) - v\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y}\right) - \left(\sigma\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t}\right)$$

f—科氏参数；

g—重力加速度；

A_H—水平湍流粘滞系数，采用 Smagorinsky 公式计算；

A_M—垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得；

ρ_0为参考密度，取 1025kg/m³；

ρ为海水密度，由海水状态方程计算。

②温盐输运扩散方程

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u\frac{\partial CD}{\partial x} + v\frac{\partial CD}{\partial y} + w\frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_M\frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_M D\frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)$$

其中，C 分别代表温度或盐度。K_M为水平扩散系数，取 0.05 A_H，K_v为垂直扩散系数，由双方程湍动能封闭模型求得。

③初始条件

初始速度场、水位场（开边界除外）均为 0。初始温盐场采用 HYCOM 温盐预报数据，分别插值到对应网格与层次。

④边界条件

1）在自由表面上（ $\sigma = 0$ ）：

w (0)=0

$\rho_0 K_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma}) = (\tau_{ax}, \tau_{ay})$ ，τ_{ax}, τ_{ay}为海表风应力在 x、y 方向上的分量。

2）在海底（ $\sigma = -1$ ）：

w (-1)=0

$\rho_w A_M(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma}) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, τ_{bx}, τ_{by}为海底切应力 x、y 方向上的分量。

3）侧边界条件：

在固边界上，流的法向分量恒为零，$\overrightarrow{V}(x, y, \sigma, t) = 0$，无热、盐交换。

外海开边界潮位主要考虑十个分潮，包括四个半日分潮（M_2、S_2、N_2 和 K_2）、四个全日分潮（K_1、O_1、P_1 和 Q_1）和两个浅水分潮（M_4、MS_4），由 TPXO 全球潮汐模型计算获得开边界中每个网格点的调和常数，并用实测资料对其进行了修正后得到开边界中每个网格点的潮位序列。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^{8} A_i f_i \cos(w_i t + (V_0 + u_0) - \varphi_i)$$

式中，η_0 为平均潮位，A 为分潮振幅，ω为分潮角速率，f为交点因子，t是区时，$(V_0 + u_0)$是平衡潮展开分潮的区时初相角，φ为区时迟角。

温、盐边界条件采用 HYCOM 温盐预报数据，分别插值到对应网格与层次。

4）干湿边界

对计算区域内滩地干湿过程，采用水位判别法处理，即当某点水深小于浅水深ε_{dry}（如 0.1m）时，令该处流速为零，滩地干出，当该处水深大于ε_{flood}（如 0.2m）时，参与计算，潮水上滩。

⑤计算方法

对笛卡儿坐标系下的控制方程的归一化：

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial(F_x^I-F_x^V)}{\partial x}+\frac{\partial(F_y^I-F_y^V)}{\partial y}=S$$

其中：

$$U=\begin{bmatrix}h\\ h\bar{u}\\ h\bar{v}\end{bmatrix}$$

$$F_x^I=\begin{bmatrix}h\bar{u}\\ h\bar{u}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2)\\ h\overline{uv}\end{bmatrix},F_x^V=\begin{bmatrix}0\\ hA(2\frac{\partial\bar{u}}{\partial x})\\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial\bar{v}}{\partial x})\end{bmatrix}$$

$$F_y^I=\begin{bmatrix}h\bar{v}\\ h\overline{uv}\\ h\bar{v}^2+\frac{1}{2}g(h^2-d^2)\end{bmatrix},F_y^V=\begin{bmatrix}0\\ hA(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial\bar{v}}{\partial x})\\ hA(2\frac{\partial\bar{v}}{\partial x})\end{bmatrix}$$

$$S=\begin{bmatrix}0\\ gh\frac{\partial d}{\partial x}+f\bar{v}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{xy}}{\partial y})+hu_s\\ gh\frac{\partial d}{\partial y}-f\bar{u}h-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{yy}}{\partial y})+hv_s\end{bmatrix}$$

对于归一化后的方程，在每一个单元上积分，根据高斯定理，将面积分化为线积分

$$\int A_i\frac{\partial U}{\partial t}d\Omega+\int\Gamma_i(F\cdot n)ds=\int A_iS(U)d\Omega$$

进一步简化后得到：

$$\frac{\partial U_i}{\partial t}+\frac{1}{A_i}\sum_{j}^{NS}F\cdot n\Delta\Gamma_j=S_i$$

（2）模型搭建及地形处理

①模型搭建

水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，模型层数分为 5 层，计算三维变量，按稳定性要求$\frac{\Delta t}{2}<\frac{\alpha\cdot\Delta s}{\sqrt{gH_{max}}}$，$\alpha$ =1~3，水流数学模型的计算步长为动态时间步长，取 0.1s~30s。

计算海域的糙率是个综合影响因素，是数值计算中十分重要的参数，与水深、床面形态、植被条件等因素有关，经调试，糙率 n 取值为 0.001。涡粘系数采用 Smagorinsky 公式确定。

$$A=C\Delta x\Delta y\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

式中：u、 v 分别为 x、y 方向的流速分量（m/s）；Δx 为 x 方向网格尺寸，Δy 为 y 方向网格尺寸；C 为常数，计算时通过输入 C 的值来计算涡粘系数，C 可以取 0.25 到 1.0 之间的数，本报告取模型默认参数为 0.28。

本项目为江门川岛一、二海上风电场项目的集中送出工程，包含海上升压站、海上无功补偿站与 2 回 500kV 送出海底电缆。其中，海上升压站为四桩导管架基础，桩径为 4.8m，根开 58m×48m；海上无功补偿站为四桩导管架基础，桩径为 4.3m，根开 48m×48m。项目对潮流的影响表现为四桩导管架基础对水流的影响。升压站和补偿站对水流的影响通过拖曳力模拟，拖曳力 F 可表示为：

$$F=\frac{1}{2}\rho_w C_D A_e V^2$$

其中ρ_w是水的密度，C_D是拖曳系数，A_e为受潮流影响的桩基基础面积，V

是潮流流速。其中，升压站和补偿站分别考虑四桩导管架基础的阻水作用。

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，其优点为计算速度较快，非结构网格可以拟合复杂地形。从外海至近岸海域区网格尺寸逐渐减小，其中近岸海域网格尺寸为 50~100m，外海网格尺度约 1km。工程海域附近网格进行局部加密，最小网格尺寸约 30m。模型网格图见图 4.1.1-1。模型计算时间为 2024 年 6 月 15 日 0:00~2024 年 7 月 2 日 0:00。

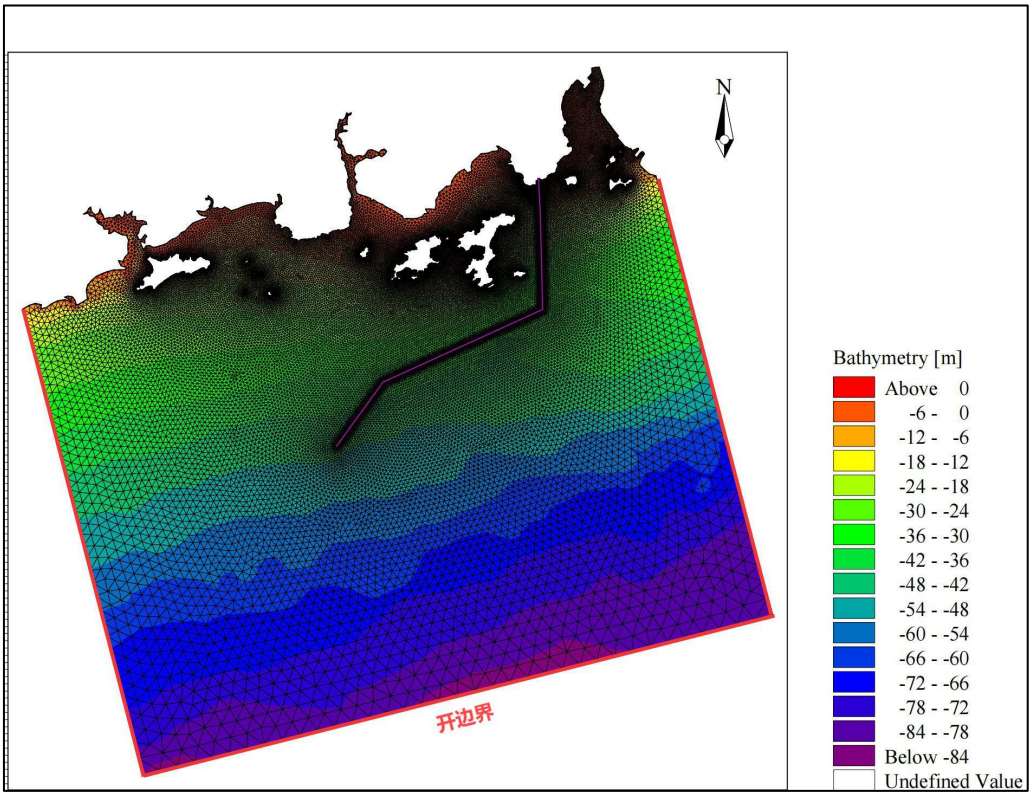


图 4.1.1-1 模型计算范围

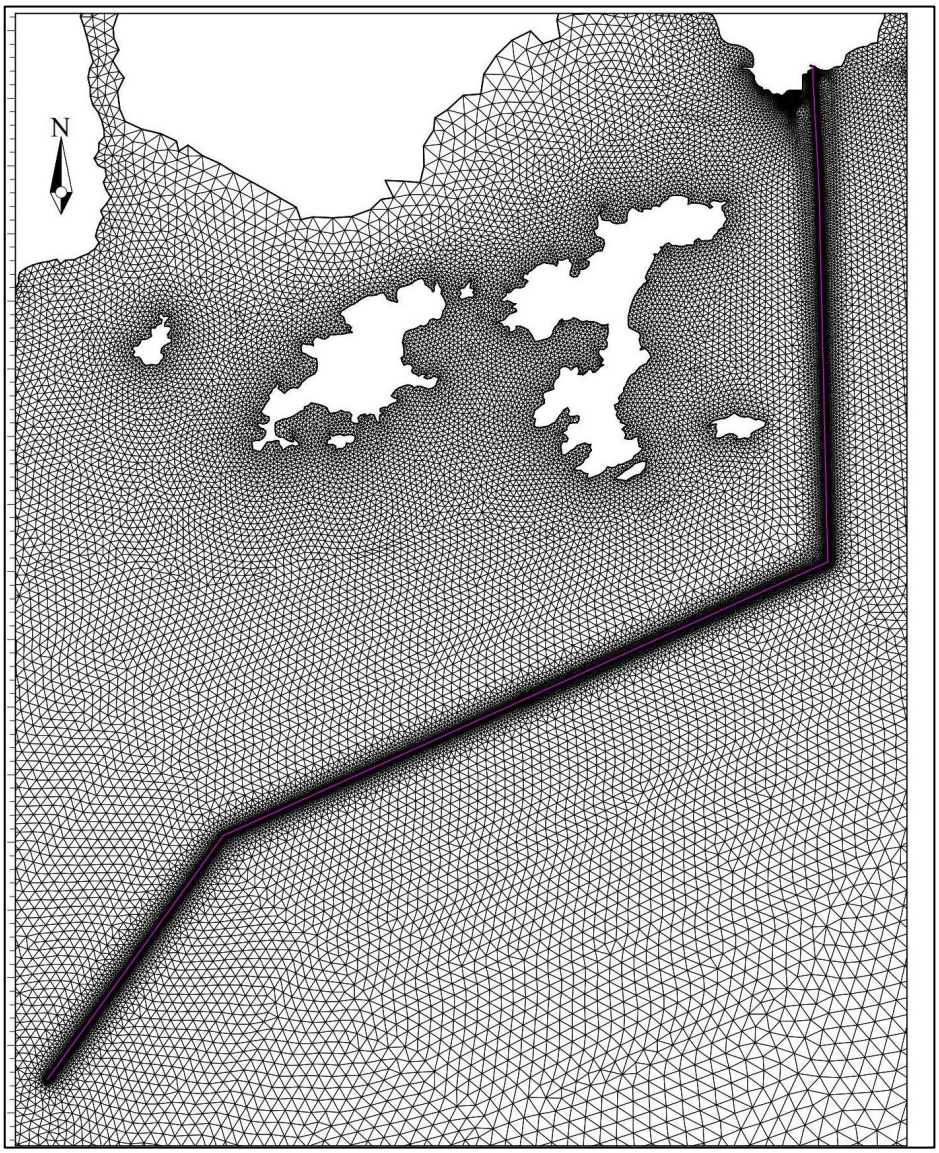


图 4.1.1-2 项目附近海域网格加密

②水深地形与风场资料

数学模型计算时，依据中华人民共和国海事局出版海图（85001 上川岛至海陵岛，1：150000，2012 年）融合 ETOP1 全球地形数据库水深资料以及项目区实测水下地形确定水深，并将水深统一换算至 1985 国家高程基准。采用三角插值的方法将高程散点插值到各网格节点。模型风场数据采用 ERA5 再分析逐时资料。

③边界处理

外海开边界潮位主要考虑十个分潮，包括四个半日分潮（M_2、S_2、N_2 和 K_2）、四个全日分潮（K_1、O_1、P_1 和 Q_1）和两个浅水分潮（M_4、MS_4），由 TPXO 全球潮汐模型计算获得开边界中每个网格点的调和常数，并用实测资料对其进行了修正后得到开边界中每个网格点的潮位序列。

（3）模型验证

①验证资料

利用《国能江门川岛海上风电项目集中送出工程项目附近海域全潮海洋水文测验技术报告》（2024 年 7 月）中潮位、流速、流向等实测资料进行模型验证，包括 6 个水文站位（CDL1、CDL2、CDL3、CDL4、CDL5、CDL6）和 3 个潮位观测站位（CDC1、CDC2 和 CDC3 站位），站位位置见图 4.1.1-3。

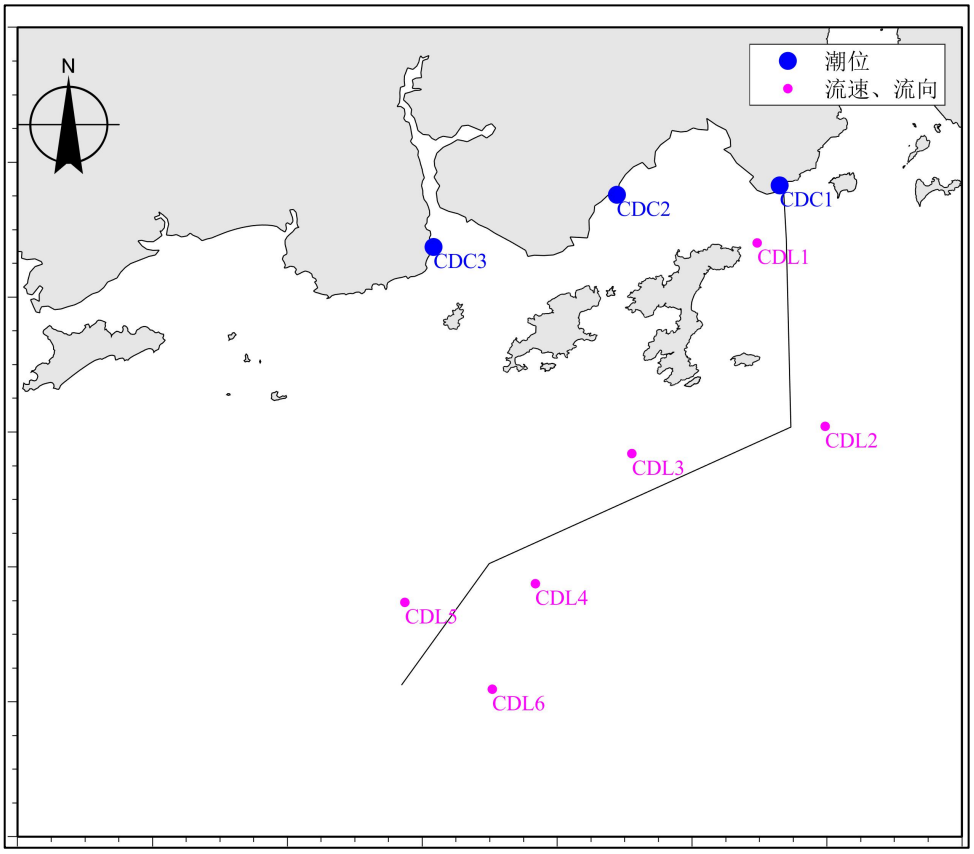


图 4.1.1-3 项目附近海域水文调查站位图

②验证结果

各潮位站潮位以及流速过程验证结果见下图。验证结果表明：潮位站和流速点的计算潮位、流速、流向和实测值基本吻合，个别站点计算流速与实测流速的误差稍大（可能由于地形资料和边界条件的偏差引起），所建立的工程范围海域潮流数学模型合理可信，基本反映了项目所在海域整体的潮流运动规律；工程海域潮流点的计算流速、流向和实测值吻合较好，相位差基本控制在 0.5h 以内，流速值的相对误差基本在 20%以内，表明所建模型能够反映项目所在海域潮流的变化特征，可用来模拟研究工程实施造成的水动力变化情况。

1）潮位验证

潮位验证结果见图 4.1.1-4～图 4.1.1-6。

表 4.1.1-1 各个站点潮位验证总体偏差表（单位：m）

站位	CDC1	CDC2	CDC3
绝对平均误差	0.0836	0.0974	0.0941

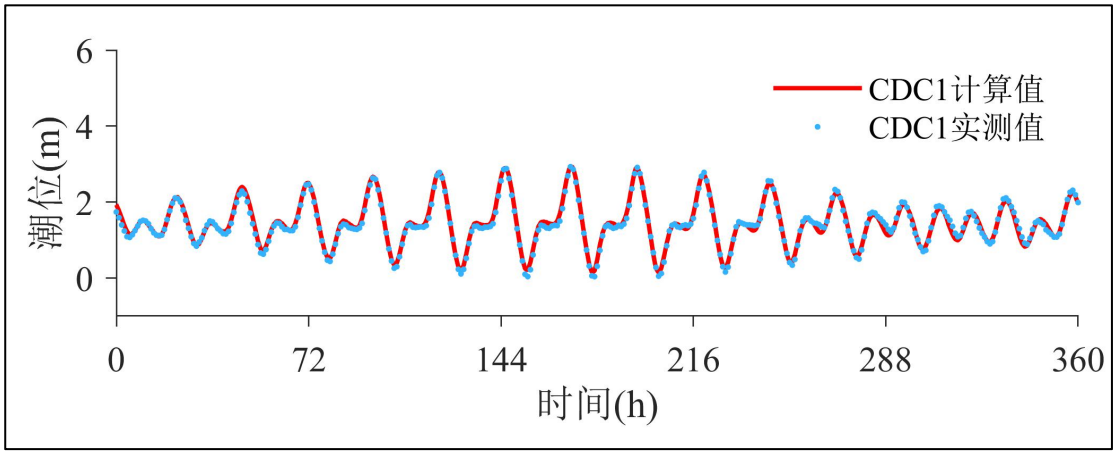


图 4.1.1-4 CDC1 站潮位验证曲线

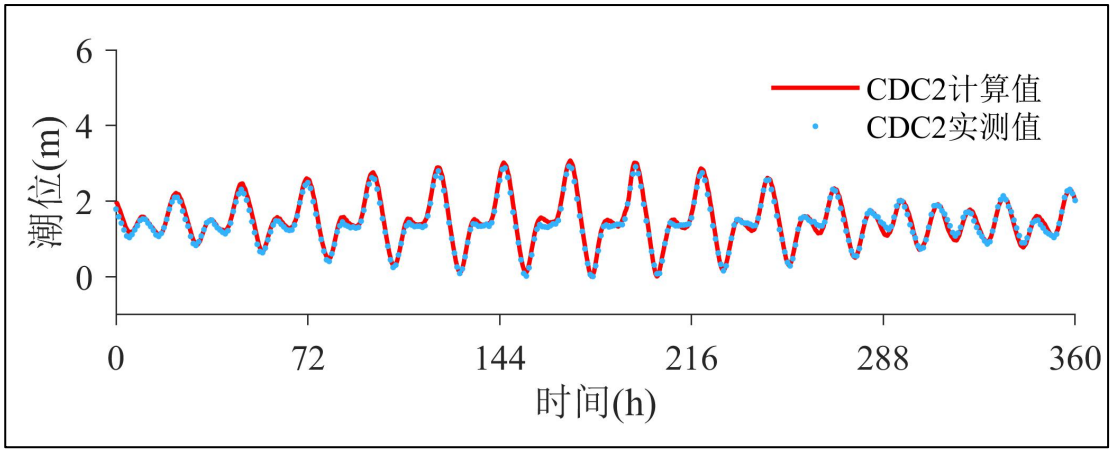


图 4.1.1-5 CDC2 站潮位验证曲线

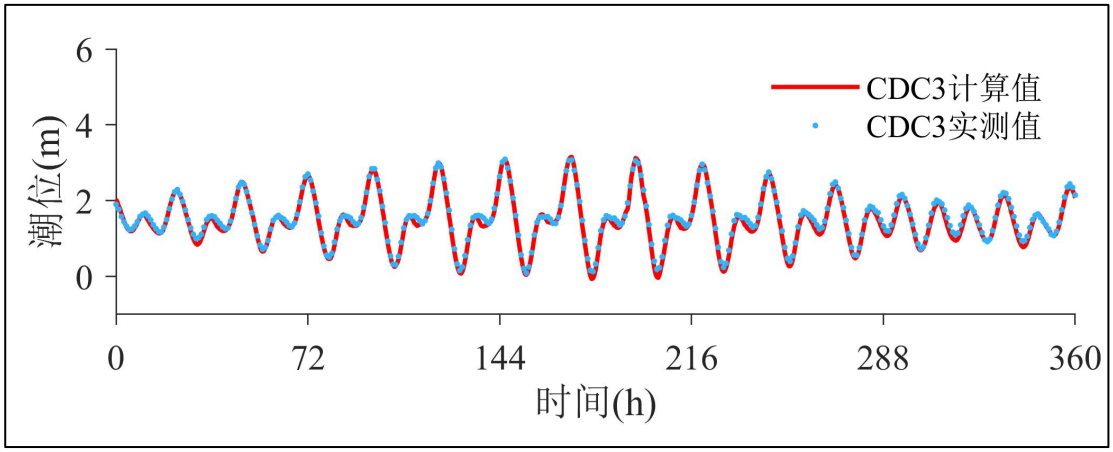


图 4.1.1-6 CDC3 站潮位验证曲线

2）流速流向结果验证

流速流向验证结果见图 4.1.1-7～图 4.1.1-12。模型计算站位流向与实测流向基本吻合，仅个别站点在转流时刻附近出现一定偏差，站点的模型计算流速与实测流速量值基本吻合。

总体而言，模型验证的潮位、流速-流向与实测值基本吻合，可认为模型基本反映了工程海域的潮流场运动特征，可作为本项目水动力环境、悬沙扩散、冲淤环境等方面预测计算的基础。

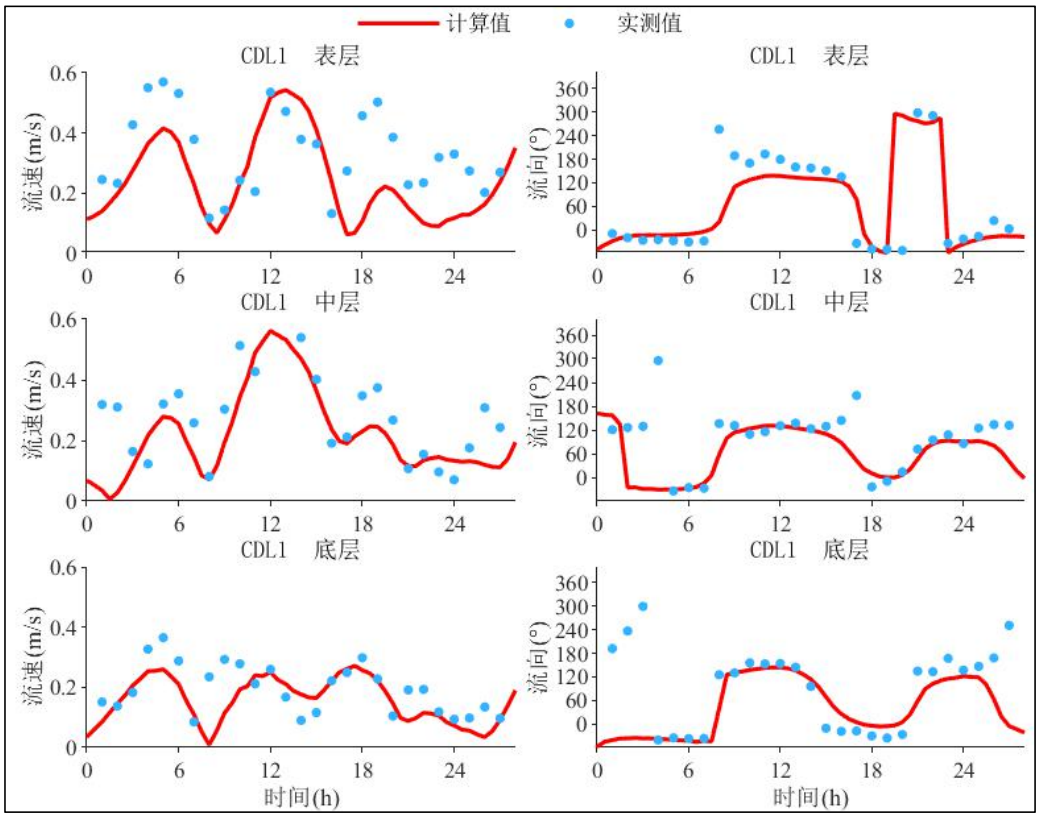


图 **4.1.1-7 CDL1** 站流速、流向验证（**2024** 年 **6** 月 **19** 日 **17:00~20** 日 **19:00**）

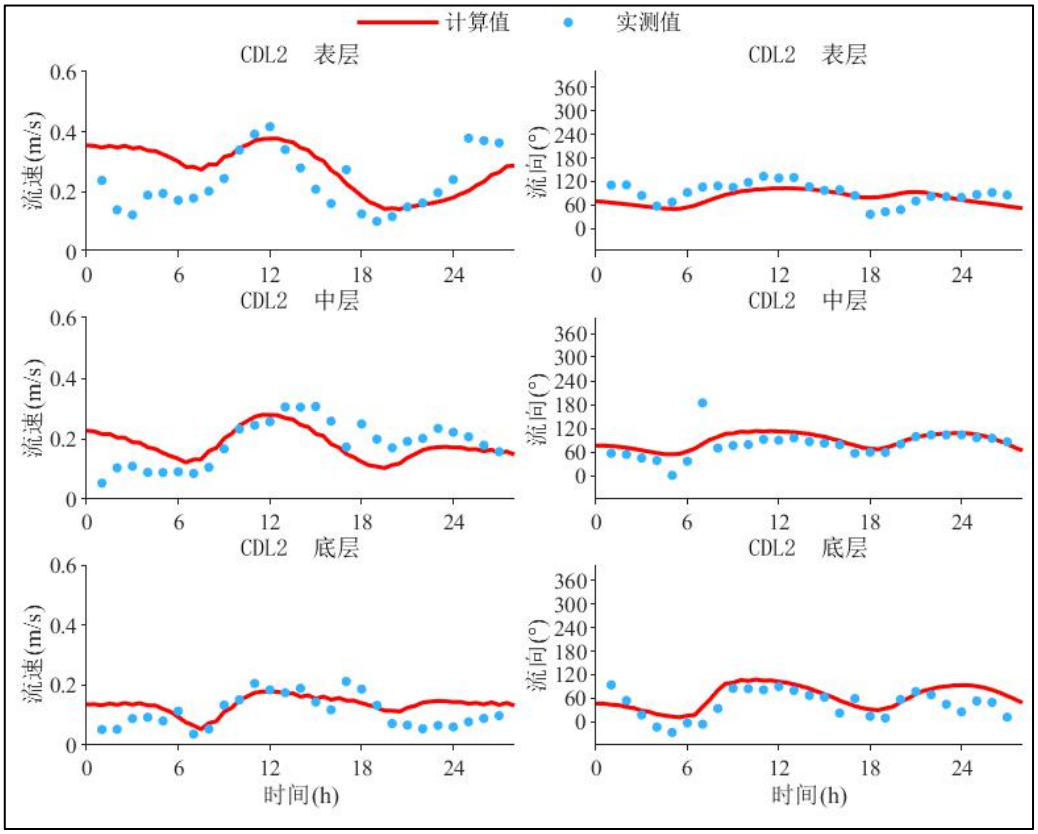


图 **4.1.1-8 CDL2** 站流速、流向验证 （**2024** 年 **6** 月 **19** 日 **17:00~20** 日 **19:00**）

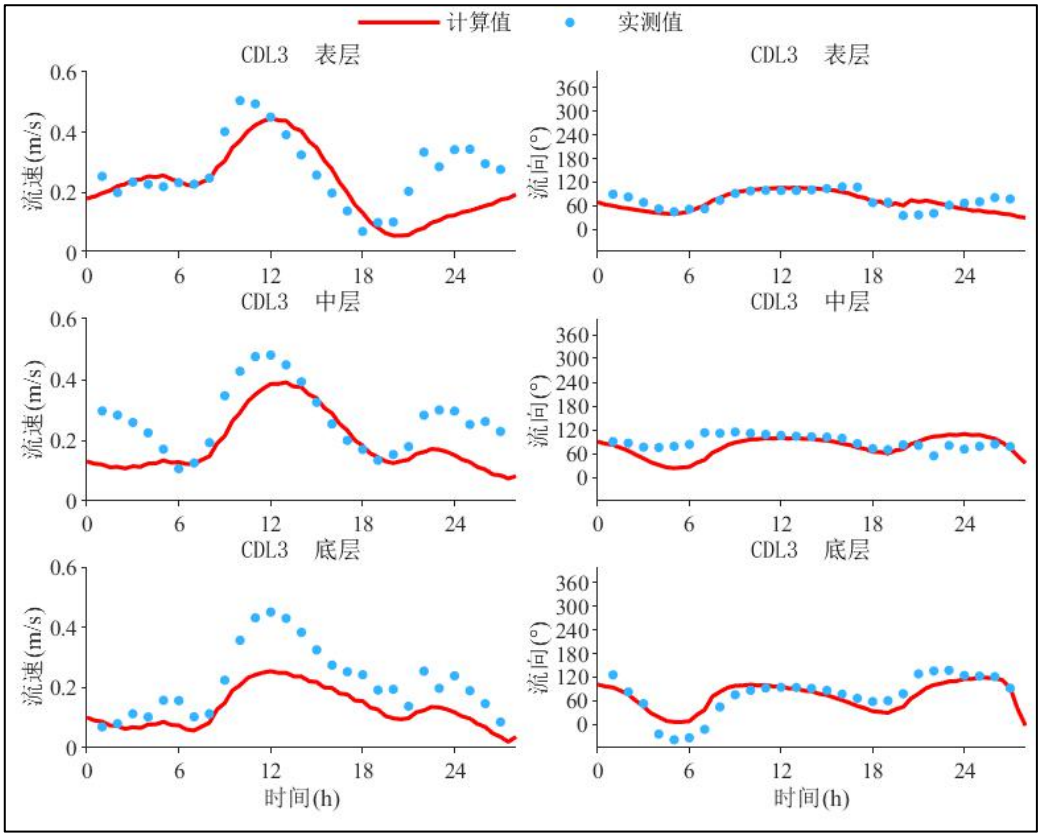


图 **4.1.1-9 CDL3** 站流速、流向验证（**2024** 年 **6** 月 **19** 日 **17:00~20** 日 **19:00**）

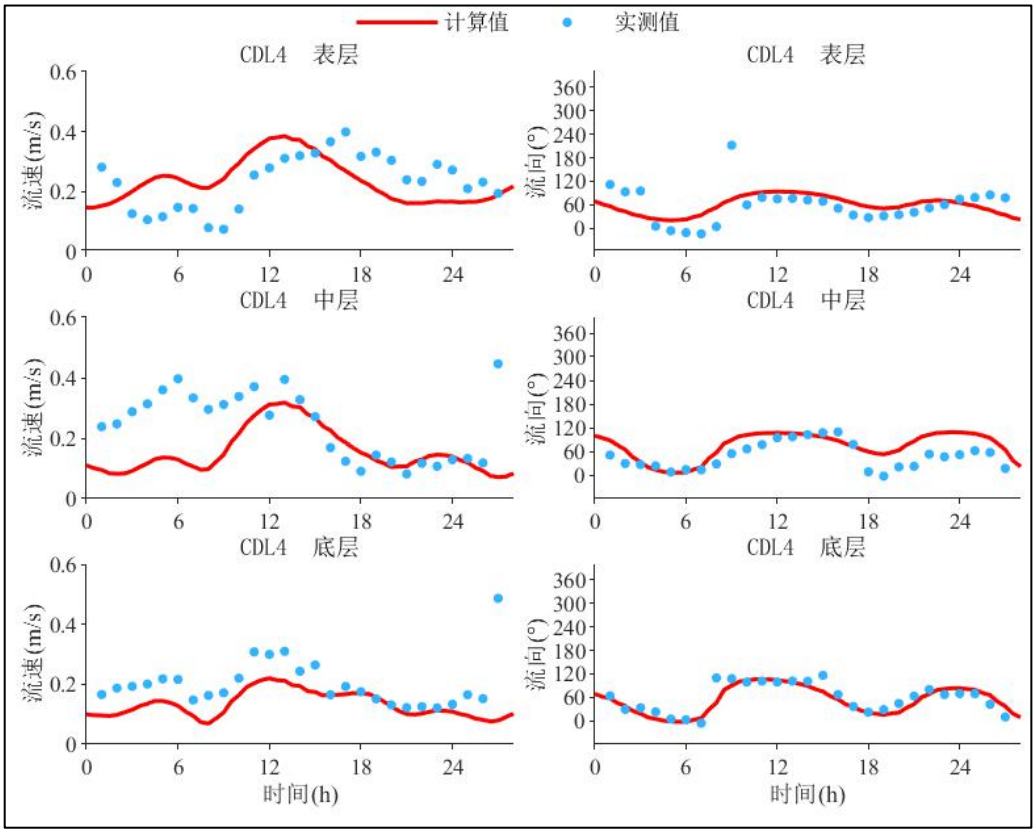


图 **4.1.1-10 CDL4** 站流速、流向验证（**2024** 年 **6** 月 **19** 日 **17:00~20** 日 **19:00**）

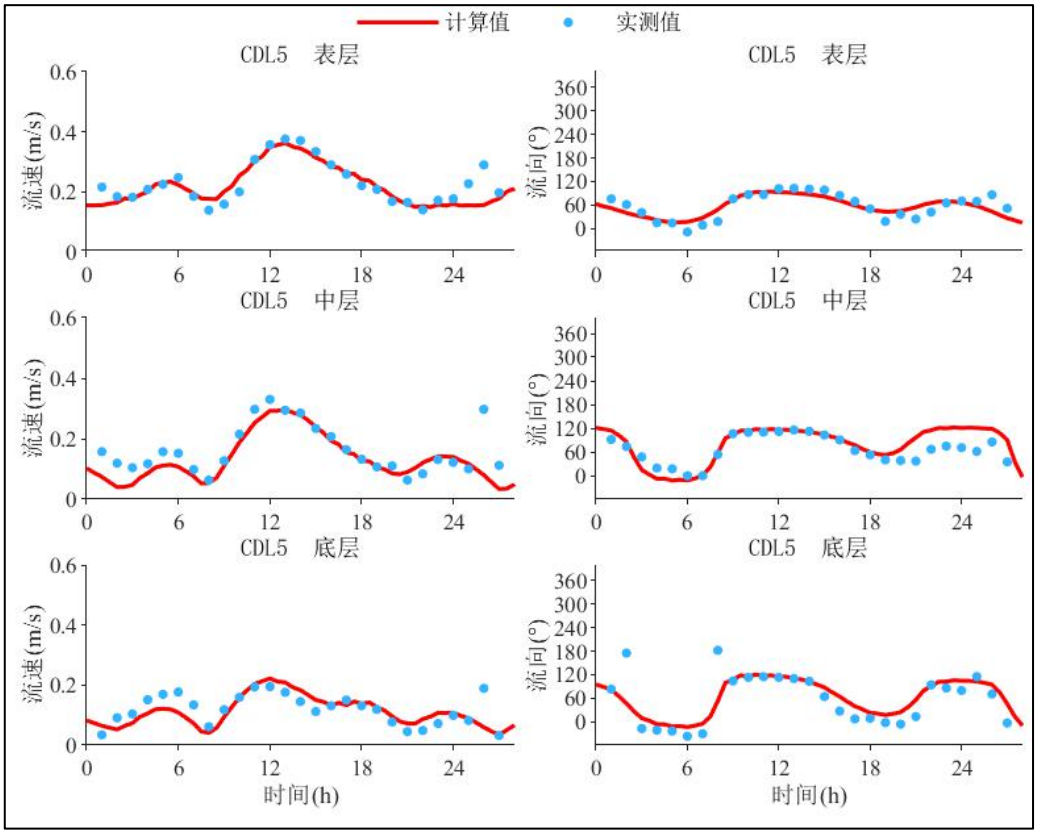


图 4.1.1-11 CDL5 站流速、流向验证（2024 年 6 月 19 日 17:00~20 日 19:00）

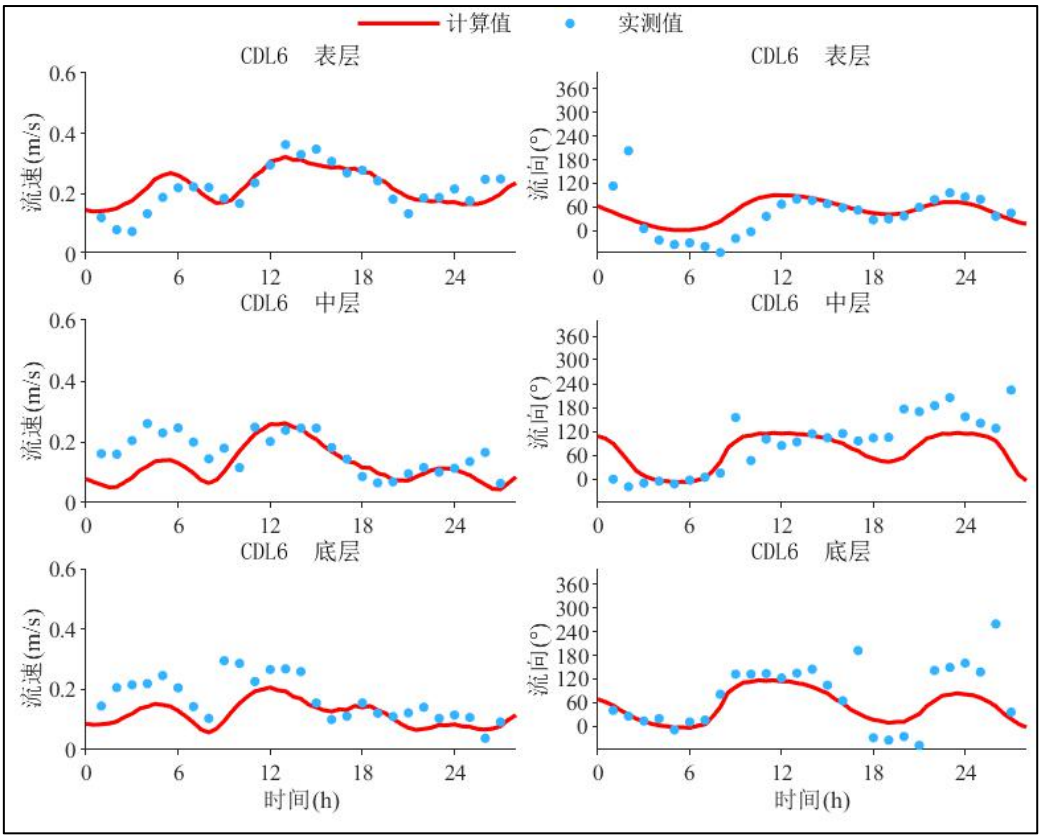


图 4.1.1-12 CDL6 站流速、流向验证（2024 年 6 月 19 日 17:00~20 日 19:00）

4.1.1.2工程前潮流场分析

采用经过验证的潮流数学模型，对工程前 2024 年 6 月大潮期间的潮流场进行分析。图 4.1.1-13、图 4.1.1-14 为工程前涨急流场图和落急流场图。

模拟结果显示,本项目附近海域潮流呈往复流,由于夏季受西南季风的影响,外海涨潮流整体上从 SSW 向 NNE，涨潮流表底层流向基本一致，涨急流速为 0.2~0.3m/s；落潮流表底层流向有一定偏转，表层为从 W 向 E，底层为从 NW 向 SE，落急流速为 0.3~0.4m/s。

近岸涨潮流整体上从 S 向 E，涨潮流表底层流向基本一致，涨急流速为 0.3~0.6m/s；落潮流整体上从 NW 向 SE，落潮流表底层流向基本一致，落急流速为 0.3~0.6m/s。总体上，表层流速略大于底层流速。

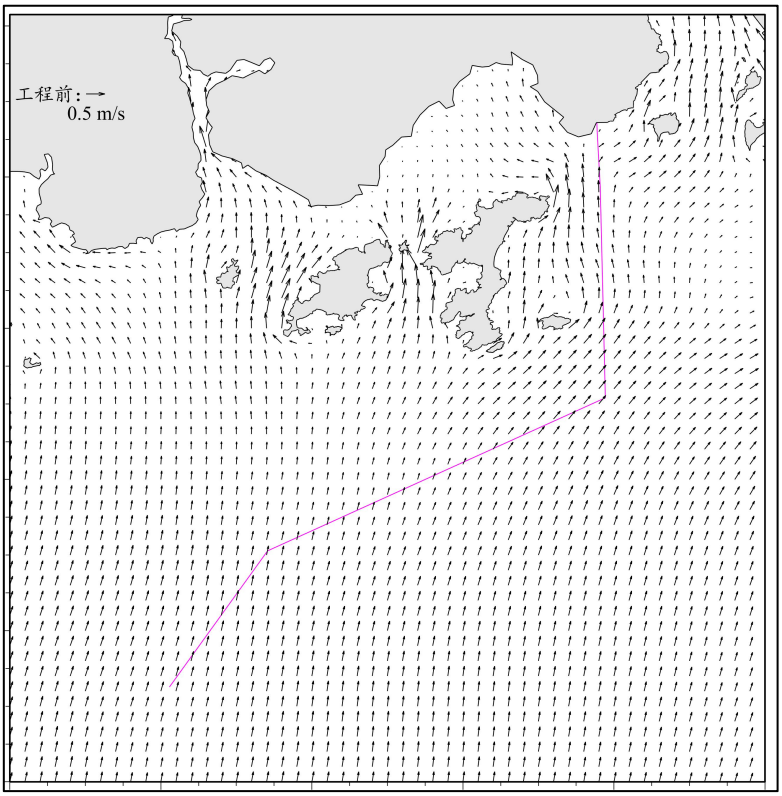


图 4.1.1-13a 工程前工程海域大潮涨急流场（表层）

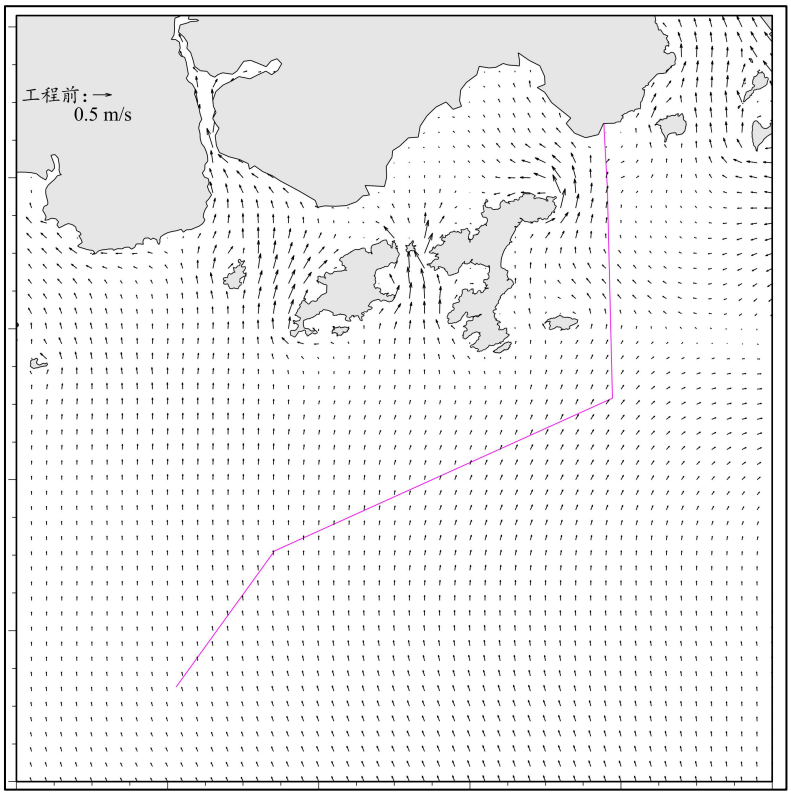


图 **4.1.1-13b** 工程前工程海域大潮涨急流场（中层）

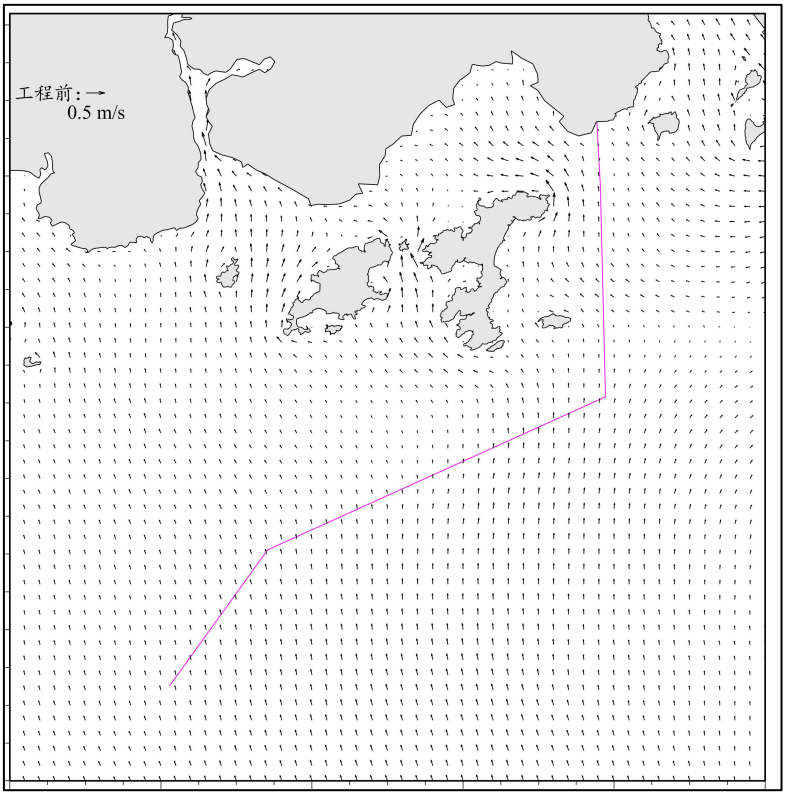


图 **4.1.1-13c** 工程前工程海域大潮涨急流场（底层）

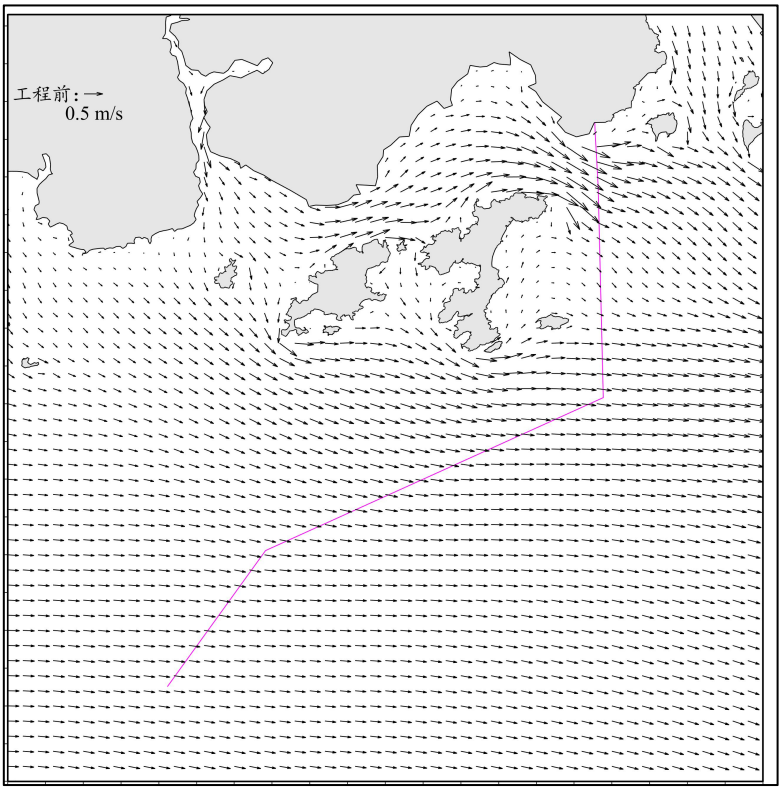


图 **4.1.1-14a** 工程前工程海域大潮落急流场（表层）

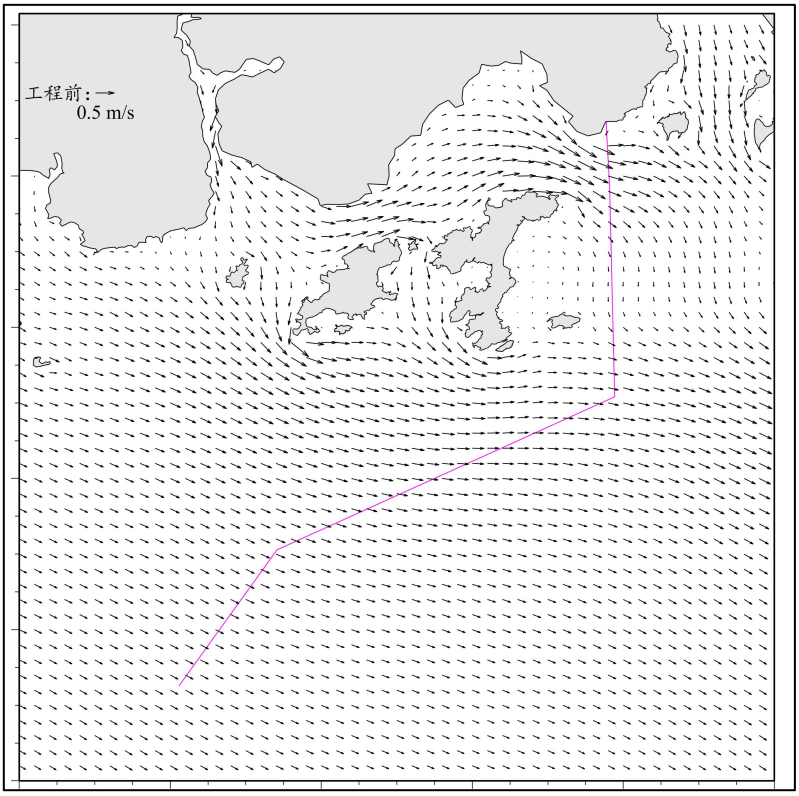


图 **4.1.1-14b** 工程前工程海域大潮落急流场（中层）

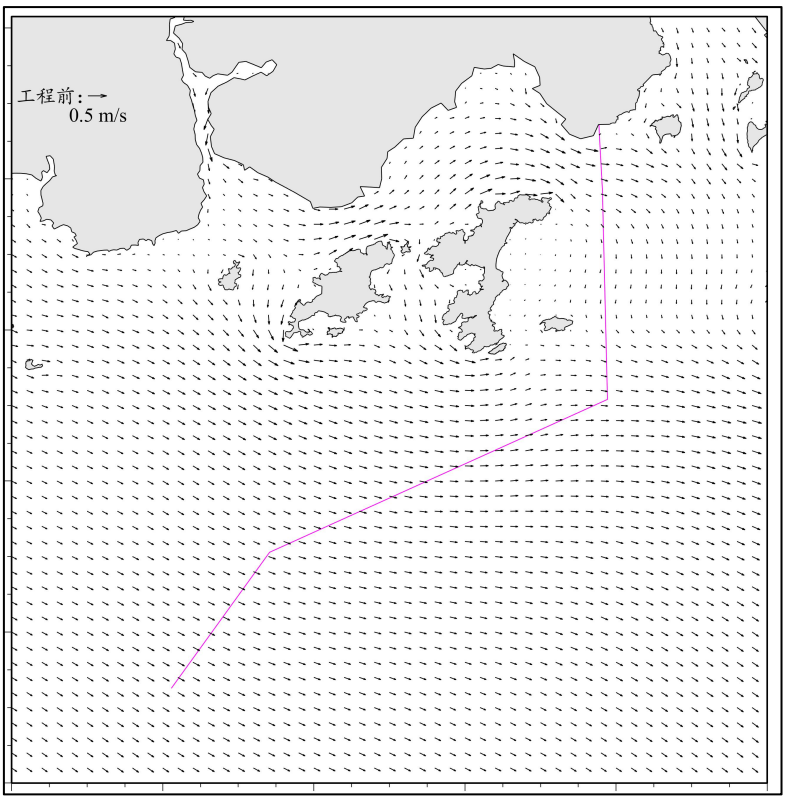


图 4.1.1-14c 工程前工程海域大潮落急流场（底层）

4.1.1.3工程后对潮流场影响分析

本项目涉海工程主要有海底电缆、海上升压站和海上无功补偿站，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升压站和海上无功补偿站。

为了分析工程实施后对附近水域潮流动力环境的影响，在升压站和补偿站附近海域分别布置了 12 个代表点进行定量分析。各代表点具体位置分布见图 4.1.1-15。

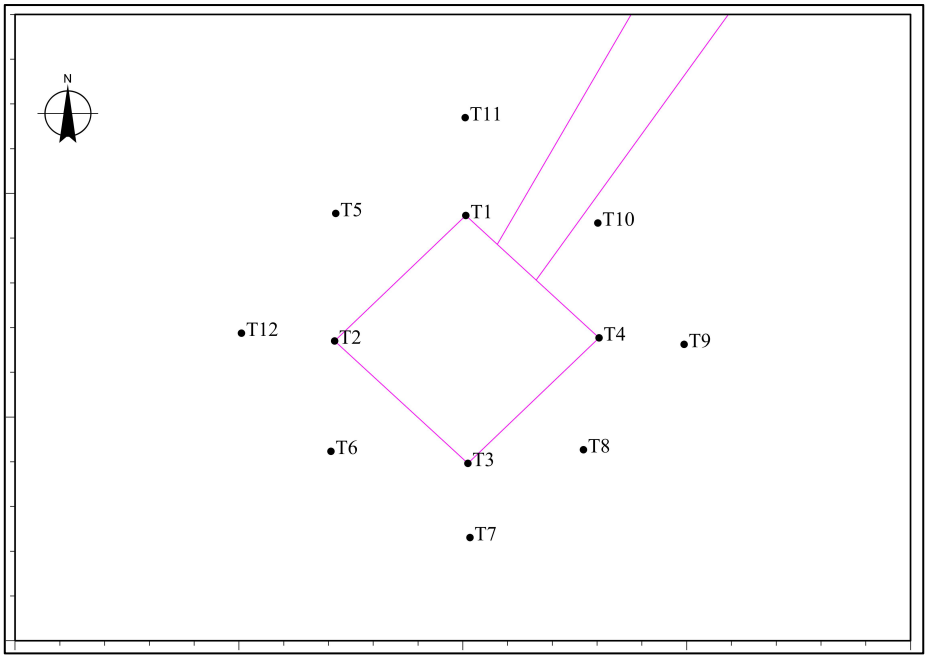


图 4.1.1-15a 项目升压站附近代表点分布示意图

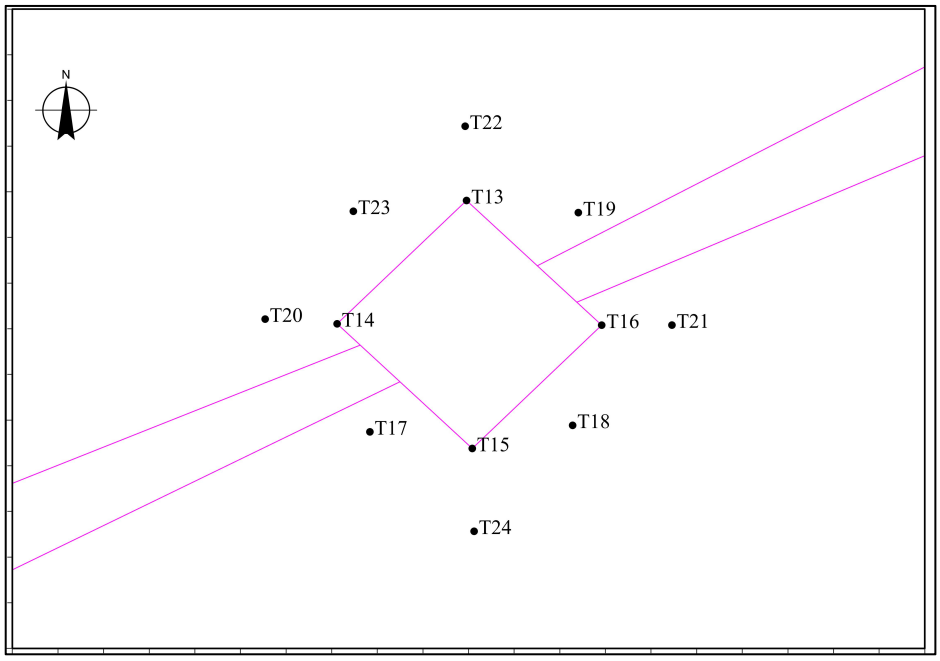


图 4.1.1-15b 项目补偿站附近代表点分布示意图

各代表点工程前后大潮的涨急、落急时刻中层流速流向变化结果见表 4.1.1-2 和表 4.1.1-3。工程实施后升压站和补偿站附近海域各代表点大潮涨急流速变化值位于-0.005~0.001m/s 之间；大潮涨急流向变化值位于-0.6°~0.8°之间；各代表点大潮落急流速变化值位于-0.011~0.001m/s 之间，大潮落急流向变化值位于-0.8°~0.6°之间；

工程实施前后涨落急流场对比图见图 4.1.1-16~图 4.1.1-23。涨急时刻表现为桩基后向北方向（下游）流速减少，落急时刻表现为桩基后向南方向（下游）流速减少。总体上看，由于升压站和补偿站的桩径不大，项目实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

表 4.1.1-2 工程前后中层大潮涨急流速流向变化

代表点	流速（m/s）			流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.110	0.105	-0.005	346.3	346.3	0.1
T2	0.110	0.109	-0.001	346.1	345.6	-0.5
T3	0.109	0.107	-0.002	345.9	345.9	0.0
T4	0.109	0.109	0.000	346.0	346.8	0.8
T5	0.110	0.107	-0.003	346.3	346.1	-0.2
T6	0.109	0.109	0.000	346.0	345.5	-0.5
T7	0.109	0.108	-0.001	345.8	345.5	-0.3
T8	0.109	0.108	-0.001	345.9	346.3	0.4
T9	0.109	0.109	0.000	346.0	346.4	0.4
T10	0.110	0.110	0.000	346.1	346.3	0.1
T11	0.110	0.106	-0.004	346.3	346.1	-0.2
T12	0.110	0.110	0.000	346.2	345.8	-0.4
T13	0.111	0.109	-0.002	13.4	13.4	-0.0
T14	0.111	0.111	0.000	13.5	13.0	-0.5
T15	0.113	0.111	-0.002	14.3	14.1	-0.2
T16	0.113	0.110	-0.003	14.0	13.9	-0.1
T17	0.113	0.111	-0.002	14.1	13.4	-0.6
T18	0.113	0.112	-0.001	14.3	14.7	0.4
T19	0.112	0.108	-0.004	13.6	13.4	-0.1
T20	0.110	0.111	0.001	13.3	12.9	-0.4
T21	0.113	0.112	-0.001	14.2	14.2	0.1
T22	0.111	0.109	-0.002	13.1	13.0	-0.1
T23	0.111	0.111	0.000	13.1	12.8	-0.3
T24	0.114	0.113	-0.001	14.5	14.5	0.0

表 4.1.1-3 工程前后中层大潮落急流速流向变化

代表点	流速（m/s）			流向（° ）		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
T1	0.236	0.234	-0.002	118.7	118.0	-0.8
T2	0.235	0.233	-0.002	118.7	119.0	0.2
T3	0.235	0.232	-0.003	118.7	119.0	0.3
T4	0.236	0.228	-0.008	118.7	118.6	-0.1
T5	0.236	0.233	-0.003	118.7	118.4	-0.4
T6	0.235	0.235	0.000	118.7	119.1	0.4
T7	0.235	0.236	0.001	118.7	118.9	0.3
T8	0.235	0.229	-0.006	118.7	118.6	-0.1
T9	0.235	0.230	-0.005	118.7	118.7	0.0
T10	0.236	0.236	0.000	118.7	118.3	-0.4
T11	0.236	0.236	0.000	118.7	118.2	-0.5
T12	0.235	0.234	-0.001	118.7	119.0	0.3

T13	0.304	0.304	0.000	96.1	95.4	-0.7
T14	0.304	0.299	-0.005	96.2	96.0	-0.3
T15	0.304	0.300	-0.004	96.3	96.9	0.6
T16	0.305	0.294	-0.011	96.2	96.2	-0.0
T17	0.304	0.301	-0.003	96.3	96.9	0.6
T18	0.304	0.297	-0.007	96.3	96.6	0.3
T19	0.305	0.304	-0.001	96.1	95.7	-0.3
T20	0.304	0.301	-0.003	96.2	96.1	-0.1
T21	0.305	0.294	-0.011	96.2	96.5	0.3
T22	0.304	0.305	0.001	96.0	95.5	-0.5
T23	0.304	0.302	-0.002	96.1	95.8	-0.3
T24	0.304	0.304	0.000	96.4	96.8	0.4

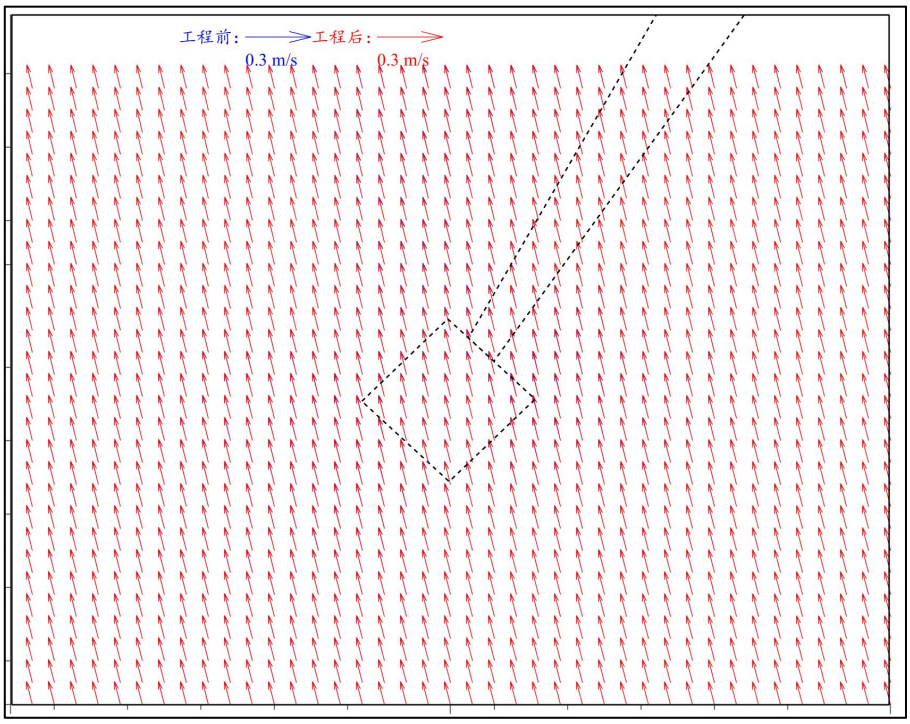


图 **4.1.1-16** 升压站附近工程前后大潮涨急流场对比图（中层）

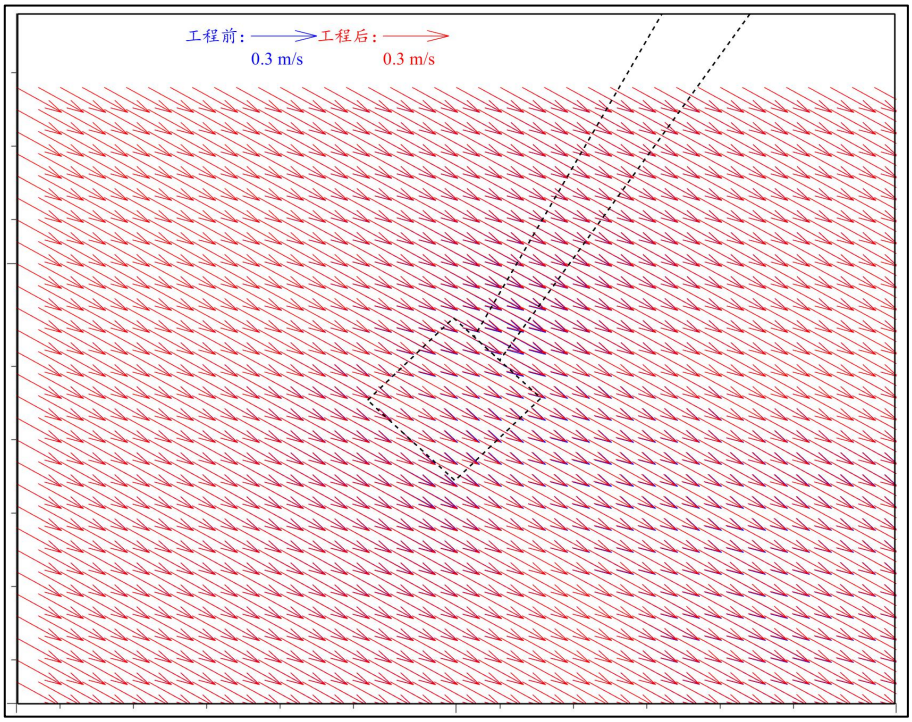


图 **4.1.1-17** 升压站附近工程前后大潮落急流场对比图（中层）

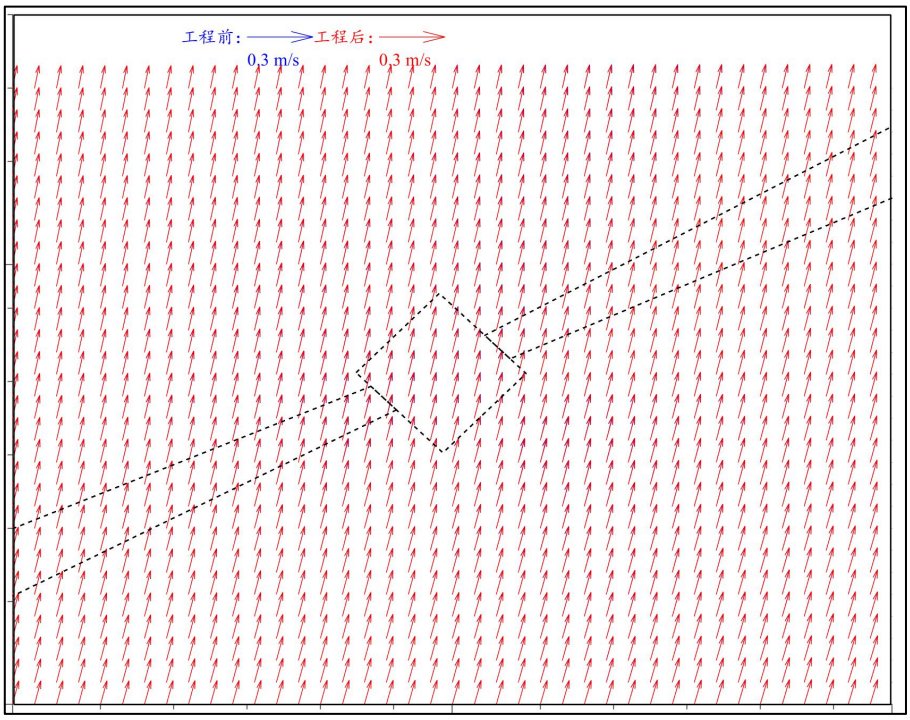


图 **4.1.1-18** 补偿站附近工程前后大潮涨急流场对比图（中层）

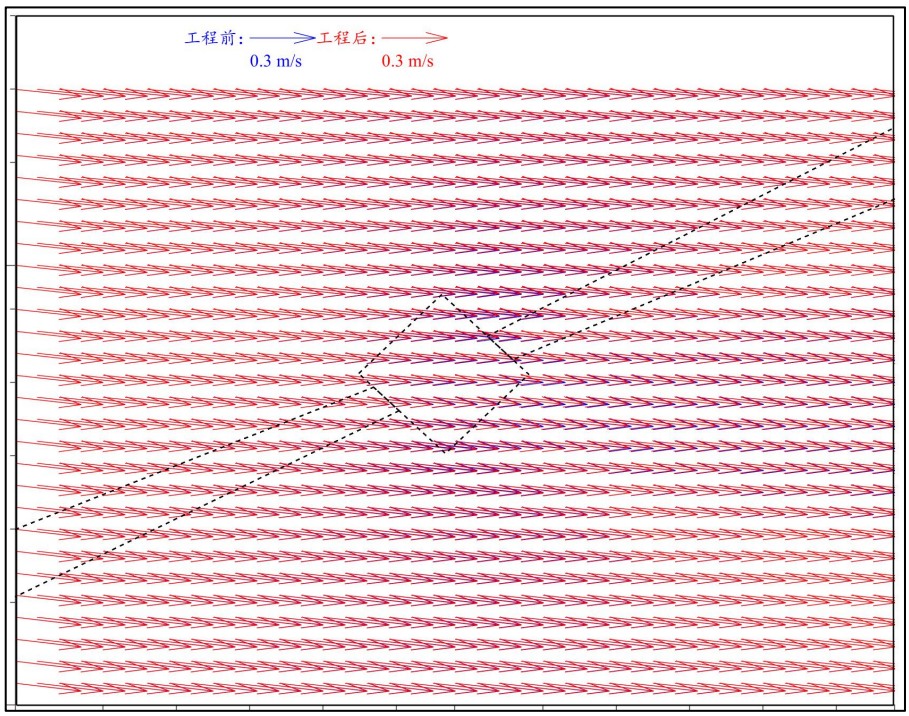


图 **4.1.1-19** 补偿站附近工程前后大潮落急流场对比图（中层）

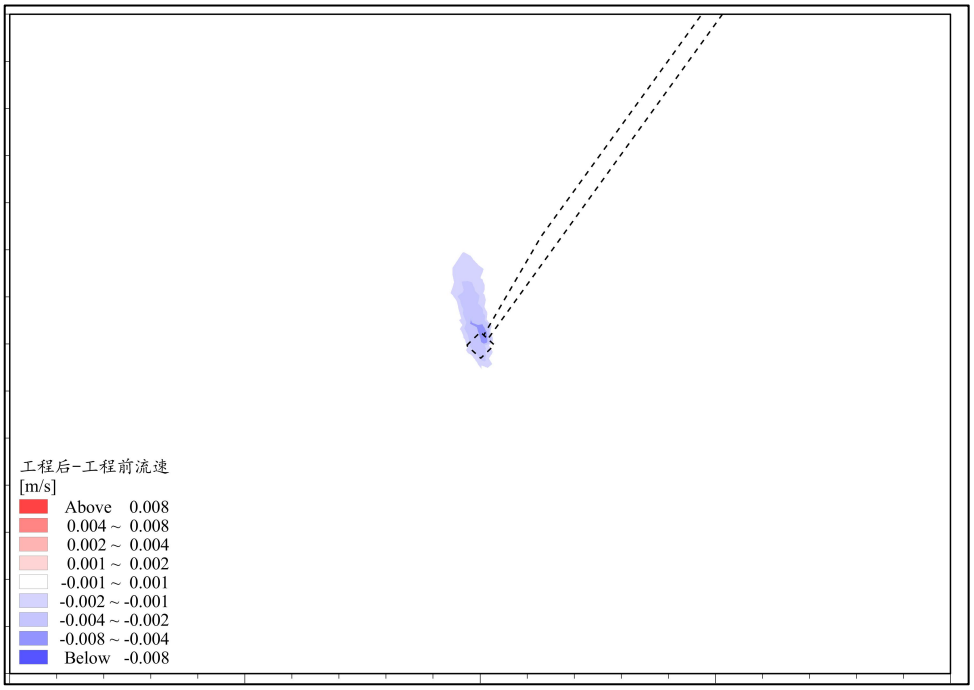


图 **4.1.1-20** 升压站附近工程后-工程前涨急流速变化等值线图（中层）

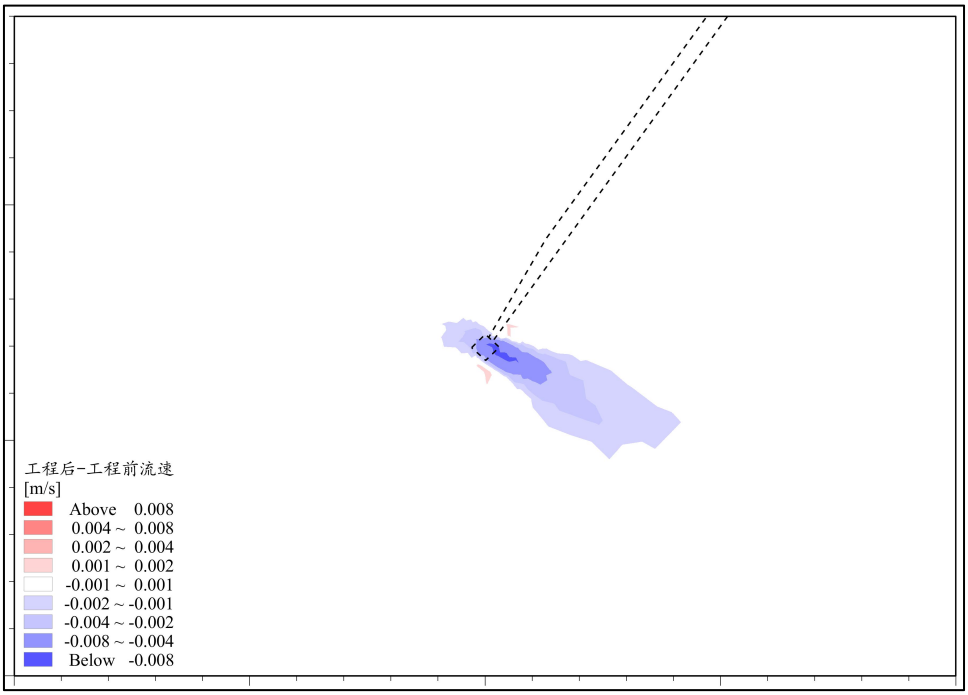


图 **4.1.2-21** 升压站附近工程后-工程前落急流速变化等值线图（中层）

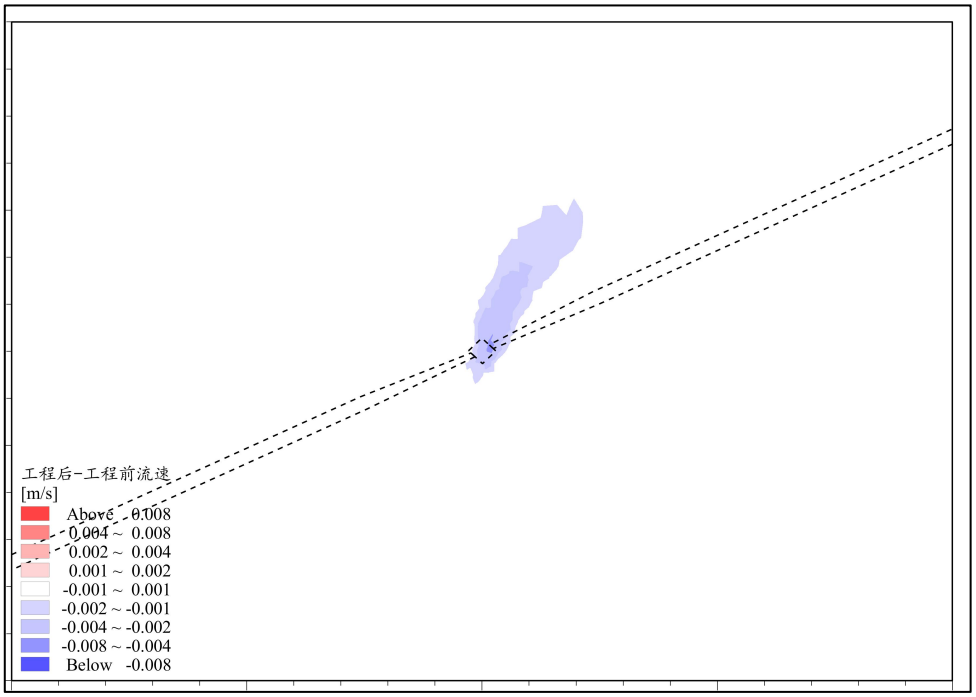


图 **4.1.1-22** 补偿站附近工程后-工程前涨急流速变化等值线图（中层）

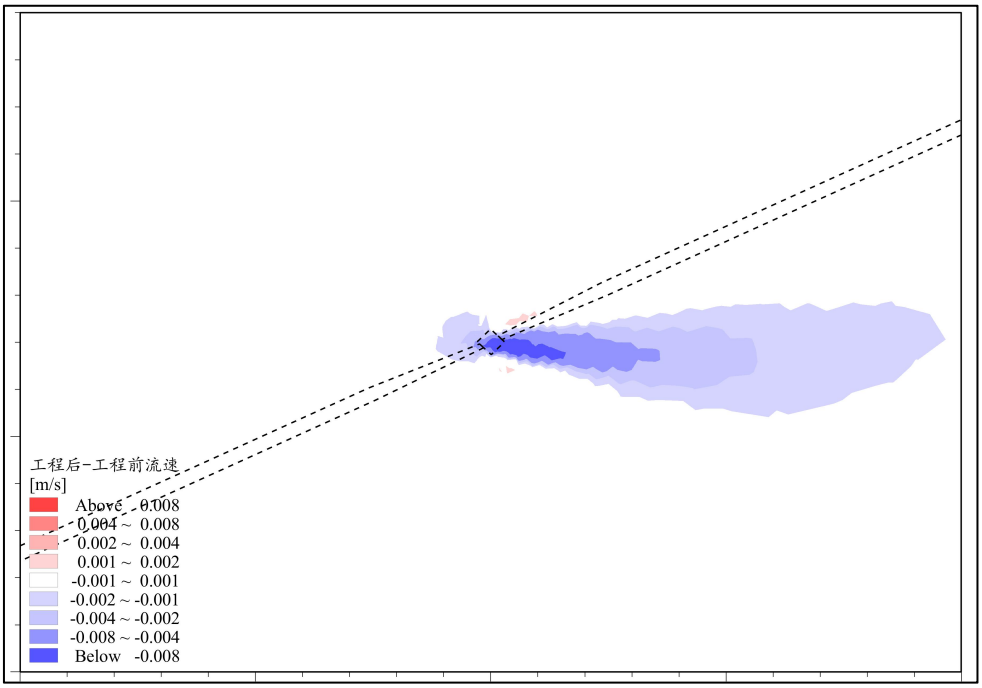


图 4.1.2-23 补偿站附近工程后-工程前落急流速变化等值线图（中层）

4.1.2地形地貌与冲淤环境影响分析

4.1.2.1工程海域的冲淤变化分析

从模型计算结果分析可知，工程建设对流态的影响主要在工程附近海域，对远处海域流态影响较小。因此可初步认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，而工程远区冲淤影响较小。为进一步确定工程实施对周围海域冲淤变化的影响，采用由动力场变化引起的半经验半理论公式进行冲淤估算。

本工程完成后会造成附近海域水动力条件的改变，进而造成不同部位的冲刷和淤积。根据工程区的波浪条件、水深情况和起步工程的平面布置特点，工程实施后导致项目附近的淤积应主要是悬沙落淤造成。

由于泥沙问题的复杂性，本工程实施后淤积预报是主管和设计部门非常关注的问题。预报的准确程度将主要取决于两点，一是研究单位对工程海区水文泥沙资料的占有量和对同类型项目泥沙淤积掌握的广度和经验；二是淤积量预报公式的正确选取及其计算参数的正确确定。

本报告采用选取泥沙研究工作经常采用的公式对工程方案实施后附近水域底床的淤积情况进行计算：

$$p=\frac{\alpha\ \omega S_{*}T}{\gamma_{d}}\left[1-\left(\frac{v_{2}}{v_{1}}\right)^{2m}\right]$$

式中：p——年平均淤积强度（m）；

α——沉降几率，取 0.67；

ω——泥沙沉降速度（cm/s），根据测区大潮悬沙中值粒径变化范围在 5.66 m～8.75 m 之间，平均值为 6.88 m（0.00688mm）。根据文献（淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，刘家驹，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降，因此沉速取 0.0005m/s（0.05cm/s）；

S_{*}——为水体平均悬沙含量，根据工程附近悬沙调查结果，平均含沙量为 0.009 kg/m³；

T——泥沙沉降时间，按一年的总秒数计；

γ_{d}——淤积物的干容重，根据测区大潮悬沙中值粒径变化范围在 5.66 m～8.75 m 之间，平均值为 6.88 m。根据经验公式 $\gamma_{c}=1750D_{50}^{0.183}$，取 γ_{c} 为 703.6kg/m³；

v_1，v_2——分别为数值计算工程前、工程后全潮平均流速，单位为 m/s，

m ——根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1。

基于水动力结果计算了工程实施前后附近水域年冲淤变化，工程实施后附近海域年冲淤变化图见图 4.1.2-1 和图 4.1.2-2。（+表示淤积，-表示冲刷）

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动

力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓,导致桩基附近出现 0.02m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

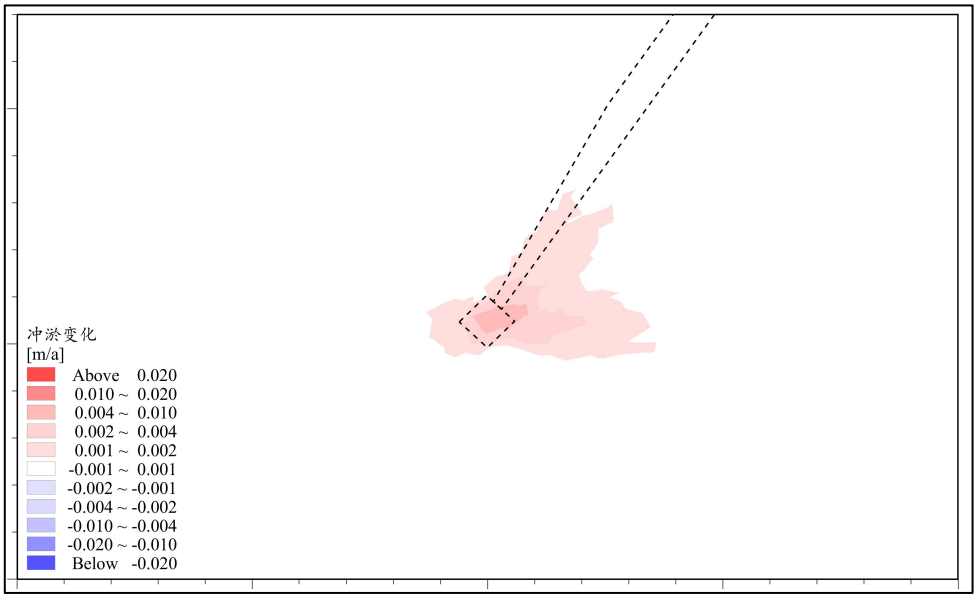


图 4.1.2-1 升压站附近工程实施后附近海域年冲淤变化图

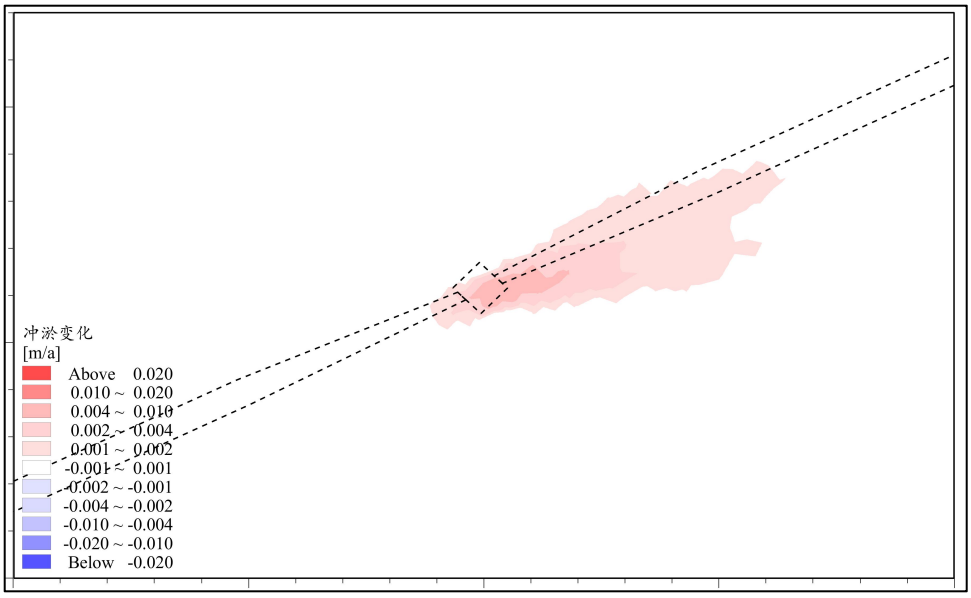


图 4.1.2-2 补偿站附近工程实施后附近海域年冲淤变化图

（2）升压站补偿站附近局部冲刷影响分析

为进一步分析工程建设对升压站、补偿站桩基础附近局部地形的冲刷影响，本报告采用桩基局部冲刷经验公式进行预测分析。

影响桩基最大可能局部冲刷的因素主要有以下几方面：波浪在传递过程中引起的水质点的运动，是造成桩基冲刷的主要动力；潮流流速大小直接影响水流对泥沙的搬运能力；桩径的大小和桩基与海面垂直方向上的夹角大小，对最大冲刷深度也有一定的影响；此外，最大可能冲刷深度与水深增加不完全呈单调增大趋势，与泥沙粒径减小也不完全呈增大趋势。总而言之，桩基改变了海底局部水沙环境，造成比自然状态更为复杂的冲刷趋势。判别局部冲刷深度的方法有数值分析法、物理模型实验法和经验公式法等。在众多方法中，经验公式法主要依据广泛的实测资料根据数理分析方法建立的计算公式，具有一定的可靠性，同时因其公式比较简单直观，在工程设计前期应用较广。自 20 世纪 60 年代以来从桩基的冲刷机理可看出，桩基局部最大冲刷深度涉及水动力、底质、桩径等多种因素，各国学者通过现场观察和室内试验先后对冲刷深度进行研究，提出许多根据试验数据提炼出的经验公式，如 Shen,H.W.等提出的经验模式、贝斯金模式、全苏水科院模式、天津大学模式、韩海骞公式、王汝凯公式等。本报告采用韩海骞公式计算升压站、补偿站桩径的最大可能冲刷深度值，韩海骞通过物理模型试验，得到实测数据，并通过量纲分析得到在潮流作用下桩墩局部冲刷深度计算公式：

$$\frac{h_b}{h}=17.4k_1k_2(\frac{B}{h})^{0.326}(\frac{d_{50}}{h})^{0.167}F_r^{0.628}$$

式中：h_b 为潮流作用下桩墩最大局部冲刷深度（m）；h 为全潮最大水深（m）；B 为最大水深条件下平均阻水宽度（m）；d_{50} 为海床泥沙的中值粒径（m）；F_r 为 Froud 参数，u 为全潮最大流速（m/s）；k_1 为基础桩平面布置系数，条形取 1.0，梅花形取 0.862；k_2 为基础桩垂直布置系数，直桩取 1.0，斜桩取

1.176。

相关结果见表 4.1.2-1，上述经验公式计算结果仅供设计参考，建议下阶段开展桩基局部冲刷专题研究，为桩基基础设计提供合理数据。另外，建议在工程建设期间及工程建成后，对风机基础局部冲刷情况加强监测，及时采取防护措施。

表 4.1.2-1 工程桩基最大可能局部冲刷深度

参数	升压站	补偿站
水深（m）	47	38
最大流速(m/s)	0.4	0.4
泥沙中值粒径（mm）	0.035	0.035
桩径（m）	4.8	4.3
最大可能局部冲刷深度（m）	3.00	2.80
最大可能局部冲刷直径（m）	14.43	13.25

由上表可见，升压站附近桩基基础最大冲刷深度约为 3.00m，冲刷坑最大直径为 14.43m；补偿站附近桩基基础最大冲刷深度约为 2.80m，冲刷坑最大直径为 13.25m。

4.1.3水质环境影响分析

本工程施工对水质影响主要考虑电缆敷设施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设施工时，在电缆周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

4.1.3.1施工悬浮物扩散影响分析

（1）基本方程

项目施工期带来的悬浮物输运扩散对水质环境的影响采用悬浮物扩散方程进行预测。Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t}+u\frac{\partial CD}{\partial x}+v\frac{\partial CD}{\partial y}+w_f\frac{\partial C}{\partial \sigma}=K_M\frac{\partial}{\partial x}\left(D\frac{\partial C}{\partial x}\right)+K_M\frac{\partial}{\partial y}\left(D\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_v}{D}\frac{\partial C}{\partial \sigma}\right)+DS_c$$

其中：C 为水体悬沙含量，S_c 为输入源强，w_f 为泥沙有效沉速，$w_f = w - w_s$，w_s 为泥沙静水中沉速。K_M 为水平扩散系数，采用欧拉公式

$$K_{MX} = 5.93\sqrt{gH}|u|/C_Z \qquad K_{MY} = 5.93\sqrt{gH}|v|/C_Z$$

C_z 为 chezy 系数。K_v 为垂直扩散系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

岸界边界条件：$\dfrac{\partial C}{\partial \vec{n}} = 0$

侧开边界的边界条件：

入流时 $C|_\Gamma = P_0$ ；

Γ为水边界，P0 为边界上浓度，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取 $P_0 = 0$。

出流时 $\dfrac{\partial C}{\partial t} + U_n \dfrac{\partial C}{\partial \vec{n}} = 0$ U_n 为边界法向流速；

自由表面上：$w_f C + K_V \dfrac{\partial C}{\partial z} = 00$

海底床面：$-K_V \dfrac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M\left(\dfrac{v^2}{v_e^2} - 1\right) & v \leftrightarrow v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b \left(\dfrac{v^2}{v_d^2} - 1\right) & v \le v_d \end{cases}$

式中：M 为冲刷系数，取曹祖德实验参数，$M = 6.4 \times 10^{-3}$；W_{fb} 为近底层泥沙有效沉速，$W_{fb} = w_s - w$，w_s 为泥水静水沉速，$W_{fb} \times C_b$ 为悬沙垂直沉降通量，$K_V \dfrac{\partial C}{\partial z}$ 为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量；V 为底层流速，V_d 为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速，V_e 为床面泥沙悬扬临界流速。

（2）计算参数

①糙率

同水动力模型预测中糙率取值。

②模型计算时间步长

模型采用的时间步长 t＝30s。

③泥沙沉降速度

根据文献（淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，刘家驹，2012 年），对于粒径小于 0.03mm 的泥沙在海水条件下均以絮凝沉速 0.0004~0.0005m/s 沉降。而对于粒径大于 0.03mm 的粉砂质或砂质泥沙，沉速则需用其单颗粒泥沙沉速，采用张瑞瑾通用泥沙沉速公式计算，

$$w=\sqrt{(13.95\frac{v}{D})^2+1.09\alpha gD}-13.95\frac{v}{D}$$

其中，v 为水运动粘滞系数，取值 0.01146cm²/s；D 为泥沙粒径；α为重率系数，取 1.7。根据实测资料，项目所在区域的泥沙平均中值粒径约为 0.035mm，沉速取 0.07cm/s。

④泥沙沉降机率

泥沙沉降机率α取值根据潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算（窦国仁, 1963）文献中推荐公式：

$$\alpha = 0.5 + \Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$$

其中函数$\Phi\left(\frac{\omega}{\sigma}\right)$根据机率积分，可查表得到；ω为泥沙沉速，$\sigma$为脉动流速均方根，$\sigma = 1.25\frac{u\sqrt{g}}{C}$，C 为谢才系数，g 为重力加速度，u 为断面平均流速。

（3）源强设置

本工程悬沙源强主要考虑海缆铺设施工悬沙源强，项目近岸段、中间段和靠近风电场段的源强设置如下：

①近岸段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 4m/min。近岸段总体埋深取 3m。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 0.96m^3/min。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L\times A\times \gamma s\times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s；γs 为泥沙干容重，kg/m^3；A 为海缆挖沟横截面，m^2；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2023 年 11 月的 LY02、LY06、LY07 站位沉积物中值粒径分别为 0.014mm、0.009mm 和 0.046mm，近岸段取平均中值粒径为 0.023mm，泥沙干容重按照 $\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$ 公式计算，沉积物干容重为 875.81kg/m^3，电缆施工的悬浮物源强为 14.01kg/s。

②中间段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 4m/min，中间段涉及航道，总体埋深取 4m。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 1.28m^3/min。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L\times A\times \gamma s\times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s；γs 为泥沙干容重，kg/m^3；A 为海缆挖沟横截面，m^2；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2023 年 11 月的 LY11、LY13、LY16、LY17、LY19 站位的中值粒径分别为 0.068mm、0.007mm、0.009mm、0.008mm 和 0.102mm，则取平均中值粒径为 0.039mm，泥沙干容重按照

$\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$公式计算，沉积物干容重为 965.63kg/m³，电缆施工的悬浮物源强为 20.60kg/s。

③靠近风电场段

根据施工方案，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 4m/min。靠近风电场段总体埋深 3m。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物起悬以施工土方量的 20%计，产生悬浮物泥沙量为 0.96m³/min。电缆埋设机冲切海床引起的悬浮物源强计算过程如下：

$$Q=L\times A\times \gamma s\times P$$

式中：Q（kg/s）为海底悬浮泥沙强度，kg/s；L 为开挖进度，m/s；γs 为泥沙干容重，kg/m³；A 为海缆挖沟横截面，m²；P 为起悬浮泥沙所占挖沙量比例，以施工土方量的 20%计。2023 年 11 月的 CD18、CD20 站位沉积物中值粒径分别为 0.117mm、0.030mm，则取平均中值粒径为 0.074mm，泥沙干容重按照$\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$公式计算，沉积物干容重为 1086.14kg/m³，电缆施工的悬浮物源强为 17.38kg/s。

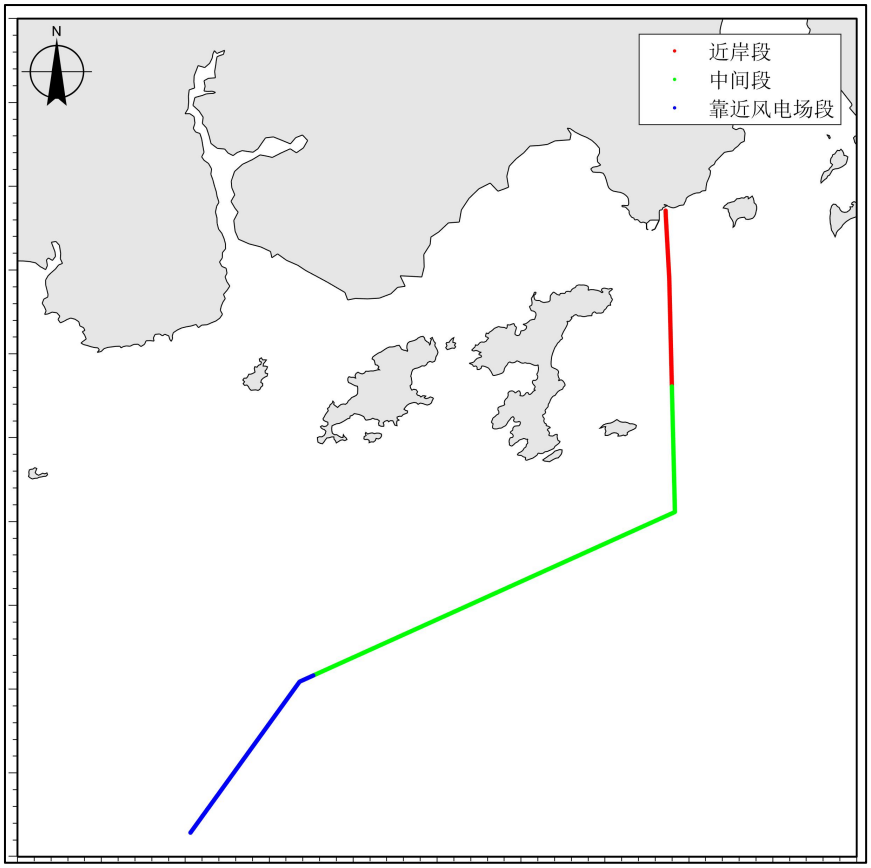


图 4.1.3-1 项目施工期源强点分布图

采用近似于实际铺缆开沟的方式模拟施工过程悬沙扩散，即沿电缆线逐时逐段释放悬沙源强。根据海底电缆开挖特点，海缆施工时产生的瞬时源强主要存在于底层，模型在模拟计算过程中将源强点布置于距离底床 3m 的位置，以此模拟海缆敷设过程中产生的悬浮泥沙扩散过程。项目海底电缆施工源强点沿海缆走向设置，设置间隔为 120m，共设置 926 个源强点，每个源强点释放持续时间 0.5 小时，源强分布见图 4.1.3-1。

（4）模拟结果

模拟完整的全潮周期（15 天）施工所产生的悬沙输运和扩散，输出每半小时的浓度场，分别统计施工悬沙增量大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络线面积（即在 15 天模拟期间内各网格点构成的最高浓度值），项目施工悬沙最大浓度影响统计可见表 4.1.3-1。

表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 3.776km^2，大于 20mg/L 包络线面积为 1.025 km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 0.470km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 0.156km^2；

次表层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 10.146km^2，大于 20mg/L 包络线面积为 2.560km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 0.662km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 0.266km^2；

中层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 22.450km^2,大于 20mg/L 包络线面积为 7.117km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 1.308km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 0.415km^2；

次底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 57.047km^2，大于 20mg/L 包络线面积为 22.100km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 4.631km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 1.283km^2；

底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 87.361km^2,大于 20mg/L 包络线面积为 51.468km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 22.629km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 9.682km^2。

垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 36.156km^2，大于 20mg/L 包络线面积为 16.854km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 5.940km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 2.360km^2。

整体而言，施工产生悬浮泥沙扩散的影响范围主要位于底层和次底层。电缆敷设实际影响是暂时的，随着工程结束，悬浮物对水环境的影响也将消失。

表 4.1.3-1 海缆施工产生悬沙增量面积（km^2）

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L
表层	3.776	1.025	0.470	0.156
次表层	10.146	2.560	0.662	0.266

中层	22.450	7.117	1.308	0.415
次底层	57.047	22.100	4.631	1.283
底层	87.361	51.468	22.629	9.682
垂向平均	36.156	16.854	5.940	2.360

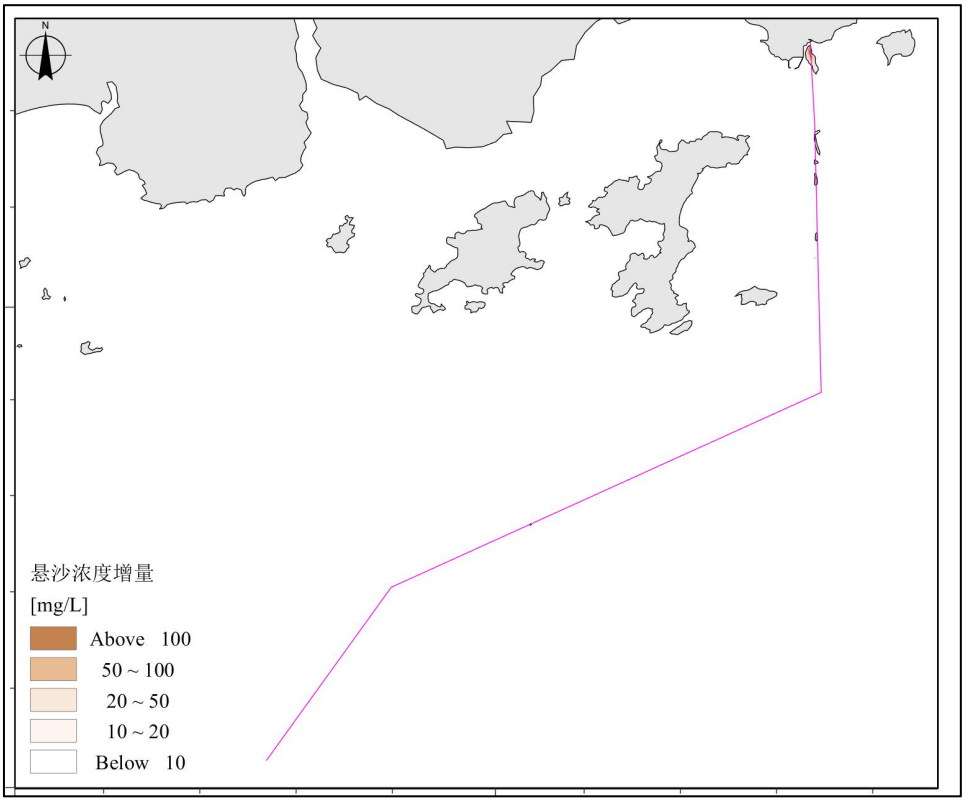


图 4.1.3-2 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（表层）

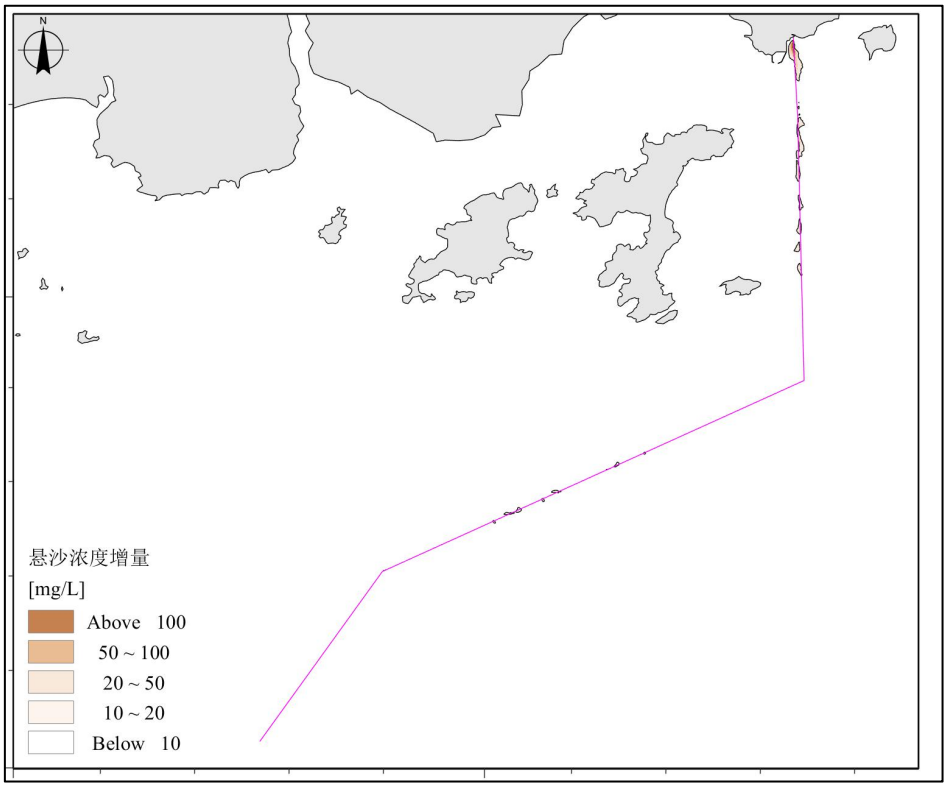


图 **4.1.3-3** 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次表层）

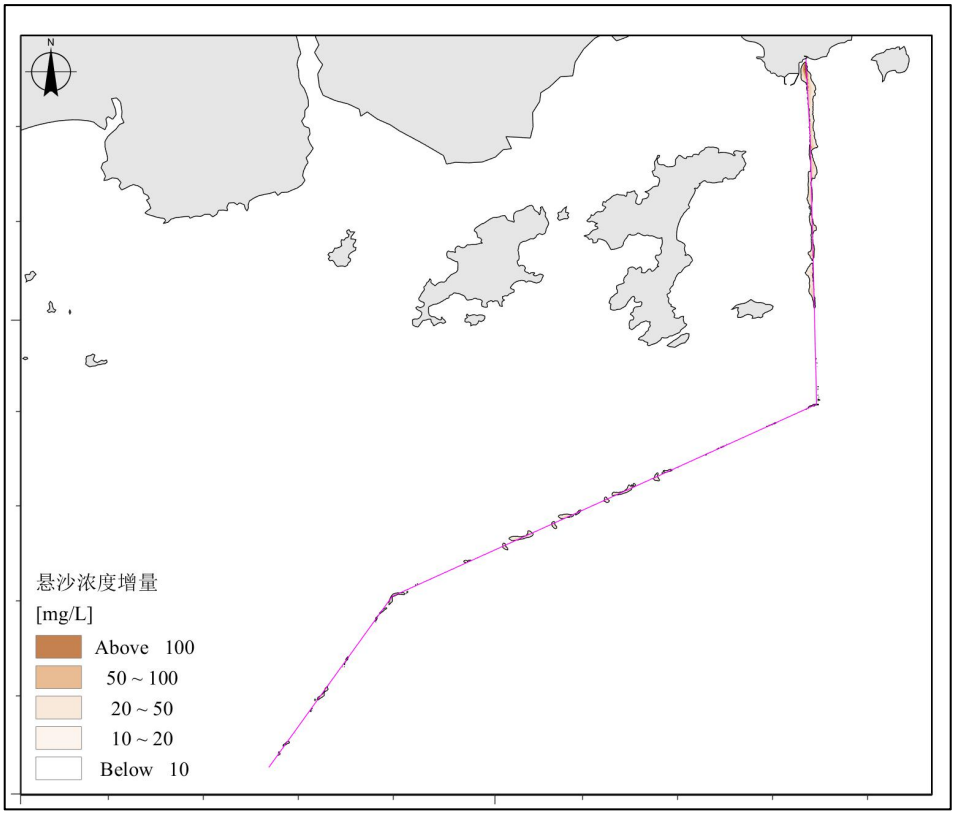


图 **4.1.3-4** 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（中层）

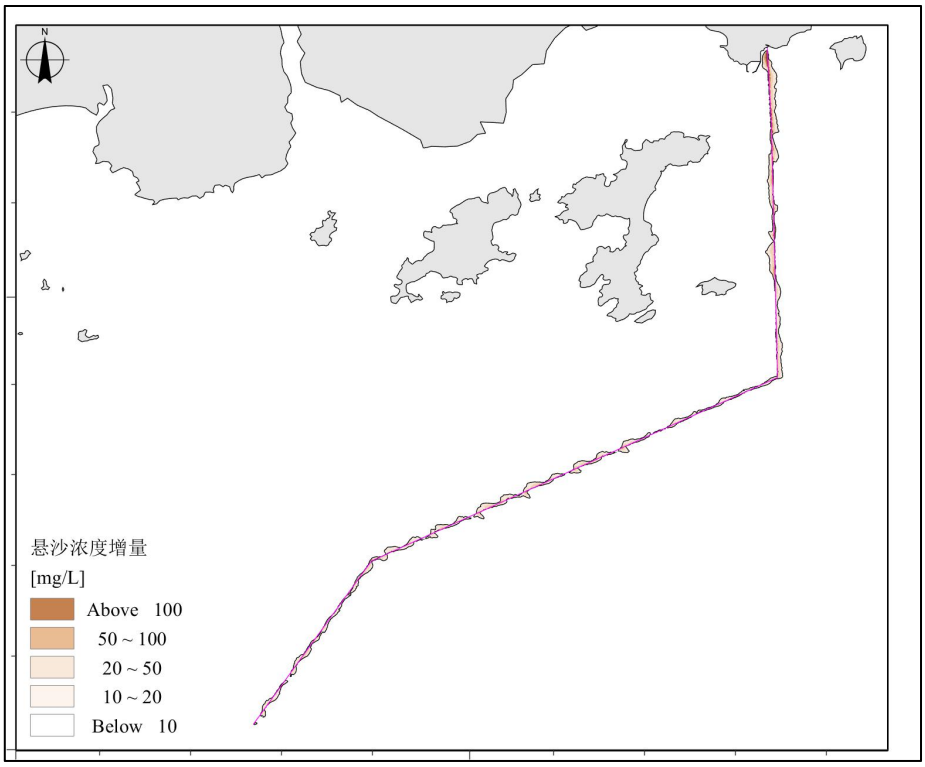


图 **4.1.3-5** 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（次底层）

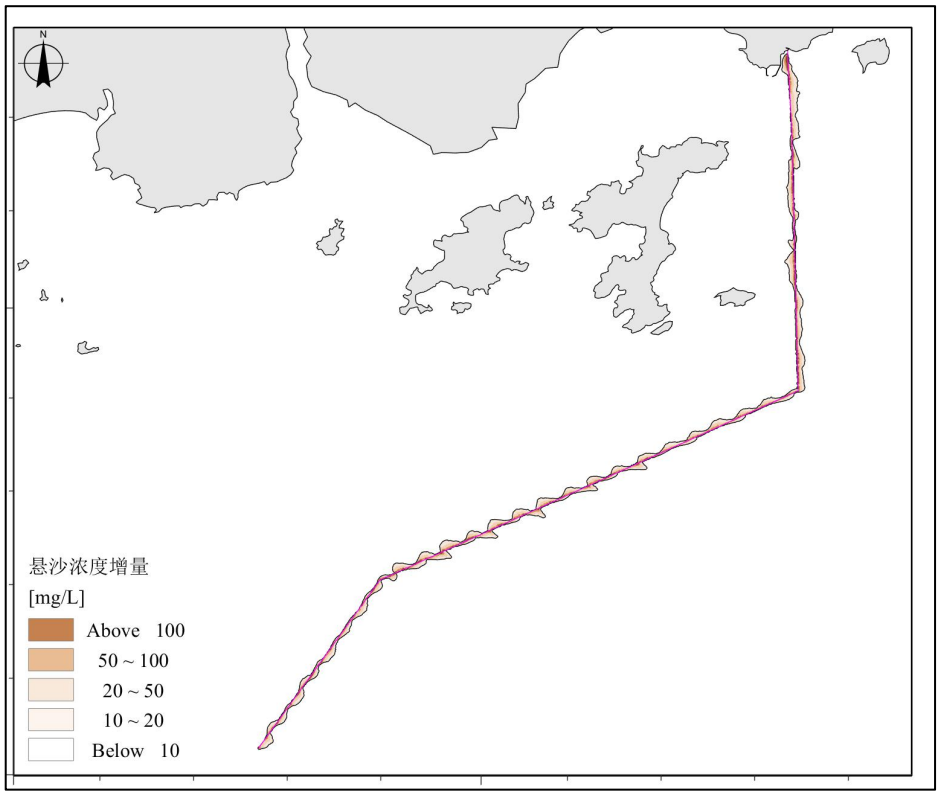


图 4.1.3-6 项目海缆施工产生悬沙增量包络线图（底层）

4.1.3.2营运期对水质环境影响

项目营运期间对海水水质的影响主要为升压站和补偿站运维产生的废油和工作人员生活污水。项目营运期间对升压站和补偿站的相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，随运维船舶收集上岸送交有资质单位进行妥善处置。营运期运维产生的少量生活污水由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对海域水质环境造成影响。

因此，项目营运期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

4.1.4沉积物环境影响分析

4.1.4.1施工期对沉积物环境的影响

（1）施工船舶污水对沉积物环境的影响分析

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生

活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对沉积物环境造成影响。

（2）海缆铺设施工对沉积物环境的影响分析

本项目施工过程中桩基施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。根据本次沉积物环境现状调查的结果，升压站和补偿站桩基基础附近沉积物环境质量状况良好，符合评价海域目标沉积物质量要求。桩基基础施工建设有少量施工悬沙扩散，属于清洁沉积物，基本不会对附近海域沉积物环境质量造成不利影响。

项目施工产生的悬浮泥沙对沉积物环境影响包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于工程区附近，这部分泥沙对施工区外的沉积物基本没影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响沉积物，并长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后再沉降。

根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的垂向平均包络线面积为 36.156km^2、大于 100mg/L 的垂向平均包络线面积为 2.360km^2。海底电缆铺设时产生的悬浮沙将沉降覆盖在海底电缆两侧，使原海底沉积物受到一定程度的覆盖和破坏。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响海底沉积物质量。

4.1.4.2营运期对沉积物环境的影响

本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，基本不会对海域沉积物环境造成影响。

4.1.5海洋生物影响分析

4.1.5.1对底栖生物的影响

本工程建设对底栖生物的影响主要是海上升压站、补偿站桩基少量破坏底栖生境，导致一定区域范围内底栖生物资源损失，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间；送出海底电缆在施工阶段将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

总体来说，项目施工改变了底栖生物原有的栖息环境，局部施工海域将彻底改变其底质环境，使得少量活动能力强的底栖生物逃往他处，而大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都难以存活，但送出海底电缆处的底栖生境在施工结束后可逐渐恢复。

4.1.5.2对浮游生物的影响

（1）对浮游植物的影响

根据对本工程建设过程的分析，在做好施工期船舶生活污水、含油污水、生活垃圾的收集处理工作的前提下，施工期对浮游植物最主要的影响是施工增加了水体中悬浮物质，影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆沿线较大范

围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体内浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加到 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

在海洋食物链中，除了初级生产者-浮游藻类以外，其他营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，致使以浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

（2）对浮游动物的影响

在做好施工期生活污水、机修油污水、生活垃圾和生产垃圾的收集处理工作的前提下，本项目施工建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质。

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、生产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，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系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

4.1.5.3对游泳生物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢

复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。本项目建设不会产生悬浮物含量高浓度区（300mg/L 以上水平），不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，建议在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

4.1.6水下噪声环境影响分析

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，对所在海域水下噪声环境的影响主要为海上升压站、补偿站桩基施工和施工船舶施工过程中产生的噪声的影响，施工结束后影响基本消除。

（1）海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害，自上世纪 90 年代，美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值见下表。

表 4.1.6-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级（>180dB 危险级）	基于暂时性听力阈值提升（TTS）和保守估计的永久性听力阈值提升（PTS）伤害门限	鳍足类：190dB RMS 鲸豚类：180dB RMS
B 级（120~180dB，警告级）	脉冲式噪声（如冲击打桩）可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS

B 级（<120dB，安全级）	非脉冲式噪声（如钻孔）可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值（适用于所有鱼）：206dB	累积暴露级（Cumulative SEL）： 对质量大于等于 2 克的鱼体：187dB 对质量小于 2 克的鱼体：183dB

目前我国尚未颁布海洋噪声对海洋哺乳动物或鱼类可承受的噪声声压级标准。由于美国没有大黄鱼等对声音较为敏感的石首科鱼类，噪声对鱼类伤害的门限值定的比较松。

不同鱼类对声压的忍受力不同，其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类-大黄鱼为研究对象，以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。厦门大学在福建闽威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验表明：大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB/re 1μPa 时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB/re 1μPa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB/re 1μPa 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB/re 1μPa，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB/re 1μPa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。

（2）施工水下噪声对渔业资源影响

根据厦门大学在威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验，大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，当声压级达到 172dB/μPa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声源达到 192dB/μPa 时，鱼群受惊吓明

显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。因此桩基打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。如果这一水域有石首鱼科种类产卵，打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的，主要是电缆铺设产生的增量悬沙、打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，只要工程中作业顺序安排得当，电缆铺设和打桩尽可能的避开渔业敏感季节，施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

（3）施工水下噪声对海洋哺乳动物影响

虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外（200m 左右）的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离（David Kastaket al.1999）。

下图为丹麦国家环境研究所在研究海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard，et al，2006）。研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖

地施工打桩期没有见到斑海豹。类比分析认为，本工程施工期可能造成海洋哺乳动物在工程海域数量分布减少，但施工结束后相应生物资源量会逐渐恢复。

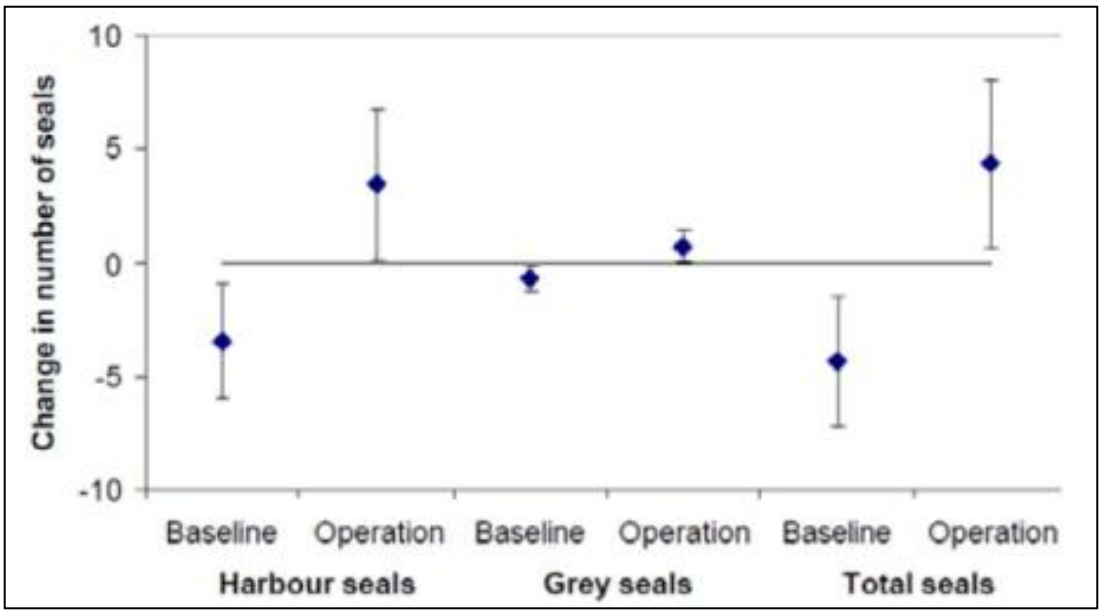


图 4.1.6-1 丹麦风电场施工期和营运期海豹数量的变化

总体上施工中水下噪声对鱼类、海洋哺乳动物的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类或海洋哺乳动物暂时游离施工水域，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类或海洋哺乳动物离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，不会造成大范围鱼类死亡。

总体上来说，本项目仅海上升压站、补偿站基础需进行打桩，施工量较小，打桩施工时间较短，造成的噪声影响也较小。

（4）施工船舶噪声对海洋生物的影响

船舶噪声包括机械噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声，其中机械噪声和螺旋桨噪声为主要噪声源。船舶机械噪声是船上各种机械振动通过基座传递引起船壳振动并辐射至水下产生的噪声，其来源包括机械运动不平衡产生的噪声、机械碰撞噪声以及轴承噪声等。机械噪声与船速的关联度较低，在低速情况下，螺旋桨噪

声和水动力噪声的强度相对较小。根据厦门大学课题组在厦门五缘湾海域、珠海海域对海洋环境噪声与船舶噪声进行的记录，海洋背景噪声的声压谱级为55-60dB，船舶噪声的声压谱级为70-90dB，相比背景噪声提高约15-30dB。

总体来说，施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小。

4.1.7电磁环境影响分析

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，建设1座海上升压站和1座补偿站，电能通过2回500kV送出海缆输送至陆上集控中心。

（1）500kV海上升压站电磁环境类比分析

参考广东省东莞市环境监测中心站对东莞市某500kV变电站及输电线路电磁场水平调查，类比分析本项目海上升压站电磁环境。

东莞市某500kV变电站的主变压器有5台，总容量为3000MVA，站内有500kV\200kV\35kV三个电压等级。变电站四周空旷，环境干扰因素少。调查在变电站四周设置了14个环境监测点位，并根据电磁场水平较高点，选取衰减监测点线，布设10个电磁场睡觉监测点，开展瞬时巡测。每个监测点连续测量6次，每次测量时间15s，记录和计算6个测量数据的平均值作为该点的监测结果。

东莞市某500kV变电站工频电磁场类比监测结果见图4.1.7-1、图4.1.7-2。由图中可见，随着离变电站距离的增大，工频电场水平先增高后降低，在20m处出现峰值后，工频电场水平呈下降趋势；工频电场强度分布在721.1V/m～197.8V/m之间；磁感应强度分布在0.4617μT～0.1018μT之间，均低于导则推荐的居民区评价标准（工频电场强度≤4kV/m，工频磁感应强度≤0.1mT）。

由于受 500kV 出线影响，围墙工频电场强度随着距离的增加呈先减少后增大再减少的趋势，工频磁感应强度随着围墙距离的增加总体呈衰减趋势。

因此，可以类比本项目 500kV 海上升压站的最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

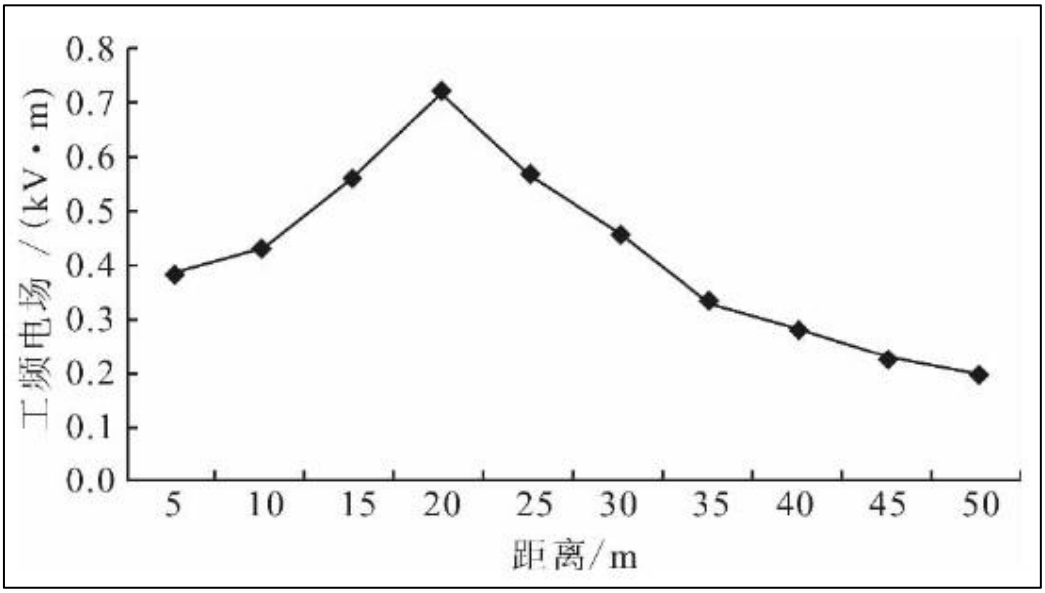


图 4.1.7-1 变电站外电场强度随距离的变化

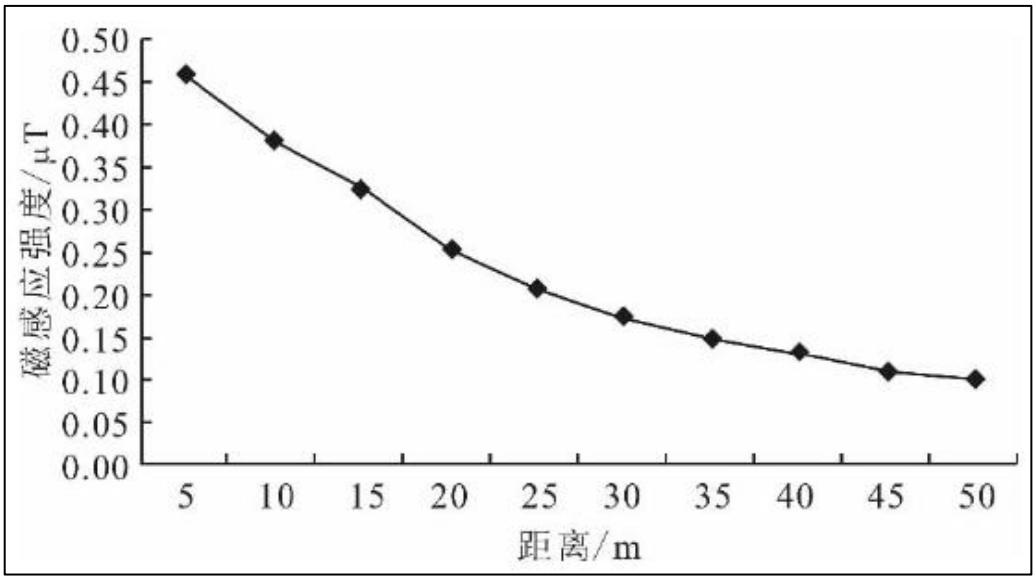


图 4.1.7-2 变电站外磁感应强度随距离的变化

（2）500kV 送出海底电缆电磁环境类比分析

根据浙江省辐射环境监测站对我国首个全地下500kV输变电工程电磁环境监测,该工程的线路工程有500kV进线2回,220kV进线14回。全地下500kV输变电工程地下电缆剖面监测结果显示：在距离电缆剖面的50m范围内，各监测点的工频电场强度为4.01~6.04V/m，远小于4kV/m标准要求；各监测点的工频磁感应强度为1.05~62.43uT，远小于0.1mT标准要求。监测结果表明工频电场强度和工频磁感应强度与工程建设前的电磁环境水平相当，工程对电磁环境基本无影响。

因此，可以类比本项目500kV送出海底电缆最大电场强度及最大磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中4kV/m和0.1mT的限值要求。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作为，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少，且根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本项目电磁强度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的限值要求，电磁环境对海洋生物的影响在可接受范围。

4.1.8对珍稀海洋生物的影响分析

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，对珍稀海洋生物的影响主要为施工船舶施工及施工过程产生的悬浮泥沙对珍稀海洋生物的影响，施工结束后影响随即消除。

（1）对中华白海豚的影响

①施工悬浮泥沙影响

本项目海缆敷设施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围

海水水质造成一定影响。根据数值模拟结果，悬沙扩散主要集中在项目周边海域。

从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大。施工作业完成后，SS 的影响也将消失。本项目应配备海豚观察员，发现中华白海豚出现在工程海域附近时进行驱赶，可降低施工对中华白海豚的影响。

②施工噪声影响

根据厦门大学许肖梅等研究成果（《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响评估报告》，2005 年），预计施工中钻孔、施工船舶作业及航运等施工和海上运输活动将使水下噪声级提高 20~30dB，即施工海域水下噪声可达 105~140dB，虽低于上述鲸类最大可承受声压标准（180dB），但仍会对鲸豚产生行为干扰影响，即本项目水下施工时将直接干扰邻近水域鲸豚活动。根据 van Radecke 等对欧洲北海 Alpha Ventus 海上风电跟踪调查结果，预计打桩噪声对施工点 100m 以内鲸豚类有非常明显影响。通常情况，鲸豚将被迫调整其活动范围，待施工作业完成、干扰减少时，鲸豚将逐渐恢复原来活动范围。

建议在桩基开始施工前，应密切注意观察施工区域周围白海豚的活动，若发现有白海豚，应暂停施工，采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域，再进行施工作业。施工噪声对白海豚影响不大，在做好上述防护措施的前提下，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。

（2）对海龟的影响

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dB re1 μPa。因此，工程打桩施

工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

根据本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程海域曾有海龟出没，但工程海域不是海龟的主要活动区域，因此施工期应加强瞭望，密切注意周围是否有海龟活动。

4.1.9生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，本项目建设可能对资源生态造成影响的项目，应开展生态跟踪监测，生态跟踪监测具体要求见表 4.1.9-1。

表 4.1.9-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测站位	12 个	不少于 20 个	不少于 10 个	不少于 3 个	—	不少于 9 个	不少于 9 个
监测频次	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	—	每年代表性一季	每年代表性一季
监测内容	叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD5、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐	粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锌、铬、镉、砷	总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃	以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1:5 000；2km-15km 的海域，测量图比例尺按照 1:100 00	工频电场、工频磁场	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

（1）浮游生物及初级生产力

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，对浮游生物及初级生产力有一定影响，因此项目施工期间浮游生物量及初级生产力水平可能低于本底值，运营一段时间后浮游生物种群数量、群落结构会逐步恢复，浮游生物量及初级生产力水平与本

底值相近。

（2）底栖生物

升压站、补偿站桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的。海底电缆敷设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏，进而引起底栖生物损失，除少量活动能力强的生物能够存活外，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。因此，项目建设期间及建设后底栖生物量可能低于本底值。

（3）地形地貌与冲淤

工程实施后升压站、补偿站前后为主要的淤积区域，两侧为主要的冲刷区域，升压站、补偿站附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时升压站、补偿站两侧发生冲刷，升压站和补偿站附近冲淤幅度不超过±0.02m/a。

（4）电磁环境

项目施工期间对电磁环境基本无影响，工频电场、工频磁场与本底值相近。

项目营运期的电场强度及最大磁感应强度应满足《电磁环境控制限制》（GB8702-2014）中4kV/m和0.1mT的限值要求。

（5）水下噪声

结合本风电场区内海底地貌形态简单，水下地形较平坦，工程施工产生的水下噪声影响很小。

（6）海水水质

项目施工作业过程中，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，并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏，对浮游生物也产生影响，主要污染物为 SS。一旦施工结束，影响即可消除。

项目营运期间对海上升压站等相关设备进行维护时需用到一定数量，维修污水等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中或专门收集，维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此，项目营运期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

（7）沉积物质量

由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量基本不会产生明显变化，沉积物质量状况仍将保持现有水平。

本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾、含油污水等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，基本不会对海域沉积物环境造成影响。

（8）海洋生物质量

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置，生活污水和船舶含油污水均收集贮存于船上，定期运回陆地交具有处理能力的单位接收后统一处理；营运期间对升压站、补偿站进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此，项目施工期间及营运期间基本不会对所在海域海洋生物质量造成影响。海洋生物质量应与本底值相近。

项目跟踪监测指标在施工期和营运期的合理变化范围详见下表，合理变化范围根据本报告引用的现状调查数据确定。

表 4.1.9-2 海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标	单个站位合理变化范围

			建设期	营运期
海洋生态	叶绿素 a（μg/m³）	表层	＜3.26	0.62~3.26
		底层	＜1.36	0.36~1.36
		初级生产力含量 mgC/（m²·d）	＜1073.459	148.560~1073.459
	浮游植物细胞丰度	×10³cells/m³	＜1134.633	26.874~1134.633
	浮游植物种数		＜66	25~66
	浮游动物个体丰度	ind/m³	＜26894.737	2644.581~26894.737
	浮游动物生物量	mg/m³	＜1043.86	148.16~1043.86
	浮游动物种数		＜35	14~35
	底栖生物生物量	g/m²	＜50.865	＜50.865
	底栖生物栖息密度	ind/m²	＜135.000	＜135.000
地形地貌与冲淤		水深	0m～47m	淤积＜0.02m/a 冲刷＜0.02m/a
电磁环境	工频电场	V/m	0.07~0.35	＜4000
	工频磁场	mT	0.0072~0.0116	＜0.1
水下噪声	噪声频带有效声压级	dB	＜220	81~131
	噪声声压谱级	dB（20Hz-20kHz 频率范围内）	＞77	44~121
海水水质	水温	℃	23.3~25.3	23.3~25.3
	pH		8.01~8.21	8.01~8.21
	盐度		30.925~33.815	30.925~33.815
	悬浮物	mg/L	＞19.6	6.8~19.6
	油类	mg/L	0.0046~0.0214	0.0046~0.0214
	BOD_5	mg/L	0.19~0.58	0.19~0.58
	COD	mg/L	0.50~1.88	0.50~1.88
	DO	mg/L	＜7.82	6.46~7.82
	无机氮	mg/L	0.0383~0.368	0.0383~0.368
	活性磷酸盐	mg/L	0.0006L~0.0284	0.0006L~0.0284
	活性硅酸盐	mg/L	0.163~1.15	0.163~1.15
	硫化物	μg/L	0.2L~0.7	0.2L~0.7
	挥发性酚	μg/L	1.1L~1.8	1.1L~1.8
	总汞	μg/L	0.007L~0.019	0.007L~0.019
	铜	μg/L	0.7~3.3	0.7~3.3
	铅	μg/L	0.15~0.91	0.15~0.91
	锌	mg/L	0.0059~0.0166	0.0059~0.0166
	铬	μg/L	0.4~2.5	0.4~2.5
	镉	μg/L	0.21~0.70	0.21~0.70
	砷	μg/L	0.9~3.4	0.9~3.4
	硒	mg/L	0.2L~0.8	0.2L~0.8
	镍	mg/L	0.5L~1.5	0.5L~1.5
沉积物质	粒度 D_{50}（μm）		6.931~117.4	6.931~117.4

监测内容	监测指标		单个站位合理变化范围	
			建设期	营运期
量	有机碳	%	0.25~0.99	0.25~0.99
	pH		7.89~8.31	7.89~8.31
	石油类	$\times10^{-6}$	2.5~44.9	2.5~44.9
	硫化物	$\times10^{-6}$	0.8~83.1	0.8~83.1
	铜	$\times10^{-6}$	16.2~34.2	16.2~34.2
	铅	$\times10^{-6}$	17.8~34.2	17.8~34.2
	锌	$\times10^{-6}$	69.1~111	69.1~111
	镉	$\times10^{-6}$	0.04L~0.14	0.04L~0.14
	铬	$\times10^{-6}$	60.3~78.7	60.3~78.7
	汞	$\times10^{-6}$	0.038~0.116	0.038~0.116
	砷	$\times10^{-6}$	5.75~19.2	5.75~19.2
海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~13.6	0.4L~13.6
	铅	mg/kg	0.04L~0.13	0.04L~0.13
	锌	mg/kg	3.3~29.3	3.3~29.3
	镉	mg/kg	0.005L~0.296	0.005L~0.296
	铬	mg/kg	0.22~0.44	0.22~0.44
	汞	mg/kg	0.014~0.155	0.014~0.155
	砷	mg/kg	0.2L~6.1	0.2L~6.1
	石油烃	mg/kg	5.1~12.1	5.1~12.1

4.2资源影响分析

4.2.1项目用海对海域空间资源的影响分析

（1）占用岸线情况

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，项目送出海缆通过定向钻从黑沙湾海浴场地下通过，定向钻入钻点在登陆点附近陆域上，距离入海口处北侧岸线约 2.7m，岸线类型为人工岸线。出钻点位于黑沙湾南侧海域，距离黑沙湾南侧海岸线约 460m，岸线类型为自然岸线。

本项目 500kV 送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 92.7m，其中自然岸线 71.8m 和人工岸线 20.9m。登陆段施工采用定向钻的施工方式，无需开挖，定向钻施工技术较为成熟，不会造成岸滩侵

蚀，基本不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化。本项目在进行定向钻施工时应严格控制施工作业范围，制定合理施工计划，合理安排施工进度。项目产生的船舶油污水、生活污水、固体废弃物等均统一收集交给有资质的单位处理，不排海，不堆放于岸线所处区域。综上，本项目送出海底电缆对所在岸线的影响较小。

图 4.2.1-1 项目送出海缆占用岸线示意图

（2）占用海域情况

本项目拟申请用海总面积为 650.9889 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.7529 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.7229 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3m（具体以使用高程为准）。本项目建设海上升压站、海上无功补偿站、海底电缆用海占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。

4.2.2对海洋生物资源的影响

生物资源影响途径可以包括直接影响和间接影响两个方面。项目海上升压站、补偿站桩基施工直接占用并减少海域，完全破坏底栖生物生境，掩埋底栖生物栖息地；海底电缆沿线内底栖生物和活动能力弱的生物遭受损失，但施工结束后可恢复。间接影响是由于施工使得局部水域悬浮物增加，对附近海域水生生物造成影响等。

4.2.2.1底栖生物损失量

海上升压站、补偿站基础长期占用海底底质环境，送出海底电缆施工阶段破坏海域底质，对底栖生物及生态系统造成了一定的影响。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$Wi=Di\times Si$$

式中：

Wi 为第 i 种生物资源受损量，单位为 kg，此处为底栖生物资源受损量；

Di 为评估区域内第 i 种生物资源密度，单位 kg/m^2，此处为底栖生物平均生物量；

Si 为第 i 种生物占用的水域面积，单位为 m^2。在此为海上升压站和海上无功补偿站桩基、送出海底电缆施工开挖面积。

本项目海上升压站和海上无功补偿站均为四桩导管架基础，桩径分别为 4.8m 和 4.3m，则桩基占用海域面积约 130.47m^2。

本项目 2 回送出海底电缆总长约 232.48km，海底电缆施工开挖回埋宽度约 0.5m，考虑实际敷设定位偏差及其他因素，本报告以海底电缆敷设点向两侧

外扩 5m 的范围内大型底栖生物全部死亡计算,则本项目海缆施工造成底栖生物完全损失的面积为 232.48 公顷。

根据 2023 年 11 月调查海域底栖生物平均生物量，为 11.219g/m^2。

则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量：130.47×11.219×10^{-3}=1.46kg

送出海底电缆施工造成底栖生物损失量：232.48×10^4×11.219×10^{-6}=26.08t

因此，项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 1.46kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 26.08t。

4.2.2.2渔业资源损失量

本工程送出海底电缆和海上升压站、补偿站桩基施工工期超过 15 天，按照《规程》，工程在悬浮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：

$$M_i = W_i \times \mathrm{T}$$

$$W_i = \sum_{i=1}^{n} D_{ij} \times S_i \times K_{ij}$$

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），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_i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。

上述各参数的取值如下：

根据水质环境影响预测，本工程悬浮泥沙引起的生物损失按垂向平均包络线进行计算，悬浮泥沙增量大于10mg/L包络线面积为36.156km²，大于20mg/L包络线面积为 16.854km²；大于 50mg/L 包络线面积为 5.940km²，大于 100mg/L 包络线面积为 2.360km²。

表 4.2.2-1 本工程悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度（mg/L）	污染物 i 的超标倍数（Bi）	垂向平均扩散面积（km²）	各类生物损失率（%）	
			鱼卵和仔稚鱼	成体
10~20	Bi≤1 倍	19.302	5	1
20~50	1＜Bi≤4 倍	10.914	10	5
50~100	4＜Bi≤9 倍	3.580	30	15
＞100	Bi≥9 倍	2.360	50	40

本工程海缆敷设施工为船舶“埋设犁”敷设施工，悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过 15 天，且海缆敷设施工为线型移动敷设，持续周期按 1 计算。根据工程海域水深地形资料，项目所在平均水深按 34m 计。

根据 2023 年 11 月所在海域的调查数据，调查海域游泳生物、鱼卵、仔稚鱼的资源密度分别为 261.708kg/km²，0.599ind/m³，0.127ind/m³。

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

游泳生物=261.708×1×（19.302×1%+10.914×5%+3.580×15%+2.360×40%）=0.58t

鱼卵=0.599×34×1×（19.302×5%+10.914×10%+3.580×30%+2.360×50%）×10^6

=8.78×10^7粒

仔鱼=0.127×34×1×

（19.302×5%+10.914×10%+3.580×30%+2.360×50%）×10^6

=1.86×10^7尾

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.58t、鱼卵 8.78×10^7粒、仔鱼 1.86×10^7尾。

4.2.3对海岛资源的影响

本项目论证范围内涉及到多个海岛资源，其中与本项目距离较近的无居民海岛为神咀排、亚娘石和铜鼓排，分别位于本项目送出海缆东侧约 381m、388m 和 460m。本项目送出海底电缆的悬沙施工产生的悬浮泥沙浓度增量大于 10mg/L 最大扩散距离没有扩散至周边海岛，基本不会对其产生影响。海缆埋藏在海床以下 2~3m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，本项目不会对周边海岛资源产生影响。

4.2.4对其他海洋资源的影响

本项目所在海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，且风能资源属于清洁的可再生能源，一般情况下本项目建设不会对其产生不利影响，项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于满足当地电力负荷需求、促进地方经济快速发展将起到积极作用。因此，本项目建设对风能资源没有不良影响，相反有效利用了海域的风能资源，有助于形成示范效应，推动海上风能资源的高效利用。

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程，项目建设 1 座海上升压站和 1 座海上无功补偿站以及 2 回 500kV 送出海缆。总体上，项目对滩涂、港口、

矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

4.2.5对重要经济鱼类资源“三场一通道”的影响分析

根据前面章节分析可知，本项目位于南海中上层鱼类产卵场、南海底层、近底层鱼类产卵场、南海区幼鱼、幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区内。

施工期对重要经济物种“三场一通道”的影响主要为海上升压站、补偿站打桩和电缆铺设产生的悬浮物、施工过程中产生的水下噪声影响。运行期对重要经济物种“三场一通道”的影响主要为电磁场对鱼类的影响。打桩和电缆敷设将引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，影响水中浮游植物生长，造成初级生产力下降，最终导致水域可利用生物资源量下降。根据数模结果预测分析，项目实施后垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 36.156km²，大于 20mg/L 包络线面积为 16.854km²；大于 50mg/L 包络线面积为 5.940km²，大于 100mg/L 包络线面积为 2.360km²。这一影响是暂时的，可恢复的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减至 10mg/L 以下。施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间有限，无多声源叠加等特点，水下噪声对幼鱼的声讯交流影响较小，升压站和补偿站基础海上打桩施工时，应采用软启动的作业方式，即开始轻打几下，让潜在的水生动物有时间逃离回避，再逐步增强施工强度。运行期本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作为，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少，且根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本项目电磁强度低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的限值要求，电磁环境对海洋生物的影响在可接受范围。

5 海域开发利用协调分析

5.1海域开发利用现状

5.1.1社会经济概况

5.1.1.1江门市社会经济概况

江门市，别称五邑、四邑，广东省辖地级市，粤港澳大湾区重要节点城市，在粤港澳大湾区中处于“承东启西”的位置，是大湾区通向粤西和大西南的枢纽门户、“珠江西岸新增长极和沿海经济带上的江海门户”。

由《2023 年江门市国民经济和社会发展统计公报》（江门市统计局、国家统计局江门调查队，2024 年 4 月 16 日），根据广东省地区生产总值统一核算结果，2023 年江门实现地区生产总值（初步核算数）4022.25 亿元，比上年增长 5.5%。其中，第一产业增加值 347.01 亿元，增长 5.9%；第二产业增加值 1855.14 亿元，增长 7.3%；第三产业增加值 1820.10 亿元，增长 3.6%。三次产业结构比重为 8.6：46.1：45.3，第二产业比重提高 0.3 个百分点。人均地区生产总值 83409 元（按年平均汇率折算为 11837 美元），增长 5.6%。

2023 年末，全市常住人口 482.24 万人，其中城镇常住人口 331.13 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）68.66%，比上年末提高 0.81 个百分点。年末公安户籍人口 403.48 万人。全年出生人口 2.86 万人，死亡人口 3.47 万人。

全年居民消费价格比上年上涨 0.2%。分类别看，食品烟酒类价格上涨 0.1%，衣着类价格下降 0.2%，居住类价格下降 0.5%，生活用品及服务类价格上涨 2.2%，交通通信类价格下降 1.8%，教育文化娱乐类价格上涨 3.0%，医疗保

健类价格上涨 2.0%，其他用品及服务类价格上涨 1.0%。工业生产者出厂价格下降 1.1%，其中轻工业下降 0.5%，重工业下降 1.7%。

全年城镇新增就业 53081 人，失业人员再就业 32375 人，就业困难人员实现就业 2504 人。促进创业人数 6345 人。

年末市场主体 75.15 万户，其中“四上”企业 6635 家。年末实有私营企业 10.49 万户,期末注册资金 4074.58 亿元,分别比上年增长 10.4%、16.3%；个体工商户 62.50 万户,增长 7.8%,期末注册资金 372.06 亿元,下降 35.0%。

全年实现税收总收入 468.09 亿元，比上年增长 17.7%。其中，工业收入 263.88 亿元，增长 31.6%；租赁和商务服务业收入 11.55 亿元，增长 21.1%；房地产业收入 49.28 亿元，下降 4.8%；金融业收入 25.49 亿元，下降 7.9%；批发零售业收入 40.56 亿元，下降 13.5%。

全年实现地方一般公共预算收入 277.09 亿元，比上年增长 5.4%。其中，税收收入 154.24 亿元，增长 10.3%。全年完成地方一般公共预算支出 454.51 亿元，比上年增长 0.2%。其中，社会保障和就业支出 86.29 亿元，增长 1.5%；教育支出 90.45 亿元，增长 0.2%；卫生健康支出 49.51 亿元，下降 5.6%。

5.1.1.2台山市社会经济概况

台山市，广东省辖县级市，由江门市代管。位于珠江三角洲西南部，地处粤港澳大湾区和海上丝绸之路重要节点。

由《2023 年台山市经济运行情况》（台山市统计局，2024 年 2 月 1 日），根据江门市地区生产总值统一核算结果，2023 年，台山市地区生产总值 547.4 亿元，同比增长 6.3%。其中，第一产业增加值 116.44 亿元，同比增长 6.1%；第二产业增加值 233.01 亿元，同比增长 8.1%；第三产业增加值 197.95 亿元，

同比增长 4.3%。

2023 年，市农林牧渔业总产值 204.24 亿元，同比增长 6.5%。其中，农业产值 55.09 亿元，增长 7.7%；林业产值 3.68 亿元，增长 13.2%；牧业产值 27.88 亿元，增长 9.7%；渔业产值 114.11 亿元，增长 5.0%；农林牧渔专业及辅助性活动产值 3.48 亿元，增长 32.5%。

累计实现规模以上工业增加值 205.04 亿元，同比增长 10.3%。分行业看，采矿业增加值增长 0.2%；制造业增长 13.2%；电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 4.1%。规模以上工业销售产值 720.18 亿元，同比增长 1.4%。全市工业用电量达 25.15 亿千瓦时，同比增长 2.5%。

全市固定资产投资同比下降 3.7%。其中，国有投资增长 11.9%；民间投资下降 22.1%。分产业看，第一产业投资同比增长 96.6%；第二产业投资同比增长 5.7%；第三产业投资同比下降 14.3%。

全市社会消费品零售总额 238.85 亿元，同比增长 3.8%。其中：限上社零总额 37.52 亿元，同比下降 2.8%。

全市地方一般公共预算收入 38.4 亿元，同比增长 8.1%。其中税收收入 18.47 亿元，同比增长 4.6%。

2023 年年末全市金融机构本外币存款余额 975.86 亿元,同比增长 12.7%，其中：住户存款 730.42 亿元，同比增长 10.5%。本外币贷款余额 765.99 亿元，同比增长 12.2%，其中：住户贷款 327.99 亿元，同比增长 9.3%。

进出口总额 148.4 亿元，同比下降 12.9%。其中：出口 103.6 亿元，同比下降 14.1%；进口 44.8 亿元，同比下降 10.0%。

5.1.1.3海洋产业发展现状

近年来，江门市海洋产业结构持续优化，基本形成了以滨海旅游业、海洋生物医药业、海洋电力、海洋渔业、海洋化工、海工装备、海洋船舶等构成的海洋产业体系。以滨海能源、海工装备、海洋船舶、纸业制造为主导的临港制造业发展良好，其中大广海湾已成为国家重大合作发展平台，银湖湾滨海新区建设加速推进，为粤港澳大湾区（珠西）高端产业集聚发展区建设奠定了坚实基础。

滨海旅游业是江门市海洋经济的重要增长极。近年来，江门市深挖侨乡海洋历史文化内涵，全力构建“海洋+侨乡”全域旅游发展格局，台山市成功创建国家级全域旅游示范区，开平碉楼文化旅游区被确立为国家 5A 级旅游景区。

江门市海产资源丰富，海水养殖业广布沿海，培育了南美白对虾、花蟹、青口等一大批名优特色水产品和台山鳗鱼、台山蚝、台山青蟹等地理标志产品，还建成了全国最大的鳗鱼养殖、出口基地。镇海湾一带是大湾区内最主要的鲜活水产品供应基地。

在基础设施方面，黄茅海跨海通道施工进展顺利，项目建成后将构筑起港澳地区连通珠海、直达江门、辐射粤西乃至大西南地区的主要高速通道。珠西综合交通枢纽江门站已建成运营；深中通道中开高速江门段实现通车；深茂铁路深江段、珠江肇高铁江肇段、银洲湖高速等重大交通项目正抓紧建设。在港口开发方面，位于西江黄金水道出海口的银洲湖区域已形成沿岸港口群，天马港二期已经正式开放，崖门出海航道二期已动工建设。此外，江门高新区公共码头（首期）项目已开港。该码头最终建成后将有 11 个 3000 吨级多用途泊位，成为珠三角最大规模的内河港口。在广海湾片区，已建成 1 个 10 万吨级码头和 2 个 5 万吨级码头，万吨级作业区码头正在建设中。

“十四五”期间，江门市将从全域旅游和全产业链旅游理念出发，加强海陆旅游资源的融合，打造陆海相接的精品旅游线路，并以生态化、休闲和健康为导向，打造粤港澳大湾区高端滨海旅游目的地和国际海岛旅游集聚区。

5.1.2海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
1	中广核阳江帆石一海上风电场项目	西侧，约 8.46km
2	中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟申请）	西侧，约 8.68km
3	国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）	集电海缆接入本项目海上升压站
4	中广核江门川岛一海上风电项目（拟申请）	
5	台山市川岛镇上川飞东村民委员会三号底播养殖场	西侧，约 6.58km
6	台山市川岛镇上川飞东村民委员会四号底播养殖场	西侧，约 6.77km
7	台山广海湾鱼塘港物流区建设项目	西侧，约 4.55km
8	台山发电厂工程	西侧，约 0.80km
9	广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程	送出海缆穿越
10	台山市赤溪黑沙湾海浴场	西侧，约 0.11km
11	广东台山核电一期工程项目	东北侧，约 3.06km
12	赤溪镇广海湾增殖区一号养殖场	东北侧，约 5.81km
13	赤溪镇广海湾增殖区二号养殖场	东北侧，约 6.52km
14	赤溪镇广海湾增殖区三号养殖场	东北侧，约 6.87km
15	赤溪镇广海湾增殖区四号养殖场	东北侧，约 7.26km
16	赤溪镇广海湾增殖区五号养殖场	东北侧，约 7.72km
17	赤溪镇广海湾增殖区六号养殖场	东北侧，约 8.18km
18	赤溪镇广海湾增殖区十二号养殖场	东北侧，约 6.80km
19	赤溪镇广海湾增殖区十三号养殖场	东北侧，约 7.00km
20	赤溪镇广海湾增殖区十一号养殖场	东北侧，约 7.08km
21	赤溪镇广海湾增殖区十四号养殖场	东北侧，约 7.71km
22	赤溪镇广海湾增殖区十号养殖场	东北侧，约 7.56km
23	赤溪镇广海湾增殖区九号养殖场	东北侧，约 8.07km
24	珠海高栏港外至阳江南鹏岛北	送出海缆穿越
25	粤西沿海近岸航路	北侧，约 3.67km

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
26	珠江口大蜘洲至江门上川岛南	送出海缆穿越
27	珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川岛南	送出海缆穿越
28	广东沿海内航路	送出海缆穿越
29	粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道	北侧，约 12m
30	锚地	西侧，约 0.67km
31	规划锚地	西侧，约 1.40km
32	江门上川岛猕猴地方级自然保护区	西侧，约 9.14km
33	江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园	西侧，约 1.01km
34	江门中华白海豚地方级自然保护区	东侧，约 1.30km
35	造礁石珊瑚	西侧，约 6.70km
36	在建跨河桥梁	登陆点西侧，紧邻
37	养殖鱼塘	登陆点北侧，约 40m
38	渔船停泊区	登陆点东侧，紧邻
39	水库入海口	登陆点南侧，紧邻

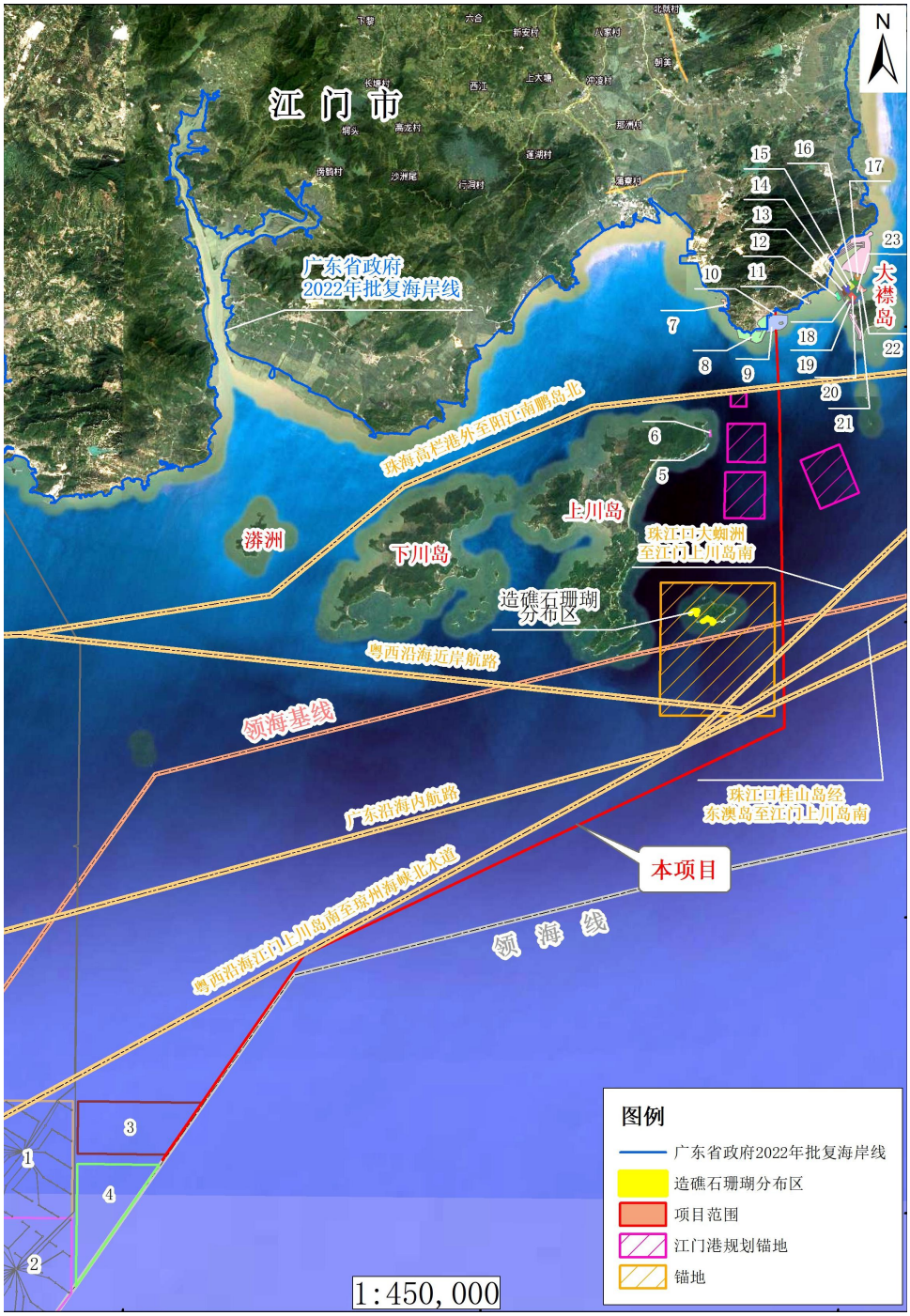


图 5.1.2-1a 项目周边开发利用现状图

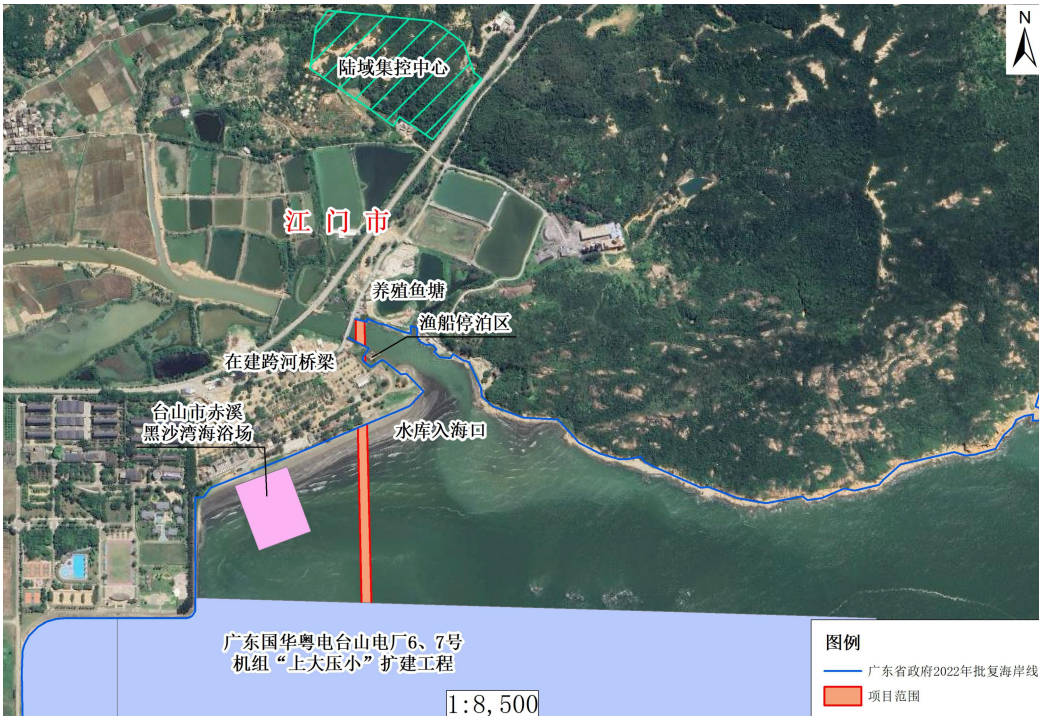


图 5.1.2-1b 项目周边开发利用现状图（登陆点附近）

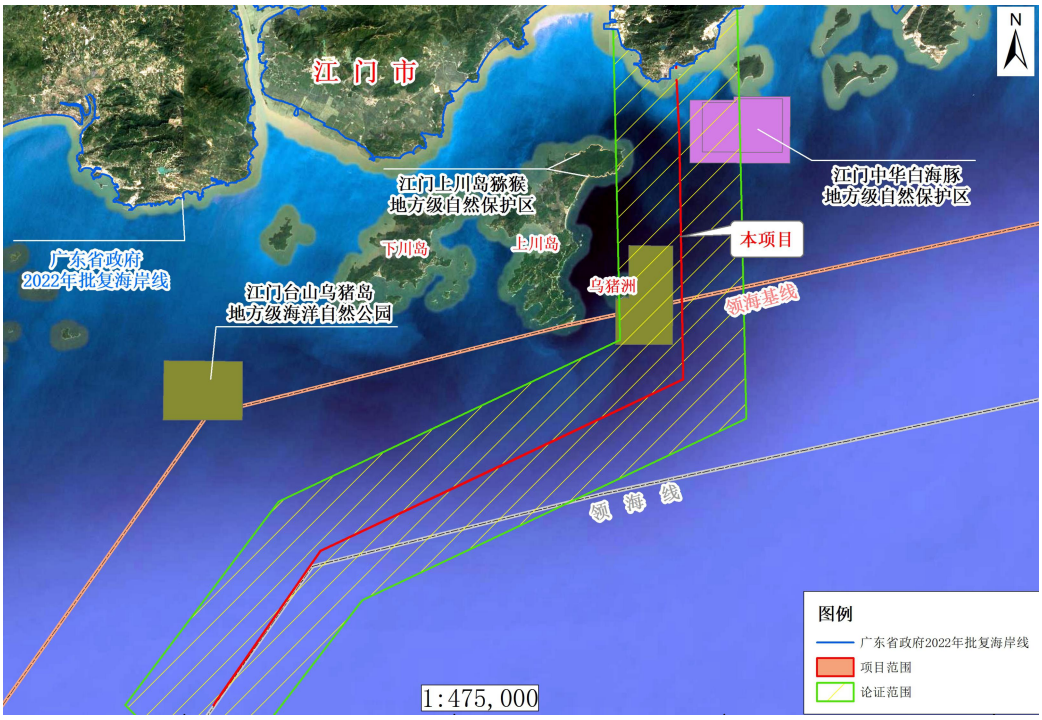


图 5.1.2-1c 项目周边开发利用现状图（自然保护地）

5.1.3海域使用权属现状

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，本项目紧邻已确权登记用海项目为广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工

程。项目申请用海范围与周边用海项目不存在权属重叠。项目紧邻海域权属信息见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 项目紧邻海域权属信息表

（内容不公开）

图 5.1.3-1 项目紧邻海域权属现状图

（内容不公开）

5.2项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节开发利用现状的分析，本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等等，项目＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图见图 5.2-1。结合项目建设和运营情况，项目用海对海域开发活动影响分析如下。

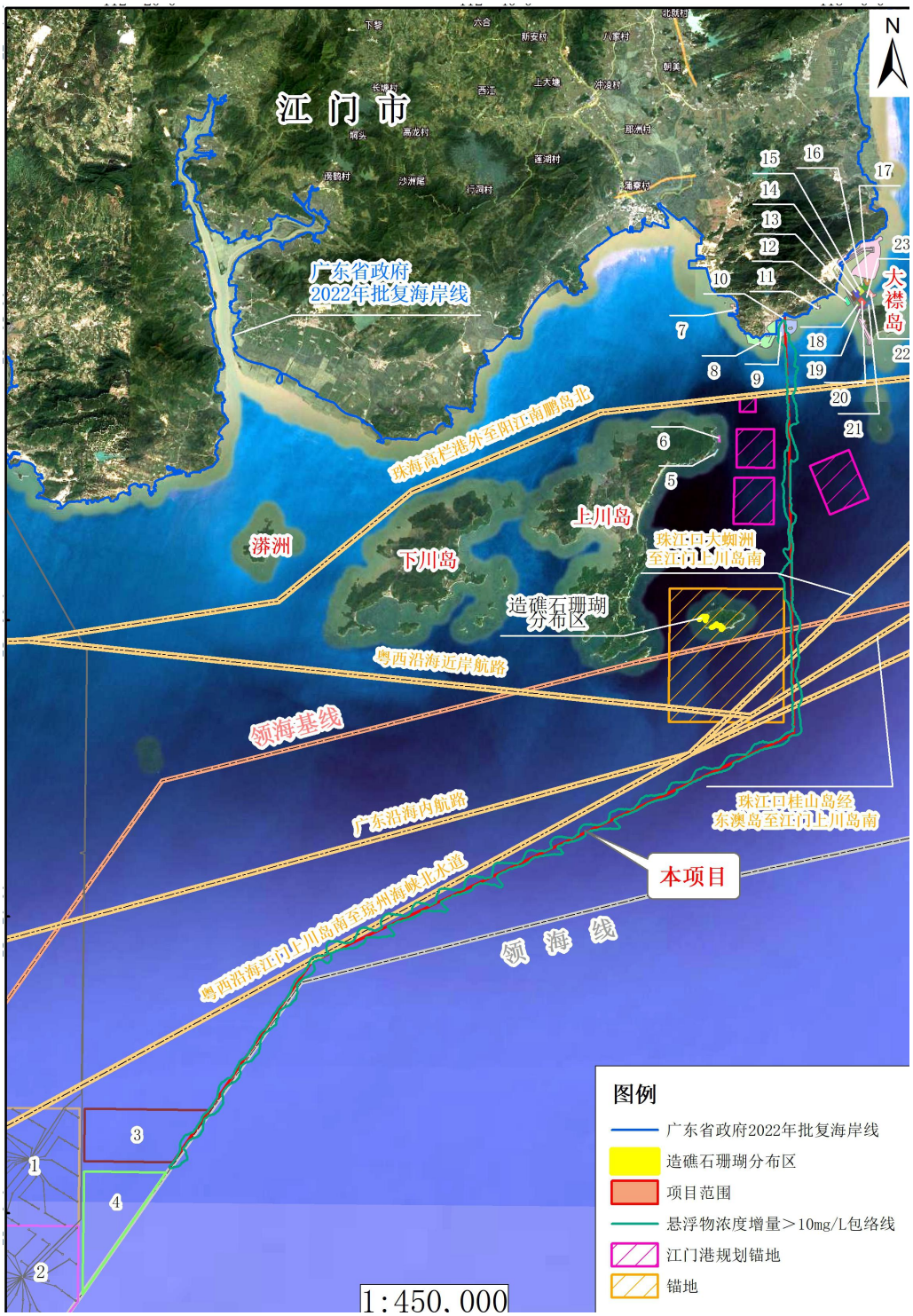


图 5.2-1a ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

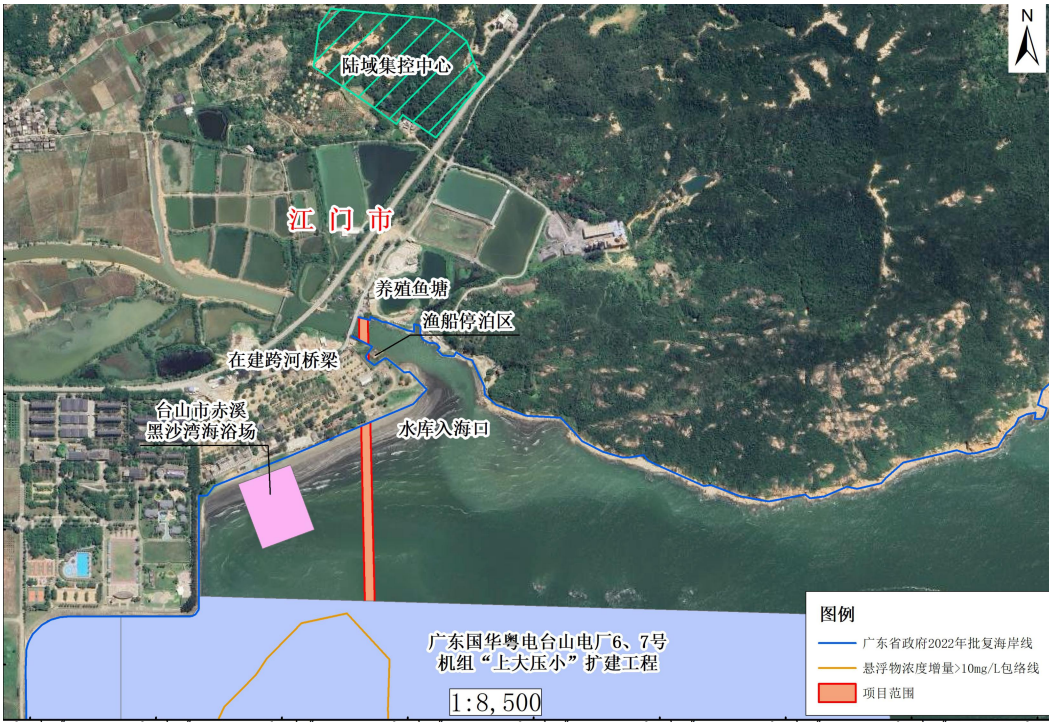


图 5.2-1b ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图（登陆点附近）

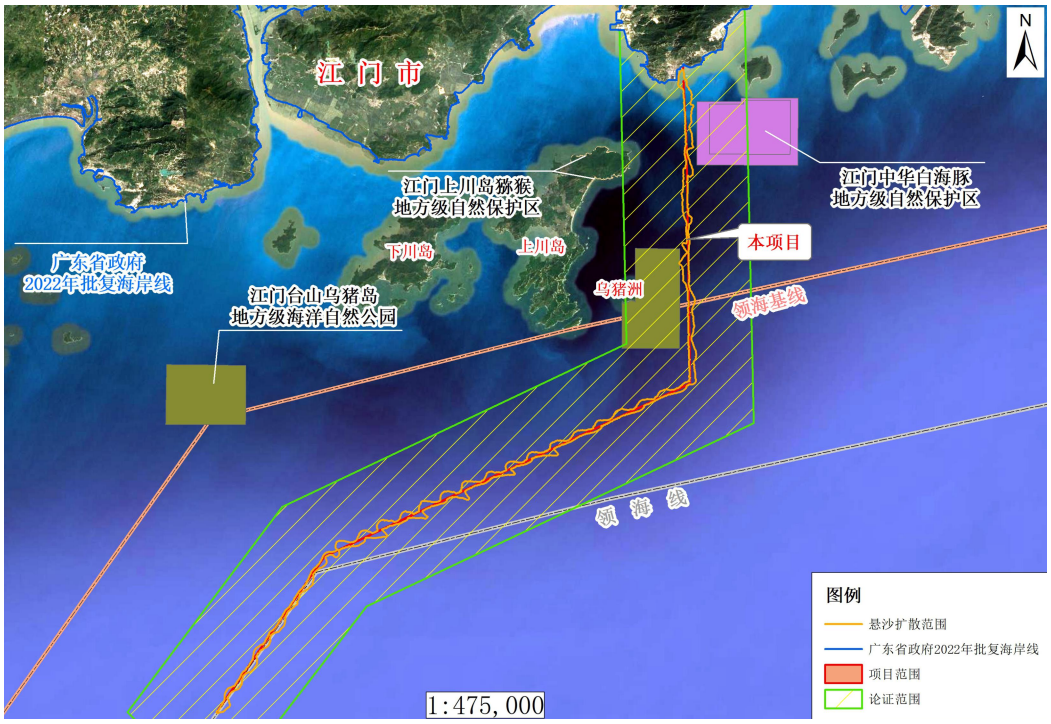


图 5.2-1c ＞10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图（自然保护地）

5.2.1对航路及通航安全影响的分析

本项目送出海缆穿越珠海高栏港外至阳江南鹏岛北、珠江口大蜘洲至江门上川岛南、珠江口桂山岛经东澳岛至江门上川岛南、广东沿海内航路，送出海缆北

侧约 12m 为粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道，北侧约 3.67km 为粤西沿海近岸航路。本项目海缆施工期间，由于需要横穿航道、航路，施工期间海缆敷设船前后一定范围需要设立警戒，将对过往船舶通航安全将产生碍航影响，对周边的通航环境产生一定影响。

本项目海上升压站位于川岛一、川岛二场址中间，与周边航道、航路距离较远；海上无功补偿站与周边航道、航路间有一定距离，最近约 1.61km，海上升压站及海上无功补偿站建设规模不大且周边海域开阔，施工期间对周边航道、航路影响较小。

本项目送出海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域水文动力和冲淤变化基本不影响。由于海上升压站及海上无功补偿站桩径不大，项目实施不会对所在海域水动力环境产生明显影响。工程实施对海域冲淤影响主要出现在海上升压站及海上无功补偿站桩基附近。由第 4 章节预测结果表明，工程实施后海上升压站及海上无功补偿站桩基附近出现 0.02m/a 左右的淤积，冲刷作用不明显。因此，项目建设基本不会对周边航道、航路所在海域水文动力、冲淤环境造成影响，不会对其功能造成影响。

此外，航路来往船舶对本项目海缆的调查和铺设会带来一定的影响，但只要对海缆的深埋严格要求，真正达到设计标准，在海缆铺设后树立警示标志、发布相关海域管理通告，该影响较小，同时也不会影响到航道、航路的正常使用。

5.2.2对锚地的影响分析

本项目所在海域分布有 1 个在用锚地和 4 个规划锚地，其中在用锚地位于本项目送出海缆西侧约 0.67km，规划锚地距离本项目最近约 1.40km，位于本项目送出海缆西侧。本项目海底电缆的布置未穿过锚地，与周边锚地均保持一定

的距离，海底电缆工程埋藏在海床以下 3~4m，为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响。因此，项目建设对周边锚地影响不大。施工期间海缆敷设过程需要占用一部分水域，对进出锚地的船舶有一定碍航影响，作业期间需加强现场警戒。

5.2.3对养殖项目的影响分析

本项目送出海缆西侧 6.5km 外分布有台山市川岛镇上川飞东村民委员会底播养殖场 2 个,登陆点东北侧 3km 外分布有赤溪镇广海湾增殖区养殖场 12 个，均为开放式养殖。本项目建设对周边开放式养殖活动的影响主要为施工期间海缆敷设产生的悬浮泥沙扩散，根据第 4 章节预测结果分析，项目施工产生的底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 87.361km²，由图 5.2-1a，不会扩散到周边开放式养殖活动，不会对其所在海域水质环境产生影响；且本项目与周边开放式养殖活动间有一定距离，施工期间船舶进出不会涉及其所在海域；营运期间海缆敷设在海底，不会产生污染物，不会对周边开放式养殖活动的正常经营产生影响。

5.2.4对海上风电场项目的影响分析

本项目为川岛一、川岛二海上风电项目的集中送出工程，川岛一、川岛二海上风电项目的集电海缆将接入本项目海上升压站。本项目对川岛一、川岛二海上风电项目的影响主要是施工期间的影响，海上风电项目施工周期长，本项目与川岛一、川岛二海上风电项目难免存在同时施工、相互影响的可能。若同时施工，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。另外，如果本项目建设晚于上述海上风电项目，后期施工船只航行的区域可能有上

述海上风电项目已建好的海底电缆设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆。但由于海缆敷设会采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只会采取相应的避让措施；加上项目建设海域宽阔，本项目施工船只通航时有较大空间进行避让。因此，本项目施工破坏其他海上风电项目的构筑物和海缆的可能性不大。

本项目与中广核阳江帆石一海上风电场项目、中广核阳江帆石二海上风电场项目（拟申请）距离较远（8km 外），项目建设对上述海上风电项目基本无影响。

5.2.5对自然保护区的影响分析

距离本项目最近的保护区为江门中华白海豚地方级自然保护区，位于本项目东侧约 1.30km 处。根据第 4 章节预测结果分析，项目施工产生的底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 87.361km^2，由图 5.2-1c，不会扩散到上述自然保护区所在海域，不会对其所在海域水质环境产生影响。本项目建设对中华白海豚的影响主要为施工噪声影响，施工船舶产生的噪声强度相对较小，传至水下后对海洋生物的影响很小；本项目仅海上升压站、海上无功补偿站基础建设需进行打桩，施工量较小，打桩施工时间较短，造成的噪声影响也较小，通过配备海豚观察员，发现中华白海豚出现在工程海域附近时采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域再进行施工作业，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。因此，本项目建设对江门中华白海豚地方级自然保护区及其保护对象基本无影响。

江门上川岛猕猴地方级自然保护区位于本项目 8km 外，与本项目距离较远，

项目建设不会对上述自然保护区及其保护对象产生影响。

5.2.6对造礁石珊瑚的影响分析

本项目西侧约 6.70km 乌猪洲西南部的海湾内为造礁石珊瑚集中分布区，根据第 4 章节预测结果分析，项目施工产生的底层悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 87.361km^2，由图 5.2-1a，不会扩散到造礁石珊瑚所在海域。本项目施工作业及建设区域不涉及造礁石珊瑚所在海域，因此本项目建设不会对其产生影响。

5.2.7对广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程的影响分析

本项目送出海缆拟申请用海范围与该工程取、排水口权属范围重叠面积为 3.6876 公顷（图 5.1.2-3），本次论证对该重叠部分进行避让，实际建设海缆将穿越该工程权属范围，施工及营运期间将占用该工程一定用海范围，对该项目造成一定影响。

本项目送出海底电缆埋设在海床以下 3~4m，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，不会对潮流动力产生影响，亦不会对周边地形地貌产生影响，不会对广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程所在海域水文动力、冲淤环境产生影响。

根据项目施工期间悬浮泥沙预测结果表明，项目海缆施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为 87.361km^2，送出海缆施工产生的悬浮泥沙会扩散到广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程（图 5.2-1b），可能对其取水工程产生影响。

项目施工前应本项目建设单位与广东国华粤电台山发电有限公司进行沟通，

协商解决用海影响问题，未解决好与广东国华粤电台山发电有限公司的协调或补偿问题，不得开工建设。如在施工过程中突发事故导致广东国华粤电台山发电有限公司利益较大受损，应立即停止施工，并在管理部门的组织下与广东国华粤电台山发电有限公司协商并落实赔偿责任后方可复工，避免产生用海矛盾，确保海缆顺利施工及营运期的安全。

5.2.8对登陆点附近开发利用活动的影响分析

本项目送出海缆登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，距入海口约 400m。登陆点东侧有渔船停泊区。登陆点南侧为水库河流，宽约 40m，河对岸为黑沙湾。登陆点西侧紧挨着一个跨河桥梁，可通行，桥梁旁边建有 5 个桥墩，桥梁未建设完成。登陆点北侧有大片养殖鱼塘，最近约 40m。本项目拟采用定向钻穿越进行海缆登陆，登陆点附近为定向钻施工区域，不涉及周边开发利用活动，营运期间海缆埋设于海底，不会对周边开发利用活动产生影响。

5.2.9对其他项目的影响分析

本项目送出海缆西侧约 0.11km 处为台山市赤溪黑沙湾海浴场，0.80km 处为台山发电厂工程，4.55km 处为台山广海湾鱼塘港物流区建设项目；东北侧约 3.06km 处分布有广东台山核电一期工程项目。

本项目送出海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域水文动力和冲淤变化基本不影响。由于海上升压站及海上无功补偿站桩径不大，项目实施不会对所在海域水动力环境产生明显影响。工程实施对海域冲淤影响主要出现在海上升压站及海上无功补偿站桩基附近。由第 4 章节预测结果表明，工程实施后海上升压站及海上无功补偿站桩基附近出现 0.02m/a 左右的淤积，冲刷作用不明显，不会影响到上述项目所在海域。根据项目施工期间悬浮泥沙预测

结果表明，项目海缆施工导致的底层超第一、二类海水水质的海域面积为87.361km^2，不会扩散到上述项目所在海域（图5.2-1a），不会对上述项目的正常运营产生影响。营运期间项目海缆埋设于海底，不会对上述项目产生影响。

5.3利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

根据本报告5.2节项目建设对周边开发活动的影响分析,本项目建设会对川岛一海上风电项目、川岛二海上风电项目、广东国华粤电台山电厂6、7号机组“上大压小”扩建工程产生一定影响。由于川岛二海上风电项目建设单位为国能（江门）风能开发有限公司，与本项目建设单位为同一单位，因此，界定本项目利益相关者为川岛一海上风电项目、广东国华粤电台山电厂6、7号机组“上大压小”扩建工程建设单位中广核新能源（江门）有限公司、广东国华粤电台山发电有限公司，详见表5.3-1及图5.3-1。

表5.3-1 利益相关者一览表

序号	用海活动	与本项目相对位置和最近距离	利益相关者	可能影响因素
1	中广核江门川岛一海上风电项目（拟申请）	集电海缆接入本项目海上升压站	中广核新能源（江门）有限公司	施工影响
2	广东国华粤电台山电厂6、7号机组“上大压小”扩建工程	送出海缆穿越	广东国华粤电台山发电有限公司	实际建设占用权属范围、悬沙扩散

图 5.3-1 利益相关者分布图

5.4需协调部门界定

项目建设过程中，施工船只作业会增加附近海域的通航密度，对所在海域通航环境造成一定的影响。因此，界定本项目协调责任部门为海事局，详见表 5.4-1。

表 5.4-1 协调责任部门一览表

用海活动	协调责任部门	可能影响因素	协调内容
通航环境	海事局	施工船舶进出作业增大海域通航密度	协调作业船舶进出安排，确保船舶通航安全

5.5相关利益协调分析

5.5.1与利益相关者的协调分析

（1）与中广核新能源（江门）有限公司的协调分析

本项目与中广核江门川岛一海上风电项目（拟申请）可能同期施工建设，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。因此建议本项目建设单位和中广核新能源（江门）有限公司进行充分沟通，在施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。

（2）与广东国华粤电台山发电有限公司的协调分析

本项目申请用海范围避让广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程，但项目实际建设占用其权属范围，以及项目施工产生的悬浮泥沙会扩散至广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程的取、排水口用海范围，可能影响到其取水工程。项目施工前应本项目建设单位与广东国华粤电台山发电有限公司进行沟通，协商解决用海影响问题，未解决好与广东国华粤电台山发电有限公司的协调或补偿问题，不得开工建设。如在施工过程中突发事故导致广东国华粤电台山发电有限公司利益较大受损，应立即停止施工，并在管理部门的组织下与广东国华粤电台山发电有限公司协商并落实赔偿责任后方可复工，避免产生用海矛盾，确保海缆顺利施工及营运期的安全。

5.5.2与协调责任部门的协调分析

项目建设过程中会投入一定的施工船舶，工程海域的船舶流量会有所增加，对周边航行的过往船舶影响较大；项目的建设也改变了原有的海域条件，必须采取相应的安全措施保障附近海域的船舶通航安全。

建设单位应该建立安全有效的联系机制，施工前应与海事局进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。建设单位经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事局，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事局报告；工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

表 5.5-1 利益协调情况一览表

序号	用海活动	利益相关者/协调责任部门	协调方案
1	中广核江门川岛一海上风电项目（拟申请）	中广核新能源（江门）有限公司	施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。
2	广东国华粤电台山电厂6、7号机组“上大压小”扩建工程	广东国华粤电台山发电有限公司	施工前进行沟通，协商解决用海影响问题，未解决好与广东国华粤电台山发电有限公司的协调或补偿问题，不得开工建设。如在施工过程中突发事故导致广东国华粤电台山发电有限公司利益较大受损，应立即停止施工，并在管理部门的组织下与广东国华粤电台山发电有限公司协商并落实赔偿责任后方可复工，避免产生用海矛盾，确保海缆顺利施工及营运期的安全。
3	通航环境	海事局	建立安全有效的联系机制，施工前应与海事局进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全；经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事局，申请发布相应的航行警告； 发现存在安全隐患时及时处理，并向海事局报告； 工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

5.6项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调性分析

5.6.1对国防安全和军事活动的影响分析

项目所在海域及附近海域可能存在国防设施，工程建设、生产经营可能会对国防产生影响，建议业主取得军方的书面协调意见后方可施工建设，以保障项目

建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。

5.6.2对国家海洋权益的影响分析

海域是国家的资源，任何方式的使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。

本工程不存在损害国家权益的问题，项目实施不会涉及领海基点，也不会涉及国家机密，对国家海洋权益没有影响。海域属国家所有，单位和个人经营性使用海域，必须按规定交纳海域使用金。本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不损害国家权益。

6 国土空间规划符合性分析

6.1项目用海与国土空间规划符合性分析

6.1.1所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1.1《全国国土规划纲要（2016-2030年）》

2017年1月3日，国务院关于印发《全国国土规划纲要（2016-2030年）》的通知，规划纲要指出：积极应对国土开发面临的新机遇与新挑战，围绕实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴中国梦，针对国土开发中存在的突出问题，加强顶层设计和统筹谋划，科学确定国土开发、保护与整治的指导思想、基本原则和主要目标。

坚持陆域开发与海域利用相统筹。在促进陆域国土纵深开发的同时，**充分发挥海洋国土作为经济空间、战略通道、资源基地、安全屏障的重要作用**，扩大内陆地区分享海洋经济发展效益的范围，加强陆地与海洋在发展定位、产业布局、资源开发、环境保护和防灾减灾等方面的协同共治，**构建良性互动的陆海统筹开发格局，提高海洋资源开发能力，加快建设海洋强国**。

海洋开发保护水平显著提高，建设海洋强国目标基本实现。到2020年，海洋经济发展空间不断拓展，海洋产业布局更为合理，对沿海地区经济的辐射带动能力进一步增强，海洋生产总值占国内生产总值比例达到9.5%；到2030年，海洋开发、控制、综合管理能力全面提升，海洋经济不断壮大，海洋生态环境质量持续改善，海上突发事件应急处置能力显著增强，国家海洋权益得到切实维护，海洋生产总值占国内生产总值比例力争达到14%。

以发展海洋经济和推进沿海沿边开发开放为依托促进国土全方位开放。推进

沿海沿边开放，形成优势互补、分工协作、均衡协调的区域开放格局。鼓励东部沿海地区全面参与国际分工，主动融入经济全球化。深入推进沿边地区开发开放，加快边境中心城市、口岸城市建设，加强基础设施与周边国家互联互通，发展面向周边的特色产业群和产业基地，形成具有独特地缘优势的开发开放格局。**统筹推进海岸带和海岛开发建设、近海与远海开发利用，增强海洋开发能力，优化海洋产业结构**，提高海洋经济增长对国民经济的支撑水平。

发挥重点地区的引领带动作用。推进国家级新区、国家级综合配套改革试验区、重点开发开放试验区等各类重点功能平台建设，促进各类功能区有序发展。鼓励东部沿海地区主动融入经济全球化和区域一体化，全面参与国际分工与合作。加快推进上海、广东、天津、福建等自由贸易试验区建设。**加强陆海统筹，着力培育一批新的海洋经济增长极，推动形成我国北部、东部、南部三个海洋经济圈。**在中西部地区，培育长江中游、成渝等经济基础良好、资源环境承载力强、发展潜力较大的地区成为新的经济增长极。鼓励改革试验区创新发展，加快开发开放步伐，积累创新实践经验，为统筹城乡区域协调发展和优化国土空间开发格局提供经验示范。

提高能源开发利用水平。在保护生态的前提下，有序稳妥开发水电，安全发展核电，**高效发展风电，**扩大利用太阳能，有序开发生物质能。实施新能源集成利用示范工程，因地制宜推进新型太阳能光伏和光热发电、生物质气化、生物燃料、**海洋能等可再生能源发展**，大幅提高非化石能源占能源消费总量的比例。

6.1.1.2《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》

2023 年 8 月 8 日，国务院批复了《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《规划》），并提出《规划》是广东省空间发展的指南、可持续发展

的空间蓝图，是各类开发保护建设活动的基本依据。《规划》以当好“两个重要窗口”为主题，以“在全面建设社会主义现代化国家新征程中走在全国前列、创造新的辉煌”为总要求，坚持“高水平保护、高质量发展、高品质生活、高效能治理”的规划理念，提出面向未来广东国土空间开发保护的基本思路。

发展愿景和总体定位。以“世界窗口、活力广东、诗画岭南、宜居家园”为发展愿景，着力把广东建设成为“中国特色社会主义先行区、高质量发展的引领区、美丽中国建设的典范区、开放包容智慧的宜居家园”。

国土空间开发保护目标。积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到2035年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土-国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土-自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强，陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。

打造开放活力的海洋空间，充分发挥海洋作为高质量发展的战略要地作用，

陆海统筹推进海洋空间保护与利用，加强海岸带综合管理，维护绿色安全海洋生态，打造现代化沿海经济带，全面建设海洋强省。支持培育现代化海洋产业集群。推进海洋优势产业集中集约布局，拓展新兴产业后备发展空间，强化潜力产业基础空间保障，重点支持打造海洋油气化工、海洋旅游、**海洋清洁能源**、船舶与海洋工程装备、海洋生物等五个千亿级以上海洋产业集群，统筹推进现代海洋产业集聚区、沿海产业园区建设。加强产学研基地、海洋科技创新平台、跨区域海洋创新创业等涉海自主研发平台建设，大力推进科技兴海产业示范基地、国家海洋高技术产业基地、海洋经济发展试点示范建设，鼓励珠三角海洋科技创新企业在粤东和粤西地区建设海洋高技术成果高效转化基地和产业基地，打造海洋产业高质量发展典范。

建设世界先进制造业高地。以“一核一带一区”为引领，优化全省产业空间布局。①珠三角核心区突出创新驱动、示范带动，积极培育发展十大战略性支柱产业和十大战略性新兴产业集群，重点建设广深港、广珠澳科技创新走廊和环珠江口现代服务业集聚区，推进产业发展组团和产业重大平台建设，优化形成“走廊+组团+平台”的网络化产业协同布局模式。②**沿海经济带**突出陆海统筹、港产联动，以港口和临港经济区、临港新城为载体，做大做强临港临海产业集群，加快建设大型产业集聚区，打造世界级沿海产业带。③北部生态发展区突出生态优先、绿色发展，“据点式”布局现代农业产业园和特色工业园区，着力建设以生态农业、绿色工业、生态旅游为主体的生态产业体系，因地制宜发展绿色低碳、环境友好型产业。

科学有序推进近海风电场开发建设，积极探索深远海风电开发，支持珠三角海上风电研发服务基地、粤东千万千瓦级海上风电基地、粤西千万千瓦级海上风

电基地等基地建设，**优化海上风电选址，打造世界级风电产业基地**。优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。**推动海上风电项目**、海洋养殖**向深水远岸布局**，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合开发利用，海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制。统筹海底油气管道、通信光缆、电缆等线性设施敷设的海底廊道，**重点加强海上风电电缆集中布局规划和管理，统筹设置集中登陆点**。划定管廊保护范围，加强海底管廊保护，在确保安全的前提下推进管廊复合利用、管线集中铺设。**合理安排国家重大项目、重大战略和海洋矿产能源开发利用等工矿用海布局**，主要包括：国家重大建设项目，广东自贸区、广东海洋经济综合试验区及粤港澳大湾区等国家重大战略规划用海，洋东、勒门、海门、靖海、神泉、后湖、甲子、桂山、港口、南鹏岛、沙扒、外罗、新寮、徐闻等近海浅水区海上风电建设及深水区的海上风电建设用海，海上石油、天然气、天然气水合物等油气资源勘探开发用海，波浪能、潮流能、海上光伏等海洋可再生能源开发用海等。

项目位于沿海经济带，该区域根据重要产业集群布局规划为新能源重要产业集群。根据海洋空间功能布局，本项目送出海底电缆穿越了海洋生态保护空间，海上升压站及海上无功补偿站位于海洋开发利用空间。

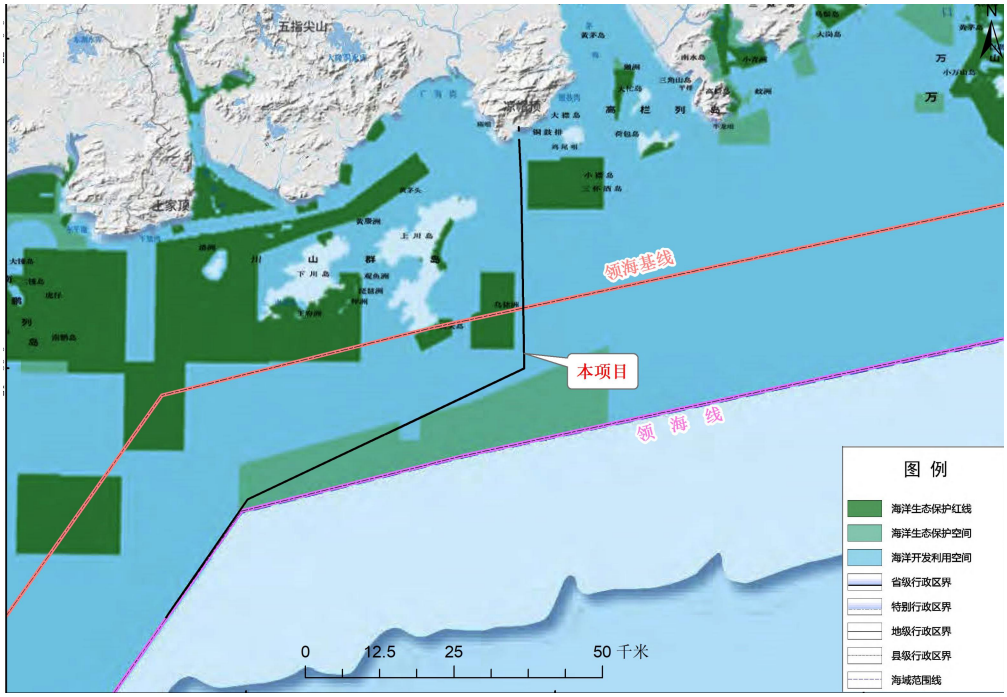


图 6.1.1-1 广东省海洋空间功能布局图（《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》）

6.1.1.3《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》

《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》提出：2025 年，着重抓好广东省重点生态功能区、生态保护红线内、重点国家级自然保护地等区域生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题，使全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，生态系统安全性稳定性显著增强；2035 年，全面构建安全、健康、美丽、和谐的高品质国土，人与自然和谐共生格局基本形成，碳排放率先达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽广东基本建成。

基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，生态空间-系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、**沿海地区海岸带**保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、

海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

保障“一核一带一区”区域发展格局。一核-生态融核，打造人与自然和谐共生的国际一流湾区。一带-陆海统筹，构建生态经济协调发展的黄金海岸带。一区-生态活区，打造生态引领的粤北生态发展区。

推进重要生态系统保护修复。护卫蓝色海洋生态屏障，以 15 个生态保护和修复单元为重点，统筹推进河口、海湾、海岛海岸带整治修复，提高海洋带防护功能，加强海洋生物多样性保护。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程-重要海湾生态系统保护修复：大亚湾-大鹏湾生物多样性保护修复、拓林湾及周边海域典型海湾保护修复、靖海湾砂质海岸-防护林保护修复、红海湾-碣石湾滨海湿地保护修复、阳江湾典型海湾生态系统保护修复、水东湾-博贺湾海洋综合整治修复、镇海湾—广海湾—银湖湾生态系统保护修复、雷州半岛东部滨海湿地生态系统保护和修复、雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程-重要海岛生态系统保护修复：南澳岛—南澎列岛生物多样性保护恢复、川山群岛生物多样性保护恢复、万山群岛及周边海域生物多样性保护恢复。

经与规划图件叠加分析，项目穿越了镇海湾—广海湾—银湖湾生态系统保护修复单元和川山群岛生物多样性保护与恢复单元。

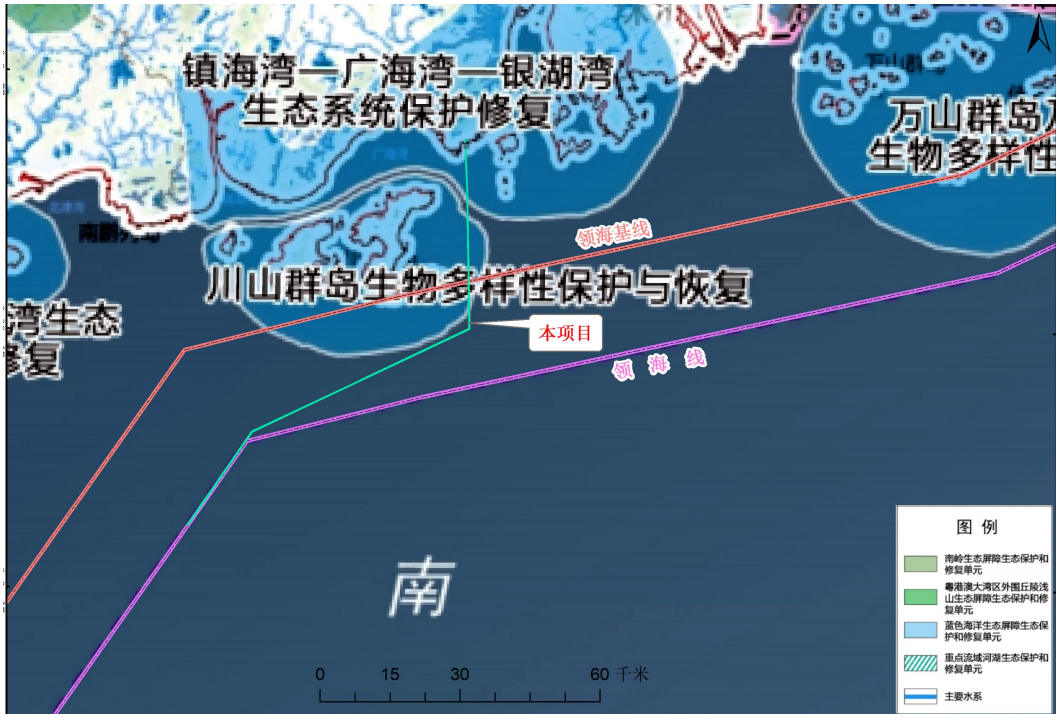


图 6.1.1-2 项目与广东省重要生态系统生态保护和修复布局图叠加示意图

6.1.1.4《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出，分区管控近岸海域，划设海洋开发利用空间和海洋生态空间。工矿通信用海在赤溪半岛、广海湾、大襟岛西侧沿岸以及大帆石南部近海海域划出工矿通信用海区，配合海岸带临海工业和近海风电项目的规划与实施需求。渔业用海主要布局在黄茅海、上川岛周边海域。合理安排镇海湾近岸海水增养殖基地等渔业用海布局，满足渔港及渔业设施建设用海需求。

规划提出，发展临港先进制造。加快推进海洋交通运输装备、船舶制造、船舶拆解及修理等产业转型升级。依托银洲湖中小船舶基地，重点发展特种工程船、高端游艇修造及关键零部件产业。积极引进半潜式钻井平台和钻井船、海上供应船、海上钢结构、风电设备、海洋环保设备制造等海洋工程平台类装备制造业，配套海洋工程装备研发制造，突破核心技术，全面提升船舶和海洋工程装备制造

竞争力。推动海洋牧场与海洋工程装备制造联动发展，建立现代化海洋养殖装备生产基地。

规划提出，培育海洋新兴产业。大力发展海洋新材料产业，重点研究开发海洋金属材料、高分子材料、无机非金属材料和复合材料。积极发展海洋基因技术、生物工程技术、药物与保健品等海洋高新技术产业，支持海洋创新药物、海洋生物基因资源开发，规划建设研发、中试、产业化一体化的海洋生物医药高新技术园区。做强滨海新能源产业，依托深水港口，引入大型天然气企业综合利用产业基地项目，构建 LNG 综合利用产业链。**统筹推进海上风电项目建设，丰富大广海湾区建设能源支撑。**

规划明确，工矿通信用海——在赤溪半岛、广海湾、大襟岛西侧沿岸以及大帆石南部近海海域划出工矿通信用海区，配合海岸带临海工业和近海风电项目的规划与实施需求。渔业用海——主要布局在黄茅海、上川岛周边海域。合理安排镇海湾近岸海水增养殖基地等渔业用海布局。满足渔港及渔业设施建设用海需求。

本项目送出电缆路由穿越工矿通信用海区、渔业用海区。

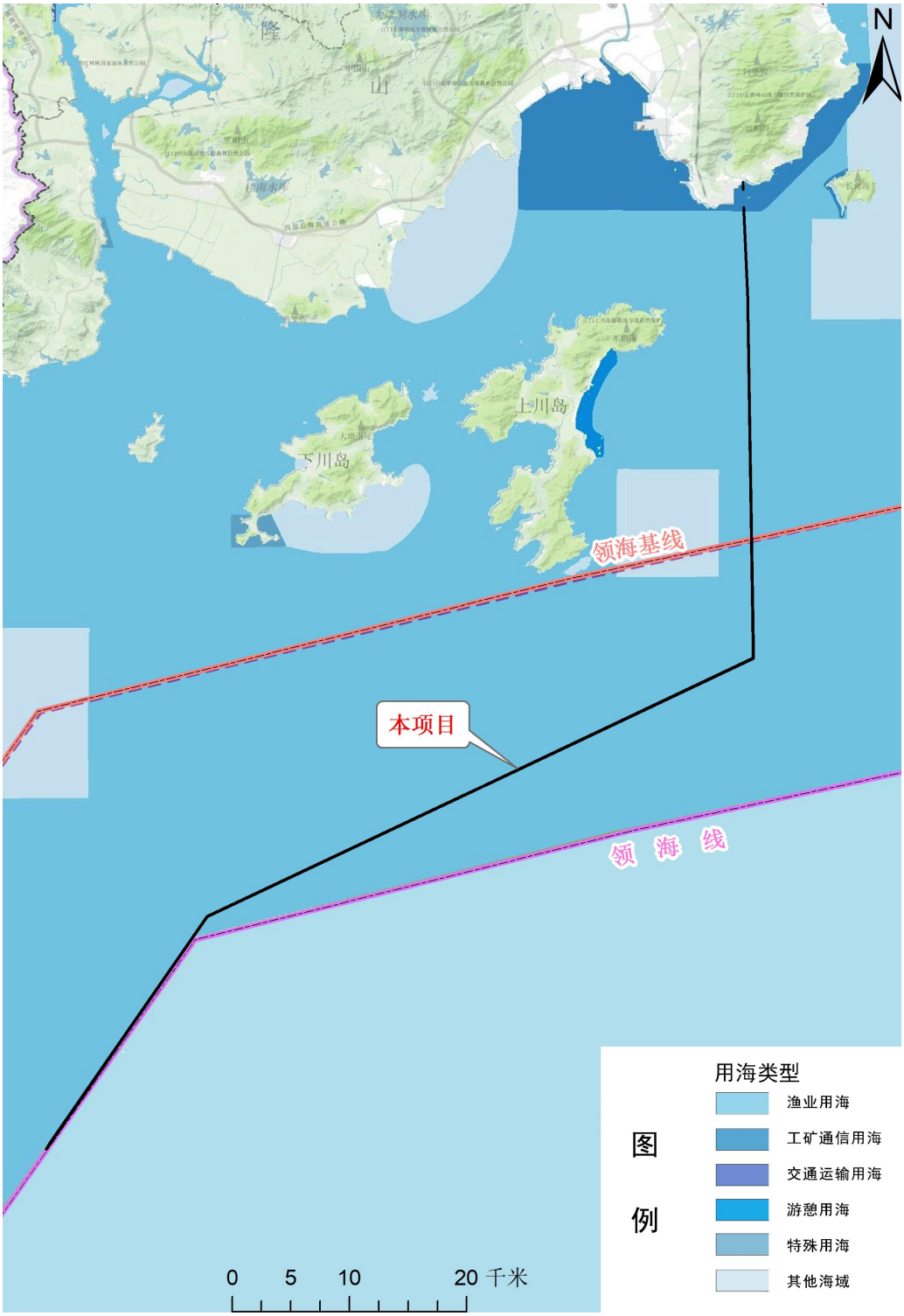


图 6.1.1-3 江门市海洋功能分区局部图（《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》）

6.1.2对海域国土空间规划分区的影响分析

本项目位于江门市南侧海域，中广核江门川岛一海上风电项目、国能江门川岛二海上风电项目规划装机容量均为 400MW，风电机组发出的电能通过 66kV

集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过海底电缆送至海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。本项目为江门川岛一、二海上风电场项目的集中送出工程，包含海上升压站、海上无功补偿站与 2 回 500kV 送出海底电缆。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

6.1.2.1对《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》的影响分析

江门市作为广东海洋经济综合试验区，为广东海洋经济发展提供有效的探索，江门市委十四届五次全会报告提出，要推动海洋强市建设强势破局，在打造海上新江门上实现新突破。做大做强做优现代海洋产业，坚持“三线并进”，着力构建“海洋科技+海洋经济+海洋牧场”现代海洋产业体系，打造广东现代化海洋牧场先行区，强调“要以‘种业—养殖—预制菜’为主线深耕海洋第一产业”，“要以‘装备制造+海上风电’为主线壮大海洋第二产业”，“要以‘金融＋保险＋租赁’为主线拓展海洋第三产业”。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于大力推进滨海能源产业发展，能同时为江门滨海渔业、临海工业、滨海旅游业提供环保电力资源，有力保证其他产业的蓬勃发展。

6.1.2.2对《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》的影响分析

根据海洋空间功能布局，本项目部分送出海底电缆穿越了海洋生态保护空间。经分析，本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期及营运期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

6.1.2.3对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》规划分区的影响分析

本项目穿越了镇海湾—广海湾—银湖湾生态系统保护修复单元和川山群岛生物多样性保护与恢复单元。本项目建设主要为施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束。悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。施工期及营运期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。项目建设基本不会对规划中明确的生态系统保护修复单元和生物多样性保护与恢复单元产生影响。因此，本项目建设内容与规划内容不冲突。

6.1.2.4对《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》规划分区的影响分析

本项目送出电缆路由穿越规划中明确的工矿通信用海区和渔业用海区。送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线，岸线类型为自然岸线和人工岸线。本项目海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。正常情况下，施工船舶污水不会对海域环境造成影响。根据悬浮泥沙扩散预测结果，海底电缆施工产生的悬沙增量大于 10mg/L 的垂向平均包络线面积为 36.156km^2、大于 100mg/L 的垂向平均包络线面积为 2.360km^2。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，基本不会影响水质质量。本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对所在国土空间海域水质环境造成影响。

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于第一类鼓励类中的“五 新能源 1、风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”。

本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于开发利用广东省

近海风能资源，减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力,有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展,助力能源绿色低碳转型，增强区域电力供应，完善保障有力的供电系统。

6.1.3项目用海与国土空间规划的符合性分析

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站、海上无功补偿站和送出海底电缆，海上风电项目的建设可推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现绿色发展，可以利用良好的风能资源，向电网提供清洁的可再生能源，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。工程的建设可以全面提升江门市的供电能力，大力推动江门市沿海经济带高质量发展。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用，项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为下一步广东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析,本项目用海方式不改变海域自然属性，符合所在海域国土空间规划分区的用途管制要求。因此，本项目建设与《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划（2021-2035

年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符合。

6.2项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于川山群岛农渔业区、广海湾工业与城镇用海区和湛江-珠海近海农渔业区（图 6.2-1）。川山群岛农渔业区相适宜的海域使用类型为渔业用海，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准；广海湾工业与城镇用海区相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海，基本功能未利用前执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准，工程建设期间及建设完成后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；湛江-珠海近海农渔业区相适宜的海域使用类型为渔业用海，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。

项目作为海洋可再生能源开发项目，无围填海工程和水下爆破，送出海底电缆敷设不会截断洄游通道，项目对功能区的影响主要存在于施工期间，悬沙扩散对功能区的水质产生影响。但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响功能区的功能发挥，营运期也不会造成影响，不会对所在海洋功能区的基本功能造成不可逆转的改变，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的管理要求。具体分析见表 6.2-1。

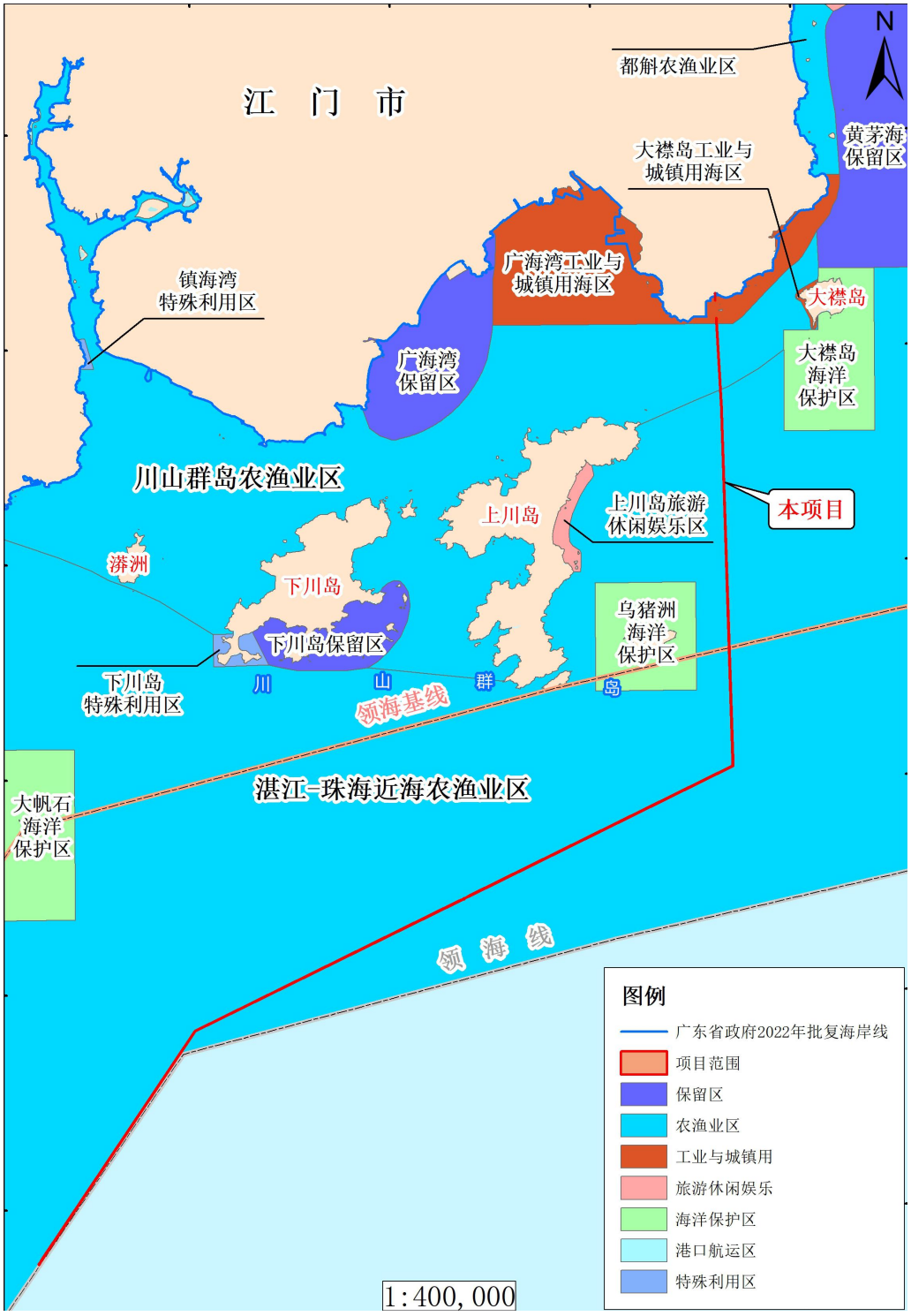


图 6.2-1 项目所在及周边海域海洋功能区划图（广东省）

表 6.2-1 项目与广东省海洋功能区划要求的符合性分析

名称	功能区划管理要求		影响分析	是否符合
川山群岛	海域使用	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	不冲突

名称	功能区划管理要求		影响分析	是否符合
农渔业区	管理要求	2.保障横山渔港、沙堤渔港、深水网箱养殖、人工鱼礁等用海需求；	本项目距离横山渔港、沙堤渔港较远，且没有位于人工鱼礁、网箱养殖区域。	符合
		3.适当保障港口航运、工业与城镇、旅游娱乐用海需求；	本项目不涉及港口航运、工业与城镇、旅游娱乐功能区，对港口航运、工业与城镇、旅游娱乐用海需求没有影响。	符合
		4.维护海湾防洪纳潮功能；	本项目为海上风电项目的必要配套工程，项目建成后有利于大力推进滨海能源产业发展，不影响海湾防洪纳潮功能。	符合
		5.严格控制在镇海湾湾内围填海；	本项目距离镇海湾较远，并且本项目不涉及围填海工程。	符合
		6.保护川山群岛生物海岸,养殖活动应避开镇海湾水道、沙堤港航道等，维护航行通道畅通；	本项目距离川岛群岛较远，并且本项目不涉及养殖活动。	符合
		7.合理控制养殖规模和密度；	本项目不涉及养殖活动。	符合
		8.优先保障军事用海需求,严禁在军事区周边进行围填海及设置渔网渔栅。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行，不设置渔网、渔栅等设施。	符合
	海洋环境保护要求	1.保护下川岛荔枝湾、镇海湾红树林，保护上、下川岛周边海草床生态系统； 2.保护龙虾等水产种质资源； 3.严格控制养殖自身污染和水体富营养化，防止外来物种入侵； 4.实施镇海湾综合整治,加强渔港环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海； 5.执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	1.项目距离下川岛荔枝湾、镇海湾红树林以及上、下川岛周边海草床生态系统较远，不会对以上海域的生态环境造成影响。 2.本项目施工尽量避开休渔季节进行，施工期及营运期采取一定的环保措施，保护龙虾等水产种质资源。 3.本项目不涉及养殖活动。 4.施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对镇海湾的海水水质、沉积物和生物质量产生大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。 5.本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后，海域可迅速恢复	符合

名称	功能区划管理要求		影响分析	是否符合
			至原有水质和生物水平，不会影响功能区主体功能的发挥，可满足海水质量标准。	
广海湾工业与城镇用海区	海域使用管理要求	1.相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	不冲突
		2.保障广海湾工业区、腰古核电站、台山电厂用海需求；	本项目不涉及广海湾工业区、腰古核电站、台山电厂功能区，对广海湾工业区、腰古核电站、台山电厂用海需求没有影响。	符合
		3.适当保障港口航运用海需求；	本项目不涉及港口航运功能区，对港口航运用海需求没有影响。	符合
		4.在基本功能未利用前,保留增养殖等渔业用海、旅游娱乐用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响保留增养殖等渔业用海、旅游娱乐用海功能发挥。	符合
		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工程。	符合
		6.禁止在大同河口海域附近围填海，维护河口海域防洪纳潮功能；	本项目不涉及围填海工程。	符合
		7.工程建设及营运期间采取有效措施降低悬浮物、温排水等对江门台山中华白海豚生境影响；	施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对江门台山中华白海豚生境产生大的影响。	符合
		8.优先保障军事用海需求。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。	符合
	海洋环境保护要求	1.保护广海湾生态环境； 2.基本功能未利用前,执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准； 3.工程建设期间及建设完成后，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。	本工程海上施工期间设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。本工程营运期运维会产生少量生活污水、生活垃	符合

名称	功能区划管理要求		影响分析	是否符合
			圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对水质环境造成影响，可满足各项质量标准要求。	
湛江-珠海近海农渔业区	海域使用管理要求	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为电力工业用海/可再生能源用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	符合
		2.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目不涉及炸岛等破坏性活动。	符合
		3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	本项目不涉及捕捞作业，项目施工增加了海域船舶密度，因此应加强与过往渔船的避让，增强风险防范意识，另外，施工应尽量避开幼鱼幼虾的产卵期和索饵场。	符合
		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；	本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站、海上无功补偿站和送出海底电缆，项目建成后有利于开发利用广东省近海风能资源，属于海洋能的一种，利用风资源的工程符合该海域功能区的定位。	符合
		5.优先保障军事用海需求；	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。	符合
	海洋环境保护要求	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。	1.本项目建设没有新增围填海截断洄游通道等开发活动，不涉及破坏性捕捞方式，不会向海域排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和其他废弃物。建议海底电缆敷设和钻孔勘察应尽量避开产卵期，并合理安排作业时间，尽可能缩短作业时间和影响持续时间，项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。 2.本工程海上施工期间设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水收集在船载生活污水收集装置中，船舶靠岸后运至岸上，上岸后由建设单位委托有处置能力的船舶污染物接收单位统一处理；船舶机舱含油污水收集后上岸送至有资质单位进行统一处理，不排海。本工程营	符合

名称	功能区划管理要求		影响分析	是否符合
			运期运维会产生少量生活污水、生活垃圾等，由运维船舶收集后运至陆域集中处理，不会对水质环境造成影响，可满足各项质量标准要求。	

6.3项目用海与“三区三线”的生态保护红线的符合性分析

自然资源部办公厅在2022年10月14日发布的《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》中明确，广东省完成了‘三区三线’划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许上述文件中列举的10类对生态功能不造成破坏的有限人为活动。

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红线叠加分析，本项目不位于生态保护红线，项目周边的生态保护红线是江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园和江门中华白海豚地方级自然保护区，距离分别约1.01km和1.30km，具体位置见图6.3-1。

本项目对周边的生态保护红线可能的影响主要是施工期间产生的悬浮物扩散会影响周边海域水质环境。根据项目建设水质环境影响预测分析，工程施工导致的表层、中层和底层超第一、二类海水水质的海域面积分别为3.776km^2、

22.450km^{2}和87.361km^2。根据叠图（图6.3-2），项目施工引起的>10mg/L悬浮泥沙扩散到江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园的面积为0.014km^2,但悬沙影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减至背景浓度值。

经分析，本项目不涉及围填海、采挖海砂，不涉及设置排污口，不会向海域倾倒油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，也不会向海域倾废。项目作为海洋可再生能源开发项目，海底电缆敷设不会截断洄游通道，项目对周边生态保护红线的影响主要存在于施工期间，悬沙扩散对周边生态保护红线的水质产生影响。但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响周边生态保护红线的功能发挥，营运期也不会造成影响，不会对周边生态保护红线的基本功能造成不可逆转的改变。

本项目送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线，岸线类型为自然岸线和人工岸线。本项目海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。

因此，项目建设符合三区三线中的生态保护红线的管理要求。

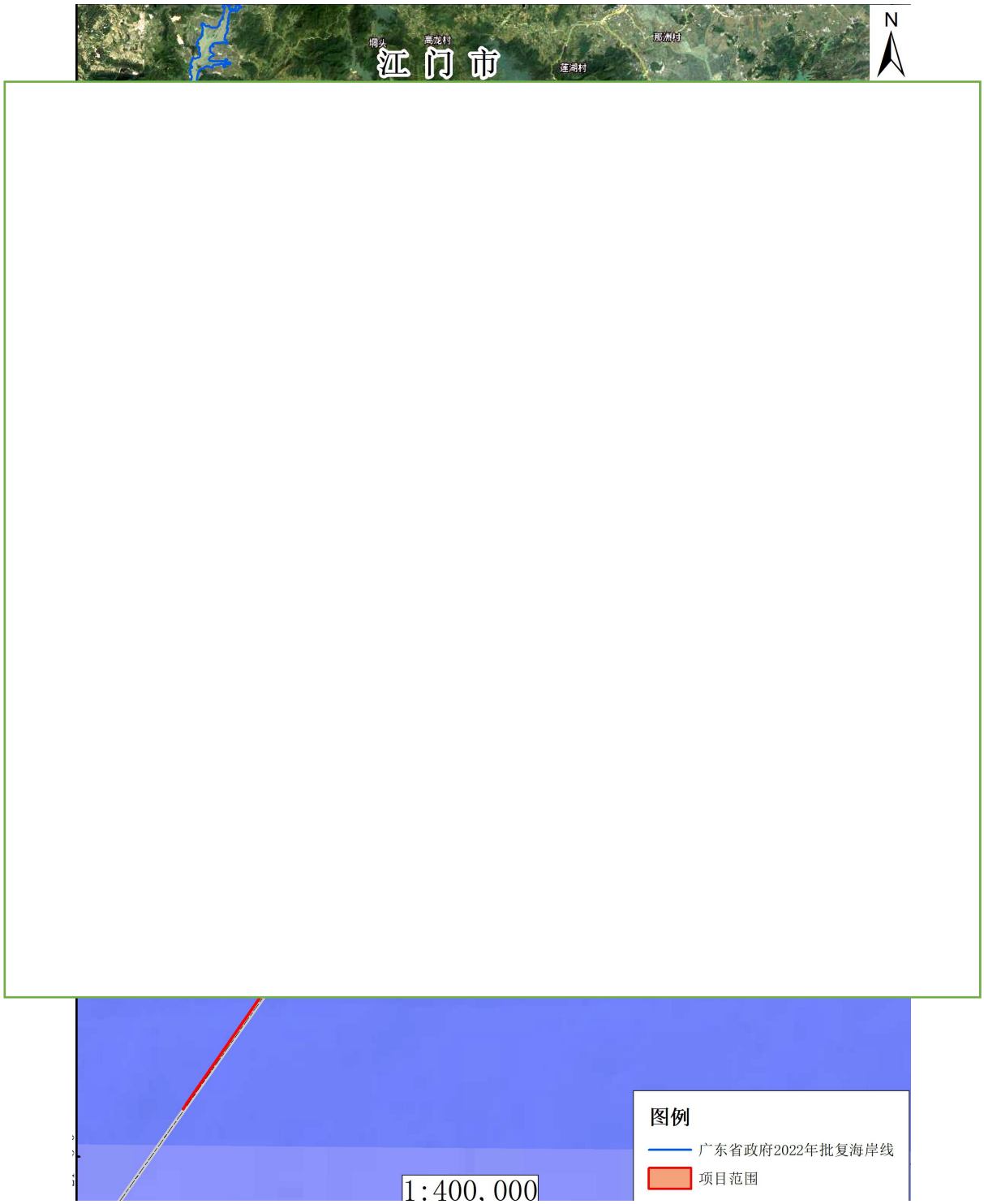


图 6.3-1 项目与生态保护红线叠加示意图

图 **6.3-2** 项目悬沙与海洋生态保护红线叠置图

6.4项目用海与其他相关规划的符合性分析

6.4.1与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析

海岸带是社会经济发展的重点区域，也是生态类型多样、生态功能重要、生态系统脆弱的区域。广东省人民政府、国家海洋局于 2017 年 10 月发布《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）（以下简称《规划》），强调坚持陆海统筹，突出保护优先、节约优先、绿色发展、改革创新，实施基于生态系统的海岸带综合管理，优化海岸带综合保护与利用空间格局，强化海岸线分类分段管控，严守生态红线，筑牢生态安全屏障，努力把广东省海岸带打造成为宜居、宜业、宜游的黄金海岸带和美丽宜人的家园，发挥海岸带对区域经济社会的引领和支撑作用。

《规划》基于广东省海岸带自然资源禀赋和承载能力、产业基础和发展潜力，以海岸线为轴，构建“一线管控、两域对接，三生协调、生态优先，多规融合、湾区发展”的海岸带保护与利用总体格局，逐步实现陆海统筹。依据资源环境承载能力和空间开发适宜性，规划确定海岸带“三区三线”基础空间格局，推动形成海陆协调的生态、生活、生产空间总体架构。

本项目送出海缆穿越严格保护岸线，严格保护岸线管理要求为：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、珊瑚礁等所在岸段。广东省大陆海岸线共划定严格保护岸线 1583.6 千米，占总长的 38.5%，共 202 段。严格保护岸线要按照生态保护红线有关要求管理，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。

本项目针对登陆段所在岸线为严格保护岸线的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，为减少对岸滩的影响，本工程拟采用定向钻施工穿越海岸，埋设管道，再通过管道牵引海缆完成登陆。登陆点位于江门市台山市赤溪镇南部，项目送出海缆通过定向钻从黑沙湾海浴场地下通过，定向钻入钻点在登陆点附近陆域上，出钻点位于黑沙湾南侧海域，距离黑沙湾南侧海岸线约 460m。定向钻施工技术较为成熟，不会造成岸滩侵蚀，对岸线基本无影响。项目登陆段施工时间短，施工后对岸线进行维护，海缆穿越岸线，仅占用底层空间，能确保生态功能不降低、长度不减少、性质不改变，不会损害海岸地形地貌和生态环境。

根据规划中提出的“三区三线”基础空间格局，本项目位于生态空间和生产空间（图 6.4.1-1）。

生态空间主要承载生态调节和供给功能，可以消解一定程度开发强度而产生的环境压力，进一步提高区域生态环境调节和供给能力，构建可持续发展的“生态银行”。生态空间的管控要求包括：实施污染物总量控制制度，严格控制人为因素对自然生态的干扰，严禁大规模的工业化城镇化开发活动。各类设施的建设不得破坏原生态，建设面积不得超过生态空间总面积的 3%。严守生态红线，实施四个“不减少”，即自然岸线不得减少，自然湿地不得减少，沙滩不得减少，公益林不得减少；实施重要敏感目标名录制度，发布重要滨海湿地、重要砂质岸线及沙源保护海域、特殊保护海岛等敏感目标名录。

生产空间主要承载支撑经济发展的功能，是集聚临海工业和创新产业的主要平台，一般指资源环境承载能力较高、发展潜力较大、城镇化和人口集聚度较高的重要区域。生产空间包括以生产为主的城镇空间和农业空间、以港口开发、临海工业为主的建设用海空间、以渔业生产为主的海洋生物资源利用空间。生产空

间合理安排国家重大项目用地用海需求，统筹海洋与陆地产业发展，在沿海地区布局重大项目、建设临海产业，应注重合理分工和产业链合作，形成陆海产业互相支撑、良性互动的格局，至 2020 年建成 10 个超 500 亿元产业集群。发挥海岸带空间优势，推进发展高端装备制造及临海工业；发挥海洋通道优势，发展海洋交通与港口物流业；发挥海洋生物、海水资源及可再生能源优势，发展海洋新兴产业。

本工程为海上风电的必要配套工程，不属于大规模的工业化城镇化开发活动。项目用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，其建设不会破坏海域自然属性，且不涉及生态保护红线，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能，符合四个“不减少”的原则。

经分析，建设期造成的悬沙扩散对所在海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减至背景浓度值，在营运期不会长久影响海岸带的基本功能。项目通过制定施工船舶航行防范措施，确保不破坏渔业生态环境。项目要严格按照相关的法律法规开展，不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和废弃物，统一交由有资质的单位回收处理。制定切实有效的防范措施，确保将项目建设对海岸带的影响降至最低。

稳步推进江门海上风电场的建设，是促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。本项目的建设有利于开发江门地区的海上风电资源，符合国家能源产业发展方向，能有效提高风能资源的利用。本项目不仅是广东省能源供应的有效补充，而且作为绿色能源，有利于缓解电力工业的环境保护压力，

促进广东省海岸带生态环境的可持续发展。

因此，项目建设符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》关于发展海洋可再生能源的规划要求。

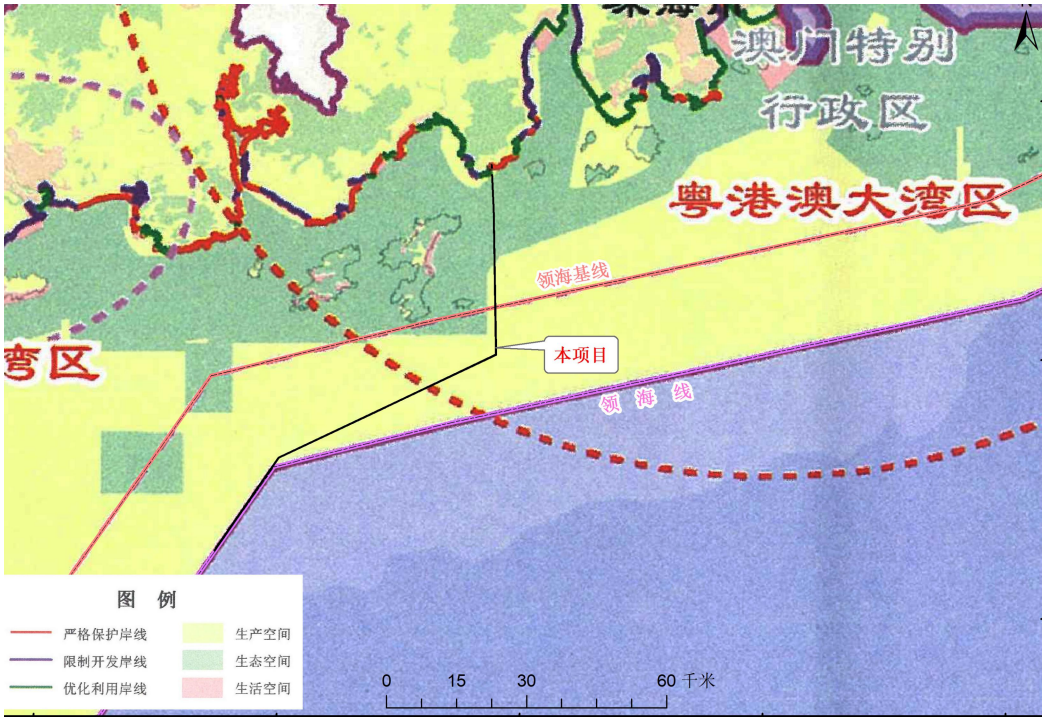


图 6.4.1-1 广东省海岸带综合保护与利用总体规划图

6.4.2与《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》的符合性分析

《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》（以下简称《省十四五规划》）重点明确“十四五”时期（2021-2025年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对2035年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省十四五规划》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，

提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋+空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

《省十四五规划》要求，推动绿色低碳发展。统筹布局和优化提升生产、生活、生态空间，建立和完善生态保护红线、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”生态环境空间分区管控体系。培育壮大环保产业，推动绿色低碳技术创新和清洁生产，推进绿色化改造，发展绿色建筑。推进能源革命，积极发展风电、核电、氢能等清洁能源，建设清洁低碳、安全高效、智能创新的现代化能源体系。倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，开展绿色生活创建活动。制定实施碳排放达峰行动方案，推动碳排放率先达峰。

发展风电已成为许多国家推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国深入推进能源生产和消费革命、促进大气污染防治的重要手段。

在广东省因地制宜地开发建设一定规模的清洁可再生能源，是对广东省能源消耗的有益补充，符合我国能源可持续发展战略的要求。

本项目为江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目，本项目建设有利于改善广东省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，促进我国深远海海上风电技术进步，开发可再生能源有着重要的意义，符合广东省可再生能源发展战略和可持续发展方向，符合国家和地方风电规划的相关要求。

因此，项目建设符合《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》关于推动绿色低碳发展的规划目标。

6.4.3与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（以下简称《规划》）是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程，系统推进自然资源高水平保护高效率利用，全力支撑全省高质量发展。

《规划》要求，科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线，形成陆海生态保护红线“一张图”，确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式，严格用海控制指标，推进海域混合分层利用，盘活闲置低效用海，不断提高海域资源节约集约利用水平。

《规划》提出，拓展蓝色海洋发展空间全面建设海洋强省。培育壮大海洋新兴产业。培育战略性、先导性产业，不断突破关键技术，增强产业链供应链自主可控能力，引导产业集中布局、集聚发展，抢占未来产业发展先机。加快海上风电规模化开发，完善产业链，建设珠三角海上风电研发服务基地和粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，打造海上风电产业集群。

《规划》提出的“十四五”重大工程共 9 项，其中第 6 项：海洋产业集群建设工程。工程内容是聚焦打造海上风电、海洋油气化工、海洋工程装备制造、海洋船舶工业、海洋旅游以及海洋渔业等 6 大海洋产业集群，依托特有区位优势和现有海洋产业发展基础，逐步完善上下游产业链，着重在深海关键技术与装备、深水 油气资源开发、海水养殖和海洋生物技术、海洋可再生能源、海洋电子信息等领域突破一批产业关键技术，推动核心设备国产化，逐步形成规模化的产业

集聚，进一步提升广东海洋产业综合竞争力，推动海洋高质量发展。

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。本项目所在的江门海域具有开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。江门川岛一、二海上风电项目是广东省风电发展重点区域。根据前述分析，项目送出海缆建设没有大规模、高强度的工业和城镇建设，且对其造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响周边保护区、渔业区和红线区的功能。

项目建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。因此，本项目建设与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求相符合。

6.4.4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》要求，打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划，并推动基地项目开工建设。强化省统筹工作力度，重点统筹做好项目前期工作、场址资源划分及配置、发展与安全，以及海上集中送出、登陆点和陆上送出通道、送出模式等。支持海洋资源综合开发利用，推动海上风电项目开发与海洋牧场、海上制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，力争到2025年底累计建成投产装机容量达到1800万千瓦。推动海上风电产业集群发展，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地力争到2025年全省风电整机制造年产能达到900台（套）。

推动技术进步和成本下降，以龙头企业为引领，重点开展低风速、大容量、抗台风、防盐雾风电机组研发制造。加快漂浮式风机基础、柔性直流送出等关键技术转化运用，进一步完善海上风电产业链。重点引进或鼓励收购新型材料、主轴承、齿轮箱、海上升压站、施工船机运维设备等产业链企业，补齐产业链供应链短板，提前谋划海上风电运维产业发展，重点在阳江、揭阳、汕尾等地布局建设海上运维基地，同时鼓励支持风电研发设计、装备制造、风电施工及运维企业加强合作，通过组建专业运维机构或委托开展社会第三方专业运维，推行运维服务专业化。

本项目有利于开发珠三角地区的海上风电资源，有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。同时，项目对于促进区域经济社会发展有着积极意义。工程建成后，可带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

因此，本项目建设与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的要求相符合。

6.4.5与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

根据《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，2025 年广东省海洋生态环境保护的主要目标是：

——海洋生态环境质量持续改善。近岸海域水质优良（一、二类水质）面积比例达到 86%以上；陆源主要污染物入海量持续降低，国控河流入海断面稳定消除劣 V 类水质。

——海洋生态保护修复取得实效。重要海洋生态系统和生物多样性得到保护，海洋生态系统质量和稳定性显著提升，大陆自然岸线保有率和大陆岸线生态修复长度达到国家要求，营造修复红树林 8000 公顷。

——美丽海湾建设稳步推进。重点推进 15 个美丽海湾建设，亲海环境质量明显改善，公众临海亲海获得感和幸福感显著增强。

——海洋生态环境治理能力不断提升。海洋生态环境监测监管能力大幅增强，海洋环境污染事故应急响应能力显著提升，陆海统筹的海洋生态环境治理体系不断健全。

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》要求，加强海洋生态空间保护。海洋空间坚持保护为主、适度开发，实施海洋“两空间内部一红线”。按照国家的统一部署，探索建立海岸建筑退缩线制度，清理整治非法占用自然岸线、滩涂湿地等行为。推进建设以国家海洋公园为主体、海洋自然保护区为基础、各类海洋自然公园为补充的自然保护地体系，科学划定海洋自然保护地，整合优化以中华白海豚、中国鲎、黄唇鱼等珍稀物种，珊瑚群落、红树林、海草床等典型海洋生态系统为保护对象的自然保护区。加强底线约束和空间管控，严格落实生态保护红线管控。生态保护红线内的自然保护地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，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。定期开展海洋自然保护地和海洋生态保护红线的保护成效评估。

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红线叠加分析，本项目没有位于生态保护红线，项目周边的生态保护红线是江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园和江门中华白海豚地方级自然保护区，距离分别约 1.01km 和 1.30km。施工

产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物，且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平，不会对海水水质、沉积物和生物质量产生较大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后，海域可迅速恢复至原有水质和生物水平，可满足海水质量标准。

综上分析，本项目没有大规模、高强度的工业和城镇建设，建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。项目用海对周边海域的水动力环境、地形地貌与冲淤环境和生态环境影响很小，不会对所在海域产生严重影响，不存在潜在的、重大的安全和环境风险，能确保生态功能不降低。海上风电项目为清洁可再生能源，是对广东省能源消耗的有益补充，将会大幅度减少有害气体的排放量，降低污染。

因此，本项目建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

6.4.6与《江门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》的符合性分析

2021年5月19日，江门市十五届人大七次会议审议批准《江门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》（以下简称《市十四五规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025年）江门经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对2035年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划：是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年我市经济社会发展的宏伟蓝图和全市人民共同的行动纲领。

《市十四五规划》提出，打造特色平台“强支撑”。积极推动与港澳合作建

设大广海湾经济区，拓展在金融、旅游、文化创意、电子商务、海洋经济、职业教育、生命健康等领域合作，打造粤港澳深度合作发展试验区。加快银湖湾滨海新区的开发，探索粤澳合作发展新模式，打造绿色智慧滨海新城、粤港澳大湾区产业服务平台。高标准推动粤港澳大湾区（珠西）高端产业集聚发展区规划建设，打造粤港澳大湾区科技创新走廊重要产业承载区、高水平区域协同发展新样板。深入推进华侨华人文化交流合作重要平台建设，打造侨乡特色国际旅游目的地、粤港澳大湾区多元文化交流示范区。积极扩宽港澳居民就业创业空间，推动中国（江门）“侨梦苑”华侨华人创新产业聚集区建设取得新进展。高水平建设粤港澳大湾区（江门）高质量农业合作发展平台，打造粤港澳大湾区重要绿色农产品供应基地、农业合作创新创业示范高地。

《市十四五规划》提出，优化能源供给结构。大力发展清洁能源，发展太阳能发电，积极开展海上风电、氢能、天然气水合物等新能源研究因地制宜开发利用生物质能。安全高效发展核电，推进台山核电二期工程。合理发展气电，有序建设抽水蓄能电站，大力推动储能产业发展，推动煤电清洁高效利用。拓宽天然气供应渠道，提高天然气利用水平。完善天然气储备体系，以集中建设为主，建立健全政府储备与企业社会责任储备有机结合、互补联动的天然气储备体系，进一步提高天然气供气保障能力和储气调峰能力。

《市十四五规划》提出，大力发展绿色产业。积极推行源头减量、清洁生产、资源循环、末端治理的绿色生产方式。持续深入推进产业结构调整和低碳转型，构建清洁低碳的绿色产业体系。重点发展绿色制造和循环经济产业，走绿色低碳新型工业化道路。推进绿色产业补链强链，提高技术装备水平和产业规模。加快低碳技术革新与推广应用，推进电力、化工、建材、纺织等行业开展节能改造。

推动重点行业企业开展清洁生产审核：支持企业实施清洁生产，重点建设一批循环经济工业园和共性工厂。积极推进核能、风能、太阳能、海洋能、生物质能等清洁能源建设。

本项目是海上风电项目的配套工程，主要建设海上升压站、海上无功补偿站和送出海底电缆。本项目的建设有利于当地风能资源转化为经济效益，有利于补充电网清洁能源，有利于地方经济的发展，对提高全省绿色新能源装机容量比例，优化全省能源供应结构，具有积极的推动作用。

因此，本项目符合《江门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》关于大力发展清洁能源、积极推进风能等清洁能源建设的规划要求。

6.5小结

综上，本项目建设符合《全国国土规划纲要（2016-2030年）》《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035年）》以及《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《江门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》等各级相关规划的相关要求。

7 项目用海合理性分析

7.1用海选址合理性分析

7.1.1项目选址区位和社会条件的合理性分析

本项目位于广东省江门市台山市南侧海域,本项目的送出海缆和登陆点选址均按照《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》的要求布局。

本项目作为海上风电项目的输电送出工程,建设不会对电网稳定产生较大影响，建成后可补充电网的电力缺口，满足当地的用电需求。因此，项目所在区域有着优越的区位条件和良好的社会经济条件，满足项目选址需求。

本项目位于江门市，交通十分便利。项目主要的建筑材料为钢材，钢材可从广东省内及省外的市场采购，钢材资源和商品混凝土采购便利。项目施工主要大型机械及常规的机械设备等可在当地租用。本区域的水电供应条件相对较好，供水、供电系统完备，陆上施工基地的水、电供应可直接从当地的管网系统接驳。因此，本项目选址的施工供应条件成熟，满足工程建设需要。

本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

综上所述，本项目建设区域社会条件适宜、交通便捷、外部协作条件良好，项目建设在技术上是可行的、经济上是合理的。项目的建设与选址区域的社会条件是相适应的,选址区域的社会条件满足项目用海需求,有利于项目区域的发展。

7.1.2项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析

（1）气象条件的适宜性

项目所在海域地处北回归线以南的低纬度地带，属于亚热带季风气候区，有较强的季风性和较明显的海洋性，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和季节变化明显等特征，该区域的气候条件适宜于工程的建设。但项目所在海域受风暴潮影响的可能性较大，在工程的建设施工和日后的作业中，风暴潮的影响是不容忽视的，应做好防台防风暴潮等工作。

（2）地形条件的适宜性

江门川岛海上风电场址位于江门市西南侧海域，海域宽阔。路由研究区域水深多在 50m 以内，位于广东沿岸陆架水下岸坡以外至水深 50m 左右传统上的内陆架平原上，海底地形平坦，平均坡降为 0.53‰，无发育大型隆起或洼地等起伏地形单元。总体地形特点为水深缓慢由北向南逐渐增大，等深线规则近平行排列，无明显地形凸起或下凹，为典型的南海北部陆架区地形。

总的来说，路由所处海域水深条件较好，海底地形较平坦。因此本项目所在位置的地形条件适宜。

（3）地质条件的适宜性

根据区域地质资料及临近工程资料揭示，工程沿线自上而下地层为第四系全新统海相沉积的淤泥、淤泥质土、粉砂混淤泥、细砂等土层（①层），第四系全新统海陆过渡相的黏性土及砂土层（②层），第四系晚更新统海陆交互相的黏性土和砂土层（③层）。

路由区的地质背景较为稳定，工程地质条件较好，海底地形较为平坦，底质多以砂质粉砂和粉砂为主，不良地质因素需要注意的是地震、埋藏古河道和浅埋

基岩。整体上路由区的工程地质条件较好，适于该工程建设。

（4）冲淤条件的适宜性

由近年的等深线变化分析知，路由区 20m（含 20 m）以浅的区域海床泥沙不活跃，床底相对较稳定，20m 以深的区域存在相对较为明显的冲刷侵蚀现象，路由研究海域整体处于基本稳定的状态。

（5）生态环境的适宜性

项目建设不可避免的对工程周边海域的海洋环境质量、沉积物、海洋生态环境带来一定负面影响，造成一定的渔业资源及底栖生物损失。因此在工程设计、施工和运营时，必须将环境保护措施落实到施工和营运期的每个环节，确保工程建设对海域环境和海洋资源造成的影响降低到最低程度。根据环境影响预测结果，工程施工对周边水生生态环境的影响较小；施工期的生活垃圾、生活污水及船舶含油污水均统一收集后处理，禁止直接排放入海。

综上，本项目用海选址与自然资源和生态环境相适宜。

7.1.3项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源（江门）有限公司和广东国华粤电台山发电有限公司，协调责任部门为海事局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

7.1.4项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目和国能江门川岛二海上风电项目

的集中送出工程，项目用海选址有利于开发江门海洋风能资源，推进江门海域海洋产业发展，提高地区能源供应能力，缓解电力工业的环保压力，助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。项目的开发建设，有利于加快海上风电技术水平的发展，有利于促进海上风电设备国产化。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

因此，本项目用海选址有利于江门海域海洋产业协调发展。

7.1.5项目选址合理性分析

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，江门川岛一、川岛二海上风电场项目登陆点位于江门市台山市赤溪镇。

路由方案在海洋功能区划及相关规划的符合性、自然条件、施工难易程度、沉积区稳定性、地质稳定因素等方面较为可行。路由所在海域工程环境条件较为适宜，海底地形地貌较为单一，受限制的工程地质条件不明显。结合登陆点、海上风电场场址及路由研究海域开发现状，路由方案均避开生态保护红线，不涉及自然保护地，与所经过海域海洋功能区的主导功能的符合性基本一致。

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜。对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的条件下，可减轻对生态环境的影响。项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业协调发展。因此，项目选址是合理的。

7.2用海平面布置合理性分析

7.2.1平面布置合理性分析

本节内容引自《江门川岛一、二海上风电项目集中送出工程路由选择依据说明材料》（2024 年 6 月）。

7.2.1.1布置原则

（1）选择在工程地质条件比较稳定、水下地形比较平坦的海区；

（2）避开地震多发带、断裂构造带、海底沉积环境不稳定及不良地质条件区；

（3）避开强底层流区，选择低能流和波能作用小的区域；

（4）避免在海底地形高势能区布线，尽量避开岛屿、暗礁、粗粒沉积区和大片连续基岩裸露区；

（5）尽量避开海上经济开发活跃区（含养殖、捕捞、航道、锚地）、军事区、倾倒区、保护区、旅游区、排污区等，尽量避开资源环境保护敏感目标；

（6）避开易使海底管道受到腐蚀的严重污染海域和含高腐蚀化学物质的海区；

（7）尽量不穿越自然障碍物（基岩、砾石、沙波、沙脊、浅层气区）；

（8）避开海洋功能备选性单一的海区；

（9）预选区相关利益者可协调；

（10）工程开发与环境保护并举。

7.2.1.2布置方案

依据《海底电缆管道路由勘察规范》（GB17502-2009）的要求，根据光缆设计原则，充分考虑海域自然环境、社会条件、海洋开发活动等因素，结合广东省海上风电海底路由管廊规划的相关研究成果初步选取了两条预选路由方案。

预选路由方案一：从登陆点出发以定向钻方式从底土穿越黑沙湾海浴场后避开铜鼓排从其西侧向南延伸 40.64km 后到达江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园东南侧，期间避开研究海域在用及规划锚地和江门中华白海豚地方级自然保护区，随后向西南延伸 51.53km 至江门川岛场址东北角，再向西南方向顺着江门川岛场址东侧边缘延伸 24.07km 至海上升压站，全长约 116.24km。预选路由全段位于领海范围内。

预选路由方案二：从登陆点出发以定向钻方式从底土穿越黑沙湾海浴场后避开铜鼓排从其西侧向南延伸 40.64km 后到达江门台山乌猪岛地方级海洋自然公园东南侧，期间避开研究海域在用及规划锚地和江门中华白海豚地方级自然保护区，随后向西南延伸 51.53km 至江门川岛场址东北角，再向西偏南方向顺着江门川岛场址北侧、西侧边缘延伸 32.58km 到达江门川岛二场址西北角，最后向东南方向延伸 0.86km 到达海上升压站（备选），全长约 125.61km。预选路由全段位于领海范围内。

表 7.2.1-1 海缆预选路由方案一拐点坐标表

（内容不公开）

表 7.2.1-2 海缆预选路由方案二拐点坐标表

（内容不公开）

（内容不公开）

图 7.2.1-1 本项目送出方案示意图

通过对预选路由方案海域资源环境条件、海域功能区划以及各种利益相关者相关关系等各要素进行详细分析、论证，从项目用海的可行性、投资的经济性、自然条件及地质稳定性、用海的协调性等方面进行分析评价，具体见表 7.2.1-3。

表 7.2.1-3 预选路由比选分析

路由比选指标		预选路由方案一	预选路由方案二	评价
可行性	与海洋功能区划和相关区划符合性	项目用海与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》相兼容，项目用海符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030）》（修编）		两方案基本一致
经济性	路由长度	116.24km	125.61km	方案一较优
	拐点数	6 个	10 个	方案一较优
	环境资源补偿	路由处于农渔业区，由于路由较长，所以环境资源补偿费用较多，但避开了已确权养殖区		两方案基本一致
	施工难易程度	与航道存在交越，施工难度较大；已避开海图上浅点和礁石分布区，建议勘察后再根据实际情况进行调整		两方案基本一致
	管线安全程度	距离江门港在用锚地最近约 0.71km，距离规划锚地最近约 1.42km，距离倾倒区最近约 21.7km	距离江门港在用锚地最近约 0.71km，距离规划锚地最近约 1.42km，距离倾倒区最近约 13.8km	两方案基本一致
	集约性	考虑了后期风电场建设并在集中送出管廊内严格按照布局统筹送出	主体考虑了后期风电场建设并在集中送出管廊内严格按照布局统筹送出，但风场附近路由通道集中送出条件较差	方案一较优
自然条件及地质稳定性	自然条件	气候条件对海缆本身影响不大，但大风、雾日、暴雨、热带气旋等灾害性天气会对海缆的施工过程产生较大影响；路由海域潮汐、潮流、波浪对管线铺设影响较大，在设计管线埋深时应重点考虑这些水文因素的影响。		两方案基本一致
	沉积区稳定性	路由经过的沉积区稳定		
	不稳定地质因素	路由区所在的区域为地震重点监视防御区		
协调性	与海洋开发活动的协调性	与广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程发生权属重叠，通过加强沟通和合作，海域开发利用具有较好的可协调性；此外不涉及海底电缆管道、锚地、生态保护红线的交越		两方案基本一致

经过综合分析，可归纳为：

（1）预选路由方案在海洋功能区划及相关规划的符合性、自然条件、施工难易程度、沉积区稳定性、地质稳定因素等方面较为可行。预选路由所在海域工程环境条件较为适宜，海底地形地貌较为单一，受限制的工程地质条件不明显。结合登陆点、海上风电场场址及路由研究海域开发现状，两预选路由方案与所经

过海域海洋功能区的主导功能的符合性基本一致。

（2）预选路由方案一在路由长度方面较方案二短约 9.37km，拐点数少 4 个，在经济性上方案一较优。

（3）两预选路由方案都避开了研究海域已确权养殖区、海底电缆管道等，均穿越了广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程，在协调性及项目用海的可行性上，两方案基本一致。

（4）两条预选路由方案在自然条件及地质稳定性等方面的符合性基本一致；方案一全段统筹考虑了江门川岛海上风电场工程以及后期规划风电场的路由，方案二在风场附近路由通道受限于生态保护红线集中送出条件较差，为此，在统一管廊管理保护的符合性方面方案一更优。

综上所述，通过对路由区的工程地质条件、自然环境条件、海洋开发活动、环境保护、功能区划等的比较和分析，两条预选路由方案同时考虑了用海的节约和集约原则及后期对电缆的保护，推荐预选路由方案一可作为未来的勘察路由。

（内容不公开）

图 7.2.1-2 500kV 送出海底电缆推荐路由拐点分布示意图

综上，根据路由预选的原则，结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑，同时为了增加海底管道的安全系数，确定了本项目海底电缆平面布置。因此本工程用海平面布置合理。

7.2.2项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则

根据现阶段海缆路由走向，登陆电缆通过预选路由区的气候特征、水动力特征、工程地质条件以及结合海洋功能区划的综合分析，并遵循“集约、节约用海”、

和“技术上可行、经济上合理、安全可靠”的原则最终确定。海底电缆所在海域工程环境条件均较为适宜，对所经过海域海洋功能区的主导功能影响不大；同时对周边海洋功能区产生的不利影响不大，与周边的主导海洋功能也不产生排它性冲突。同时，统筹考虑了后期的风电场工程，充分体现了节约和集约用海的原则。

7.2.3项目用海平面布置是否有利于生态保护

本项目建设海上升压站、海上无功补偿站和 500kV 送出海底电缆，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域产生不可逆的生态影响。

海上升压站、海上无功补偿站基础施工及海底电缆铺设将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复，项目建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目 500kV 送出海缆已避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响，符合相关规划的管控要求。

7.2.4项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目 500kV 送出海底电缆埋设于海床以下，海底电缆用海不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。从数模计算结果来看，项目建设对水动力、泥沙冲淤环境影响均不大。

7.2.5项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、

海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源（江门）有限公司和广东国华粤电台山发电有限公司，协调责任部门为海事局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

综上，根据现阶段平面布置方案，本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

7.3用海方式合理性分析

本项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），本节通过是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则；能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能；能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；能否最大程度地减少对水文动力及冲淤环境的影响分析项目用海方式的合理性。

7.3.1是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则

项目建设海上升压站、海上无功补偿站和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道，不涉及填海和非透水构筑物用海，海上升压站、海上无功补偿站采用了透水构筑物的方式，项目遵循了尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

7.3.2能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能

本项目建设海上升压站、海上无功补偿站和500kV送出海底电缆，项目用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道。虽然项目建设需占用一定的海域，但透水构筑物和海底电缆管道用海基本不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对海域的使用不属于不可恢复，不涉及炸岛和围填海等，项目实施虽然会对所在海域的渔业资源造成一定的影响，但通过生态减缓和补偿措施，不影响海域主导功能的实现，能够维护海域基本功能。

7.3.3是否有利于保护和保全区域海洋生态系统

本项目施工期间会对作业面的底栖生物和底栖生境造成完全破坏，栖息于上述范围内的底栖生物将全部损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。本项目施工会产生悬浮泥沙，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉降后，对项目周边海域的沉积物环境质量不会产生明显变化。为弥补工程建设对海洋生态环境带来的不利影响，建设单位应做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。

项目海上升压站、海上无功补偿站基础施工及海底电缆铺设等将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复。项目用海方式及建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过开展增殖放流或海洋牧场等措施进行生态补偿，本项目用海方式对区域海洋生态系统的影响是可以接受的。同时，项目500kV送出海缆

已优先避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响。

7.3.4能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目透水构筑物和海底电缆管道用海能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。因此，本项目用海方式能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

因此，本项目用海方式是合理的。

7.4岸线占用合理性分析

7.4.1项目占用岸线情况

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，川岛一海上风电项目和川岛二海上风电项目登陆点位于台山市赤溪镇。

本项目申请用海范围以底土穿越的方式占用岸线 92.7m，其中自然岸线 71.8m 和人工岸线 20.9m。本项目海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。

图 7.4.1-1 本项目申请用海范围与岸线关系示意图

7.4.2对周边岸线资源的影响分析

登陆点位于水库入海口处北侧岸线，项目不涉及采挖砂围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，电缆管线登陆区施工采用定向钻工艺，无需开挖，定向钻有一定深度，基本不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化。

此外，按照规定登陆点处将设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用，能充分发挥此处岸线的有利作用，也能禁止其他破坏行为破坏此处岸线。因此，本项目送出海底电缆对所在岸线的影响很小，对周边岸线资源基本没有影响。

图 7.4.2-1 岸线现状

图 7.4.2-2 黑沙湾地表正射影像（定向钻穿过区域）

7.4.3占用岸线的必要性与合理性

（1）占用岸线的必要性

根据《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》，中广核江门川岛一海上风电项目和国能江门川岛二海上风电项目位于广东省江门市台山市南侧海域，风电场的场址与海岸最短距离超 60km，海上升压站集中送出的电能必须通过 500kV 送出海缆输送到海上无功补偿站进行中间无功补偿后再送至陆上集控中心。本项目作为海上风电项目的集中送出工程，用来连接海上升压站、海上无功补偿站与陆上集控中心。500kV 送出海底电缆必须穿越登陆点所在海岸线，项目穿越岸线是必要的。

（2）占用岸线方式的合理性

本项目 500kV 送出海底电缆采用定向钻形式穿越自然岸线和人工岸线登陆，在登陆点出路由进行收缩，海缆登陆位于江门市台山市赤溪镇南部。申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 92.7m。

本项目采用的定向钻施工工艺为非开挖施工，避免了对所在岸线的开挖，有利于对所在岸线的生态环境保护，也相应的减少了基础埋设、地面恢复等的费用。同时，采用定向钻的施工工艺具有施工周期短、作业迅速、综合成本低的优势，施工完成后基本不会对所在岸线造成破坏，具有较高的社会和经济效益。

本项目 500kV 送出海底电缆登陆段施工采用定向钻技术进行电缆埋设，不涉及围填海，不进行采挖海砂、倾废等活动，500kV 海缆由底土穿越岸线，可保持海岸线的原态，项目建设后不会对所占岸线造成明显不利影响，基本不会改变海域自然属性。因此，本项目以底土穿越岸线的方式占用岸线是合理的。

7.4.4岸线占补分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》，“海岸线占补是指项目建设占用海岸线导致岸线原有形态或生态功能发生变化，

要进行岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现岸线占用与修复补偿相平衡。”本项目采用定向钻技术进行电缆埋设，500kV 海底电缆由底土穿越自然岸线和人工岸线，营运期间电缆埋设有一定深度，基本不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化。根据《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149）号，“用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。”因此，本项目无需进行海岸线占补。

7.5用海面积合理性分析

7.5.1申请用海面积

项目申请用海总面积为 650.9889 公顷，其中透水构筑物（海上升压站、海上无功补偿站）面积为 1.4758 公顷，海底电缆管道（500kV 送出海底电缆）用海面积为 649.5131 公顷。

表 7.5.1-1 项目申请用海面积统计表

用海单元	用海类型	用海方式	用海面积（公顷）
海上升压站	电力工业用海/可再生能源用海	透水构筑物	0.7529
海上无功补偿站		透水构筑物	0.7229
500kV 送出海底电缆		海底电缆管道	649.5131

7.5.2用海面积合理性分析

7.5.2.1立体设权合理性分析

（1）立体分层设权范围

中广核江门川岛一海上风电项目和国能江门川岛二海上风电项目发出的电能通过本项目送至陆上集控中心。本项目海上升压站至海上无功补偿站段最高标高-19.3m（1985高程），最低标高为-43.1m（1985高程）；海上无功补偿站至近岸段最高标高-17.3m（1985高程），最低标高为-19.3m（1985高程）；

近岸至登陆段最高标高3.0m（1985高程），最低标高为-17.3m（1985高程）。本项目送出海缆确权空间范围为底土，空间确权范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程。

综上，确定本项目送出海缆立体确权高程范围为-43.1m～3.0m（具体以使用高程为准）。

（2）分层立体设权合理性分析

《海域使用管理法》所称海域，是指中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土。根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）5.2.5 宗海垂向范围界定，“遇特殊需要时，应根据项目用海占用水面、水体、海床和底土的实际情况，界定宗海的垂向使用范围”。

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、**海底电缆管道**、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，2023年9月18日），海域使用权立体分层设权的范围包含海底电缆管道。

本项目送出海底电缆用海方式为海底电缆管道，采取立体设权。根据《海域

立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》，“对于浮筏养殖、底播养殖、**海底电缆管道**、温（冷）排水等涉及使用某一特定海域空间层的项目，高程范围可采用文字描述，如“现状海床高程”“实际设计或使用高程”等。其中，海底电缆管道涉及交越的，需明确交越点的坐标、交越位置关系等信息”。由于本项目送出海缆用海范围与广东国华粤电台山电厂6、7号机组“上大压小”扩建工程的取、排水口权属范围重叠，该项目于2014年取得用海批复，非立体设权，考虑利益相关可协调性，本项目送出海缆申请用海范围对该重叠部分进行避让。其余送出海底电缆采用立体分层设权方式确权，在用海立体空间上和其它用海活动不交叉，施工建设和运营期间对其它用海活动没有影响，本项目立体分层设权可行。

本项目送出海底电缆进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，符合相关海域管理要求，提高了海域有限资源的利用效率，因此本项目送出海底电缆进行立体设权是合理的。

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆1)宗海立体空间范围示意图

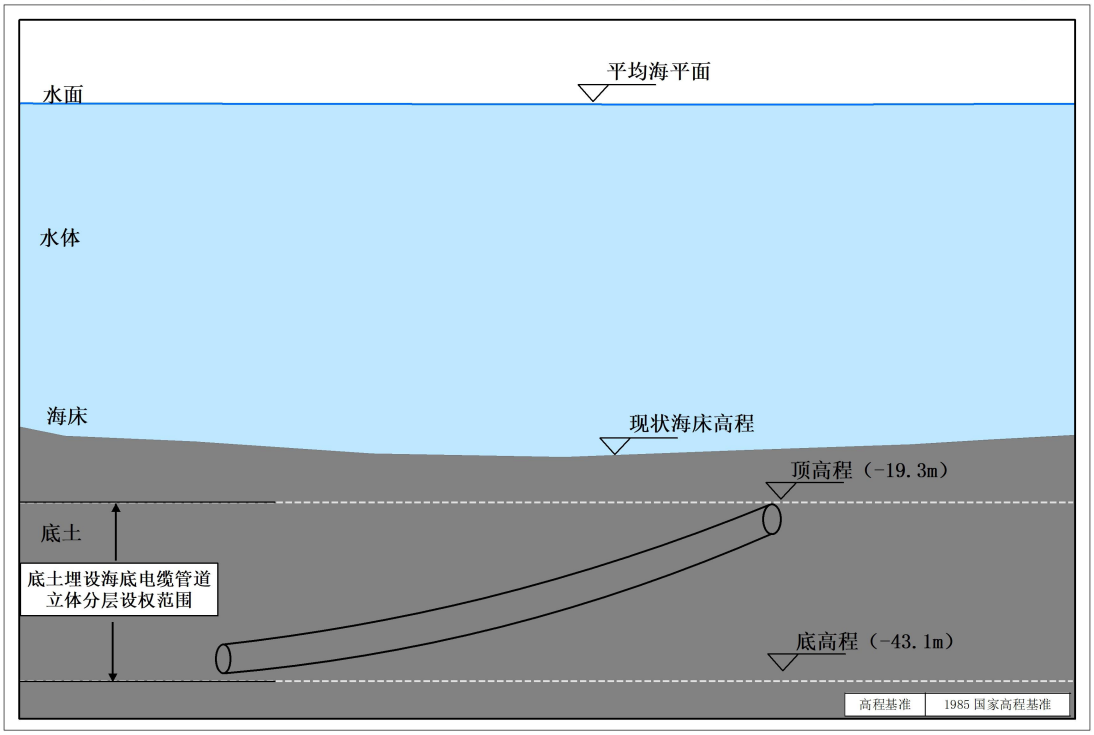


图 7.5.2-1 宗海立体空间范围示意图 1（海上升压站至海上无功补偿站段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆2)宗海立体空间范围示意图

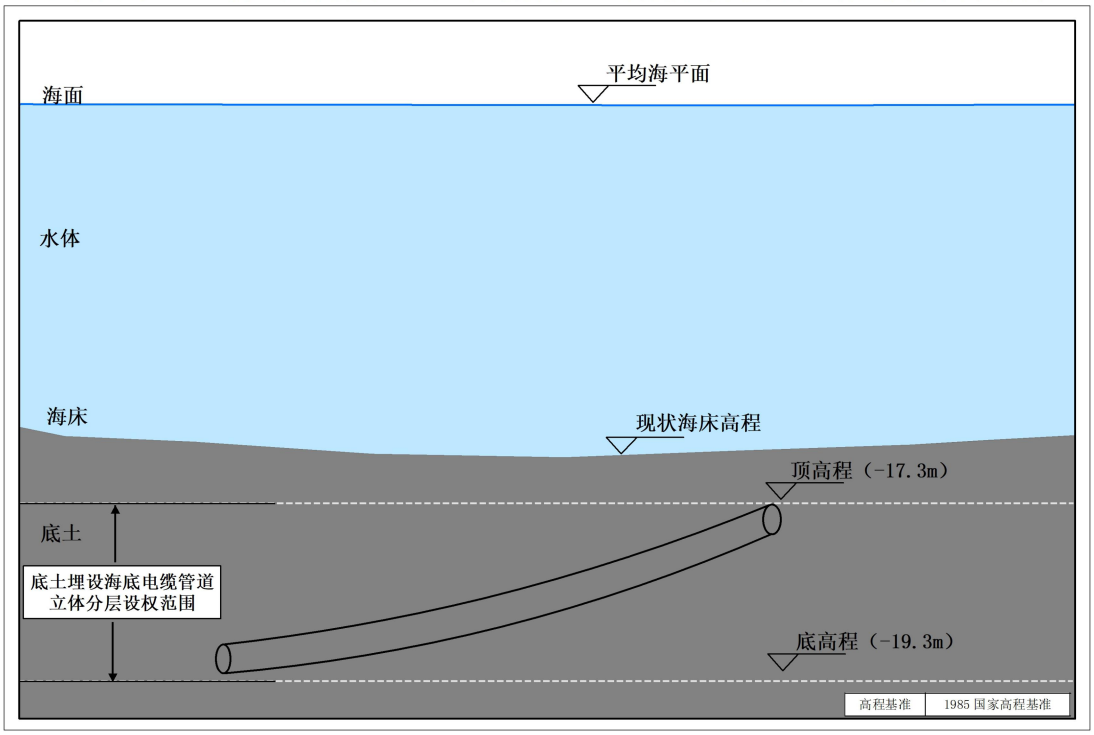


图 7.5.2-2 宗海立体空间范围示意图 2（海上无功补偿站至近岸段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆3)宗海立体空间范围示意图

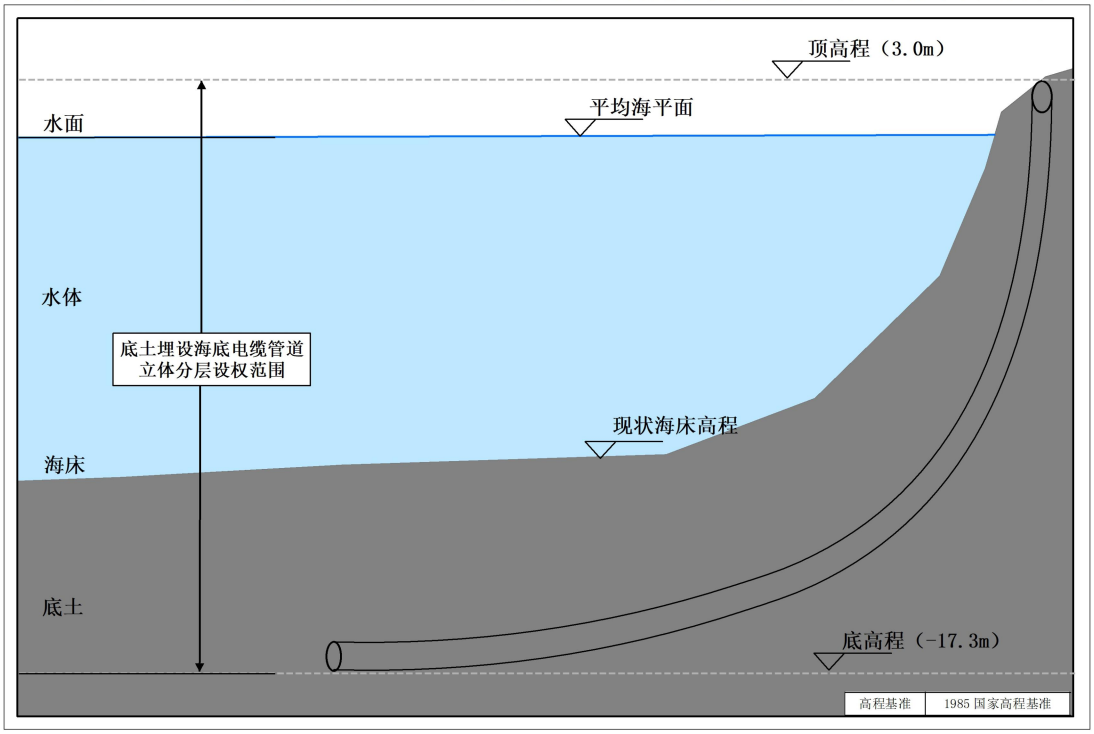


图 7.5.2-3 宗海立体空间范围示意图 3（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆4)宗海立体空间范围示意图

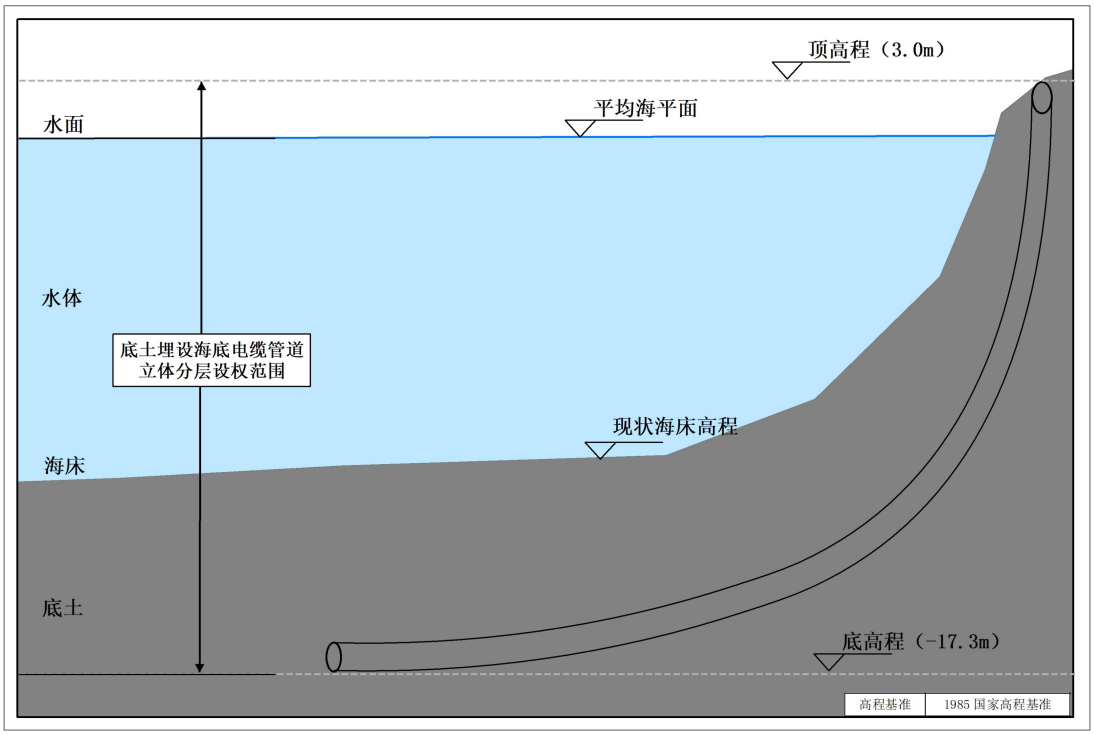


图 7.5.2-4 宗海立体空间范围示意图 4（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆5)宗海立体空间范围示意图

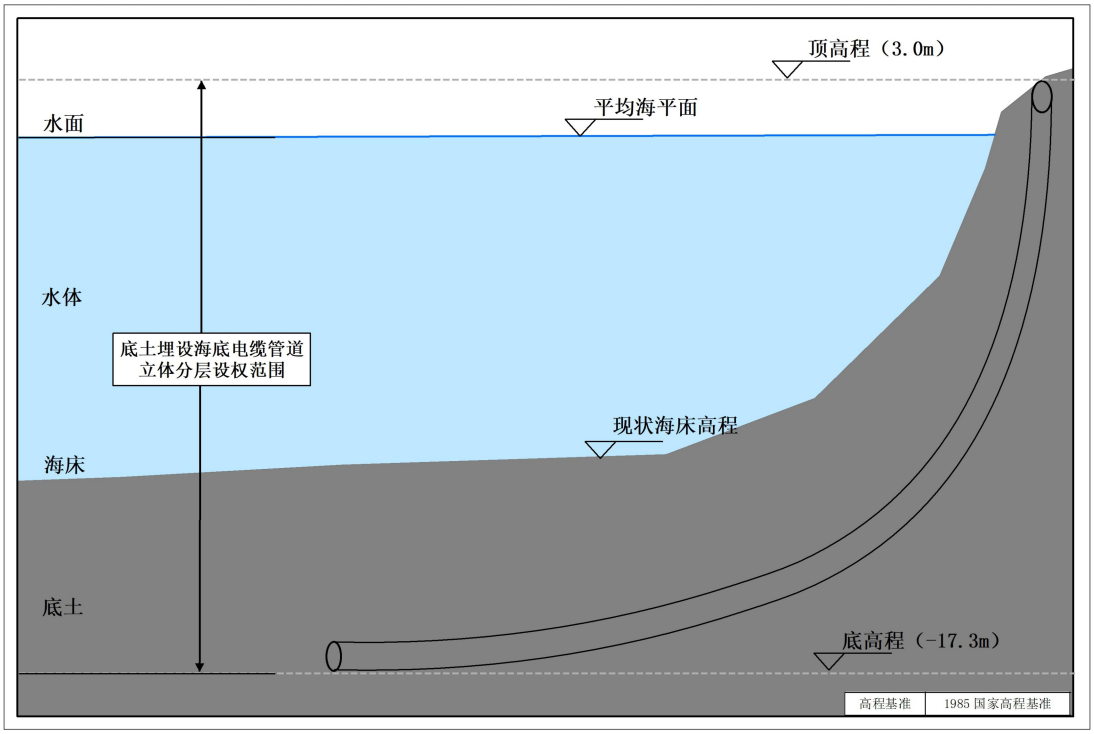


图 7.5.2-5 宗海立体空间范围示意图 5（近岸至登陆段）

7.5.2.2项目用海面积是否满足用海需求

（1）海上升压站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上升压站,海上升压站为四桩导管架基础结构,上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 67.0m×66.6m。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界，则海上升压站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。

因此,本项目海上升压站拟申请用海面积 0.7529 公顷可以满足项目用海需求。

（2）海上无功补偿站用海需求

本项目拟布置一座 500kV 海上无功补偿站，海上无功补偿站为四桩导管架基础结构，上部组块采用四层布置，平台最外缘尺寸为 63.9m×66.2m。

本项目海上无功补偿站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界，则海上无功补偿站申请用海面积由平台外缘向外扩 10m 确定申请用海范围。

因此,本项目海上无功补偿站拟申请用海面积 0.7229 公顷可以满足项目用海需求。

（3）500kV 送出海底电缆用海需求

根据项目需要,风电机组发出电能需通过集电海底电缆接入海上升压站后通过 500kV 送出海底电缆送入陆上集控中心。500kV 送出海底电缆直径为 305mm,500kV 送出海底电缆单回长度为 116.24km,2 回长度为 232.48km。

根据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外

缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海需求。考虑到本项目 500kV 送出海底电缆与海上升压站、海上无功补偿站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上升压站用海优先，海底电缆次之，扣除海上升压站、海上无功补偿站用海与 500kV 送出海底电缆重叠面积。另外，500kV 送出海底电缆在登陆近岸段附近与广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程发生权属重叠，因此需对其进行权属避让，避让权属面积为 3.6876 公顷，最终计算得出 500kV 送出海底电缆申请用海面积 649.5131 公顷可满足项目用海需求。

综上，项目拟申请用海面积 650.9889 公顷能够满足项目用海需求。

7.5.2.3是否符合相关行业的设计标准和规范

（1）与《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）等行业规范相符合

本项目海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T51190-2016）、《海底光缆规范》（GB/T18480-2001）、《海底光缆工程设计规范》（GB/T 51154-2015）等的要求，本项目设计符合海缆等相关规范的设计要求。

（3）与《海籍调查规范》相符合

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》（自然资办函〔2019〕1187 号）及《海岸线调查统计技术规范》（DB33/T2106-2018）规定的方法确定，本项目海岸线为广东省政府 2022 年批复海岸线。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用

海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

根据《海籍调查规范》中“透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”。

本项目海上升压站、海上无功补偿站以其平台外缘线外扩 10m 确定界址点；500kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。

同时，《海籍调查规范》中规定：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，500kV 海底电缆与海上升压站、海上无功补偿站用海面积部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即海上升压站、海上无功补偿站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

（3）与《海域使用面积测量规范》相符合

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积是根据坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于软件计算功能直接求得透水构筑物及海底电缆管道用海面积。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

7.5.2.4减少项目用海面积的可能性

根据建设单位的实际用海需求，结合总平面布置进行量算，项目用海范围和界址点的选择均参照《海籍调查规范》中关于面积界定及面积计算的规定，现阶段已无减少用海面积的可能性。

7.5.3宗海图绘制

7.5.3.1测量相关说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44505356。

（2）执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；

《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；

《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；

《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）。

7.5.3.2宗海图的绘制

（1）宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用中国航海图书出版社 2020 年 11 月第 5 次印刷的海图《珠江口至海陵水道（图号 15500）》作为底图，比例尺为 1:250 000，坐标系为 2000 国家大地坐标系（CGCS2000），深度以理论最低潮面为基准（单位为米），高程以 1985 国家高程为基准（单位为米），地图投影为墨卡托投影（21°34′N），图式采用 GB12319-1998。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海

籍调查规范》上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。

（2）宗海界址图绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，利用软件矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

7.5.3.3宗海界址点坐标及面积的计算方法

（1）宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、112°30′为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

高斯投影反算公式：

$$l=\frac{1}{\cos B_f}\frac{y}{N_f}\left(1-\frac{1}{6}\left(1+2t_f^2+\eta_f^2\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2\right.$$

$$\left.+\frac{1}{120}\left(5+28t_f^2+24t_f^4+6\eta_f^2+8\eta_f^2t_f^2\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right)$$

$$B=B_f-\frac{t_f}{2M_f}y\left(\frac{y}{N_f}\right)\left(1-\frac{1}{12}\left(5+3t_f^2+\eta_f^2-9\eta_f^2t_f^2\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^2\right.$$

$$\left.+\frac{1}{360}\left(61+90t_f^2+45t_f^4\right)\left(\frac{y}{N_f}\right)^4\right)$$

（2）宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助软件计算功能直接求得用海面积。

（3）宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 650.9889 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 7 个用海单元构成，其中海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.7529 公顷，海上无功补偿站（透水构筑物）用海面积 0.7229 公顷，500kV 送出海底电缆用海面积 649.5131 公顷。

7.5.4项目用海面积量算

（1）海上升压站

本项目海上升压站用海方式为透水构筑物。

本项目海上升压站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界。本项目海上升压站平台尺寸为 67.0m×66.6m，海上升压站用海范围以平台外缘外扩 10m，即由 87.0m×86.6m 确定用海边界。

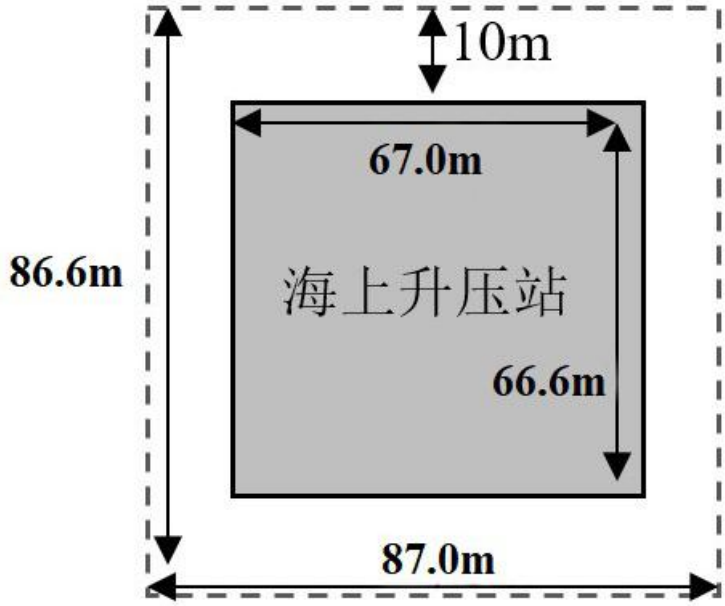


图 7.5.4-1 海上升压站用海范围界定示意图

（2）海上无功补偿站

本项目海上无功补偿站用海方式为透水构筑物。

本项目海上无功补偿站用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，透水构筑物用海有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界。本项目海上无功补偿站平台尺寸为 63.9m×66.2m，海上无功补偿站用海范围以平台外缘外扩 10m，即由 83.9m×86.2m 确定用海边界。

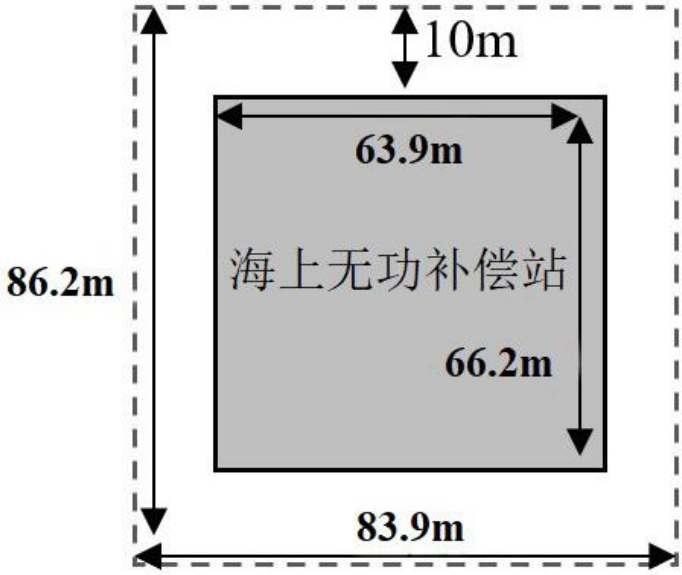


图 7.5.4-2 海上无功补偿站用海范围界定示意图

（3）500kV 送出海底电缆

本项目 500kV 送出海底电缆用海方式为海底电缆管道。

根据《海籍调查规范》5.4.5.1 电缆管道用海，电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，因此，本项目 500kV 送出海底电缆以海缆外缘线向两侧外扩 10m 确定 500kV 送出海底电缆的用海外界址线。本项目送出海底电缆直径 305mm。

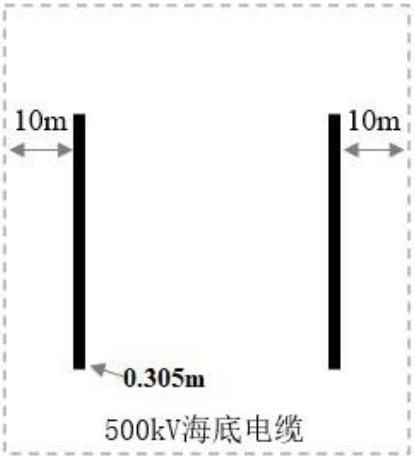


图 7.5.4-3 海底电缆管道用海范围界定示意图

根据《海籍调查规范》5.3.6.3　用海方式重叠范围的处理，“当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。”本项目送出海缆连接了海上升压站、海上无功补偿站与陆上集控中心，海上升压站、海上无功补偿站用海方式均为透水构筑物，500kV 送出海底电缆用海方式为海底电缆管道，根据现行海域使用金征收标准，透水构筑物用海海域使用金征收标准较高，送出海缆与升压站、补偿站用海范围发生重叠时，重叠部分归入透水构筑物申请用海范围，本项目送出海缆不再申请重叠部分用海确权。另外，由前面章节分析可知，500kV 送出海底电缆在登陆近岸段附近与广东国华粤电台山电厂 6、7 号机组“上大压小”扩建工程发生权属重叠，因此需扣除重叠部分用海面积。

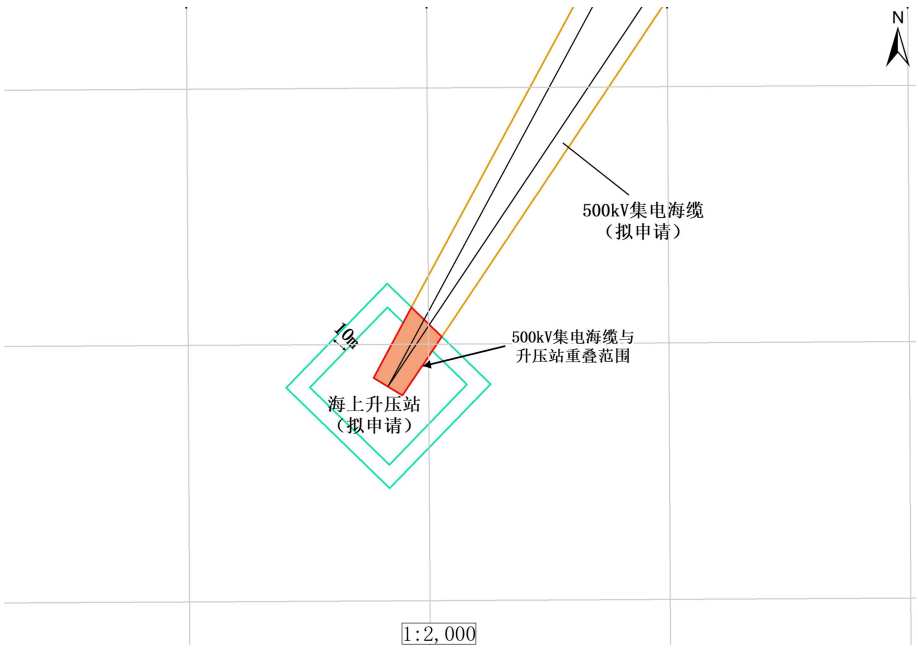


图 7.5.4-4a 500kV 送出海底电缆与升压站外扩范围重叠示意图（单位：m）

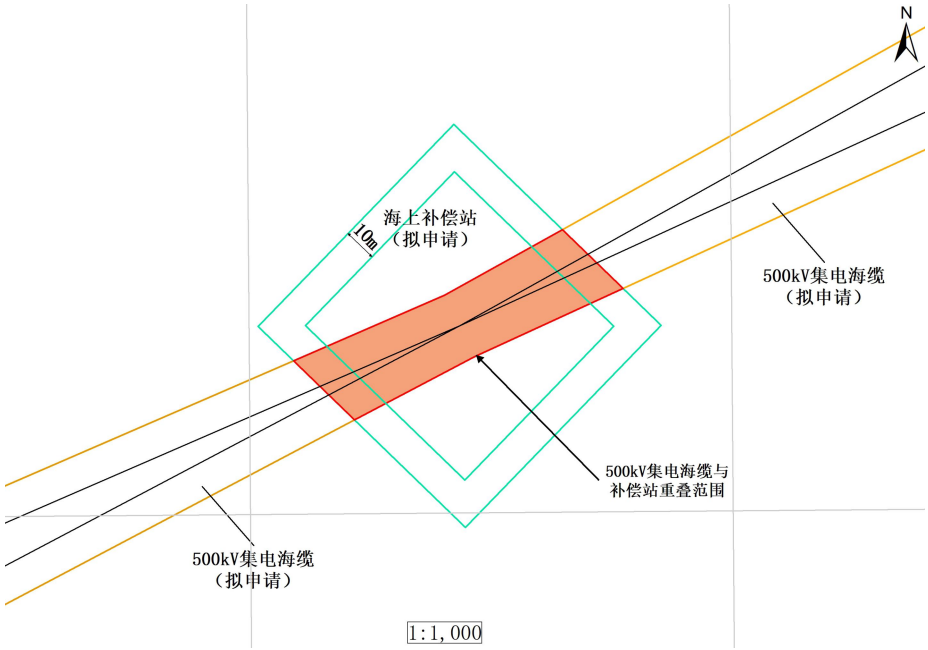


图 7.5.4-4b 500kV 送出海底电缆与补偿站外扩范围重叠示意图（单位：m）

综上，本项目拟申请用海面积 650.9889 公顷，其中海上升压站（透水构筑物）用海面积 0.7529 公顷，海上无功补偿站（透水构筑物）用海面积 0.7229 公顷，500kV 送出海底电缆用海面积 649.5131 公顷。申请用海面积的界定符合《海籍调查规范》《海域使用面积测量规范》等相关规范的要求。本项目海域使用宗海位置图见图 7.5.4-5，宗海平面布置图见图 7.5.4-6，宗海界址图见图

7.5.4-7。

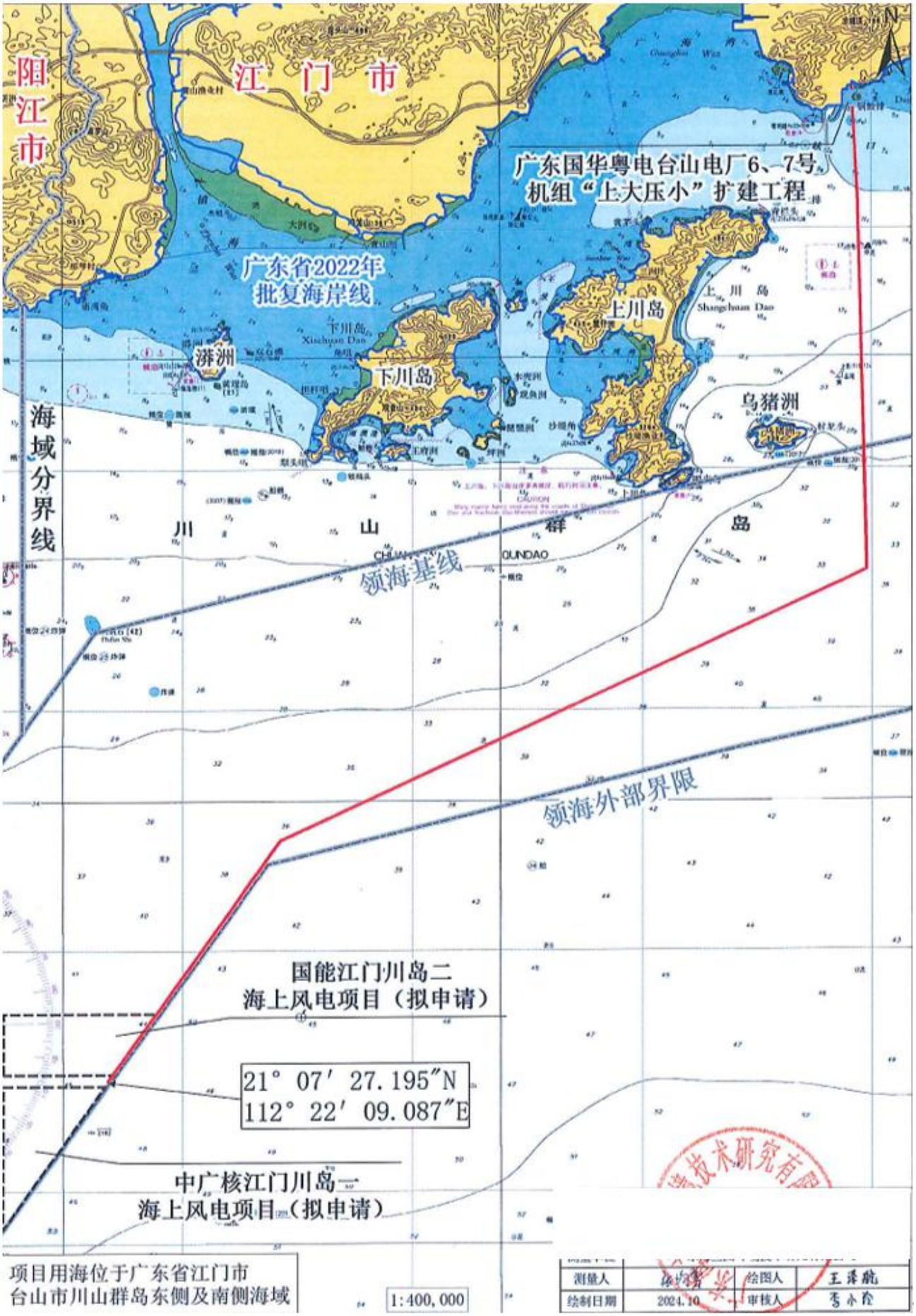
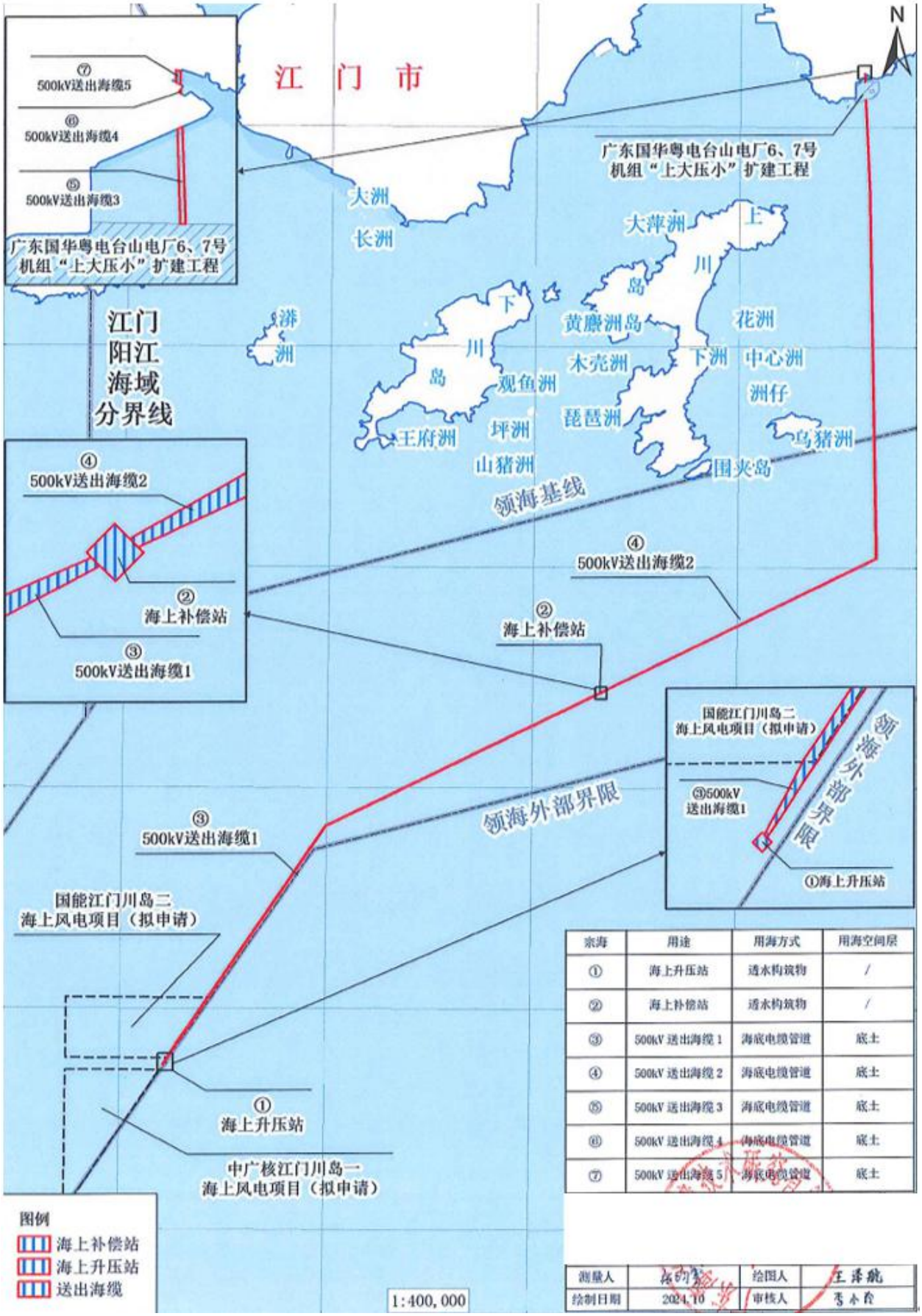
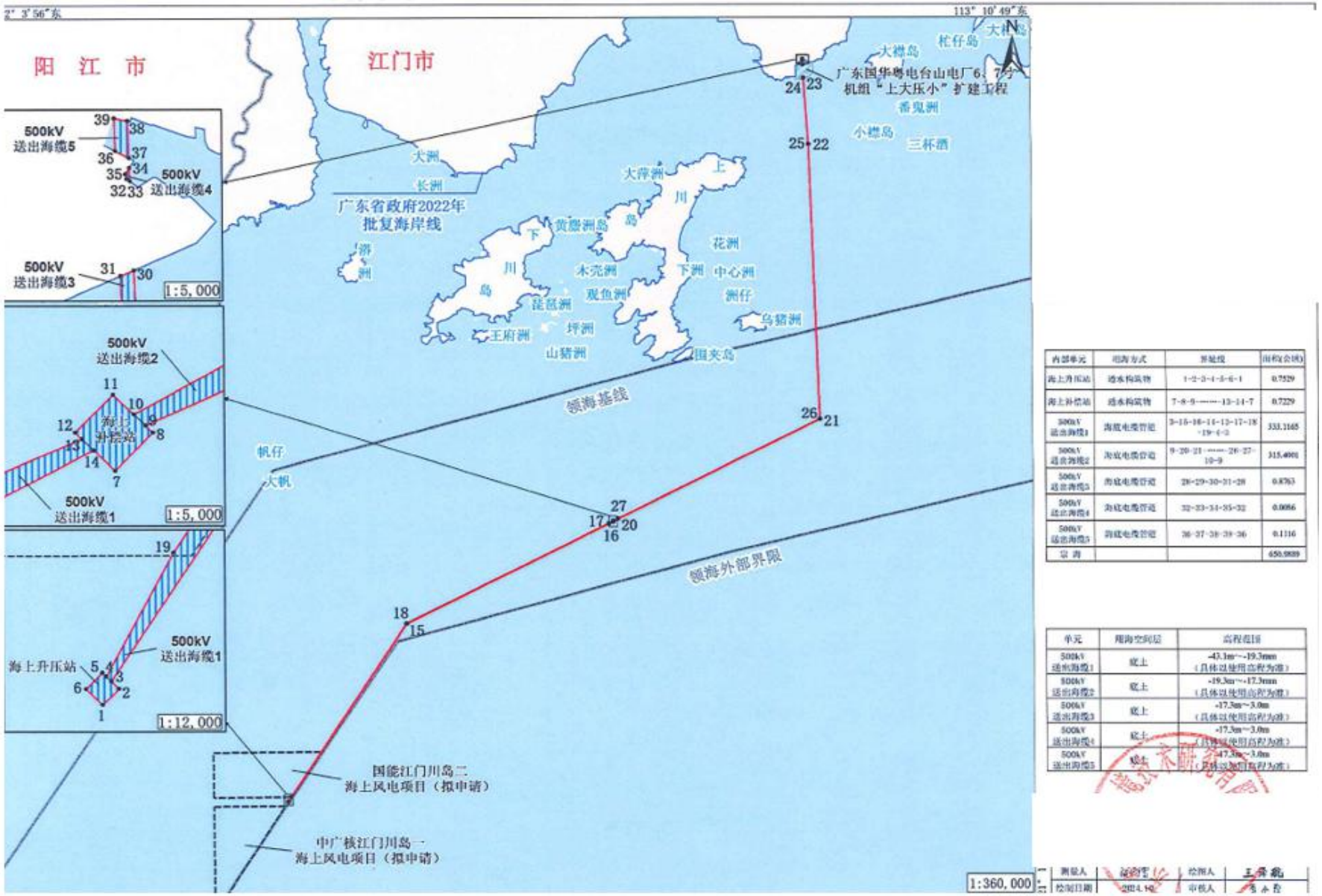

阳江市
江门市
广东国华粤电台山电厂6、7号
机组“上大压小”扩建工程
广东省2022年
批复海岸线
上川岛
上川岛
Shangchuan Dao
下川岛
Xiachuan Dao
下川岛
漭洲
乌猪洲
海域分界线
川山群岛
CHUANSHAN QUNDAO
领海基线
领海外部界限
国能江门川岛二
海上风电项目（拟申请）
21° 07′ 27.195″N
112° 22′ 09.087″E
中广核江门川岛一
海上风电项目（拟申请）
项目用海位于广东省江门市
台山市川山群岛东侧及南侧海域
1:400,000
测量人
绘图人
王泽航
绘制日期
2024.10
审核人
冯小玲

图 **7.5.4-5** 宗海位置图



宗海	用途	用海方式	用海空间层
①	海上升压站	透水构筑物	/
②	海上补偿站	透水构筑物	/
③	500kV 送出海缆 1	海底电缆管道	底土
④	500kV 送出海缆 2	海底电缆管道	底土
⑤	500kV 送出海缆 3	海底电缆管道	底土
⑥	500kV 送出海缆 4	海底电缆管道	底土
⑦	500kV 送出海缆 5	海底电缆管道	底土

图 **7.5.4-6** 宗海平面布置图



内部单元	用海方式	界址线	面积(公顷)
海上升压站	透水构筑物	1-2-3-4-5-6-1	0.7529
海上补偿站	透水构筑物	7-8-9------13-14-7	0.7229
500kV送出海缆1	海底电缆管道	3-15-16-18-17-18-19-4-3	333.1165
500kV送出海缆2	海底电缆管道	9-20-21------26-27-10-9	315.4001
500kV送出海缆3	海底电缆管道	28-29-30-31-28	0.8763
500kV送出海缆4	海底电缆管道	32-33-34-35-32	0.0086
500kV送出海缆5	海底电缆管道	36-37-38-39-36	0.1116
宗海			650.9689

单元	用海空间层	高程范围
500kV送出海缆1	底上	-43.1m~-19.3mm（具体以使用高程为准）
500kV送出海缆2	底上	-19.3m~+17.3mm（具体以使用高程为准）
500kV送出海缆3	底上	+17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）
500kV送出海缆4	底上	+17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）
500kV送出海缆5	底上	+17.3m~3.0m（具体以使用高程为准）

测量人		绘图人	
绘图日期	2024.10	审核人	

图 7.5.4-7 宗海界址图

表 7.5.4-1 宗海界址点（续）

（内容不公开）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆1)宗海立体空间范围示意图

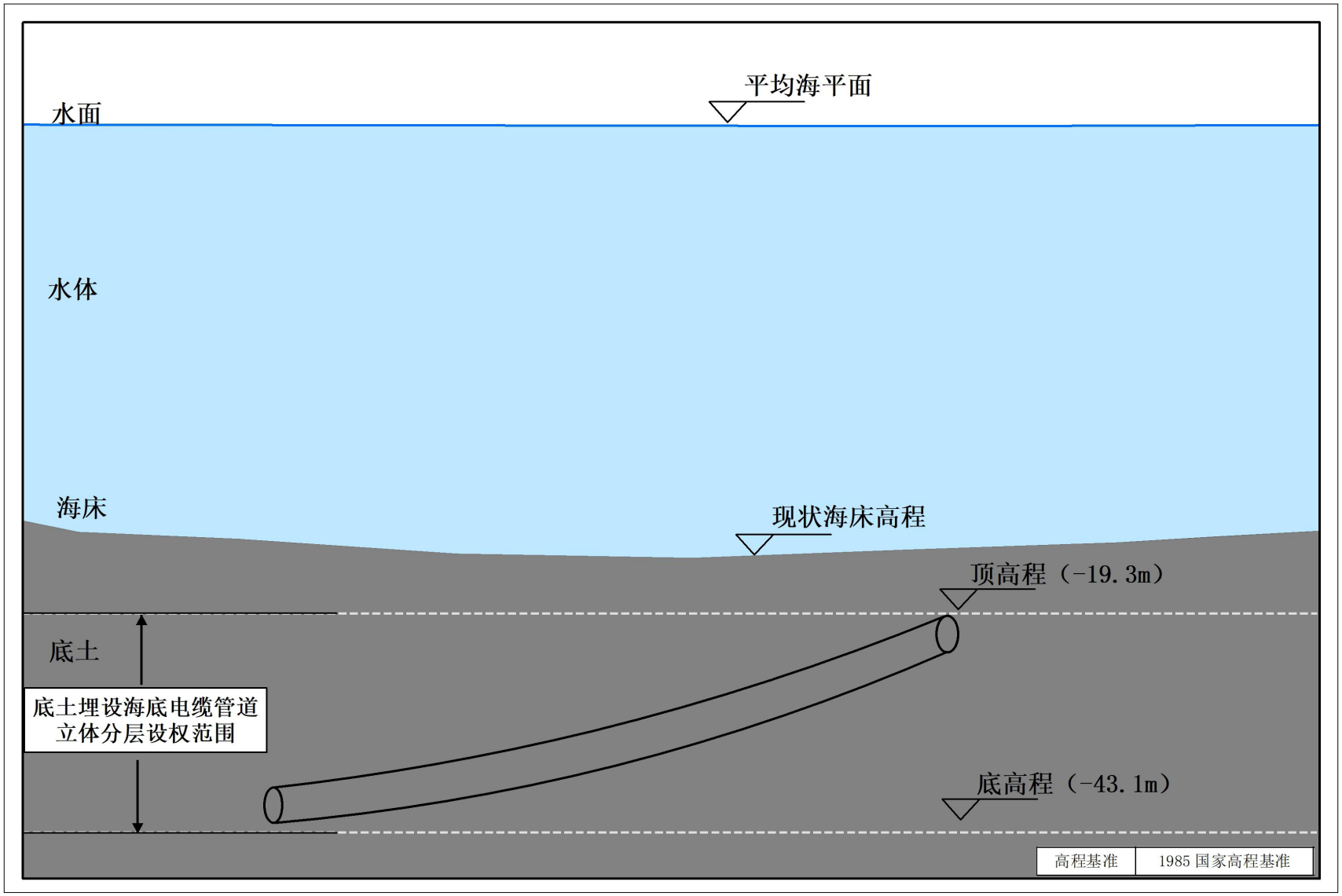


图 7.5.4-8a 宗海立体空间范围示意图 1（海上升压站至海上无功补偿站段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆2)宗海立体空间范围示意图

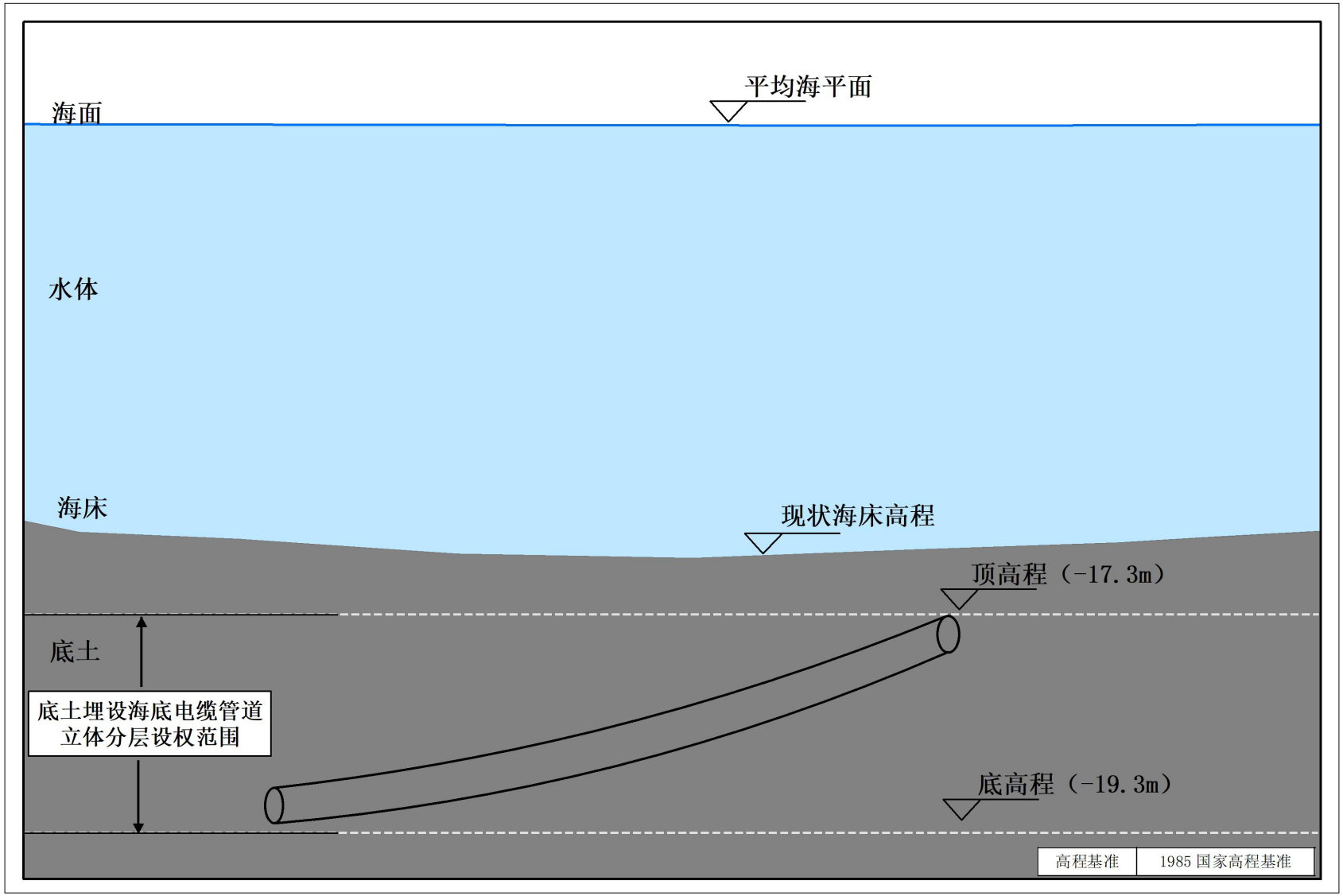


图 7.5.4-8b 宗海立体空间范围示意图 2（海上无功补偿站至近岸段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆3)宗海立体空间范围示意图

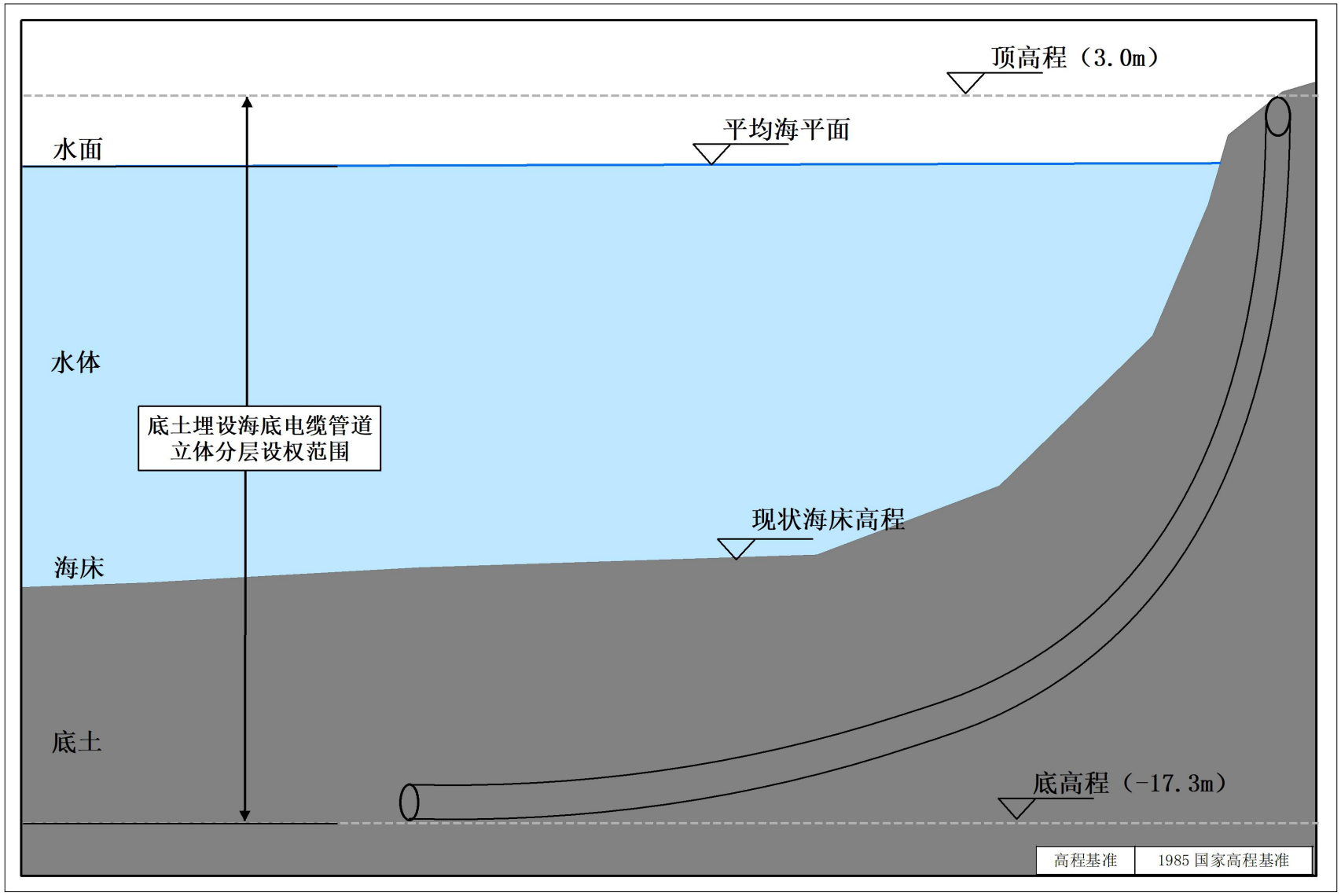


图 7.5.4-8c 宗海立体空间范围示意图 3（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆4)宗海立体空间范围示意图

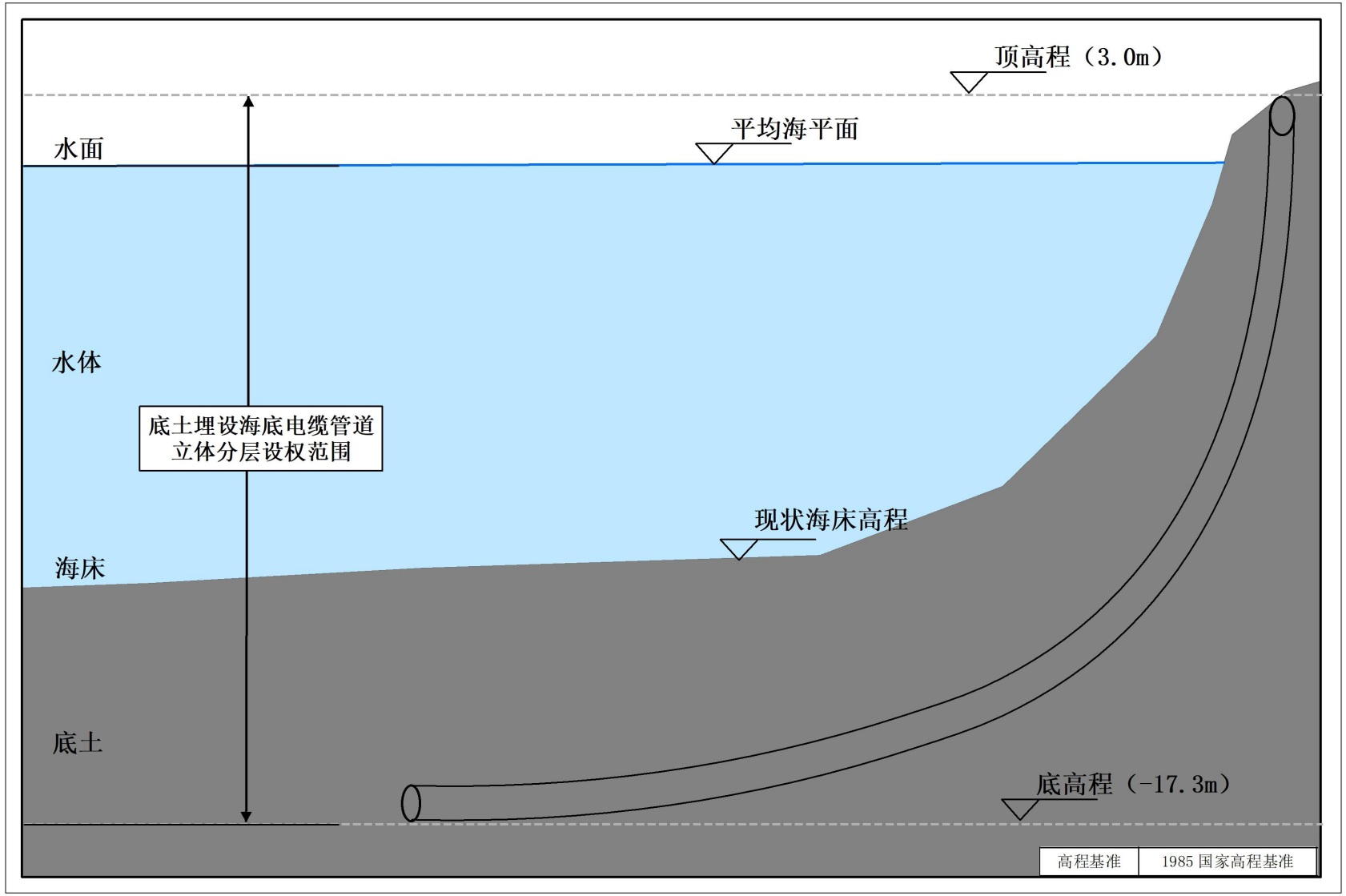


图 7.5.4-8d 宗海立体空间范围示意图 4（近岸至登陆段）

江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目(500kV海底电缆5)宗海立体空间范围示意图

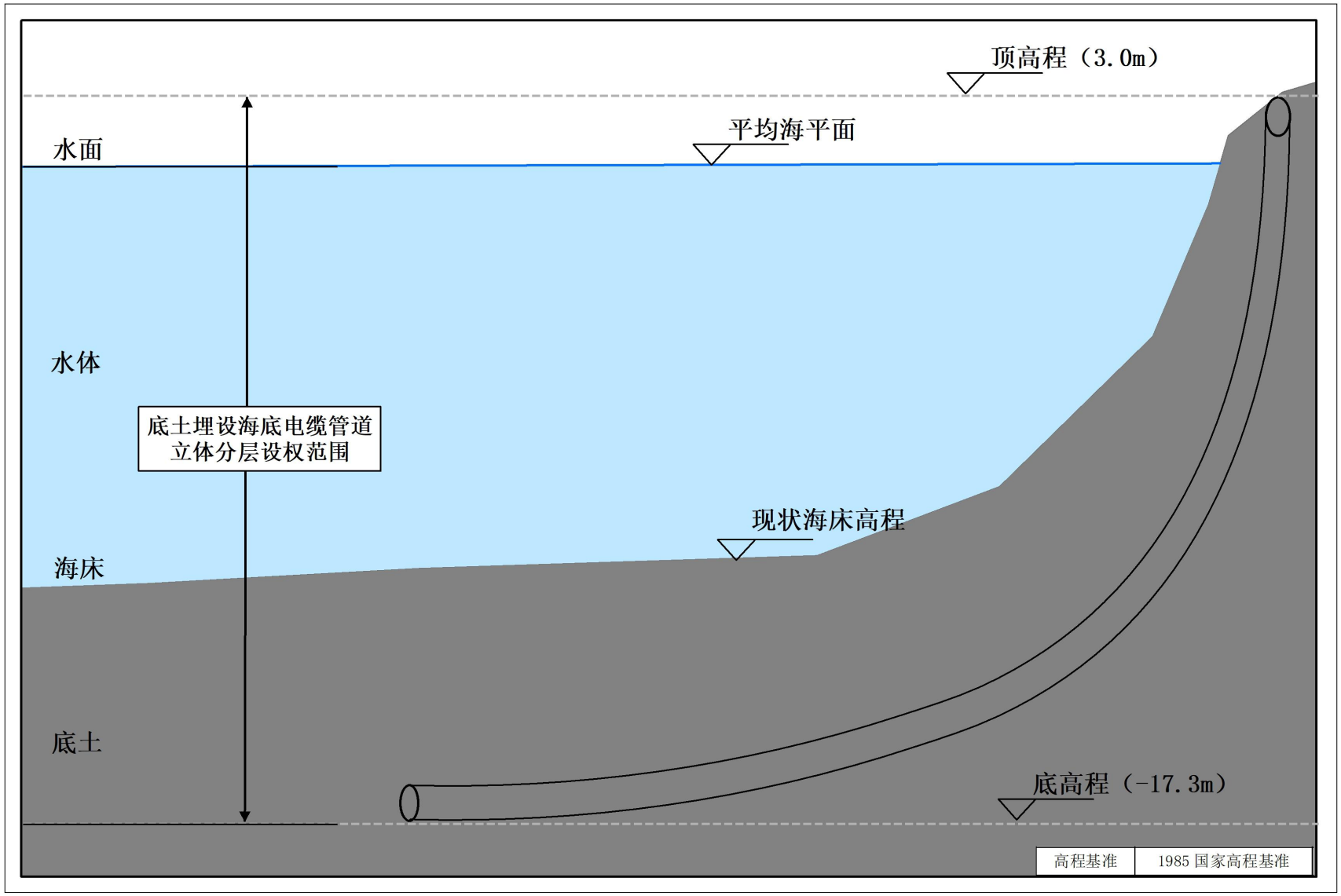


图 7.5.4-8e 宗海立体空间范围示意图 5（近岸至登陆段）

7.6用海期限合理性分析

本节以项目主体结构、主要功能的设计使用（服务）年限和施工工期等作为依据，以法律法规的规定作为判断标准，分析项目申请的用海期限是否合理。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条海域使用权最高期限规定："港口、修造船厂等建设工程海域使用最高年限为五十年"。

本项目主体工程中广核江门川岛一海上风电项目和国能江门川岛二海上风电项目根据风机设计使用寿命（25年）、施工周期（16个月）及结合相关法律要求，确定申请用海期限为27年。本项目海上升压站、海上无功补偿站结构设计使用年限为50年，海缆设计使用寿命30年，施工周期（14个月），申请用海年限宜与主体工程申请年限保持一致，即申请27年。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中工程建设用海最高期限为五十年。结合国家对项目用海年限的规定，本项目申请海域使用期限27年，项目用海期限既可以满足项目设计年限和用途需求，又符合相关规定，是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

因此，项目用海期限是合理的。

8 生态用海对策措施

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。本项目海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过自然岸线和人工岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。根据前文资源生态影响预测分析结果，项目的建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源降低。

针对项目可能产生的主要生态问题，提出生态用海对策，并参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》和海洋生态保护修复的相关要求提出海洋生物资源恢复的生态修复措施。计划在取得用海批复后 2 年内由建设单位组织开展本项目生态修复计划，确保海洋生物资源能够得到恢复。

8.1生态用海对策

8.1.1生态保护对策

8.1.1.1设计阶段生态保护对策

本项目设计体现了生态化理念，避让了生态敏感目标。项目选址避让了生态红线、自然保护地、锚地等，尽可能减少项目对海洋自然资源的占用。

8.1.1.2施工阶段生态保护对策

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。海上升压站、补偿站基础和送出电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物

生物量的损失，且项目施工期产生悬浮泥沙会影响浮游动植物、鱼卵仔鱼、渔业资源和渔业生产。为降低项目施工期对资源生态的影响，项目施工做好如下措施：

（1）工程建设要坚持“预防为主、保护优先”的原则，指导设计、施工、环境管理，把生态环境保护纳入工程方案设计过程中，把不利影响控制到最低程度。

（2）施工过程中应加强施工管理，科学安排作业时间和程序。施工期安排尽量避开主要经济鱼类产卵季节和保护期，严格按照操作规程，尽量避免事故发生，减少对海洋环境、海洋生态的影响。

（3）严格限制施工区域，桩基沉桩及海缆敷设施工时，控制作业面（带）宽度，根据桩基尺寸及电缆沟设计沟槽宽度选择合理埋设犁等设备的尺寸，减少超挖量及工作面，从而降低对生态环境的影响范围。

（4）桩基基础施工控制每日和每次打桩数量，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

（5）施工船舶含油污水和生活污水禁止在工程海域排放，含油污水收集后交由有处置能力单位处理，海上生活污水收集上岸处理。施工单位还应对施工船只进行机械管理，定期进行检修，强化保养，严禁带“病”作业，防止机油泄漏事故。

（6）海上施工应选择海况良好，潮流较缓的情况进行施工作业，同时注意沉桩、海缆铺设的施工速率和强度，在保证施工质量的前提下尽可能缩短作业时间。

（7）施工前应与江门市农业农村局做好沟通，并严格按照国家及地方的有关规定执行，做好相关的经济补偿工作。

（8）施工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。

8.1.1.3运营阶段生态保护对策

（1）减轻海上升压站、补偿站噪声对海洋生物资源的影响

海上升压站、补偿站噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。机械噪声和结构噪声这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

（2）含油废弃物收集措施

对海上升压站、补偿站设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的单位处理。

8.1.2生态跟踪监测

8.1.2.1施工期环境监测

通过环境监测可以及时掌握工程施工期污染物排放情况及对施工现场周围区域环境质量的影响程度，并反映和掌握营运期防治污染措施的有效程度和治理污染设施的运行治理效果，为环境管理工作提供科学依据。因此，必须做好该工程的环境监测计划。

本项目监测站位与本报告海洋环境现状调查站位一致，包括海水水质监测站

位 22 个，沉积物质量监测站位 12 个，海洋生物生态 14 个。此外，布设水下噪声监测站位 9 个，与水下噪声现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

（1）海水水质

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，海上升压站桩基施工及电缆沟开挖对海洋水质环境的影响，监测施工过程中悬浮物影响程度和范围，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施工期环境管理提供依据，对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

监测项目：水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD_5、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

监测站位：共布设 22 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物质量

监测项目：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 14 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态

监测项目：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 14 个监测站位，监测点位见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

表 8.1.2-1 施工期监测站位一览表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
LY01			水质
LY02			水质、沉积物、海洋生态
LY03			水质、海洋生态
LY04			水质
LY05			水质
LY06			水质、沉积物、海洋生态
LY07			水质、沉积物、海洋生态
LY08			水质
LY09			水质、沉积物、海洋生态
LY10			水质
LY11			水质、沉积物、海洋生态
LY12			水质
LY13			水质、沉积物、海洋生态
LY14			水质
LY15			水质、沉积物、海洋生态
LY16			水质、沉积物、海洋生态
LY17			水质、沉积物、海洋生态
LY18			水质
LY19			水质、沉积物、海洋生态
LY20			水质、海洋生态
CD18			水质、沉积物、海洋生态
CD20			水质、沉积物、海洋生态

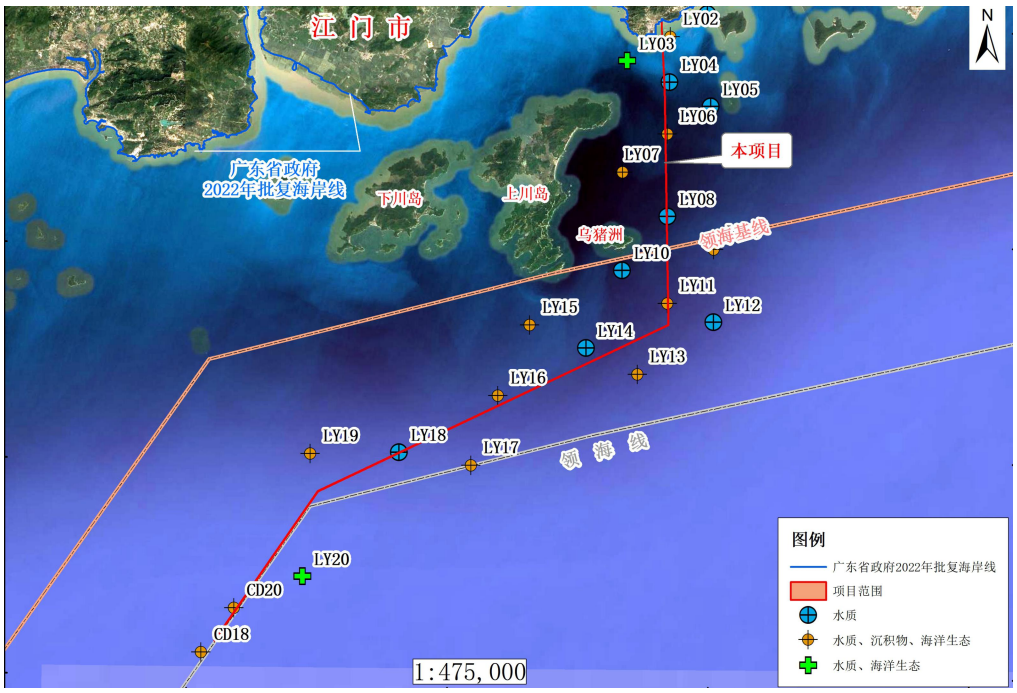


图 8.1.2-1 跟踪监测站位图

（5）水下噪声

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

监测位置:在送出电缆周边海域布设9个噪声监测点,监测点位见表8.1.2-2和图 8.1.2-2。

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次（对打桩作业进行监测）。昼间噪声监测时段为晨 6:00～晚 10:00,夜间噪声监测时段为晚 10:00～晨 6:00，分别监测 15min（避开生物产卵期）。

施工期由受委托监测站根据工程施工进度按监测计划进行监测,若有异常情况应及时通知当地自然资源行政主管部门和当地生态环境局,以便采取相应的对策措施。

表 8.1.2-2 水下噪声监测站位坐标

站位序号	纬度	经度
S3		
S10		
S18		
S19		

站位序号	纬度	经度
S20		
S21		
S22		
S23		
S24		

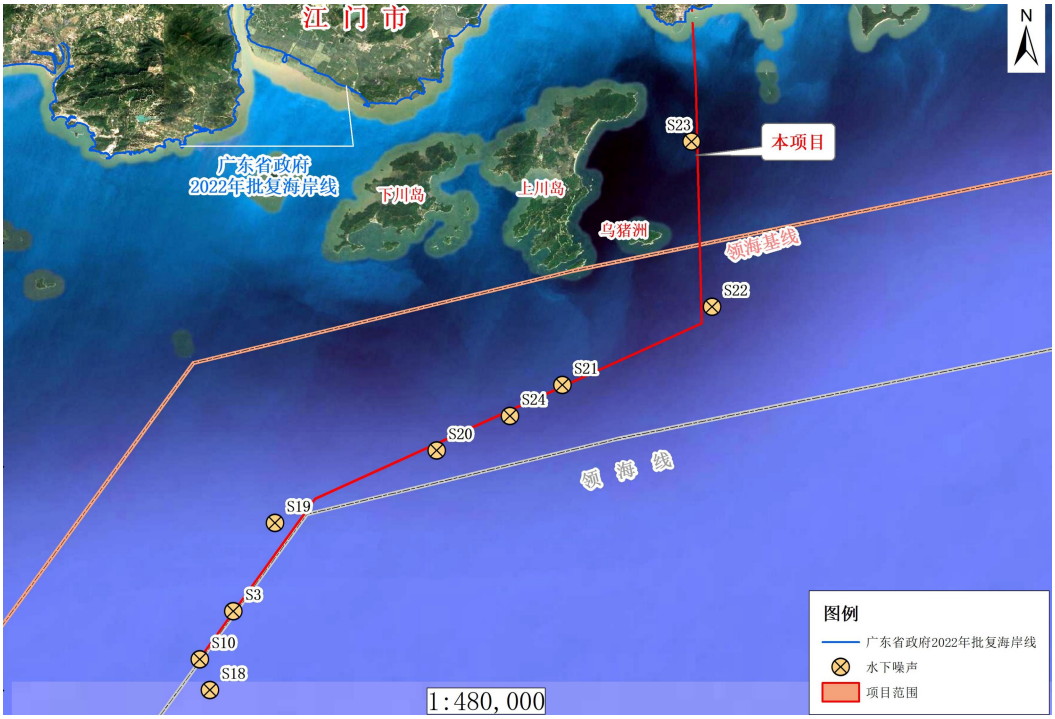


图 8.1.2-2 水下噪声监测站位图

8.1.2.2营运期环境监测

营运期的环境监测项目由本工程的业主委托当地有资质的环保监测单位开展，如有可能应与当地环保监测部门的年度监测相结合，以充分利用现有资源并便于整个地区的环境质量变化情况相对照。

（1）海水水质监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 22 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（2）沉积物监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（3）海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 14 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（4）海洋生态监测

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 14 个监测站位，见表 8.1.2-1 和图 8.1.2-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

（5）地形及海上升压站、海上无功补偿站墩柱局部冲刷监测

监测项目：水深地形、海上升压站、海上无功补偿站墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对海上升压站、海上无功补偿站墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对海上升压站、海上无功补偿站墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测位置：以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1：5000；2km-15km 的海域，测量图比例尺按照 1：10000。

监测时间及频次：工程营运期前 5 年内，每年监测 1 次，遇灾害性天气加密监测，5 年之后根据前期监测分析结果，可 2~3 年监测 1 次。

（5）噪声监测

监测布点：在送出电缆周边海域布设 9 个噪声监测点，监测点位与施工期一致，见表 8.1.2-2 和图 8.1.2-2。

监测项目：噪声频带有效声压级（dB re 1 μPa）；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪声时-频特性；同时测量海上升压站、海上无功补偿站营运在空气中的辐射噪声。

监测频率：监测频率：每年 1 次，低、中和额定风速输出时。

（6）电磁环境监测

监测布点：布设 9 个监测点，监测点位见表 8.1.2-3 和图 8.1.2-3。

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测频率：每年代表性一季。

表 8.1.2-3 电磁环境监测站位坐标

监测站位	经度	纬度
S3		
S10		
S18		
S19		
S20		
S21		
S22		
S23		
S24		

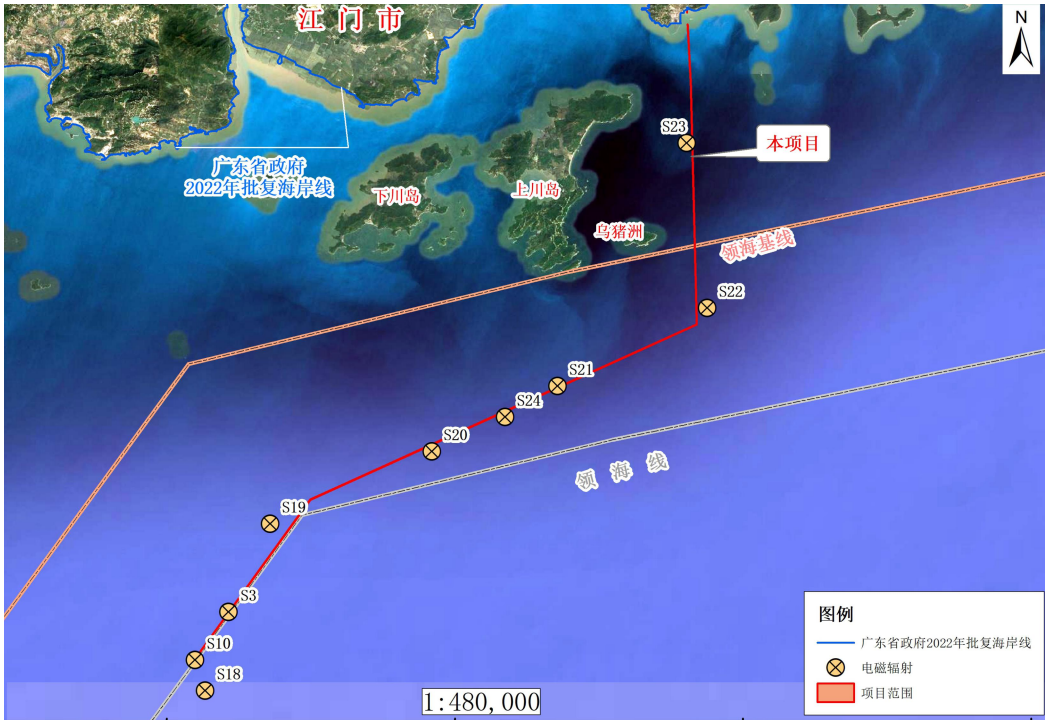


图 8.1.2-3 电磁环境监测站位图

8.1.2.3生态跟踪监测评价

本项目应根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本论证报告采用的现状调查数据进行比较，对是否突破相应指标合理变化范围进行评价。在监测完成后，开展趋势评价，结合生态本底调查数据和长期监测数据，就各类指标的变化趋势、特别是逐步恶化趋势作出评价。在完成现状评价和趋势评价后，应进行综合评价，综合生态本底调查数据、各监测要素的现状评价和趋势评价结论，对项目周边海域的海洋生态和环境存在的问题、潜在风险进行评估。

本项目应严格执行生态跟踪监测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

8.2生态保护修复措施

项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 1.46kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 26.08t。施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.58t、鱼卵 8.78×10^7 粒、仔鱼 1.86×10^7 尾。

通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的有关规定，对项目附近海域的生物资源恢复作出经济补偿。

8.2.1生态修复目标

（1）总体目标

以“损害什么，修复什么，损害多少，修复多少”为基本原则，修复的总体目标是着重进行海洋生物资源恢复。

（2）增殖放流品种选择

根据本项目周边海域海洋生态环境以及该海域主要鱼类、贝类及虾类的生物习性、开发潜力、苗种供应等，依据增殖放流技术可行性、品种优良、种群稳定等原则，增殖放流可选择多种类健康苗种进行组合放流，以修复和改善本地区海洋生态环境。结合江门市已成功开展多次水生生物增殖放流活动所选择的增殖放流苗种，初步选定本项目增殖放流的品种为黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗。

（3）分阶段目标

取得用海批复后 2 年内完成增殖放流数量 212 万尾（项目具体海洋生物资源损失金额以项目环境影响评价报告为准，增殖放流实施方案以主管部门认定的为准）。

8.2.2生态修复内容（增殖放流）

（1）修复内容及规模

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的鱼苗为主，本项目增殖放流的品种为黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗，总放流数量共约 212 万尾，拟定在取得用海批复后 2 年内的休渔期进行增殖放流。

（2）修复方案

①修复布局

海上升压站、补偿站基础建设和送出电缆敷设造成海洋生物资源损失，结合前文分析，参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，本方案推荐采取增殖放流措施，提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。根据《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》《广东省海洋生物增殖放流技术指南》，且增殖放流地点应选择：1）产卵场、索饵场、洄游通道或人工鱼礁放牧场；2）非倾废区，非盐场、电厂、养殖场等进、排水区的海洋公共水域，并应选择靠近港口码头利于增殖放流工作开展，且捕捞影响较小的区域。再结合江门市往年增殖放流区域，拟选择广海湾海域进行增殖放流。

图 8.2.2-1 增殖放流位置图

②修复方案

增殖放流的海洋经济物种以适应本地生长的黄鳍鲷鱼苗、黑鲷鱼苗为主，拟定每年休渔期进行增殖放流，拟于取得用海批复后 2 年内休渔期期间实施。

渔业增殖放流要求：增殖放流物种的规格以放流现场测量为准。鱼苗全长应在 5cm 以上。增殖放流的苗种应当是本地种的原种或子 1 代，人工繁育的增殖放流苗种应由具备资质的生产单位、检验机构认可的单位提供，禁止增殖放流外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合海洋生态要求的海洋生物物种。

增殖放流前，对损害增殖放流生物的作业网具进行清理。增殖放流过程中，要观测并记录投放海域的水域状况，包括水温、盐度、pH 值、溶解氧、流速和流向等水文参数，以及记录天气、风向和风力等气象参数。增殖放流后，对增殖放流水域组织巡查，防止非法捕捞增殖放流生物资源。根据 GB/T 12763 和 SC/T9102 的方法,定期监测增殖放流对象的生长、洄游分布及其环境因子状况。

③生态保护修复一览表

表 8.2.2-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	责任人	备注
海洋生物资源恢复	增殖放流	总放流数量约 212 万尾	取得用海批复 2 年内休渔期放流数量约 212 万尾	建设单位	1、放流规格、数量可根据当年市场苗种情况进行合理调整，且不少于报告所列数量； 2、具体实施方案、周期在实施过程中结合环境影响评价和实际情况进行适当调整。

8.2.3生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

1、主要监测内容：海洋生物。

2、主要监测项目：浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等。

3、监测频次：修复完成后首年春秋季各监测 1 次。

表 8.2.3-1 跟踪监测计划

修复类型	监测内容	主要监测项目	监测频次
海洋生物资源恢复	海洋生物	浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物、大型藻类以及增殖放流生物品种等	修复完成后首年春秋季各监测 1 次

9 结论

9.1结论

9.1.1项目用海基本情况

本项目位于广东省江门市台山市南侧海域，拟建设 1 座海上升压站、1 座海上无功补偿站和 2 回 500kV 海底电缆。500kV 海上升压站位于江门川岛一、二海上风电场址中间预留的通道，500kV 海上无功补偿站布置在送出海缆中部区域，电能升压后通过 2 回 500kV 海底电缆集中送出至陆上集控中心。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海总面积 650.9889 公顷，其中海上升压站透水构筑物用海面积为 0.7529 公顷，海上无功补偿站透水构筑物用海面积为 0.7229 公顷，500kV 海底电缆管道用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3m（具体以使用高程为准）。本项目 500kV 送出海底电缆申请用海范围以底土穿越的方式占用广东省政府批复海岸线 92.7m，岸线类型为自然岸线和人工岸线。本项目申请用海期限为 27 年。

9.1.2项目用海必要性结论

海上风电机组发出的电能通过集电海缆接入海上升压站，由海上升压站通过

500kV 海缆送出至陆上集控中心，中途设置 1 座海上无功补偿站。海上升压站位于海中，采用导管架基础，桩基插入海床，升压站架设在海面上方，必将占用一定的海域；500kV 海缆敷设于海底，是连接海上升压站和陆上集控中心的纽带，是将海上风电机组发出的电能输送至陆上集控中心必不可缺的一个环节。其路由、选型、回路等根据风电场装机容量、风电场的功能、海域周边环境、功能区种种因素确定，其建设占用海底空间是不可避免，也是必要的。在远距离海上风电交流输电系统中，由于海缆电容特性，当输送距离较长输送电压等级高，容易出现海缆容性充电功率过高和过电压的问题，通过在海缆送出路由中段设置无功补偿站，可以有效解决这些问题。考虑海缆载流量的限制，必须在海缆路由中设置海上无功补偿站以补偿海缆的充电功率。海上无功补偿站采用导管架基础，桩基插入海床，补偿站架设在海面上方，必将占用一定的海域。

因此，从项目的建设特点来看，本项目海上升压站、海上无功补偿站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

9.1.3项目用海资源环境影响分析结论

本项目涉海工程主要有海底电缆、海上升压站和海上无功补偿站，海底电缆工程埋藏在海床以下，海底电缆为埋设形式，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响。影响潮流主要是海上升压站和海上无功补偿站。工程实施后，对潮汐动力影响主要出现在升压站和补偿站桩基附近，其他海域影响程度较有限。

本项目海缆所在海域工程前后海床基本不变，海缆敷设对其所在海域潮汐动力和冲淤变化基本不影响，工程实施对海域冲淤影响主要出现升压站、补偿站桩基附近。工程建设后，使得局部水流条件稍有改变，从而引起海床冲淤变化，变

化主要出现在工程周边海域。预测结果表明，工程实施后升压站、补偿站桩基附近流速受桩基影响出现一定程度减缓,导致桩基附近出现 0.02m/a 左右的淤积，而工程周边海域受到的冲刷作用不明显。

海上升压站、海上无功补偿站桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。项目实施后垂向平均悬浮泥沙增量大于 10mg/L 包络线面积为 36.156km^2，大于 20mg/L 包络线面积为 16.854km^2；大于 50mg/L 包络线面积为 5.940km^2，大于 100mg/L 包络线面积为 2.360km^2。本项目桩基础建设造成底栖生物直接损失 1.46kg，送出海底电缆施工造成底栖生物直接损失 26.08t。施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.58t、鱼卵 8.78×10^7 粒、仔鱼 1.86×10^7 尾。渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

9.1.4海域开发利用协调分析结论

本项目所在及周边海域开发利用活动主要为航道、航路、锚地、养殖项目、海上风电项目、自然保护地、造礁石珊瑚等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为中广核新能源（江门）有限公司和广东国华粤电台山发电有限公司，协调责任部门为海事局。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性,项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国

家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

9.1.5国土空间规划符合性分析结论

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于川山群岛农渔业区、广海湾工业与城镇用海区和湛江-珠海近海农渔业区，项目的建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。

本项目建设符合国家产业政策，符合《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2021-2035 年）》以及《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和“三区三线”中的生态保护红线的管控要求。

项目符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《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》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《江门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》等各级相关规划的相关要求。

9.1.6项目用海合理性分析结论

本项目用海与气象条件、地形条件、地质条件、冲淤环境等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的条件下，可减轻对生态环境的影响；项目用海选址与周边其他用海活动适宜，有利于海洋产业

协调发展。登陆点选址按照《广东省发展改革委关于印发广东省 2023 年海上风电项目竞争配置工作方案的通知》的要求统筹布局。因此，项目选址是合理的。

本项目 500kV 送出海底电缆结合拟建海缆区域的自然环境、海洋开发活动、海底地形特征、海底面地貌特征、海底浅地层结构、海域规划以及安全性等各方面的综合考虑，同时为了增加海底管道的安全系数，最终确定了海底电缆平面布置，平面布置合理。项目申请用海总面积为 650.9889 公顷，其中透水构筑物（海上升压站、海上无功补偿站）面积为 1.4758 公顷，海底电缆管道（500kV 送出海底电缆）用海面积为 649.5131 公顷，500kV 海底电缆管道采用立体确权，立体确权高程范围为-43.1m～3.0m（具体以使用高程为准），用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，现阶段不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

本项目用海方式分别为透水构筑物、海底电缆管道，用海方式基本不改变海域自然属性，项目用海方式合理。

本项目申请用海范围以底土穿越的方式占用岸线 92.7m，岸线类型为自然岸线和人工岸线，本项目海底电缆铺设于海底，登陆段采用定向钻的施工方式从地底穿过岸线，无需开挖，不改变海岸线原有形态和生态功能。

本工程申请用海年限 27 年与主体工程申请年限保持一致，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

9.2项目用海可行性分析结论

综上所述，江门川岛一、二海上风电集中送出工程项目用海是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在海洋功能区划的海域使用管理和环境保护要求均相符，与生态保护红线管控要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布

置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好海域环境保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。