



国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目
增容项目

海域使用论证报告书


(公示稿)

国家海洋局南海调查技术中心

中国 广州

二零二一年十二月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4452242021001492		
论证报告所属项目名称	国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	国家海洋局南海调查技术中心		
统一社会信用代码	12100000457328049K		
法人代表	王伟平		
联系人	石琪		
联系人手机	18002228618		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
彭鹏飞	BH000821	论证项目负责人	
彭鹏飞	BH000821	1. 概述 2. 项目用海基本情况 3. 项目所在海域概况 4. 项目用海资源环境影响分析 5. 海域开发利用协调分析 6. 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析 7. 项目用海合理性分析 8. 海域使用对策措施 9. 结论与建议 10. 报告其他内容	彭鹏飞
胡云朋	BH001291	10. 报告其他内容	胡云朋
<p>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。</p> <p style="text-align: right;">承诺主体(公章):</p> <div style="text-align: center;">  <p>2021年12月7日</p> </div>			

关于《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用论证报告书》全文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）、《广东省省管用海项目海域使用论证报告技术审查工作流程规范》等的相关要求，我单位对《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目海域使用论证报告书》全本予以公示。

在此次公示中，我单位按要求删除或模糊处理其中涉及技术秘密、商业秘密等内容。现将删除或模糊处理内容说明如下：

1.删除或模糊处理工程具体位置，具体平面布置情况、主要构筑物的结构尺度、主要施工工艺及施工方案、施工船机设备、施工期等敏感信息。

原因：此部分内容属于项目建设的涉密部分。

2.模糊处理本项目投资、发电量等主要经济指标。

原因：此部分内容属于项目的商业秘密。

3.删除或模糊处理有关引用材料的编制单位信息。

原因：影响第三方商业秘密。

4.删除数模计算过程，保留结果。

原因：影响环评单位的商业秘密。

5.公示内容不包含环境监测、现场踏勘详细数据记录。

原因：详细数据涉及监测单位和评价单位的商业秘密。

6.删除项目工程地质勘察、地形地貌调查的具体分析及数据，保留分析结论。

原因：此部分内容属于项目建设的涉密部分。

7.删除附件内容。

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，附件文件未经同意不允许公开。

8.删除编制单位的资质文件等材料。

原因：此部分内容属于编制单位的商业秘密。

目录

1 概述	1
1.1 论证工作来由.....	1
1.2 论证依据.....	3
1.2.1 法律法规.....	3
1.2.2 相关规划和区划.....	5
1.2.3 技术标准和规范.....	6
1.2.4 项目基础资料.....	7
1.3 论证工作等级和范围.....	8
1.3.1 论证工作等级.....	8
1.3.2 论证工作范围.....	9
1.4 论证重点.....	10
2 项目用海基本情况	11
2.1 用海项目建设内容.....	11
2.1.1 项目建设内容.....	11
2.1.2 用海工程建设规模及主要工程量.....	12
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	12
2.2.1 平面布置方案.....	12
2.2.2 主要水工构筑物的结构、尺度.....	16
2.2.3 主要配套工程.....	22
2.3 项目主要施工工艺与方法.....	27
2.3.1 总体施工方案.....	27
2.3.2 施工布置.....	29
2.3.3 施工条件.....	30
2.3.4 风机主要施工工艺和方法.....	31
2.3.5 海上升压站主要施工工艺和方法.....	36
2.3.6 海缆敷设施工.....	38
2.3.7 风电场运行退役后初步拆除和清理方案.....	48
2.3.8 施工进度.....	48
2.3.9 工程运行.....	49
2.3.10 土石方平衡.....	49
2.4 项目申请用海情况.....	50
2.5 项目用海必要性.....	51
2.5.1 项目建设必要性.....	51
2.5.2 项目用海必要性.....	55

3 项目所在海域概况..... 57

3.1 自然环境概况.....	57
3.1.1 气象气候.....	57
3.1.2 水文动力环境.....	59
3.1.3 区域大地构造与工程地质.....	79
3.1.4 地形地貌.....	84
3.1.5 地震.....	87
3.1.6 主要海洋自然灾害.....	88
3.1.7 海水水质现状调查与评价.....	93
3.1.8 海洋沉积物现状调查与评价.....	102
3.1.9 海洋生物质量现状调查及评价.....	105
3.2 海洋生态概况.....	108
3.2.1 调查概况.....	108
3.2.2 秋季航次海洋生物调查结果.....	112
3.2.3 春季航次海洋生物调查结果.....	113
3.2.4 海洋保护区及人工鱼礁.....	115
3.2.5 重要经济生物三场一通道.....	116
3.2.6 重要海洋保护生物.....	116
3.3 自然资源概况.....	120
3.3.1 渔业资源.....	120
3.3.2 海岸线资源.....	125
3.3.3 旅游资源.....	127
3.3.4 港口资源.....	129
3.3.5 锚地和航道资源.....	133
3.3.6 风能资源.....	136
3.3.7 鸟类资源.....	137
3.3.8 海岛（礁）资源.....	140
3.4 开发利用现状.....	141
3.4.1 社会概况.....	141
3.4.2 海域开发使用现状.....	146
3.4.3 海域使用权属现状.....	153

4 项目用海资源环境影响分析..... 154

4.1 项目用海环境影响分析.....	154
4.1.1 水动力环境影响分析.....	154
4.1.2 海水水质环境影响分析.....	155
4.1.3 地形地貌与冲淤环境影响分析.....	157
4.1.4 沉积物环境影响分析.....	157
4.2 项目用海生态影响分析.....	159

4.2.1 施工期影响分析.....	159
4.2.2 运行期影响分析.....	162
4.2.3 对海洋生态系统服务功能的影响分析.....	163
4.2.4 水下噪声及电磁辐射生态影响分析.....	164
4.3 项目用海资源影响分析.....	174
4.3.1 项目用海对岸线资源的影响分析.....	174
4.3.2 项目用海对旅游资源的影响分析.....	174
4.3.3 项目用海对风能资源的影响分析.....	175
4.3.4 项目用海对港口资源的影响分析.....	175
4.3.5 项目用海对锚地和航道资源的影响分析.....	176
4.3.6 项目用海对渔业生产和渔业资源的影响分析.....	177
4.3.7 项目用海对鸟类资源影响分析.....	184
4.3.8 项目用海对海洋保护区资源的影响分析.....	190
4.3.9 项目用海对海岛(礁)资源的影响分析.....	191
4.4 项目用海风险分析.....	191
4.4.1 项目用海风险事故识别.....	191
4.4.2 环境风险源项分析.....	192
4.4.3 自然灾害风险分析.....	201
4.4.4 其它风险事故及其影响分析.....	203
5 海域开发利用协调分析.....	205
5.1 项目用海对海域开发活动的影响.....	205
5.1.1 对港口、航线、锚地区的影响分析.....	205
5.1.2 对保护区的影响分析.....	206
5.1.3 对测风塔的影响分析.....	207
5.1.4 对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程的影响分析.....	207
5.1.5 对粤东液化天然气项目一期工程的影响分析.....	207
5.1.6 对项目所在区域其余海上风电项目的影响分析.....	208
5.1.7 对其余工程建设项目的影晌分析.....	208
5.1.8 对近岸鲍鱼养殖场的影响分析.....	208
5.2 利益相关者界定.....	209
5.3 相关利益协调分析.....	210
5.3.1 与当地航道、海事主管部门的协调.....	210
5.3.2 与[]的协调.....	211
5.3.3 与有关鲍鱼养殖户的协调.....	212
5.4 项目用海对国防安全 和国家海洋权益的影响分析.....	212
6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析.....	214
6.1 项目用海与海洋功能区划的符合性分析.....	214

6.1.1	项目所在海域海洋功能区划	214
6.1.2	项目用海对周边海洋功能区的影响	217
6.1.3	项目用海与海洋功能区划的符合性分析	219
6.2	项目用海与广东省海洋生态红线的符合性分析	220
6.2.1	项目所在海域海洋生态红线区	220
6.2.2	项目用海对周边海洋生态红线区的影响	222
6.2.3	项目用海与海洋生态红线区的符合性分析	223
6.3	项目用海与相关规划符合性分析	223
6.3.1	与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析	223
6.3.2	与《产业结构调整指导目录（2019 年本）》的符合性分析	224
6.3.3	与国家能源局《能源发展“十三五”规划》的符合性分析	224
6.3.4	与《可再生能源发展“十三五”规划》的符合性分析	225
6.3.5	与《电力发展“十三五”规划》的符合性分析	226
6.3.6	与《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》的符合性分析	227
6.3.7	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	228
6.3.8	与《广东省人民政府关于培育发展战略支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见》的符合性分析	228
6.3.9	与《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021—2025 年）》的符合性分析	229
6.3.10	与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析	229
6.3.11	与《广东海洋经济综合试验区发展规划》的符合性	231
6.3.12	与《广东省海上风电发展规划》（2017-2030 年）（修编）的符合性分析	231
6.3.13	与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析	232
6.3.14	与《广东省生态文明建设“十四五”规划》的符合性分析	232
6.3.15	与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析	233
6.3.16	与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析	233
6.3.17	与《揭阳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	234
6.3.18	与《揭阳港总体规划》（2010）的符合性分析	234
6.3.19	与《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的符合性分析	235

7 项目用海合理性分析 237

7.1	用海选址合理性分析	237
7.1.1	宏观选址	237
7.1.2	微观选址	244
7.2	用海方式和平面布置合理性分析	248
7.2.1	项目用海平面布置合理性分析	248
7.2.2	项目用海方式合理性分析	253

7.3 用海面积合理性分析.....	255
7.3.1 项目用海面积量算和分析.....	255
7.3.2 宗海图绘制.....	259
7.3.3 项目用海面积合理性分析.....	260
7.3.4 减少用海面积的可能性分析.....	261
7.3.5 是否符合相关用海控制指标要求.....	262
7.3.6 是否符合岸线管控指标的要求.....	262
7.4 用海期限合理性分析.....	263
8 海域使用对策措施分析.....	274
8.1 区划实施对策措施.....	274
8.1.1 海洋功能区划管理.....	274
8.1.2 主要海洋环境保护措施.....	275
8.2 开发协调对策措施.....	276
8.2.1 协调对策措施.....	276
8.2.2 发生重大利益冲突的应急对策措施.....	277
8.3 风险防范对策措施.....	278
8.3.1 通航风险防范对策措施.....	278
8.3.2 溢油事故风险防范.....	281
8.3.3 自然灾害风险防范.....	285
8.3.4 其它风险防范对策措施.....	286
8.4 监督管理对策措施.....	288
8.4.1 海域使用面积、用途和用海方式监控.....	288
8.4.2 工程施工作业的监控.....	289
8.4.3 运营期的监控.....	290
9 生态用海综合论证.....	292
9.1 产业准入与区域管控要求符合性.....	292
9.1.1 产业准入符合性.....	292
9.1.2 区域管控要求符合性.....	292
9.2 岸线保护措施合理性.....	292
9.3 污染物排放与控制.....	293
9.3.1 施工期污染防治对策措施.....	293
9.3.2 运行期污染防治对策措施.....	295
9.3.3 总量控制分析.....	296
9.4 生态保护与修复.....	296
9.4.1 施工期生态保护措施.....	296
9.4.2 运行期生态保护措施.....	297

9.4.3 鸟类生态保护措施.....	299
9.5 生态环境监测计划.....	300
9.5.1 海洋生态、渔业环境调查.....	301
9.5.2 海水水质、沉积物环境监测.....	301
9.5.3 鸟情观测.....	302
9.5.4 流场、局部冲刷.....	303
9.5.5 水下噪声监测.....	303
10 结论与建议	305
10.1 结论.....	305
10.1.1 项目用海基本情况.....	305
10.1.2 项目用海必要性分析结论.....	305
10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论.....	306
10.1.4 海域开发利用协调分析结论.....	308
10.1.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论.....	309
10.1.6 项目用海合理性分析结论.....	310
10.1.7 项目用海可行性结论.....	311
10.2 建议.....	311
说明：资料来源说明	312
1、引用资料（略）.....	312
2、现场调查资料（略）.....	312
附录（略）	312
附件（略）	312

1 概述

1.1 论证工作来由

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。首先，广东省大陆海岸线较长，东迄闽粤相交的饶平县界山，西止粤桂交界的英罗港洗米河口，海域面积广阔；其次，广东沿海风能资源多数达到 3 级~6 级，年平均风功率密度为 $300\text{W/m}^2\sim 600\text{W/m}^2$ ，是全国海上风能资源最丰富区域之一。开发利用海上风能资源，对于满足广东省电力需求、优化能源结构、减少环境污染、应对气候变化、促进经济可持续健康发展具有重要的作用。

结合广东省海上风电发展实际，广东省电力设计研究院有限公司对 2012 年印发的《广东省海上风电场工程规划》进行修编，编制了《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）》。此次规划修编对原《广东省海上风电场工程规划》的场址进行了进一步的梳理，剔除了与海洋功能区划规划、近海航道规划以及军事用海有矛盾的场址，并考虑到目前国际上海上风电的发展趋势，新补充了一批离岸较远，水深较深的场址。揭阳市规划的神泉、靖海两个海上风电场场址属于本次规划修编新增场址。揭阳神泉海上风电场工程项目位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，规划装机容量为 75 万千瓦，场址涉海面积约 150 平方公里，属于《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）》中揭阳市海上风电场址之一。

为推进海上风电开发利用，促进广东省节能减排工作，推动新能源产业快速、稳定发展。揭阳市人民政府与国家电投集团广东电力有限公司于 2017 年 3 月签订了《揭阳海上风电及相关项目合作框架协议》；为深化合作，进一步推进项目进程，2017 年 6 月，揭阳市人民政府与国家电投集团广东电力有限公司及明阳智慧能源集团股份有限公司签订了《揭阳海上风电项目投资合作协议》。根据合作框架协议，国家电投集团广东电力有限公司组织实施揭阳神泉、靖海海上风电场工程项目各项准备工作。2019 年 3 月 21 日，国家电投集团广东电力有限公司在揭阳

市成立揭阳前詹风电有限公司，负责揭阳神泉、靖海海上风电场项目的开发工作。

2018年5月15日，建设单位委托国家海洋局南海调查技术中心（下称论证单位）承担本项目的海域使用论证工作，编制完成《国家电投揭阳神泉二350MW海上风电场项目海域使用论证报告书》（下称《论证报告书》）。2018年9月20~21日，原广东省海洋与渔业厅委托广东省海洋发展规划研究中心在广州市组织召开了该项目《论证报告书》专家评审会，会议通过评审。2018年10月16日，《论证报告书》经修改完善后，通过专家组长复核，形成报批稿。专家组意见和复核意见见附件。

2018年11月15日，原揭阳市海洋与渔业局出具该项目用海预审意见（揭海函〔2018〕396号）。因军事等问题，该项目用海一直未予报批。截止目前，该项目《论证报告书》已超过3年有效期，用海预审意见已过期。

随着海上风电装备技术革新与进步、施工技术的优化与调整和海上风电管理政策的变化，大功率海上风机已成为海上风电装机未来主流机型。为适应风电平价的政策要求，经广东省能源局同意，建设单位拟将该项目总装机容量由 350MW 增容至 560MW，由原方案建设 64 台 5.5MW 风机变为建设 10 台 12MW 风机和 40 台 11MW 风机，风机间集电线路由原方案 16 回 35kV 海底电缆调整为 10 回 66kV 海底电缆，位置亦相应发生调整，但风电场规划场址、220kV 海底电缆、海上升压站及登陆点未变。

鉴于本项目原《论证报告书》、用海预审意见已过期，项目用海亦发生变化。根据《中华人民共和国海域使用管理法》规定，在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域三个月以上的排他性用海活动，在向海洋行政主管部门申请使用海域时，必须出具海域使用论证材料，论证该海域使用是否可行。根据上述规定，建设单位再次委托国家海洋局南海调查技术中心按照装机容量调整后的项目开展海域使用论证工作，编制海域使用论证报告书。

接受委托后，国家海洋局南海调查技术中心组成了项目组，编制了海域使用论证实地计划，开展调整后的现场踏勘工作，收集相关资料，了解本项目附近区域的自然环境条件，查清工程区附近最新的海洋资源开发利用现状；根据调整情况重新分析界定利益相关者，并提请业主与利益相关者进行协调；进行涉海工程综合分析研究，量算工程用海面积等工作。在此基础上重新编制了本次调整后的

海域使用论证报告书。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- 1) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日起实施）；
- 2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月 5 日起施行，第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订）；
- 3) 《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)；
- 4) 《中华人民共和国海上交通安全法》（2016 年 11 月 7 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议修订）；
- 5) 《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）；
- 6) 《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第十二次会议修订，自 2010 年 4 月 1 日起施行）；
- 7) 《中华人民共和国野生动物保护法》(2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议《关于修改〈中华人民共和国野生动物保护法〉等十五部法律的决定》第三次修正)；
- 8) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2017 年 3 月 1 日根据《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》修订）；
- 9) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院令 475 号 2006 年 11 月 1 日起施行，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）；
- 10) 《财政部、国家海洋局关于加强海域使用金征收管理的通知》，财综[2007]10 号（财政部、国家海洋局，2007 年 3 月 1 日实施）；
- 11) 《海域使用权管理规定》（国家海洋局，2006 年 10 月 13 日发布，2007 年 1 月 1 日起实施）；
- 12) 《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)；

- 13) 《海洋自然保护区管理办法》(国家海洋局 1995 年 5 月 29 日公布实施)；
- 14) 《海岸线保护与利用管理办法》(国家海洋局,2017 年 3 月 31 日执行)；
- 15) 《铺设海底电缆管道管理规定》(中华人民共和国国务院令第 27 号,1989 年 3 月 1 日起施行)
- 16) 《海底电缆管道保护规定》(国土资源部令第 24 号,2003 年 12 月 30 日国土资源部第 12 次部务会议通过,2004 年 3 月 1 日起施行)；
- 17) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》(国家海洋局第十四次局务会议通过,1992 年 8 月 26 日发布施行)；
- 18) 《国家海洋局关于进一步规范海域使用论证管理工作的意见》,国家海洋局,国海规范[2016]10 号,2016 年 12 月 27 日；
- 19) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》,国家海洋局,国海规范[2017]8 号,2017 年 5 月 2 日；
- 20) 《海上风电开发建设管理办法》,国家能源局、国家海洋局,国能新能[2016]394 号,2016 年 12 月 29 日；
- 21) 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》,国家海洋局,国海规范[2016]6 号,2016 年 10 月 31 日；
- 22) 《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,2017 年 10 月 15 日；
- 23) 《自然资源部办公厅关于印发<国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南(试行)>的通知》,自然资办发〔2020〕51 号,2020 年 11 月 17 日；
- 24) 《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),2021 年 1 月 8 日；
- 25) 《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；
- 26) 《广东省海域使用管理条例》(2007 年 3 月 1 日实施)；
- 27) 《广东省财政厅 广东省自然资源厅关于印发<广东省海域使用金征收使用管理办法>的通知》(粤财规〔2019〕2 号,2019 年 5 月 10 日)；
- 28) 《关于印发<广东省海域使用金征收标准>的通知》(粤财规〔2019〕3

号，2019 年 5 月 27 日）；

29) 《广东省自然资源厅关于印发<广东省自然资源厅省管用海项目审查审批工作规范>的通知》，广东省自然资源厅，2020 年 8 月 12 日；

30) 《广东省人工鱼礁管理规定》，2004 年 11 月 1 日起实施；

31) 《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），广东省自然资源厅，2020 年 2 月 28 日；

32) 《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》，广东省自然资源厅，2020 年 12 月 24 日。

1.2.2 相关规划和区划

1) 《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》（2020 年 12 月 14 日中国共产党广东省第十二届委员会第十二次全体会议通过）；

2) 《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》（粤府〔2021〕28 号），2021 年 4 月；

3) 《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（粤府办〔2021〕31 号），2021 年 9 月 29 日；

4) 《广东省生态文明建设“十四五”规划》（粤府〔2021〕61 号），2021 年 10 月 9 日；

5) 《广东省人民政府关于培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见》（粤府函〔2020〕82 号，2020 年 5 月 18 日）；

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

7) 《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021-2025 年）》，2020 年 9 月 25 日印发；

8) 《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，2012 年 11 月；

9) 《广东省海洋生态红线》，2017 年 9 月 29 日；

10) 《全国海洋功能区划（2011~2020 年）》，2012 年 4 月；

11) 《全国海洋主体功能区规划》，2015 年 8 月 1 日；

- 12) 《中国航路指南》A103, 海军司令部航海保证部;
- 13) 《全国沿海船舶航路总体规划》(2011年11月18日印发);
- 14) 《广东沿海港口航行指南》, 广东海事局, 2012年;
- 15) 《广东省海上风电发展规划》(2017-2030年)(修编), 2018年4月11日;
- 16) 《揭阳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》(揭府〔2021〕24号), 2021年5月17日;
- 17) 《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》(惠府〔2021〕2号), 2021年3月10日;
- 18) 《全国海洋经济发展“十三五”规划》, 国家发展改革委、国家海洋局, 发改地区[2017]861号, 2017年5月;
- 19) 《揭阳港总体规划》, 2010年10月;
- 20) 国家能源局《能源发展“十三五”规划》, 2016年12月;
- 21) 《电力发展“十三五”规划》, 2016年11月;
- 22) 《广东海洋经济综合试验区发展规划》, 2011年7月;
- 23) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》, 2017年10月;
- 24) 《广东省海洋主体功能区规划》, 2017年12月;
- 25) 《揭阳市海洋功能区划(2015-2020年)》, 2018年4月;
- 26) 《揭阳市人民政府关于同意揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划的批复》(揭府函[2010]159号), 2010年8月6日。

1.2.3 技术标准和规范

- 1) 《海籍调查规范》(HY/T 124-2009);
- 2) 《海域使用论证技术导则》(国海发[2010]22号);
- 3) 《海洋调查规范》(GB/T12763-2007);
- 4) 《海洋监测规范》(GB 17378-2007);
- 5) 《海水水质标准》(GB3097-97);
- 6) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002);
- 7) 《海洋生物质量》(GB18421-2001);

- 8) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
- 9) 《海域使用面积测量规范》（HY070-2003）；
- 10) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（中华人民共和国农业部，SC/T 9110-2007）；
- 11) 《宗海图编绘技术规范》（国家海洋局，HY/T251-2018）；
- 12) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）。

1.2.4 项目基础资料

- 1) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目可行性研究报告》，[REDACTED]，2018 年 6 月；
- 2) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》，[REDACTED]，2018 年 7 月；
- 3) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目地形测量技术报告》，[REDACTED]，2018 年 4 月；
- 4) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目冬季全潮水文观测报告》，[REDACTED]，2018 年 4 月；
- 5) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目夏季全潮水文观测报告》，[REDACTED]，2018 年 9 月；
- 6) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目波浪专题研究》（[REDACTED]，2018 年 5 月）；
- 7) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目通航安全影响研究报告（审定稿）》，[REDACTED]，2018 年 5 月；
- 8) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目 220kV 海缆预选路由选择依据说明材料（报批稿）》，[REDACTED]，2018 年 6 月；
- 9) 《国家电投揭阳神泉二期 350MW 海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，[REDACTED]，2018 年 4 月；
- 10) 《国家电投揭阳神泉海上风电场项目鸟类现状调查及评价专题报告》，

- ██████████，2018 年 9 月；
- 11) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目海洋环境影响报告书(报批稿)》, ██████████, 2019 年 2 月；
- 12) 《国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目 220kV 海底电缆路由调查勘测报告(报批稿)》(██████████, 2021 年 4 月)；
- 13) 《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场泥沙与海床稳定性分析专题报告》, ██████████, 2018 年 7 月；
- 14) 《国家电投揭阳神泉海上风电项目海洋环境现状调查报告(春季)》, 国家海洋局南海调查技术中心, 2018 年 5 月；
- 15) 《国家电投揭阳神泉海上风电项目海洋环境现状调查报告(秋季)》, ██████████, 2018 年 4 月；
- 16) 《国家电投揭阳神泉二海上风电场项目秋季海洋环境现状调查监测报告》(██████████, 2021 年 12 月)；
- 17) 《国家电投揭阳神泉二海上风电场项目建议书》(██████████, 2021 年 11 月)。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

原论证报告中论证等级为一级，本次调整后的论证等级仍为一级。具体判定如下表所示：

本次调整后，项目建设仍然为风电场、海上升压站、风机间集电线路海底电缆、220kV 海底电缆，项目用海类型为工业用海-电力工业用海，用海方式有构筑物用海-透水构筑物用海（其他透水构筑物用海）、其他用海方式-海底电缆管道用海（海底电（光）缆）。风电场透水构筑物用海的总面积为 85.1109 公顷，论证等级为一级；海底电缆管道的用海总面积为 409.4977 公顷，论证等级为三级。根据海域使用论证技术导则的“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”。本项目的论证等级为一级。

表 1.3.1-1 论证等级分析表

用海单元	一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
		透水构筑物	其他透水构筑物			
风机、海上 升压站	构筑物 用海	透水构 筑物	其他透水 构筑物	构筑物总长度大于 2000m; 用海总面积大于等于 30 公顷	所有海 域	一
				本次调整后透水构筑物用海 面积共 85.1109 公顷		
海底电缆	其它用 海方式	海底电 缆管道	海底电 (光) 缆	所有规模	所有海 域	三
				本次调整后海底电缆用海面 积 409.4977 公顷		

1.3.2 论证工作范围

根据《海域使用论证技术导则》的规定：论证范围应根据项目用海情况、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，海底管道等线性工程项目用海的论证范围划定依据为一级论证每侧向外扩展 5km。

本次调整后，风电场址和送出工程未发生变化，论证等级未发生变化，论证范围不变。综合项目用海情况和所在海域特征等因素，确定项目论证范围如下图所示，论证范围四至坐标见下表，面积约 2200km²（不包括陆域）。

表 1.3.2-1 论证范围四至坐标

名称	东经	北纬
A	116°11'31.993"	22°58'28.568"
B	116°11'31.993"	22°30'30.233"
C	116°39'56.812"	22°30'30.233"
D	116°39'56.812"	22°58'28.568"

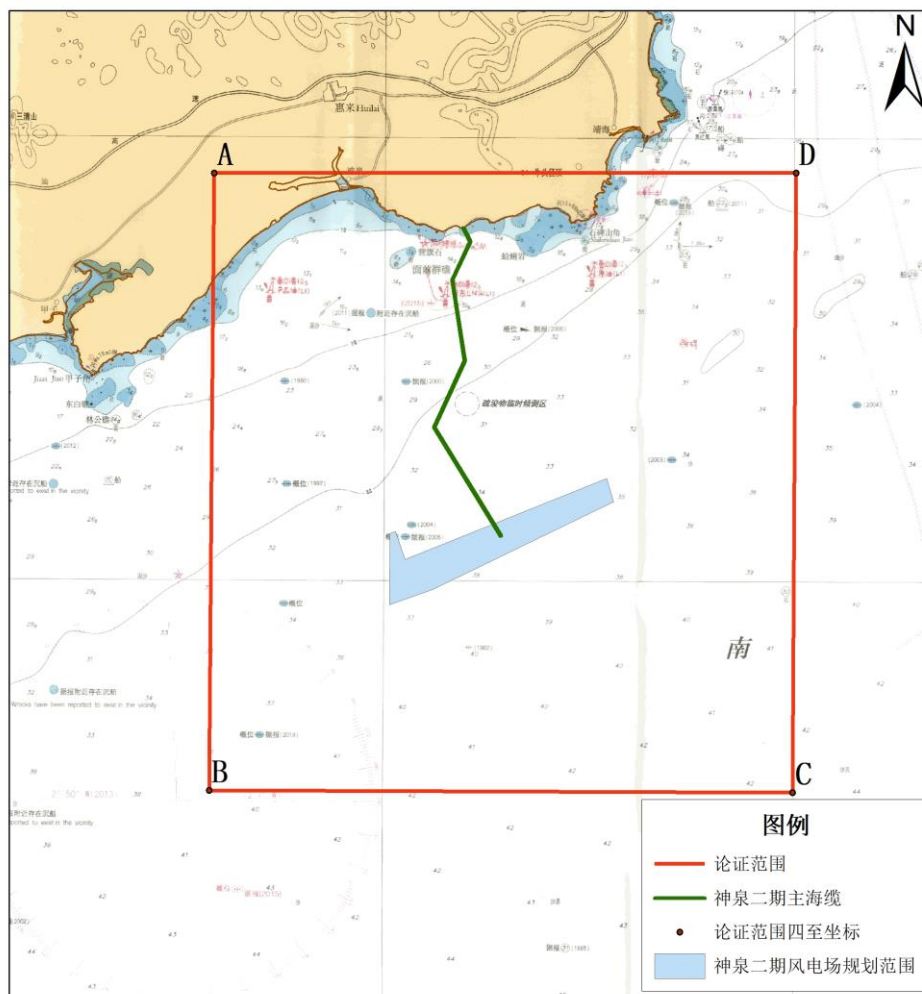


图 1.3.2-1 论证范围示意图

1.4 论证重点

本次调整后，风电场址和送出工程未发生变化，论证重点未发生变化。根据工程海域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用现状等特点，结合项目用海性质、可能造成的环境影响及一级论证的要求，确定论证工作的重点为。本项目用海类型属于工业用海-电力工业用海。参考《海域使用论证技术导则》附录 D 的规定，确定本项目的海域使用论证重点如下：（1）用海必要性；（2）选址（线）合理性；（3）用海方式和布置合理性；（4）海域开发利用协调分析；（5）资源环境影响。考虑到本项目风电场实际范围较大，本报告增加用海面积合理性作为论证重点之一。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 项目建设内容

项目性质、地理位置与原海域使用论证报告书保持一致，但项目名称、投资主体、投资额度发生变化。

项目名称：国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目

项目性质：新建大型生产性项目

投资主体：揭阳前詹风电有限公司

投资额度：参考海上风电场工程概算定额、本季度市场行情、主要设备材料和施工费用等，编制本项目投资匡算，单位千瓦静态投资约 [REDACTED]，单位千瓦动态投资约 [REDACTED]，工程总投资约 [REDACTED]。

按含税标杆上网电价 [REDACTED]，工程年利用小时数按 [REDACTED] 小时，本期运行期年平均发电量约 [REDACTED]，项目资本金按 [REDACTED]，其余资金按银行贷款考虑，年利率为 [REDACTED]，计息期按 [REDACTED] 考虑测算：资本金财务内部收益率约 [REDACTED]，全投资财务内部收益率（税后）为约 [REDACTED]，项目投资回收期（税后）约 [REDACTED]。

地理位置：国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目场址位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域（见图 2.1.1-1），连陆海缆登陆点位于惠来县前詹镇，风电场场址离岸距离最近约 22km。场址范围角点坐标见下表。

表 2.1.1-1 风电场场址范围角点坐标（略）

工程内容及工期：本项目用海主要分为两部分：一部分为风机基座及升压站用海，一部分为风机间集电线路及连陆海缆用海；主要用海方式包括构筑物用海-透水构筑物用海和其他用海方式-海底电缆管道用海。本项目工期计划为 1 年，计划 2022 年底全容量并网。

图 2.1.1-1 项目地理位置图（略）

2.1.2 用海工程建设规模及主要工程量

本项目用海工程内容见下表。

表 2.1.2-1 用海项目工程内容

序号	项目	单位	调整前	本次调整后
1	海上升压站	座	1	1
2	风机数量	台	64	50
3	220kV 海底电缆	回	2	2
4	集电线路	回	16 回 35kV	10 回 66kV
5	风机功率	MW	5.5	40 台 11MW 10 台 12MW
6	总装机容量	MW	350	560

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置方案

原项目平面布置见图 2.2.1-1，本次调整后的平面布置见图 2.2.1-2，本次调整后相比原平面布置对比见图 2.2.1-3。

图 2.2.1-1 项目调整前总平面布置示意图（略）

图 2.2.1-2 本次调整后总平面布置示意图（略）

图 2.2.1-3 调整前后总平面布置对比示意图（略）

2.2.1.1 风电机组布置

项目调整前拟建设 64 台 5.5MW 海上风机，调整后拟建设 40 台 11MW 风机和 10 台 12MW 风机。根据《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目建议书》（XXXXXXXXXX，2021 年 11 月），

国内企业已经对大型抗台风机型进行研发，2022 年将有多个大兆瓦样机下线，备选风机参数见下表。

表 2.2.1-1 推荐机型的设计参数（略）

在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应根据风电场区域内风能资源条件和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

1) 首先应充分考虑规划使用海域的周边环境限制条件，协调与港口、航道、油气管道等之间的关系。由于周边紧邻多个规划场址，根据场址形状和当地风资源特点，选择整体最优布置方案。

2) 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。

3) 布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

4) 严格执行国家海洋局《关于进一步规范海上风电场用海管理的意见》(国海规范〔2016〕6号)文件中关于海上风电场外缘边线包络用海面积的限定标准。

5) 对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。

6) 为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

7) 现阶段风机布置主要从发电效益角度出发，充分利用风能资源，且不与用海和环保冲突。

考虑到规划海域的风资源情况、风机间相互影响和尾流损失，本次调整后



。调整前后风机平面布置见图 2.2.1-4。

图 2.2.1-4 调整前后的风机平面布置对比示意图（略）

2.2.1.2 海底电缆布置

1、220kV 海底电缆平面布置

本次调整后，220kV 海底电缆平面布置未发生变化。根据《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目 220kV 海缆预选路由选择依据说明材料(报批稿)》（XXXXXXXXXX，2018 年 6 月），推荐路由方案一从神泉二海上升压站出发，避开风机间电缆以直线形式，西北方向延伸 10.7km。路由延伸至到达疏浚物临时倾倒地西侧一 AC2 拐点，然后转向东北方向距离临时倾倒地 700m 延伸一 AC3 拐点，在前詹锚地左侧增加一 AC4 拐点，随后向东北方向延伸一 AC5 拐点，避开通用码头防波堤，转向西北方向延伸至一 AC6 拐点，避开大堆尾附近礁石，最后延伸到达登陆点，推荐路由总长度约 28.36km。

风电场送出线路采用 2 回三芯 220kV 送出海底电缆，根据《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）第 3.2.9 节“平行敷设的海底电缆应避免交叉重叠，电缆间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍，登陆段间距可适当缩小，但应满足电缆载流量和保护的要求”，根据《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB 50168-2006）第 5.5.4 条“水底电缆平行敷设时的间距不宜小于最高水位水深的 2 倍；当埋入河床（海底）以下时，其间距按埋设方式或埋设机的工作活动能力确定。”结合本项目 220kV 海底的施工方式，考虑到拐点处施工难度，2 回 220kV 海底电缆间距以布设时拐点处的 2 倍水深考虑，并延伸连接到下一拐点处。

表 2.2.1-2 路由预选报告推荐路由拐点坐标表（略）

各拐点处布置及间距见图 2.2.1-5。220kV 两回海底电缆从升压站送出后，以一 AC1 沿路由延伸 150m，左右各偏移 35m 布置，继续延伸至一 AC2 点处左右各偏移 30m 布置，继续延伸至一 AC3 点处左右各偏移 25m 布置，继续延伸至一 AC4 点处左右各偏移 15m 布置，继续延伸至一 AC5 点处左右各偏移 13m 布置，继续延伸至一 AC6 点处左右各偏移 5m 布置，继续延伸并收拢于一 AC7 点。西侧电缆总长度约 XXXXXXkm，东侧电缆总长度约 XXXXXXkm。

图 2.2.1-5 220kV 主海缆平面布置图（略）

2、集电海底电缆平面布置

本次调整后风机数量减少，集电线路型号由 35kV 海底电缆变为 66kV 海底电缆。调整后，根据风电机组布置及考虑每个 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡和 66kV 海缆的材质特点，每回路布设 5 台风机。风电场共设置 10 回 66kV 集电海底电缆。连接 2 台风机，选用电缆截面为 ██████；连接 3 台风机，选用电缆截面为 ██████；连接 4 台风机，选用电缆截面为 ██████，连接 5 台风机，选用电缆截面为 ██████。调整前后集电线路平面布置见图 2.2.1-6。调整后，集电线路海上部分总长度约为 ██████ km。

图 2.2.1-6 调整前后集电线路平面布置对比示意图（略）

调整后各回路连接的风机如下（从左到右统计）：

- 1 号回路：F39、F40、F33、F27、F22；
- 2 号回路：F41、F42、F34、F28、F23；
- 3 号回路：F43、F44、F35、F29、F24；
- 4 号回路：F45、F46、F47、F36、F30；
- 5 号回路：F49、F48、F37、F31、F25；
- 6 号回路：F50、F38、F32、F26、F21；
- 7 号回路：F1、F6、F11、F16、F17；
- 8 号回路：F2、F7、F12、F13、F18；
- 9 号回路：F3、F8、F9、F14、F19；
- 10 号回路：F4、F5、F10、F15、F20；

2.2.1.3 海上升压站布置

本次调整后，海上升压站平面布置未发生变化。本工程配套建设一座 220kV 海上升压站。为了使风电机组之间集电海底电缆的短捷，同时便于 220kV 送出海底电缆送出至陆上升压站，将海上升压站布置在风电场的北侧中间位置。升压站区域水深介于-32m~-37m 之间，平台尺寸为 42.0m×39.0m（不包括外挑部分），升压站共三层。升压站布置时考虑波浪、海流和风的方向、太阳角度等因素，平台长边位于正北偏西 22.5°方向。

海上升压站设 2 台 240±8×1.25%/66kV 主变压器，容量为 340MVA，主变选择三相油浸式自然油循环自冷却型有载调压双绕组变压器。

2.2.1.4 陆上集控中心布置

本工程集控中心与靖海、神泉一风电场集控中心进行合建。合建集控中心站址位于前詹电厂规划场址内部永久宿舍区处，对集控中心总体规划影响不大。

2.2.2 主要水工构筑物的结构、尺度

本次调整后，本项目总装机容量由 350MW 变为 560MW。本工程风机基础抗震设防类别为丙类。本工程风机基础设计使用寿命为 25 年，防腐蚀设计使用年限按 27 年考虑。对于海上风机基础主体结构的设计，本阶段按照 200t 级运维船进行事故船舶撞击分析。

2.2.2.1 风机基础设计

本次调整后，项目风机基础推荐仍采用钢管桩桩基础，仍然推荐采用四桩导管架结构。本项目可行性研究报告从结构、施工、防腐蚀、工程量等因素综合考虑，对风机基础采用高桩承台基础、四桩导管架基础、水上三桩基础方案进行了综合比选。本阶段通过综合分析，认为四桩导管架基础结构安全、工程量最优、施工较为便利，在满足安全性要求的前提下比较适宜本风电场的基础型式，现阶段首推四桩导管架基础方案。为适应大功率风机的要求，导管架的结构尺寸发生变化，桩直径由 2.6m 变为 3.0m，桩中心距由 26m 变为 30m。

本工程项目海洋地质条件复杂，表层土工程特性较差，水深较深，海况恶劣。拟选定采用先桩法的四桩导管架基础进行设计和方案比选，设计方案为：初定本工程导管架顶法兰标高均为 24.000 m。灌浆连接段长度统一仍为 6 米。用 4 根钢管桩定位于海底，4 根桩呈正方形均匀布设。基础塔筒与导管架四桩腿之间由 3 个变截面箱梁连接，上两层交叉

管管径约 800mm，最下层交叉管管径约 1100mm。导管架底部设置四个灌浆连接腿柱，吊装插入桩顶后，向环形空间灌注高强灌浆料，实现导管架主体结构与桩基础的连接。导管架承受波浪、海流荷载风机荷载及风机塔架传递的风荷载，并将荷载传递给 4 根垂直打入海底的钢管桩。根据现阶段地质资料以及结构计算成果，桩径 3.0m，桩中心距为 30m。

四桩导管架基础结构模型见图 2.2.2-1，四桩导管架基础方案布置见图 2.2.2-2。

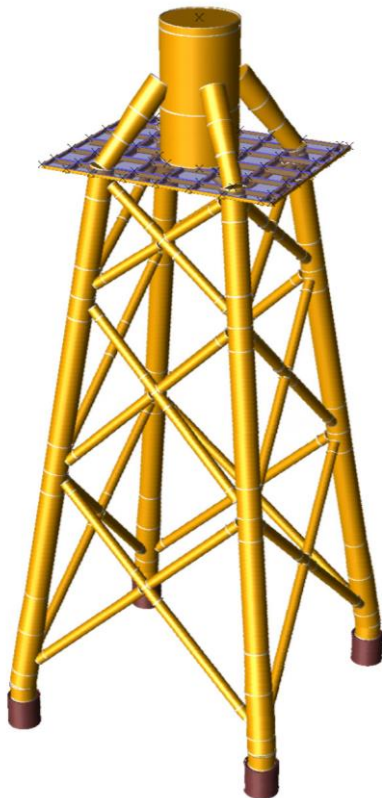


图 2.2.2-1 四桩导管架基础计算模型图

图 2.2.2-2 风机四桩导管架基础方案布置（略）

2.2.2.2 海上升压站

本次调整后，海上升压站的平面布置和结构尺寸未发生变化。

1、结构安全等级

海上升压站作为海上风力发电场的重要构筑物，其重要性等级高于一般风机基础结构。考虑建筑物的重要性和建筑物破坏后果的严重性，并考虑与本工程风机基础的设计标准相匹配，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。

2、海上升压站总体布置

从风电场集电线路角度考虑，海上升压站需布置在风电场中央以及靠近陆地地带，这样整个场区集电线路长度最短、线损最小。因此，本阶段考虑海上升压站布置在整个风电场中部靠北的海域。

海上升压站采用整体式布置，包括上部结构和下部结构。下部结构采用导管架型式，并设置了 4 根钢管桩；上部结构拟整体安装，即整个升压站包括其内部的电气设备在陆上建造、组装后整体运输和安装。

海上升压站一层布置油罐间、临时休息室、楼梯，靠近甲板边缘处布置有救生设备。二层布置主变室、GIS 室、配电室、蓄电池室、备品备件间、消防设备间、楼梯。三层布置柴油机房、二次设备间、通风机房、电抗器及柴油机升压变室、楼梯。底层平台下部设登船小平台，登船平台与底层平台通过 45° 钢梯联系，登船平台与靠船橡胶护舷立柱连接，通过直梯登船。海上升压站总体结构模型见下图。

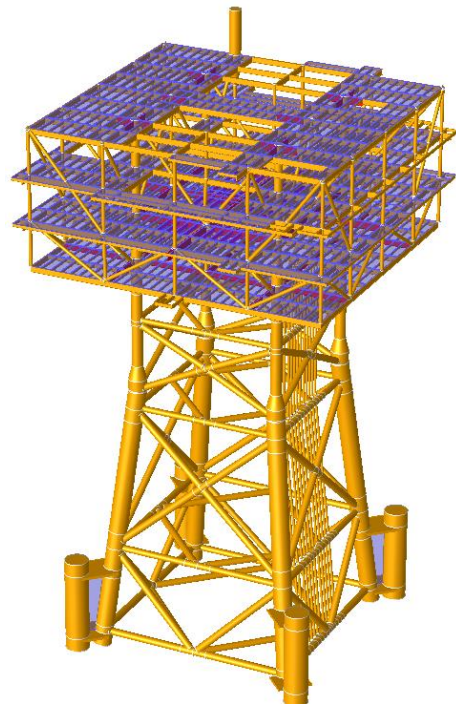


图 2.2.2-3 海上升压站总体结构模型

3、高程设计

H_{max} 约 20.79m；海上升压站平台底计算得到高程为 19.07m，考虑 1.1m 的

底层甲板结构高度后，确定海上升压站平台底层甲板梁顶高程为 20.17m。

本工程场址范围内水深变化较大，且缺乏长期的实测海洋水文资料，水文参数具有一定程度的不确定性，根据以往经验并综合考虑潮位、波浪、基础沉降、施工等因素，本工程海上升压站底层甲板梁顶高程定为 21.00m。

4、上部组块布置

海上升压站上部组块采用三层布置，平面尺寸约为 39m×42m（不包含局部外挑吊装平台），顶层标高约 35m（不包括吊机），最高点距海平面约 37.5m 以上。上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成。上部结构设计剖面见图 2.2.2-4，各层平台的结构见图 2.2.2-5~图 2.2.2-8。

一层甲板：平台长 42m，宽 39m，在宽度上增加登船梯等外挑平台两侧各 2.6m，实际尺寸 42m×44.2m；

二层和三层甲板：平台长 42m，宽 39m，在长度和宽度上增加外围走廊平台各 1.5m，在宽度上增加登船梯两侧各 1.1m，实际尺寸 45 m×44.2 m；

顶层甲板：平台长 42m，宽 39m，在宽度上增加登船梯、吊机等外挑平台两侧各 2.6m，实际尺寸 42m×44.2m。

图 2.2.2-4 海上升压站上部结构设计剖面示意图（略）

图 2.2.2-5 海上升压站上部结构一层甲板示意图（略）

图 2.2.2-6 海上升压站上部结构二层甲板示意图（略）

图 2.2.2-7 海上升压站上部结构三层甲板示意图（略）

图 2.2.2-8 海上升压站上部结构顶层甲板示意图（略）

5、下部基础布置

导管架采用 4 桩导管架型式，导管架 4 个面的斜度约为 [REDACTED]

[REDACTED]。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、登船平台以及牺牲阳极等。

钢管桩采用 $\phi 2400$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根， [REDACTED]

以粉质粘土层为桩基持力层。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。

在海上升压站两侧沿导管架分别布置 [REDACTED] 的 66kV 海缆保护 J 型套管和 [REDACTED] 的 220kV 海缆保护 J 型套管。66kV 海缆和 220kV 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。待钢管桩沉桩到位之后，导管架与钢管桩采用水下灌浆方式连接。海上升压站导管架方案图设计见图 2.2.2-9。

6、其它布置

其它布置主要包括逃生和安全疏散系统布置、检修维护系统布置、靠船件布置等。

图 2.2.2-9 海上升压站导管架方案示意图（略）

2.2.2.3 220kV 海底电缆

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆和海上升压站与陆上集控中心之间的 220kV 海底电缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，登陆部分为海涂和浅滩，推荐的海缆敷设方式为埋设方式。

220kV 海底电缆暂推荐采用两回三芯 [REDACTED]。根据设计单位提供的信息，该海缆结构的型式见下图，具体的海缆信息需根据实际海缆招标情况确定。

图 2.2.2-10 三芯 127/220kV 海底电缆结构主要技术参数（供参考）（略）

图 2.2.2-11 三芯 127/220kV 海底电缆结构剖面图（供参考）（略）

2.2.2.4 风机间集电线路

为适应大功率风机的发展要求，本次调整后风机间集电线路由原 35kV 海缆变为 66kV 海缆。66kV 海底电缆初拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆，电缆截面从 $3 \times (70 \sim 300) \text{ mm}^2$ 不等。同时考虑便于采购，电缆截面不宜过多。

根据 2.2.1 节的分析，本项目集电线路一回路主要连接风机数为 5 台。根据业主提供的信息，该海缆结构的型式见下图，具体的海缆信息需根据实际海缆招标确定。

表 2.2.2-1 三芯 66kV 海底电缆主要技术参数（供参考）（略）

图 2.2.2-12 三芯 66kV 海底电缆结构剖面图（供参考）（略）

2.2.3 主要配套工程

2.2.3.1 陆上集控中心

本工程集控中心与靖海、神泉一期风电场集控中心进行合建。合建集控中心站址位于前詹电厂规划场址内部永久宿舍区处，对集控中心总体规划影响不大。站址周边地势较平坦。

2.2.3.2 电气

1、电气一次

（1）风机配套升压设备

每套风电机组配套设置一套升压设备；升压设备包括高压电气元件，升压变压器，低压电气元件；升压设备宜布置在塔筒内部的设备平台上。升压变压器选用体积紧凑，耐湿度、耐盐雾的干式变压器或环保型高燃点绝缘油变压器；高压侧选用 SF6 绝缘断路器柜体。

(2) 集电线路电压

集电线路采用海底电缆，结合站址内风机及升压站的布置，集电线路电压可采用 66kV。

(3) 集电线路的布置

集电线路采用 66kV 三芯海底电缆，水平段电缆埋设在海底沙层 2~3 米深处，采用机械敷设。

(4) 主变压器

建设一座 220kV 海上升压站，设置在场址靠中间位置，布置 2 台 $240 \pm 8 \times 1.25\% / 66\text{kV}$ 主变压器，220kV 侧采用线变组接线，66kV 侧采用单母分段接线。

(5) 220kV 配电装置接线

海上升压站 220kV 配电装置共 2 回进线，2 回出线，从灵活简洁的角度考虑，推荐采用“2 进 2 出”单母线接线。

2、电气二次

本工程拟设置陆上集控中心和海上升压站，陆上集控中心按照“有人值班”的运行方式设计，海上升压站按照“无人值班、无人值守”的运行方式设计。

陆上集控中心布置有计算机监控系统操作员站，风电机组监控系统主机、海上升压站计算机监控系统主机/操作员站、视频监视系统服务器、火灾自动报警控制柜、海事监视管理系统等电气二次主要设备。海上升压站设置升压站主设备状态监测设备、视频安防监控系统、火灾报警系统等电气二次主要设备。

2.2.3.3 消防设计

1) 贯彻“预防为主，防消结合”的原则，坚决执行国家有关消防设计规程、规范，针对工程的具体情况，积极采用先进的防火技术和措施，做到保障安全，使用方便，经济合理，以保障人员的安全疏散和安全生产。

2) 对重要的建筑物及设备，设计安装火灾监测自动报警装置。对容易发生火灾的部位除上述措施外，还考虑分隔、封堵等阻燃措施，防止火灾向邻近蔓延。

3) 本工程消防设计只考虑站区的各类火灾的防止和扑灭，立足自救，海上升压站站内同一时间按一次火灾考虑。

4) 海上升压站设置水消防系统，消防设施根据不同的保护对象分别采用气体

灭火系统、细水雾灭火系统、水喷雾灭火系统、移动式灭火器等。

5) 陆上集控中心新建一套独立的消防给水系统。

6) 风机内安装预防性的自动消防系统，保障风力机组的可靠运行。风力发电机组防火系统包括火灾报警系统、灭火系统、灭火器等。主要保护场所是机舱、塔筒、轮毂，其中机舱的火灾危险性最高，是重点保护对象。本工程将机舱作为一个完整的防火分区，电气控制柜作为单独的防火单元。

2.2.3.4 给排水设计

(1) 给水

海上升压站按无人值守设计，平台生活用水采用船运淡水方案，供检修人员日常生活用水。给水系统按生活给水、消防给水、回用给水系统分开设置。正常情况下，船舶通过自带的加压泵，将淡水输送至平台顶层的高位生活水箱，通过给水管道自流至各用水点，生活水箱容积按 4~5 日考虑，取 6m^3 。为节约淡水资源，海上平台地面及厕所冲洗水拟采用雨水回用水。

(2) 排水

海上升压站排水系统分为生活排水和雨水排水两种。雨水排水系统主要为排除海上升压站的天面雨水。

海上升压站生活污水主要包括厕所排出物和其他废弃物。由于海上升压站为无人值守平台，正常情况下无生活污水的产生，只有当检修设备时才有维护人员登上平台，但由于检修时间较短，且根据《海上生产设施防污染法定检验指南》（中国船级社 2014 年版）要求，无人海上生产设施可以不设生活污水处理装置。因此本海上平台设置一个生活污水收集罐，用于储存生活污水，容积根据海上生产设施营运情况、工作人数和工作持续时间，存放全部生活污水计算最终确定，生活污水定期通过船舶运回陆地进行处理。

海上升压站含油废水来源于主变压器的事事故排油，其排水性质呈周期性、间断性。主变压器事故排油时，通过排油管道排至事故集油罐，废油由船舶定期抽走外运。休息间内的含油污水经小型隔油器分离后排入生活污水排水管网。集油罐容积根据变压器最大一次事故排油量的工况进行选取，同时预留 20% 的余量。

2.2.3.5 运维码头

根据现阶段设计资料，本风电场规划在揭阳港前詹作业区通用码头西侧附近建设一座运维码头，码头单独建设，不在本风电场项目考虑。

2.2.3.6 灌浆连接设计

本工程风机基础腿柱和钢管桩之间以及海上升压站导管架套筒与钢管桩之间采用灌浆连接。灌浆料可采用高强无收缩水泥基灌浆料，同时在导管架及钢管桩之间设置剪力键，以增强灌浆材料与导管架、钢管桩之间的连接性能。

灌浆连接段长度统一为 6 米。导管架底部设置四个灌浆连接腿柱，吊装插入桩顶后，向环形空间灌注高强灌浆料，实现导管架主体结构与桩基础的连接。风机四桩导管架钢管桩直径为 3m，插入灌浆段的导管架腿柱外表面和钢管桩内表面设置剪切键，带有剪切键的灌浆连接段大样如图 2.2.3-1 所示。

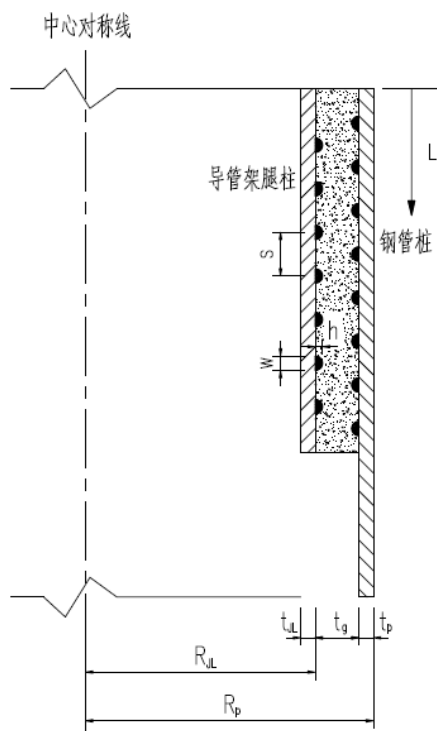


图 2.2.3-1 灌浆连接段大样示意图

2.2.3.6 其它设计

1、基础防腐设计

本工程风机基础及海上升压站基础的涂层防腐蚀设计按 27 年考虑。风机基础及海上升压站结构在防腐蚀设计中根据水位、波浪条件，可分为大气区、浪溅区、水位变动区、水下区、泥下区，不同部位采用不同的防腐蚀设计。大气区的

防腐蚀一般采用涂层或金属喷涂层保护；浪溅区和水位变动区的防腐蚀一般采用重防腐涂层或金属热喷涂层加封闭涂层保护；水下区的防腐蚀一般采用阴极保护和涂层联合保护或单独采用阴极保护；泥下区的防腐蚀一般采用阴极保护。此外，采用预留腐蚀裕量的方法进行联合防腐保护。

根据《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS 153-3-2007）进行计算（DNV-OS-J101 中无联合防护腐蚀速率规定），综合分析确定各区域的单面腐蚀裕量为：大气区的钢结构单面腐蚀裕量为 1.00mm，浪溅区（包含了水位变动区）为 5.00mm，水下区和泥下区为 1.5mm。若 27 年后风机基础还需运行，需对其更换牺牲阳极块，并对重防腐涂层加强维护或补涂新的防腐涂层。

在风场运营期间，对海上风电场钢结构的腐蚀状况及防腐蚀效果应定期进行巡视检查和定期检测。巡视检查周期宜为三个月，定期检测周期一般为 5 年。

2、防冲刷设计

海上风机基础常用的结构防冲刷处理方案有预留冲刷深度和采取防冲刷保护措施两种方法。其中，预留冲刷深度的办法可从结构设计方面解决冲刷造成的稳定、强度和变形的安全性影响，可靠性较高，本项目可行性研究报告暂时推荐采用预留冲刷深度的设计方法。

3、靠船和防撞设计

（1）运维船只和小型渔船靠船和防撞措施

海上风机基础主要针对运维船只及可能的小型渔船进行防撞分析与设计，包括运维船只的正常操作靠泊和事故碰撞；对于比最大允许运维船舶更大的船舶的罕见巨大偶然碰撞，风机基础结构设计时并未考虑，一般通过采取相应的防撞安全措施，避免此类船舶撞击事故的发生。

（2）大中型非运维船只的防撞措施

针对工程水域通航环境的特性，应对该水域安全状态实施全天候监控，工程配设远程控制的 CCTV 系统等；与航标部门联系，在工程海域布设助航、警示标志，如设置航标、雷达应答器等助航标志和“保持 1000 米安全距离”、“禁止攀爬”等警示标志。

综合立体监视风电场周边海面来往船只，实时分析船只与升压站、风机的位置关系，实时监控显示和预判船只动态；必要时与船只通话警告驱逐，达到提早预警示警目的；全天候海面视频监控，便于事故中肇事船只取证。

4、空中导航标志

距离场址最近的机场为位于揭阳市揭东县的潮汕国际机场。潮汕国际机场是广东省第三大干线机场，获批国家一类航空口岸，并实现对台直航。对于风电机组，应按下列原则装设空中导航标志：

- 1) 在风电机组机舱顶部设置中光强障碍标志灯，应为红色玻璃灯罩，可采用 LED 光源；考虑障碍灯的同步闪烁，以达到明显的警示作用。
- 2) 在风电机组叶片的叶尖部位涂红白相间的反光漆。
- 3) 标志灯供电电源类型，属保安类，宜由塔筒内部不间断电源供电，电缆采用铜芯塑料绝缘铠装电缆。标志灯回路，不允许“T”接其他用电负荷。
- 4) 标志灯的控制，宜采用光电自动控制。光电自动控制箱和自动换泡装置以及闪光装置构成全自动航空障碍灯装置。

5、监测设计

本工程风机基础监测设计的主要内容包括：基础不均匀沉降监测、支撑结构应力应变监测、支撑结构变形监测、海上风机整体结构系统振动监测、海上风机防腐蚀监测、海上风机冲刷监测等。每台基础均需进行不均匀沉降观测，其他监测内容选取 7 台基础进行监测。

2.3 项目主要施工工艺与方法

2.3.1 总体施工方案

本次调整后，项目主要施工工艺与方法与调整前的方案保持一致。本工程施工的主要项目有基础施工、风机机组及海上升压站安装、66kV 场内海缆敷设、220kV 送出海缆敷设、大型钢结构制作等。现结合工程条件及特点，针对海上风电场的主要施工项目的施工方案进行介绍说明。

本阶段项目初步选用四桩导管架基础，桩基础施工方案见图 2.3.1-1，后续以推荐基础形式叙述，其施工总工艺流程见图 2.3.1-2。

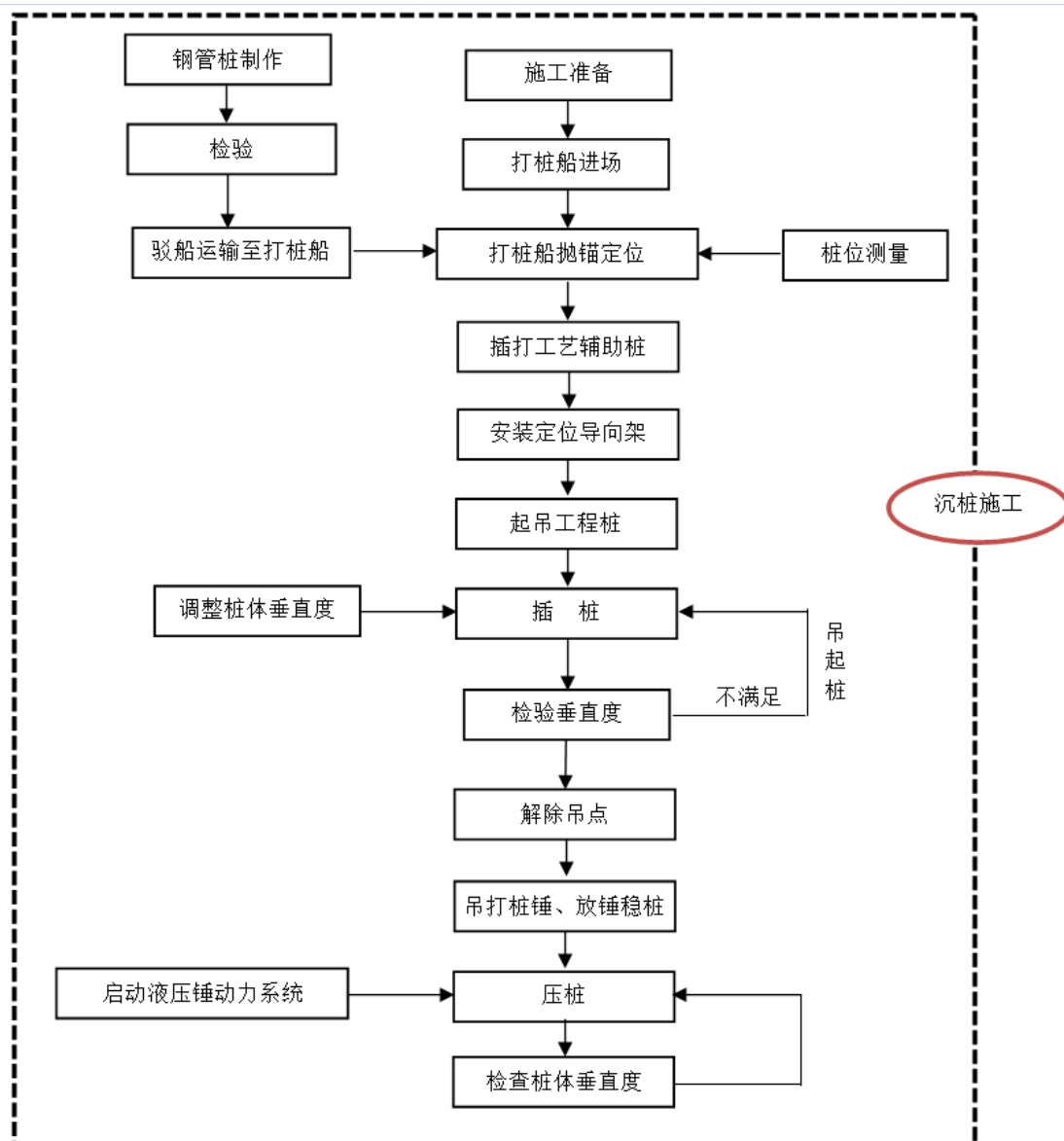


图 2.3.1-1 桩基础施工流程

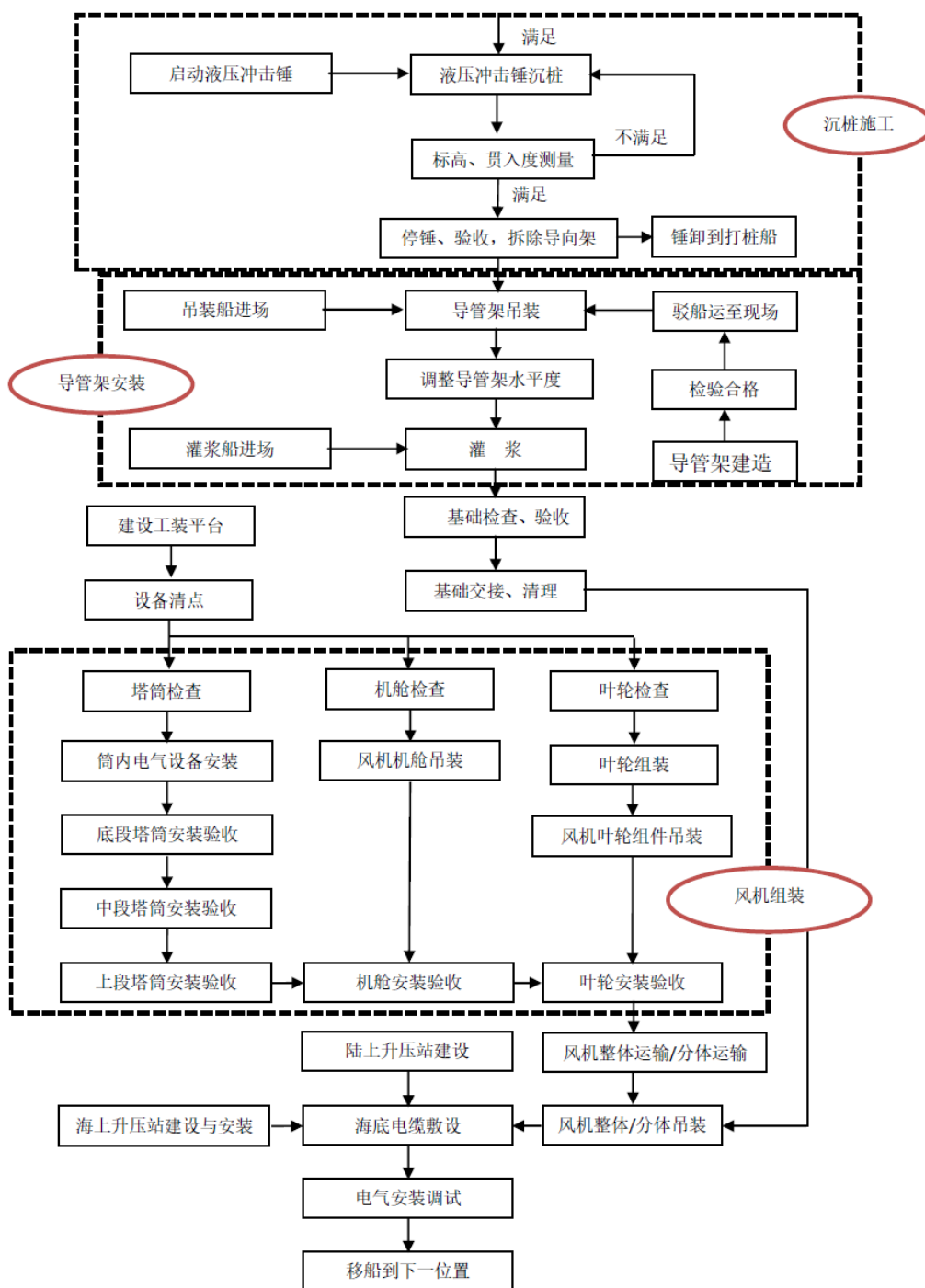


图 2.3.1-2 施工工艺总流程图

2.3.2 施工布置

本项目包括海上施工部分及陆上施工部分，施工现场覆盖范围较广，周边条件复杂。结合工程条件及施工条件，本工程施工期间规划 2 个施工基地及 4 大施工作业区。2 个施工基地分别是施工主基地和施工辅助基地；4 大施工作业区分

别是海上风电场施工区、220kV 送出海缆施工区、陆上升压站施工区、钢结构加工制作区。

2.3.3 施工条件

2.3.3.1 材料供应条件

本工程项目所需的物资材料主要为水泥、钢材、油料、等，揭阳市的上述建筑材料的建材市场均具有较大规模，供应条件非常好，为本工程的施工提供了非常便利的条件。

2.3.3.2 施工交通运输

海上风电场施工交通规划分为两大部分内容：对外交通运输规划布置与场内交通规划布置。结合本工程实际情况，以施工主基地码头或港口作为场内外交通运输的分界点，施工期内的外来物资至港口或直接到达施工区的交通运输称为场外交通运输，港口风电场工程施工基地、现场以及现场内部各工区、生产生活区之间的交通称为场内交通运输。

本工程场外交通运输主要通过海路与陆上交通系统连接，陆路交通主要依靠公路为主，陆路物资及设备拟全部运至惠来周边港口或中转货运码头基地，然后通过海运运至施工现场。通过海路运输的物资及设备全部运至施工主基地临时存放或施工现场，大件设备的接卸主要利用码头吊机或起重船。

本工程场内交通运输的主要有风机基础构件、海上风机主要部件或整机、各种施工设备、零星材料及构配件从施工主基地到风场内各个施工点的运输。运输工具主要为各类运输船、施工专用船舶等，接卸设备主要为码头吊机、船舶自带起重设备或专用起重船等。

2.3.3.3 施工水电、通讯供应条件

工程施工期间规划 2 个施工基地及 4 大施工作业区。施工主基地位于前詹电厂规划用地，水电供应条件便利。可以直接接入附近的前詹电厂规划基地；或者在基地内设置配电房一座。施工辅助基地的施工期用水可从现有供水管网接驳，用电可考虑从神泉镇 380V 供电电网接入。

海上风场施工区的施工用水主要依靠供水船进行供给,施工用电主要依靠工程船舶的自发电或配备的移动式柴油发电机解决。

220kV 送出海缆施工区内的施工项目主要为海缆敷设施工项目。施工可以利用海水辅助海缆敷设,施工用电主要依靠海缆敷设船的自备发电机供应。

本工程的施工通讯方式主要为有线通讯及无线通讯两种。施工基地全部接入有线互连网络、闭路电视。各施工区内部主要采用对讲机进行通讯,不同施工区之间的通讯主要依靠移动电话。鉴于海上施工区网络通信信号较弱,建议利用本工程前期测风塔平台设立基站,加强海上施工区的通信质量。

2.3.4 风机主要施工工艺和方法

2.3.4.1 施工准备工作

施工准备工作主要包括钢结构加工及制作、导管架制造、钢结构防腐、导管架及钢管桩运输、测量工程等。

导管架场外运输利用 5000t 驳船进行,每次装载 2 台,通过拖轮拖带,将装有导管架的驳船运送至风电场安装或施工主基地临时存放;钢管桩拟采用 3000t 以上运输货船运输,每次运输 8 根或更多钢管桩至风电场,至少供 2 台风机基础施工使用;拟在风电场内设置测量 GPS 基站,覆盖到整个施工区域。测量仪器主要采用高精度的 GPS 测量仪器,全站仪、经纬仪、水准仪及激光扫平仪器为辅助测量仪器。本工程实施初期,可在风电场内的测风塔平台上设置 GPS 测量基站平台,并在平台上设置供电系统。

2.3.4.2 常规沉桩施工

沉桩施工为海上工程施工项目一个非常重要的施工项目,国内的施工设备较多,施工工艺已经非常成熟。但是,导管架基础对基础沉桩的精度要求相对较高,为了确保沉桩施工精度,需要首先施打工艺辅助桩搭建导向架平台,然后插桩并利用打桩锤进行施工。

1、常规沉桩施工工艺

国内典型的常规沉桩施工工艺如下:

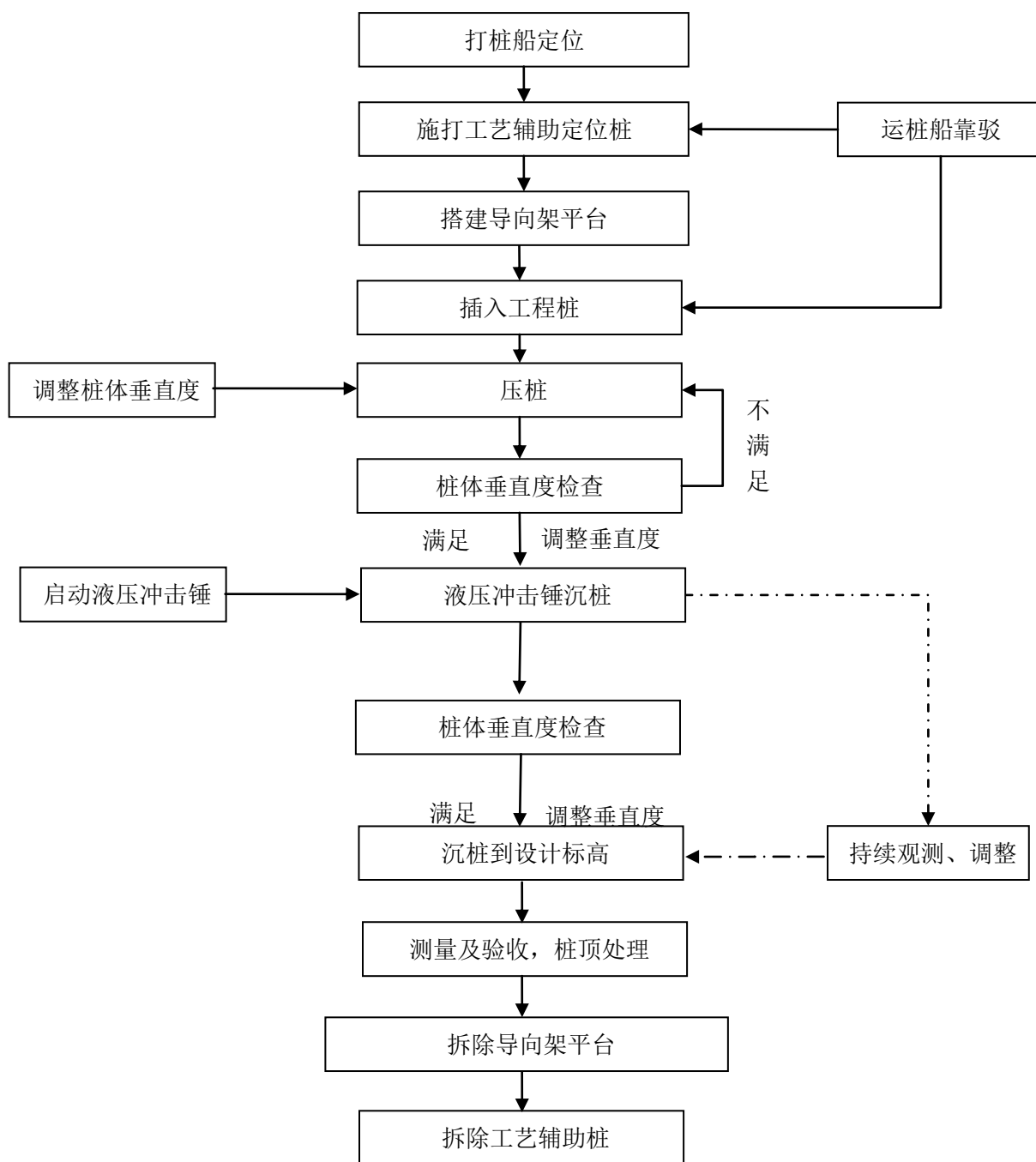


图 2.3.4-1 常规钢管桩沉桩施工工艺图

2、作业船抛锚、定位和安装导向架

本工序需要在外海施工，打桩船抛锚采用八字形式，在抛锚位置处挂浮筒。沉桩施工采用设置工艺辅助桩及导向架的方式来保证钢管桩沉桩的质量控制，通过打设工艺辅助桩保证导向架的稳定，在工艺导向架上设置四个 GPS 控制点及两台测倾仪，并通过设置在定位导向架上的液压调平装置进行工艺定位架的调平来保证四根钢管桩的桩位平面位置及垂直度。

每台基础沉桩施工设置 4 根工艺辅助桩，工艺辅助桩布置在导管架每边的

中心，形成一个对角线长 26m，边长 18.38m 的正方形。辅助桩直径为 1.2m，钢管桩壁厚为 16mm，周转使用。

工艺辅助桩顶部设置整体式工艺定位架，工艺定位架高 5m，边长为 26m，重量约 150t，顶标高+4m，采用型钢与四个定位桩套筒制作，桩套筒内径比设计钢管桩直径大 15cm，工艺定位导向架布置如下图所示。



图 2.3.4-2 工艺定位架示意图

3、沉桩

钢管桩沉桩分为三个阶段：

第一阶段插入工程桩，起重船使用专用的吊桩设备起吊钢管桩，吊入至工艺定位架的桩位固定位置，测量桩的垂直度，下桩并准确定位，完成植桩；

第二阶段采用起重船吊液压冲击锤，将钢管桩锤击至设计标高，过程中持续观测和调整桩的垂直度；

第三阶段采用起重船吊离液压锤，吊除定位导向，拆除工艺辅助桩。

沉桩过程中，通过定位导向架的作用控制桩的相对位置和垂直度，并随时监控桩的垂直度，直至沉桩完成。

4、钢管桩顶部预处理

本工程地质条件较复杂，且桩顶标高偏差需控制在 50 mm 内，可能会出现部分高桩，因此钢管桩要在安装基础钢结构标高位置进行切割处理。

5、测量、验收

分别精确测量 4 根桩的桩顶高程、2 个方向的倾斜度、桩中心位置的相对距离及偏差等，填写验收表格并绘制成果图。

2.3.4.3 四桩导管架基础施工

四桩导管架是一种正四边形的钢结构棱台体，整个由不同规格型号钢管构成整个桁架结构，整个四桩导管架结构主要分上部导管架、基础工程桩两部分，基础工程桩呈正四边形分布在海床之上，顶位于海平面以下，导管架通过底部的四根桩腿与基础工程桩相连，然后通过接缝灌浆的形式连成整体。

1、导管架施工流程

风机基础施工时，利用工艺钢管桩定位导向钢桁架，辅助工程钢管桩沉桩，沉桩完成后对桩顶进行处理、数据测量及验收，确保基础桩施工合格后，进行导管架吊装、安装并进行灌浆施工，其主要施工工艺如下：

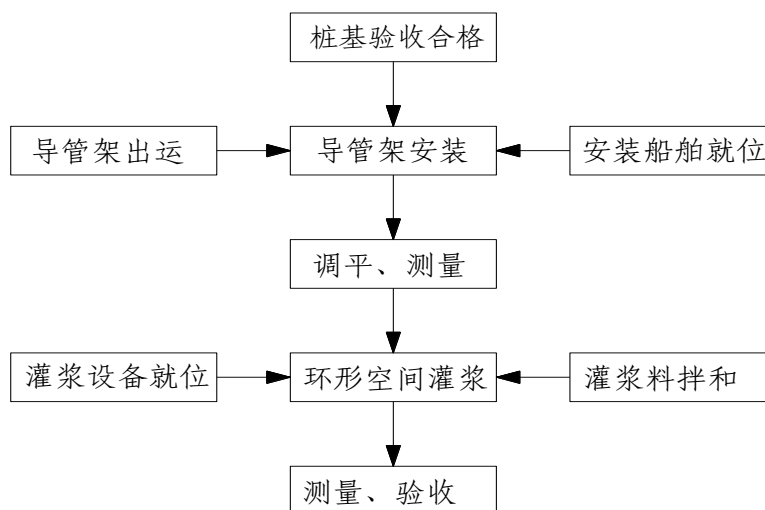


图 2.3.4-3 四桩导管架施工工艺流程图

2、导管架施工步骤

(1) 导管架海上吊装及调平施工

1200t 起重船、导管架运输船分别抛锚就位 → 竖直起吊连接段，运输船起锚驶出，工作船驶入、锚泊就位 → 工作船安装监控仪，1200t 起重船下放连接段 → 通过监控及工作船上揽风控制连接段位置，将导管架钢筒体插入钢管桩 → 验收合格后，对导管架进行初步固定，完成导管架吊装。

(2) 灌浆施工

导管架吊装完成后，灌浆工作船立即驶入锚定 → 利用预留注浆管道，向灌浆段腔体底部压注清水，冲洗灌浆腔体 → 连接注浆管，向底部灌注高强灌浆材 → 通过水下视频监控，当导管架上灌浆溢流孔有浓浆溢出，即可完成灌浆 → 灌浆材料强度达标后，方可进入下一工序。

3、主要施工船机设备

根据前述施工工艺及施工步骤，基础施工所需的船机设备见下表：

表 2.3.4-1 导管架基础施工主要船机配置表（略）

2.3.4.3 风电机组安装

本工程共安装 50 台风力发电机组，按照海上风机安装工艺不同，海上风机机组设备安装主要可为整体吊装方式和分体吊装方式两种。本项目可行性研究报告推荐分体吊装方式，现介绍如下：

1、风机分体安装方案

海上分体吊装方案是将风电机组各组件各自完成自身的预组装后，运至风场机位，在现场依次进行塔筒、机舱、轮毂与叶片组合件的安装。采用液压升降系统支腿顶升的自升式平台船是为了避免船只受涌浪的影响，达到稳定的作业工况，实现静对静吊装作业的目的，该方法受风浪、潮汐影响小，吊装定位精确，但对海床地质要求较高。

2、风机分体安装主要设备

按照风机分体式吊装方案，若考虑一个工作面进行风机分体安装，则施工需投入的主要设备如下：

表 2.3.4-2 拟配备的主要施工船机设备表（略）

风机分体安装施工流程如下：

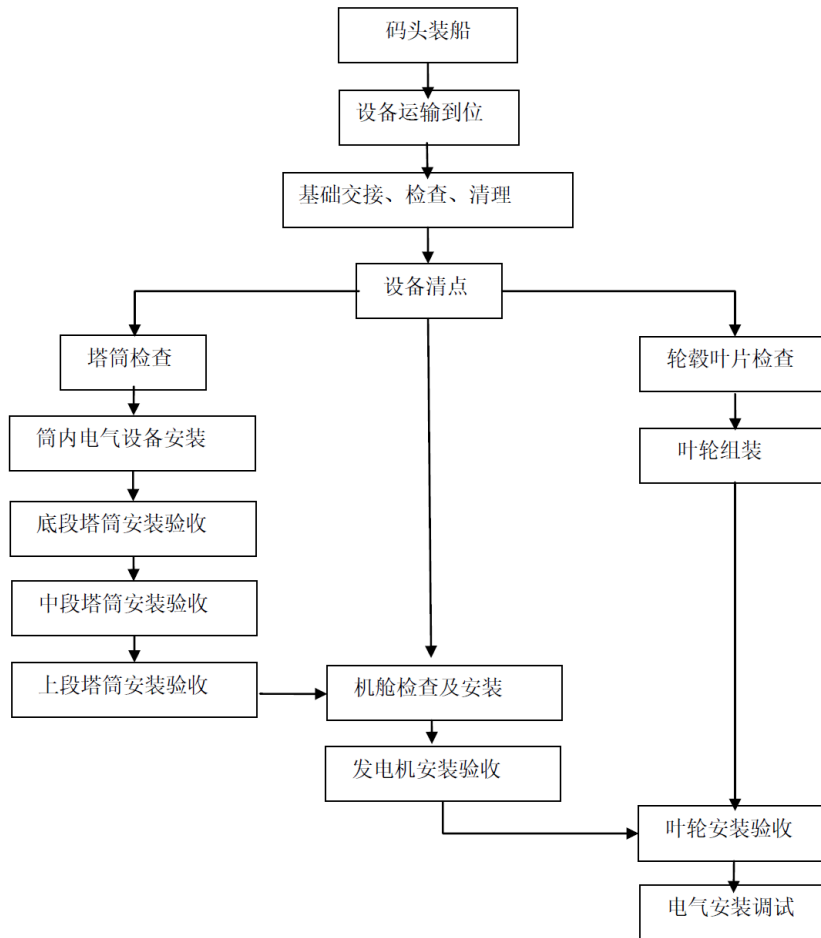


图 2.3.4-4 风机分体吊装安装施工工艺流程图

2.3.5 海上升压站主要施工工艺和方法

海上升压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、海上升压站桩基础导管架施工

海上升压站桩基础导管架施工流程如下:

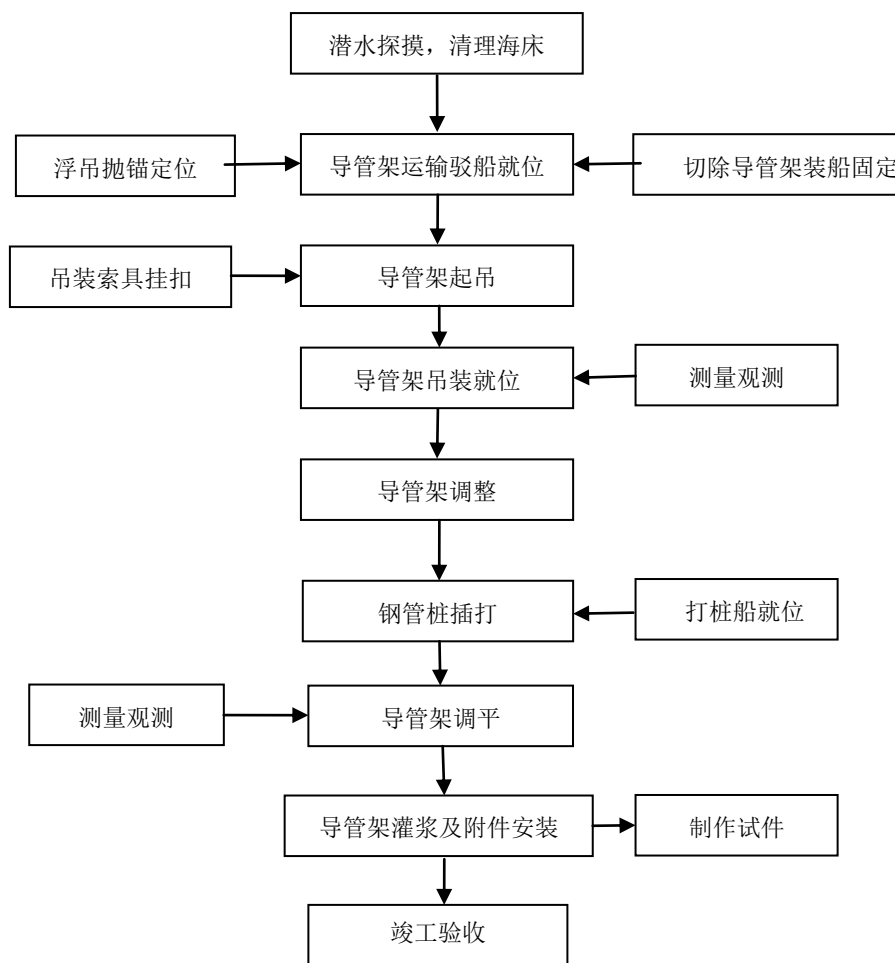


图 2.3.5-1 升压站桩基础导管架施工流程图

2、海上升压站上部结构整体安装

海上升压站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。

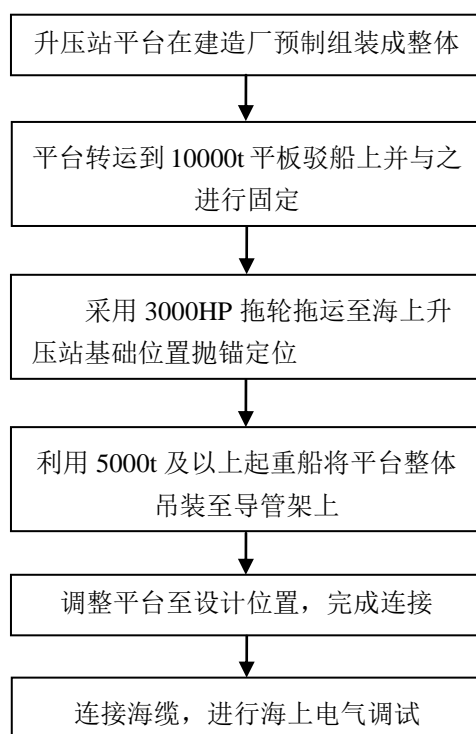


图 2.3.5-2 升压站平台整体安装流程图

3、220kV 海上升压站主要施工设备配置表

220kV 海上升压站主要施工设备配置见下表。

表 2.3.5-1 220kV 海上升压站主要施工设备配置表（略）

2.3.6 海缆敷设施工

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆；海上升压站与陆上升压站之间的 220kV 海底电缆。根据水深要求，本场地采用深埋方式。

工程场址海域海床表层基本为淤泥质土，根据锚重与投入表层深度的关系，电缆敷设深度应不小于泥面以下 2m，铺缆正常海况条件为六级以下风力，海上正常条件下的敷设速度为（6~8）m/min。

2.3.6.1 海底电缆敷设施工工艺

海缆深埋敷设施工可以分为施工准备、海缆敷设、后续保护和电缆试验 4

个主要阶段。本报告按照三芯 220kV 海缆敷设施工为主要研究对象进行施工方案设计，其施工难度更大。66kV 海缆是对风机与风机、风机与海上升压站进行连接，因此不包括始登陆段施工，其敷设工主要包括施工前准备、电缆始端登陆、中间海域施工、电缆终端登陆共 4 个方面，其主要工艺与 220kV 海缆施工相同。常规海缆敷设主要施工工艺如下：

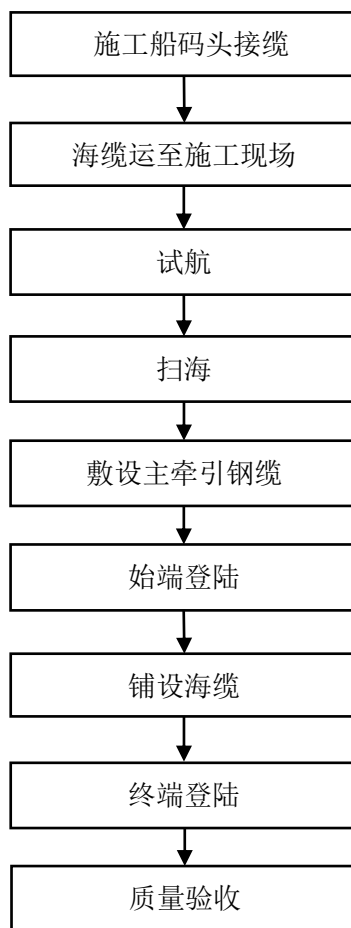


图 2.3.6-1 海缆敷设施工工艺

2.3.6.2 海底电缆敷设施工过程

由于船舶有吃水深度，一般不能直接到达陆地登陆点，根据海缆施工的过程，所以海缆敷设过程可分为扫海作业、始端登陆、中间段敷埋、终端登陆。

1、扫海作业

扫海作业是在主铺设操作开始以前，由施工船尾拖专业扫海锚具，沿设计埋设路由按一定的速度，清除路由埋设段的海床表层废物和障碍物，以保证埋设作业的顺利进行。

扫海作业时在海底只在路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海，摸清、扫除

路由上有碍埋设作业的所有障碍物。扫海使用 50kg 五齿锚，用锚链连接钢丝绳，由施工船尾拖扫海锚具，沿设计埋设路由按一定的速度（不大于每小时 2km），清除路由要求埋设段上的海床表层的障碍物，以保证埋设作业的顺利进行。

在扫海操作开始以前，施工单位应完成路由上正在生产的渔网和渔具的清除工作，并维持施工期间路由的清洁。若所选路由与其他管线发生交越，施工船将在其他管线两侧各 500m 范围外回收和重新施放扫海锚具以保证其他管线的安全。在扫海过程中回收上来的垃圾将储存在施工船上，等施工船施工完毕，靠岸后再拉到岸上进行处理。根据建设单位提供资料，扫海产生的垃圾统一运往神泉港进行处理。

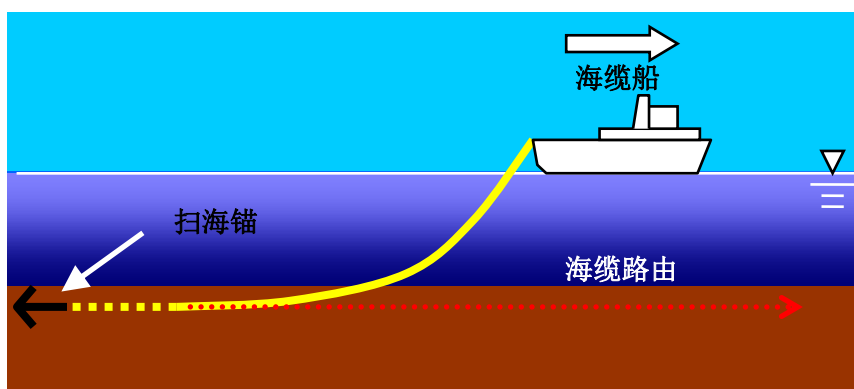


图 2.3.6-2 扫海清障示意图



图 2.3.6-3 扫海清障锚链示意图

2、海缆始端登陆

海缆始端登陆有多种方式，本项目可行性研究报告推荐采用定向钻登陆方式。

在登陆段禁止采用开挖等施工方式时可采用定向钻施工方式。主要工艺流程为：施工准备——导向孔施工——反拉扩孔、成孔——牵引管道——基坑开挖——砌检查井——回填——验收清场——施工结束。

①施工准备

在禁止开挖施工区域外各开挖一个工作坑和接收坑，在管道的起点设置工作坑，终点设置接收坑。定向钻施工布置示意如下图所示。

图 2.3.6-4 工作坑和接收坑布置示意图（略）

考虑到本项目海底电缆登陆时，一端位于海床上，一端位于陆地上，两点之间有一定的坡度，因此本项目登陆施工时只考虑在陆地上建设工作坑，海上接收坑使用海缆冲埋施工终点的电缆沟()，从陆上工作井往海床上的接收坑钻孔。

在施工过程中，钻孔内将会涌出大量的泥浆，为了观察孔内土质变化及保护施工环境，工作井内的泥浆必须及时抽出运走，施工过程中两侧工作井旁必须配备一台挖掘机及泥浆泵，进行泥浆清理，以保证回拖拉管工序连续进行。钻孔产生的钻屑和泥浆从陆上工作井排出后，装载于汽车上，运往前詹通用码头工程的场区用于场区平整。

陆上工作坑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 的陆域，出钻点暂定距登陆点 200m~400m，具体根据海缆乘潮近岸的最小距离确定。

由于本项目海底电缆勘察工作暂未完成，现阶段，无法确定工作井的开挖深度和定向钻的具体长度和路径。

②管材准备

管材采用 HDPE 平壁管，具有防腐性好、流体阻力小、化学性能稳定、柔韧性好等优点，施工时采用对接热熔接口，管径暂定为 50cm。

③施工测量

正确无误的测量是保证定向钻施工工艺完成的首要保证条件之一，各项测量误差必需在允许值以内。

④导向孔轨迹设计

导向孔轨迹由造斜直线段、曲线段、水平直线段组成。入土角不宜超过 15°，

出土角不宜超过 20°。

⑤钻孔施工

利用比钻杆外径略大的箭咀式小钻头打导向孔，钻杆从海床钻入，海上仪器接受由地下钻头内传感器发出的消息，控制钻头的方向和深度，钻成准确的定位导向孔。再利用导向孔，反向回扩，回扩时将设计孔径内的原状土搅碎。最后利用清孔设备清出孔道内泥土，形成安管的通道。扩孔搅碎原状土时要将孔内土搅拌成塑性泥浆，在清孔时借助于机具的挤压，在孔壁形成光滑的护壁泥皮，最终形成稳定光滑的安管通道。孔道成型后，利用拉力机将管节拖入孔道内，完成安装工作。

⑥海缆登陆施工

在高潮时将施工船锚泊于登陆点附近，用 DGPS 定位；在终端设置绞磨机；待电缆头牵引出施工船后，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，启动绞磨机牵引电缆，最终实现电缆从管材内穿越禁止开挖施工区域

考虑到本工程海底电缆登陆时穿越港寮湾砂质岸线，工程设计单位推荐采用定向钻的施工方式。

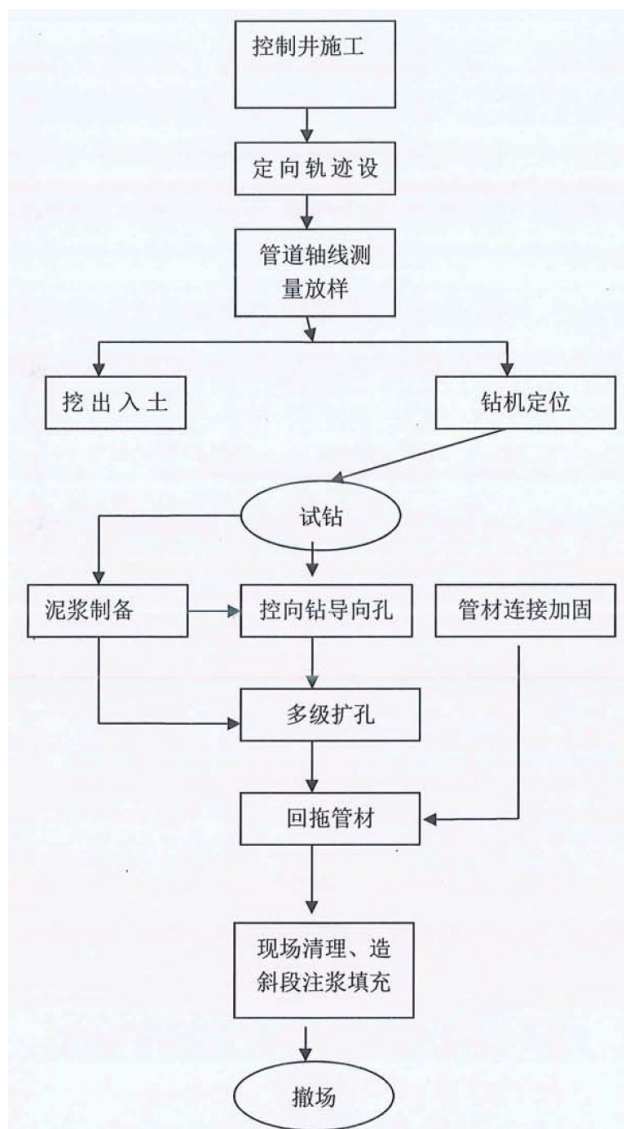


图 2.3.6-5 定向钻施工示意图

3、中间段敷埋

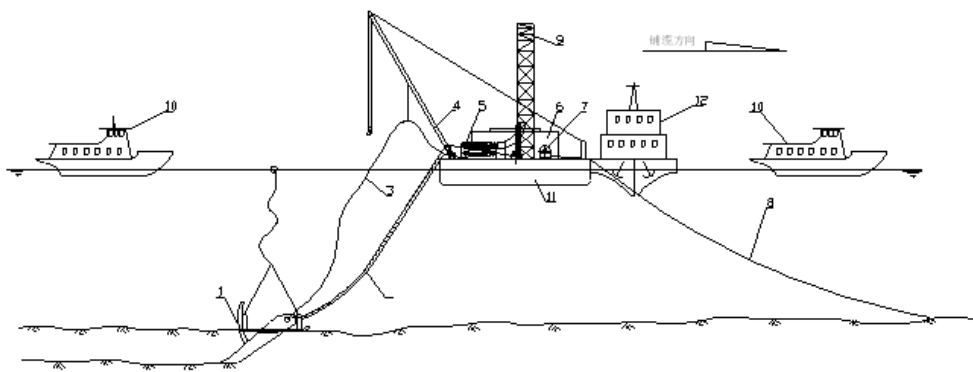
海缆中间段敷埋过程中，根据海缆敷设和深埋先后顺序，分为先敷后埋和敷埋同步 2 种方式。

(1) 先敷后埋方式

施工船舶根据设计路由，将海缆抛放在海床上面，再由潜水员或 ROV 利用水下设备对海床上的海缆进行深埋和后续保护操作。这种施工方式一般适用在地质较差的海底，或大型施工船舶无法进入的较浅海域。

(2) 敷埋同步方式

敷埋同步方式根据主施工船舶的前进动力不同，可分为翻锚作业敷设、慢绞牵引钢丝敷设和自航式敷设等方式。



1.水力喷射埋设机, 2.导缆架, 电缆及拖曳钢丝绳, 3.高压输水胶管, 4.压道把杆, 5.覆带布缆机, 计米器, 入水槽
 6.储缆圈, 7.牵引绞车, 8.牵引钢丝绳, 9.退扭架, 10.警戒船, 11.电缆敷埋施工船, 12.拖轮。

图 2.3.6-6 海缆敷设示意图

(3) 海缆交越施工

本工程海缆路由若与其它管线存在交越施工问题,在上述交越点施工时,应在交越点前后一定距离内停止敷埋作业,结合海缆交越点设计方案制定专业施工方案,并采取相应的安全措施后进行海缆交越点施工。本报告提供解决方案仅供参考,具体方案以与被交越管线权属方协商确定。

施工前应对交越点进行实测及经纬度坐标复核,并做好相应识别。当海缆敷埋至交越点前规定位置时,距离交越缆前后各 100 米停止敷埋作业。海缆敷设船“八字”开锚锚泊定位,抛锚位置须离开原有缆线距离 100 米以上,并开始回收提升水下埋设机,当埋设机出泥至一定高度后,绞锚向前移船,同时布缆机以相应速度布放电缆进行抛放敷设。待水下埋设机越过交越点 100 米后重新投放埋设机进行敷埋作业,在跨越布缆施工过程中,潜水员必须水下全程进行监护,确保海缆的安全,详见下图。

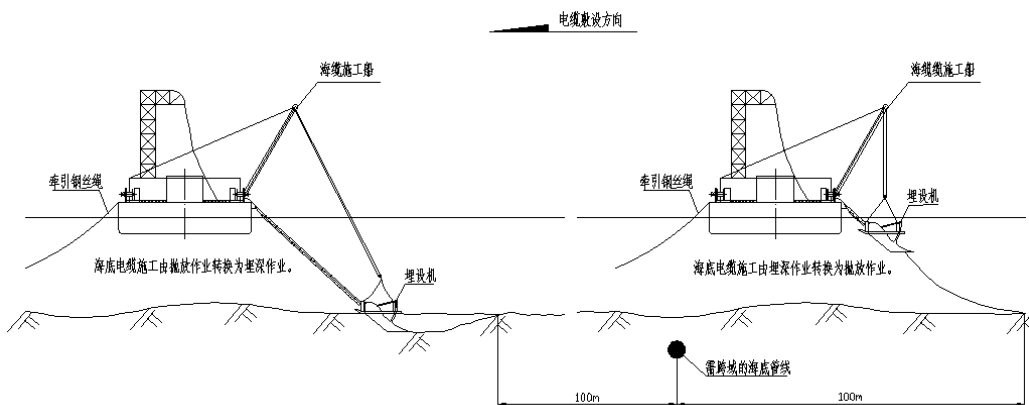


图 2.3.6-7 海缆跨越管线施工示意图

另外，为了避免后期敷设的海缆搁置在原有缆线上而产生悬荡，需要将原有缆线同时冲埋深才能确保新建海缆的埋设深度。

海缆抛放完毕后，施工船在交越点位置抛锚就位，抛锚时所有锚位均采用 DGPS 定位。采用潜水员水下空气吸泥冲沟的工艺对 40m 长度的交越段海缆埋设 2m 以下。

潜水员下水后，从提升埋设机的位置开始持高压水枪冲埋海缆，同时开启空压机进行吸泥，形成 2 米深的沟槽后海缆自然下沉至沟底；如在冲埋过程中遇到原有缆线，将交越点两侧各 15 米的原有缆线冲埋深 2~3m 后，再对新敷设海缆进行冲埋 2m 保护。为避免交越海缆之间因直接接触而产生电磁相互干扰，因此在交越点两缆线之间抛填 50cm 厚的水泥沙袋予以隔离，详见下图：

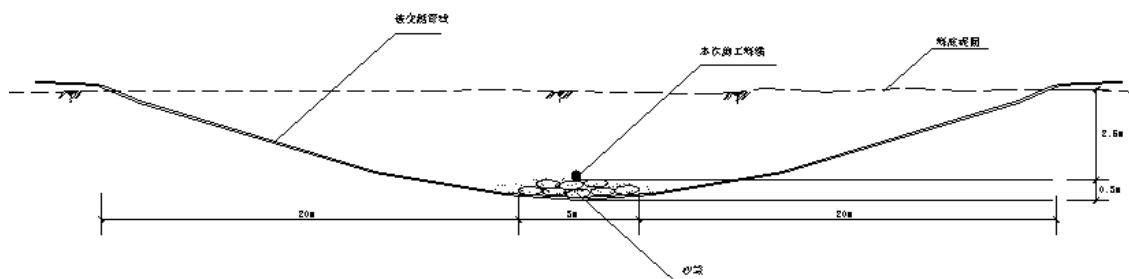


图 2.3.6-8 交越埋深保护示意图

4、终端登陆

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。

海底电缆在风机平台（或升压站）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。

5、主要电缆埋深设备

主要电缆埋深设备见下表。

表 2.3.6-1 主要电缆埋深设备（略）

2.3.6.3 海缆保护

海底电缆防护主要有两种方式：电缆自身外防护和电缆掩埋。本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆和海上升压站与陆上升压站之间的 220kV 海底电缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，登陆部分为海涂和浅滩，推荐的海缆敷设方式为直埋方式，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。

(3) 海缆敷设完成后，建议在海缆 J 型管出口处采取抛填碎石或水泥压块等措施进行海缆保护。

(4) 为保护交越段的原有光缆、电缆安全，需制定合理的交越保护方案。管道和电缆交越处的海床应与已铺管线单位协商确定，并采取详细的措施以避免管道和电缆铺设中对双方的铺设造成损害。

(5) 登陆段海缆是局部无法完成敷设的路径段，登陆段海缆由于环境及人为活动的影响，出现故障的可能性较高。为了提高登陆段海缆的安全性，海缆敷设后应按要求进行保护作业。比如终端至低潮水位线段的海缆保护，海缆沟槽采用两栖挖掘机及人工开挖结合的方式进行预先开挖，缆沟开挖深度大于 2 米，按照实际情况放坡，沟底填砂操平后将海缆敷设，并及时进行回填施工。海缆登陆段可采用球墨铸铁套管保护，陆上段，海缆敷设在预制混凝土槽内，再回填细沙，盖上盖板，深度取 1.0m。



图 2.3.6-9 水泥压块保护示意



图 2.3.6-10 弯曲限制器示意

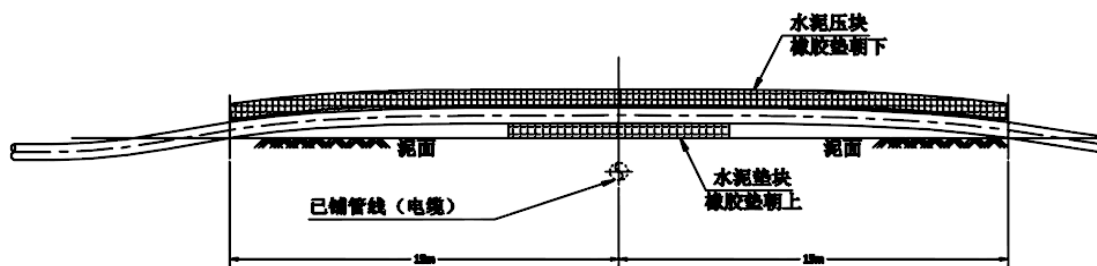


图 2.3.6-11 交越段电缆保护方案

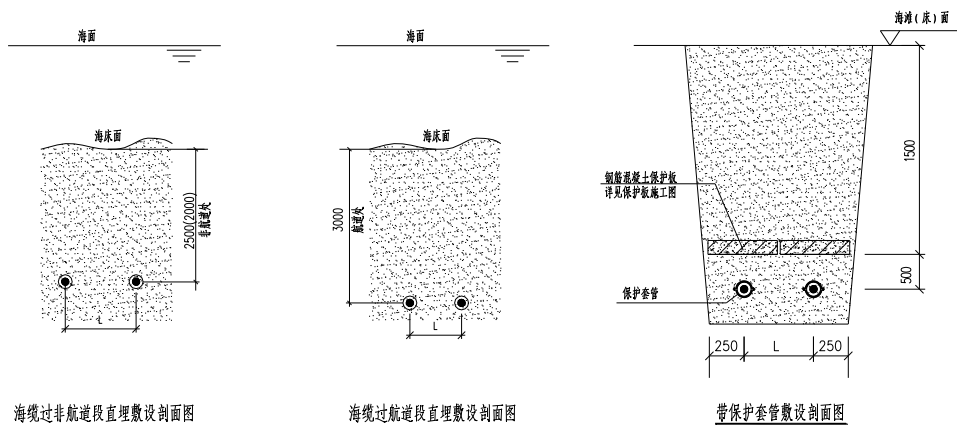


图 2.3.6-12 海缆保护示意图



图 2.3.6-13 海缆保护套管示意图

(6) 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，如抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施。

2.3.7 风电场运行退役后初步拆除和清理方案

风电场运行退役后拟进行拆除,拆除范围包括但不限于组成海上风电场的风力发电机组、塔架、基础、220kV 升压变电站以及其他相关设施、器材、配件、厂房及设备、原材料、全部改建设施等。拆除及清理拟由项目公司负责进行。

参考《海洋石油平台弃置管理暂行办法》(国家海洋局,2002年6月24日)第十二条的规定“废弃的平台妨碍海洋主导功能使用的必须全部拆除。在领海以内海域进行全部拆除的平台,其残留海底的桩腿等应当切割至海底表面4米以下。在领海以外残留的桩腿等设施,不得妨碍其它海洋主导功能的使用。”,本项目风机均位于领海,在风电场运行退役后,需拆除海面以上风机设备塔架等,风机基础拆除至海底表面4米以下。基本恢复本风电场建设前的海底地貌。风机拆除方案考虑采用整体拆除,由于风机拆除对船体稳定性要求不高,可采用起重船实施整体拆除。风机基础的拆除主要将钢管桩在水下切割。

根据《海洋工程环境影响评价技术导则(GB/T 19485-2014)》的要求,海洋工程(水工构筑物)和设施的废弃、拆除等需编制海洋工程环境影响报告书并报主管部门审批。因此,本工程风电场运行退役后初步拆除和清理方案需编制海洋工程环境影响报告并报主管部门审批后实施。

2.3.8 施工进度

工程准备期主要包括规划的施工基地建设、钢管桩加工制作、风电场场内扫海、施工供水、施工供电、施工通信等准备工程建设。工程准备工作完成以后,开展主体工程的施工,计划多个作业面同时进行打桩、风机安装等作业。本工程计划████████全容量并网,计划施工期████个月。项目建设主要节点计划如下:

各主要施工项目的进度目标见下表。

表 2.3.8-1 项目总体施工进度表(略)

2.3.9 工程运行

本工程管理设计按照“无人值班，少人值守”的原则设计，本工程管理机构设置根据海上风电场运行特点、管理形式和生产经营的需要，本着精干、统一、高效的原则，实行现代化企业管理。

考虑到风电场自动化程度很高，项目公司的人员编制定员按 \blacksquare 人计。项目公司负责海上风电场的运营管理；为充分利用社会资源，风电场的维护可委托相关专业单位进行。

风机维护分为日常维护、定期维护和特殊维护。日常维护包括检查、清理、调整及临时故障的排除。定期维护主要是恢复设备和系统功能，使设备处于良好的工作状态。特殊维护是由于特殊的情况引起。

计划维修工作主要包括更换齿轮油、轴承、转子等部位的润滑油，更换废旧的蓄电池、熔断器及制动片等。

2.3.10 土石方平衡

根据可行性研究报告，本工程共建设 50 台海上风机和 1 台海上升压站，根据厂址区工程地质勘查资料和工程设计资料，所有风机均为常规桩施工，无需嵌岩桩施工。海上升压站按目前设计深度采用后桩法的四桩导管架，按照目前地质资料，施工过程不会产生弃渣。

海上风机四桩导管架基础施工时涉及桩内清淤，每根桩基础平均清淤深度为 4m，桩径为 3.0m，每根桩清淤量=4m×桩横截面积=4m× π ×1.5m×1.5m=28.3m³，单台风机清淤量约为 113.2 m³，50 台风机总计清淤约 5660m³。海上升压站每根桩基础平均清淤深度为 4m，桩径为 2.4m，每根桩清淤量=4m×桩横截面积=4m× π ×1.2m×1.2m=18.1m³，单台升压站桩基础清淤量约为 72.4 m³。该部分淤主要为淤泥，淤泥不在海区排放，拟先存于驳船上，之后就近运输到前詹通用码头项目需填方的施工区。

淤泥通过泥浆泵抽到驳船上，达到一定的量后，船运到本项目的施工码头，再通过泥浆泵转载于汽车上，运往前詹通用码头工程的场区用于场区平整。

此外，本工程海底电缆登陆采用定向钻施工工艺，出钻点暂定距登陆点 200m~400m，定向钻施工工艺将产生淤泥，保守估计，定向钻孔尺寸按 50cm 考虑，长度按 500m 考虑（考虑到坡度和陆上长度），则两条海缆定向钻施工产生的淤泥总量为 $500\text{m} \times \pi \times 0.25\text{m} \times 0.25\text{m} \times 2 \approx 200 \text{ m}^3$ 。在工作井附近布置泥浆泵，将钻孔内的淤泥抽出，存储于汽车上，运往前詹通用码头工程的场区用于场区平整。

根据建设单位与惠来县人民政府签订的征地协议，揭阳港前詹作业区通用码头工程项目总规划征地面积 [REDACTED] [REDACTED]，位于前詹镇沟疏村与赤沃村间，征地范围内有足够的空间用于本项目土石方平衡。

土石方平衡如下表。

表 2.3.10-1 土石方平衡表

土石方类型	产生量	处理方式	消纳量
钢管桩清淤淤泥	5732.4 m ³	运到前詹通用码头工程场区处理	5732.4 m ³
定向钻清淤	200 m ³	运到前詹通用码头工程场区处理	200 m ³
合计	5932.4 m ³	运到前詹通用码头工程场区处理	5932.4 m ³

2.4 项目申请用海情况

根据海域使用分类体系，本项目用海类型为“工业用海”中的“电力工业用海”。项目调整前后，项目的用海类型不变。项目用海方式分为透水构筑物 and 海底电缆管道用海两种方式，用海方式不变。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》（自然资源部发〔2020〕51号），项目用海分类为工矿通信用海（一级类）之可再生能源用海和海底电缆管道用海（二级类）。

项目调整前，海域部分共建设 64 台风机、1 座海上升压站，16 回 35kV 集电海底电缆、2 回 220kV 连陆海底电缆。装机总容量为 350MW，项目申请总用海面积为 517.4307 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 97.6768 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，海底电缆用海面积 417.6630 公顷，海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m，风机外包络线占海面积 50.87km²。项目风机基础结构防腐蚀设计按 27 年考虑，风机的设计服务年限为 25 年，总

工期计划为 26 个月，其中工程主体施工总工期为 20 个月，申请的用海期限为 27 年。

项目调整后，海域部分共建设 50 台风机、1 座海上升压站，10 回 66kV 集电海底电缆、2 回 220kV 连陆海底电缆。装机总容量为 560MW，项目申请总用海面积为 494.6086 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2778 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷。海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m（涉及新修测海岸线长度约 17m），风机外包络线占海面积 55.79km²。项目风机基础结构防腐蚀设计按 27 年考虑，风机的设计服务年限为 25 年，总工期计划为 22 个月，申请的用海期限为 27 年。

表 2.4-1 项目用海变化情况

用海内容	用海情况			备注
	首次论证用海	本次调整后	变化情况	
集电线路（公顷）	219.3881	211.2199	-8.1682	
海上升压站（公顷）	2.0909	2.0909	0	
220kV 海底电缆送出工程（公顷）	198.2749	198.2778	0.0029	因升压站附近 220kV 电缆与集电线路重叠范围变化，而面积略有变化
海上风机（公顷）	97.6768	83.0200	-14.6568	
总用海面积（公顷）	517.4307	494.6086	-22.8221	
涉及岸线使用（m）	28	28	0	
用海期限（年）	27	27	0	
集电线路总长度（公里）	119.10	111.95	-7.15	
220kV 海底电缆路线总长度（公里，2 回）	56.73	56.73	0	

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

1、是适应新常态下我国能源革命形势、优化能源结构的需要，符合国家能源发展战略和规划的要求

我国已成为世界上最大的能源生产国和消费国，传统能源生产和消费模式已

难以适应当前形势。在经济增速换挡、资源环境约束趋紧的新常态下，推动能源革命势在必行、刻不容缓。2014 年 6 月，习近平总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出了能源革命的总体要求。能源生产革命要求改变我国以煤为主的能源结构，形成煤、油、气、核、新能源、可再生能源多轮驱动的能源供应体系。

2016 年 12 月，国家发展改革委印发的《可再生能源发展“十三五”规划》明确提出，要全面协调推进风电开发，在消纳市场、送出条件有保障的前提下，有序推进大型风电基地建设，积极稳妥开展海上风电开发建设，完善产业服务体系。到 2020 年底，全国风电并网装机确保达到 2.1 亿千瓦以上。

2020 年 9 月，中国首次在国际上提出力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标。开发海上风电场符合可持续发展的原则，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。按替代标准煤耗 315g/kWh 计算，本项目每年可节省标煤消耗约 61.33 万 t。风电场建成后，每年可以减少 CO₂ 排放量约为 163.16 万 t、烟尘 39.29 t、SO₄ 33.00 t、NO_x 270.40 t，能带来可观的节能减排效益。

因此，建设国电投揭阳神泉二海上风电是适应新常态下能源革命形势、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。

2、是广东省能源结构调整、提升全省能源生产供应能力的需要

广东省是全国能源消费大省，2015 年全省能源消费总量达 3.01 亿吨标准煤，约占全国的 7%。煤炭和石油仍是主要的能源消费方式。广东省能源资源匮乏，省内煤、气等资源大量依靠省外输入，水电仅有的开发量已基本开发完毕，一次能源供应主要依靠外省调入或进口解决，近年来对外依存度均在 80% 以上。同时，广东的外省调入能源主要包括来自西部地区的“西电东送”和“三西”及贵州的煤炭，随着这些地区自身用电需求和煤炭消费的快速增长，未来对广东省的电力和煤炭供应存在不确定性。

2017 年 1 月 18 日广东省发展改革委印发了《广东省能源发展“十三五”规划（2016-2020 年）》，其中强调要积极发展海上风电，加快珠海、阳江等近海风电场开发建设，逐步推进海上风电规模化发展。到 2020 年风电装机规模达到 8000MW，其中海上风电力争实现开工建设 2000MW、建成投产 1000MW 以上。

《广东省海上风电发展规划（2017-2030）》确定广东省近海浅水区海上风电场址 15 个，装机容量共计 9850MW。

《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》要求大力发展清洁低碳能源。优化能源供给结构，实施可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统。大力发展海上风电、太阳能发电等可再生能源，推动省管海域风电项目建成投产装机容量超 800 万千瓦，打造粤东千万千瓦级基地，加快 8 兆瓦及以上大容量机组规模化应用，促进海上风电实现平价上网。规模化开发海上风电，建设阳江沙扒、珠海金湾、湛江外罗、惠州港口、汕头勒门、揭阳神泉、汕尾后湖等地海上风电场项目。

可见，广东省推进海上风电场建设和发展，不仅是“十三五”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，也是“十四五”发展的重要内容。

3、是改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展的需要

风能被誉为二十一世纪最有开发价值的绿色环保新能源之一，我国海上风能资源丰富，近年来呈现发展迅速的趋势。国电投揭阳神泉二 350MW 海上风电有利于开发揭阳地区的海上风电资源，符合国家能源产业发展方向，有效提高风能资源的利用。

广东省风力资源丰富，风电不仅是广东省能源供应的有效补充，而且作为绿色电能，风电的迅速发展将会大幅度减少有害气体的排放量，降低污染，减少煤炭消费及二氧化硫、氮氧化物、二氧化碳排放等。

可见，本工程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，促进广东省生态环境的可持续发展。

4、有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展

目前，广东省海上风电已进入规模化开发利用阶段，国电投揭阳神泉二海上风电项目位于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，具备良好的开发条件。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，有利于促进海上风机基础选型与施工技术的创新。本项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为后续海上风电建设和广东省海上风电规模化开发提供宝贵经验和示范。

5、有利于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揭阳沿海资源，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。

6、有利于缓解揭阳市电力负荷需求，提高本地电源出力

截至 2016 年底，揭阳市电源总装机容量为 3824MW，其中火电装机 3320MW，水电装机 242MW，风电装机 262MW。

2016 年揭阳市全社会用电量 149.16 亿 kWh，同比增长 3.92%，全社会用电最高负荷 2550 MW，同比增长 5.37%。供电量 144.16 亿 kWh，同比增长 4.07%，供电最高负荷 2550MW，同比增长 5.02%。

根据《广东电网“十三五”输电网规划修编》及揭阳电力需求预测的相关成果，结合揭阳近几年的用电情况和发展趋势，预计 2020 年揭阳全社会用电量及最高用电负荷分别为 255 亿 kWh 和 4550MW，“十三五”年均增长率分别为 12.1%、13.4%。2025 年分别为 335 亿 kWh 和 6100MW，“十四五”期间年均增长率分别为 5.6%和 6.0%。2030 年分别为 382 亿 kWh 和 7200MW，“十五五”期间年均增长率分别为 2.7%和 3.4%。

揭阳电力需求预测结果详见表 2.5.1-1。

2.5.1-1 揭阳全市电力需求预测表

年 份	2015 年	2020 年	2025	2030
	(实绩)	(预测)		
用电量 亿 kWh	144	255	335	382
年均增长率	-	12.1%	5.6%	2.7%
全社会最高用电负荷 MW	2421	4550	6100	7200
年均增长率	-	13.4%	6.0%	3.4%
年利用小时数 h	5948	5604	5492	5306

注：2020 年、2025 年、2030 年增长率分别为“十三五”、“十四五”、“十五五”年均增长率。

“十三五”期间揭阳地区 220kV 电压层级的电源仅有惠来靖海电厂，且考虑一台机组电力送往汕头电网，揭阳 220kV 及以下电网电力缺口较大，揭阳京信热电计划于“十四五”期间投产，220kV 及以下电网缺口有所缓解，但随着负荷的增长，揭阳 220kV 及以下电网电力缺口逐年增大。夏大（夏季月最大出力）方式下，2022 年、2025 年和 2030 年揭阳 220kV 及以下电网的电力缺口分别为 2711MW、3680MW 和 4626MW。若考虑本风电机组利用容量，2022 年、2025 年和 2030 年揭阳 220kV 及以下电网的仍存在电力缺口 2701MW、3670MW 和 4616MW。

根据风电场出力特性，小方式即低谷负荷时段风电场出力较大，因此对揭阳电网小方式时风电消纳情况进行分析。

“十四五”及中长期，夏小（夏季月最小出力）及冬小（冬季月最小出力）方式时若揭阳各电源按最小能力出力，揭阳 220kV 及以下电网夏小方式可以消纳本项目电力，本项目的投产可缓解揭阳 220kV 及以下电网的电力需求，同时可提高本地电源出力以满足夏小方式揭阳的用电需求。

综上所述，海上风电是可再生能源发展的重要领域，是推动风电技术进步和产业升级的重要力量。广东省稳步推进国电投揭阳神泉二海上风电场的建设，不仅符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，而且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，缓解揭阳市电力负荷需求。

2.5.2 项目用海必要性

本项目为海上风电建设项目，该项目的海域使用是由其场地的建设条件和工程建设的特殊要求决定的。

1、海上风电一般优于陆上风电

（1）海上风能资源较陆上大，同高度风速海上一般比陆上大 20%，发电量大 70%，而且海上少有静风期，风电机组利用效率较高。目前，海上风电机组年利用小时数一般在 3000 小时以上，有的高达 4000 小时左右。

（2）海水表面粗糙度低，海平面摩擦力小，因而风切变即风速随高度变化小，不需要很高的塔架，可降低风电机组成本。

（3）海上风的湍流强度低，海面与海上的空气温差比陆上的小，特别是白天。且没有复杂地形对气流的影响，因此作用在风电机组上的疲劳负荷减少，可延长其使用寿命。

（4）海上风电项目仅占用少量的土地资源，远离城镇及居民生活区，对环境及景观的负面影响相对较小。海上风电机组转速一般比陆上高 10%，风机利用效率相应提高 5%~6%。

2、本项目所在海域风能资源丰富，适宜开发建设海上风电

根据本报告 3.3.6 节分析，项目所在海域风能资源属于 5 级，资源丰富；可利用有效风速小时数高；风向与风能方向相对集中，有利于风电场机组的总体布置；风速和风能分布较为集中；风速年内变幅较大，而日变化幅度较小；风电场区域轮毂高度 100m 处平均风速为 8.71m/s，平均风功率密度为 627W/m²。区域风资源适宜建设海上风电，具有较好的开发前景。

3、本项目的建设特点

本项目的主体工程全部位于海上，将建设 50 台风机、1 座海上升压站、10 回 66kV 海底电缆和 2 回 220kV 海底电缆。风机和海上升压站基座为桩基础结构，属于“透水构筑物用海-其他透水构筑物用海”，桩基插入海床，风机架设在海面上方，必将占用一定的海域。项目建设 10 回 66kV 海底电缆，用于收集 50 台风机生产的电力，并经过海上升压站升压处理后，通过 2 回 220kV 的海底电缆输入陆上集控中心，最终输入电网，海底电缆埋入海床以下，属于“海底电缆管道-海底电（光）缆用海”，必将占用一定的海床及底土。因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风机、海上升压站及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。

综上所述，本项目的建设和用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 自然环境概况

3.1.1 气象气候

本项目所处的揭阳市惠来县南侧海域属亚热带季风气候区，海洋性气候明显，夏无酷热，冬无严寒，气候温和，阳光充足，雨量充沛，多年平均气温为 21.8℃，炎热月份(6~9 月)平均气温在 26℃以上，较冷的 1~2 月份平均气温在 13℃左右，平均气温年际变差较小。受季风影响明显，夏季炎热多雨，年雨量为 1500 mm~2000mm，雨量年内分配很不均匀，汛期(4~9 月)占全年雨量的 80%以上，台风对本地区影响很大，常受台风侵袭，并带来大量水汽，造成暴雨或大暴雨。

厂址区域无气象观测，场址西北侧的 38km 惠来气象站有长期的气象观测资料，可选作参证站。惠来气象站位于惠来县老城区东郊，东经 116°18′，北纬 23°02′，地面海拔 12.9m，从 1956 年开始记录整编资料，观测项目有气温、气压、相对湿度、绝对湿度、风速和风向、降水量、日照时数、蒸发量、云量等，根据惠来气象站 1956 年至 2012 年历年气象资料进行统计，各气象要素的年特征值如下：

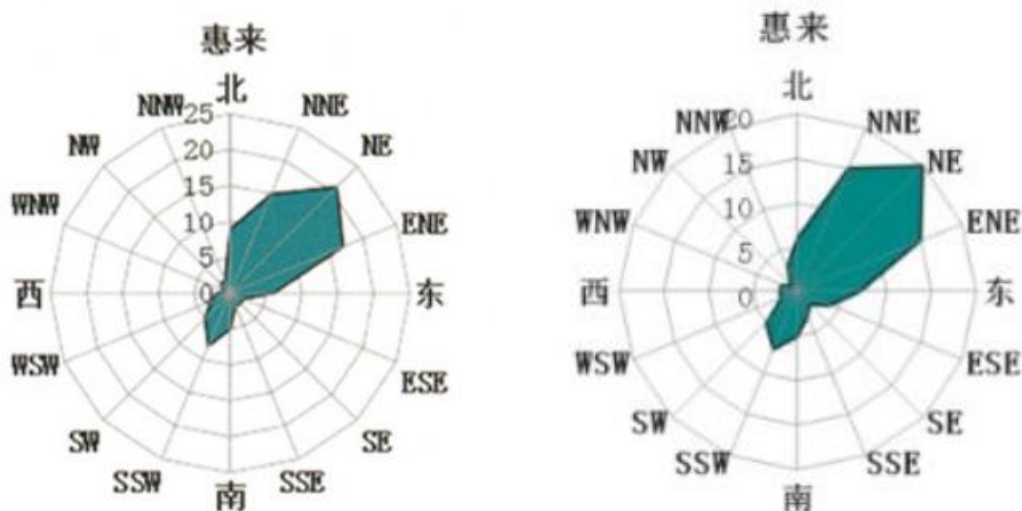
多年平均气温	21.8℃
历年极端最高气温	38.4℃ (1982 年 7 月 28 日)
历年极端最低气温	1.5℃(1999 年 12 月 23 日)
多年平均气压 (本站)	1011.7 hPa
累年年平均海平面气压	1013.6 hPa
历年最大年降水量	2644.9 mm(1973 年)
历年最大风速	30.0 m/s
历年极大风速	48.0 m/s
多年平均年降雨量	1804.4 mm
多年平均相对湿度	78.7 %

多年平均风速	2.7 m/s
近 30 年平均风速	2.4m/s
多年平均日照时数	1923.0 h
多年平均雷暴天数	54.0 d
多年平均大风天数	5.0 d
多年平均雾天数	6.0 d

由于受不同天气和地形的影响，场址所在区域全年盛行风向为东北方向，春、秋冬季，也多为东北风和东北偏东风；夏季，以西南风居多。风速季节变化也较明显，从月平均风速来看，冬季风速大于夏季风速。

根据揭阳市气象局发布的《2020 年揭阳市气候公报》，2020 年揭阳市天气气候的总体特征是：降水异常偏少、气温明显偏高、台风影响偏轻、灰霾日数减少。其中惠来县平均降雨量 1108 毫米（偏少 38%），年降雨日数 108 天（比历年偏少 14 天），暴雨日数 6 天；平均气温 23.0℃（偏高 0.8℃），年极端最高气温 34.9℃，年极端最低气温 5.0℃；2020 年有影响的台风有 2 个，06 号台风“米克拉”和 07 号台风“海高斯”，给惠来县带来暴雨，但未造成直接经济损失；年平均灰霾日数为 12 天；年平均日照时数 2253 小时；年平均相对湿度 80%；年主导风向为东北风，出现频率为 21%，其次为东北偏东风，出现率为 17%。

根据揭阳市气象局发布的《2019 年揭阳市气候公报》，2019 年揭阳市天气气候的总体特征是：降水略偏少、气温偏高、汛期极端强降水频发、台风影响偏轻、灰霾日数增多。其中惠来县平均降雨量 1621 毫米（偏少 9%），年降雨日数 117 天（比历年偏少 5 天），暴雨日数 9 天；平均气温 22.8℃（偏高 0.7℃），年极端最高气温 37.2℃，年极端最低气温 6.2℃；2019 年有影响的台风有 2 个，1907 号台风“韦帕”和 1911 号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现 6-7 级、阵风 9-10 级的大风；年平均灰霾日数为 6 天；年平均日照时数 1997 小时；年平均相对湿度 84%；年主导风向为东北风，出现频率为 20%，其次为东北偏北风和东北偏东风，出现率均为 15%。



2020 年风玫瑰图

2019 年风玫瑰图

图 3.1.1-1 惠来县 2019-2020 年风玫瑰图

3.1.2 水文动力环境

3.1.2.1 潮汐及水位

1、基面换算关系

由于本工程周年潮位观测工作未完成，现阶段暂参考海门潮位站的周年潮位资料经调和与分析得到各基面的关系。根据海门潮位站 2016 年 1 月 1 日至 12 月 31 日逐时潮位资料，经调和与分析得出各基面的关系如图 3.1.2-1 所示。除特殊说明外，本小节一律采用 1985 国家高程系。

图 3.1.2-1 基面换算关系（略）

2、潮型

风电场处无长期水文观测站，场址北侧约 66km 有海门潮位站，以及东北侧约 100km 有云澳海洋站，具体站点位置见图 3.1.2-2，两站均为长期站，其中云澳海洋站观测项目有潮位、表层水温、盐度等。

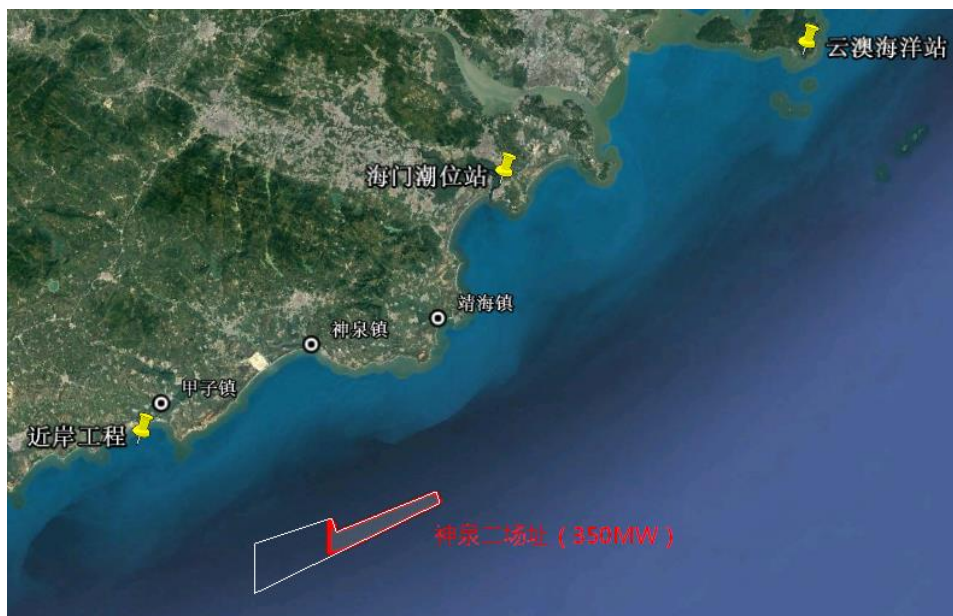


图3.1.2-2 场址与潮位站相对位置图

以海门潮位站（116°37'E，23°11'N）为参证站进行潮汐分析，海门站所处位置属于不正规半日潮型，由 1955~2016 年的实测潮位资料统计分析，得特征值如下：

实测最高潮位：	3.44 m
实测最低潮位：	-0.98 m
多年平均高潮位：	0.93 m
多年平均低潮位：	0.14 m
多年平均潮位：	0.50 m
实测最大潮差：	2.68 m
实测最小潮差：	0.01 m
多年平均潮差：	0.79 m
多年平均涨潮历时：	6h 48min
多年平均落潮历时：	5h 55min

3、特征潮位及设计水位

各设计潮位如下（起算基面为理论深度基准面）：

百年一遇高潮位：	4.27m
百年一遇低潮位：	-0.45m
五十年一遇高潮位：	3.93 m
五十年一遇极端低潮位：	-0.43 m

设计高潮位： 2.02m
 设计低潮位： 0.39m

3.1.2.2 海流

实测海流资料引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目冬季全潮水文观测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 4 月）和《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目夏季全潮水文观测报告》（中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 9 月）。

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于 2017 年 12 月 7 日 7 时至 2017 年 12 月 8 日 8 时（大潮期）、2017 年 12 月 9 日 17 时至 2017 年 12 月 10 日 18 时（中潮期）、2018 年 3 月 7 日 13 时至 2018 年 3 月 8 日 14 时（小潮期），在项目所在海域进行枯水期水文全潮观测。参考国家海洋信息中心编制的潮汐表，以甲子港 2017 年 12 月和 2018 年 3 月的潮汐变化进行统计。

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司于 2018 年 6 月 29 日 10 时~2018 年 6 月 30 日 11 时（大潮期）、2018 年 7 月 2 日 10 时~2018 年 7 月 3 日 11 时（中潮期）、2018 年 7 月 6 日 10 时~2018 年 7 月 7 日 11 时（小潮期），在项目所在海域进行枯水期水文全潮观测。参考国家海洋信息中心编制的潮汐表，以甲子港 2018 年 6 月和 2018 年 7 月的潮汐变化进行统计。

在项目所在海域及附近海域布设周日连续观测站 9 个，编号为 S1~S9，分别在各测站进行海流、水温、盐度、悬沙质量浓度等项目连续观测。同时，在全潮观测期间，在划定海区内布设潮位观测站 3 个，编号为 T1~T3。站位布设示意图见图 3.1.2-3，各站经纬度见表 3.1.2-1。

表 3.1.2-1 水文调查站位坐标

编号	东经	北纬	备注
T1	██████████	██████████	潮位观测，甲子
T2	██████████	██████████	潮位观测，神泉
T3	██████████	██████████	潮位观测，资深
S1	██████████	██████████	海流观测站
S2	██████████	██████████	海流观测站
S3	██████████	██████████	海流观测站
S4	██████████	██████████	海流观测站
S5	██████████	██████████	海流观测站

编号	东经	北纬	备注
S6	████████	████████	海流观测站
S7	████████	████████	海流观测站
S8	████████	████████	海流观测站
S9	████████	████████	海流观测站

图 3.1.2-3 水文调查站位示意图（略）

潮位：潮位基准面统一采用“1985 国家高程基准”，验潮站工作水准点高程采用按四等水准测量精度进行高程联测。

潮位观测采用 WLR7 型安德拉水位计进行测量记录。潮位仪器每间隔 10 分钟采集一次观测数据，每次观测数据为 24s 连续采样的平均值，潮位记录至 0.01m。

流速、流向：流速、流向使用安德拉 RCM-11 型海流计进行测量。流速、流向每小时进行一次观测，观测层次按测点水深进行计算，测点水深 $\geq 5\text{m}$ 时采用六点法（即表层、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H、底层），测点水深 $< 5\text{m}$ 时采用三点法（即表层、0.6H、底层）。表层为水面下 0.5m，底层为海底上 0.5m。测船定位采用 GPS 于测验前按设计船位引航就位，定位误差小于 $(5+1.5H)\text{m}$ ，H 为测流点水深（m）。各个测站同步进行单船定点周日连续观测，观测时间 26 小时以上。

海洋气象：选取厂址东北的惠来气象站的资料进行风速、风向等气象要素分析。

盐度、温度：盐度、温度观测使用安德拉海流计，与测流同步进行测量，按“六点法”（或按“三点法”）计算水深，摘取“六点法”（或按“三点法”）分层数据。盐度和水温观测资料以报表形式提供。

3.1.2.2.1 冬季枯水期海流观测结果分析

1、流速、流向统计分析

将各个测站的垂线平均流速以落潮为正、涨潮为负绘制潮位及垂线平均流速流向过程线图。相关潮位采用就近代表性原则匹配，所有测站均采用 T2 站潮位。

（1）潮流历时

受月赤纬变化和地形等因素的影响，不同水域的涨、落潮历时不同。观测期间，根据实测资料统计，

[REDACTED]

(2) 潮段平均流向

根据各站涨、落潮潮段垂线平均流向计算结果（表 3.1.2-2，图 3.1.2-4～图 3.1.2-6）， [REDACTED]

表 3.1.2-2 观测海域涨、落潮垂线平均流向统计表（°）（略）

图 3.1.2-4 大潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.1.2-5 中潮垂线平均流速矢量图（略）

图 3.1.2-6 小潮垂线平均流速矢量图（略）

(3) 潮段平均流速

对测验期内各个测站的垂线平均流速进行统计，按涨潮段、落潮段分别求矢量平均值得到各测站不同潮段垂线平均流速（见表 3.1.2-3）。

(1) 水文测验期间，实测涨、落潮段平均流速分别为 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

(2) 涨潮段平均流速最大值发生在中潮 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

表 3.1.2-3 各测站潮段平均流速统计表（m/s）（略）

(4) 垂线平均最大流速

对本期测验各测站的垂线平均最大流速进行统计（见表 3.1.2-4）。总体来看，水文测验期间， [REDACTED]
[REDACTED]

表 3.1.2-4 各测站涨落潮段垂线平均最大流速统计表（略）

(5) 最大流速特征值

统计各测站涨、落潮最大流速特征值，水文测验期间，

2、潮流调和分析

近岸带实测的海流包括由天体引力所产生的潮流以及主要由水文，气象条件所造成的非潮流（也称余流）两部份。潮流是海水受日、月等天体引潮力作用后产生的周期性水平流动。潮流分析的目的是根据海流周日观测资料，分离潮流和非潮流，同时算得潮流调和常数，进而计算其潮流特征值，并判断海区的潮流性质。

（1）潮流椭圆要素

各主要分潮流基本以 M_2 半日分潮流为主，其次是 K_1 和 O_1 日分潮流， S_2 半日分潮流、 MS_4 复合潮和 M_4 四分之一分潮较小。

（2）潮流类型

海区的潮流类型取决于半日潮流成分和全日潮流成分的相对比重，即主要分潮流的振幅比，如半日潮流占绝对主导地位即为正规半日潮流，反之如全日潮占绝对主导即为正规全日潮流，其判别式如下：

$$F = \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}}$$

式中的 W_{O_1} 、 W_{K_1} 、 W_{M_2} 分别为主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度（cm/s）。

当 $F \leq 0.5$ 时为规则半日潮流

当 $0.5 < F \leq 2.0$ 时为不规则半日潮流

当 $2.0 < F \leq 4.0$ 时为不规则全日潮流

当 $4.0 > F$ 时为规则全日潮流

计算结果见下表，各站垂线平均的 F 值在 之间，平均为 。由表可知，除 S5 站和 S9 站的表层以不规则全日潮流为主外，其余各站潮流类型以不规则半日潮流为主。

表 3.1.2-5 各站各层示性系数 F 值统计表（略）

3、潮流的可能最大流速

根据《港口与航道水文规范》，对于规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可由下式计算：

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

根据《港口与航道水文规范》，对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值：

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

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

计算结果见表 3.1.2-6。

潮流的可能最大流速介于 [] m/s 之间，以 S5 测站的 []H 为最大。

表 3.1.2-6 各测站潮流可能最大流速表（略）

4、潮流的运动形式

潮流的运动形式由潮流的椭圆旋转率 K 值来描述， K 值为潮流椭圆的短轴和长轴之比。当 $|K|$ 大于 0.25 时，潮流表现出较强的旋转性，即旋转流；当 $|K|$ 小于 0.25 时，潮流表现为往复流。根据前述的分析，由于施测海域潮流类型主要属于不规则半日潮流性质，且半日分潮流中， M_2 分潮最具有代表性，因此我们根据 M_2 分潮流的椭圆旋转率 K 值来分析施测海域潮流的运动形式。根据表 3.1.2-7 所列的 M_2 分潮的 K 值可以看出：大部分测站 $|K|$ 均小于 0.25，表现为往复潮流性质，仅少数流层表现出较强的旋转性，其中以 S1 站的旋转性最强。

表 3.1.2-7 各测站 M_2 分潮的 K 值（略）

5、余流

(1) 余流一般指实测海流扣除周期性潮流后所剩留部分，从计算结果来看（见表 4-2-6），季节因素和潮型对余流影响较大。垂线平均各潮次观测海域余流速度大潮平均为 [] m/s，中潮平均为 [] m/s，小潮平均为 [] m/s。

(2) 观测海区余流流速，大潮以 S7 测站 0.8H 层为最大，为 [] m/s；中潮以 S7 测站 0.4H 层最大，为 [] m/s；小潮以 S5 测站 0.2H 层最大，为 [] m/s。

表 3.1.2-8 观测海域各测站余流统计表（略）

根据各测站的实测数据计算三个潮次各测站六层的余流，并将各测站垂向平均余流及各层余流绘制成图 3.1.2-7 至图 3.1.2-12。除个别近岸站外，大、中、小潮期流速大小差别不大，小潮期受海面风力较大影响，余流流速略大。大潮和中潮期观测期间风力较弱无持续稳定风向，风海流对海域余流影响较小，因此施测海域余流以潮汐余流为主。小潮期观测海域海面东北风风力较大，所测余流中尤其是上层的水体余流主要成分是风生海流，且余流流速相对较大。

图 3.1.2-7 大潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-8 中潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-9 小潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-10 大潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.1.2-11 中潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.1.2-12 小潮垂线平均余流矢量图

3.1.2.2.2 夏季丰水期海流观测结果分析

1、流速、流向统计分析

将各个测站的垂线平均流速以涨潮为正、落潮为负绘制潮位及垂线平均流速流向过程线图。相关潮位采用就近代表性原则匹配，所有测站均采用 T2 站潮位。

（1）潮流历时

受月赤纬变化和地形等因素的影响，不同水域的涨、落潮历时不同。如表 3.1.2-9,

表 3.1.2-9 观测海域涨、落潮潮流历时统计表 (h) (略)

(2) 潮段平均流向



表 3.1.2-10 观测海域涨、落潮垂线平均流向统计表 (°) (略)

图 3.1.2-13 大潮垂线平均流速矢量图 (略)

图 3.1.2-14 中潮垂线平均流速矢量图 (略)

图 3.1.2-15 小潮垂线平均流速矢量图 (略)

(3) 潮段平均流速

对测验期内各个测站的垂线平均流速进行统计，按涨潮段、落潮段分别求矢量平均值得到各测站不同潮段垂线平均流速（见表 3.1.2-11）。



表 3.1.2-11 各测站潮段平均流速统计表 (m/s) (略)

(4) 垂线平均最大流速

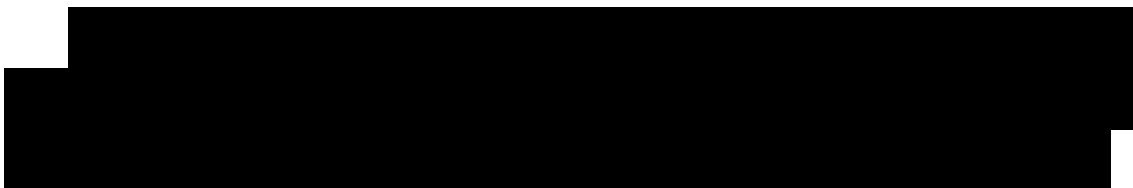


表 3.1.2-12 各测站涨落潮段垂线平均最大流速统计表 (略)

(5) 最大流速特征值



表 3.1.2-13 各测站大潮垂线分层最大流速统计表 (略)

表 3.1.2-14 各测站中潮垂线分层最大流速统计表 (略)

表 3.1.2-15 各测站小潮垂线分层最大流速统计表 (略)

(6) 潮段平均流速垂向分布

通过对本期测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计,按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各测站的涨、落潮段平均流速垂向分布(如表 3.1.2-16 至表 3.1.2-18 所示)。统计结果表明:涨、落潮段平均流速均表现为由表层向底层逐渐减小的分布状态。

表 3.1.2-16 各测站大潮涨、落潮段平均流速垂向分布统计表 (m/s) (略)

表 3.1.2-17 各测站中潮涨、落潮段平均流速垂向分布统计表 (m/s) (略)

表 3.1.2-18 各测站小潮涨、落潮段平均流速垂向分布统计表 (m/s) (略)

2、潮流调和分析

近岸带实测的海流包括由天体引力所产生的潮流以及主要由水文,气象条件所造成的非潮流(也称余流)两部份。潮流是海水受日、月等天体引潮力作用后产生的周期性水平流动。潮流分析的目的是根据海流周日观测资料,分离潮流和非潮流,同时算得潮流调和常数,进而计算其潮流特征值,并判断海区的潮流性质。

(1) 潮流椭圆要素

各主要分潮流基本以 M_2 半日分潮流为主，其次是 S_2 半日分潮流， K_1 和 O_1 日分潮流、 MS_4 复合潮和 M_4 四分之一分潮较小。

(2) 潮流类型

海区的潮流类型取决于半日潮流成分和全日潮流成分的相对比重，即主要分潮流的振幅比，如半日潮流占绝对主导地位即为正规半日潮流，反之如全日潮占绝对主导即为正规全日潮流，其判别式如下：

$$F = \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}}$$

式中的 W_{O_1} 、 W_{K_1} 、 W_{M_2} 分别为主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s)。

当 $F \leq 0.5$ 时为规则半日潮流

当 $0.5 < F \leq 2.0$ 时为不规则半日潮流

当 $2.0 < F \leq 4.0$ 时为不规则全日潮流

当 $4.0 > F$ 时为规则全日潮流

计算结果见表 3.1.2-19，各站垂线平均的 F 值在 [] 之间，平均为 []。由表可知，S2、S3 和 S6 测站以不规则半日潮流为主，S1 和 S4 测站表现为不规则半日潮流与规则半日潮流并存，S5、S7、S8 和 S9 测站以规则半日潮流为主。

表 3.1.2-19 各站各层示性系数 F 值统计表 (略)

(3) 潮流的可能最大流速

根据《海港水文规范》，对于规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可由下式计算：

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

根据《海港水文规范》，对于不规则全日潮流海域和不规则半日潮流海域，潮流的可能最大流速可取下两式计算后的最大值：

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

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

计算结果见表 3.1.2-20。

潮流的可能最大流速介于 [] m/s 之间，以 S6 测站的表层为最大。

表 3.1.2-20 各测站潮流可能最大流速表（略）

（4）潮流的运动形式

潮流的运动形式由潮流的椭圆旋转率 K 值来描述， K 值为潮流椭圆的短轴和长轴之比。当 $|K|$ 大于 0.25 时，潮流表现出较强的旋转性，即旋转流；当 $|K|$ 小于 0.25 时，潮流表现为往复流。根据前述的分析，由于施测海域潮流类型主要属于不规则半日潮流性质，且半日分潮流中， $M2$ 分潮最具有代表性，因此我们根据 $M2$ 分潮流的椭圆旋转率 K 值来分析施测海域潮流的运动形式。根据表 3.1.2-21 所列的 $M2$ 分潮的 K 值可以看出：S2 和 S6 测站的旋转性较强，其余站点测站各层的 $|K|$ 基本小于 0.25，表现为往复潮流性质。

表 3.1.2-21 各测站 $M2$ 分潮的 K 值（略）

（5）余流

1) 余流一般指实测海流扣除周期性潮流后所剩留部分，从计算结果来看（见表 3.1.2-22），季节因素和潮型对余流影响较大。垂线平均各潮次观测海域余流速度大潮平均为 [] m/s，中潮平均为 [] m/s，小潮平均为 [] m/s。

2) 观测海区余流流速，大潮以 S6 测站表层为最大，为 [] m/s；中潮以 S3 测站表层最大，为 [] m/s；小潮以 S3 测站表层最大，为 [] m/s。

表 3.1.2-22 观测海域各测站余流统计表（略）

根据各测站的实测数据计算三个潮次各测站六层的余流，并将各测站垂向平均余流及各层余流绘制成图 3.1.2-16 至图 3.1.2-21。总体来说，观测海域的余流速度相对较小，多在 [] m/s 以下，流向以偏东为主。大潮期受西南风的影响，余流流速略大。中潮和小潮期观测期间风力较弱无持续稳定风向，风海流对海域余流影响较小，因此施测海域余流以潮汐余流为主。

图 3.1.2-16 大潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-17 中潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-18 小潮各层余流矢量图（略）

图 3.1.2-19 大潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.1.2-20 中潮垂线平均余流矢量图（略）

图 3.1.2-21 小潮垂线平均余流矢量图（略）

3.1.2.3 悬沙

悬浮沙观测时间、层次与海流观测一致。采样间隔为 1 小时一次，连续采样 26 小时（27 个数据）。悬浮沙调查结果包括悬浮沙的质量浓度和悬沙的中值粒径。

悬移质含沙量采用“三点法”计算水深，使用竖式采水器采取现场水样。

3.1.2.3.1 冬季枯水期悬沙观测结果分析

1、潮段平均含沙量

观测海区位于广东省揭阳市神泉湾附近海域，在水文测验时段内，海水较清，水体含沙浓度较低。

（1）水文测验期间施测海域实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 \blacksquare kg/m^3 和 \blacksquare kg/m^3 ；涨、落潮平均含沙量：大潮为 \blacksquare kg/m^3 ，中潮为 \blacksquare kg/m^3 ，小潮为 \blacksquare kg/m^3 ，中潮最大，大潮次之，小潮最小。

（2）水文测验期间潮段平均含沙量，大潮介于 \blacksquare kg/m^3 之间，中潮介于 \blacksquare kg/m^3 之间，小潮介于 \blacksquare kg/m^3 之间。大潮期间 S9 涨潮段含沙量均最大，为 \blacksquare kg/m^3 ；中潮期间以 S7 落潮段含沙量均最大，为 \blacksquare kg/m^3 ；小潮期间 S5 测站落潮段最大，为 \blacksquare kg/m^3 。

（3）水体含沙浓度平面分布来看，观测海域垂线平均含沙量小于 \blacksquare kg/m^3 ，以东侧近岸的 S5、S7 和 S9 站的含沙量较高，其余各站间的差异也相对较小。

表 3.1.2-23 各测站涨、落潮段垂线平均含沙量统计表 (kg/m^3) (略)

2、垂线平均最大含沙量

通过对本期测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站涨、落潮段的垂线平均最大含沙量（见表 3.1.2-24）。

表中显示，水文测验期间垂线平均最大含沙量，大潮为 kg/m^3 ，出现在 S9 测站涨潮段；中潮为 kg/m^3 ，出现在 S9 测站落潮段；小潮为 kg/m^3 ，出现在 S5 测站落潮段。

表 3.1.2-24 各测站涨、落潮段垂线平均最大含沙量统计表 (kg/m^3) (略)

3、最大含沙量特征值

水文测验期间大潮实测最大含沙量为 kg/m^3 ，出现在 12 月 7 日 10:00 的 S9 测站涨潮段的 0.6H，处于涨初时段；中潮实测最大含沙量为 kg/m^3 ，出现在 12 月 9 日 23:00 的 S9 测站涨潮段的底层，处于落憩时段；小潮实测最大含沙量为 kg/m^3 ，出现在 3 月 8 日 5:00 的 S5 测站落潮段的 0.6H 层，处于涨急时段。

4、悬沙中值粒径

以各站位每个潮期的三层次样品混合后的中值粒径为该站位的平均中值粒径，统计表见下表。各站悬沙平均中值粒径大潮期为 kg/m^3 ，中潮期为 kg/m^3 ，小潮期为 kg/m^3 ，所有站位所有潮期悬沙平均中值粒径为 kg/m^3 。

表 3.1.2-25 各测站每个潮期悬沙平均中值粒径 (略)

3.1.2.3.2 夏季丰水期悬沙观测结果分析

1、潮段平均含沙量

通过对本期测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其算术平均值得到各测站潮段平均含沙量（见表 3.1.2-26）。由表可以看出：

(1) 水文测验期间施测海域实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 kg/m^3 和 kg/m^3 。潮平均含沙量大潮为 kg/m^3 ，中潮为 kg/m^3 ，小潮为 kg/m^3 ，小潮最大，大潮次之，中潮最小。

(2) 水文测验期间潮段平均含沙量，大潮介于 [] kg/m³ 之间，以 S7 落潮段含沙量均最大；中潮介于 [] kg/m³ 之间，以 S6 落潮段含沙量均最大；小潮介于 [] kg/m³ 之间，以 S2 测站涨潮段最大。

(3) 水体含沙浓度平面分布来看，观测海域垂线平均含沙量小于 [] kg/m³，以 S6 站的含沙量较高，S4 和 S8 站含沙量较低，其余各站间的差异较小。

表 3.1.2-26 各测站涨、落潮段垂线平均含沙量统计表 (kg/m³) (略)

2、垂线平均最大含沙量

通过对本期测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站涨、落潮段的垂线平均最大含沙量（见表 3.1.2-27）。

表中显示，水文测验期间垂线平均最大含沙量，大潮为 [] kg/m³，出现在 S7 测站落潮段；中潮为 [] kg/m³，出现在 S3 测站涨潮段；小潮为 [] kg/m³，出现在 S1 测站涨潮段。

表 3.1.2-27 各测站涨、落潮段垂线平均最大含沙量统计表 (kg/m³) (略)

3、最大含沙量特征值

各测站涨、落潮最大含沙量特征值如表 3.1.2-28~表 3.1.2-31 所示。水文测验期间大潮实测最大含沙量为 [] kg/m³，出现在 6 月 30 日 6:00 的 S3 测站落潮段的 0.6H 层，对应垂线平均流速为 [] m/s；中潮实测最大含沙量为 [] kg/m³，出现在 7 月 3 日 9:00 的 S1 测站落潮段的表层，对应垂线平均流速为 [] m/s；小潮实测最大含沙量为 [] kg/m³，出现在 7 月 7 日 4:00 的 S1 测站涨潮段的 0.6H 层，对应垂线平均流速为 [] m/s。

表 3.1.2-28 各测站分层最大含沙量统计表 (kg/m³) (略)

表 3.1.2-29 各测站大潮分层最大含沙量垂向分布表 (kg/m³) (略)

表 3.1.2-30 各测站中潮分层最大含沙量垂向分布表 (kg/m³) (略)

表 3.1.2-31 各测站小潮分层最大含沙量垂向分布表 (kg/m^3) (略)

4、潮段平均含沙量垂向分布

通过对本期测验各个测站的各层实测的含沙量资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各测站的涨、落潮段平均含沙量垂向分布（如表 3.1.2-32~表 3.1.2-34 所示）。统计结果表明：潮段平均含沙量表层到底层差异不大。

表 3.1.2-32 各测站大潮潮段平均含沙量垂向分布 (kg/m^3) (略)表 3.1.2-33 各测站中潮潮段平均含沙量垂向分布 (kg/m^3) (略)表 3.1.2-34 各测站小潮潮段平均含沙量垂向分布 (kg/m^3) (略)

3.1.2.4 盐度

3.1.2.4.1 冬季枯水期盐度观测结果分析

对观测海域全部 9 个测站进行分层海水盐度测定，测试结果表明：

(1) 本期测验期间，施测海域各测站大、中、小潮期实测盐度较为接近。大潮平均盐度为 \blacksquare ，中潮为 \blacksquare ，小潮为 \blacksquare 。

(2) 水文测验期间，各测站最大海水盐度值为 \blacksquare ，最小海水盐度值为 \blacksquare ，变化量为 \blacksquare ，最高值出现在 S3 站，最低值出现在 S7 站。

(3) 海水盐度平面分布，靠近外海的 S3 测站盐度较高。各测站以小潮期间盐度较大。

3.1.2.4.2 夏季丰水期盐度观测结果分析

对观测海域全部 9 个测站进行分层海水盐度测定，测试结果表明：

(1) 本期测验期间，施测海域各测站大、中、小潮期实测盐度较为接近。平均盐度以大潮最低，为 \blacksquare ，中潮和小潮均为 \blacksquare 。

(2) 水文测验期间，各测站最大海水盐度值为 \blacksquare ，最小海水盐度值为 \blacksquare ，

变化量为 █████，最高值出现在 S3 站中潮和 S4 站小潮，最低值出现在 S3 站大潮。

(3) 海水盐度平面分布，S4 测站盐度较高。

3.1.2.5 温度

3.1.2.5.1 冬季枯水期温度观测结果分析

对观测海域全部 9 个测站进行分层海水温度测定，测试结果表明：

(1) 本期测验期间，施测海域实测海水温度，各测站基本呈现出大潮温度最高，中潮、小潮温度较的特征。大潮平均温度为 █████°C，中潮为 █████°C，小潮为 █████°C。

(2) 水文测验期间，各测站海水温度最高值为 █████°C，最小海水温度值为 █████°C，变化量为 █████°C。

(3) 海水温度平面分布整体差异不大，仅靠近外海的 S3 测站略高。

3.1.2.5.2 夏季丰水期温度观测结果分析

对观测海域全部 9 个测站进行分层海水温度测定，测试结果表明：

(1) 本期测验期间，施测海域实测海水温度，各测站基本呈现出大潮温度最高，小潮、中潮温度较底的特征。大潮平均温度为 █████°C，中潮为 █████°C，小潮为 █████°C。

(2) 水文测验期间，各测站海水温度最高值为 █████°C，出现在大潮 S3 测站；最低海水温度值为 █████°C，出现在小潮 S4 站；温度变化量为 █████°C。

(3) 海水温度平面分布整体存在差异，靠近外海的 S3、S2 和 S6 测站较高。

3.1.2.6 表层沉积物

在水文测验实测期间开展了项目海区的沉积物取样工作，共计取样 36 个。采样点位置见下图。

图 3.1.2-22 沉积物采样站位图

1、沉积物类型

对采集到的样品进行粒度分析，结果见下表，采用谢帕德沉积物粒度三角图解法进行分类，分布图见下图。由表可知，项目海区表层沉积物样品的平均粒级组成为：砂含量 █████%，粉砂含量 █████%，粘土含量 █████%。沉积物粒级组成

以砂为主，粉砂次之，粘土含量最少。

表 3.1.2-35 项目海区沉积物粒级含量成果表 (%) (略)

图 3.1.2-23 沉积物类型分布图 (略)

2、粒度特征

采用福克和沃德公式计算沉积物的粒度参数。样品分析结果见表3.1.2-36。

表 3.1.2-36 项目海区沉积物颗粒分析成果表 (略)

样品分析结果表明，调查海域沉积物相对较细，中值粒径在 [] 之间变化，从沉积物中值粒径组成表（表 3.1.2-37）可知，中值粒径主要集中在 4.00ϕ 以粗的范围内，占总样品数的 []%；而中值粒径大于 4.00ϕ 的沉积物样品数为 []。由沉积物中值粒径分布图（图 3.1.2-24）可知，该片海域表层沉积物中值粒径无明显分布趋势，厂址中值粒径以 [] 为主。

表 3.1.2-37 沉积物中值粒径组成 (略)

图 3.1.2-24 沉积物中值粒径分布图 (略)

3、海区大范围沉积物类型分布

《南海地质地球物理图系（1:200 万）》（中英文版）已正式出版发行。图系由中国地质调查局广州海洋地质调查局组织编制，中国航海图书出版社以中英文对照方式出版发行。这是目前我国对南海地质调查工作最为系统、全面的总结，对开展南海地质科学研究、海洋资源开发利用等具有重要作用。本报告书引用该图系——海底沉积物类型图的资料对项目所在海区大范围的沉积物类型分布进行分析（见下图）。

根据叠加图，本项目所涉及到的沉积物类型有 CS（粗砂）、FS（细砂）、YT（黏土质粉砂）、TY（粉砂质黏土），风电场主要位于细砂区，少部分位于粗砂区，220kV 海底电缆穿越了细砂区、黏土质粉砂区和粉砂质黏土区。

图 3.1.2-25 海区大范围沉积物类型分布示意图 (略)

3.1.2.7 波浪

波浪资料引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目波浪专题研究》（XXXXXXXXXX，2018 年 5 月）。

1、波浪观测情况

场址附近无长期波浪观测资料，在场址西北侧某近岸工程因工程建设需要进行了周年波浪观测，观测水深约为 15m，地理坐标 22°47.5'N，116°00'E，距离岸边约 4km。波浪观测期间为 2008 年 10 月 26 日 2 时~2009 年 10 月 25 日 23 时，共 365 天，采用 SZF 型波浪仪进行波浪测量。相对位置如下图所示。

图 3.1.2-26 波浪观测站位图（略）

2、波浪基本特征

本海区波浪主要受西南季风、热带气旋、东北季风三种天气系统所影响，观测期间周年的平均 H_s 为 1.02m，周年平均 T_s 为 6.67s。观测期间各月观测波浪的特征值如下表所示。

表 3.1.2-38 波浪基本特征（略）

3、联合分布及波浪玫瑰图

从 H_s - T_s 联合分布中可以看出： H_s 波高主要集中在 0.5m-1.49m 范围内，占 80%， T_s 周期主要集中在 5s-7.9s 范围内，占 82.39%；从 $H_{1/10}$ - $T_{1/10}$ 联合分布中可以看出： $H_{1/10}$ 波高主要集中在 0.5m-1.99m 范围内，占 87.39%， $T_{1/10}$ 周期主要集中在 6s-8.9s 范围内，占 78.31%；从 H_z - T_z 联合分布中可以看出： H_z 波高主要集中在 0m-0.99m 范围内，占 90.56%， T_z 周期主要集中在 4s-6.9s 范围内，占 94.26%；从 H_{max} - T_{max} 联合分布中可以看出： H_{max} 波高主要集中在 0.5m-2.49m 范围内，占 89.97%， T_{max} 周期主要集中在 5s-9.9s 范围内，占 69.43%。

从波高-波向联合分布中可以看出：波浪主要来自于 NE~ESE 方向，共占到 56.54%，常浪向为 E 向，频率为 18.06%；次常浪向为 ENE 及 NE，频率分别为 15.63% 及 12.25%；强浪向来自于 ENE 和 ESE 向。

图 3.1.2-27 $H_{1/10}$ - $T_{1/10}$ 联合分布图（略）

图 3.1.2-28 H_{\max} - T_{\max} 联合分布图 (略)

图 3.1.2-29 H_z - T_z 联合分布图 (略)

图 3.1.2-30 $H_{1/10}$ 波浪玫瑰图 (略) 图 3.1.2-31 H_s 波浪玫瑰图 (略) 图 3.1.2-32 H_z 波浪玫瑰图 (略)

表 3.1.2-39 波浪方向分布 (略)

4、设计波浪

根据 1988~2017 年间多场台风浪计算成果，提取位于工程外海 50m 等深线处各时刻的有效波高和谱峰周期。模型选取 2004、2006 和 2009 年波浪周年观测期间 5 场较大台风进行计算，得出计算有效波高与实测有效波高之差均在 10% 之内，验证效果较好。每一个台风过程，选择外海 50m 等深线处对应此过程的有效波高最大值及对应的谱峰周期，将此有效波高和谱峰周期作为推算的样本数据。采用 P-III 型方法统计了工程海域外海 50m 等深线处各向不同重现期的有效波高和谱峰周期。最后根据该深水波要素，采用近岸波浪数学模型计算工程海域个控制点的设计波要素。

由于波浪数学模型专题研究成果给出的各种组合下的设计波要素内容较多，此处仅给出厂址内设计波高最大值所在控制点的重现期波要素，并且只给出各波浪重现期与设计高水位组合下的设计波要素。该控制点为 F6 点，水深为 36.44m (理论深度基准)，具体位置见图 3.1.2-26。该点的设计波要素如表 3.1.2-17 所示。表中 H_{\max} 为最大波高， \bar{H} 为平均波高， T_p 为谱峰周期， \bar{T} 为平均周期， L 为平均波长， h 为水深。

风电场位于外海-30m 等深线外，水深在 30~40m 之间，此处波高较大且衰减缓慢。在 100 年一遇波浪+100 年一遇高潮位作用下，风电场处最大波高 H_{\max} 为 14.56m~20.79m。从不同方向外海波浪向工程区传播的波高分布来看，SE~SSE 方向的波浪对工程水域影响最大，100 年一遇波浪+100 年一遇高潮位条件下最大波高位于 F6 点，其中 SSE 向最大波高 H_{\max} 为 20.79m。而有效波高的最大值出现在 SSE 向 100 年一遇波浪+100 年一遇高潮位作用下，F6 点达到 11.33m。50 年一遇波浪+极端高水位作用下最大波高位于 F6 点，其中 SSE 向最大波高 H_{\max} 为

19.90m。而有效波高的最大值出现在 SSE 向 50 年一遇波浪+极端高水位作用下，风 F6 点达到 10.81m。

建议：由于本风电场范围内暂未进行波浪观测，本阶段以西北侧某近岸工程的周年波浪观测数据，结合台风浪计算成果进行模拟分析，西北侧某近岸工程距离场址中心超过 20km，推算的波浪情况与实际存在可能存在一定偏差，长年代订正和模型计算亦存在一定误差，建议下一阶段在场址内设立周年波浪观测站，更准确计算风电场的设计波浪参数。

图 3.1.2-33 风电场范围及控制点位置图（略）

表 3.1.2-40 控制点 F6 设计波要素（设计高水位组合下）（略）

3.1.3 区域大地构造与工程地质

3.1.3.1 区域大地构造

根据区域地质演化、沉积建造及构造发育特点，广东地区在一级构造单元上位于华南加里东褶皱带。对构造单元进一步细分，两风电场区域属粤东—闽东隆起区，区域内断裂广泛发育，北东向最强烈，北西向次之。

拟建风电场场址、陆上升压站附近的区域性深大断裂主要有：(1) 南澳深断裂带（编号①）、(2) 汕头—惠来深断裂带（编号②）、(3) 高要—惠来深断裂带（编号⑨）、(4) 滨海大断裂（编号⑤）、(5) 普宁大断裂（编号⑫）、(6) 惠来大断裂（编号⑬），区域地质构造图见图 3.1.3-1。

图 3.1.3-1 区域地质构造图（据《广东省地质构造图 1:1800000》）（略）

对各深大断裂特征描述如下（略）：

拟建工程场区近区域现代构造活动一般，区域地壳基本稳定，风电场场址与各断裂的距离符合《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版）的要求，近区域地震活动水平较弱，适宜建设风电场。

3.1.3.2 工程地质

工程地质资料包括风电场区和 220kV 主海缆区，本项目风电场区工程地质勘

察已完成，220kV 主海缆区暂未完成。

3.1.3.2.1 风电场区工程地质

风电场区工程地质资料引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场工程可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（XXXXXXXXXX，2018 年 7 月）。

本工程外业工作从 2018 年 3 月 30 日开始，至 2018 年 4 月 23 日结束，期间开展了工程地质钻探、取样、原位测试等外业工作，共完成机械钻孔 13 个，总进尺达 1110.45m，进行标准贯入试验 516 次，取原状土样 335 件，扰动土样 183 件，水样 6 组。本次勘测主要完成工作量见表 3.1.3-1，钻孔位置示意图见图 3.1.3-2。

表 3.1.3-1 海上风电场完成工作量一览表

方 法	工 作 内 容 和 项 目		单 位	工 作 量	
工程地质钻探、原位测试及取样	进尺		米/孔	1110.45/13	
	标准贯入试验		次	516	
	取样	土样	原状样	件	335
			扰动样	件	183
		海水水样		组	6
	波速测试		米	246	
	土壤电阻率测试		点	1073	
	海水电阻率测试		点	39	

1、岩土层的构成与特征

根据区域地质及钻探结果，风电场钻孔深度范围内主要为全新世海相、海陆过渡相和晚更新世海陆交互相沉积层(Q₄^m、Q₄^{m+al}和 Q₃^{m+al})。风电场岩土体分层情况见表 3.1.3-2，钻孔剖面示意图见图 3.1.3-3，钻孔柱状图以 SQEK05 孔示意，见图 3.1.3-4。

表 3.1.3-2 工程岩土体分层表（略）

图 3.1.3-2 钻孔位置示意图（略）

2、岩土层特征

风电场岩土层特征描述如下（略）：

2、环境水腐蚀性分析评价

3、环境土层腐蚀性评价

4、不良地质作用

5、场地稳定性及适宜性评价

场地地形地貌及地层条件较好，可满足风机基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好，适宜作为风电场工程建筑场地。

6、地基适宜性评价

7、基础选型及建议

根据本次勘测揭露的地层情况及类似工程经验，本项目可供选择的桩型有钢管桩或冲(钻)孔灌注桩，应根据上部结构要求和施工条件、经济性等综合选择桩型和桩长。

建议本工程桩基础以 [REDACTED] 作为桩端持力层，且应确保桩端进入持力层一定深度，桩径及桩长需根据垂直向及水平方向受力情况确定，具体的桩基设计参数应以试桩报告为准。

此外，场地浅表层松散的粉砂混淤泥及流塑状淤泥质土抗冲刷能力差，风机塔建成后桩基础周围可能会形成局部冲刷现象。设计应考虑海床冲刷对桩基础稳定的影响，如加强桩基础防护或对桩长设计留有余地。

图 3.1.3-3(a) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3 (b) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(c) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(d) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(e) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(f) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(g) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-3(h) 风电场区钻孔剖面示意图（略）

图 3.1.3-4(a) 风电场区钻孔柱状示意图（略）

图 3.1.3-4(b) 风电场区钻孔柱状示意图（略）

图 3.1.3-4(c) 风电场区钻孔柱状示意图（略）

图 3.1.3-4(d) 风电场区钻孔柱状示意图（略）

图 3.1.3-4(e) 风电场区钻孔柱状示意图（略）

3.1.3.2.2 220kV 海底电缆路由区工程地质

本项目220kV海底电缆路由区工程地质勘察暂未完成，本次引用项目邻近的揭阳神泉一220kV海底电缆路由区的工程地质勘察资料（《国家电投揭阳神泉一400MW海上风电场项目220kV海底电缆路由调查勘测报告（报批稿）》）分析本项目220kV海底电缆路由区的工程地质情况，该报告书于2021年4月16日已通过自然资源部南海局组织的专家评审。神泉一项目与本项目的相对位置关系见下图。

图3.1.3-5 神泉一项目勘察路由与本项目路由位置关系示意图（略）

结合区域地质资料和历史资料，以及工程地球物勘察的初步成果，在路由区布设工程地质勘察站位，勘察内容包括：工程钻探、重力采样、表层沉积物取样，所取得样品安排进行相关的土工测试以及腐蚀性因子测试。对所获取的样品进行现场描述、现场测试以及分样和保存等工作，确保所获取的样品可以满足相应的土工测试以及腐蚀性因子测试。其中沉积物柱状样采集使用重力柱状取样器。按技术要求，沿路由中心测线进行取样，取样间隔约2km。柱状样最多取三次，三次未取到样品时改取表层样，表层样最多取两次。对采集的柱状样进行现场拍照、描述，包括沉积物组成、颜色等，并对细颗粒沉积物进行微型十字板剪切试验。工程地质勘察站位见下图所示：

图3.1.3-6 220kV路由区工程地质勘察站位示意图（略）

本次工程地质调查揭露的地层与浅地层剖面地层相吻合，岩土特性自上而下主要分布有淤泥类土、粉土、粉质粘土、砂土及全风化花岗岩等，钻孔柱状图以ZK03孔和ZK08孔示意，见图3.1.3-6和图3.1.3-7。该区地层岩土特征详细情况如下（略）：


图3.1.3-6 钻孔柱状图示意图（ZK03）（略）

图3.1.3-7 钻孔柱状图示意图（ZK08）（略）

3.1.4 地形地貌

本项目地形地貌资料包括风电场区和220kV主海缆区。

3.1.4.1 风电场厂址区水深地形

根据《国家电投揭阳神泉二350MW海上风电场项目地形测量技术报告》（，2018年4月），中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司联合国家海洋局南海调查技术中心于2018年1月3日至2018年1月23日对风电场区进行海底地形测量，测区为风电场厂址区，比例尺为1:2000。

测量结果显示：测区海底地形较为平坦，坡度大致为0.07%；测区海域水深从西北到东南整体上呈现由浅到深的趋势，最浅区域水深约33.4米，水深最大区域约38.6米，场区平均水深约35.9米。场区水深示意图见下图。

图3.1.4-1 风电场区水深示意图（略）

3.1.4.2 220kV 海底电缆区水深地形

1、海图水深

图 3.1.4-2 220kV 主海缆海图水深地形示意图（略）

收集涉及到本项目 220kV 海底电缆区的海图共四份，分别是《靖海港至神泉港 15151》（中国人民解放军海军海道测量局，中国航海图书出版社发行，2017年5月第4次印刷）、《东山岛至石碑山角 81001》（中华人民共和国海事局，人民交通出版社，2012年12月第1次印刷）、《汕头港至碣石湾 15100》（中国人民解放军司令部航海保证部，中国航海图书出版社出版发行，2013年9月第4次印刷）、《石碑山角至红海湾 82001》（中华人民共和国海事局，人民交通出版社，2012年12月第1次印刷）。

对比四份海图，220kV 主海缆所经过海域的水深从0~35m，穿越10m、20m、30m等深线，四份海图的水深情况基本一致。

2、实测水深

对本项目 220kV 主海缆所经过海域的水深进行测量，测量结果如下：自潮

间带至海上升压站的路由区海底地形整体比较平坦，坡度较小，水深自垂直于海岸线向海一侧逐渐变深，等深线基本平行于海岸线，近岸区附近地形稍有起伏，坡度变化范围在 $1^{\circ} \sim 6^{\circ}$ ，其余路由区域平均坡度约为 1° ，地形变化在 $0\text{m} \sim -36.8\text{m}$ ，最大水深 -36.86m ，平均水深约 27.5m 。路由区地形适合海缆铺设施工。

图 3.1.4-2 220kV 主海缆海图水深剖面总图示意图（略）

3.1.4.3 海床稳定性

风电场区海床稳定性引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场泥沙与海床稳定性分析专题报告》（XXXXXXXXXX，2018 年 7 月）。

第四纪以来，全球性气候剧烈变化而引起世界洋面相应的升降变动，对华南东部陆架的形成和演变有着深刻的影响。华南沿岸分布的海拔 $60\text{-}80\text{m}$ 、 $30\text{-}50\text{m}$ 、 $15\text{-}20\text{m}$ 和 $3\text{-}5\text{m}$ 的四级海成阶地，以及海蚀遗迹的存在，说明南海北部沿岸至少有四次以上规模较大的海陆相对变迁（冯文科，黎维峰，1994）。

- 1 现代海岸线；2 -50 米古海岸线；3 沉溺的古海滩岩；4 树叶化石；
5 溺谷；6 砾石；7 红树抱粉；8 古潟湖；9 古连岛坝
图 3.1.4-3 南海北部陆架地貌沉积分类图（略）

根据工程海域波浪分析成果， $H_{1/10}$ 平均在 1m 左右，大浪可以达到 5m ，超过 4.0 的大浪不多，超过 5.5m 的大浪少见。由此可见，工程海域底质的运动形式主要以跃移和悬移为主，极少以推移的方式运动。

根据海域水文观测资料，大潮实测最大流速为 XXXX m/s ，中潮实测最大流速为 XXXX m/s ，小潮实测最大流速为 XXXX m/s ，均出现在表层。涨、落潮段流速均表现为由表层向底层逐层先增大后减小的分布状态。实测涨、落潮段垂线平均流速分别为 XXXX m/s 和 XXXX m/s ，流速值较小。

综合海域水动力条件可知，工程海域水深大，达到 35m ，导致波浪和潮流作用下的泥沙运动动力条件较弱。

根据 1970 年工程区域海图以及 2017 年工程海域地形测量的成果，绘制出 1970 年-2017 年间场址海域等深线变化图（见图 3.1.4-4），从图上可看出，48 年间工程海域工程区域海床高程以冲蚀为主，但强度不大，冲刷深度平均值为

2m，平均下降 0.04m/a。由于工程海域缺少中间年份的海图资料，进一步收集了本项目周边近岸海域有不同年份的测图地形，用于海床演变分析。图 3.1.4-5 为靖海港邻近海域 2007-2008 年测图地形与 2011 年测图地形等高线比较，等深线在 27m 以深海域的差别较小，图 3.1.4-6 为海门湾邻近海域 2003 年测图地形与 2012 年测图地形等深线比较，等深线在 18m 以深海域的差别就已非常小，由此初步判断，近 15 年来工程周边海域地形变化不大，海床基本稳定。

图 3.1.4-4 1970 年-2017 年间场址海域等深线变化图（略）

图 3.1.4-5 靖海港邻近海域不同年份海图地形比较（略）

图 3.1.4-6 海门湾邻近海域不同年份海图地形比较（略）

3.1.4.4 登陆点附近陆域地形地貌

本项目海底电缆登陆于惠来县前詹镇港寮湾砂质岸线，路由勘察工作暂未完成，登陆点附近地形地貌未进行测量，本报告以 2017 年 4 月和 2009 年 8 月的 Google earth 遥感影像进行说明。本项目海底电缆登陆于沙滩，登陆段避开了礁石，对比广东省 2008 年公布岸线，实际登陆点相比公布法定岸线向海一侧移动，法定岸线上现有鲍鱼场建设。

对比两份遥感影像图，相比 2009 年 8 月，2017 年登陆点附近的沙咀明显缩小，海湾明显扩大，实际岸线明显后移，有关礁石明显露出，说明 2009—2017 年间，登陆点所在海域为冲刷状态。现场踏勘显示，登陆点附近有较多鲍鱼养殖场，鲍鱼养殖场排水为直排模式，养殖废水直接排到沙滩上，沙滩上遍布冲刷沟（图 3.1.4-8），虽然养殖户在沙滩上建有挡浪墙，但在恶劣海况下常被冲毁。

（2017 年 4 月遥感图）

（2009 年 8 月遥感图）

图 3.1.4-7 登陆点处遥感示意图（略）



图 3.1.4-8 登陆点附近沙滩现状示意图

3.1.5 地震

区域范围内记录到 $M_s \geq 4.7$ 破坏性地震 24 次，其中 7.0~7.9 级地震 2 次，6.0~6.9 级地震 8 次，5.0~5.9 级地震 8 次；4.7~4.9 级地震 6 次。区域范围内的地震活动表现出东北强西南弱的分区特征，以练江平原为界，西南地区地震活动较弱，仅有零星中强地震分布，东北地区是区域内破坏性地震主要分布区，且相对集中分布于潮汕盆地中的韩江和榕江平原地区以及滨海断裂上。现代微震震中分布显示与强震活动同样特征。根据地震统计成果，距场址 40 公里外地震活动水平较高，但厂址 25km 范围内地震活动较弱。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，风电场址北面陆域的神泉镇 II 类场地条件下 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.10g，对应的地震基本烈度均为 VII 度。国家标准《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 是对陆域地震动峰值加速度进行的分区，海域地震动参数目前还没有相应的划分。考虑到拟建风电场场地位于神泉镇附近的海域，建议神泉二期风电场 II 类场地条件下 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度按 0.10g 考虑，对应的地震基本烈度均为 VII 度，地震动加速度反应谱特征周期按 0.40s 考虑。

结合勘测成果，拟建风电场地段的场地类别属 IV 类，按《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015) 附录 E 中地震动峰值加速度调整系数表和表 1 场地基本地震动加速度反应谱特征周期调整表，建议风电场 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度按 0.12g 考虑，对应的地震基本烈度均为 VII 度，地震动加速度反应谱特征周期按 0.75s 考虑。

3.1.6 主要海洋自然灾害

本项目所在位置地处华南暴雨中心，年降雨量大且集中，因而洪涝较多；由于地处南海，热带气旋较多。本海域海洋灾害主要有热带气旋、雷暴等。

1、热带气旋

影响场址的灾害性天气系统主要有热带气旋、暴雨以及强对流天气带来的龙卷、雷击和短时雷雨大风。其中，热带气旋强度大，频率高、灾害重，是影响工程设计、建设和营运最具威胁的自然灾害之一。据研究，该地区的致灾大风也几乎由热带气旋天气系统造成。影响本海域的热带气旋有两类，一类是来自西太平洋的热带气旋，另一类是在南海生成的热带气旋（又称南海台风）。

以本工程海上风电场为中心，设置一个半径 150km 的圆形区域为本报告的工程海域历史台风统计研究区域。

根据 CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集，1949~2017 年间共有 117 个热带气旋中心经过研究区域，年平均为 1.7 个；最多的如 1999 年有 5 个热带气旋进入该区域；无热带气旋进入该区域的年份有 8 年。年际、年代际变化显著，呈现出周期性变化的形态。其中，上世纪 60 年代为热带气旋活动高发期，共有 21 个热带气旋影响本工程海域；其次为上世纪 70 年代，有 19 个热带气旋进入本工程海域；进入本世纪后，本工程海域内的热带气旋活动基本保持平稳，但出现频数较上世纪 60、70 年代的高峰期显著回落。

从年内月季分布看，在全年的 5~12 月均有出现。其中，8004 号热带气旋出现时间最早，为 5 月 23 日；7427 号强热带风暴出现时间最晚，为 12 月 2 日。大部分热带气旋集中出现在 7~9 月，并在 8 月达到全年热带气旋活动的最高峰，占全年的 27.4%，7 月为全年热带气旋活动次高峰，占 24.8%。

1949-2017 年间中心经过研究区域的热带气旋涵盖了从热带低压到超强台风的全部强度等级。以进入研究区域内的最大 2min 风速进行统计，台风（TY）出现频率最高，占比达 29.5%；其次是强热带风暴（STS），占比为 26.7%；再次是热带风暴（TS），占比为 19.0%。而台风及其以上强度等级样本总计占比近 39%，比例可观。此外，强烈的冬季寒潮大风和热带气旋还可以引起巨浪，将会对风机基础造成巨大的载荷，同时将引起海底泥沙骤冲骤淤。

2013年第19号超强台风“天兔”于2013年9月17日02时在菲律宾以东的西北太平洋洋面上生成。9月22日19时40分，强台风天兔的中心在中国广东省汕尾市南部沿海登陆，登陆时中心附近最大风力14级（45米每秒），中心最高持续风速每小时162公里，登陆后继续西北行深入内陆进一步减弱。据广东省民政厅统计，截至2013年9月24日17时，受“天兔”影响造成的全省死亡人数为29人。其中汕尾市16人（陆丰5人、海丰3人、城区1人、中铁11局工人7人），汕头6人（濠江区3人、澄海市1人濠江区3人、潮阳区2人），潮州市2人（潮安区1人、枫溪区1人），揭阳市惠来县3人，河源市紫金县1人，惠州1人惠东县1人。共有922.96万人受灾，因灾失踪1人，已造成直接经济损失177.6亿元人民币。

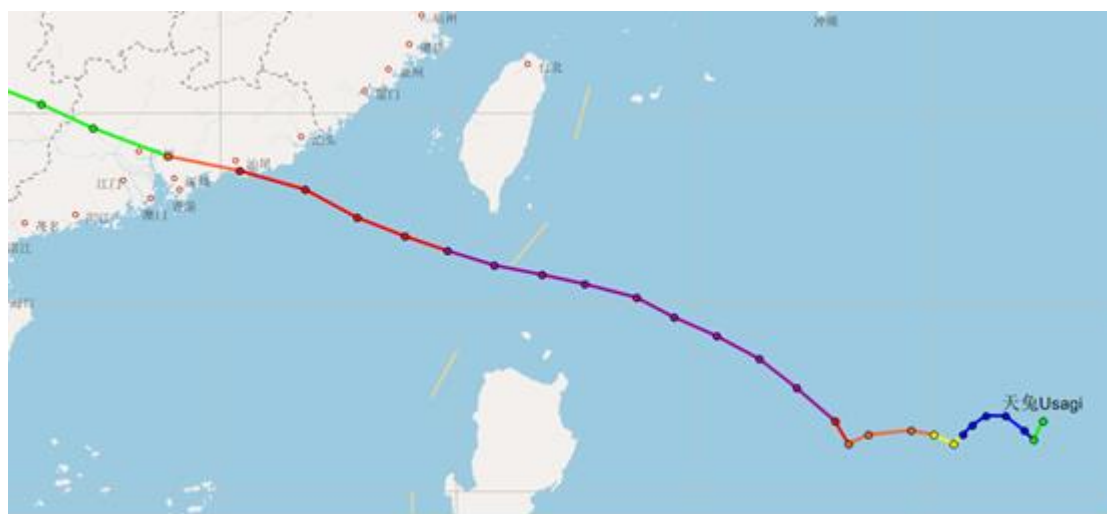


图3.1.6-1 2013年第19号超强台风“天兔”

2014年第7号热带风暴“海贝思”为2014年太平洋台风季第七个被命名的风暴。2014年6月11日，一个低压区在海南岛东南方海面上生成，6月15日，海贝思开始稳定向北移动，时速10公里。下午4时50分，中央气象台表示海贝思于广东省汕头市濠江区河浦镇登陆。晚上8时，中央气象台将其降格为热带低气压。晚上9时，联合台风警报中心对其发出最后警报。受“海贝思”影响，粤东汕头市、揭阳市、潮州市、汕尾市15日均降大暴雨。截至2014年6月18日统计，此次灾害造成广东省和福建省2省8市19个县市区35.6万人受灾，3.7万人紧急转移安置，近5500人需紧急生活救助，200余间房屋倒塌，600余间不同程度损坏；农作物受灾面积23.1千公顷，其中绝收近900公顷，直接经济损失8.1亿元。

2015年第10号台风“莲花”为2015年登记的第10个热带气旋。2015年7月2日20时，莲花在菲律宾以东的西北太平洋的洋面上生成。2015年7月4日早晨，莲花加

强为强热带风暴。2015年7月8日20时，莲花加强为台风。“莲花”于2015年7月9日12时15分在广东省陆丰市甲东镇沿海地区登陆，登陆后继续向偏西方向移动，登陆时中心附近最大风力有12级，中心最低气压为970百帕。2015年7月10日5时，中央气象台对其停止编号。受“莲花”影响，9日，粤东沿海市县及海面已出现9级~12级，阵风14级~15级的大风，揭阳市惠来岐石镇录得全省最大阵风47.5米/秒(15级)，陆丰陂洋镇录得最大平均风34.3米/秒(12级)。汕头、潮州、揭阳、汕尾和丰顺出现暴雨到大暴雨。据全省气象站网监测，8日17时至9日17时，全省共有75个气象站录得100毫米~250毫米的大暴雨，有120个气象站录得50毫米~100毫米暴雨，有82个气象站录得25毫米~50毫米大雨。据统计，广东有165.17万人受灾，5.6万人紧急转移安置，288间房屋倒塌，46.5千公顷农作物受灾，直接经济损失12.99亿元。

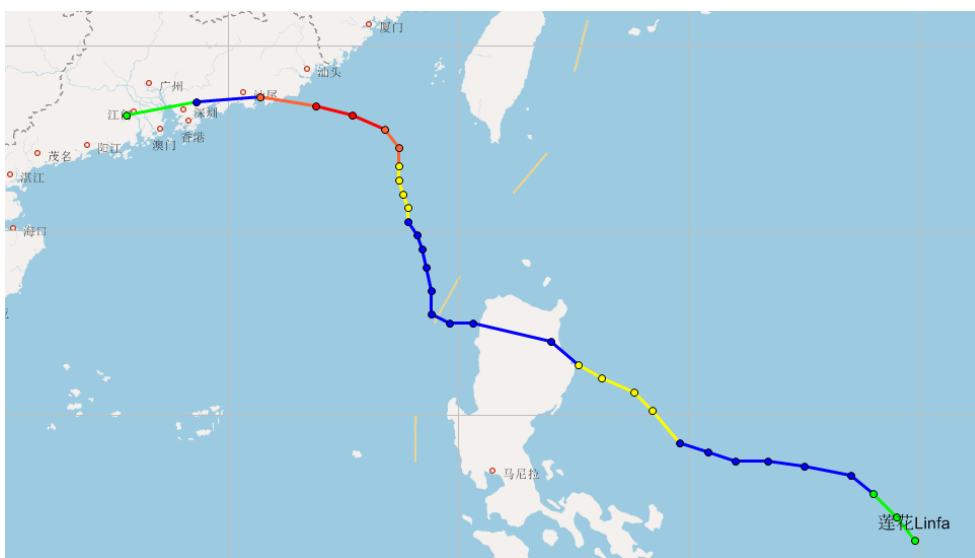


图3.1.6-2 2015年第10号台风“莲花”

2016年第4号台风“妮妲”为2016年登记的第4个热带气旋，2016年7月30日17时起编，8月3日8时停编，2016年8月2日凌晨3时35分，在广东省深圳市大鹏半岛登陆，影响到海南、广东、广西区域。受“妮妲”的影响，8月1日上午到2日中午，福建省厦门至广东省汕头沿海出现30到60厘米的风暴增水，广东省汕尾到惠州沿海将出现50到120厘米的风暴增水。

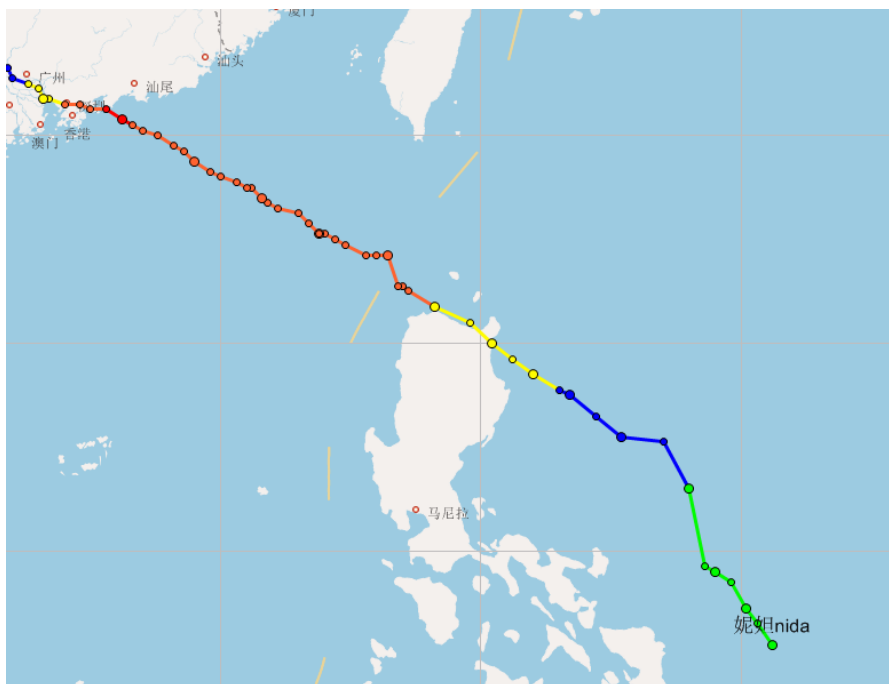


图3.1.6-3 2016年第4号台风“妮妲”

2016年22号超强台风“海马”，10月19日深夜登陆吕宋岛，20日白天进入南海东北部并减弱为强台风，而后在接近华南的期间继续减弱。21日12:40，“海马”以台风强度（38米每秒、970百帕）在汕尾市海丰县鲘门镇沿海地区登陆，而后继续北上深入内陆。

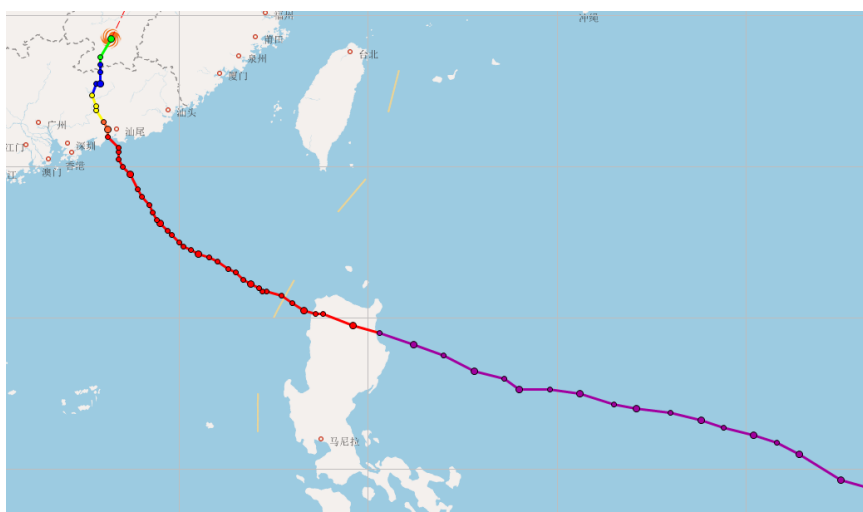


图 3.1.6-4 2016年22号超强台风“海马”

2017年第16号强热带风暴“玛娃”2017年登记的第16个热带气旋，2017年9月3日21时30分前后，“玛娃”在广东省汕尾市陆丰市登陆，影响到本工程所在海域。

2019年有影响的台风有2个，1907号台风“韦帕”和1911号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现6-7级、阵风9-10级的大风。

2020年有影响的台风有2个，06号台风“米克拉”和07号台风“海高斯”，给惠来县带来暴雨，但未造成直接经济损失。

2、雷暴

暴雨是指日量 ≥ 50 毫米的强降水过程，日雨量 ≥ 100 毫米为大暴雨；日雨量 ≥ 250 毫米为特大暴雨。近年来惠来县雷击灾害时有发生，对供电设施（变压器）、家用电器（电脑、电视机）、人畜等造成过危害。根据惠来县气象站多年统计成果，1956~2012年，惠来年平均雷暴日数54d。

3、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。影响工程水域的台风平均每年出现2次左右，多出现于7~9月。

影响风暴增水的因子主要是风和气压，而在北半球，风从所有方向螺旋式的向台风中心吹，形成绕台风中心的逆时针方向的总环流，最大风速出现在沿着台风前进路径方向的右边。因此，台风登陆的地点不同，风电场在台风中处的位置也不同，所受到的风的作用也不相同，这直接影响到风暴产生的正负增水的大小。

台风风暴潮是由强烈的大气扰动而引起的水位异常升降现象。观测的潮位通常为天文潮、风暴潮、海啸及其它长波振动引起海面变化的综合特征。场址所在的海域是粤东地区，面临南海受南海潮汐的影响，在夏天是受台风侵袭频繁的地区，平均每年有2~3个台风较为严重地影响该地区。热带气旋带来风暴潮位增高的灾害，据1979~2007年间登陆粤东沿海的台风风暴潮资料统计，产生显著的风暴潮增水共29次，平均每年约1次。历史上该地区受到较为严重影响的年份有1922年、1969年、2001年等，附近的海门镇的历史风暴潮水位是1922年的风暴潮为历史调查第一，其实测的是2001年第二，1969年为第三。如果从破坏及受灾影响来讲是1969年的6903号台风最大。海门站各级风暴增水情况如表3.1.6-1所示。

表 3.1.6-1 海门站多年各等级风暴增水（ ΔH ）统计

增水 (ΔH)	$\Delta H > 100$ (cm)	$\Delta H > 150$ (cm)	$\Delta H > 200$ (cm)	实测极值 (建站~2007年)	
				增水 cm	潮位 cm
海门站	19	8	1	219	262
次/年	0.83	0.35	0.04	0104 台风	0104 台风

注：本表潮位基面为珠江基面；最高潮位和最大增水值单位为 cm。

3.1.7 海水水质现状调查与评价

3.1.7.1 监测时间及站位

国家海洋局南海调查技术中心分别于 2017 年 10 月 20 日~2017 年 11 月 7 日(秋季)和 2018 年 3 月 20 日~2018 年 3 月 29 日(春季)租用渔船粤珠渔 30006 进行调查。在本项目附近海域进行海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等的监测。

两季调查的海上采样工作均由国家海洋局南海调查技术中心完成,有部分样品的测试项目由广州分析测试中心测试协助完成,海洋生物生态、渔业资源和海洋生物质量的检测工作由国家海洋局南海调查技术中心委托中国水产科学研究院南海水产研究所完成。

以上两次外业调查在调查范围内设水质调查站位 40 个,沉积物站位 20 个,海洋生物生态和渔业资源调查站位各 24 个,按照均匀分布,重点代表的原则布置。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直,均匀布设。具体站位详见表 3.1.7-1,分布图见图 3.1.7-1。

原《论证报告书》引用 2017 年秋季和 2018 年春季的调查资料对项目所在海域的生态环境现状进行分析。截止目前,2017 年秋季的调查资料已经超过 3 年有效期。因此,论证单位委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2021 年 11 月进行一次秋季补充调查。2021 年 11 月外业调查在调查范围内设水质调查站位 20 个,沉积物站位 10 个,海洋生物生态和渔业资源调查站位各 12 个,潮间带站位 3 个。按照均匀分布,重点代表的原则布置。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直,均匀布设。具体调查站位详见表 3.1.7-2,分布图见图 3.1.7-3。

本报告书引用 2018 年 3 月(春季)的调查资料和 2021 年 11 月(秋季)的调查资料进行分析。

表 3.1.7-1 2018 年 3 月调查站位表

站号	东经	北纬	调查内容
1	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
2	██████	██████	水质
3	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
4	██████	██████	水质
5	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
6	██████	██████	水质
7	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
8	██████	██████	水质
9	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
10	██████	██████	水质
11	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
12	██████	██████	水质
13	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
14	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
15	██████	██████	水质
16	██████	██████	水质
17	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
18	██████	██████	水质、生态、渔业资源、生物质量
19	██████	██████	水质
20	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
21	██████	██████	水质
22	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
23	██████	██████	水质、生态、渔业资源、生物质量
24	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
25	██████	██████	水质
26	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
27	██████	██████	水质
28	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
29	██████	██████	水质
30	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
31	██████	██████	水质
32	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
33	██████	██████	水质
34	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
35	██████	██████	水质
36	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
37	██████	██████	水质、生态、渔业资源、生物质量
38	██████	██████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量

站号	东经	北纬	调查内容
39	████████	████████	水质、生态、渔业资源、生物质量
40	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量

图 3.1.7-1 2018 年 3 月调查站位图（略）



图 3.1.7-2 2018 年 3 月调查使用船只

表 3.1.7-2 2021 年 11 月调查站位表

站号	东经	北纬	调查项目
1	████████	████████	水质
2	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
3	████████	████████	水质、生态、渔业资源、生物质量
4	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
5	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
6	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
7	████████	████████	水质
8	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
9	████████	████████	水质
10	████████	████████	水质
11	████████	████████	水质
12	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
13	████████	████████	水质、生态、渔业资源、生物质量
14	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量

站号	东经	北纬	调查项目
15	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
16	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
17	████████	████████	水质
18	████████	████████	水质、沉积物、生态、渔业资源、生物质量
19	████████	████████	水质
20	████████	████████	水质
C1	████████	████████	潮间带
C2	████████	████████	潮间带
C3	████████	████████	潮间带

图 3.1.7-3 2021 年 11 月调查站位图（略）

3.1.7.2 采样时间和频次

1.春季调查

根据现场水深决定采样层次，当水深<10m 时，只采取表层样；当 10m≤水深<25m 时，采表层和底层水样；当水深≥25m，采表层、10m 层和底层共三层水样。其中表层为距表面 0.5m，底层为离底 1.0m~2.0m。

2.秋季调查

水深≤10m，采表层；10m<水深≤25m，采用表、底两层；25m<水深≤50m，采用表层为距表面 0.5m，中层为离底部 0.6h(h 为水深)，底层为离底 2.0m；>50m 取表层、10m、30m 和底层。

3.1.7.3 调查项目及采样分析方法

共调查 22 项，包括：水深、pH、盐度、水温、悬浮物、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD_{Mn})、油类、重金属(总汞、铜、铅、锌、镉、砷、铬)、营养盐(NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P)、挥发酚、硫化物、透明度。

采样和分析方法按《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋监测技术规程 第 1 部分：海水》(HY/T 147.1-2013)进行，见表 3.1.7-3。

表 3.1.7-3 (1) 春季水质监测项目分析方法一览表

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法	检出限
----	------	---------------	--------	-----

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	样品测定方法	检出限
1	水深	现场测定	1.1.1 GB/T 12763.2/4.8-2007 1.1.2 水深测量	——
2	水温	现场测定	GB/T 12763.2/5-2007 水温观测	——
3	盐度	实验室测定	GB 17378.4/29.1-2007 盐度计法	——
4	溶解氧	加 1 ml MnCl ₂ 和 1 ml 碱性碘化钾	GB17378.4/31-2007 碘量法	——
5	pH	现场测定	GB17378.4/26-2007 pH 计法	——
6	铵盐	现场用 0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤、测定或过滤后-20°C冷冻可保存 7d	HY-T 147.1/9.1-2013 流动分析法	1.08μg/L
7	亚硝酸盐		HY-T 147.1/7.1-2013 流动分析法	0.35μg/L
8	硝酸盐		HY-T 147.1/8.1-2013 流动分析法	0.60μg/L
9	磷酸盐		HY-T 147.1/10.1-2013 流动分析法	0.72μg/L
10	化学需氧量 (COD _{Mn})	现场测定	GB17378.4/32-2007 碱性高锰酸钾法	——
11	悬浮物	用 0.45μm, φ47mm 微孔滤膜过滤	GB17378.4/27-2007 重量法	——
12	汞 (Hg)	加 HSO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/5.1-2007 原子荧光法	0.007μg/L
13	砷 (As)	用 0.45μm, φ47mm 微孔滤膜过滤加 HSO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/11.1-2007 原子荧光法	0.5μg/L
14	总铬 (Cr)		GB17378.4/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
15	铜 (Cu)	用 0.45μm, φ47mm 微孔滤膜过滤加 HNO ₃ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/6.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
16	铅 (Pb)		GB17378.4/7.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
17	镉 (Cd)		GB17378.4/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
18	锌 (Zn)		GB17378.4/9.1-2007 火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
19	石油类	加 2ml (1+3) 硫酸固定, 避光保存	GB17378.4/13.2-2007 紫外分光光度法	3.5μg/L
20	透明度	现场测定	GB/T12763.2/10-2007 海水透明度、水色和海发光观测	——
21	挥发酚	加 H ₃ PO ₄ 至 pH<4, 每升水样加 2g 硫酸铜固定, 避光低温冷藏	GB17378.4/19-2007 4-氨基安替比林分光光度法	1.1μg/L
22	硫化物	每升水样加 1ml 乙酸锌溶液 (50g/L)	GB17378.4/18.1-2007 亚甲基蓝分光光度法	0.2μg/L

表 3.1.7-3 (2) 秋季水质监测项目分析方法一览表

序号	项目	执行标准	检测方法	仪器设备	检出限
1	海水温度	GB 17378.4-2007	25.1 表层水温表法	SWL1-1 表层水温表	——
2	海水盐度		29.1 盐度计法	HWYDA-1 盐度计	——
3	透明度		22 透明圆盘法	透明度盘	——

序号	项目	执行标准	检测方法	仪器设备	检出限
4	水深	GB/T 12763.2-2007	4.8 水深测量	SM-5A 手持测深仪	——
5	pH	GB 17378.4-2007	26 pH 计法	PHSJ-3F 实验室 pH 计	——
6	溶解氧		31 碘量法	数显滴定仪	——
7	化学需氧量		32 碱性高锰酸钾法	数显滴定仪	——
8	油类		13.2 紫外分光光度法	UV-2800 型紫外可见分光光度计	2.85μg/L
9	悬浮物		27 重量法	BS224S 电子天平	——
10	硫化物		18.1 亚甲基蓝分光光度法	UV-2350 紫外可见分光光度计	0.2μg/L
11	硝酸盐		38.1 镉柱还原法	UV-2350 紫外可见分光光度计	5.0 μg/L
12	亚硝酸盐		37 萘乙二胺分光光度法		0.5 μg/L
13	氨		36.2 次溴酸盐氧化分光光度法		5.0 μg/L
14	无机磷		39.1 磷钼蓝分光光度法		1.4 μg/L
15	锌		9.2 阳极溶出伏安法	797 VA Computrace 伏安极谱仪	0.1μg/L
16	镉		8.2 阳极溶出伏安法		0.05μg/L
17	铜		6.2 阳极溶出伏安法		0.10μg/L
18	铅		7.2 阳极溶出伏安法		0.12μg/L
19	汞		5.1 原子荧光法	AFS-8330 原子荧光光度计	0.003μg/L
20	砷		11.1 原子荧光法		0.06μg/L
21	挥发性酚		19 4-氨基安替比林分光光度法	UV-2600 紫外可见分光光度计	1.1μg/L
22	总铬		10.1 无火焰原子吸收分光光度法	204Z AA 无火焰原子吸收分光光度计	0.4μg/L

3.1.7.4 评价标准及方法

根据评价海域的特征和《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（2012年12月），本次评价执行《中华人民共和国海水水质标准》（GB 3097-1997），见表3.1.7-4，以各站位所处的功能区的管理要求来确定评价标准，部分站位以位于领海以外，不在区划标准范围之内，统一以一类标准进行评价。2018年3月的站位具体见表3.1.7-5和图3.1.7-4；2021年11月的站位具体见表3.1.7-6和图3.1.7-5。

表 3.1.7-4 海水水质标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的0.2pH单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的0.5pH单位	

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
2	溶解氧>	6	5	4	3
3	化学需氧量 (COD _{Mn}) ≤	2	3	4	5
4	无机氮 (以 N 计) ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
5	活性磷酸盐 (以 P 计) ≤	0.015	0.030		0.045
6	总汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
7	镉≤	0.001	0.005	0.010	
8	铅≤	0.001	0.005	0.010	0.050
9	砷≤	0.020	0.030	0.050	
10	铜≤	0.005	0.010	0.050	
11	锌≤	0.020	0.050	0.10	0.50
12	石油类≤	0.05		0.30	0.50
13	挥发酚≤	0.005		0.010	0.050
14	总铬≤	0.05	0.10	0.20	0.50
15	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
16	硫化物 (以 S 计) ≤	0.02	0.05	0.10	0.25

注：单位均为 mg/L (pH 除外)；无机氮为亚硝酸盐、硝酸盐和铵盐的和。

图 3.1.7-4 2018 年 3 月各站位所处的海洋功能区图 (略)

表 3.1.7-5 2018 年 3 月各站位所处的海洋功能区管理要求 (略)

图 3.1.7-5 2021 年 11 月各站位所处的海洋功能区图 (略)

表 3.1.7-6 2021 年 11 月各站位所处的海洋功能区管理要求 (略)

2、评价方法

根据监测结果，采用单项指数法对水质现状进行评价。

① 单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数

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

式中：S_{i,j}—i 污染物在 j 点的污染指数；

C_{i,j}—i 污染物在 j 点的实测浓度，mg/L；

C_{s,j}—i 污染物的评价标准，mg/L。

② DO 的标准指数为:

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

$$S_{DO,j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad DO_f < DO_s$$

$$DO_f = 468 / (31.6 + T)$$

式中: DO_s —溶解氧的海水水质标准, mg/L;

DO_j —j 点的溶解氧, mg/L;

DO_f —饱和溶解氧浓度, mg/L;

③ pH 的标准指数为:

$$SpH = \frac{|pH - pHsm|}{DS}$$

$$\text{其中: } pHsm = \frac{pHsu + pHsd}{2}, \quad DS = \frac{pHsu - pHsd}{2}$$

式中: SpH —评价因子的质量指数;

pH —测站评价因子的实测值;

$pHsu$ —pH 评价标准的上限值;

$pHsd$ —pH 评价标准的下限值;

水质参数的标准指数 > 1, 表明该水质参数超过了规定的水质标准。

3.1.7.5 水质调查结果及统计

1、2018 年 3 月春季水质调查结果及统计

本次调查共 40 个站位, 各调查要素统计结果见表 3.1.7-7。各水质要素的分布特征如下: (略)

2、2021 年 11 月秋季水质调查结果及统计

本次调查共 20 个站位, 各调查要素统计结果见表 3.1.7-8。各水质要素的分布特征如下: (略)

表 3.1.7-7 2018 年春季水质调查结果统计表 (略)

表 3.1.7-8 2021 年秋季水质调查结果统计表（略）

3.1.7.6 水质调查结果评价

1、春季水质调查结果评价

以各站位所处的海洋功能区的环境保护要求进行评价，各水质调查要素评价结果见表 3.1.7-9，评价分析如下。

本次调查，各站位水质的 pH 值，溶解氧、 COD_{Mn} 、油类、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、镉、砷、总铬、汞和硫化物的质量浓度均符合其所处的海洋功能区的环境保护要求。

部分站位样品的锌、挥发酚的质量浓度超出其所处的海洋功能区的环境保护要求，超标率分别为 9.01% 和 2.68%。19 号站表层水样、20 号站底层水样、24 号站 10m 层、25 号站的表层和 10m 层、29 号站的表层和底层、33 号站的 10m 层和底层、38 号站的 10m 层的锌质量浓度超出其所处的海洋功能区的环境保护要求（第一类海水水质标准），符合第二类海水水质标准；3 号站位 10m 层、7 号站位底层、14 号站表层水样的挥发酚质量浓度超出其所处的海洋功能区的环境保护要求（第一类海水水质标准），符合第三类海水水质标准。

2、秋季水质调查结果评价

水质评价以各站位所处的海洋功能区的环境保护要求进行评价，各水质调查要素评价指数结果见表 3.1.7-10~表 3.1.7-12，评价分析如下。

所有调查站位表、中和底层的海水 pH、DO、COD、无机氮、无机磷、汞、砷、镉、铜、铬、油类、硫化物、挥发酚等 13 项调查因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且上述调查因子的含量均达到一类海水水质标准；部分站位锌和大部分站位铅的单项标准指数大于 1，超出所在海域海洋功能区划水质要求，超出一类海水水质标准，但均符合二类海水水质标准。

表层样品：表层海水锌含量的标准指数均小于 1，符合所在海域海洋功能区划水质要求，且达到一类海水水质标准；大部分站位的表层海水铅含量含量的单项标准指数大于 1，超出所在海域功能区划水质要求，超标率为 80.0%

(16/20)，超标站位主要位于神泉海洋保护区和前詹海洋保护区内、珠海-潮州近海农渔业区及其外海海域；但位于田尾山-石碑山农渔业区、前詹港口航运区、靖海港口航运区和神泉特殊利用区内的站位（1、3、5 和 20 号站位）的铅含量均符合所在海域海洋功能区划水质要求。

中层样品：有 2 个站位（6 和 11 号站位）中层海水锌含量的单项标准指数大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 14.3%（2/14）；所有站位的中层海水铅含量的单项标准指数大于 1，超出所在海域功能区划水质要求，超标率为 100.0%（14/14），超标站位主要位于珠海-潮州近海农渔业区及其外海海域。

底层样品：有 1 个站位（6 号站位）底层海水锌含量的单项标准指数均大于 1，超出其所在海域海洋功能区划水质要求，站位超标率为 5.0%（1/20）；大部分站位铅含量的单项标准指数大于 1，超出所在海域功能区划水质要求，超标率为 80.0%（16/20），超标站位主要位于神泉海洋保护区和前詹海洋保护区内、珠海-潮州近海农渔业区及其外海海域；但位于田尾山-石碑山农渔业区、前詹港口航运区、靖海港口航运区和神泉特殊利用区内的站位的铅含量均符合所在海域海洋功能区划水质要求。

表 3.1.7-9 2018 年春季水质调查结果评价指数表（略）

表 3.1.7-10 2021 年秋季调查各评价因子单项标准指数（表层）（略）

表 3.1.7-11 2021 年秋季调查各评价因子单项标准指数（中层）（略）

表 3.1.7-12 2021 年秋季调查各评价因子单项标准指数（底层）（略）

3.1.8 海洋沉积物现状调查与评价

3.1.8.1 调查站位

因 2017 年秋季调查的沉积物数据已过期，论证单位委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2021 年 11 月进行一次秋季补充调查。本次外业调查在论证

范围内设沉积物调查站位 10 个，调查站位图及站位表见图 3.1.7-3 和表 3.1.7-2。

3.1.8.2 调查时间

2017 年 11 月进行。用 0.05m² 的抓泥斗采表层沉积物样品。

3.1.8.3 调查项目

调查 15 项，包括粒度、pH、温度、氧化还原电位、石油类、硫化物、汞、砷、铜、铅、镉、铬、锌、有机碳、含水率等。

3.1.8.4 调查项目分析方法

沉积物样品的采取和分析方法按《海洋监测规范》(GB17378—2007) 和《海洋调查规范》(GB/T12763—2007) 的要求进行。

表 3.1.8-1 沉积物项目分析方法一览表

序号	监测项目	保存方法	样品测定方法	检出限 10 ⁻⁶
1	硫化物	1ml 乙酸锌固定	GB17378.5/17.3 碘量法	4.0×10 ⁻⁶
2	总汞 (Hg)	聚乙烯袋装，冷藏避光保存	GB17378.5/5.1-2007 原子荧光法	0.006×10 ⁻⁶
3	铜 (Cu)		GB17378.5/6.2 火焰原子吸收分光光度法	2.0×10 ⁻⁶
4	铅 (Pb)		GB17378.5/7.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	1.0×10 ⁻⁶
5	镉 (Cd)		GB17378.5/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.04×10 ⁻⁶
6	锌 (Zn)		GB17378.5/9-2007 火焰原子吸收分光光度法	6.0×10 ⁻⁶
7	石油类		GB17378.5/13.2-2007 紫外分光光度法	2.9×10 ⁻⁶
8	有机碳		GB17378.5/18.1-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法	0.03%
9	铬 (Cr)		GB17378.5/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10 ⁻⁶
10	砷		GB17378.5/11.1-2007 原子荧光法	0.12×10 ⁻⁶
11	pH		现场测定	GB/T12763.8/6.7.2-2007 电位法
12	粒度	聚乙烯袋装，常温保存	GB/T12763.8/6.3-2007 沉积物粒度分析	—
13	含水率	聚乙烯袋装，冷藏避光保存	GB17378.5/19-2007 重量法	—
14	氧化还原电位	现场测定	GB17378.5/20-2007 电位计法	—
15	温度	现场测定	温度计法	—

3.1.8.5 评价标准及方法

1、评价方法

沉积物现状评价采用单项指数法进行，其指数计算方法如下：

$$Q_j = \frac{C_j}{C_o}$$

式中：Cj — 评价因子实测值

Co — 评价因子的评价标准值

Qj — j 站评价因子的质量分指数

Qj≤1 属清洁；

Qj>1 属污染；

2、评价标准

根据评价海域的特征和《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年 12 月），本次评价执行《中华人民共和国国家标准海洋沉积物质量》（GB 18668-2002），见表 3.1.8-2，以各站位所处的功能区的管理要求来确定评价标准，部分站位以位于领海以外，不在区划标准范围之内，统一以一类标准进行评价。

表 3.1.8-2 海洋沉积物质量

序号	项目		第一类	第二类	第三类
1	硫化物≤	×10 ⁻⁶	300	500	600
2	铜≤		35	100	200
3	铅≤		60	130	250
4	锌≤		150	350	600
5	镉≤		0.5	1.5	5.0
6	汞≤		0.2	0.5	1.0
7	砷≤		20	65	93
8	石油类≤		500	1000	1500
9	总铬		80	150	270
10	有机碳≤	10 ⁻²	2.0	3.0	4.0

3.1.8.6 沉积物调查结果及分析

1、沉积物粒度调查结果及分析

本次调查，各站位沉积物粒度分析结果见表 3.1.8-3。

本次调查各站位均无砾石；各站砂的百分含量变化范围是

表 3.1.8-3 沉积物粒度分析结果统计表（略）

2、沉积物化学调查结果及分析

本次沉积物调查结果统计表见表 3.1.8-4。（略）

表 3.1.8-4 沉积物化学调查结果统计表（略）

3、沉积物化学调查结果评价

本次沉积物调查结果评价统计价值统计表见表 3.1.8-5。

本次调查沉积物中的有机碳、硫化物、油类、铜、铅、锌、镉、铬、砷和总汞的质量分数均符合其所在功能区的管理要求，且均符合第一类沉积物质量标准。

表 3.1.8-5 本次沉积物调查结果评价指数统计表（略）

3.1.9 海洋生物质量现状调查及评价

因 2017 年秋季调查的海洋生物质量数据已过期，论证单位委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2021 年 11 月进行一次秋季补充调查。本次外业调查在论证范围内设沉积物调查站位 10 个，调查站位图及站位表见图 3.1.7-3 和表 3.1.7-2。

本报告书引用 2018 年 3 月春季和 2021 年 11 月秋季的调查资料进行海洋生物质量现状分析。

3.1.9.1 调查方法

1、样品采集

春季调查，在 1、3、5、7、9、11、13、14、17、18、20、22、23、24、26、28、30、32、34、36、37、38、39、40 号站共计 24 个站位集 3 种鱼类、1 种蟹类和 3 种头足类生物样品共 7 个种类 35 个样品，所采种类分别为长体蛇鲻、艾氏蛇鳗、前鳞骨鲻、逍遥馒头蟹、曼氏无针乌贼、针乌贼和剑尖枪乌贼。具体站位详见表 3.1.7-1，分布图见图 3.1.7-1。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。样品采集由国家海洋局南海调查技术中心完成，生物种类样品鉴定由中国水产科学院南海水产所完成，生物质量测定由广东省绿色产品认证检测中心有限公司（以下简称绿检中心）完成。

秋季调查，在 2、3、4、5、6、8、12、13、14、15、16、18 号站共计 12 个站位采集 6 种鱼类、1 种虾类、2 种蟹类、1 种虾蛄类、3 种软体类（含 1 种螺类）生物样品共 13 个种类 19 个样品，所采种类分别为红星梭子蟹、口虾蛄、龙头鱼、大头白姑鱼、中国枪乌贼、褐篮子鱼、二长棘鲷、淡鳍兔头鲈、逍遥馒头蟹、白带琵琶螺、四耳乌贼、网纹裸胸鳝、宽突赤虾。具体调查站位详见表 3.1.7-2，分布图见图 3.1.7-3。样品经冷冻保存后带回实验室进行分析测定。样品采集和测试均由国家海洋局南海调查技术中心委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站完成。

2、检测和分析方法

测定项目包括铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、汞（Hg）、砷（As）、铬（Cr）和石油烃（TPHs），各项目的测定方法（表 3.1.9-1）参照海洋监测规范-第 6 部分：生物体分析（GB17378.6-2007）。

表 3.1.9-1 海洋生物质量各检测项目的测定方法与检出限

检测参数	分析方法	检验方法标准	检出限(mg/kg)	
			春季调查	秋季调查
Cu	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007/6.1	0.40	0.4
Pb	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007/6.1	0.04	0.04
Zn	火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007/9.1	0.4	0.4
Cd	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007/6.1	0.01	0.005
Cr	无火焰原子吸收分光光度法	GB 17378.6-2007/10.1	春季未测	0.04
Hg	原子荧光法	GB 17378.6-2007/5.1	0.002	0.002
As	原子荧光法	GB 17378.6-2007/11.1	0.2	0.06

检测参数	分析方法	检验方法标准	检出限(mg/kg)	
			春季调查	秋季调查
TPHs	荧光分光光度法	GB 17378.6-2007/13	0.2	0.2

本次调查无贝类样品,海洋生物质量中鱼类和甲壳类样品残毒(除石油烃外)的评价标准采用《全国海岸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(表 3.1.9-2)。

表 3.1.9-2 生物质量评价各评价因子及其评价标准 (mg/kg, 湿重)

生物类别	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As	TPHs
鱼类	20	2	40	0.6	1.5	0.3	/	20
甲壳类	100	2	150	2.0	1.5	0.2	/	20
软体类(螺类)	100	10	250	5.5	5.5	0.3	/	20

3、评价方法

(1) 超标率计算

$$POS (\%) = \frac{SC}{TSC} \times 100$$

式中: POS——超标率;

SC——超标的样品数;

TSC——总样品数。

(2) 质量指数

采用单项因子质量指数法进行评价,评价因子质量指数计算公式为:

$$Q_{ij} = C_{ij} / C_{oi}$$

式中: Q_{ij} ——站 j 评价因子 i 的标准指数;

C_{ij} ——站 j 评价因子 i 的实测值;

C_{oi} ——评价因子 i 的评价标准值。

3.1.9.2 秋季调查监测结果

1、潮下带海洋生物体污染物检测结果总体情况 (略)

表 3.1.9-3 生物体污染物检测结果 (mg/kg) (略)

2、生物体质量评价

本次调查，在 2、3、4、5、6、8、12、13、14、15、16、18 号站共计 12 个站位所采集的海洋生物体的 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、Cr、TPHs 生物质量指数均小于 1，没有出现超标现象（表 3.1.9-4）。

表 3.1.9-4 生物质量指数（略）

3.1.9.3 春季调查监测结果

1、海洋生物体污染物检测结果总体情况（略）

表 3.1.9-5 生物体污染物检测结果（mg/kg）（略）

2、生物体质量评价

本次调查，在 1、3、5、7、9、11、13、14、17、18、20、22、23、24、26、28、30、32、34、36、37、38、39、40 号站共计 24 个站位所采集的海洋生物体的 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 和 TPHs 的质量指数均小于 1，没有超标现象出现（表 3.1.9-6）。

表 3.1.9-6 生物质量指数（略）

3.2 海洋生态概况

3.2.1 调查概况

3.2.1.1 调查站位与时间频次

国家海洋局南海调查技术中心分别于 2017 年 10 月 20 日~2017 年 11 月 7 日(秋季)和 2018 年 3 月 20 日~2018 年 3 月 29 日(春季)租用渔船粤珠渔 30006 进行调查。在本项目附近海域进行海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等的监测。

两季调查的海上采样工作均由国家海洋局南海调查技术中心完成，海洋生物

生态、渔业资源和海洋生物质量的检测工作由国家海洋局南海调查技术中心委托中国水产科学研究院南海水产研究所完成。

以上两次外业调查在调查范围内设海洋生物生态和渔业资源调查站位各 24 个，按照均匀分布，重点代表的原则布置；秋季调查布设潮间带五条断面，春季布设三条断面，每条断面分高潮带、中潮带和低潮带进行调查。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直，均匀布设。具体站位详见表 3.1.7-1，分布图见图 3.1.7-1。

原《论证报告书》引用 2017 年秋季和 2018 年春季的调查资料对项目所在海域的生态环境现状进行分析。截止目前，2017 年秋季的调查资料已经超过 3 年有效期。因此，论证单位委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2021 年 11 月进行一次秋季补充调查。2021 年 11 月外业调查在调查范围内设海洋生物生态和渔业资源调查站位各 12 个，潮间带站位 3 个。按照均匀分布，重点代表的原则布置。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直，均匀布设。具体调查站位详见表 3.1.7-2，分布图见图 3.1.7-3。

本报告书引用 2018 年 3 月（春季）的调查资料和 2021 年 11 月（秋季）的调查资料进行分析。

3.2.1.2 调查项目

海洋生物：叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

叶绿素 a：分析水体中叶绿素 a 的质量浓度；

初级生产力：测量水体透明度，根据该处水体中叶绿素 a 的质量浓度计算初级生产力；

浮游植物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种，并提供其种类名录；

浮游动物：分析其种类组成、数量分布和密度、主要优势种，并提供其种类名录；

底栖生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度，并提供其种类名录；

潮间带生物：分析其种类组成、数量分布、主要优势种的生物量和栖息密度，

并提供其种类名录。

3.2.1.3 调查和分析方法

生态调查按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)进行。

当观测船只进入预定站位,使用 GPS 进行定位,测量水深。根据水深采集样品,采样所用的采样器、采样瓶及其相关用具必须按规范清洗干净。

叶绿素 a 和初级生产力

叶绿素 a: 与海水水质采样层次一致。采集海水样品 1000ml,经 0.45 μ m 滤膜过滤后放干燥冷藏箱保存,采用分光光度法进行分析,以 mg/m³ 表示。

初级生产力:水柱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,依据叶绿素 a、透明度、水深、光照时间和碳同化系数进行估算:

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

P ——初级生产力 (mgC/(m² d));

C_a ——叶绿素 a 质量浓度 (mg/m³);

Q ——同化系数 (mgC/(mgChl-a h)),根据中国水产科学研究院南海水产研究所以往调查结果,这里取 3.12;

L ——真光层的深度 (m);

t ——白昼时间 (h),根据调查期日出日落时间计算,秋季调查取 11.0,春调查取 12.0。

浮游植物

浮游植物样品用浅水III型浮游生物网或小型浮游生物网取样。自底层(距底 1m)至表层垂直拖网取得。

浮游动物

浮游动物样品用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网取样。自底层(距底 1m)至表层垂直拖网取得。

底栖生物

用 0.05m² 的抓泥斗采泥器采集底栖生物样品,获得泥样经二层套筛冲洗,上层套筛孔径 1mm,下层套筛孔径 0.5mm。

潮间带生物

为获取低潮带的样品，潮间带生物调查必须在大潮期间进行。在泥、沙等底质断面，每站用 25cm×25cm×30cm 的定量采样框取 3~4 个样方；在岩基断面，用 25cm×25cm 的定量框取 2 个样方。

3.2.1.4 样品预处理及保存方法

预处理、保存及监测分析方法按照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)、《海洋监测规范》(GB17378—2007)和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)进行，见表 3.2.1-1。

表 3.2.1-1 海洋生态及渔业资源调查项目监测分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	叶绿素 a	0.45μm 滤膜过滤，冷冻避光保存	分光光度法
2	初级生产力	——	根据叶绿素 a 同化系数换算
3	浮游植物	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	显微镜鉴定；浓缩计数法计数
4	浮游动物	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	计数框计数；体视显微镜鉴定；湿重法测定生物量
5	鱼卵仔稚鱼	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	计数框计数；体视显微镜鉴定；计算丰度
6	底栖生物	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	人工鉴定种类、计数、测定生物量和栖息密度
7	游泳生物	现场分析和测定或者装入聚乙烯袋中冷冻保存	人工鉴定种类、计数、测定生物量
8	潮间带生物	加入占样品体积 5%的甲醛溶液固定	人工鉴定种类、计数、测定生物量和栖息密度

3.2.1.5 分析评价方法

本次海洋生物的评价方法采用优势度、多样性指数和均匀度，计算公式如下：

优势度 (Y) 应用以下公式计算：

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

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

采用 Shannon-Weaner 指数测定多样性指数，其计算公式为：

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

式中： H' —— 种类多样性指数

S —— 样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

采用 Pielou 均匀度测定均匀度，其公式为：

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

式中： J ——均匀度

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

3.2.2 秋季航次海洋生物调查结果

3.2.2.1 叶绿素 a

本次调查共采集 20 个站位的叶绿素 a 样品。各站位叶绿素 a 质量浓度见表 3.2.2-1。（略）

各站位表层海水中的叶绿素 a 含量为 [] mg/m^3 ，均值为 [] mg/m^3 ；中层海水中的叶绿素 a 含量为 [] mg/m^3 ，均值为 [] mg/m^3 ；底层海水中的叶绿素 a 含量为 [] mg/m^3 ，均值为 [] mg/m^3 。

整体看来，底层海水中叶绿素 a 含量稍大于表层海水，均大于中层海水叶绿素 a 含量。因 1~5 站位、20 站位水深小于 25m，未进行中层海水样品采集，在此不予以讨论。

表 3.2.2-1 调查海域的叶绿素 a 质量浓度及初级生产力水平（略）

3.2.2.2 初级生产力

本次调查初级生产力见表 3.2.2-1。本次调查部分站位采样时间为夜晚，无法进行透明度现场测试，计算初级生产力时透明度以邻近站位，近似水深的站位透明度代替计算。

各站水柱初级生产力水平变化范围为 [] $\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{d})$ ，平均为 [] $\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{d})$ ，最低初级生产力出现在 [] 号站，最高初级生产力出现在 [] 号站。

3.2.2.3 浮游植物

本次浮游植物现场调查共布设 12 个站位。现场通过浅水 III 型浮游生物网由

底层至表层垂直拖网一次分别进行分析。调查结果略。

3.2.2.4 浮游动物

本次现场调查共布设 12 个浮游动物站位，同浮游植物站位。现场采用浅水 I 型浮游生物网由底层至表层垂直拖网一次。调查结果略。

3.2.2.5 底栖生物

本次现场调查共布设 12 个站位。底栖生物样品采用沉积物采样方法用于定量分析。沉积物采样使用 0.05m^2 的采泥器，每站采集 3 次，样品用作底栖生物定量分析。调查结果略。

3.2.2.6 潮间带生物

本次潮间带生物调查在落潮时进行，共布设 C1、C2 和 C3 三个断面，每个断面设高、中、低三个站位。定量采样用 $25\text{cm}\times 25\text{cm}\times 30\text{cm}$ 采样框取定量样品，先拾取采样框内底质表面的生物，再挖掘至 30cm 深，样品倒入套筛中用海水冲洗，拣出所有样品，装样品瓶编号登记，并用 5% 中性福尔马林溶液固定，带回实验室进行样品分析、种类鉴定、生物量的称重及栖息密度的计算。

定性采样尽量搜集齐全定量采样站位周围出现的动物、植物，样品冷冻保存后带回实验室种类鉴定、计数。

登陆点附近潮间带为沙滩。调查结果略。

3.2.3 春季航次海洋生物调查结果

3.2.3.1 叶绿素 a

本次调查共采集 24 个站位的叶绿素 a 样品。各站位叶绿素 a 质量浓度见表 3.2.3-1。总体上，调查海域表层叶绿素质量浓度大于底层。各站表层叶绿素质量浓度变化范围为 $\blacksquare\text{mg/m}^3$ ，平均为 $\blacksquare\text{mg/m}^3$ ；10m 层叶绿素质量浓度变化范围为 $\blacksquare\text{mg/m}^3$ ，平均为 $\blacksquare\text{mg/m}^3$ ；底层叶绿素质量浓度变

化范围为 ██████████ mg/m^3 ，平均为 ██████ mg/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 ██████████ mg/m^3 ，平均为 ██████ mg/m^3 。

表 3.2.3-1 调查海域的叶绿素 a 质量浓度及初级生产力水平（略）

3.2.2.2 初级生产力

本次调查初级生产力见表 3.2.3-1。本次调查各站水柱初级生产力水平变化范围为 ██████████ $\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{d})$ ，平均为 ██████ $\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{d})$ ，最低初级生产力出现在 █████ 号站，最高初级生产力出现在 █████ 号站。

3.2.6.3 浮游植物

本次调查共进行了 24 个站位的浮游植物调查。调查结果略。

3.2.6.4 浮游动物

本次调查共进行了 24 个站位的浮游动物调查。调查结果略。

3.2.6.5 底栖生物

本次调查在 24 个站位进行底栖生物调查。调查结果略。

3.2.6.6 潮间带生物

2018 年 3 月 11 日，在项目所在海域潮间带设立 3 个断面进行定量采样，断面分别命名为 T1~T3 号，调查站位见下图，在每个断面的高、中和低潮区进行了定量采样，只采集到 T1 的高潮区和中潮区，T2 的高潮区、中潮区和低潮区，T3 的高潮区和中潮区，共采集 7 个样品进行定量分析。调查结果略。

图 3.2.3-1 春季潮间带调查站位图（略）

3.2.4 海洋保护区及人工鱼礁

根据《揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划》(揭阳市海洋与渔业局, 2010年6月), 项目附近海域拟规划建设保护区有揭阳市海龟、鲨市级自然保护区, 揭阳市龙虾市级自然保护区, 揭阳市神泉渔业市级自然保护区, 揭阳市政府以揭府函[2010]159号文《关于同意揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划的批复》同意该规划。各保护区的规划范围见图 3.2.4-1。

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020)》, 项目附近海域的保护区有神泉海洋保护区和前詹海洋保护区。

1、规划揭阳市海龟、鲨市级自然保护区

拟建揭阳市海龟、鲨市级自然保护区行政区域位于揭阳市惠来县前詹镇附近海域, 总面积 934.6 公顷, 保护对象为海龟、鲨及其生境, 为市级野生动物海洋保护区。

根据对比分析《广东省海洋功能区划(2011-2020)》, 该保护区与区划中的前詹海洋保护区重叠, 保护区内建设有人工鱼礁。

2、规划揭阳龙虾市级自然保护区

拟建揭阳市龙虾市级自然保护区行政区域位于揭阳市前詹镇附近海域, 属于前詹增殖区及前詹海洋自然保护区的规划范围, 总面积 1172.0 公顷, 保护对象为龙虾及其生境, 为市级野生动物海洋保护区。

根据对比分析《广东省海洋功能区划(2011-2020)》, 该保护区与区划中的前詹海洋保护区重叠, 保护区内建设有人工鱼礁。

3、规划揭阳市神泉渔业市级自然保护区

拟建揭阳市神泉渔业市级自然保护区行政区域位于揭阳市惠来县神泉镇附近海域, 范围与规划神泉海洋特别保护区重叠, 总面积 513.7 公顷, 保护对象为海洋渔业资源, 为市级海洋海岸保护区。

根据对比分析《广东省海洋功能区划(2011-2020)》, 该保护区与区划中的神泉海洋保护区重叠, 保护区内建设有人工鱼礁。

图 3.2.4-1 揭阳市规划建设保护区分布图(略)

3.2.5 重要经济生物三场一通道

重要经济生物三场一通道包括产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。根据农业部 189 号文公布的《中国海洋渔业水域图（第一批）-南海区渔业水域图（第一批）》，本项目所在海域涉及到南海中上层鱼类产卵场。南海中上层鱼卵产卵场主要包括蓝圆鲹、鲈鱼和竹筴鱼产卵场。

涉及到本工程的产卵场为蓝圆鲹产卵场，涉及区域位于粤东近海区，约为东经 115°20'-117°，北纬 21°55'-22°15'，水深约为 40-75m，产卵区 1-4 月。对比坐标，本工程不在蓝圆鲹产卵场的范围之内。

图 3.2.5-1 南海中上层鱼类产卵场示意图（略）

根据国家农业科学数据共享中心——渔业科学数据分中心公布的数据，本工程所在海域不涉及到索饵场、越冬场和洄游通道。距离最近的索饵场为闽南、粤东近海群系鲈鱼索饵场，闽南、粤东近海鲈鱼群系不作长距离洄游，整个生命过程包括生殖、索饵等基本在闽南、粤东近海渡过。

3.2.6 重要海洋保护生物

根据《揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划》（揭阳市海洋与渔业局，2010 年 6 月），项目周边海洋海域的重要海洋保护生物有龙虾、海龟、鲨、中华白海豚等；根据底栖生物调查结果，本海域存在白氏文昌鱼，属于中国二级野生保护动物。现将其生活习性介绍如下：

1、鲨

鲨隶属于节肢动物门、肢口纲、剑尾目、鲨科、鲨属，俗称三刺鲨、两公婆、海怪、马蹄蟹、鲨鱼、中国鲨、王蟹、六月鲨。鲨起源甚早，被称为活化石。最早的鲨化石见于奥陶纪（5.05 亿~4.38 亿年前），形态与现代鲨相似的鲨化石出现于侏罗纪（2.08 亿~1.44 亿年前）。中国鲨在国内主要分布于广东、广西、福建沿海海域，国外分布于日本、菲律宾等地。南方鲨，分布于印度、越南、新加坡、印度尼西亚、马来西亚。圆尾鲨，分布于印度、孟加拉。泰国、印度尼西亚，中国广西钦州、北海、海南儋州、临高、澄迈、海口地区沿海也有分布。幼体鲨

食物以单胞藻、轮虫、丰年虫幼体、桡足类为主，成体可以食虾和小鱼。食用后容易发生机体过敏和中毒性休克等，由于鲎具有的特殊生理毒理性质，一直以来极少被人们捕杀，但近些年来，因有些人还没有真正认识到吃鲎对身体健康的危害性，一些小商贩在其经济利益的驱动下，在进行盲目炒作和蓄意误导，致使这种古生物鲎资源遭到严重破坏。中国鲎与南方鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为濒危级别；圆尾鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为易危级别。2021年秋季和2018年春季在本水域调查中未发现鲎。

2、龙虾

揭阳市海域重要的保护龙虾种类有中国龙虾、锦绣龙虾等，2021年秋季和2018年春季在本水域调查中未发现龙虾。现将其生活习性分别介绍如下：

(1) 中国龙虾

中国龙虾为甲壳纲、龙虾科、龙虾属。体长 200 mm~300mm，头胸部略呈圆筒状，腹部较为扁平，尾扇柔软而半透明，橄榄色。额板具 2 对短粗大棘和分散小棘。头胸甲背面密布大大小小的棘。腹部第 2 至第 6 节背面左右各有一较宽的横凹陷，其中密布短毛。体呈橄榄绿或绿中带褐色。腹部背甲上带有白色小点。为中国特有种，分布于中国南海和东海南部近岸海区，栖息于几米、十几米深的岩礁缝隙、石堆和珊瑚丛中。昼伏夜出，杂食性，多以小型双壳贝类、多毛类、小蟹、藤壶等底栖生物为食，可用小鱼作饵诱捕。体外受精，抱卵发育孵化。10 龄可达性成熟。生殖期 3—9 月，盛期为 5—7 月，产卵量高达数十万至百万多粒。

中国龙虾行动迟缓，不善游泳，依靠步足爬行。触角反应较灵敏，遇有敌害就转动第 2 触角，由摩擦发音器发出吱吱声响，用以惊吓对方。白天常潜伏于洞内，仅显露 2 对触角和头部，第 2 触鞭常向前摆动或呈八字分开，用于感触外部动向。夜间活动觅食，食量大，耐饥能力强。喜群栖，喜厮斗。受惊时，常屈腹弹跳，引体向后。夏季多活动在浅水处，秋冬移向较深海区，生殖时又返回浅水。

(2) 锦绣龙虾

锦绣龙虾为无螯下目，龙虾科，龙虾属的一种，俗称青龙虾、花龙虾、山虾、大和虾、沙虾等。体长可达 60 厘米，是龙虾属中体型最大者。腹部、第一触角和步足有黑褐色和黄色相间的斑纹。触角的基部有四对疣刺，后面的一对较小。体色多彩明亮。

分布范围：从东非到日本、澳洲和斐济群岛，甚至从红海进入地中海地区。为印度-西太平洋区的重要品种。在中国主要分布于南海和台湾海域。生活在珊瑚外围的斜面至较深的泥沙质地。通常栖息在水深 1 至 10 米处，最深记录为 145 米，以岩礁及礁斜面之静水处为多，有时也可在河口附近水质较混浊之泥底处发现。

昼伏夜出，白天藏匿洞中，仅显露两对触角和头部用以感触洞外动向，夜间外出觅食。主要摄食小鱼、虾蟹类、小贝类、海胆、藤壶、多毛类、藻类等。龙虾依靠步足爬行，不喜游泳，行动迟缓。触角灵敏，遇敌时转动第二触角摩擦发音器发出吱吱声响以惊吓对方。受惊时常屈腹弹跳，引体向后。喜厮斗，常以俯冲方式攻击对方，有群栖习性，虾群区域性明显，常因季节水温变化和索饵、生殖等因素发生迁移，通常夏季栖于浅水处，秋冬移向较深海区，繁殖时复又到浅海处。锦绣龙虾在 5 个月内繁殖 2 次，胚胎发育分为 11 个时期：受精卵、卵裂期、囊胚期、原肠期、膜内无节幼体期、七对附肢期、九对附肢期、十一对附肢期、复眼色素形成期、准备孵化期和孵化期。

3、海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。广布于大西洋、太平洋和印度洋。中国海龟北起山东、南至北部湾近海均有分布。长可达 1 米多，寿命最大为 150 岁左右。头顶有一对前额鳞。四肢如桨，前肢长于后肢，内侧各有一爪。头、颈和四肢不能缩入甲内。为国家二级保护动物。海龟适应在水中生活，四肢变成鳍状，利于游泳。一般仅在繁殖季节离水上岸。雌龟将卵产在掘于沙滩的洞穴中。

海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4—10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3—4 小时，交配后雌龟于晚间爬上岸边沙滩掘坑产卵，先以前肢挖一深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10 时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91—157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，卵壳革质而韧软，卵径 35—58mm。孵化期 30—90 天，通常 45—60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。2021 年秋季和 2018 年春季在本水域调查中未发现海龟。

4、中华白海豚

中华白海豚是水栖哺乳类动物,在动物分类学上隶属于脊索动物门,哺乳纲,鲸目,齿鲸亚目,海豚科,白海豚属。中华白海豚是国家一级重点保护的野生动物。中华白海豚身体修长呈纺锤型,喙突出狭长,刚出生的白海豚约 1 米长,性成熟个体体长 2.0~2.5m,最长达 2.7m,体重 200~250kg;背鳍突出,位于近中央处,呈后倾三角形;胸鳍较圆浑,基部较宽,运动极为灵活;尾鳍呈水平状,健壮有力,以中央缺刻分成左右对称的两叶,有利于其快速游泳。

中华白海豚喜欢栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域,在澳大利亚北部,非洲印度洋沿岸,东南亚太平洋沿岸均有分布,在中国主要分布在东南部沿海,据文献记载,最北可达长江口,向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域,有时也会进入江河。中华白海豚不集成大群,常 3~5 只在一起,或者单独活动。除了母亲及幼豚,白海豚组群不会有固定的成员。它们的群居结构非常的有弹性,而组群的成员也时常更换。寿命一般为 30~40 年,3~5 岁达到性成熟,常年都可交配,发情期多集中在 4 月至 9 月的温暖季节,妊娠期 10~11 个月,每胎产 1 仔。2021 年秋季和 2018 年春季在本水域调查中未发现中华白海豚。

5、白氏文昌鱼

秋季调查,在底栖生物 14 号站位发现白氏文昌鱼,生物量为 $2.4\text{g}/\text{m}^2$,栖息密度为 $20\text{ind.}/\text{m}^2$ 。春季调查,在底栖生物 3、24、38 号站位发现白氏文昌鱼,平均生物量为 $6.1\text{g}/\text{m}^2$,栖息密度为 $50\text{ind.}/\text{m}^2$ 。白氏文昌鱼属于中国二级野生保护动物。

白氏文昌鱼隶属头索纲、文昌鱼目、文昌鱼科,中文异名文昌鱼,俗称蛞蝓鱼、海虫、松担物、无头鱼、鳄鱼虫。暖温性海洋鱼类,主要分布于福建厦门市的刘五店,山东的青岛、河北的秦皇岛、广东的汕头和阳江、茂名、湛江等地沿海也时有出现。

主要生活在水质澄清、潮流缓慢、底质为沙的海区,营潜居生活;潜沙时,倒卧潜入疏松的沙质滩里,然后再把前端露出滩面。盐度低于 15 时不能正常生活,适宜生长的盐度为 21.0~31.6。植物食性,摄食硅藻,主要种类有圆筛藻、小环藻、舟形藻等。以过滤方式取食。

1 龄时部分个体达性成熟,3 龄时全部个体达性成熟;雄雌异体,体外受精。2 龄的成熟雌体,1 年内产卵 2 次,第一次在 6~7 月,第二次在 12 月上旬;3

龄的成熟雌体，年初有部分个体开始产卵，5 月进入产卵高峰期，到了 11 月下旬仍有部分个体在产卵。4 龄个体性腺完全消失，并于每年的 4 月以后全部死亡。

3.3 自然资源概况

项目区附近海域的海洋资源主要有渔业资源、海岸线资源、旅游资源、港口资源、锚地和航道资源、风能资源、鸟类资源、海岛（礁）资源等。

3.3.1 渔业资源

揭阳市惠来县沿海主要渔获种类有马鲛、龙头鱼、叫姑鱼、小公鱼、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、蓝子鱼、海鳗、棱鳀类、鳓鱼、方头鱼、蛇鲻、灰鲳、中国鲳、带鱼、金线鱼、鲈鱼、马鲛、细鳞鲷、小沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷科鱼类、蓝圆鲹、马面鲀、竹荚鱼、鲷鱼、宽突赤虾、对虾、鹰爪虾、近缘新对虾、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、锈斑蟳、日本蟳、虾蛄类、猛虾蛄、杜氏枪乌贼、目乌贼和双斑蛸等。

3.3.1.1 渔业资源现状调查概况

国家海洋局南海调查技术中心分别于 2017 年 10 月 20 日~2017 年 11 月 7 日(秋季)和 2018 年 3 月 20 日~2018 年 3 月 29 日(春季)租用渔船粤珠渔 30006 进行调查。在本项目附近海域进行海水水质、海洋沉积物、海洋生物生态、渔业资源、海洋生物质量等的监测。

两季调查的海上采样工作均由国家海洋局南海调查技术中心完成，海洋生物生态、渔业资源和海洋生物质量的检测工作由国家海洋局南海调查技术中心委托中国水产科学研究院南海水产研究所完成。

以上两次外业调查在调查范围内设渔业资源调查站位各 24 个，按照均匀分布，重点代表的原则布置。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直，均匀布设。具体站位详见表 3.1.7-1，分布图见图 3.1.7-1。

原《论证报告书》引用 2017 年秋季和 2018 年春季的调查资料对项目所在海域的生态环境现状进行分析。截止目前，2017 年秋季的调查资料已经超过 3 年有效期。因此，论证单位委托国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站于 2021 年

11 月进行一次秋季补充调查。2021 年 11 月外业调查在调查范围内设渔业资源调查站位 12 个。按照均匀分布，重点代表的原则布置。调查断面方向大体上与主潮流方向或海岸线垂直，均匀布设。具体调查站位详见表 3.1.7-2，分布图见图 3.1.7-3。

本报告书引用 2018 年 3 月（春季）的调查资料和 2021 年 11 月（秋季）的调查资料进行分析。

调查项目包括鱼卵仔稚鱼和游泳生物。

鱼卵仔稚鱼：分析种类组成、数量分布（时间和空间的分布）、优势种，并提供其种类名录；

游泳生物：分析种类组成、渔获物生物学特征、优势种分布、渔获量分布和资源密度（重量、尾数），以及渔业生产情况。

渔业资源调查依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）相关要求进行了。

当观测船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。

鱼卵仔鱼：定量分析样品采用浅水 I 型浮游动物网采集，每站取自底层至表层做一次垂直拖网的方法采集浮游动物样品。定性分析样品采用大型浮游生物网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速约 1.5 节。采集到的样品用 5% 福尔马林溶液固定后，带回实验室进行湿重生物量称重，并用镜检分析法和个体计数法进行浮游动物的种类鉴定和计数。

游泳生物：采用单船有翼单囊拖网进行拖网采样，拖网采样船速 3 kn ~4 kn（根据实际情况确定），拖网时长 30 min，同时记录网口长度、网口宽度、网具长度、网眼大小。每网样品按种分类，各站的渔获样品均在现场进行初步分析和测定；渔获样品较少（<20kg）时，将全部样品进行分析测定；渔获物较多时，先挑选个体较大和稀有种类的样品，其余小杂鱼样品随机取样，再进行分析测定；当不能进行现场分析和测定时，将样品按类别装于聚乙烯袋中，冷冻保存带回实验室分析和测定。

预处理、保存及监测分析方法按照《海洋调查规范》（GB/T12763.6-2007）、《海洋监测规范》（GB17378—2007）和《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）进行，见表 3.3.1-1。

表 3.3.1-1 海洋生态及渔业资源调查项目监测分析方法

序号	监测项目	样品预处理及保存方法	样品测定方法
1	鱼卵仔稚鱼	加入占样品体积 5% 的甲醛溶液固定	计数框计数；体视显微镜鉴定；计算丰度
2	游泳生物	现场分析和测定或者装入聚乙烯袋中冷冻保存	人工鉴定种类、计数、测定生物量

渔业资源的评价方法采用优势度、多样性指数和均匀度，计算公式与海洋生物调查时采用的计算公式一致。

游泳生物资源密度采用底拖网扫海面积法（Shindo, 1973 转引自 Aoyama, 1973; Nguyen, 2005）估算。计算公式为：

$$d = \frac{y}{vl} \cdot \frac{1}{(1-E)}$$

式中： d 为资源密度； y 为拖网渔获率； v 为平均拖速； l 为网口宽度（取上纲的 0.67 倍）； E 为逃逸率（取 0.5）。

3.3.1.2 秋季渔业资源调查结果及分析

3.3.1.2.1 鱼卵仔稚鱼

本次现场调查共布设 12 个站位。鱼卵和仔稚鱼定性样品用浅水 I 型浮游生物网水平拖网采集，每个站采样 1 网，水平持续拖网 10min，拖速约 1.5 kn，定量样品用浅水 I 型浮游生物网采集，每站垂直拖曳 1 网，所采样品用 5% 的福尔马林溶液固定，带回实验室进行分类鉴定和计数。调查结果略。

3.3.1.2.2 游泳生物

本次现场调查共布设 12 个站位。渔业资源现状调查采样使用底拖船进行。网具为渔船生产作业时使用的网具，其网宽 8m，网囊网目尺寸 30mm。每站拖网 1h，拖速约为 3kn。调查结果略。

3.3.1.3 春季渔业资源调查结果及分析

3.3.1.3.1 鱼卵仔稚鱼

2018 年 3 月 21 日~27 日，在国家电投揭阳神泉海上风电项目进行了鱼卵仔鱼 24 个站位的采样，站位分别为 1、3、5、7、9、11、13、14、17、18、20、22、23、24、26、28、30、32、34、36、37、38、39、40 号站位。采集网具为

浅水I型浮游生物网，进行水平采集，每站拖网 10min。调查结果略。

3.3.1.3.2 游泳生物

调查使用的网具为底拖网，网口上纲长度 30m，网长 60m，网囊网目尺寸 25mm。调查结果略。

3.3.1.4 主要经济种类

1、秋季调查主要经济种类

秋季调查，综合考虑各品种出现站数、优势度、12 站平均渔获率大小、出现站数、经济价值高低和生物类型代表性，选定分述的游泳生物调查的主要经济种类按分类顺序分别为红星梭子蟹、龙头鱼、口虾蛄。结果略。

2、春季调查主要经济种类

春季调查，综合考虑各品种出现站数、优势度、24 站平均渔获率大小、24 站平均尾数渔获率大小、出现站数、经济价值高低和生物类型代表性，选定分述的游泳生物春季调查的主要经济种类按分类顺序分别为二长棘鲷、蓝圆鲹、长蛇鲻、剑尖枪乌贼、日本红娘鱼等。按平均渔获率大小在所有出现的 76 个种类中分别排于第 1、2、3、6、11 位。调查结果略。

3.3.1.5 渔场作业情况调查

调查海域是多种经济鱼类、虾类、蟹类、虾蛄类和头足类等渔业资源种类的繁育场，在渔业上占有极其重要的地位，水域内 20m 水深以浅的范围是法定的幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年农历 4 月 27 日到 7 月 20 日。本次调查海域历来是渔业生产的重要场所。

本次调查期间，见多艘单拖船和流刺网船在本调查海域内进行作业。



图 3.3.1-1 调查时发现在本海域作业的单拖渔船



图 3.3.1-2 调查时发现被遗弃捕蟹笼

通过访问渔民和在渔业资源调查过程中了解，本海域渔业生产作业方式主要有单拖网、双拖网、掺缙网、虾拖网、流刺网、定置网、奶鱼扒、白蚬扒、企门缙、装笼、下钓等。掺缙网、虾拖网、流刺网、放笼等作业方式因受海底底质影响较少，本调查海域平时常见到这些作业。

3.3.2 海岸线资源

揭阳市港口岸线分为榕江两河岸线与沿海岸线两部分，这两部分岸线地理位置不同，榕江（榕江大桥至出海口段）岸线属于感潮河段岸线，一个是沿海岸线。本工程位于沿海岸线，以下重点介绍沿海岸线资源。

惠来沿海岸线长 109.5km，沿海岸线已建港口较少，主要有神泉、靖海作业区等。本段岸线位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港，东南面临南海。神泉湾像一个半月形的浅海湾，由于龙江河改道入海，神泉湾没有龙江河水冲刷，现在处于严重淤积状态；靖海湾呈半耳形海湾，等深线稳定，10m、20m 等深线都离岸线较近，水上少礁盘，但地质条件比较复杂，上部覆盖第四纪海相沉积物主要由淤泥、淤泥质土、粘性土、砂性土交互层，土层变化较大，层位与土层的性质不稳定，厚薄不均，土层连续性差。下部为燕山晚期入侵花岗岩残积土，花岗岩强风化层，岩面变化较大；惠来沿海岛屿众多，暗礁和浅滩零星分布，大部分岸线比较平顺，深水岸线较长且近岸，有多处是天然的避风港，是建港的优良海湾。沿海岸线大部分面向开敞的外海，如建港则需要建设防波堤，港寮湾及附近岸线虽有掩护，但礁石也较多，如果建港需勘察好地形，合理清礁。

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海岸线从西到东，从南到北，利用规划如下：

1. 南海段岸线，长 7.0km。本段岸线顺直，岸线未开发，陆域宽阔平坦，少居民区，10m 等深线离岸近，后方可建设工业园区，该段岸线主要用途是建设临海工业码头、通用泊位和油品码头。规划为港口岸线。

2. 上村到盐岭河口段岸线，长 3.9km。该段岸线的水域有澳角锚地，岸线顺直，岸线未开发，可建造码头作为南海段岸线的功能延长线。留作港口预留岸线。

3. 盐岭河下游右岸段岸线，其岸线长 1.3km，该段岸线河面较有限，规划为自然岸线。

4. 盐岭河下游左岸段岸线，长 2.8km，该段岸线未开发。本段处于神泉湾内，目前有淤积，但以后有条件改善水深，可建设通用泊位、散杂泊位，规划作为港口预留岸线。

5. 神泉作业区段岸线，长 2.5km。其中已利用岸线 81m，所处位置属优良天

然避风港，可建设通用泊位、散杂泊位，规划为港口岸线。

6. 神泉作业区外堤段岸线，长 2.7km。因为该段岸线已经建有防波堤，陆域狭窄，所以保留现状，留作自然岸线。

7. 澳角段岸线，长 1.0km。岸线未开发，从远期码头发展考虑，本段岸线可作为神泉段码头的发展延长，并延续岸线功能，规划为港口预留岸线。

8. 澳角至东坑仔段岸线，长 3.7km。根据城市景观发展需要，规划作城市景观岸线。

9. 东坑仔至前詹段岸线，长 5.7km。该段岸线后方陆域平坦开阔，岸线未开发，水上风浪不大，水深足，水文条件较好，不失为建港的优良岸线，该段岸线主要功能是建设 LNG 泊位、通用泊位和散杂货泊位。规划为港口岸线。本项目位于该段岸线范围内。

10. 前詹至港寮湾岸线，长 7.5km，该段岸线在港寮湾内及附近，有港寮湾作为天然的避风港，湾内有礁石，除此之外，该段岸线附近存在环境敏感区，故本段岸线规划为自然岸线。

11. 石碑山至资深段岸线，长 5.2km。该段岸线未开发，岸线离深水 20m 等深线较近，可建大型港口码头（如 10 万吨以上的集装箱码头、30 万吨以上的油码头），此外岸线功能还包括通用泊位，规划为港口岸线。

12. 资深至靖海湾岸线，长 2.4km。该段岸线风景优美，海域开阔，海水基本没有污染，是旅游、休闲、度假的好地方，故规划为旅游岸线。

13. 靖海湾西岸线，长 2.4km。该段岸线较顺直，岸线未开发，海域开阔，是位于靖海湾内的一段岸线，靖海湾属优良的天然港湾，本段岸线功能主要是通用泊位和散杂货泊位，规划为港口岸线。

14. 靖海湾东岸线，长 5.0km，已开发利用岸线 415m，该段岸线水域水深条件好，局部岸线自然水深已达-10m，-10~-15m 等深线距岸线仅 1km，其水深条件、陆域及集疏运条件较好，建港地质条件良好，是深水良港的理想港址。现惠来电厂一期 7 万吨级码头已建成投产，本段岸线功能主要是通用泊位和散杂货泊位，此段岸规划线规划为港口岸线。

15. 客鸟尾北段岸线，长 6.2km。该段岸线顺直，岸线未开发，少礁石，水深大于 10m 的海域离岸线近，属于深水岸线，可供建设深水码头。《揭阳市海域开发利用总体规划》在该处规划有靖海作业区预留区，故本段规划为岸线港口

预留岸线。

16. 客鸟尾以北至乌屿段岸线，长 3.3km。本段岸线顺直，自然环境优美。受风浪影响比较大。故规划本段岸线为自然岸线，并保留原有的水产养殖区。

17. 仙庵南段岸线，长 1.4km。本段岸线陆域宽阔平坦，岸线未开发，已建和规划中有多条高速公路和公路干道，道路交通四通八达，货物运输方便、快捷，可为港口的发展提供有利的条件。水深条件好，深水等深线近岸，并且有一定的天然的掩护，是优良的港口岸线，本段岸线的主要功能是货运码头为主兼顾通用泊位。故本段岸线规划作港口岸线。

18. 仙庵北段岸线，长 1.5km。本段岸线地势平坦，规划作为自然岸线。惠来沿海岸线和锚地规划见图 3.3.2-1。



图 3.3.2-1 惠来沿海岸线和锚地规划图

本项目登陆点位于东坑仔至前詹段岸线，现状为砂质岸线，陆域密布鲍鱼养殖场，岸滩有一定的坡度，登陆点附近海域有零星的大型礁石分布，陆域有植被分布。

3.3.3 旅游资源

据统计，2008 年惠来县旅游服务收入达到 1.04 亿元，同比增长 14%；2010

年实现旅游收入 2.75 亿元，年均增长 25.9%；2016 年实现旅游总收入 109700 万元，比增 23.2%。

历史文化游、绿色生态游、滨海风情游、田园风光游、温泉度假游五大特色产品，构成了揭阳旅游的亮点。揭阳海域的海滨旅游资源包括金海滩娱乐旅游区、客鸟风景旅游区、绿洲娱乐旅游区和澳角娱乐旅游区（现名惠来海滨度假村）。揭阳市的滨海旅游区分布如图 3.3.3-1。

仙庵镇的金海湾娱乐旅游区拥有绵延 7km 的洁净细软的优良海滩，充分利用沿海荒滩，大面积营造自然生态林，建成集科研、科普、生态环境保护、高档运动娱乐、海滨度假于一体的综合型度假旅游区，海滩上建设了具国际标准的高尔夫球场。

客鸟尾石笋风景区位于靖海湾东部，距县城约 30km，因海滨形成了形态各异的石笋而成为旅游区。惠来县靖海镇西南石碑山岬角的海上航标灯塔初建于 1882 年，数建数毁，现在的灯塔为 1989 年建成，钢筋混凝土结构，塔高 68m，塔顶灯光视距 24.5 海里，并配有雷达应答器和无线电导航系统等设备，是中国 16 个导航台中最高者，有“亚洲第一航标塔”之称。

绿洲度假村位于揭阳市惠来县靖海镇绿洲临海沙滩林带，处海滩沙地，有森林覆盖，保持原始植被，自然绿化良好，空气清新。

澳角娱乐旅游区（现名惠来海滨度假村）位于惠来县神泉镇华家村至溪东村一带海滨，拥有长约 3000 米的海滨浴场柔沙绵绵，水清滩缓，空气清新，环境优雅，可观大海、看日出、赏明月、避酷暑，它风光旖旎、看海听浪，并具备完善的休闲服务设施，是惠来县乃至广东省内不可多得的海滨浴场。

本工程所在海域未开发形成旅游景点。



图 3.3.3-1 揭阳市的滨海旅游区分布

3.3.4 港口资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港按功能划分为榕江内河和惠来沿海两个港区 9 个作业区。榕江港区分为：仙桥作业区、炮台作业区、石头作业区、青屿作业区、地都作业区等 5 个作业区；惠来沿海港区分为：南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区等 5 个作业区（见图 3.3.4-1），位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、碣石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港，东南面临南海，拥有 7680 多平方公里的海域，大小港湾众多，特别是神泉海湾、靖海海湾及其邻近岸线，都具有水域面积广阔、波浪较小、回淤量小、水深条件优越，地质条件好的特点。适宜建设深水港的各类泊位，是大型工程项目的理想港址用地。

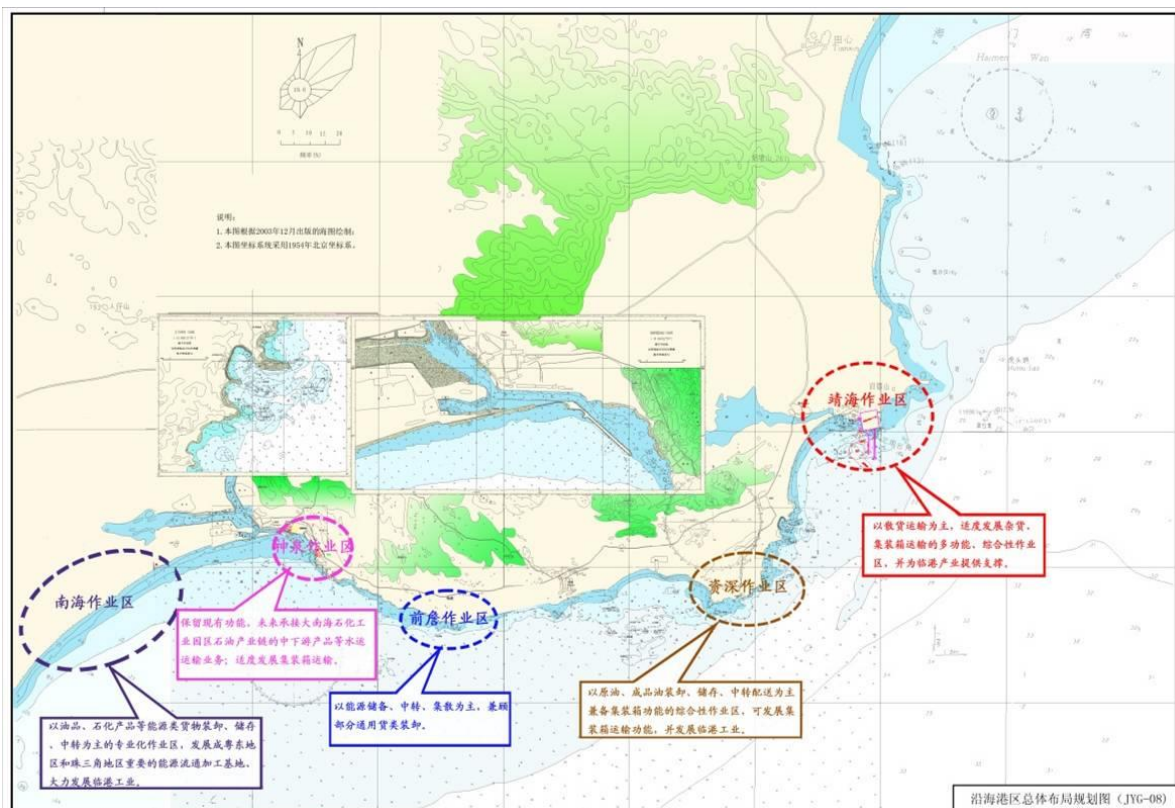


图 3.3.4-1 《揭阳港总体规划》惠来沿海港区概况图

1、南海作业区

以油品、石化产品等能源类货物装卸、存储、中转为主要的专业化作业区，发展成粤东地区和珠三角地区重要的能源储运基地、大力发展临港工业。

2、神泉作业区

神泉作业区保留现有功能，未来承接大南海石化工业园区石油产业链的中下游产品等水运运输业务；适度发展集装箱运输。

3、前詹作业区

本作业区的功能是以能源储备、中转、集散为主，兼顾部分通用货类装卸的作业区。

4、资深作业区

以原油、成品油装卸储存、中转为主要兼备集装箱功能的综合性作业区，可发展集装箱运输功能，并发展临港工业。

5、靖海作业区

以散货运输为主，适度发展杂货、集装箱运输的多功能、综合性作业区，并为临港产业提供支撑。

本工程海底电缆登陆点位于前詹作业区的东部功能片区，本作业区的功能是能源储备、中转、集散为主，兼顾部分通用货类装卸的作业区。

前詹作业区划分为西、中、东三大功能片区，由于各片区的功能侧重不同，为减少各片区之间相互干扰，考虑将各片区布置为相对独立的功能区。各功能片区均需设置防波堤，防波堤的布置既要对各片区形成有效的掩护，又在整体上能够实现有效衔接。结合地形条件，采用内港池的布置形式，以增加港区可用岸线资源和陆域资源。在水域布置上，各片区在共用公共进港主航道的基础上形成各自相对对立进港支航道。

西部功能片区

西部功能片区是以 LNG 码头为主的功能片区。

本片区布置根据码头性质同时充分考虑现有地形条件，码头采用栈桥的布置形式，减少码头水域疏浚工程量。

在防波堤的西侧布置泊位，泊位采用栈桥式的布置形式，栈桥走向与防波堤走向平行，布置一个 26.7 万 m³LNG 泊位，规划岸线 397m，同时在其北侧布置 1 千吨级杂货船泊位一个，规划岸线 105m。

本功能区利用自然岸线 0.7km，共形成规划岸线 502m。

中部功能片区

中部功能片区是以通用码头为主的功能片区。

整个片区采用突堤+内港池的布置形式，在片区的中部设置突堤，与防波堤一起形成东、西两个内港池。“突堤+内港池”的布置可以增加港区可用岸线资源和陆域资源，同时突堤能为港池内小吨级泊位提供较好的掩护条件。

东港池位于突堤东侧，采用栈桥的布置形式设置码头，码头走向与防波堤轴线基本平行；顺岸侧码头岸线与自然海岸线基本保持一致，码头岸线方位角为 75°31'47"~255°31'47"；考虑港区受波浪影响的大小等因素，将 1~5 千吨级小泊位布置在港池的西侧，将 15 万吨级泊位布置在港池的东侧和港池南侧靠近口门波浪较大处。主要布置两个 1~5 千吨级散货船泊位，规划岸线 295m，位于港池西侧；一个 2 万吨级泊位和两个 7 万吨级泊位布置在港池北侧，规划岸线 768m；东侧泊位考虑将来靠泊 15 万吨级船舶的可能；大吨级泊位布置在港池东侧和港池南侧，布置 4 个 15 万吨级泊位，规划岸线 1529m。

西港池位于突堤西侧，平行于东、西防波堤的走向和顺岸岸线走向外扩填筑

形成港区，其中顺岸段码头岸线与自然海岸线保持一致，方位角为 75°31'47"~255°31'47"，港池三侧均布置泊位，共布置 5-10 万吨级通用泊位 5 个，规划岸线 1607m。

本功能区利用自然岸线 2.0km，共形成规划码头岸线 4199m。

东部功能片区

东部功能片区是预留发展片区，其开发建设视未来发展而定。

顺岸段码头前沿线与中部功能片区码头前沿线在同一直线上，岸线方位角为 75°31'47"~255°31'47"；在片区西侧布置栈桥式码头，码头岸线方位角 165°31'47"~345°31'47"；在片区中部设置小港池，以增加岸线资源；考虑今后作业区发展的不确定性，在小港池的东侧布置预留发展岸线。

本片区西侧布置 2 个 5-10 万吨级泊位，规划岸线 623m；北侧布置 4 个 5-10 万吨级泊位，规划岸线 1198m；在片区中部布置小港池，内可布置八个 1~5 千吨级泊位，规划岸线 1165m。

东部功能片区共规划岸线 4272m，利用自然岸线 3.0km。

表 3.3.4-1 前詹作业区港口规划主要指标表

序号	项目	单位	作业区名称			
			前詹作业区			
			现有	规划新建		小计
				2020 年	2030 年	
1	泊位数	个	0	16	18	34
2	泊位等级	吨级		1 千~15 万	1 千~15 万	
3	利用岸线长度	m		2700	3000	5700
4	年吞吐能力	万吨		3000	2000	5000
5	陆域纵深	m		1300	1300	
6	占地面积	万 m ²		328	372	700
7	宜岸线长度	m	5700			
8	预留岸线长度	m	0			

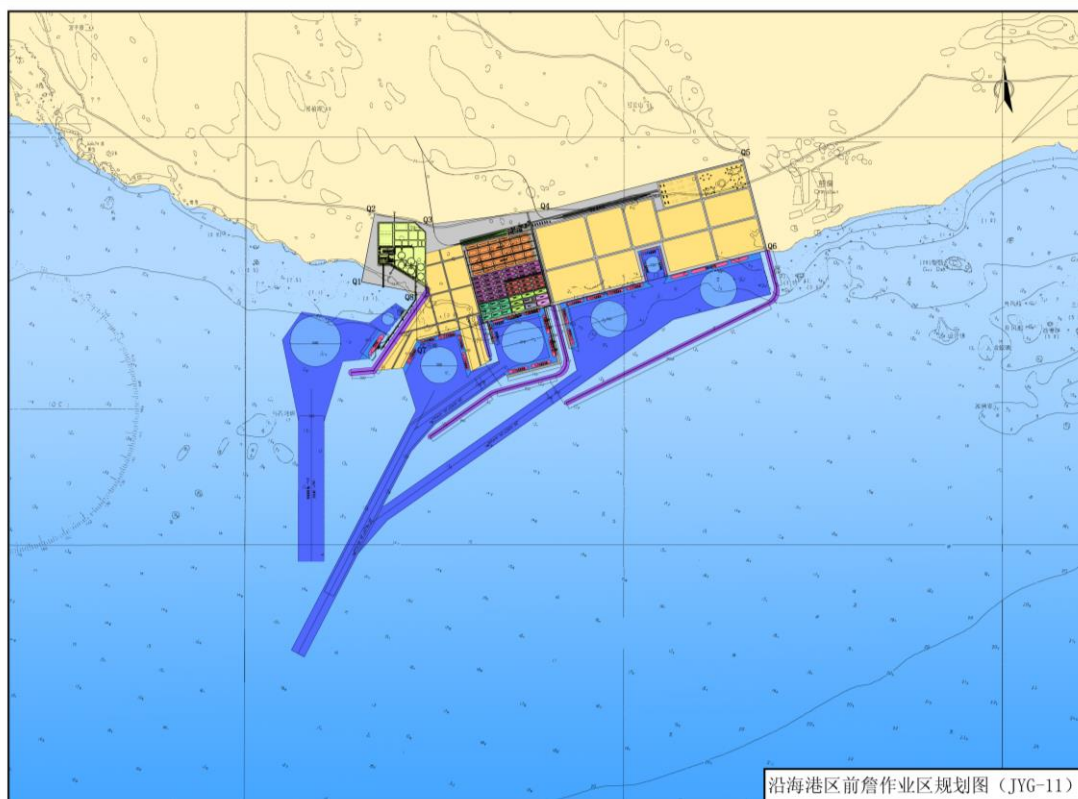


图 3.3.4-2 前詹作业区规划图

3.3.5 锚地和航道资源

3.3.5.1 锚地资源

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海港口规划有 5 个锚地，锚地见表 3.3.5-1，此外，由于榕江中下游航道所处河段河面宽阔，水深条件好，河势、河床稳定，受枯洪水影响不大，障碍物不多，风浪小，雾天少，年淤积量不明显，在榕江港区也规划 2 个锚地，分别是光裕锚地和公共锚地。

中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程正在建设，规划有三个锚地，即中委 5000 吨级产品码头锚地、中委 5 万吨级产品码头锚地和中委 30 万吨原油码头锚地。

粤东液化天然气项目一期工程建设粤东 LNG 码头锚地；广东惠来电厂项目规划建设惠来电厂煤码头锚地。

表 3.3.5-1 惠来沿海港口锚地规划表

名称	地理范围	地理坐标		功能	设计水深 (m)	底质	面积 (km ²)	备注
		东经	北纬					
海门	坐标点为圆	116°36'50"	23°03'18"	候	18	淤泥、	12.56	保

名称	地理范围	地理坐标		功能	设计水深 (m)	底质	面积 (km ²)	备注
		东经	北纬					
湾锚地	心, 半径 2km 海域			泊		岩石底		留
惠来石化锚地	北炮台西南部海域	东至: 116°37'28" 西至: 116°35'05"	南至: 23°01'55" 北至: 23°04'02"	候泊	18	淤泥、 岩石底	12.56	新增
靖海锚地	坐标点为圆心, 半径 1.5km 海域	116°33'11"	22°56'58"	候泊	27	泥底、 沙底	7.06	新增
前詹锚地	坐标点为圆心, 半径 1.5km 海域	116°24'33"	22°53'35"	候泊	18	泥底	7.06	新增
澳角锚地	坐标点为圆心, 半径 1.0km 海域	116°19'21"	22°55'59"	候泊	9	沙底、 岩石底	3.14	保留

注：表格中坐标采用 1954 年北京坐标系。

各锚地与本工程的相对位置关系见下图：

图 3.3.5-1 本工程与锚地的相对位置关系图（略）

3.3.5.2 航道（路）资源

1、《揭阳港总体规划》规划航道

根据《揭阳港总体规划》，揭阳港惠来沿海港区航道规划有神泉作业区航道、前詹作业区航道和靖海作业区航道。

神泉作业区航道：规划进港航道到 2020 年通过航道整治使航道等级达到 5000 吨级航道，可通航 5000 吨级的船舶。航道设计尺度为：按单向航宽设计，宽度为 100m，通航水深为 8.8m，轴线方位角 000°~180°。

前詹作业区航道：西侧采用独立进港支航道，航道轴线走向 000°~180°；航道长 2340m，航道宽度 345m，通航水深 15.5m。东侧航道分为主航道和支航道。主航道是整个作业区的公共航道，方位角为 027°26'39"~207°26'39"，主航道分期实施，近期航道按满足 7 万吨级散货船单向进出港进行设计，航道宽度为 151m，通航水深为 16.0m；远期按满足 15 万吨级散货船单向进出港设计，航道宽度 204m，通航水深为 19.8m。进入东港池的支航道长 1465m，方位角为 054°51'55"~ 234°51'55"，设计参数与主航道相同。

靖海作业区航道：规划区域设两条航道。其中北港池（一、二期工程）航道规划近期按满足 10 万吨级散货船单向乘潮进出港设计，航道宽度 202m，通航水深为 16.3m，航道方位角 $348^{\circ}\sim 168^{\circ}$ 。根据地质情况，港池水域疏浚至满足 15 万吨级船舶作业条件下，水域炸礁量基本可以接受，更大吨级则水域开挖成本很高，因此，北港池配套的航道按满足 15 万吨级散货船单向乘潮进出港进行规划，航道宽度 219m，通航水深为 20.0m。三期工程形成的南港池配套航道按满足 30 万吨级散货船单向乘潮进出港设计，航道宽度 273m，通航水深为 25.2m，方位角为 $348^{\circ}\sim 168^{\circ}$ 。

2、中国航路指南推荐航路

（1）中、小型船舶航路

船舶从北方驶至弟岛 130° 、距离 4.2 海里处，取航向 225° ；航行 31.8 海里，经南澎列岛北侧（外籍船舶不得在南澎岛北侧航行和锚泊），驶至芹澎岛灯桩西 2.4 海里处；取航向 241° ；航行 44.3 海里，驶至石碑山灯塔 353° 、距离 4.9 海里处；取航向 250° 航行 81.4 海里，驶至针头岩北 4.6 海里处。

（2）中型船舶航路

船舶从北方驶至东碇岛灯塔 321° 、距离 12 海里处，取航向 229° ，航行 74.4 海里，驶至南澎岛灯塔 312° 、距离 5 海里处；取航向 246° ；航行 51.3 海里，驶至石碑山灯塔 353° 、距离 4.9 海里处，取航向 250° ，插入中、小型船舶航路。

（3）大型船舶航路

船舶从北方驶至乌丘屿 309° 、距离 15.6 海里处，取航向 231° ，航行 161 海里，驶至南澎岛灯塔 312° 、距离 10 海里处；取航向 241° ；航行 53.2 海里，驶至石碑山灯塔 353° 、距离 14.9 海里处；取航向 251° ；航行 82.4 海里，驶至针头岩南 4 海里处。

3、全国沿海船舶航路总体规划

广东沿海水域内航路规划方案：

①南下航路

第一航段：接石碑山南定线制，以 $22^{\circ}46'.4N/116^{\circ}19'.8E$ 与 $22^{\circ}37'.5N/115^{\circ}51'.6E$ 两点连线为中心线，航向 250° ，航程约 27.4 海里；

第二航段：以 $22^{\circ}37'.5N/115^{\circ}51'.6E$ 与 $22^{\circ}25'.8N/114^{\circ}52'.0E$ 两点连线为中心线，航向 258° ，航程约 56.9 海里；

第三航段：以 22°25'.8N/114°52'.0E 与 22°08'.5N/114°21'.6E 两点连线为中心线，航向 239°，航程约 33.2 海里，接担杆水道西行通航分道。

②北上航路

第一航段：接担杆水道东行通航分道，以 22°07'.5N/114°21'.6E 与 22°14'.5N/114°38'.6E 两点连线为中心线，航向 066°，航程约 17.0 海里；

第二航段：以 22°14'.5N/114°38'.6E 与 22°22'.6N/114°53'.0E 两点连线为中心线，航向 059°，航程约 15.5 海里；

第三航段：以 22°22'.6N/114°53'.0E 与 22°34'.7N/115°52'.8E 两点连线为中心线，航向 078°，航程约 57.0 海里；

第四航段：以 22°34'.7N/115°52'.8E 与 22°43'.5N/116°21'.0E 两点连线为中心线，航向 070°，航程约 27.5 海里，接石碑山南定线制。

4、粤东沿海定线制规划方案

为改善粤东海区海上交通安全形势，规划在南澎列岛和石碑山附近海域设立定线制。

石碑山南警戒圈：

以点 22°49.7'N、116°34.2'E 为圆心，半径 5 海里；

通航分道：

石碑山南警戒圈西南方：航向 070°/250°，分道宽 2 海里，分隔带宽 1 海里，长度 9 海里；石碑山南警戒圈与汕头港外警戒圈之间：航向 040°/220°，分道宽 2 海里，分隔带宽 1 海里，长度 18.5 海里。

5、广东省航道图推荐航道

根据广东省航道局和广东省地图院合编，由广东省地图出版社于 2015 年 1 月出版发行的《广东省航道图》，本项目 220kV 海底电缆穿越海甲航道，与神泉港进港航道最近约 4.0km。

图 3.3.5-2 本项目与规划或推荐航路（道）的相对位置示意图（略）

3.3.6 风能资源

3.3.6.1 区域风资源概况

本风电场处于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，海域开阔，场址距离陆地约 20 km ~30km，水深约 31 m -35m，风能资源较丰富。由于受不同天气和地形的影响，场址所在区域全年盛行风向为东北方向，春、秋冬季，也多为东北风和东北偏东风；夏季，以西南风居多。风速季节变化也较明显，从月平均风速来看，冬季风速大于夏季风速。

3.3.6.2 风能资源测量

本项目场址中心处建有一座自立式测风塔，地理坐标为：[REDACTED] [REDACTED]，塔高 100m，水深约 38m。现场测风从 2018 年 6 月 11 日开始，目前测风数据已收集到 2018 年 6 月 12 日至 2019 年 12 月 31 日，约共 18 个月。

图 3.3.6-1 海上测风塔与本工程的相对位置关系图（略）

风能资源测量数据略。

3.3.7 鸟类资源

3.3.7.1 调查方法

为了解本工所在区域的鸟类资源现状，建设单位委托原广东省生物资源应用研究所（广东省动物研究所）按照《海上风电工程环境影响评价技术规范》要求在工程海域开展鸟类现状调查。

本报告引用《国家电投揭阳神泉海上风电场项目鸟类现状调查及评价专题报告》（广东省生物资源应用研究所）分析本项目海上风电场区域的鸟类资源情况和环境影响评价。

1、调查范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月），鸟类生态环境现状调查范围应至少涵盖工程边界线（红线）向外扩展 8km 区域，并视受保护鸟类受影响程度适当增加。结合本项目实际情况，调查范围包括下图蓝线内部海域和绿线覆盖的海岸区域，其中蓝线区域需开展一个连续完整季节周期的鸟类现状调查，生境主要为浅海区域，又以红线范围内的项目场址为重点调查区域，每季度调查一次。绿线部分在调查单位近 3 年鸟类现状资料的基础上，

选取鸟类资源较丰富的区域随海域调查同步开展鸟类其栖息地生态环境现状调查。其中样线布设如图黄色线所示。



图 3.3.7-1 神泉二期海上风电场鸟类生态环境调查范围示意图

2、调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类受保护鸟类的种类与数量。

3、调查时间与频次

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月），鸟类现状调查周期一般为一年，调查频次每季至少为 1 次以上，由现有资料未发现区域内有鸟类迁徙地、繁殖地、越冬地分布，因此制定调查频次为每季度 1 次，以 2017 年 11 月、2018 年 1 月、4 月和 6 月（秋、冬、春、夏四季）作为主要调查时间。

4、调查方法

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》制定的方法调查海上风电场及周边的鸟类。

1) 样线（带）法

本次调查主要使用海上样线法，即调查人员乘船沿固定线路前进，调查人员从船上调查船两侧 400 m 以内飞行和水中海鸟，船行的速度在 7-16 节，完整地记录所见样线两侧的鸟种、数量、高度或距离，并采用快照的方法确定鸟类密度。

其中，调查样线×两侧宽度=调查样带，样带面积为调查评价范围的 10%。实际调查时，先乘船驶至项目实施区域，按事前规划好的样线分布图在调查区域内前进，至边界坐标时折返，最后以到达边界端点结束。

2) 样点法

采用样点法作为样线法的补充，在区域内选取固定的观察点进行观察计数，主要以周边小型岛屿及场址端点、测风塔为重点选择对象。通过望远镜调查岛上栖息鸟类。

3) 繁殖鸟类调查法

在调查区域内发现具有繁殖和育雏行为的主要种类为岩鹭和黑鸢，采用密度法估算繁殖种群数量。

4) 休息场统计

采用直接计数方法对大群鸟类休息场行鸟类种类及数量统计。

5、调查统计

直接计数法得到的某种鸟类数量总和即为该区域该种鸟类的数量。

样方数量计算公式为 $N = \bar{D} * M$ (N —某区域某种动物数量； \bar{D} —该区域该物种平均密度； M —该调查区域总面积)。 $\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^j Ni}{\sum_{i=1}^j Mi}$ ($\sum_{i=1}^j Ni$ — j 个样方调查的该物种数量和； $\sum_{i=1}^j Mi$ — j 个样带（方）总面积）。

把整个调查过程中的每种鸟类数量总和除以鸟类调查总数量，求出该种鸟类所占百分数。当百分数大于 50% 为极多种，用“++++”表示；百分数为 10%—50%，为优势种，用“+++”表示；当百分数为 1%—10%，为常见种，用“++”表示；当百分数小于 1%，为稀有种，用“+”表示。

6、鸟类生态环境现状评价

详述调查区域内各季节鸟类分布和密度、特有种、受保护物种、受胁物种和关注物种的生态学特征，评估项目区域作为鸟类栖息、觅食、繁殖和/或换羽地的重要性。采用图表和名录详细列出评价区域历史和现场调查观测到的种类和数量，包括鸟类名称（中文名和学名）、记录数量、发现地点、时间、是否受保护物种、区域水鸟总数 1% 水鸟、区域具有代表性指标物种等。

鸟类调查资料略。

根据靖海的地形地貌、景观类型、鸟类栖息生境等分布情况，结合实际观察，迁徙鸟类在国家电投揭阳神泉海上风电场及周边近岸海域没有聚集停歇点，仅在沿岸岩礁和湿地零散分布，在港口区域较为集中，迁徙路线主要沿海岸迁徙。

国家电投揭阳神泉海上风电场距离神泉镇陆岸超过 20 km，可满足鸟类飞行需要，对鸟类迁徙通道的阻隔作用较小。

3.3.8 海岛（礁）资源

根据《广东省海洋生态红线》公布的海岛名录，本项目风电场区域和离岸段均无海岛（礁），在登陆点附近海域有五个岛（礁），分别是大堆尾、南心仔、山礁、山礁外岛和山礁内岛，均属于无居民海岛，与本项目的相对位置如下图所示。

图 3.3.8-1 本项目附近海岛位置示意图（略）

大堆尾：海岛地理坐标为北纬 22°55'54.6"，东经 116°23'21"，为基岩岛，保有自然岸线长度为 217.2m。

南心仔：海岛地理坐标为北纬 22°55'54.7"，东经 116°23'20.9"，为基岩岛，保有自然岸线长度为 49m。

山礁：海岛地理坐标为北纬 22°55'58.6"，东经 116°24'16.3"，为基岩岛，保有自然岸线长度为 52.9m。

山礁外岛：海岛地理坐标为北纬 22°56'3.4"，东经 116°24'14.6"，为基岩岛，保有自然岸线长度为 26.5m。

山礁内岛：海岛地理坐标为北纬 22°55'59.8"，东经 116°24'14.8"，为基岩岛，保有自然岸线长度为 22.5m。

3.4 开发利用现状

3.4.1 社会概况

3.4.1.1 揭阳市社会经济概况

揭阳市位于广东省东南部，地处粤港澳大湾区与海西经济区的地理轴线中心。1991 年设立为地级市，辖榕城、揭东 2 区，揭西、惠来 2 县，代管普宁市，并设揭阳产业园、空港经济区、大南海石化工业区、粤东新城等经济功能区，构建揭阳中心城区、普宁主城区、揭阳滨海新区（惠来）三个粤东城市群城市中心和揭西生态发展示范区“三中心一示范区”区域协调发展布局。全市陆地面积 5240 平方公里，海域面积 9300 平方公里，现有常住人口 705 万人，海外侨胞、港澳台同胞和外出乡贤近 600 万人，是粤东地区面积最大、人口最多的地级市。

揭阳市初步建立起轻工发达、外向带动、民营为主的工业体系，形成纺织服装业、金属行业、化工和矿物加工业、制鞋业、食品业、医药制造业、电气机械和设备制造业等七大支柱产业；拥有规模以上工业企业 1397 家，年产值亿元以上企业 536 家，5 亿元企业 87 家，10 亿元企业 23 家，100 亿元以上企业 2 家；有康美、榕泰、巨轮、高乐、佳隆、柏堡龙、宏光、舜辙等上市公司 8 家；全市获得驰名商标认定保护 15 件，有效注册商标累计 138092 件，居全省第 7 位。空港经济区、大南海石化工业区、中德金属生态城、产业转移工业园等建设步伐加快。荣获“中国五金基地市”“亚洲玉都”“中国玉都”“中国塑料时尚鞋之都”“中国纺织产业基地市（普宁）”“中国医药名城（普宁）”“中国能源工业大县（惠来）”等称号。

截至 2020 年 12 月 31 日，埔田竹笋、吴厝淮山、普宁蕉柑、惠来荔枝、普宁青梅等入选全省名特优新产品区域公用品牌；共创建普宁青梅、惠来南药、揭东竹笋、揭西茶叶 4 个省级现代农业产业园；认定市级以上农业龙头企业累计达到 56 家、农民专业合作社示范社 63 家、示范家庭农场 37 家。

根据《揭阳市 2020 年国民经济和社会发展统计公报》（揭阳市统计局 国家

统计局揭阳调查队), 根据广东省地区生产总值统一核算结果, 2020 年全市实现地区生产总值(初步核算数) 2102.14 亿元, 比上年增长 0.2%。其中, 第一产业增加值 204.40 亿元, 比上年增长 3.2%; 第二产业增加值 774.77 亿元, 下降 2.5%; 第三产业增加值 1122.97 亿元, 增长 2.2%。三次产业结构比重为 9.7:36.9:53.4, 第三产业所占比重比上年提高 0.9 个百分点。其中, 惠来县地区生产总值 257.69 亿元, 比 2019 年降低 3.5%。

全市年末户籍总人口 711.19 万人。全年地方一般公共预算收入 73.97 亿元, 增长 1.3%; 其中, 税收收入 45.23 亿元, 下降 1.4%。一般公共预算支出 374.48 亿元, 增长 7.1%。全年城镇新增就业 3.06 万人, 就业困难人员实现就业 0.15 万人。年末城镇实有登记失业人员 1.17 万人, 城镇登记失业率 2.92%。全年居民消费价格比上年上涨 2.0%。

全年全市水产品产量 14.54 万吨, 增长 0.4%。其中, 海水产品 6.71 万吨, 下降 1.1%; 淡水产品 7.83 万吨, 增长 1.8%。

全年规模以上工业增加值 520.29 亿元, 下降 2.7%。其中, 国有控股企业下降 0.8%, 外商及港澳台投资企业下降 7.6%, 股份制企业下降 1.9%, 集体企业下降 32.8%。分轻重工业看, 轻工业下降 7.8%, 重工业增长 7.4%。分企业规模看, 大型企业下降 42.6%, 中型企业增长 0.3%, 小型企业增长 5.0%, 微型企业增长 25.8%。

全年固定资产投资 1180.75 亿元, 比上年增长 2.5%。分投资主体看, 国有经济投资增长 44.7%, 民间投资下降 25.0%, 港澳台、外商经济投资下降 21.8%。在固定资产投资中, 第一产业投资比上年下降 55.8%, 第二产业投资下降 15.8%, 第三产业投资增长 14.6%。全年社会消费品零售总额 955.16 亿元, 比上年下降 10.7%。

全年全市居民人均可支配收入 21822 元, 比上年增长 2.3%。按常住地分, 城镇常住居民人均可支配收入 27066 元, 增长 1.2%; 农村常住居民人均可支配收入 16312 元, 增长 4.1%。全年全市居民人均消费支出 15566 元, 比上年增长 2.8%。按常住地分, 城镇居民人均消费支出 17417 元, 增长 1.4%; 农村居民人均消费支出 13622 元, 增长 4.8%。全市居民恩格尔系数为 46.5%, 比上年增长 2.8 个百分点; 其中城镇 45.2%, 农村为 48.1%。

全市 7 个地表水省考监测断面中, I~II 类水质的断面比例 14.3%, III 类水质

的断面比例 28.6%，IV类水质的断面比例 28.6%，V类水质的断面比例 14.3%，劣V类水质的断面比例 14.3%。全市近岸海域海水质量达到一类海水水质标准的点位占 76.9%；二类海水占 23.1%；三类海水占 0%；四类海水占 0%；劣四类海水占 0%。

3.4.1.2 汕尾市社会经济概况

汕尾市位于广东省东南沿海，东邻揭阳，西连惠州，北接河源，南濒南海。汕尾市境古属海丰县地，领兴贤、石塘、金锡、杨安、石帆、吉康、坊廓七都，春秋属南越，战国入楚称百越，历史悠久，源远流长，据东南沿海出土文物考证，早在新石器时代就有先民在此渔猎种植，生息繁衍。春秋属南越，战国入楚属百越，东晋咸和六年置海丰县，清雍正九年（1731）分置陆丰县，辖境基本趋定，逐渐演化成今之海陆丰境。

1988 年，经国务院批准在原海丰、陆丰两县行政区域上设置地级汕尾市。至 2019 年末，有旅居港澳台同胞和海外侨胞 140 万余人。汕尾是一片红色故土、革命老区。是全国 13 块红色革命根据地之一，中国第一个县级苏维埃政权诞生地。全市 4 个县（市、区）均为一类革命老区县。汕尾是闽南文化、潮汕文化、客家文化、广府文化交会地，有正字戏、西秦戏、白字戏 3 大稀有剧种，拥有 9 项国家级、28 项省级非物质文化遗产。孕育彭湃、谢非、陈炯明、陈其尤、黄鼎臣、马思聪、钟敬文、杨成志、柯麟、彭士禄、黄旭华等众多著名人士。全市海岸线长 455 公里，居全省第二位；海岛数量 881 个，居全省第一位，是南海优良渔场。拥有中国大陆最大的滨海潟湖——品清湖，红场星火、玄武灵声、有凤来仪、遮浪奇观、金厢银滩、莲峰叠翠、五坡正气、南万椎涛著名的“汕尾八景”远近闻名。该市曾获“中国民间文化艺术之乡”“中国最具魅力城市”“中国最具投资价值旅游城市”“中国现代旅游新地标”“中国水鸟之乡”“中国青梅之乡”“广东省双拥模范城”等称号。

根据《汕尾市 2020 年国民经济和社会发展统计公报》（汕尾市统计局），经广东省统计局统一核算，2020 年汕尾实现地区生产总值（初步核算数）1123.81 亿元，比上年增长 4.6%。其中，第一产业完成增加值 159.64 亿元，增长 4.1%，对地区生产总值增长的贡献率为 11.4%；第二产业完成增加值 408.26 亿元，增长 4.5%，对地区生产总值增长的贡献率为 40.3%；第三产业完成增加值 555.90 亿

元，增长 4.8%，对地区生产总值增长的贡献率为 48.3%。三次产业结构为 14.2:36.3:49.5。

全市年末户籍人口 356.15 万人，其中城镇人口 182.93 万人，占户籍人口的比重 51.4%。全年全市地方一般公共预算收入 46.01 亿元，比上年增长 8.4%，其中，税收收入 27.15 亿元，增长 4.0%。全年一般公共预算支出 266.43 亿元，下降 4.5%，全年城镇新增就业 52256 人，就业困难人员实现就业 1638 人，年末城镇实有登记失业人员 13631 人，城镇登记失业率为 2.33%，比上年末下降 0.01 个百分点。全年居民消费价格总指数上涨 2.4%。

全年水产品产量 60.18 万吨，比上年增长 3.0%。其中，海水产量 54.96 万吨，增长 3.0%；淡水产量 5.22 万吨，增长 2.9%。

全年全部工业增加值比上年增长 3.6%。规模以上工业增加值增长 2.6%，其中，国有企业增长 12.2%，民营企业增长 3.1%，外商及港澳台投资企业下降 14.4%，股份制企业增长 11.0%，集体企业下降 20.2%。全年规模以上工业实现利润总额 19.09 亿元，比上年下降 24.4%。亏损企业亏损额 2.43 亿元，增长 42.1%；亏损企业亏损面 20.1%。

全年完成固定资产投资比上年增长 14.0%。分投资主体看，国有经济投资增长 96.6%；民间投资下降 19.5%；港澳台、外商经济投资下降 3.6%。分产业看，第一产业投资增长 41.5%；第二产业投资增长 9.6%；第三产业投资增长 16.0%。全年社会消费品零售总额 435.65 亿元，比上年下降 1.5%。

全年全市居民人均可支配收入 24427 元，比上年增长 7.2%。按常住地分，城镇居民人均可支配收入 29860 元，增长 6.4%；农村居民人均可支配收入 17732 元，增长 8.8%。全年全市居民人均消费支出 18774 元，比上年增长 5.3%。按常住地分，城镇居民人均消费支出 22493 元，增长 5.0%；农村居民人均消费支出 14192 元，增长 5.7%。全市居民恩格尔系数为 46.0%，比上年上涨 0.3 个百分点，其中城镇为 45.9%，农村为 46.0%。

全市水资源总量 46.3 亿立方米，较上年偏少 18.2%。全年平均降水量 2125.8 毫米，偏少 8.3%。年末全市大中型水库蓄水总量 2.76 亿立方米，偏少 15.7%。全市总用水量 10.21 亿立方米，偏少 1.5%。全年规模以上工业综合能源消费量 368.11 万吨标准煤，比上年增长 4.6%。单位工业增加值能耗上升 1.95%。全社会用电量 65.95 亿千瓦时，增长 8.3%。其中工业用电量 22.56 亿千瓦时，增长 5.0%。

3.4.1.3 惠来县社会经济概况

惠来县地处广东省东南部，位于东经北纬 $22^{\circ}53'30''\sim 23^{\circ}11'10''$ ， $115^{\circ}54'55''\sim 116^{\circ}34'10''$ 之间，东连潮阳，西接陆丰，北邻普宁，南濒南海。县境东西相距 67 公里，南北相距 33.5 公里，全县陆地面积 1253 平方公里。

惠来正围绕打造“广东沿海经济带主战场、‘一核一带一区’发展先行区、揭阳副中心和新的发展极”新定位，紧锣密鼓铺开各项工作。其中揭阳滨海新区建设序幕已徐徐拉开，粤东新城、粤东风电产业园、大南海石化工业区三驾马车集中驱动发力，中委广东石化炼油一体化、中海油粤东 LNG、国家电投海上风电、明阳智慧能源、汕汕高铁惠来段、武汉理工大学揭阳校区等一大批重点项目相继落户建设，项目、平台、产业同步发展，惠来现在已迎来了天时地利人和的黄金发展时期，从舞台边缘走到聚光灯下。

根据《2020 年惠来国民经济和社会发展统计公报》（惠来县统计局，2021 年 5 月 25 日发布），2020 年末全县总户数 284728 户，总人口 1487825 人，比上年末增加 4061 人，其中城镇人口 639410 人，乡村人口 848415 人；全县当年出生人数 30896 人，人口出生率 20.79‰；死亡人数 13510 人，死亡率 9.09‰；自然增长人数 17386 人，自然增长率 11.7‰。

2020 年全体居民人均可支配收入 17702.6 元，增长 2.2%，其中城镇居民人均可支配收入 22505.4 元，增长 1.2%；农村居民人均可支配收入 14093.2 元，增长 3.3%。经市统计局统一核算，2020 年全县生产总值（GDP）完成 257.69 亿元，比上年（下同）下降 3.5%。其中，第一产业增加值 57.74 亿元，增长 4.8%；第二产业增加值 77.40 亿元，下降 11.7%；第三产业增加值 122.55 亿元，增长 0.3%。三次产业结构比重为 22.4：30.0：47.6，第三产业所占比重比上年提高 2.5 个百分点。全年地方一般公共预算收入 6.18 亿元，比上年增长 33.6%；其中，税收收入 4.35 亿元，增长 42.5%；全年地方一般公共预算支出 61.89 亿元，增长 6.0%，

全年全县水产品产量 8.56 万吨，增长 1.2%。其中，海水产品 6.71 万吨，下降 0.9%；淡水产品 1.85 万吨，增长 9.5%。全年全部工业总产值 266.42 亿元，比上年下降 14.1%。全年固定资产投资 170.98 亿元，比上年增长 5.6%。其中，第二产业投资 45.25 亿元，同比下降 23.2%。

全年进出口总额 6.82 亿元，比上年下降 29.6%；其中，出口 5.47 亿元，下降 23%；进口 1.35 亿元，下降 47%。进出口差额 4.12 亿元。全年合同利用外资金额 271 万美元，实际利用外资金额 286 万美元。

全年全社会能源消费总量 77.09 万吨标准煤，比上年下降 12.2%。单位 GDP 能耗下降 9.02%。全社会用电量 12.31 亿千瓦时，增长 16.1%。其中,工业用电量 2.42 亿千瓦时，增长 5.9%。

3.4.2 海域开发使用现状

本工程风电场位于揭阳市惠来县南面海域，调整后建设560MW海上风电项目，项目海底送出输电电缆的登陆点位于揭阳市惠来县前詹镇南部。

经过现场调研、管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，项目周边海域已确定开发利用活动约有39项，具体见图3.4.2-1和表3.4.2-1，登陆段附近海域开发现状见图3.4.2-2和图3.4.2-3，周边风电场示意图3.4.2-4，登陆点附近养殖情况见图3.4.2-5。

本工程风电场区域现状为海域，周边开发利用内容主要为“中国航路指南推荐的台湾海峡至横澜岛大型船舶和外国船舶航路”；主海缆穿越“中国航路指南推荐的台湾海峡至横澜岛中、小型船舶航路”、全国沿海航路规划的内航路琼州海峡至台湾海峡（北上和南下）、广东省航道图-海甲航道，与粤东液化天然气项目一期工程的锚地和前詹锚地距离较近，登陆段与“揭阳港前詹作业区通用码头一期工程”距离较近。

表 3.4.2-1 项目周边海域使用现状统计表

序号	项目名称	用海情况	距离本项目方位和距离	备注
1	神泉传统渔港	渔业用海	电缆西侧，约 10.0km	
2	惠来县神泉示范性渔港建设项目	渔业用海	电缆西侧，约 7.5km	
3	资深传统渔港	渔业用海	电缆东侧，约 12.1km	
4	靖海传统渔港	渔业用海	电缆东侧，约 15.0km	
5	揭阳港前詹作业区通用码头一期工程	工业用海	电缆西侧，约 300m	
6	粤东液化天然气项目一期工程	工业用海	电缆西侧，约 2.1km	锚地单独统计
7	中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程	工业用海	电缆西侧，约 14.1km 电缆东侧，约 10.0km	
8	广东惠来电厂项目	工业用海	电缆东侧，约 16.2km	

序号	项目名称	用海情况	距离本项目方位和距离	备注
9	神泉海洋保护区	保护区	电缆西侧，约 5.2km	
10	前詹海洋保护区	保护区	电缆东侧，约 4.7km	
11	惠来电厂煤码头锚地	规划锚地	电缆东侧，约 15.0km	1
12	靖海锚地	规划锚地	电缆东侧，约 15.0km	4
13	前詹锚地	规划锚地	电缆东侧，约 0.7km	5
14	澳角锚地	规划锚地	电缆西侧，约 7.0km	6
15	中委 5 千吨级锚地	规划锚地	电缆西侧，约 8.5km	7，暂未利用
16	中委 5 万吨级锚地	规划锚地	电缆西侧，约 8.4km	8，暂未利用
17	粤东液化天然气项目一期工程锚地	锚地	电缆西侧，约 2.1km	9，已确权
18	原油码头锚地	规划锚地	电缆东侧，约 4.4km	10
19	中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 中、小型船舶航路	推荐航路	风电场北侧，主电缆穿越	
20	中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 大型船舶和外国船舶航路	推荐航路	风电场南侧，与规划风场最近约 250m	
21	全国沿海航路规划内航路琼州海峡至台湾海峡（南下）	规划航路	风电场北侧，主电缆穿越	
22	全国沿海航路规划内航路琼州海峡至台湾海峡（北上）	规划航路	风电场北侧，主电缆穿越	
23	广东省航道图海甲航道	推荐航道	风电场北侧，主电缆穿越	
24	广东省航道图神泉港进港航道	推荐航道	风电场北侧，主电缆西侧约 4km	
25	国家电投揭阳神泉海上风电项目#1 测风塔工程	透水构筑物	风电场西侧约 6.0km	风资源测量
26	国家电投揭阳神泉海上风电项目#2 测风塔工程	透水构筑物	风电场区域	风资源测量
27	国家电投揭阳靖海海上风电项目测风塔工程	透水构筑物	风电场东侧约 20km	风资源测量
28	国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目	工业用海	风电场：厂址西侧约 2.0km 主海缆：登陆段西侧约 0.2km	已确权建设
29	国家电投揭阳靖海 150MW 海上风电场项目	工业用海	风电场：厂址东北侧约 18.9km 主海缆：登陆段东侧紧邻	正在办理前期工作
30	鲍鱼养殖场（详见表 3.4.2-2）	取排水口	登陆点附近	未确权
31	中广核汕尾甲子一海上风电场项目	工业用海	风电场西侧约 22km	已确权
32	中广核汕尾甲子二海上风电场项目	工业用海	风电场西侧约 15km	已确权
33	中广核汕尾后湖海上风电场项目	工业用海	风电场西北侧约 14km	已确权
34	陆丰宝丽华甲湖湾海上风电场一期工程后湖风电场（500MW）海上测风塔工程	透水构筑物	风电场西北侧约 34km	已确权，风资源测量
35	中广核汕尾甲子海上风电项目海上测风塔工程	透水构筑物	风电场西侧约 22km	已确权，风资源测量
36	揭阳港大南海东岸公共码头	非透水构筑物	电缆西侧，约 14.0km	已确权

序号	项目名称	用海情况	距离本项目方位和距离	备注
	防波堤工程			
37	揭阳港大南海东岸公共进港 航道工程	航道用海	电缆西侧，约 14.0km	已确权
38	揭阳大南海石化工业区海洋 放流管工程	海底电缆管道	电缆西侧，约 14.0km	已确权
39	中委广东石化 2000 万吨/年 重油加工工程调整用海	海底电缆管道	电缆西南侧，约 12.0km	已确权

本项目共建设2回220kV的连陆海底电缆，登陆点位于前詹镇南部，根据，根据2018年5月3日-4日和2021年12月2日现场踏勘资料，结合自然资源部海域海岛动态监管系统2021年10月2日的遥感影像分析，本项目登陆点附近有较多的鲍鱼养殖场，咨询养殖工人得知鲍鱼养殖场通过埋设管道于海床取水，每天24h不间断取水，排水采用管道直接排水；鲍鱼养殖从鲍鱼苗-半成品-成品需一年以上时间，养殖场半成品主要销往福建，用于海上吊养，成品销往全国各地，有关现状照片见图3.4.2-4。

根据惠来县前詹镇赤沃村民委员会查询到的资料（表3.4.2-2），登陆点西侧为 [REDACTED]，东侧为 [REDACTED]。 [REDACTED] [REDACTED] 登陆点正方向有村庙一座。根据惠来县规划，为实施海上风电场项目的送出工程登陆，揭阳海上风电场登陆点附近的鲍鱼养殖场将逐步清退。

表3.4.2-2 登陆点附近鲍鱼场统计表（略）

图 3.4.2-1 项目周边开发活动示意图（略）

图 3.4.2-2 登陆段周边海域现状示意图（略）

图 3.4.2-3 登陆段周边海域现状养殖现状示意图（略）

图 3.4.2-4 周边风电场示意图（略）



图 3.4.2-5 登陆段陆域图（2018 年 5 月）



图 3.4.2-6 登陆段现状航拍图（2021 年 12 月）

3.4.3 海域使用权属现状

根据收集到的资料，与本项目用海相邻的已确权用海项目见表 3.4.3-1，各确权项目的分布见图 3.4.3-1。

表 3.4.3-1 项目周围海域使用权属现状（略）

图 3.4.3-1 各确权项目的分布图（略）

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 项目用海环境影响分析

本次调整后，项目用海环境影响分析数值模拟由广东海兰图环境技术研究有限公司完成，本报告书引用其内容。

4.1.1 水动力环境影响分析

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：

数学模型计算过程略。

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，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，影响潮流主要是风机基座。模型在计算过程中将风机基座概化为实体，以此考虑风机基座建成后对周边海域水动力环境的影响。

工程方案实施后流场变化仅限于工程附近。方案实施后风电场附近海域各代表点大潮涨潮平均流速变化值位于 $-0.01\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ 之间；大潮涨潮平均流向变化值位于 $-1^\circ\sim 1^\circ$ 之间；各代表点大潮落潮平均流速变化值位于 $-0.01\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ 之间，大潮落潮平均流向变化值位于 $-1^\circ\sim 2^\circ$ 之间；

总体上看，由于风机桩基础直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

4.1.2 海水水质环境影响分析

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。

数学模型计算过程略。

在电缆敷设作业过程中,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。

计算结果显示,海底电缆的敷设施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从分布趋势看,海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线两边。海缆东北段水深较小,施工产生的悬沙扩散浓度较大。整体上看,表层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 3.77 km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 1.09km²,大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.61km²,大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 0.20km²;0.6 层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 69.87km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 32.09km²,大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 7.82km²,大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 3.19km²;底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 204.06km²,大于 20 mg/L 浓度区的包络线面积为 156.37km²,大于 50 mg/L 浓度区的包络线面积为 113.92km²,大于 100 mg/L 浓度区的包络线面积为 47.32km²。

本工程风机基础施工时,钢管桩插打完成后需对其进行水泥砂浆浇筑,海上升压平台施工时钢套筒与钢管桩需灌浆连接,灌浆作业利用钢套筒进行水泥砂浆浇注作业。为保证浇筑质量,钢套筒为半封闭结构,一般情况下不会发生水泥砂浆泄漏。但由于钢套筒需反复利用,可能发生因结构安装造成钢套筒的局部破损从而发生泄漏的情况。

本工程灌注的水泥砂浆,主要由胶凝材料(水泥)、拌和水和细骨料(细砂石)组成。水泥砂浆泄漏入海后与经海水稀释扩散会逐渐水化形成凝胶体,并不

断把周围散粒的或块状的材料胶结成一个整体最终由原先的液态或半固定状态硬化为砣。一般水泥吸水饱和 45 min 后,水泥浆逐渐失去塑性,出现凝结现象,而凝结后的砣颗粒较大,且水泥浆密度较高一般在 1800 kg/m³~2000 kg/m³;因此在发生水泥砂浆泄漏的情况下,砂浆及其固化形成的砣会快速沉入海底,其对海洋水质的影响将集中在泄漏口位置,而其对海洋水质的污染则主要表现为局部水体透明度下降,悬浮物浓度升高,但随着砂浆硬化沉降,对水质的影响会迅速减小。砂浆沉入海底后可能进一步与沉积物扩展凝结形成高强度的砣,由于水泥砂浆中不含重金属、营养盐等物质,因此砂浆沉降也不会对沉积物环境造成不利影响。

因此只要在发现砂浆泄漏后及时停止灌注,并对泄漏处进行有效封堵,水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

风电场海上施工需动用较大量的海上施工船舶进行作业,施工过程中各类施工船舶将产生一定的船舶污废水、船上人员生活污水及船舶油污水,若随意排放将对海水水质和生态环境产生一定的影响。

根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2007)船舶舱底油污水水量表,计算船舶油污水产生量见下表,船舶油污水的含油浓度为 2000mg/L~3000mg/L 不等,按平均值计算,根据施工组织计划,本工程船舶油污水产生量为 21.25t/d,油类污染物产生量为 53.13kg/d。

表 4.1.2.4-1 船舶油污水产生量

船舶吨级 (t)	船舶数量 (艘)	舱底油污水产生量 (t/d 艘)	油污水产生总量 (t/d)
500	10	0.14	1.40
500~1000	10	0.21	2.10
1000~3000	20	0.54	10.80
3000~7000	5	1.39	6.95
合计			21.25

1980 年起,交通部所属单位在港船舶进行三废回收,并在船上设含油污水分离器,废水经处理后含油量小于 10ppm,航行船舶由回收船回收。无力处理船舶含油污水、生活污水的施工船舶,其污水也可通过回收船交海事部门指定的处置单位接收并处理,在落实上述措施后,船舶油污水对海域环境影响有限。

此外,施工期船舶作业人员生活污水产生量按海上作业人员 200 人,人均生活污水排放量 85L/(人 d)计,则船舶作业人员生活污水排放量为 17m³/d。

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资质的单位接收后统一处理，正常施工对工程海域水质带来的影响是很小的，一旦施工结束，影响即可消除。风机承台混凝土采用水泥与粉煤灰拌和制作，无废水排放，对工程海域水质无污染影响。

4.1.3 地形地貌与冲淤环境影响分析

本评价采用曹祖德等人研究的淤泥质海岸淤积计算模式进行冲淤估算。该模式利用二维潮流数值计算模型得到工程前后流场分布变化，再应用淤泥质海岸淤积预报模型公式，计算得到各计算区域的淤积强度，曾在阳江港 5#-7#泊位工程等多处工程应用，效果较好。

数学模拟计算过程略。

工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.16m/a，最大冲刷幅度为-0.12m/a。

4.1.4 沉积物环境影响分析

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响分析

（1）风机基础沉桩

本工程风机桩基用 IHC S-800 液压打桩施打沉桩，沉桩施工振动会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，并可能影响局部沉积物环境。根据类似工程实际施工经验，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（>10mg/L）范围一般在半径在 100m 内。

（2）海底电缆敷设

海底输电电缆敷设时，开沟犁开槽会导致海底泥沙再悬浮引起水体浑浊，污染局部海水水质，影响局部沉积物环境。

(3) 钢管桩灌浆连接

桩基础与风机导管架间需进行灌浆连接，所灌注混凝土砂浆可能发生泄漏、溢出，进而可能对桩基附近水质和沉积物环境造成污染。

4.1.4.2 运营期沉积物环境影响分析

工程运行期对沉积物环境影响主要来自桩基础牺牲阳极金属中的金属锌等金属的溶出。本工程钢管桩拟采用高效铝合金（铝基）牺牲阳极保护，牺牲阳极化学成分及电化学性能分别见表 4.1.4-1 和表 4.1.4-2。

表 4.1.4-1 牺牲阳极化学成分

种类	化学成份 (%)								
	Zn	In	Cd	Sn	Mg	杂质, 不大于			Al
						Si	Fe	Cu	
铝-锌-钢-锡	5.5~7.0	0.025~0.035	-	-	-	0.10~0.15	<0.16	<0.02	余量

表 4.1.4-2 牺牲阳极电化学性能

性能 种类	开路电位 -V(SCE)	工作电位 -V(SCE)	实际电容量 A h/kg	电流效率 %	溶解状况
高效铝合金阳极	1.10-1.18	1.05-1.12	≥2400	≥85	腐蚀产物容易脱落， 表面溶解均匀。

牺牲阳极每根桩选用约 375kg 的高效铝合金。根据设计，单块高效铝合金年消耗率为 3.65kg/A a，电流效率大于 85%，阳极的输出电流为 0.99A，计算单根桩的阳极消耗（溶解）量为 9.2kg/a。单台风机阳极消耗（溶解）量约为 36.8kg/a，则 50 台风机和 1 台海上升压站年消耗（溶解）总量为 1.877t/a。阳极含锌量按表 4.1.4-1 中最高质量分数 7.0% 计算，则整个风电场阳极锌释放量为 131.38kg/a，按 13% 进入海底沉积物，施工期和运行期 27 年计，本工程锌释放至海底沉积物总量约为 461.2kg。

牺牲阳极释放的锌有 13% 进入沉积物中计，单台桩基础每年沉积的锌约 0.33kg。保守考虑其仅在桩基周围 10m 范围、表层 1m 内全部沉积，此范围沉积物中每年锌增量约为 0.34×10^{-8} ，以 27 年考虑，最大累积增值约为 0.091×10^{-6} ，叠加 2021 年秋季调查海域沉积物锌质量浓度最大本底值 118.0×10^{-6} ，则沉积物中锌质量分数最大值仍低于沉积物中锌质量浓度标准值 150×10^{-6} （第一类）。沉积的锌不易形成稳定物质而在 27 年内持续累积，因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

以上只是极端不利工况，只有在桩基础被围隔时才会出现，牺牲阳极的锌溶解后易随海水扩散进入大范围的循环，锌也是海水中的最常见的物质之一，其不易形成稳定物质而在 27 年内持续累积，因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

4.2 项目用海生态影响分析

4.2.1 施工期影响分析

本工程施工期对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下几方面。

1、底栖及潮间带生境影响

风机及海上升压站基础及海底电缆敷设施工会对作业范围内的底栖生境造成直接破坏，进而引起底栖生物的损失。根据本工程海底电缆登陆推荐方案，本工程海底电缆登陆时推荐采用定向钻的施工方式，海底电缆登陆时不需开挖，定向钻正常施工时不会对潮间带生境造成破坏。

综合考虑桩基础压占和打桩引起的悬浮泥沙影响再沉降，本工程桩基础施工临时压占面积约为 250m²，则调整后本工程 50 台风机和 1 台升压站底栖生境破坏面积为 1.275 公顷。

调整后本工程海底电缆总长约 168.68km（两回 220kV 海底电缆的总长度为 56.73km，66kV 海底集电电缆的总长度为 111.95km）。考虑潮下带单根电缆开挖过程中的悬浮物再沉降的边际效应，单根电缆开挖埋设的底栖生境破坏范围约为 20m，则海缆施工造成的底栖生境破坏面积约 337.36hm²。

本工程造成的底栖、潮间带生境破坏面积汇总见表 4.2.1-1，施工期在该范围内的底栖和潮间带生物将受到损害。

表 4.2.1-1 工程施工底栖（潮间带）生境影响范围

项目	海缆长度 (km)		底栖生境破坏面积 (hm ²)	
	调整前	调整后	调整前	调整后
桩基础临时压占	/	/	1.625	1.275
海缆敷设破坏	主海缆	56.73	56.73	351.16
	集电线路	119.10	111.95	
合计			352.785	338.635

2、悬浮泥沙扩散影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮,造成海缆路由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。

根据本报告 2.3.6 节分析,本项目扫海作业时在海底路由中心线左右 0.5m 范围内进行扫海,摸清、扫除路由上有碍埋设作业的所有障碍物,深度按 0.1 米计,尽管扫海锚具存在间隙,但考虑到锚具本身的结构特征,扫海锚尾部在海底拖行,对海底沉积物的扰动宽度可按照最大值 100% 计算,则扰动的横截面积为 0.1 m^2 ;海底电缆铺设施工时,海底电缆通过“埋设机”普遍敷设在泥面下 2m~2.5m 深处,按最不利条件考虑,埋深取 2.5m,海缆沟槽底宽约 0.3m,顶宽约 0.5m,埋设机在海底拖行,对海底沉积物的扰动宽度可按照最大值 100% 计算,则扰动的横截面积为 1 m^2 。海底电缆埋设施工时产生的海底沉积物扰动横截面积为扫海作业时的 10 倍,扰动量显著高于扫海作业,埋设施工产生的悬浮泥沙量远大于扫海作业,本报告书在计算悬浮泥沙扩散范围时忽略扫海作业。

钢管柱打桩产生悬浮泥沙对海洋生物将产生一定的影响,根据分析,在钢管柱施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加 ($>10\text{mg/L}$),则单台桩基础悬浮泥沙扩散影响范围约为 3.14hm^2 ;调整后 50 台风机桩基础和 1 台海上升压站桩基础将造成累计约 160.14hm^2 的悬浮扩散影响,其影响范围远小于海缆施工悬沙扩散范围。

(1) 悬浮泥沙对浮游生物的影响

悬浮泥沙对浮游生物的影响主要为施工过程中产生的悬浮泥沙将导致水体的混浊度增大,透明度降低,不利于浮游植物的繁殖生长。此外还表现在对浮游动物的生长率、摄食率的影响等。长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物毒性效应的试验结果表明:当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时,将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。同时会降低水体的透明度,影响浮游植物的光合作用继而导致初级生产力下降,大量的悬浮物出现在局部水域可能会堵塞仔幼鱼的鳃部造成窒息死亡,在自然环境中,悬沙量的增加会影响以浮游植物为食的浮游动物的丰度,间接影响蚤状幼体和大眼幼体的摄食率,最终影响其正常发育。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙使周围海水中悬浮物浓度增大，透明度降低，引起浮游植物的光合作用的减少，同样会对浮游植物会产生一定的影响和破坏作用。但由于悬浮沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮沙的排放，其影响将会逐渐减轻。

(2) 对游泳生物的影响

悬浮物质量浓度增高，对游泳生物的分布也有一定影响。游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而具有回避污染的效应。室内生态实验表明，悬浮物质量浓度为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物质量浓度在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生的悬浮物质量浓度高浓度区，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，从而影响使该区域内的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。随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

3、水下噪声影响

钢管柱打桩及各类施工船舶航行会产生一定的水下噪声源强，水下噪声对海洋生物存在一定影响，根据预测，本项目桩柱施打时水下噪声源强可达 200dB re 1 μ Pa-m，不同鱼类在不同声压级条件下会产生逃离、昏迷、死亡等的反映。

4、海域临时占用影响

施工期间，为保证施工作业及渔业生产船舶的安全将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少，同时受施工扰动影响，施工附近海域渔获率将有所降低，从而影响工程及周围海域捕捞产量。

5、对鸟类及其生境的影响

海上风电场施工期间，大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围，另一方面会影响海洋和底栖生物分布，从而影响鸟类的食物分布；施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟产生影响，使该区域鸟类的数量减少、多样性降低；晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类，吸引鸟类与工程设施相撞。

6、施工船舶含油污水对海域生态环境的影响

本工程施工船舶所产生的含油污水收集后委托有资质单位处理，正常施工不会对海洋生态环境造成影响。

4.2.2 运行期影响分析

本工程运行期对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下两方面。

1、基础占压影响

根据基础结构方案，本工程风机和升压站采用四桩导管架结构，单台桩基础结构压站底栖生境面积约 250m²；调整后 50 台风机和 1 台升压站共永久压占底栖生境面积约 1.275hm²；在风机桩基群占海部分范围内的原有泥质型的底栖生物类群不可恢复。

2、水下噪声及电磁辐射影响

运行期风电场对海洋生态及渔业资源的影响还可能来自风机运转产生的水下噪声和水下输电线路产生电磁波。水下声环境敏感目标主要为水中的鱼类和海洋哺乳动物。风机运行水下噪声可能干扰鱼类及海洋哺乳动物捕食、躲避掠食动物或躲开障碍物，进而影响其生存。此外水下输电线路产生的电磁辐射也可能对海洋生物生存产生一定潜在影响。

3、对渔业生产的影响

风电场建成运行后，为保护海底电缆和风机的安全运行，该海域禁止底拖网、抛锚，同时由于风机桩的分隔造成渔业捕捞面积缩小，在一定程度上降低了渔业捕捞量，从而引起经济收入下降，对渔民的生活产生一定影响。同时，由于风机桩的存在，特别是在迷雾天气，渔船与风机桩相撞的概率大大增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

4、对鸟类的影响

鸟类对噪声具有较高的敏感性，受影响种类主要为留鸟和中途停歇觅食的候鸟，对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离已超过 250m（按飞行高度 400 m 算），基本不会受到风机噪声影响。

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别

在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100 m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留；同时，风机叶片旋转的范围是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。

4.2.3 对海洋生态系统服务功能的影响分析

海上风电场工程建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。工程建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、捕捞生产、污染净化、旅游等 4 个方面的主导功能。

(1) 物种栖息地

工程建设所在海域是多种野生水生动物栖息、繁殖、洄游场所，也是候鸟的迁徙区。海上风电场工程建设施工期会对该栖息地的野生水生动物栖息、繁殖、洄游会产生较大的干扰，对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。对于迁徙过境的鸟类，由于其飞行时高度一般较高，与风机发生碰撞的概率很小，但在天气较为恶劣、能见度较低的时候，迁徙鸟类的飞行高度降低，存在与风机碰撞的风险，但发生的概率总的来说较低，不会对区域鸟类的数量种类造成明显影响。但在运行期，该海域作为物种栖息地的生态服务功能基本不受影响，但风电场对候鸟的迁徙仍会产生一定影响。

(2) 捕捞生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及产品。该海域作为捕捞水域具有提供海产品的功能，工程建设会占用该海域，使捕捞生产面积减小，渔获率下降，捕捞生产受到影响。同时，由于风机桩的存在，特别是在迷雾天气，渔船与风机桩相撞的概率大大增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

(3) 污染物净化

海洋是一个巨大的净化器，对入海污染物具有一定的稀释、扩散、氧化、还原和降解的综合能力。工程建设施工期使海域悬浮泥沙增加，水体透光性下降，光合作用减弱，水体溶解氧质量浓度下降，对污染物净化功能会产生一定影响。但在运行期，污染物净化功能不会改变。

(4) 旅游

本风电场数十台风机矗立在工程海域及周边视觉景观产生一定影响。不同观察对事物的形式、线条、颜色和构造特征的认识与喜好不尽相同，因此同一事物在不同观察者眼中可能产生孑然不同的视觉影响。对视觉景观影响主要从生动性、自然性、独特性和统一性等角度进行评价。

首先从生动性方面评价，本项目风机均为钢结构构筑物，总体结构尺度在 100m 以上，主体色块为白色为主，与海域背景景观相对比性强，在空间视域上，由于风电场总体占据海域面积较大，且为成规模的矩阵式布置，对近距离观赏者视觉冲击较大，但对位于临近海域上的观赏者而言，在视距加大的情况下，视觉冲击有所减弱；其次从自然性角度评价，由于本风电场行列布置有序，因此整体秩序感较强，但本项目作为人造的大体积钢结构构筑物，其自然性较弱，然而风机与周围的船舶等人造构筑物相结合能组成较强的秩序感。

总体评价认为，本风电场建成后排列整齐、美观的风机，与周围的航船、蓝天、白云相结合，将成为当地一道特有的风景，但对于以自然景观为特色的旅游休闲娱乐区而言，风电场建设将对其的自然景观带来一定影响。

4.2.4 水下噪声及电磁辐射生态影响分析

为评价本项目在施工期、营运期所产生的水下噪声和电磁环境对海洋生态环境的影响，本项目环评单位单位上海勘测设计研究院有限公司委托厦门大学按照《海上风电工程环境影响评价技术规范》（国家海洋局，2014 年 4 月）制定的方法，开展了本工程水下噪声和电磁环境对海洋生物影响的专题研究，本节内容引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》（██████████，2018 年 4 月）。

专题研究报告评估了本工程在施工期、营运期所产生的水下噪声和电磁环境对海洋生物的影响。在施工期水下噪声影响评估中，以福建省莆田平海湾海上风

电场一期工程、港珠澳大桥主体工程 and 厦门五缘湾游艇码头水下工程等施工期水下打桩噪声的实地监测实例，分析施工期水下打桩噪声的声源级和时频分布，预测本工程采用四桩导管架基础打桩施工时所产生的水下噪声源强以及影响距离；在营运期水下噪声评估中，分别对我国已建成的海上风电场—上海东海大桥海上风电场、福建莆田平海湾海上风电场一期工程、江苏如东风海上风电场（一期）、福建福清嘉儒风电场近海风机在营运期的水下噪声进行了实测，分析了海上风电场在营运期的水下噪声强度。在实验室中构建了水下噪声对施工海域几种典型海洋生物影响的模拟实验；综合国内外现有研究最新成果，分析和评估了本项目在施工期和营运期所产生的水下噪声和电磁环境对工程海域海洋生物可能带来的影响，并提出减缓水下噪声对海洋生物影响的具体措施。

4.2.4.1 施工期水下噪声对海洋生物的影响分析

1、施工期水下噪声分析

本工程施工噪声源主要包括以下三类：施工机械、运输船只、桩基打桩噪声。本工程桩基础施工拟全部采用冲击式打桩方式。冲击式水下打桩为海上风电场施工期间最大的水下噪声源强。桩基施打所产生的水下噪声源强主要取决于桩柱管径、重锤敲击能量、海域水深、海底地质等参量。

水下冲击打桩的噪声传播路径如下图所示。图中第 1 径为海面反射路径，撞锤冲击桩体产生的噪声经过海面反射后传至噪声接收端；第 2 径为水下直达路径，桩体产生的噪声通过该路径直接传至接收端；第 3 径为海底反射路径，噪声经过海底反射后传至接收端；第 4 径为海底传播路径，撞锤冲击桩体对海底施加冲击力产生压缩波和切变波在海底传播，其中部分噪声能量将传入水中。

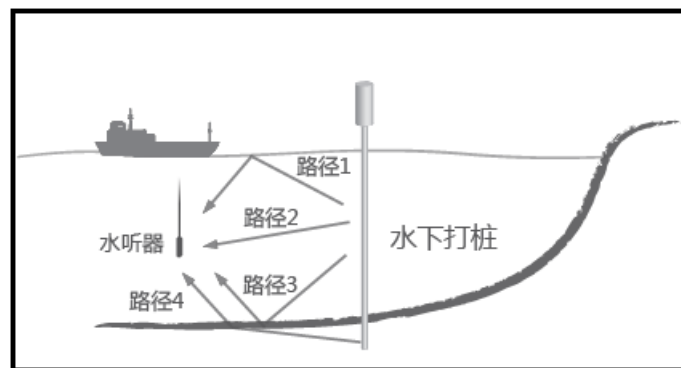


图 4.2.4-1 水下冲击打桩的噪声传播路径

施工中设备、材料运输将动用大量运输船只，这些运输船的频繁行驶经过和

施工将对施工海域产生较大干扰。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。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,船舶噪声主要为机械噪声。在高速情况下,螺旋桨噪声成为船舶噪声的主要成分。螺旋桨噪声的来源包括螺旋桨叶片振动以及螺旋桨空化。机械噪声分布在 10Hz 至 5kHz 频率范围内,螺旋桨空化噪声的频率范围较广,从 50Hz 开始扩展至 100kHz。

2、工程施工噪声对海洋生物影响分析

本工程风电场风机基础采用四桩导管架桩风机基础,钢管桩布置 4 根,桩径 3.0m。水下打桩施工将产生较高声源级的水下噪声源强,打桩所产生的冲击波噪声在多方面将对海洋动物产生影响,这些影响包括改变动物行为,对动物造成物理性损伤或死亡率提高。影响的严重程度受到多种因素影响,如水下噪声的声强和声频特性、动物所遭受到噪声时与噪声源的相对距离和位置、噪声的作用时间,对鱼类来说,噪声的影响与鱼群的密度和鱼类的体积大小,以及鱼本身的解剖构造有。因此,施工期应注意海洋生物的保护措施。

目前在水下噪声对海洋哺乳动物和鱼类影响相关阈值判断中,根据水下工程噪声对海洋生物影响的危害性程度进行分级。其中声源级高于 180 dB 的水下噪声为危险级,可能会对海豚的听觉系统造成伤害,主要有打桩噪声和水下爆破噪声;声源级在 120~180 dB 范围的水下噪声为警告级,可能会对海豚行为产生影响,主要有施工船舶噪声以及钻孔噪声和疏浚噪声;声源级低于 120 dB 的水下噪声强度基本接近海洋环境噪声,因此评定为安全级。

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。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。课题组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 1 μ Pa 时幼苗对声波即有明显反应,当声压级达到 172dB/re 1 μ Pa 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 1 μ Pa 以上小鱼有主动避开声源的行为,当声源强度达到 187dB/re 1 μ Pa,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 1 μ Pa 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。

研究表明强噪声对鱼类的影响程度有：

- 改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

- 损害物种的耳朵听觉细胞。

- 大黄鱼的发声强度分别大约为(大鱼：140dB、中鱼 130dB、小鱼 110dB)。

施工期水下噪声当超过这些强度后，也将会影响大黄鱼之间的交流。

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外(如 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鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响。施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。

3、施工噪声安全距离分析

专题研究报告中分析了本工程打桩施工的噪声影响范围。对于本工程在四桩导管架风机基础水下打桩施工时，应确立在 210m 范围内为危险区域，在 1.7km 范围内为警告区域。打桩施工中在这些海域范围内应对鱼类活动需要进行可能的驱赶、搬移等工作。

当海域中有石首科鱼类时，考虑鱼群在海域中游动性，以 155dB 作为对石首鱼如大黄鱼、白姑鱼、叫姑鱼等产生影响为阈值，可算出对应桩径 3.0m 的四桩导管架风机基础打桩施工，与施工风机的对应距离为 2.9km。因此，当施工海域有石首鱼科的仔鱼和产卵场时，针对本工程的四桩导管架风机基础施工，应确立在离桩基 2.9km 的距离范围外为安全距离。

当海域中有中华白海豚和江豚时，针对本工程四桩导管架风机基础水下打桩施工，应确立：在 210m 范围为危险区域，在 1.7km 范围内为警告区域。在这些

施工海域中对中华白海豚的活动需要进行观测、驱赶等工作。

4、小结

风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，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，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。由于渔场的产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，在渔业敏感季节建议尽量降低施工强度，以减少施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响。

4.2.4.2 运行期水下噪声对海洋生物影响

风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成。

1、运营期风电场水下噪声分析

厦门大学对我国已建的莆田平海湾一期海上风电场、上海东海大桥海上风电场、福建福清嘉儒风电场、江苏如东海上风电场等海上风电场在运营期的水下噪声监测，并结合英国 4 个海上风电场运营期的监测资料进行分析。结果表明：风机在运营期中所产生的水下噪声级总体比较低，即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段（120Hz~1.5kHz）上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1 μ Pa，总体噪声谱级都在 120dB/1 μ Pa 以下。基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。在这些特定频段上(120Hz~1.5kHz) 的噪声级提高并没有比因自然状况变化所带来的噪声级提高更多，如下雨噪声、动物自身的移动、船运噪声。

不同风速下，风机在水下产生的噪声强度变化不明显。与海洋环境背景噪声相比，不同风速（风速分别为 6m/s 和 13m/s）的风机在水下辐射的噪声强度不同，高风速（13m/s）时在低频段（63Hz 以下）风机噪声与海洋环境背景噪声相当（淹没在背景噪声中），高风速（13m/s）时在 125Hz 频点上比低风速(6m/s)的风机辐射水下噪声谱级高 10dB/1 μ Pa 左右，但总体都不高，与海洋背景噪声相当。

运营期的水下噪声主要由风机运转而产生，尤其是低频噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中而产生了水下噪声。欧洲一些国家的海上风

电项目水下噪声测量资料表明：运营期的风机运转噪声远低于施工期的打桩噪声，风电场在运营时所产生的噪声比较低。风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成，如下图所示。

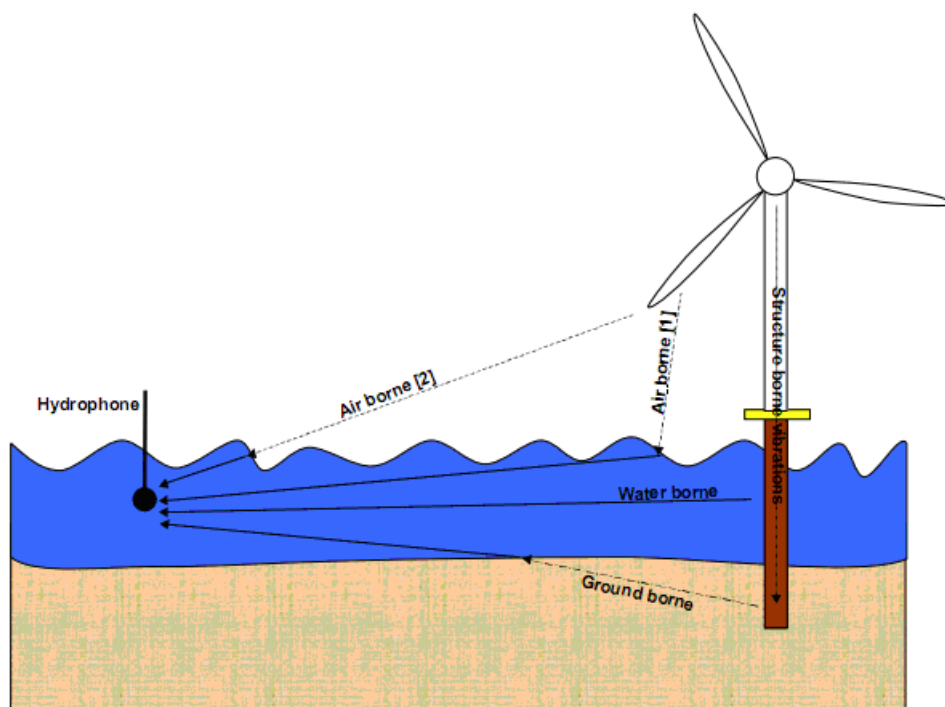


图 4.2.4-3 风机运行水下噪声传播路径

本工程运行期主要噪声源为风机运行产生的噪声。风机运行过程中产生的噪声主要有机械(结构)噪声和空气动力学噪声。

当风速达到或超过额定风速时，风机噪声源强（主要为空气动力噪声）亦达到最高。当环境风速进一步升高时风机噪声不会进一步增强，而周围自然风和树木等的背景噪声会进一步提高，因此风电机组在额定转速条件下的噪声影响最为明显。

2、水下噪声海洋生物影响评价

(1) 水下噪声对典型海洋生物影响实验

厦门大学在厦大海洋与地球学院生态场中进行水下噪声对典型海洋生物影响实验，实验海上不同强度声压的水下噪声对水池中鱼类和底栖的影响。实验开始前先在养殖池中 4 个位置用水听器测量水下背景噪声，再将发射换能器置于水池中，发射水下声信号，采用丹麦 B&K 的 PULSE 多通道分析系统，记录和

分析水下噪声在 4 个位置中的强度分布，见图 4.2.4-4。

接着分别放置实验用的鱼种和底栖生物，实验用的鱼种经过适当时间的适应后，再把水声发射换能器和水听器置于水池中并静待 10 min。以恢复鱼种因仪器布放过程中所受的惊扰。

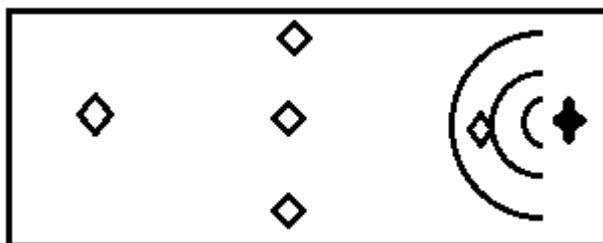


图 4.2.4-4 测量背景噪声和声场分布的实验布置图

发射噪声信号从低频到高频进行测试，以目前所研究的大多数的石首科鱼类的最高灵敏度 500Hz 为主要频率，观测对不同频率信号的响应。同时改变发射强度，观测鱼类对声信号的响应。

实验水下噪声分两类：

1) 把之前记录的原始的海上风电场噪声数据作为噪声源，取其中典型的较大的噪声功率谱数据，使用不同强度的声压级（110dB re 1 μ Pa 、120dB re 1 μ Pa 、130 dB re 1 μ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据；

2) 用计算机产生 200Hz~900Hz 的水下低频噪声，使用不同强度的声压级（110dB re 1 μ Pa 、120dB re 1 μ Pa 、130 dB re 1 μ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据。

水下噪声生物实验结果显示：

1) 行为学参数

运动轨迹：观察了大黄鱼，矛尾鰕虎鱼、半滑舌鳎、斜带石斑鱼、真鲷、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、凡纳滨对虾等活动状况，在发射上述所提到的不同声源强度噪声，特别是风电场记录的较强的水下噪声时，没有出现回避噪声源的现象。

死亡率：在使用上述的噪声源下，3d 持续发射噪声的时间累加超过 48h，实验组与对照组之间的死亡率数据基本相同，营运期水下噪声辐射没有对鱼类产生直接致死现象。

2) 生化指标测量

对大黄鱼、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、真鲷、斜带石斑鱼、凡纳滨对虾、武士

蛄、口虾蛄、棒锥螺、荔枝螺、菲律宾蛤仔、牡蛎、文蛤、翡翠贻贝等 14 种生物 4 个实验组间的碱性磷酸酶（AKP）、酸性磷酸酶（ACP）、超氧化物歧化酶（SOD）的活性以及去甲肾上腺素（NE）的质量浓度分别进行比较分析。

初步结论：

营运期水下噪声强度对仅对缢蛏的碱性磷酸酶活性（AKP）、酸性磷酸酶（ACP）活性有显著影响，对其它物种（大黄鱼、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、真鲷、斜带石斑鱼、凡纳滨对虾、武士蛄、口虾蛄）的作用不显著。

营运期水下噪声对 5 种鱼类（大黄鱼、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、真鲷、斜带石斑鱼）血液中去甲肾上腺素的质量浓度影响不明显，除了斜带石斑鱼的对照组和营运期水下噪声之间差异显著，其余各组之间的差异不显著。

营运期水下噪声对鱼类肝脏 SOD 酶活力的影响中，噪声对 5 种鱼类（大黄鱼、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、真鲷、斜带石斑鱼）SOD 酶活力的影响规律不明显。

（2）噪声对石首鱼科（大黄鱼）影响的实验研究

工程海域中有的大黄鱼、叫姑鱼等属于石首鱼科。石首鱼科对声波特别敏感，容易受到水下强噪声等的直接或间接影响，专题报告中厦门大学对石首鱼科大黄鱼的声学特性进行了现场研究，包括大黄鱼的发声特性以及水下噪声对大黄鱼的影响研究，主要研究结论如下。

①大黄鱼幼苗对声音的敏感频率在 800Hz，声强约 140dB 时对声波即有明显反应，声强 150dB 时有少量幼苗死亡，当声强达到 172dB 时有较多幼苗直接死亡。

②大黄鱼小鱼的测试结果与幼苗明显不同。小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上，小鱼仍未有致死现象，仅有主动避开声源的行为，当声源强度达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝，当声强达到 192dB 时，仅观察到声源正上方的 2 只小鱼的直接致死，由此说明小鱼最大可承受声压大于幼苗。

③大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声源达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，但未能直接致死。但在声源约为 140dB 时，成鱼对声波就有条件反射行为发生。

可见,不同大小和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。三种不同尺寸的鱼对声音的敏感频率集中在 600Hz-800Hz 频带上,与大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置相吻合。但不同年龄的大黄鱼的声敏感频率有略微差别,生长年龄越小的鱼,其声敏感频率越高。但大黄鱼的发声信号特征与鱼体耳石大小、生长年龄、雄雌等之间更为定量的关系,还需深入的实验研究。

4.2.4.3 电磁辐射对海洋环境影响分析

1、水下电磁辐射影响分析

营运中的海上风电场电缆在每一相导体中均存在 120°的相位差,使得周围导体产生变化的磁场,尽管电缆的护套提供了良好的电场屏蔽,但是无法屏蔽磁场。

本工程风机机群分布可知,最密集的布放方式为 5 根 66kV 海底电缆并行排列,所获得的叠加效应最明显。选择 5 根平行排列的海底电缆进行分析。并行排列的 5 根电缆磁感应强度的叠加效应将使衰落呈椭圆分布,但总体强度随着距离的增加而减少,而且衰减越来越严重。

2、电磁辐射对海洋生物影响评价

目前学术界对于海底电缆产生的电磁场对海洋生物产生的影响还没有科学的定论。

行为学研究显示鱼类是能够感觉到电场的,但是目前所知这种影响是较小的。Formicki 等(2004 年)人对很多种鱼进行研究发现,如鲈鱼(*Perca fluviatilis*)、白斑狗鱼(*Esox lucius*)、拟鲤(*Rutilus rutilus*)、红眼鱼(*Scardinius erythrophthalmus*)、鲷科鱼东方欧鳊(*Abramis brama*)和鲈科鱼梅花鲈(*Gymnocephalus cernuus*)等都趋于选择镶有磁铁的长袋网。但这些研究都是以淡水鱼类为研究对象,因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。在 Nishi、Kawamura 和 Matsumoto(2004)的研究中发现,无论是在海水中、淡水中还是在养殖区域的日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)均会对 12663nT~192473nT 的磁场变化产生反应。以上科研成果为实验研究的结论,仅能说明特定鱼类可能对磁场产生反应。

Westerberg和Begout-Anras(2000)对欧洲银鳗在穿越南波罗的海海底电缆时的洄游形式进行了遥测研究。研究表明,鳗鲡随着持续的磁性罗盘航向迁移,并

没有受到电缆产生的电磁异常影响。此外，Westerberg(1994)从研究的角度测试了南波罗的海近岸风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式，在风力发电机500m范围内，鳗鲡的洄游形式没有发生任何改变。

在Westerberg和Lagenfelt的一项未发表的研究中，将60尾正在洄游的银鳗放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的132kV交流电缆(AC)北部。其洄游速度在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响，但电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

为了进一步分析海上风电场电磁环境对海洋生物的影响，厦门大学课题组在厦门大学生态场水池中开展了工频电磁环境对海洋生物短期影响的研究。

初步研究结论如下：

1) 海洋生物能够感知强度为 1.0mT 以上交流电磁场的存在，并做出不同生理反应，这种生理反应的持久性未进行进一步评估。

2) 强度在 0.3mT 以下的交流电磁场对海洋生物作用 48h 后，其体内的碱性磷酸酶，酸性磷酸酶以及超氧化物歧化酶的比活力变化不显著。

3) 磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

从现有资料分析，66kV 海底电缆在埋设海底下 2 m ~3m 深时，其在海底面上所辐射的磁感应强度为 10^{-10} ~ 10^{-5} T 数量级。

风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个核内部。对于 66kV 的集群海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 2m 外，磁感应强度已降在 10^{-6} T 以下；对于 220kV 海底电缆，磁感应强度已降在 10^{-5} T 以下。据实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（大黄鱼、矛尾鰕虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔等）基本上无影响。

综合类比实验分析：本项目电磁辐射对该海域中主要的海洋生物资源的影响不明显。

4.3 项目用海资源影响分析

4.3.1 项目用海对岸线资源的影响分析

本项目220kV海底电缆登陆时将涉及自然岸线资源，历史上全部为砂质岸线，海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约28m（四舍五入计算）（见图4.3.1-1），实际上，项目220kV海底电缆的直径约26cm，即使加上保护设施后，2回220kV海底电缆涉及的海岸线长度仅1m左右，其余为保护距离，不实际占用岸线。工程施工完成后，登陆电缆位于沙滩以下，不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性。

2019年，自然资源部组织实施了全国海岸线修测工作。本项目220kV海底电缆登陆时涉及的08年海岸线和新修测海岸线的对比图见图4.3.1-2。本项目登陆时涉及新修测海岸线长度约17米。

本项目海底电缆登陆时将位于此处沙滩，根据《海底电缆管道保护规定》的要求划定保护范围，并按照规定设立显著标志，海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，是对岸线资源的有序利用和保护，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沙滩。

图 4.3.1-1 登陆点涉及岸线示意图（略）

图 4.3.1-2 登陆点涉及 08 岸线和新修测海岸线对比示意图（略）

4.3.2 项目用海对旅游资源的影响分析

根据本报告 3.3.3 节的分析，本工程风电场、海底电缆及其登陆点附近 5km 范围海域无已开发形成的旅游景点，离最近的旅游区距离已超过 5km，本项目的建设不会对惠来县的旅游资源产生不利影响。

4.3.3 项目用海对风能资源的影响分析

根据本报告 3.3 节的分析，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，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、促进地区旅游业和带动地方经济快速发展将起到积极作用。

4.3.4 项目用海对港口资源的影响分析

根据本报告 3.3 节的分析，本项目 220kV 海底电缆登陆点位于《揭阳港总体规划》的“前詹作业区”，根据 3.4.2 节的分析，现阶段，规划“前詹作业区”仅粤东液化天然气项目一期工程和揭阳港前詹作业区通用码头一期工程进驻，天然气码头及相关设施已建成，通用码头已确权，暂未建成。

工程施工过程中，施工船舶较多，施工船只的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难，可能会增加天然气码头有关船舶的航行、避让困难，对有关船舶进出港产生不利影响。另外，来往作业区的船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对电缆造成破坏。

2018 年 5 月 3 日~4 日，项目组对登陆点进行了现场踏勘，在项目登陆点附近小海湾已自发形成小渔船的靠泊地，有较多小渔船停泊，见图 4.3.4-1 所示。小渔船做工较简陋，无配备铁锚，通过绳索系固于海岸。



图 4.3.4-1 220kV 海底电缆登陆点附近靠泊的小渔船

本项目海底电缆登陆时采用定向钻的施工工艺，主要设备位于陆域，正常施工时不会对海底电缆登陆点附近的小渔船造成不利影响。

本项目海底电缆登陆时施工时间较短，不会对区域港口资源造成较大影响。

4.3.5 项目用海对锚地和航道资源的影响分析

根据本报告 3.3.5.1 节和 3.4.2 节的分析，本工程海底电缆与粤东液化天然气项目一期工程锚地（LNG 锚地）最近约 2.1km，距离规划前詹锚地最近约 0.7km，工程施工过程中，施工船舶较多，施工船只的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难，可能会增加锚地有关船舶的航行、避让困难，对有关船舶进出锚地产生不利影响。此外，船舶抛锚不准和发生走锚事故，也可能对埋设的海底电缆造成破坏。由于本项目海底电缆的施工时间较短，项目施工时应按要求向海事部门报备，发布通航公告，并做好海上警戒，制定相应的应急预案，避免对进出锚地的船只产生不利影响。海底电缆在靠近有关锚地段时建议采取一定的保护措施，避免船舶非正常抛锚对海底电缆造成破坏。

本项目海底电缆穿越中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 中、小型船舶航路，全国沿海航路规划内航路琼州海峡至台湾海峡（南下和北上），广东省航道图海

甲航道，风电场距离中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 大型船舶和外国船舶航路较近，广东省航道图-海甲航道。工程施工过程中，施工船舶较多，施工船只的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难，可能会增加有关船舶的航行、避让困难，对有关船舶通航产生不利影响。此外，船舶抛锚不准和发生走锚事故，也可能对埋设的海底电缆造成破坏。由于本项目海底电缆的施工时间较短，项目施工时应按要求向海事部门报备，发布通航公告，并做好海上警戒，制定相应的应急预案，避免对航线通行的船只产生不利影响。

此外，应加强宣传和监控，同时在风机塔架基座上应完善航标等识别设备并采取基桩防护措施（包括安装显著的警示标志和防撞设施等），以降低被碰撞的可能性，减少损失。

4.3.6 项目用海对渔业生产和渔业资源的影响分析

4.3.6.1 工程建设对渔业生产和渔业资源的影响

①施工期间产生悬浮泥沙对渔业生产和渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其它水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮固体在水中的影响，一类是悬浮固体沉降到水底后产生的影响。主要包括：

A 造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链（网）和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降。

B 造成水体溶解氧、透光率和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长发育（如鱼卵和幼体）。

C 混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力。

D 影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。

E 影响鱼类的正常活动和洄游。

②施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议打桩作业尽量避开这一季节。

4.3.6.2 施工期生态损失量估算

1、对海洋生态的影响

(1) 桩基施工、电缆沟开挖对浮游生物的影响

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆路由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。

桩基施工和电缆沟开挖会引起海底泥沙再悬浮，海底泥沙中有害物质也会再溶出，从而可能对周围水域的浮游生物产生不利影响。

根据渔业水质标准，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，悬浮物浓度增量大于 10mg/L ，可能对鱼类生长造成影响；根据三维数模悬沙预测结果，本项目底层悬沙的扩散范围已包括表层和底层悬沙的扩散范围，施工期底层悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 204.06km^2 。表 4.3.6-1 为 2018 年春季和 2021 年秋季海洋生物调查的资源统计。

表 4.3.6-1 2018 年春季和 2021 年秋季调查海洋生物资源统计表

	单位	2018 年春季	2021 年秋季	平均值
浮游植物	个/ m^3	2315700	3103447	2873074
浮游动物	mg/m^3	287.88	153.32	276.82
底栖生物	g/m^2	67.75	2.84	60.75
潮间带生物	g/m^2	10.49	126.22	131.84
鱼卵	粒/ m^3	0.32295	1.50075	0.99306
仔鱼	尾/ m^3	0.00776	0.20658	0.10811
游泳生物	kg/km^2	709.509	200.202	235.842

按在桩基施工和电缆沟开挖影响范围内（悬浮物浓度 $>10\text{mg/L}$ ）最大影响面积 204.06km^2 ，浮游植物平均生长速率降低 10%，浮游动物平均 30% 受损，平均水深 30m，浮游植物和浮游动物的数量按表 4.3.6-1 估算，则受直接影响的浮游植物数量 1.76×10^{15} 个、浮游动物生物量为 508.39 t。

(2) 桩基施工、电缆沟开挖对潮下带底栖生物的影响

桩基础及海底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。根据工程分析，本工程造成底栖生境破坏面积共 338.635 hm^2 ，不会造成潮间带生境破坏。

底栖生物是水生生物生态系统中的一种重要生态类型，桩基施工、电缆沟开挖完全改变施工区附近底栖生物的生境。

以 2017-2018 年秋季和春季现状调查的底栖生物平均生物量 66.705 g/m^2 作为评估依据（表 4.3.6-1），根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）项目占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿。

底栖生物具体影响面积、生物量损失见表 4.3.6-2。

表 4.3.6-2 底栖生物的影响损失估算表

项目	破坏面积 (hm ²)		底栖生物量 (g/m ²)		底栖生物直接损失量 (t)		影响年限	累计损失量 (t)		
	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后		调整前	调整后	变化
基础临时压占	1.625	1.275	66.705	60.75	1.08	0.77	3	3.24	2.32	-0.92
海缆敷设破坏	351.160	337.360	66.705	60.75	234.24	204.94	3	702.72	614.83	-87.89
合计	352.785	338.635			235.33	205.72		705.96	617.16	-88.8

本工程推荐采用的定向钻登陆施工方式，正常施工不会造成潮间带生物的损失。

2、对渔业资源的影响

风机桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对开挖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，第一、二类海水水质人为增加悬浮物浓度应 $\leq 10\text{mg/L}$ ，悬浮物浓度增量大于 10mg/L ，可能对鱼类生长造成影响。本项目底层悬沙的扩散范围已包括表层和底层悬沙的扩散范围，施工期底层悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 204.06km^2 ，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。

参照农业部颁布并于 2008 年 3 月 1 日起施行的《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）中关于污染物对各类生物损失率的描述（表 4.3.6-3），依据本报告增量悬沙扩散面积计算的结果，悬沙扩散过程中浓度迅速衰减，因此高浓度面积大大低于低浓度面积，而且高浓度面积随着扩散以几何级数递减。

本工程生态损耗评估采用的具体方法如下：

本工程的施工污染物为产生的悬浮泥沙，由于海底电缆施工属于移动源，其悬沙最大包络线浓度增量区域存在时间少于 15d，故界定为一次性损害。生物资源损害量按以下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中： D_{ij} —某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾/km²、个/km²、kg/km²；

S_j —某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为 km²；

K_{ij} —某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率（%），生物资源损失率取值参见附录 B；

n —某一污染物浓度增量分区总数。

计算以年为单位的生物资源的累计损害量按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

M_i —第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾（尾）、个（个）、千克（kg）；

W_i —第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为尾（尾）、个（个）、千克（kg）；

T —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），单位为个（个）。

2) 占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要占用一定的渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按以下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： W_i —第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、kg；

D_i —第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）/km²、尾（个）/km³、kg/km²；

S_i —第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为 km² 或 km³。

基于规程中关于污染物对各类生物损失率的描述，本报告中不同扩散浓度范围内生物损失率取值见表 4.3.6-4。

表 4.3.6-3 工程施工对渔业资源损失评估

污染物 <i>i</i> 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

注：
 1. 污染物 *i* 的超标倍数 (B_i)，指超出《渔业水质标准》或超II类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标倍数最大的污染物为评价依据；
 2. 损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数；
 3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
 4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。

表 4.3.6-4 海洋生物损失率取值

污染物 <i>i</i> 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)		
	鱼卵	仔稚鱼	成体
$B_i \leq 1$ 倍	5	5	0.5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	10	5	1
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30	30	10
$B_i \geq 9$ 倍	50	50	20

2017 年秋季和 2018 年春季海洋生物调查结果见表 4.3.6-1，以两次调查平均值作为评估依据进行评估，工程海域平均水深约 30m。项目施工对渔业资源损失评估见表 4.3.6-5。

鱼卵的直接损失量 1.50×10^9 粒，仔稚鱼的直接损失量为 1.56×10^8 尾，游泳生物的直接损失量为 3.96×10^5 kg。

累计损失按 3 年计算，则本项目施工期造成鱼卵的累积损失量为 4.49×10^9 粒，仔稚鱼的累积损失量为 4.68×10^8 尾，游泳生物的累积损失量为 1.19×10^6 kg。

同时，上述渔业资源生物量损失随着施工的开始，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。

表 4.3.6-5 项目施工对渔业资源损失评估

悬浮物扩散浓度	渔业资源	影响面积 km ²		资源密度		平均水深 m	损失率	直接损失量	
		调整前	调整后	调整前	调整后			调整前	调整后
10~20mg/L	鱼卵 (粒/m ³)	43.02	47.69	0.26204	0.99306	30	5	1.69×10 ⁷ 粒	7.10×10 ⁷ 粒
	仔鱼 (尾/m ³)			0.0081	0.10811	30	5	5.23×10 ⁵ 尾	7.73×10 ⁶ 尾
	游泳生物 (kg/km ²)			458.146	235.842	30	0.5	9.85×10 ³ kg	5.62×10 ³ kg
20~50mg/L	鱼卵 (粒/m ³)	42.25	42.45	0.26204	0.99306	30	10	3.32×10 ⁷ 粒	1.26×10 ⁸ 粒
	仔鱼 (尾/m ³)			0.0081	0.10811	30	5	5.13×10 ⁵ 尾	6.88×10 ⁶ 尾
	游泳生物 (kg/km ²)			458.146	235.842	30	1	1.94×10 ⁴ kg	1.00×10 ⁴ kg
50~100mg/L	鱼卵 (粒/m ³)	23.06	66.60	0.26204	0.99306	30	30	5.44×10 ⁷ 粒	5.95×10 ⁸ 粒
	仔鱼 (尾/m ³)			0.0081	0.10811	30	30	1.68×10 ⁶ 尾	6.48×10 ⁷ 尾
	游泳生物 (kg/km ²)			458.146	235.842	30	10	1.06×10 ⁵ kg	1.57×10 ⁵ kg
>100mg/L	鱼卵 (粒/m ³)	35.76	47.32	0.26204	0.99306	30	50	1.41×10 ⁸ 粒	7.05×10 ⁸ 粒
	仔鱼 (尾/m ³)			0.0081	0.10811	30	50	4.34×10 ⁶ 尾	7.67×10 ⁷ 尾
	游泳生物 (kg/km ²)			458.146	235.842	30	20	3.28×10 ⁵ kg	2.23×10 ⁵ kg

3、对渔业生产的影响

在施工期，由于工程施工阶段所涉及的区域较大，对在这一带渔业生产活动产生一定的影响。

此外，施工期间将禁止渔船进入施工海域捕捞生产，由此导致作业渔场范围减少；施工扰动影响，使渔获率降低，最终影响捕捞量。但作业船有限，且集中在风机施工点附近，施工作业对渔业资源捕捞活动的影响是有限的。如果施工活动安排的非捕捞旺季的时段，施工作业对渔业生产的影响可以得到明显的减缓。

4.3.6.3 运行期生态损失量估算

1、桩基础压占海洋生态影响

本风电场工程运营期对海洋生态的影响主要是每台桩基周围的底栖生物的生境遭到永久的破坏，按布置方案，调整后，本工程 50 台风机和 1 台升压站底栖生境破坏面积为 1.275hm²；在风机桩基群占海部分范围内的原有泥质型的底栖生物类群不可恢复。

以 2018 年春季 2021 年秋季和 2 次调查的底栖生物平均生物量为 60.75g/m² 作为评估依据（表 4.3.6-1）。

根据规程，项目占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿，则本工程风电场建设造成底栖生物的长期累积损失为 15.5t。

表 4.3.6-6 永久压占底栖生物损失汇总表

破坏性质	名称	破坏面积 (m ²)		底栖生物量 (g/m ²)		底栖生物直接损失量 (t)		影响年限 (年)	累计损失量 (t)	
		调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后		调整前	调整后
永久压占	桩基础	1250	12750	66.705	60.75	1.084	0.775	20	21.68	15.50

2、对渔业资源及渔业生产的影响

根据国家能源局和国家海洋局联合发布的《海上风电开发建设管理办法》规定，单个风电机组塔架用海面积按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩 50m 为半径的圆形区域计算；海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10m 宽为界计算。在此范围内，不允许捕捞，挖泥等生产作业。由此可见，在风电场运营期时段，这一海域渔业捕捞将受到负面影响，难以进行大规模捕捞作业。

从 2017 年开始，南海近海海域在 5 月 1 日-8 月 15 日禁渔，就是从保护产卵

场和索饵场这一角度出发制定的措施。这一海域捕捞生产主要以底拖网、笼捕、流刺网作业为主，对渔业资源破坏较大。风电场风机桩基的存在，增加了海底的粗糙度，造成紊流的出现，起到人工鱼礁的作用。虽然其建设理论上影响所在水域的捕捞作业，但从形成人工鱼礁的角度来看，一定程度上有利于鱼类的繁殖和生长，对渔业资源的影响更可能产生正面效应。

尽管营运期风机的桩基占有水面有限，而且不可避免对渔业捕捞产生影响。但这类影响若与有关利益相关方协商，并予以适当补偿，是可以接受的。风电场运营期的人工鱼礁效应对渔业资源的保护是有利的。

4.3.7 项目用海对鸟类资源影响分析

本报告引用《国家电投揭阳神泉海上风电场项目鸟类现状调查及评价专题报告》（广东省生物资源应用研究所）分析本项目海上风电场区域的鸟类资源情况和环境影响。

4.3.7.1 施工期影响

海上风电场施工期间，大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰，使鸟类远离施工区域，减少鸟类活动范围，另一方面会影响海洋和底栖生物分布，从而影响鸟类的食物分布；施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟产生影响，使该区域鸟类的数量减少、多样性降低；晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类，吸引鸟类与工程设施相撞。

登陆点的施工对鸟类影响与对其他陆生动物的影响类似，主要是施工场所临时占用栖息地，道路交通运输和设备安装时造成的环境污染降低生境质量等。

4.3.7.2 运行期影响

建设项目在运行期会对鸟类造成多方面的影响，有直接的如碰撞、噪声等，也有间接的如减少食物资源等。按性质分，主要有以下几个方面：

1、对鸟类的直接影响

①风机噪声影响

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。根据项目可研报告推荐，项目设置一座 220kV 海上

升压站+一座陆上集控中心，因此本项目运行期噪声主要为风机运转噪声和升压站及集控中心主变噪声。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为 47 dB (Hirvonen, 2001)，因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至 47 dB 以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。海上升压站主变噪声影响类似，因体积较大影响范围大于单个风机噪声。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、白腹海雕等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥形目鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离超过 200m（按飞行高度 400 m 算），受到噪声影响较小。

此外，从风机噪声频率角度评价，噪声对主要依靠鸣声进行通讯的鸣禽影响较为严重 (Slabbekoorn and Ripmeester, 2008)，如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰鸟类寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使鸟类的捕食效率和生存力大大下降。在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息 (Kennedy *et al*, 2009)。当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间避开噪声干扰 (Hardouin *et al*, 2008)。有研究表明风机噪声频率以低频噪声为主，一般风电场所采用的风机噪声峰值频率出现在 1300~1600Hz。而鸟类鸣声频率主要分布在 2~9 kHz，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类应对噪声频率干扰的主要方法是提高鸣唱最低频率和主频。一般地，当风速为 8 m/s 时，兆瓦级以下的风电机组声功率级在 98-104 dB(A)之间，其噪声呈现明显的低频特性。随着风电机组输出功率的增大，其产生的噪声增大，并向更低频移动。

以菲尔德斯半岛黑背海鸥为例，幼海鸥“吱”声是由脉冲列与正弦调制波构成的连续波。波形重复频率变化很大，从 0.12-3.3 kHz，频率范围为 200 Hz -4.8 kHz，分别在 1.7、2.5 和 2.9 kHz 处出现谱峰；成体海鸥“咯”声波形具有明显的连续调制特征。波形重复周期约为 0.5 ms，谱峰在 1.1、2 和 3 kHz 处，频率范围为 1-4 kHz；群体黑背海鸥“哦”和“哦啊”声系由多个波叠加而成的连续波，波形的周期变化较为复杂，谱峰分别出现在 1.2、1.5、1.7 和 3 kHz 处，频率范围为 1-4 kHz。可以看出海鸥鸣声主要频率高于风力发电机组的主要噪声频率。其他如白头鹎等鸣禽，其鸣声各音节的主频范围在 1.6-3.6 kHz，也高于发电机组的主要噪声范围。

以上数据表明，风电场产生的低频噪声基本低于鸟类的最低频率鸣声，鸟类

间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响。结合本项目建设区域鸟类分布特征，经过风机所在海域的鸟类主要为非鸣禽类的水鸟，受噪音频率影响的可能性较雀形目鸣禽更低。

陆上集控中心噪声参数不详，但由于位于陆地，受影响的鸟类种类会较海面多，且主要为陆生鸟类，如雀形目鸟类等。不是大部分鸟类的适宜生境，因而建设前后在该区域分布的鸟类状况相差不会很大。

②光影响

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。北美 Virginia 西部山区风电场在 2003 年 5 月底某天大雾的夜晚发生 27 只夜间迁徙鸟死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟与风电机相撞的主要原因 (Kerlinger, 2003)，该风电场的鸟死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光对候鸟影响更大。因此，在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

基于实验研究，蓝光等短波光（波长 ≤ 405 nm）能刺激候鸟视网膜的隐花色素蛋白，通过光磁感受体作用感受地磁场，从而使鸟类获得地磁定向能力；但红光等长波光会影响隐花色素蛋白的激活，使鸟类失去磁场感受能力。本项目主要使用波长较长的红光和复合光白光，对迁徙鸟类影响较大，容易使候鸟偏离正常的迁徙方向，或增加撞向风电的风险，可尽量采用短波光照明，或延长航空灯闪烁时间间隔等方式减轻影响。

③碰撞效应

根据项目可研报告推荐的风机参数，本项目风机轮毂高度为 100 m，叶片运行影响高度为 179 m（风轮直径 158m）。一般情况下风电场对鸟类迁徙没有影响。但候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100 m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留；同时，风机叶片旋转的范围是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。但国外有关研究成果表明，候鸟迁徙路线中的风电场年撞鸟概率约为 0.0015%~0.009%。该概率同迁徙候鸟迁徙的规模、气象条件、

风电场选址关系很大 (Drewitt and Langston, 2006)。大规模的候鸟迁徙也意味着候鸟与风机和输电线路相撞的概率增加；在不良气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类会降低飞行高度，从而增加相撞的概率；风电场选址是最显著影响鸟类死亡的因素，风电场占据的空间范围越大，迁徙鸟类撞击的概率也越大。

同时有研究发现鸟在飞近风电场区域时，能够成功改变迁徙路线以避免塔柱和旋转的叶片，并且白天比夜晚更能精确地改变飞行方向。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明，白天鸟类在 3000 m 外，夜间鸟类在 1000 m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向 (Desholm and Kahlert, 2005)。还有研究统计发现，和发电机碰撞的鸟类多为大中体型的鸻形目、隼形目和鸮形目鸟类。根据本项目的鸟类现状调查，本风电场发生碰撞效应的受影响对象主要是夜行性的隼形目鸟类。

2、对鸟类的间接影响

①活动区域损失和破碎化

风机直接占风电场的面积很小，大约 2%~5%，但风机可能会让候鸟不敢在附近海域降落生活，影响生活在当地和附近的海鸟繁殖和觅食，导致这些海鸟不得不离开这些活动区域。

②生境质量下降

风机叶片的旋转干扰，迫使鸟类避开原有之飞行路径，使得风机的排列很有可能产生活动区域切割之效应 (Drewitt and Langston, 2006)。

综上所述，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的，也会互相抵消，根据项目可研报告推荐方案设计，本工程共安装风机 64 台，但整个场址涉海面积约 50.87 km²，实际上大部分鸟类均不能再利用该区域，尤其是喜欢在海面活动的鸻形目鸟类、部分猛禽、以及海洋性鸟类等。因此，本项目的建设会在一定程度上减少这些类群的活动范围。

3、受保护及代表性物种分析

在沿海地区，迁徙鸟类以水鸟为主，其中大部分为候鸟，尤其是种类最多的鸻鹬类，主要以沿海滩涂生境为主要栖息地，而本项目的登陆点陆域（前詹镇）区域主要为砂质岸线，因此鸻鹬类不会长时间停留在本项目场址相关区域，仅在海面迁飞过程中可能经过风机所在场址（张孚允和杨若莉，1997），比较常出现的

种类有翻石鹬、矶鹬等少数种类。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型，其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种类，是最有可能受到影响的种类。雁鸭类、鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群，其中雁鸭类主要在近岸浅海区域或内陆鱼塘生境栖息，较少利用远离大陆的海面，本次没有调查到雁鸭类；鸥类也多于浅海区域或近岸滩涂活动，但有时会跟随渔船在海面集群觅食，然而随着风电场的建成鱼类分布发生改变，渔船也不会驶入场址，鸥类与风机发生碰撞的几率也随之降低。海洋性鸟类，如军舰鸟、鲣鸟等，会在海面梭巡，但一般不会集大群，且数量较少，本次调查没有发现。此外，黑鸢、普通鳶等猛禽也发现常于海面上空盘旋，尤其黑鸢属于留鸟，且有繁殖种群，而普通鳶是迁徙越冬类型。但大多数时间猛禽的飞行高度远高于风机运行高度，仅觅食时会靠近海面，当风电场建成后鱼类分布发生改变，其靠近场址的几率也会下降。

根据调查结果，选取记录中的国家级保护物种 5 种、其他保护物种中与海洋关系较为密切的、具有区域特色的鸥科鸟类 2 种、燕鸥科种类 2 种、以及数量较多的物种（白鹭、普通鸬鹚），一共 11 种鸟类作为本区域具有代表性的指标物种，详细分析本项目风机建设对其的影响。

(1) 岩鹭 (*Egretta sacra*) 保护状况：国家二级保护，中澳协定收录

项目影响：岩鹭在项目评价范围内为留鸟，种群数量约为 10 只。主要分布在岩岸生境，距离风电场距离最近约 20 km。白天多停留在礁石岸边伺机捕食，飞行时速度缓慢，常在海上及岩礁上低空飞翔，偶尔在不同的海岛、礁石之间作短距离迁移飞行。由于其主要在白天活动，飞行速度低且飞行高度低，少有集大群出现，海上风机对其影响较轻微。

(2) 白鹭 (*Egretta garzetta*) 保护状况：省级保护

项目影响：白鹭在项目评价范围内为留鸟，种群数量约为 100-120 只。主要分布在港口、海岸和养殖塘和农田，距离风电场距离最近约 20 km。白天多停留在礁石岸边伺机捕食，飞行时速度缓慢，常在海上及岩礁上低空飞翔，偶尔在不同的海岛、礁石之间作短距离迁移飞行。由于其主要在白天活动，飞行速度低且飞行高度低，少有集大群出现，海上风机对其影响较轻微，影响时段集中在非繁殖期。

(3) 黑鸢 (*Milvus migrans*) 保护状况：国家二级保护

项目影响：黑鸢为中型猛禽，在项目调查区域为常见留鸟，主要于近岸滨海湿地上空飞翔，喜在近岸和海岛上的山林营巢繁殖。本次调查记录在海岸上空飞

行，在评价区域内的种群规模约为 3-5 只，而在项目场区内没有发现，估计飞入场区几率较低。而且由于其飞行高度一般较高，风机对其影响不大。

(4) 普通鵟 (*Buteo buteo*) 保护状况：国家二级保护

项目影响：普通鵟为鹰科中型猛禽，在项目调查区域为冬候鸟，10 月至翌年 3 月可见，主要活动于近岸开阔农田区域，白天多见于高空盘旋飞行。种群规模较小，本次调查在村庄上空飞行，未见在海面活动，项目对其种群不构成影响。

(5) 褐翅鸦鹃 (*Centropus sinensis*) 保护状况：国家二级保护

项目影响：褐翅鸦鹃为鸦鹃科中型鸟类，在项目调查区域为常见留鸟，主要活动于沿岸湿地灌丛和红树林。常下至地面，但也在小灌丛及树间跳动，通常较隐蔽，只凭鸣声识别。该物种分布广泛，估计整个区域约有 4-6 只的种群，较常见。由于其不会进入海域活动，风电项目对其没有影响。

(6) 小鸦鹃 (*Centropus bengalensis*) 保护状况：国家二级保护

项目影响：小鸦鹃杜鹃科鸦鹃属的中型鸟类，在项目调查区域为留鸟，和褐翅鸦鹃习性类似，主要活动于沿岸湿地灌丛，也较为隐蔽，只凭鸣声识别。本次调查在冬季有记录，估计整个区域约有 2-3 只的种群。由于其不会进入海域活动，风电项目对其没有影响。

(7) 翻石鹬 (*Arenaria interpres*) 保护状况：中日、中澳协定收录

项目影响：翻石鹬为鹬科小型鸟类，在项目调查区域为迁徙过境鸟，喜在岩质海岸活动，翻动石块觅食。本次调查在秋季有记录，估计整个区域约有 8-10 只的种群。在本区域停歇时仅在沿岸活动，在迁徙期可能会飞越风电项目所在海域，因此风电场在其迁徙时会产生轻微影响。

(8) 西伯利亚银鸥 (*Larus vegae*) 保护状况：省级保护，中日协定收录

项目影响：西伯利亚银鸥为鸥科大型水禽，在项目调查区域为冬候鸟，主要活动于沿海湿地，常成对或成小群活动在水面上飞翔，亦善游泳，退潮时于滩涂停歇、觅食。由于在本区域不存在繁殖可能性，繁殖期风电场对其无影响，可能影响出现在迁徙期。

(9) 红嘴鸥 (*Larus ridibundus*) 保护状况：省级保护，中日协定收录

项目影响：红嘴鸥为鸥科中型水禽，在项目调查区域为冬候鸟，10-翌年 3 月可见，主要活动于沿海滩涂和近岸海域，白天多于近岸港口附近海面活动，在海面上浮于水面或立于漂浮木或固定物上，或于其它海洋鸟类混群，在鱼类上空盘旋

飞行。亦会在渔船及岛礁周围海面活动，偶尔停歇于海面或岛礁岸滩。本次调查在近岸岩石和海面均有发现，且在海面数量较大，是风电场可能影响的主要对象。

(10) 白额燕鸥 (*Sterna albifrons*) 保护状况：省级保护，中日协定和中澳协定收录

项目影响：白额燕鸥为燕鸥科中小型水禽，在项目调查区域为夏候鸟，4-9 月可见，主要活动于近岸滩涂，停歇处滩涂偏沙质，并在沙滩营巢。本次调查发现的繁殖地在隆江镇，距离项目场址约40 km，繁殖种群共约有100-180 只，主要在养殖塘和近岸2 km 飞行觅食，在项目场址内部没有观测记录。由于其繁殖地多为沙质滩涂，甚少到岩礁海岸筑巢，风电场对其影响十分轻微。

(11) 褐翅燕鸥 (*Onychoprion anaethetus*) 保护状况：省级保护，中日协定和中澳协定收录

项目影响：褐翅燕鸥为燕鸥科中小型涉禽，主要栖息于大海，是典型的海洋鸟类，仅在恶劣气候及繁殖季节才靠近海岸或岛屿。在项目调查区域为夏候鸟，4-9 月可见，曾在一些离岸礁石上看到少量个体飞行，说明在离岸岛屿上可能有繁殖种群，种群数量约30-80 只，风电场可能会对其觅食飞行有影响。

4.3.8 项目用海对海洋保护区资源的影响分析

根据报告书 3.2.4 节的介绍，本工程附近海域规划的保护区有揭阳市海龟、鲨市级自然保护区，揭阳市龙虾市级自然保护区，揭阳市神泉渔业市级自然保护区。本工程风电场及海底电缆避开了揭阳市海龟、鲨市级自然保护区，揭阳市龙虾市级自然保护区，工程建设对保护区的影响主要是施工期产生的悬浮泥沙扩散的影响和冲淤环境的影响，正常营运期不会对保护区产生不利影响。

1、对规划揭阳市海龟、鲨市级自然保护区的影响

根据 3.2.4 节的分析，该保护区与《广东省海洋功能区划（2011-2020）》中的前詹海洋保护区重叠，该保护区的保护对象为海龟、鲨及其生境。根据报告书 4.1.3 节的分析，本工程施工产生的到达此保护区的悬浮泥沙最大增量为 2.8mg/L，最大增量很小，而且排放时间较短，随着施工作业结束，将较快恢复海域本底水平，还达不到对保护区的海洋生态、渔业资源，海洋生物多样性产生明显影响的程度。

2、对规划揭阳龙虾市级自然保护区的影响

根据 3.4.2 节的分析，该保护区与《广东省海洋功能区划（2011-2020）》中的前詹海洋保护区重叠，保护对象为龙虾及其生境，为市级野生动物海洋保护区。根据报告书 4.1.3 节的分析，本工程施工产生的到达此保护区的悬浮泥沙最大增量为 2.8mg/L，最大增量很小，而且排放时间较短，随着施工作业结束，将较快恢复海域本底水平，还达不到对保护区的海洋生态、渔业资源，海洋生物多样性产生明显影响的程度。

3、对规划揭阳市神泉渔业市级自然保护区的影响

根据 3.2.4 节的分析，该保护区与《广东省海洋功能区划（2011-2020）》中的神泉海洋保护区重叠，保护对象为海洋渔业资源。根据报告书 4.1.3 节的分析，本工程施工产生的悬浮泥沙到达此保护区的最大增量为 0.6mg/L，不会对保护区产生不利影响。

4.3.9 项目用海对海岛（礁）资源的影响分析

根据报告书 3.3.8 节的介绍，在登陆点附近海域有五个岛（礁），分别是大堆尾、南心仔、山礁、山礁外岛和山礁内岛，均属于无居民海岛，本项目海底电缆设计时已避开相关岛礁，正常施工和营运不会对岛礁产生不利影响，但在施工期，施工不当可能对岛礁造成一定的影响，项目建设单位应加强对岛礁资源稀缺性的认识，做好宣传工作，划定岛礁 100m 范围内为人员和设备禁止进入区域，在施工时施工船舶和器械需避开岛礁禁止区域，不得对岛礁及岛礁 100m 范围内的地形地貌造成直接破坏。

4.4 项目用海风险分析

本次调整后，项目风机、海上升压站和集电线路位于原规划范围之内，220kV 海底电缆送出工程的位置和平面布置未发生变化，项目用海风险未发生变化。

4.4.1 项目用海风险事故识别

本工程施工期主要通过船舶进行海上作业，本工程运行期需通过船舶进行风机监测检修，需动用一定数量的各类施工船舶、车辆和机械，其均需携带一定数

量的燃料油，根据《建设项目环境风险评价技术导则》中给出的“物质危险性标准”和 GB18218-2000《重大危险源辨别》，汽油等燃料油属易燃物质，海上施工过程中各类船舶由于恶劣的自然条件、人为操作失当等发生通航安全事故及进而可能引发的溢油事故。同时本工程海域周边航线较多，海域有一定数量的船只通航及停泊，涉海施工期间各类施工存在与运输船舶发生碰撞并造成油品泄漏的可能。

本工程升压站设置在海上，升压站内有两台主变和一台柴油机为带油设备，由于设备均布置在房间内，发生灾害时一般不会产生影响，但遇严重灾害，升压站倾倒时可能会产生油品泄漏。


综上，本工程涉及的溢油风险类型为风电场施工期间发生的施工船舶与航行船舶的碰撞事故和风电场运营期间航行船舶碰撞风机事故以及发生灾害时海上升压站主变油泄漏事故。

海域受潮汐和风浪影响较大，如遇特大风暴潮、雷击等灾害，会对工程的运行带来严重损害。此外，水道摆动和风机基础冲刷、海底电缆损坏、风机基础腐蚀风险、风电运行风险、火灾风险、通航安全等环境风险事故也有一定的发生概率。

4.4.2 环境风险源项分析

4.4.2.1 通航风险分析

本项目风机仍然位于原规划场址范围之内，送出工程位置不变，项目用海同行风险与原论证报告书保持一致。

本工程所在海域港口、码头等通航设施众多，通航风险分析内容引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目通航安全影响研究报告（审定稿）》（，2018 年 5 月），以下简称“通航报告”，本节内容节选“通航报告”的部分结论。

1、通航风险识别

“通航报告”采用定性结合定量、主要以定性为主的方法进行评价。各通航风险因子的影响危险度划分为五个等级：“低”“较低”“中等”“较高”“高度危险”。

在确定船舶通航环境系统安全影响因素时，为使评价指标能较充分的反应船舶交通安全，且具有较好的可操作性和实用性，本研究结合国内外的研究成果、

船舶交通事故调查分析结果和咨询行业专家，确定通航环境危险度的主要评价因素有：能见度、风、流、附近航线、锚地、交通量、导助航设施，并提出了通航环境因素危险度评价指标及标准。

2、风险评价

（1）能见度的风险评价

能见度不良将会给驾驶员的视觉了望带来困难，特别是在雷达等设备故障的情况下，它威胁船舶的航行安全。

惠来沿海全年都可能出现有雾天气，年平均雾日为 7.5d，其中，3~4 月雾日较多，月平均雾日大于 3d。能见度对通航安全的影响程度评价为“较低”。

（2）风况的风险评价

根据惠来海域观测数据，本海区常风向为 ENE，频率为 19%，强风向为 ENE，实测最大风速为 30m/s，年平均风速为 2.8m/s，多年平均 >8 级大风天数为 10.2 天。根据南海海洋研究所 2004 年 11 月~2005 年 10 月间在海门电厂附近的短期气象观测资料统计表明，该区常风大，多强风，全年 2~4 级风频率占 69.8%，≥6 级强风日 177 天，≥7 级强风日 69 天，≥8 级强风日 13 天。在一般情况下，风对通航安全的影响程度为“较低”。

工程海域受热带气旋直接影响较多且较明显，影响这一海区的热带气旋分别来自南海北部、中部、南部和热带西北太平洋。

绝大多数年份该区都不同程度地受到热带气旋大风区的直接影响，影响期间的风力来自热带西北太平洋的热带气旋较强，个数较多，并以台风个数居多。风电场所在的粤东水域热带气旋较为频繁，正面袭击揭阳海域的热带气旋多集中在 7~9 月份，特别是 1 月份。较强的台风将严重威胁风电场的安全。因此，还需考虑热带气旋的影响。

综合考虑，该工程所在地区风况对通航安全的影响程度为“中等”。

（3）水流条件的风险评价

风电场海区涨落潮流流速在 1~2 节（0.5m/s~1m/s）之间。综合考虑潮流的平均流速，则潮流对通航安全的影响为“较低”。

（4）波浪条件的风险评价

传统波浪类型分风浪与涌浪，统计结果显示，工程海域主要受外海传入的涌浪影响，涌浪频率达 74.85%，风浪仅占 25.12%。从季节变化来看，秋冬季节，在

东北季风的影响下，风浪频率增大，以 12 月份最显著，风浪频率达 45.2%，与涌浪频率基本相当，夏季西南风季，则主要以涌浪为主，涌浪出现频率在 85% 以上。从波高和周期的联合分布来看，云澳站波浪主要集中在 SE 向的 0.25~0.50m 之间，出现频率为 15.6%。考虑该片海域波浪偏大，波浪对通航安全的影响程度为“中等”。

(5) 附近船舶航路和交通流的风险评价

本拟建风电场距离《中国航路指南》(A103 南海海区) 推荐中小型船舶航路约 5.7 海里，距离推荐大型船舶航路约 1 海里。距《全国沿海船舶航路总体规划》琼州海峡-台湾海峡内航路北上航路(该内航路与《全国沿海船舶定线制总体规划》粤东沿海定线制石碑山南警戒圈西南方通航分道相接) 1.1 海里，距《全国沿海船舶航路总体规划》琼州海峡-台湾海峡外航路 5.2 海里。

从拟建风电场海域的长期 AIS 船舶航迹统计来看(图 4.4.2-1)，由于该片海域航行条件良好，可航水域宽阔，船舶航迹总体呈现较为分散的态势，产生南下、北上船舶航迹范围大，但总体上也有靠岸侧船舶交通流较外海侧交通流更密的特点。



图 4.4.2-1 拟建风电场附近海域船舶 AIS 航迹统计图

从拟建风电场周边海域的船舶航迹统计图来看，拟建风电场位置处在沿岸中小型船舶习惯航行区域与外海大型船舶习惯航行区域之间，避开了沿岸航行船舶

最为密集的区域。但考虑到过往船舶交通量较大，且航迹分散，风电场所处海域原本是一片开阔的、航行条件优良的通航水域，本风电场建设对过往商船正常航行有一定的影响，会改变部分船舶习惯航法，需要绕航/避航，过往商船实际有接近本拟建风电场的可能，这无疑会增加船舶通航安全风险，另外项目海域渔船又多，渔船航行较无序，因此船舶交通流的通航风险等级为“中等”。

（6）附近锚地的风险评价

在本拟建风电场位置周边 5 海里内无无现有及规划锚地。对照通航风险危险度评价指标表，附近锚地的通航风险等级为“低”。

3、研究结论

“通航报告”通过综合分析，得出主要结论如下：

（1）通过选址合理性分析，拟建神泉二风电场避开了周边船舶习惯航路与规划航路、定线制等。工程的选址与周边船舶习惯航路、港口航道、锚地等交通环境基本相适应，从船舶通航安全角度出发，拟建神泉二风电场的选址是基本合理的。本风电场项目符合广东省海上风电场工程规划以及海洋功能区划。

（2）本风电场所处海域原本是航行条件优良的可通航海域，附近海域商船交通流量大，渔船也多，风电场的建设对过往船舶的正常航行有一定的影响，总体上看，风电场选址避开了船舶交通流最为密集的区域，风电场周边海域宽阔、水深足够，有足够的空间供过往船舶操纵避让，通过采取相应的安全保障措施后，其对海上交通环境的影响总体上是可控的。

本拟建风电场边界离惠来沿岸约有 14.2 海里，与惠来沿岸码头及其各自的进港航道距离均较远，因此本风电场的建设对于惠来沿岸港口、航道的影响是较小的。本拟建风电场与距离最近的中委原油码头锚地约 5.5 海里，因此本风电场的建设也基本不会影响到附近海域锚地的正常使用。综上，本风电场的建设与附近港口环境相适应。

（3）风电场海底电缆避开了附近锚地及港口设施等海底电缆路由布置基本合理。

（4）海底电缆铺设埋入海床底 2 m ~3m，根据通航报告对船舶紧急抛锚入土深度分析，该埋底深度基本合理，基本满足 5 万吨级船舶应急抛锚需求。

根据通航报告专家组评审意见（见附件）：220KV 海底电缆埋深应考虑 10 万吨级船舶抛锚影响，埋深宜不小于 3m。设计单位对此应予以重视，加大电缆埋

设深度或采取硬覆盖保护措施。

(5) 风电场所在海域内存在较多的船舶活动，工程设计阶段需对加强对该项目（包括风电场、海底电缆）的导助航标志、警示标志的设计工作，导助航标志的设置应与工程建设“三同时”，避免附近船舶误入工程海域范围，保证附近海域船舶通航安全和工程自身安全。

(6) 针对影响本工区水域通航安全的各个风险指标，本报告提出了相应的缓解措施，但考虑到工程海域船舶交通流量较大，风电场所在海域原本是一片开阔的、航行条件优良的通航水域，本风电场建设对过往商船正常航行有一定的影响，会改变部分船舶习惯航法，需要绕航/避航，这无疑会增加船舶通航安全风险，综合各指标后，本报告认为本工程的通航风险总体为“中等”。

综上，通过工程建设方案的合理性、可行性分析，本风电场项目选址基本合理。该风电场的建设对所在海域的通航环境和通航安全有一定的影响，在采取本报告提出的相关安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目对附近海域通航环境和通航安全的影响是可控的，工程建设是可行的。

4.4.2.2 船舶溢油事故风险

(1) 本工程溢油事故发生概率

本工程施工过程中，主要以施工船舶与周边船舶因恶劣气象条件或操作不当而发生碰撞后导致的溢油事故为主。另外本工程 220kV 海缆施工会穿过多条规划航线，航线内船流密度较大，船舶碰撞事故可能性将增加。

船舶行驶过程中发生碰撞、泄漏事故的原因多种多样，给事故预防带来一定的难度。但对众多事故发生的原因分析可知，只要加强管理、安全操作，多数船舶碰撞、泄漏事故是可以预防的。

通过对国家运行船舶数量、船舶污染事故发生数量的统计显示，船舶发生碰撞诱发污染事故发生概率相对较低。近年来信息化程度发展较快，给航线管理带来了极大便利，便于及早发现问题，有效的进行安全调度和指挥，因此，船舶碰撞、搁浅等交通事故发生的概率相对较低。

(2) 最大可信事故预测

最大可信事故指在所有预测的概率不为 0 的事故中，对环境（或健康）危害最严重的重大事故。本项目最主要的环境风险类型主要包括：海上船舶与施工船舶或者风机碰撞引起的燃料油或货油泄露。

本风电场施工期采用的主要施工船舶为 5000t 级的甲板驳轮，其所带的燃料油舱为 134m^3 ，燃料油密度按 $0.75\text{t}/\text{m}^3$ 计算，则 5000t 级甲板驳轮最大载油量约为 100t。运行期根据通航资料显示，工程水域基本没有大中型船舶活动，可能会有小型渔船活动，若发生渔船与风机相撞事故，渔船载油量一般在 5t 以下。运行期海上升压站主要带油设备有主变和柴油机，每台主变本体油量约 37t，共两台主变；柴油机一台，其日用油量约为 6000L，约 5t；由于设备均布置在房间内，发生灾害时不会产生影响，仅在灾害严重，升压站倾倒时可能会产生泄漏；假设发生灾害事故时，海上升压站主变油全部泄漏，油量按 79t 计。运行期风机主要带油设备为变压器，采用“1 机 1 变”单元接线方式，每台变压器油量约 2.5t，假设发生风机倒塌事故时，风机变压器油全部泄露，油量按 2.5t 计。

由于工程周边通航船舶均为大型船只，按固定航线行驶，本工程海域不具备大型船舶通航的条件，同时根据通航安全论证报告分析，周边通航船舶与风机碰撞概率较低，因此溢油源强考虑最大可信事故为施工期施工船舶与航线船舶相撞导致油舱破损而发生溢油事故。采用施工期施工船舶碰撞发生燃料油舱泄露造成的最大漏油量 100t。在 220kV 海底路由与全国沿海航路规划内航路琼州海峡至台湾海峡（北上）的交界处海域设置一个溢油点，位置见图 4.4.2-1。

4.4.2.3 溢油事故影响预测分析

1、溢油事故模型建立

溢油数学模型采用 MIKE21 (SA) 模块，基于欧拉—拉格朗日理论体系，通过对油膜在水体中的扩展、传输（水流和风场的作用）、紊动扩散、分散（夹带）、蒸发、乳化、溶解等各种过程的模拟，可提供油膜随时间变化的漂移位置、油膜厚度，以及漂移过程中粘度、油膜表面温度等属性的变化。

数学模拟计算过程略。

(1) 溢油计算结果影响分析

从各工况油膜运动轨迹图可以看出，不同风向对油膜运动轨迹和扩散面积影

响十分明显。

常规工况条件下，风速相对较小。溢油发生后，在落潮流、常风向NE风（工况1）作用下，油膜受到东北风的影响，整体向西南方向漂移，同时受到潮流影响，在海域中略作往复运动；在涨潮流、常风向NE风（工况2）作用下，油膜受到东北风的影响，整体向西南方向漂移，同时受到潮流影响，在海域中略作往复运动；对比工况1和工况2可知，由于工况1从落潮流开始，而工况2从涨潮流开始，因此工况1油膜向落潮流的方向漂移相对较远。在落潮流、常风向SW风（工况3）作用下，油膜受到西南风的影响，整体向西南方向漂移，同时受到潮流影响，在海域中略作往复运动；在涨潮流、常风向SW风（工况4）作用下，油膜受到东北风的影响，整体向西南方向漂移，同时受到潮流影响，在海域中略作往复运动。

不利工况条件下，风速较大，达到13.8m/s。其中在南风13.8m/s（工况5）的作用下，油膜快速向北漂移，到达大陆岸线后被岸滩所吸附，不再扩散；在东南偏南风13.8m/s（工况6）的作用下，溢油发生后，油膜迅速向西北偏北方向漂移，到达大陆岸线后被岸滩所吸附；在西南偏南风13.8m/s（工况7）的作用下，油膜向东北偏北方向运动，到达大陆岸线后被岸滩所吸附；在西南风13.8m/s（工况8）的作用下，油膜快速向东北方向漂移，部分到达大陆岸线后被岸滩所吸附，部分绕过近区岸线后继续向东北方向漂移，并最终为大陆岸滩所吸附。

(2) 溢油对各敏感区影响分析

本工程海域周边的敏感目标有惠来县神泉示范性渔港建设项目、神泉海洋保护区、前詹海洋保护区、资深传统渔港、靖海传统渔港等环境敏感目标，一旦发生溢油事故将会对这些区域发生不利影响，通过分析溢油各种工况下的计算结果，给出了溢油发生后油膜到达敏感地区的时间及扫海面积，具体见表 4.4.2-5。

表 4.4.2-5 溢油对敏感目标的影响

工况	风况	对敏感目标的影响
工况 1	NE, 2.7m/s	72h 内不会到达各敏感目标, 72h 扫海面积约为 350.40km ²
工况 2		72h 内不会到达各敏感目标, 72h 扫海面积约为 199.52km ²
工况 3	SW, 2.7m/s	72h 内不会到达各敏感目标, 72h 扫海面积约为 305.12km ²
工况 4		约 64h 到达中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(路由东侧)、扫海面积 52.64km ²
工况 5	S, 13.8m/s	约 15h 到达粤东液化天然气项目一期工程及神泉海洋保护区附近海域、扫海面积 58.88km ² ; 约 17h 到达揭阳港前詹作业区通用码头一期工程、扫海面积 68.48km ² ; 约 20h 到达神泉传统渔港、扫海面积 80.96km ² ; 约 22h 到达惠来县神泉示范性渔港建设项目、扫海面积 93.12km ²

工况	风况	对敏感目标的影响
工况 6	SSE, 13.8m/s	约 20h 到达中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(路由西侧)、扫海面积 82.56km ²
工况 7	SSW, 13.8m/s	约 13h 到达前詹海洋保护区、扫海面积 42.24km ²
工况 8	SW, 13.8m/s	约 14h 到达前詹海洋保护区附近海域、扫海面积 42.88km ² ；约 15h 到达中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程(路由东侧)、扫海面积 49.92km ² ；约 24h 到达资深传统渔港、扫海面积 88.64km ² ；约 26h 到达广东惠来电厂项目、扫海面积 100.16km ² ；约 27h 到达靖海传统渔港、扫海面积 107.20km ²

由上述图表可以看出：在不利潮型条件下，溢油事故发生后，油膜到达神泉海洋保护区和前詹海洋保护区最短时间分别为 15h 和 13h，到达粤东液化天然气项目一期工程海域的最短时间为 15h，到达神泉传统渔港和惠来县神泉示范性渔港建设项目海域的最短时间分别为 20h 和 22h，到达中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（路由西侧）的最短时间为 20h，到达中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程（路由西侧）的最短时间为 15h，到达揭阳港前詹作业区通用码头一期工程海域的最短时间为 17h，到达资深传统渔港的最短时间为 24h，到达广东惠来电厂项目的最短时间为 26h，到达靖海传统渔港的最短时间为 27h。可见，风电场评价范围内敏感目标较多，施工期间在工程海域发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强突发事件的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

4.4.2.4 溢油事故对海洋生态和渔业影响分析

船舶溢油事故发生后，将对海洋生物和渔业资源造成很大影响。

(1) 对浮游生物的影响

溢油事件发生后，油膜会破坏浮游植物细胞，损坏叶绿素及干扰气体交换，从而妨碍他们的光合作用。破坏程度取决于油类物质的类型，浓度及浮游植物的种类。根据国内外毒性实验结果，作为鱼、虾类饵料基础的浮游植物，对各种油类的耐受能力都很低。海洋浮游植物石油急性中毒致死浓度为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L。对于更敏感的种类，油浓度低于 0.1mg/L 时，也会妨碍细胞的分裂和生长的速率。

(2) 对浮游动物的影响

浮游动物石油急性中毒致死浓度范围一般为 0.1 mg/L~15mg/L, *Mironov* 等曾将黑海某些桡足类、和枝角类暴露于 0.1ppm 的石油海水中, 当天浮游动物全部死亡。当石油质量浓度降至 0.05ppm, 小型拟哲水蚤 *Paracalanus sp.* 的半致死时间为 4 天, 而胸刺镖蚤 *CentroPages*、鸟喙尖头蚤和长腹剑水蚤 *Oithona* 的半致死天数依次为 3 天、2 天和 1 天。另外, *Mironov* 对不同浓度对桡足类幼体的影响实验表明, 永久性(终生性)浮游动物幼体的敏感性大于阶段性(临时性)的底栖生物幼体, 而它们各自的幼体的敏感性又大于成体。

(3) 对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异, 多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 2.0 mg/L~15mg/L, 其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中质量浓度很低的石油, 如: 0.01ppm 的石油则可能使牡蛎呈明显的油味, 严重的油味可持续达半年之久。受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制并进而死亡。象海胆、寄居蟹、海盘车等底栖生物的耐油污性很差, 即使海水中石油质量浓度只有 0.01ppm, 也可使其死亡。而千分之一浓度的乳化油即可使海胆在 1 小时内死亡。某些底栖甲壳类动物幼体(无节幼虫)当海水中石油浓度在 0.1ppm~0.01ppm 时, 对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。据吴彰宽报导, 胜利原油对对虾 *Penaeus orientalis* 各发育阶段影响的最低浓度分别是受精卵 56mg/L, 无节幼体 3.2mg/L、蚤状幼体 0.1mg/L, 糠虾幼体 1.8mg/L, 仔虾 5.6mg/L, 其中蚤状幼体为最敏感的阶段。胜利原油对对虾的幼体的 96h-LC50 为 11.1mg/L。

(4) 石油污染对鱼类的影响

国内外许多的研究均表明高浓度的石油会使鱼卵、仔幼鱼短时间内中毒死亡, 低浓度的长期亚急性毒性可干扰鱼类摄食和繁殖, 具毒性随石油组分的不同而有差异。根据东海水产研究所近年来对几种不同油类对鲮鱼仔鱼 *Mugilcaphalus* 的毒性试验结果表明, 阿拉伯也门麦端波原油、镇海炼油厂的混合废油、胜利原油和东海平湖原油对鲮鱼的 96h—LC50 值分别为 15.8mg/L, 1.64mg/L、6.5mg/L 和 2.88mg/L。陈民山等报导, 胜利原油对真鲷仔鱼 *Pagrassonius major* 和牙鲆仔鱼 *Paralichthy olovaceus* 的 96h—LC50 值分别为 1.0mg/L 和 1.6mg/L。20 号燃料油对黑鲷 *Spares macrocephaius* 的 96h-LC50 值为 2.34mg/L, 而对黑鲷的 20 天生长试验结果, 其最低影响浓度(LOEC)和无影响浓度分别为 0.096mg/L 和 0.032mg/L。

(5) 石油对水产动、植物的油臭影响

海洋中一旦发生油污染，扩散的油分子会迅速随风及水的流动而扩散，水产动、植物一旦与其接触，即会在短时间内发生油臭，从而影响食用价值。以 20 号燃料油为例，当油浓度为 0.004mg/L 时，5 天就能对对虾产生油味，14 天和 21 天分别使文蛤和葛氏长臂虾产生异味。

综上所述，溢油事故一旦发生将对海洋生态系统造成极大的影响。回顾溢油事故实际案例，1999 年珠江口水域发生的“3.24 特大溢油事故”，事故溢油量超过 500t，事故发生当年事故海域的海洋生态系统变化显著，直到事故第二年生态系统才开始逐步恢复，次年的鱼类资源和捕捞量损失约 40%，此后的 3、4 年渔业资源和捕捞量仍明显劣于事故前，直到事故后事故后 7 年渔业资源方恢复到原有水平。可见溢油事故对海洋生态系统、渔业资源的影响是显著的、长期的。

4.4.3 自然灾害风险分析

风电场易受的自然灾害风险来自雷击、台风袭击和风暴潮。

4.4.3.1 雷击风险

空气中的尘埃、冰晶等物质在大气运动中剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线，在云层上下层分别形成了带正负电荷的带电中心，运动过程中当异性带电中心之间的空气被其强大的电场击穿时，就形成放电。对风电场运行带来危害的主要是云地放电，带负电荷的云层向下靠近地面时，地面的凸出物、金属等会被感应出正电荷，随着电场的逐步增强，雷云向下形成下行先导，地面的物体形成向上闪流，云和大地之间的电位差达到一定程度时，即发生猛烈对地放电。

雷电一般具有：冲击电流大；持续时间短；雷电流变化梯度大和冲击电压高等特点。通常雷击有三种形式，直击雷、感应雷、球形雷。

风机设备遭受雷击受损通常有下列 4 种情况：

- (1) 风机直接遭受雷击而损坏，主要指叶片件遭感应雷和球形雷破坏叶尖甚至整个叶片；
- (2) 雷电脉冲沿与设备相连的信号线、电源线或其他金属管线侵入使设备受损；
- (3) 设备接地体在雷击时产生瞬间高电位形成地电位“反击”而损坏；

(4) 设备安装的方法或安装位置不当, 受雷电在空间分布的电场、磁场影响而损坏。

4.4.3.2 台风(热带气旋)风险

台风是强烈的热带气旋, 是发生在热带海洋上的中心附近最大风力达到 12 级以上的暖性低压强烈天气系统。台风蕴涵的巨大自然能量将给风电机组造成破坏, 其破坏机理主要是对设备结构施加静载荷和动载荷叠加效应。

台风对风电场的可能造成的损害包括:

(1) 台风夹带的细小沙砾造成破坏叶片表面, 轻则影响叶片气动性能, 产生噪音, 严重的将破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。

(2) 台风带来的狂风暴雨对输电线路的破坏。

(3) 台风破坏测风装置, 使风力发电机组不能正确偏航避风, 设备不能降低受风面积, 超过设计载荷极限, 使设备遭到破坏。

(4) 台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳载荷, 最后达到或者超过叶片和塔架的设计载荷极限, 导致引起部件机械磨损, 缩短风力发电机组的寿命, 严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

4.4.3.3 风暴潮风险

受长期泥沙冲刷的影响, 在风电场海底电缆和海床之间有形成淘空的可能。考虑工程海域可能遭受风暴潮、热带气旋的影响, 风暴潮带、热带气旋来的强劲潮流和风能共同作用也可能造成海缆及基础处的局部冲刷, 威胁基础稳定和海缆安全。为避免海缆掏空风险, 在施工过程中应避免在电缆和海床之间形成空间, 以防止海区内较为强劲的潮流和风量作用造成局部冲刷现象。对于基础局部冲刷的保护则应在基础承载设计中预留必要的冲刷余量, 并在运行期必要时采取基础抛石回填等措施。

为进一步避免海底线缆损坏影响项目运行稳定, 应遵守《中华人民共和国海上交通安全法》和《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》的有关规定, 敷设海底电缆施工作业, 在适当的位置设立昼夜醒目的标志, 并保证其完好、有效。在适当的区域如电缆登陆处、过航线段两侧预留一定长度电缆作为冗余, 以备电缆发生损坏能及时牵拉使用。电缆敷设完毕后, 向主管机关报送管线路由等相关资料, 并申请发布航行通(警)告。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保

护区范围内进行挖掘、采砂等作用。项目建成运行后应开展定期的巡查观测潮滩冲刷变化情况，在风暴潮等恶劣气象条件过后加以必要的检查，如发生局部冲刷及时进行回填保护。

4.4.4 其它风险事故及其影响分析

4.4.4.1 风机倒塌风险分析

(1) 风机基础缺陷

单个风机的位置的地质情况存在差别，有的甚至可能和岩土勘察报告的结论相去甚远，若未对单个风机选址进行详勘，未针对选址点采取有针对性的措施，可能造成风机基础腐蚀、塌陷，风机倾覆等事故。

(2) 风机塔架缺陷

风力发电机组选型未按照风场发电机组最大风速及湍强等选型，塔架地基基础地质勘测不清楚，塔架的荷载条件设计不合理，塔架制造和装配存在材料和质量缺陷，均可能导致风机塔架坍塌事故。

(3) 外力影响

受船舶撞击或者强台风袭击导致风机倒塌。由于风机倒塌引起的海上升压站、风机机舱、风机塔筒落入海中，本身形成障碍物，将对船舶通航产生障碍。其本身电机机械表面带有的少量润滑油落入海中对海水水质造成影响。

4.4.4.2 电气设备风险分析

风力发电机组：风机故障、风机叶片损坏、风机火灾、齿轮箱损坏、偏航机构损坏、风机飞车、液压系统缺陷等。风机维护、维修时产生的润滑油的跑冒滴漏落入海中对海水水质造成影响。

海缆如果布线不合理，机械强度不够，埋深不够，施工质量差，海缆敷设线路未设置标志，未向海洋管理部门申报，有可能造成海缆损坏。

4.4.4.3 运营期升压站变压器油泄漏风险分析

本工程升压站扩建运行后，需对升压站内变压器及相关配套设施进行管理维护，需用到一定数量的变压器油。变压器运行及检修维护时，可能会导致变压器油泄漏、渗漏以及跑冒滴漏等。

变压器油是天然石油中经过蒸馏、精炼而获得的一种矿物油，是石油中的润滑油馏份经酸碱精制处理得到纯净稳定、粘度小、绝缘性好、冷却性好的液体天然碳氢化合物的混合物。俗称方棚油，浅黄色透明液体，相对密度 0.895。凝固点 $< -45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，比热容约为 0.5 (卡/克*度) 主要由三种烃类组成，主要成分为环烷烃 (约占 80%)，其它的为芳香烃和烷烃。变压器油的泄漏会导致周围土壤、海洋环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。

5 海域开发利用协调分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

根据 3.4 节开发利用现状的分析，本项目所在附近海域及近岸的主要开发活动有 32 项，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：

5.1.1 对港口、航线、锚地区的影响分析

本项目风电场及海底电缆距离神泉传统渔港、惠来县神泉示范性渔港建设项目、资深传统渔港、靖海传统渔港等的距离均大于 5km 以上，工程的建设不会对渔港产生不利影响，但来往渔港和航线上的船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对电缆或者风机基础造成破坏。

本项目 220kV 海底电缆登陆点位于《揭阳港总体规划》的“前詹作业区”，根据 3.4.2 节的分析，现阶段，规划“前詹作业区”仅粤东液化天然气项目一期工程 and 揭阳港前詹作业区通用码头一期工程进驻，天然气码头及相关设施已建成，通用码头已确权，暂未建成。工程施工过程中，施工船舶较多，施工船舶的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难，可能会增加天然气码头有关船舶的航行、避让困难，对有关船舶进出港产生不利影响。另外，来往作业区的船只如果抛锚不准和航线运行不准，也可能对电缆造成破坏。

本工程海底电缆距离粤东液化天然气项目一期工程锚地（LNG 锚地）最近约 2.1 km，距离规划前詹锚地最近约 0.7 km，工程施工过程中，施工船舶较多，施工船舶的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难，可能会增加锚地有关船舶的航行、避让困难，对有关船舶进出锚地产生不利影响。此外，船舶抛锚不准和发生走锚事故，也可能对埋设的海底电缆造成破坏。

本工程风电场场址范围避开了周边船舶习惯航路与相关的规划航路。风电场边界与《中国航路指南》（A103 南海海区）推荐中小型船舶航路最近距离约 5.7 海里，与推荐大型船舶航路距离约 1 海里；距《全国沿海船舶航路总体规划》琼州海峡-台湾海峡内航路北上航路（该内航路与《全国沿海船舶定线

制总体规划》粤东沿海定线制石碑山南警戒圈西南方通航分道相接)约 1.1 海里,距《全国沿海船舶航路总体规划》琼州海峡-台湾海峡外航路约 5.2 海里;距广东省航道图-海甲航道最近约 8 海里。本工程海 220kV 底电缆穿越推荐中小型船舶航路、琼州海峡-台湾海峡内航路北上和南下航路、海甲航道。施工船只的增多将给这一区域的船舶航行安全带来较大困难,可能会增加锚地有关船舶的航行、避让困难,对有关船舶的通航产生不利影响。

各种航路指南中的航路仅为推荐习惯航路,实际中船舶不一定按推荐习惯航路航行,过往商船实际在拟定计划航线时,可根据自身情况作调整,虽然本拟建风电场不处于过往商船习惯航路航线上,但其占用的海域范围相对较大,风电场所在海域原本是一片开阔的、航行条件优良的通航水域,从实际航迹来看是有过往商船实际航线接近或穿越拟建风电场海域的。因此,本风电场建设对过往商船正常航行有一定的影响,会改变部分船舶习惯航法,需要绕航/避航,使航行时间加长,燃油消耗增大,给船舶营运带来一定的经济损失。

虽然施工会对其周围的通航环境会造成一定的影响,但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度;把工程安全、施工安全和通航安全放在首位,做好施工作业的安全管理工作;施工船运用良好船艺,谨慎驾驶的驾驶员,可以最大限度地减少施工期对通航环境和船舶通航的影响。

5.1.2 对保护区的影响分析

根据报告书 3.2.4 节的介绍,本工程附近海域的规划保护区有揭阳市海龟、鲎市级自然保护区,揭阳市龙虾市级自然保护区,揭阳市神泉渔业市级自然保护区。揭阳市海龟、鲎市级自然保护区和揭阳市龙虾市级自然保护区与《广东省海洋功能区划(2011-2020)》中的前詹海洋保护区重叠,区域内建设有人工鱼礁;揭阳市神泉渔业市级自然保护区与《广东省海洋功能区划(2011-2020)》中的神泉海洋保护区重叠,区域内建设有人工鱼礁。

海缆施工产生的高浓度悬浮泥沙会对保护区的幼鱼幼虾及其饵料生物产生一定的影响,但由于施工时间较短,高浓度的悬浮泥沙排放时间也较短,随着施工作业结束,悬浮泥沙将在数小时内恢复海域本底水平,在施工结束后不会对该

保护区产生不利影响。

5.1.3 对测风塔的影响分析

测风塔用于对近地面气流运动情况进行观测，记录的塔形构筑物，为风电厂前期规划采集数据所用。本项目风电场海域建设有 1 座测风塔，属于本项目的前期工作之一，为本项目的设计和建设提供基础数据支撑，在本风电场建设之前，测风塔将会拆除，本工程的建设不会对测风塔产生不利影响。

5.1.4 对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程的影响分析

本工程海底电缆登陆段距离揭阳港前詹作业区通用码头一期工程最近约 300m，海缆施工时产生的悬浮泥沙会对码头工程产生影响，由于该码头工程对悬浮物相对不敏感，因此本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大。此外，因为通用码头工程暂未建设完成，如本工程的开发时序在通用码头之前，在用海避开通用码头工程的前提下，本工程的建设实际对通用码头不会产生不利影响。

本项目施工时会增加区域通航密度，对周围的通航环境会造成一定的影响，但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度；把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作；施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少施工期对通航环境和船舶通航的影响。

5.1.5 对粤东液化天然气项目一期工程的影响分析

本工程海底电缆登陆段距离粤东液化天然气项目一期工程最近约 2.1km，海缆施工时产生的悬浮泥沙会对码头工程产生影响，会对 LNG 的取水产生一定的影响，由于该码头工程对悬浮物相对不敏感，而且 LNG 取水后需进行过滤，受到本工程海缆敷设造成的悬浮物影响相对不大。

本项目施工时会增加区域通航密度，对周围的通航环境会造成一定的影响，但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度；把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作；施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少施工期对通航环境和船舶通航的影响。

5.1.6 对项目所在区域其余海上风电项目的影响分析

本项目、靖海风电项目和神泉一海上风电项目均属于揭阳地区同期的海上风电建设项目，三者之间的影响是相互的，目前神泉一海上风电项目正在施工，本项目、靖海风电项目处于前期工作阶段。由于三个项目均由同一个建设单位进行建设，建设单位统筹安排相互的施工时间和施工方式等，尽可能避免相互影响。

本项目风电场西侧约 12.6km 规划有汕尾甲子海上风电场，与本项目之间间隔神泉一 400MW 海上风电场，本项目正常建设与营运不会对该规划风电场产生不利影响。

5.1.7 对其余工程建设项目的影晌分析

本项目距离中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程、揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程、揭阳港大南海东岸公共进港航道工程、揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程、中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海和广东惠来电厂项目的最近距离均大于 10km，本项目建设不会对这些工程项目产生影响。

5.1.8 对近岸鲍鱼养殖场的影晌分析

本项目登陆段施工时会破坏有关鲍鱼养殖场的取排水设施，海底电缆施工时产生的悬浮泥沙会对养殖场的取水造成一定的影响。

根据现场调研结果，鲍鱼养殖取水为管道取水方式，即取水管布设于海床上，抽水机发动时，海水通过过滤装置后进入取水管，通入养殖场，再通过砂滤等设施处理后最终进入养殖池，这种取水方式取的海水经过多次过滤，可以避免由于恶劣天气等导致的海水浑浊。本项目海底电缆施工时产生的悬浮泥沙虽然会扩散入有关养殖取水区域，但本项目海底电缆施工时间很短，产生的悬浮泥沙将较快沉降，而且悬浮泥沙均为海床原位泥沙的再悬浮，不会引入其他污染物，通过有关鲍鱼养殖场的过滤设施后，实际不会对鲍鱼养殖场的取水产生较大不利影响。

本项目海底电缆登陆时需对杨永鸿鲍鱼养殖场取排水管道进行拆迁，并限制方强荣在建鲍鱼养殖场的取水管道的布置位置。

有关鲍鱼养殖场的示意如图 5.1.7-1。



图 5.1.7-1 鲍鱼养殖场取水系统示意图

5.2 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直接利益关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

通过对本项目周围用海现状的调查，分析规划用海对周边开发活动的影响情况，按照利益相关者的界定原则，对本工程用海的利益相关者进行了界定，工程建设涉及的利益相关者分析见表 5.2.2-1、表 5.2.2-2 和图 5.2.2-1、图 5.2.2-2。

表 5.2.2-1 项目用海的利益相关者分析表（略）

表 5.2.2-2 近岸陆域鲍鱼养殖场的利益相关者分析表（略）

由表和图可知，本项目的协调责任部门为航道、海事主管部门，利益相关者为 [REDACTED]。

本工程的建设会对揭阳港前詹作业区通用码头一期工程产生较大影响，该工程由中电投前詹港电有限公司（原中电投揭阳物流有限公司）负责建设，该公司属于国家电投集团广东电力有限公司的下属子公司之一（见附件），本项目建设单位揭阳前詹风电有限公司也是国家电投集团广东电力有限公司的下属子公司之一，因此不作为利益相关者。

本工程的建设会对国家电投揭阳神泉海上风电项目#2 测风塔工程产生较大影响，但由于该工程建设单位为国家电投集团广东电力有限公司，是与本工程建

设单位的上级公司，因此不作为利益相关者。

本工程的建设对国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目和国家电投揭阳靖海 150MW 海上风电场项目影响是相互的，三个工程均由国家电投集团广东电力有限公司负责建设，属于同一个建设单位，因此不作为利益相关者。

本项目的建设将对限制 [] 取排水管道的建设，对其养殖取排水产生一定影响，因此将 [] 作为利益相关者。

综上，本论证报告书确认协调责任部门为航道、海事主管部门，利益相关者为 []。

值得注意的是，悬沙扩散数值模拟是模拟理论条件下产生的悬浮泥沙增量，有关参数为经验值，并不一定能完成代表实际情况，有关养殖户或开发利用活动虽然不在模拟影响范围内，但实际施工过程中可能会对其产生影响，这应该引起建设单位的密切注意。

本项目建设单位承诺，如在实际施工过程中，确实因施工产生的悬浮泥沙等因素造成有关鲍鱼养殖户的苗种死亡，建设单位愿意依法承担法律责任。

图 5.2.2-1 利益相关者分布图 1（略）

图 5.2.2-2 利益相关者分布图 2（略）

5.3 相关利益协调分析

5.3.1 与当地航道、海事主管部门的协调

本工程的建设会对前詹锚地、4 条推荐航线、海甲航道产生一定影响，项目建设期间海域施工船只增多，会给这一区域的船舶抛锚和航行安全带来一定的困难；风电场建设也会对其产生一定的冲淤影响。项目施工前，建设单位应主动与当地航道、海事主管部门进行沟通和协调，按照相关规定，制定相应的通航安全保障措施，并制定溢油等应急预案。

本项目的“通航报告”已编制完成，主要结论如下：“通过工程建设方案的合理性、可行性分析，本风电场项目选址基本合理。该风电场的建设对所在海域

的通航环境和通航安全有一定的影响，在采取本报告提出的相关安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目对附近海域通航环境和通航安全的影响是可控的，工程建设是可行的。”

建设单位应严格执行“通航报告”提出的对策措施，严格执行有关管理部门的意见。

5.3.2 与 [REDACTED] 的协调

本项目建设单位已就项目建设对粤东液化天然气项目一期工程的影响征求 [REDACTED] 的意见，并取得回函（见附件），回函要求如下：（略）

针对 [REDACTED] 的回函意见，建议建设单位积极主动与 [REDACTED] 进行沟通协调，协调分析如下：

1、本项目的建设可能会对粤东液化天然气项目一期工程的接收站 LNG 码头、卸料平台、卸料臂、LNG 船舶锚地及航道等产生一定的影响，建设单位应按照相关法律法规的要求开展通航安全影响研究和海洋环境影响评价研究，并将终版的评估报告提交 [REDACTED]，便于该司确认；

2、建设单位在施工前需主动及时通告 [REDACTED]，将涉及到 LNG 锚地周边海域（初步定为 2 海里范围）海底电缆的施工方案提交该公司，采取适宜的措施，避免对 LNG 锚地产生不利影响；

3、建设单位应与 [REDACTED] 保持畅通的沟通机制，在 LNG 船舶进出港期间，停止海上施工活动，所有船只和人员均不得进入 LNG 船舶移动安全区（船舶前后各 1 海里，左右各 450 米的水域范围）和停泊安全区（船舶周围 300 米的水域范围）。

4、建设单位在施工前应做好安全教育活动和安全防范对策措施，施工作业期间，所有施工船舶均不得进入粤东液化天然气项目一期工程的航道和港池内，更不能在航道和港池内停泊。

本项目涉及到对粤东液化天然气项目一期工程的影响主要是 220kV 海底电

缆的施工影响，由于 220kV 海底电缆的施工时间较短，施工产生的悬浮泥沙将较快沉降，建设单位应与 [REDACTED] 保持畅通的沟通机制，采取本报告及相关报告、有关管理部门提出的对策措施，将可以尽量减少对粤东液化天然气项目一期工程的影响。

5.3.3 与有关鲍鱼养殖户的协调

本项目登陆段施工时会破坏有关鲍鱼养殖场的取排水设施，海底电缆施工时产生的悬浮泥沙会对养殖场的取水造成一定的影响。

根据现场调研结果，鲍鱼养殖取水为管道取水方式，即取水管布设于海床上，抽水机发动时，海水通过过滤装置后进入取水管，通入养殖场，再通过砂滤等设施处理后最终进入养殖池，这种取水方式取的海水经过多次过滤，可以避免由于恶劣天气等导致的海水浑浊。本项目海底电缆施工时产生的悬浮泥沙虽然会扩散入有关养殖取水区域，但悬浮泥沙均为海床原位泥沙的再悬浮，不会引入其他污染物，通过有关鲍鱼养殖场的过滤设施后，实际不会对鲍鱼养殖场的取水产生较大不利影响。220kV 海底电缆登陆段用海范围内有部分鲍鱼养殖场的取水管和排水管道，本项目的建设需对有关管道进行拆迁。

根据建设单位提供的资料，建设单位母公司的另一子公司 [REDACTED]

本项目建设单位与 [REDACTED] 为有共同的母公司，建设单位可在当地政府（村、镇、县）的组织下，与养殖场业主的利益关系可延续 2012 年的协议一并解决，与受到影响的有关养殖户签订书面协议，对用海范围内的取排水管道等养殖设施等进行拆迁和赔偿，对受到影响的养殖户进行补偿。

综上所述，本项目建设单位与有关利益相关者具有可协调性。

5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

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。本期工程用海属经营性用海，不涉及领海基点，按国家有关规定交纳海域使用金，

不损害国家权益。

项目附近海域可能有军用设施，其工程建设、生产经营可能会对军事活动一定影响，建议建设单位加强与军方进行沟通，在有关管理部门的组织下主动征求意见，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，未取得军事部门明确同意意见前不得开工建设。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析

6.1 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

本次调整后，项目风机仍在原规划范围之内，220kV 海底电缆送出工程未发生变化，项目用海范围涉及的海洋功能区未发生变化，对有关海洋功能区的影响基本不发生变化。

6.1.1 项目所在海域海洋功能区划

6.1.1.1 《全国海洋功能区划》（2011 年~2020 年）

根据《全国海洋功能区划》（2011 年~2020 年），将我国管辖海域划分了八类海洋功能区，并提出了各类功能区管理要求：农渔业区主要是指适于农业围垦、渔业基础设施建设、养殖增殖、捕捞和水产种质资源保护的区域。重点保障黄海北部、长山群岛周边、辽东湾北部、冀东、黄河口至莱州湾、烟（台）威（海）近海、海州湾、江苏辐射沙洲、舟山群岛、闽浙沿海、粤东、粤西、北部湾、海南岛周边等海域养殖用海。农渔业区开发要控制围垦规模和用途，合理布局渔港及远洋基地建设，稳定传统养殖用海面积，发展集约化海水养殖和现代化海洋牧场。要保护海洋水产种质资源，严格控制重要水产种质资源产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道内各类用海活动。海洋保护区是指专供海洋资源、环境和生态保护的海域。重点保护海域主要分布在鸭绿江口、辽东半岛西部、双台子河口、渤海湾、黄河口、山东半岛东部、苏北、长江口、杭州湾、舟山群岛、浙闽沿岸、珠江口、雷州半岛、北部湾、海南岛周边等邻近海域。《区划》指出，**要遵循深水远岸布局原则，科学论证与规划海上风电。**

根据《全国海洋功能区划》（2011-2020），海门湾、靖海港、神泉港及周边海域，海岸线长度 119 千米，海域面积 1297 平方千米。主要功能为工业与城镇建设、农渔业和旅游娱乐。重点建设惠来临海现代工业集聚区，推进专业化海洋

运输体系和物流中心建设，发展现代海洋渔业、高端滨海旅游业。围填海主要分布在海门湾、神泉等海域。加强惠来临海工业建设对海洋环境污染的防治；开展海门、神泉、资深等渔港综合整治；重点保护石碑山角领海基点、前詹礁盘生态系统，以及龙虾、海龟、鲨及其栖息地。

6.1.1.2 《广东省海洋功能区划》（2011-2020）

根据《广东省海洋功能区划》（2011-2020），项目位于神泉镇南部海域，项目建设位置穿越前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区，项目西侧有神泉海洋保护区，东侧有前詹海洋保护区，各个功能区分布位置及与项目的位置关系见图 6.1.1-1、表 6.1.1-1。表 6.1.1-2 给出了项目用海区周边的海洋功能区分布的详细情况。

表 6.1.1-1 项目与海洋功能区相对位置关系

序号	海洋功能区	与本项目最近距离、相对位置	功能区
1	前詹港口航运区	项目所在	港口航运区
2	田尾山-石碑山农渔业区	项目所在	农渔业区
3	珠海-潮州近海农渔业区	项目所在	农渔业区
4	神泉海洋保护区	海底电缆西侧约 5.2km	海洋保护区
5	前詹海洋保护区	海底电缆东侧约 4.7km	海洋保护区

如图 6.1.1-1 所示，表 6.1.1-1 给出了项目用海区周边的海洋功能区分布的详细情况。

图 6.1.1-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图（略）

表 6.1.1-2 项目所在及周边海洋功能区登记表（略）

6.1.1.3 《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）

根据《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年），项目所在海域海洋功能区有：海洋保护区（一级类）中的海洋自然保护区（二级类）、港口航运区（一级类）中的港口区（二级类）、农渔业区（一级类）中的增殖区、捕捞区（二级类）。

根据揭阳市管理海域的开发重点，海域的开发以港口航运、临海工业、海上

风电、海上渔业、滨海旅游业和海洋保护为主。

本项目所在海域的海洋功能区为揭阳近海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区、前詹港口区，周边的海洋功能区有神泉海洋自然保护区、前詹海洋自然保护区、神泉增殖区、港寮湾增殖区等。各功能区与项目的相对位置关系见下表。

表 6.1.1-3 项目与揭阳市海洋功能区相对位置关系

序号	海洋功能区	与本项目最近距离、相对位置
1	揭阳近海捕捞区	项目所在
2	神泉港-港寮湾捕捞区	项目所在
3	神泉海洋自然保护区	海底电缆西侧约 5.2km
4	前詹海洋自然保护区	海底电缆东侧约 4.7km
5	前詹港口区	项目所在
6	神泉增殖区	海底电缆西侧约 4.5km
7	港寮湾增殖区	海底电缆东侧紧邻，约 180m

图 6.1.1-3 神泉港-港寮湾捕捞区信息列表（略）

图 6.1.1-4 神泉增殖区信息列表（略）

图 6.1.1-5 港寮湾增殖区信息列表（略）

图 6.1.1-6 前詹港口区信息列表（略）

图 6.1.1-7 揭阳近海捕捞区信息列表（略）

图 6.1.1-8 神泉海洋自然保护区信息列表（略）

图 6.1.1-9 前詹海洋自然保护区信息列表（略）

图 6.1.1-2 揭阳市海洋功能区划示意图（略）

6.1.2 项目用海对周边海洋功能区的影响

6.1.2.1 《广东省海洋功能区划》(2011-2020)

(1) 项目用海对农渔业区的影响

本项目为海上风电工程，项目建设内容包括海上风电场、海上升压站和海底电缆。本项目建设区域占据了两个农渔业区：珠海-潮州近海农渔业区、田尾山-石碑山农渔业区。

项目建设对农渔业区的影响主要为建设期间风机基础的开挖、打桩、基床浅层淤泥整平和电缆敷设沿线淤泥开挖形成小范围的悬浮物扩散，扩散区域内，水质下降，悬浮物会造成鱼卵仔稚鱼、游泳生物、底栖生物死亡。

建议在施工过程中采取有效措施，尽量减少悬浮泥沙在水中的扩散范围。施工应尽可能选择在海流平静的潮期，采取相应手段减少海底电缆敷设、桩基础施工过程中对水体的扰动并控制悬浮物的发生量，减轻对水生生物的影响，并采取生态补偿措施，促进生态环境的恢复。

(2) 项目用海对港口航运区的影响

本项目登陆电缆穿越前詹港口航运区。除了电缆施工外，本项目不会对前詹港口航运区的主导功能产生不利影响。电缆施工期间的悬浮泥沙扩散会对该区域的水质环境产生一定的影响，导致水质下降，但随着电缆敷设进程，已敷设段悬浮物亦逐渐沉降下来，影响也随之消失。

此外，电缆施工时，施工船只可能短暂影响附近海域的水上交通，船只作业完成后，即刻撤离航运区。施工期间需要与管理部门做好充分的沟通协商。随着施工结束，上述影响也结束，项目运营期间，基本不会港口航运区产生影响。

因此，本项目的建设对前詹港口航运区的水质环境、交通情况具有短时的影响。

(3) 项目用海对海洋保护区的影响

本项目附近的海洋保护区有神泉海洋保护区及前詹海洋保护区。根据数值模拟计算结果（见图 4.1.3-5），项目施工产生的大于 10mg/L 的悬浮物增量未扩散进入神泉海洋保护区和前詹海洋保护区，施工结束后，产生的悬浮物将迅速衰减。理论上来说，电缆施工引起的悬浮物扩散影响，基本不会波及到两个海洋保护区，

且保护区内的主要保护动物为游泳生物，本身具有自主离开污染区能力，因此，项目建设期间的悬浮物扩散不会对两个保护区的水质造成明显影响。

综上所述，本项目的建设主要是悬浮物浓度升高短期影响保护区的水质和部分鱼类活动有一定影响，随着施工结束影响即消失。对保护区的物种、生态系统、水文动力和地形冲淤没有明显影响。项目施工过程中，必须加强生态环境保护工作，维护海洋生态环境。工程必须按照《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，加强管理，维护海洋功能区的正常运行，可避免或减少对毗邻海洋功能区的影响。见表 6.1.2-1。

表 6.1.2-1 项目对周边海洋功能区的影响情况

序号	受影响的功能类型	影响范围	影响程度
1	珠海-潮州近海农渔业区	项目施工引起的悬浮泥沙扩散范围主要沿电缆两侧、风场及周边分布，主要扩散区域均位于该区	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，导致鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡
2	田尾山-石碑山农渔业区	项目施工引起的悬浮泥沙扩散范围主要沿电缆两侧分布	
3	前詹港口航运区	项目施工引起的悬浮泥沙扩散范围进入该区	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，施工期间施工船只对海上交通有短期影响

6.1.2.2 《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）

（1）项目对捕捞区和增殖区的影响

捕捞区和增殖区有揭阳近海捕捞区、神泉增殖区、港寮湾增殖区和神泉港-港寮湾捕捞区。

本项目属于海上风电建设，项目建设利用海上风能资源，不产生污染物，不影响海域的水质。但项目施工期间会短时间产生一定的悬浮泥沙扩散的影响，会影响海域水质，但悬浮泥沙会随着施工完成即时沉淀，影响随之消失，不会影响水体环境和生态系统结构。项目用海设施为透水构筑物和海底电缆，项目建设不改变海域自然属性。根据项目通航论证结论，项目建设不影响航道用海需求。

（2）项目对港口区的影响

港口区为前詹港口区。本项目位于前詹港口区的用海设施为海底电缆。电

缆的建设属于海底工程，项目建设不影响港口航运区的布局和各项功能。电缆施工期间会短时间引发悬浮泥沙扩散，从而影响海域水质，但该影响随着施工完成而消失，施工后及运营期间不影响海域水质。

(3) 项目对海洋自然保护区的影响

近海基本功能区共划分海洋保护区 2 个，即神泉海洋自然保护区和前詹海洋自然保护区。这两个保护区与《广东省海洋功能区划（2011-2020）》的海洋保护区重叠，有关分析内容见 6.1.2.1 节。

表6.1.2-2 项目对周边海洋功能区的影响情况

序号	受影响的功 能类型	影响范围	影响程度
1	揭阳近海捕 捞区	项目施工引起的悬浮泥沙扩散范围主要沿电缆两侧、风场及周边分布，主要扩散区域均位于该区	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，导致鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡
2	神泉港-港 寮湾捕捞区	项目电缆施工引起的悬浮泥沙扩散范围主要沿电缆两侧分布	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，导致鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡
5	前詹港口区	项目电缆施工引起的悬浮泥沙扩散范围主要沿电缆两侧分布，施工船舶增加港口区的船舶密度	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，导致鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡
6	神泉增殖区	项目施工产生的增量大于10mg/L 悬沙未扩散进入本区	很小
7	港寮湾增殖 区	项目施工产生的增量大于10mg/L 悬沙扩散进入本区	较小。悬浮泥沙扩散造成农渔业区内部分水体浑浊、水质下降，导致鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡

6.1.3 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），本项目用海范围穿越前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区，项目西侧有神泉海洋保护区，东侧有前詹海洋保护区，根据数模计算结果，项目施工产生的增量大于 10mg/L 悬沙扩散范围未进入神泉海洋保护区和前詹海洋保护区。项目用海与各个功能区的符合性分析见表 6.1.3-1。

根据《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年），本项目用海范围穿越揭阳近

海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区、前詹港口区，项目西侧有神泉海洋自然保护区、神泉增殖区，东侧有前詹海洋自然保护区、港寮湾增殖区，根据数模计算结果，项目施工产生的增量大于 10mg/L 悬沙扩散范围未进入神泉海洋保护区、神泉增殖区和前詹海洋保护区。项目用海与各个功能区的符合性分析见表 6.1.3-2。

综合分析，本项目建设内容为海上风电场和海底电缆，需要占用一定的海域。项目建设期间会短时间增加施工船舶数量，对海上交通产生短期的、一定的影响。但经过及时的协调，不会对海上交通产生重要影响。不会影响港口航运区的主导功能。不涉及围填海用海，没有炸岛等破坏性活动。项目建设和营运期间的环境污染和事故风险均较小，项目施工过程仅在局部海域内引发短期的悬浮物增加，会对海水水质、海洋生态环境和底栖生物产生一定的影响，但是随着工程结束，项目引起的环境影响均消失。所以本项目只要严格落实环境保护要求，严格遵守《中华人民共和国海洋环境保护法》相关条例，不会对附近海域的海洋功能区的主导功能发挥产生重要影响，也不会违反海洋功能区的环境保护要求。本项目是海洋能利用项目，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。

因此，本项目用海与《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）和《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）相符合。

6.1.3-1 项目用海与海洋功能区划的符合性分析表（略）

6.1.3-2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析表

6.2 项目用海与广东省海洋生态红线的符合性分析

6.2.1 项目所在海域海洋生态红线区

根据《广东省海洋生态红线》（2017），项目位于神泉镇南面海域，本项目风电场和海底电缆未直接占用生态红线区，邻近的生态红线区有前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区、惠来县人工鱼礁重要渔业海域限制类红线区、珍稀濒危物种集中分布区限制类红线

区，均为限制类红线区。

根据广东省大陆岸线自然保有登记表，本项目登陆点位置位于港寮湾砂质岸线上，该段岸线在登记表中的序号为 196。揭阳市自然岸线保有率为 47.77%，原生自然岸线中的砂质岸线保有长度为 40.9km。

项目周边海域的生态红线区分布示意图见图 6.2.1-1，具体信息见表 6.2.1-1、6.2.1-2，广东省大陆自然岸线保有登记表见表 6.2.1-3。

表6.2.1-1 项目与海洋生态红线区及主体岸线相对位置关系

序号	生态红线区	与本项目最近距离、相对位置	类型
211	前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区	登陆电缆东侧约 0.5km	重要砂质岸线及邻近海域
212	前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	登陆电缆东侧约 0.2km 风电场北侧约 4.2km	珍稀濒危物种集中分布区
208	惠来县人工鱼礁重要渔业海域限制类红线区	220kV 海底电缆西侧约 2.5km 风电场北侧约 18.0km	重要渔业海域
209	珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	220kV 海底电缆西侧约 5.2km 风电北侧约 21.0km	珍稀濒危物种集中分布区

根据增量大于 10mg/L 悬沙扩散范围数模结果，本项目风电场和海底电缆均未直接占用生态红线区，增量大于 10mg/L 悬沙扩散区域已进入 211 前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区和 212 前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区两个生态红线区，登陆点位于揭阳市大陆海岸线自然岸线保有的 192 港寮湾砂质岸线。

表6.2.1-2 项目所在及周边海洋生态红线区登记表（略）

表6.2.1-3 项目所在的广东省揭阳市大陆自然岸线保有登记表（略）

图 6.2.1-1 项目所在海域及周边生态红线区分布示意图（略）

图 6.2.1-2 项目所在登陆点的广东省揭阳市大陆自然岸线保有示意图（略）

6.2.2 项目用海对周边海洋生态红线区的影响

（1）项目用海对重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区 211 的影响

根据施工方案及悬浮泥沙扩散模拟，项目建设所引起的增量大于 10mg/L 悬浮泥沙能够影响到前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区 211 的范围，从而在施工期间影响该区的海洋生态环境。但随着施工完成，悬浮泥沙不断沉淀，影响也随之消失，项目正常营运不会对重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区 211 产生不利影响。

登陆段的电缆施工由于定向钻施工及机械设备、车辆进出等各种因素，不可避免对岸线和邻近海域造成轻微的损伤。但严格执行保护措施的前提下，施工过程中对登陆段周边的自然环境影响程度有限，影响范围也较小。施工完成后，有关影响将会消失。

（2）项目用海对前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区 212 的影响

根据施工方案及悬浮泥沙扩散模拟，项目建设所引起的增量大于 10mg/L 悬浮泥沙能够影响到前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区 212 的范围，从而在施工期间影响该区的海洋生态环境。但随着施工完成，悬浮泥沙不断沉淀，影响也随之消失，项目正常营运不会对前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区 212 产生不利影响。

（3）项目用海对自然保有岸线的影响

本项目登陆点位于揭阳市大陆海岸线自然岸线保有的 192 港寮湾砂质岸线。项目建设内容为海缆及其登陆点。本项目海底电缆登陆推荐采用定向钻的施工方式，工作坑均远离沙滩，正常施工不会对砂质岸线造成不利影响。

根据本报告书 4.3.1 节的分析，本项目海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28 米，涉及新修测海岸线长度约 17 米，工程施工完成后，登陆电缆位于沙滩面以下，施工期和营运期均不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性。

本项目海底电缆登陆时将敷设于此处沙滩，并按照规定设立显著标志，登陆区域禁止打桩、抛锚、挖砂等，是对岸线资源的有序利用和保护，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沙滩。

6.2.3 项目用海与海洋生态红线区的符合性分析

本项目对海域内生态红线的影响主要有 3 点：1、风场及海底电缆施工造成的悬浮物扩散导致暂时水质下降，影响海域及海岸渔业活动及生态环境；2、施工对海上交通造成影响；3、登陆点管线施工对沙滩的损坏。上述影响与生态红线区的管控措施符合性分析见表 6.2.3-1 和 6.2.3-2。

这些影响短暂的，可修复的，施工结束后这些影响可得以消除。风场运营对生态红线区影响不大，符合《广东省海洋生态红线》的要求。

表6.2.3-1 项目用海与海洋生态红线区的符合性分析（略）

表6.2.3-2 项目用海保有大陆自然岸线的符合性分析表（略）

6.3 项目用海与相关规划符合性分析

6.3.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

《全国海洋主体功能区规划》中提到“海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发

利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。”

《规划》中还提及“海域政策。根据海洋主体功能区功能定位，完善海域管理政策措施。严格落实海洋功能区划，加强围填海总量控制和计划管理。加强用海项目环境影响评价制度、海域使用论证制度和海域有偿使用制度实施情况监督。制定用海工程和围填海建设标准，明确海拔高度、污染排放、防灾减灾等要求，对用海项目建设实行全过程监管。科学划定海水增养殖区域，控制近海养殖密度。严格控制河口行洪区、重点增养殖区域建设用海。沿海地区或海岛大规模风能建设要充分考虑对相关海域影响。”

本项目是《规划》中所支持的海上风电项目，属于海洋能源开发利用项目，项目风电场严格按照规划范围设计，通过严格论证，认真考虑风电项目对相关海域的影响因素，逐一探讨，论证结果为本项目可行。所以本项目符合《全国海洋主体功能区规划》。

6.3.2 与《产业结构调整指导目录（2019 年本）》的符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》的第一类鼓励类的第五节第 12 条“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”，本项目为海上风电场的建设，是规划中的阳西沙扒海上风电场项目之一，使用的风机是 6.45MW 风机，属于鼓励类的建设项目，与《产业结构调整指导目录(2019 年本)》的要求相符合。

6.3.3 与国家能源局《能源发展“十三五”规划》的符合性分析

因国家能源局《能源发展“十四五”规划》暂未出台，本报告继续分析项目用海与国家能源局《能源发展“十三五”规划》的符合性。

“十三五”时期，我国能源消费增长换挡减速，保供压力明显缓解，供需相对宽松，能源发展进入新阶段。问题和挑战并存，主要问题包括：传统能源产能结构性过剩问题突出，煤炭产能过剩，供求关系严重失衡；可再生能源发展面临多重瓶颈，可再生能源全额保障性收购政策尚未得到有效落实，电力系统调峰能力不足，调度运行和调峰成本补偿机制不健全，难以适应可再生能源大规模并网消

纳的要求，部分地区弃风、弃水、弃光问题严重；能源系统整体效率较低：电力、热力、燃气等不同供能系统集成互补、梯级利用程度不高，**风电和太阳能发电主要集中在西北部地区**，长距离大规模外送需配套大量煤电用以调峰，**输送清洁能源比例偏低**，系统利用效率不高。

未来将更加注重**能源结构调整**，加快双重更替，**推进能源绿色低碳发展**。超前谋划水电、核电发展，适度加大开工规模，**稳步推进风电、太阳能等可再生能源发展**，为实现 2030 年非化石能源发展目标奠定基础。

推进非化石能源可持续发展。坚持集中开发与分散利用并举，调整优化开发布局，**全面协调推进风电开发**，推动太阳能多元化利用，因地制宜发展生物质能、地热能、**海洋能**等新能源，提高可再生能源发展质量和在全社会总发电量中的比重。其中，风电坚持统筹规划、集散并举、陆海齐进、有效利用。调整优化风电开发布局，逐步由“三北”地区为主转向中东部地区为主，大力发展分散式风电，稳步建设风电基地，**积极开发海上风电**。加大中东部地区和南方地区资源勘探开发，优先发展分散式风电，实现低压侧并网就近消纳。稳步推进“三北”地区风电基地建设，统筹本地市场消纳和跨区输送能力，控制开发节奏，将弃风率控制在合理水平。加快完善风电产业服务体系，切实提高产业发展质量和市场竞争力。2020 年风电装机规模达到 2.1 亿千瓦以上，风电与煤电上网电价基本相当。

本项目为揭阳市神泉镇海上风电场工程，本项目属于海洋能开发利用项目，符合国家可持续发展政策和国家新能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，对绿色生态将起到积极作用。因此，本项目的建设符合国家能源局《能源发展“十三五”规划》。

6.3.4 与《可再生能源发展“十三五”规划》的符合性分析

因《可再生能源发展“十四五”规划》暂未出台，本报告继续分析项目用海与《可再生能源发展“十三五”规划》的符合性。

国家发展改革委于 2016 年 12 月 10 日印发《可再生能源发展“十三五”规划》，发改能源〔2016〕2619 号。

随着国际社会对保障能源安全、保护生态环境、应对气候变化等问题日益重视，加快开发利用可再生能源已成为世界各国的普遍共识和一致行动。我国在“十

二五”期间，在可再生能源发展利用方面也做了大量工作，主要体现在一可再生能源在推动能源结构调整方面的作用不断增强。二是可再生能源技术装备水平显著提升。三是可再生能源发展支持政策体系逐步完善。“十三五”的发展目标是实现 2020、2030 年非化石能源占一次能源消费比重分别达到 15%、20% 的能源发展战略目标，进一步促进可再生能源开发利用，加快对化石能源的替代进程，改善可再生能源经济性。

“十三五”期间要积极稳妥**推进海上风电开发**。开展海上风能资源勘测和评价，完善沿海各省（区、市）海上风电发展规划。加快推进已开工海上风电项目建设进度，积极推动后续海上风电项目开工建设，鼓励沿海各省（区、市）和主要开发企业建设海上风电示范项目，带动海上风电产业化进程。完善海上风电开发建设管理政策，加强部门间的协调，规范和精简项目核准手续，完善海上风电价格政策。健全海上风电配套产业服务体系，加强海上风电技术标准、规程规范、设备检测认证、信息监测工作，形成覆盖全产业链的设备制造和开发建设能力。到 2020 年，海上风电开工建设 1000 MW，确保建成 500 MW。可再生能源产业涉及领域广，可有力带动相关产业发展，可大幅增加新增就业岗位，也是实现脱贫攻坚的重要措施，对宏观经济发展产生积极影响，更是实现经济发展方式转变的重要推动力。2020 年，全国可再生能源部门就业人数超过 1300 万，其中“十三五”时期新增就业人数超过 300 万。可再生能源开发利用可替代大量化石能源消耗、减少温室气体和污染物排放、显著增加新的就业岗位，对环境和社会发展起到重要且积极作用。

本项目为海上风电场开发建设项目，符合《可再生能源发展“十三五”规划》的相关发展目标和要求。

6.3.5 与《电力发展“十三五”规划》的符合性分析

因《电力发展“十四五”规划》暂未出台，本报告继续分析项目用海与《电力发展“十三五”规划》的符合性。

根据 2016 年 11 月国家发改委及国家能源局下发的《电力发展“十三五”规划》的要求。未来五年电力发展的基本原则是：统筹兼顾、协调发展、**清洁低碳、绿色发展**。预期 2020 年全社会用电量 6.8-7.2 万亿千瓦时，全国发电装机容量 20

亿千瓦，人均用电量 5000 千万时，接近中等发达国家水平。电源结构方面，按照非化石能源消费比重达到 15% 的要求，到 2020 年煤电装机力争控制在 11 亿千瓦时以内，另外大力发展新能源，优化调整开发布局。按照集中开发与分散开发并举、就近消纳为主的原则优化风电布局，统筹开发与市场消纳，有序开发风电。2020 年，全国风电装机量达到 2.2 亿千瓦以上，其中海上风电确保建成 500 MW，开工建设 1000 MW。

本项目为海上风电建设，调整后装机容量为 560MW。积极响应及落实《电力发展“十三五”规划》对风电开发的要求及建议，有利于电力产业清洁低碳、绿色发展。因此，本项目建设符合《电力发展“十三五”规划》的要求。

6.3.6 与《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》的符合性分析

2020 年 12 月 14 日，中国共产党广东省第十二届委员会第十二次全体会议通过《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》，第 48 条提出“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。”本项目为海上风电建设，属于清洁能源项目，符合“推动绿色低碳发展”的要求。

第 21 条提出“积极扩大有效投资。……推进建设综合性国家科学中心、广汕汕高铁、广湛高铁、深汕高铁、千万千瓦级海上风电基地、核能基地、公共卫生体系建设和能力提升工程等重大项目。……”，本项目位于粤东揭阳海域，属于“千万千瓦级海上风电基地”重大项目的一部分。

综上，本项目的建设和用海符合《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》的要求。

6.3.7 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》于 2021 年 1 月 26 日经省十三届人大四次会议审议批准。文件提出，大力发展清洁低碳能源。优化能源供给结构，实施可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统。大力发展海上风电、太阳能发电等可再生能源，推动省管海域风电项目建成投产装机容量超 800 万千瓦，打造粤东千万千瓦级基地，加快 8 兆瓦及以上大容量机组规模化应用，促进海上风电实现平价上网。保障能源安全。坚持以保障能源供应安全为首要任务，着力提升能源安全底线保障能力、加强能源储备调节体系建设、完善能源风险应急管控体系。以加大油气等资源勘探开发和大力发展核电、海上风电等非化石能源为重点，增强省内能源供应保障能力。

本项目位于粤东揭阳海域，属于“千万千瓦级海上风电基地”重大项目的一部分。属于广东省十四五期间大力发展的项目。项目用海符合《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》。

6.3.8 与《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业集群的意见》的符合性分析

2020 年 5 月 18 日，广东省人民政府以粤府函〔2020〕82 号印发《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业集群的意见》。文件提出十大战略性新兴产业集群，其中之一是“新能源产业集群。大力发展先进核能、海上风电、太阳能等优势产业，加快培育氢能等新兴产业，推进生物质能综合开发利用，助推能源清洁低碳化转型，保持非化石能源消费全国领先地位，逐步建立满足全省经济社会发展需求的现代化能源体系。建设沿海新能源产业带，重点打造阳江海上风电全产业链基地，建设珠三角太阳能制造业集聚区，培育广州、深圳、佛山、湛江、茂名、云浮等地市氢能产业基地，形成国内领先、世界一流的新能源产业集群。”

本项目位于揭阳市，为海上风电建设，属于新能源项目，是广东省重点推进的内容，符合《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业

产业集群的意见》的要求。

6.3.9 与《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021—2025 年）》的符合性分析

2020 年 9 月 25 日，广东省发展和改革委员会 广东省能源局 广东省科学技术厅 广东省工业和信息化厅 广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 6 部门联合印发《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021—2025 年）》。文件提出“规模化开发海上风电”“海上风电领跑工程。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，基本建成现已规划的浅水区项目，开展省域深水区示范项目，争取国家支持建设专属经济区近海深水区千万千瓦级海上风电基地，出台我省扶持海上风电发展的相关政策，争取 2025 年前海上风电项目实现平价上网，到 2025 年底累计投产海上风电约 1500 万千瓦。”

本项目位于揭阳市，属于海上风电建设，是广东省重点推进的内容，符合《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划（2021—2025 年）》的要求。

6.3.10 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析

2017 年 10 月 27 日广东省人民政府和国家海洋局联合发布《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（粤府〔2017〕120 号），规划要求统筹海域与陆域产业发展，整体推进海洋经济发展，积极布局新能源、深海矿产等海洋潜力产业。其中，新能源产业主要分布在生产空间，岸线类型主要为优化利用岸线和限制开发岸线。海上风电场址原则上应在离岸距离不少于 10 千米、滩涂宽度超过 10 千米时海域水深不得少于 10 米的海域布局，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方千米左右，主要分布在粤东的汕头洋东、勒门、海门，揭阳神泉、靖海，汕尾甲子、后湖，珠三角的惠州港口，珠海桂山、金湾，粤西的阳江沙扒、南鹏岛、湛江新寮、外罗、徐闻等临近海域，积极探索深远海风电开发。

在规划中，有关推动湾区发展的内容中提到，神泉湾区陆域涉及揭阳市，海域主要为神泉港、靖海湾等海域。产业发展指引为积极推进揭阳大南海石化工业

区、风能成套装备产业园、海洋高端装备产业园等平台建设；重点发展石化、新材料、电力、装备制造、生物医药、电子信息、现代渔业等产业；加快度假、养生、养老等旅游产品开发，推进靖海等地区海水增养殖发展。在神泉、靖海海域布局海上风电。

根据《广东省严格保护岸段名录》，本项目海底电缆登陆点位于港寮湾严格保护岸段，该岸段位于揭阳市惠来县，起点坐标：22°56'36.114"N，116°30'17.942"E，终点坐标：22°56'2.188"N，116°23'30.152"E。

根据《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，“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。广东省人民政府负责发布和定期更新本行政区域内严格保护岸线名录，县（区、市）人民政府负责落实并组织实施，明确保护边界，设立保护标识。”在施工期，根据施工设计，本项目海底电缆登陆采用定向钻的施工方式穿越岸线，登陆电缆位于沙滩面以下，施工设备不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性，不会损害海岸地形地貌和生态环境。在营运期，本项目海底电缆登陆时将位于沙滩面以下，不会降低其生态服务功能，不会减少其长度、不改变其性质。在海底电缆铺设完成后，根据《海底电缆管道保护规定》的要求划定保护范围，并按照规定设立显著标志，海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其它可能破坏海底电缆管道安全的海上作业，是对岸线资源的有序利用和保护，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沙滩。

综上所述，本项目为风电项目，布局于神泉南部海域，符合规划对该区域的产业定位，同时项目的选址也符合海上风电场选址原则；本项目海底电缆登陆施工作业方式符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》中关于严格保护岸线的管理要求。因此项目与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》是相符合的。

6.3.11 与《广东海洋经济综合试验区发展规划》的符合性

2011年,国务院印发了《关于广东海洋经济综合试验区发展规划的批复》(国函〔2011〕81号),7月《广东海洋经济综合试验区发展规划》获国务院批准实施。

规划指出,以推进产业结构升级为主线,以海洋生物医药、海洋工程装备制造、海水综合利用和海洋可再生能源为重点,突破关键核心技术,提升海洋产业核心竞争力。开展海洋能资源普查,科学规划海洋能开发,确定优先开发范围和重点。加快海洋风电、波浪能、潮汐潮流能发电等技术研发。

本项目属于海洋能开发利用项目,与《广东海洋经济综合试验区发展规划》具有良好的衔接,积极响应规划中大力推进滨海能源产业发展的号召。国家电投揭阳神泉风电项目同时为揭阳市各行业提供环保电力资源,有力保证其他产业的蓬勃发展。

由此可见,本项目的建设符合《广东海洋经济综合试验区发展规划》的需求。

6.3.12 与《广东省海上风电发展规划》(2017-2030年)(修编)的符合性分析

根据国家《可再生能源发展“十三五”规划》、国家《风电发展“十三五”规划》、《广东省能源发展“十三五”规划》等相关规划,结合广东省省海上风电发展实际,对2012年印发的《广东省海上风电场工程规划》进行修编,制定《广东省海上风电发展规划(2017-2030年)(修编)》。规划年限为2017年到2030年,近期至2020年,远期至2030年。全省规划海上风电场址23个,总装机容量6685万千瓦。包括:近海浅水区(35米水深以内)海上风电场址15个,装机容量985万千瓦,其中粤东海域415万千瓦。揭阳神泉海上风电场规划装机容量75万千瓦。

本项目为揭阳风电二期工程。经广东省能源局同意,调整后的项目装机容量由350MW扩增至560MW。符合海上风电机组单机容量不断增大的技术发展要求,有利于提升海洋资源利用效率,集约节约用海,在原规范场址范围内产生更大的经济效益。

本项目的开发符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针,对于推动可

再生资源开发利用，有利于缓解环境保护压力，实现绿色发展，满足揭阳及周边地区社会经济发展需要，促进地方经济和旅游业的发展，提高风电场近区供电能力都有着重要的意义。

因此，本项目建设符合《广东省海上风电发展规划》（2017-2030 年）的要求。

图 6.3.12-1 本工程在《广东省海上风电发展规划》（2017-2030 年）的示意图（略）

6.3.13 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》提出“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。”“建设粤东千万千瓦级海上风电基地。争取将粤东千万千瓦级海上风电基地列入国家相关规划，推动开工建设。打造汕头海上风电创新产业园，配套一定整机组装产能。推动汕尾(陆丰)海洋工程基地建设，设立先进能源科学与技术省实验室汕尾分中心。谋划布局揭阳运维基地。”

本项目位于揭阳市，属于海上风电建设，为广东省重点推进的项目，符合《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》。

6.3.14 与《广东省生态文明建设“十四五”规划》的符合性分析

《广东省生态文明建设“十四五”规划》提出“提高非化石能源占比。大力发展海上风电，建设粤东粤西千万千瓦级海上风电基地，推动项目开发由近海浅水区走向深水区。”“完善海上风电产业链，加快建设粤西海上风电高端装备制造基地、粤东海上风电运维和整机组装基地，支持潮汐能、波浪能、海流能、海洋生物质能、海水制氢等示范工程。”“开工建设惠州港口二期 PA、港口二期 PB，汕尾甲子一、甲子二，揭阳神泉二、靖海，汕头南澳洋东、勒门（一）、海门（场址一）、海门（场址二、三）以及阳江青洲、帆石等场址项目”。“到 2025 年，全省建成海上风电装机容量约 1800 万千瓦”。

本项目已纳入《广东省生态文明建设“十四五”规划》能源结构调整重点工程，属于广东省重点推进的项目，符合《广东省生态文明建设“十四五”规划》。

6.3.15 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

广东省人民政府 2017 年 12 月 8 日以粤府函〔2017〕359 号批复《广东省海洋主体功能区规划》，本工程位于限制开发区域，“积极有序推进海上风电产业。在风能资源和地质条件较好地区，坚持“三个 10”原则，强化与海洋生态红线协调，统筹考虑海洋开发强度和海洋资源环境承载能力，科学布局海上风电场址，推进海上风电规模化、集约化开发，实现海洋开发和海洋保护双赢。有序推进珠三角海域的惠州港口，粤东海域的洋东、勒门（一）、海门（二、三）、靖海、神泉、后湖、甲子，粤西的南鹏岛、沙扒、外罗、新寮、徐闻等近海浅水区海上风电建设，到 2020 年规划建设装机容量 840 万千瓦，优先保障 1344 平方公里海域使用需求。”

本工程属于揭阳神泉海上风电项目，属于有序推进的项目，符合《广东省海洋主体功能区规划》。

6.3.16 与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

广东省人民政府于 2020 年 12 月 29 日印发《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》。方案提出，到 2025 年，建立较为完善的“三线一单”生态环境分区管控体系，全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，能源资源利用效率稳步提高，绿色发展水平明显提升，生态环境治理能力显著增强。其中，能源资源利用要求提出：积极发展先进核电、海上风电、天然气发电等清洁能源，逐步提高可再生能源与低碳清洁能源比例，建立现代化能源体系。

本项目位于沿海经济带一东西两翼地区。其区域布局管控要求提出：推动建设国内领先、世界一流的绿色石化产业集群，大力发展先进核能、海上风电等产业，建设沿海新能源产业带。

本项目位于“三线一单”的一般管控单元。其管理要求是：执行区域生态环境保护的基本要求。根据资源环境承载能力，引导产业科学布局，合理控制开发强度，维护生态环境功能稳定。

本项目位于揭阳市，属于海上风电建设，为广东省积极发展的项目和沿海经

经济带—东西两翼地区大力发展的项目，项目建设对资源环境的影响相对较小，符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

6.3.17 与《揭阳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

《揭阳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》提出，“推进海上风电发展。围绕国电投揭阳 90 万千瓦海上风电项目和专业码头等项目，加强与国电投、中海油 LNG、明阳集团、通用电气（GE）公司等合作，推进粤电项目落地，推进临港产业园建设，全力打造临港产业园运营载体和平台，建成国电投海上风电和 GE 海上风电机组总装基地，打造全国重要的海上风电研发、总装、运维等全产业链生产基地。”“大力推进国家电投揭阳 900MW 海上风电场项目、国家电投、明阳集团、中广核揭阳近海深水区 5500MW 海上风电场、GE 海上风电机组总装基地、大南海天然气热电联产项目等重大项目建设，形成海上风电、陆上风电、风电研发与设备制造、天然气发电、天然气分布式能源站、光伏发电等新能源产业集群。”“推动现代电力基础设施建设。积极开发沿海地区风电资源，继续推进揭阳靖海及神泉一、二海上风电项目开发建设，配合国家推进粤东千万千瓦级海上风电建设，逐步推进海上风电规模化发展。”

本项目为揭阳神泉二海上风电场项目，属于揭阳市继续大力推进的项目，符合《揭阳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》。

6.3.18 与《揭阳港总体规划》（2010）的符合性分析

广东省交通运输厅于 2010 年批复《揭阳港总体规划》（2010）。根据本报告书 3.3.4 节港口资源的分析，本工程 220kV 海底电缆登陆段穿越规划前詹作业区的东部功能片区（见图 6.3.17-1），登陆点位于规划东坑仔至前詹段岸线。

东部功能片区是预留发展片区，其开发建设视未来发展而定。本项目 220kV 海底电缆建成后，将在一定程度上限制东部功能片区发挥其港口航运功能。

对比东部功能片区和《广东省海海洋生态红线》（2017），东部功能片区有部分规划区域位于 211-前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区和港寮湾砂

质岸线。根据《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》和《广东省严格保护岸段名录》，东部功能片区与港寮湾严格保护岸段重叠，东部功能片区的规划已不符合港寮湾严格保护岸段的管理要求。

综合分析，《揭阳港总体规划》（2010）规划的前詹作业区——东部功能片区现阶段，已不符合《广东省海洋生态红线》和《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》等的管理要求，咨询揭阳市交通运输局和揭阳海事局，东部功能片区暂无项目进驻，未来《揭阳港总体规划》修订时，将根据实际开发情况调整东部功能片区的功能定位。

建设单位已就本项目的建设咨询揭阳市交通运输局的意见，该局以揭市交函[2018]888号文（见附件），支持本项目的建设。

现阶段，西部功能片区已建成粤东液化天然气项目一期工程，中部功能片区正在建设揭阳港前詹作业区通用码头一期工程。本项目施工时会增加区域通航密度，对周围的通航环境会造成一定的影响，但通过严密、科学的施工组织和合理的生产调度；把工程安全、施工安全和通航安全放在首位，做好施工作业的安全管理工作；施工船运用良好船艺，谨慎驾驶的驾驶员，可以最大限度地减少施工期对通航环境和船舶通航的影响。

本海上风电项目的上马可以带动整个港区和地方经济的发展，与规划港区的其他码头工程可以形成良好的互相促进的态势。并且随着经济形势的发展，地区考虑带头产业的变化和各产业间的平衡，需要对规划适时进行调整修编。

图 6.3.17-1 前詹作业区规划示意图（略）

6.3.19 与《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》的符合性分析

《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出，“积极推进海上风电产业发展。围绕国家电投近海浅水区 90 万千瓦海上风电项目、揭阳近海深水区海上风电等项目建设，有序推进海上风电开发建设，推动海上风电产业发展。”“加强现代电力基础设施建设。积极开发沿海地区风电资源，加快推动国电投 900MW 海上风电场、近海深水区 1700MW 海

上风电场，明阳惠来三、前詹三海上风电场，中广核揭阳惠来一、四、五海上风电场，靖海及神泉一、二海上风电，临港产业园 10MW 承载式框架多级风轮发电机安装等风能项目建设，力争早日建成并网发电，逐步推进海上风电规模化发展。”

本项目为揭阳神泉二海上风电场项目，属于揭阳市继续大力推进的项目，符合《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

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。开发海上风电资源，能实现海洋风能资源的综合利用，可向电网提供清洁的可再生能源，解决区域稳定供电问题，促进社会经济的可持续发展。

建设风电场，首先要选择合适的场址。国内外的经验教训表明，由于风电场选址的失误造成电量损失和增加维修费用远远大于对风电场场址进行详细调查的费用，因此，风电场选址对于风电场的建设是至关重要的。风电场选址包括宏观选址和微观选址。宏观选址工作在风电场前期规划阶段进行，根据当地气象站的资料进行风资源评估，同时考虑电网、交通、地质等条件。微观选址工作主要在设计阶段进行，根据风电场风资源分布图，同时结合各项限制条件，确认每台风机的机位，以满足业主和相关部门的各项要求，使整个风电场具有较好的经济效益。本报告就宏观选址和微观选址两个方面进行合理性分析。

7.1.1 宏观选址

本次调整后，项目风机和集电线路仍然位于原规划范围之内，220kV 海底电缆送出工程和海上升压站未发生变化，项目宏观选址未发生变化。

风电场宏观选址是对一个较大地区的气象条件、风能、湍流、电网、交通、地质、周围环境等多种因素和条件进行综合考察后，选择出一个风能资源丰富，且最有利用价值的小区域的过程。海上风电场选址应以相应规划为基础，结合地区海域海洋开发现状及规划的具体情况，根据选址区域的风能资源、接入系统条件、交通运输和施工安装条件、装机规模、海洋水文和地质条件、社会经济和环境保护要求等多方面因素进行综合考虑。根据《近海风电场工程规划报告编制办法》，海上风电场选址基本原则如下：

- 1、场址区域具有丰富的风能资源；
- 2、场址区域具有较好的海洋水文、地质、接入系统、交通运输等建设条件；
- 3、场址满足海洋功能区划要求；

4、场址符合环境和生态保护要求，尽量减少对鸟类、渔业和自然保护区的影响；

5、场址应避开航道、锚地、禁航区，尽量减少对航路的影响；

6、场址应避开通信、电力、油气等海底管线的保护范围；

7、避开军事设施涉及的范围；

8、考虑基础施工条件和施工设备要求，提高风电场的经济性，场址水深条件一般控制在 5 m~50m(理论深度基准面以下)。

9、侧重规模化开发。

本项目海上风电场场址宏观选址在《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193号，2018年4月）中布局，规划布局原则主要考虑到风能资源条件良好、满足“双十”要求、集约节约用海、避开重要、敏感、脆弱生态区域以及划定的海洋生态红线限制区域、规模化开发和并网条件较好。规划的神泉场址最近端距离神泉镇陆岸 25 公里，最远端距离陆岸 35 公里。场址用海面积 120 平方公里，水深 32-37 米之间。根据本报告 6.3 节的分析，本项目风电场场址选址符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》，**场区容量扩增已取得广东省发展改革部门的支持性意见**，宏观选址具有唯一性。现根据区域风能资源条件、场址的建设条件、地质情况、周边环境制约因素、周边利益相关者可协调机制、与海洋功能区划的符合性、与海洋生态红线的符合性

7.1.1.1 风能资源条件

风能资源是风电场选址首要考虑的因素，平均风速、风频及主要风向分布、风功率密度、年风能可利用时间是风电场选址中一定要考虑的几个风能评估参数。一般认为，主导风向的频率在 30%以上是稳定的。风功率密度越高，则该地区风能资源越好。年风能可利用时间是指一年中风力发电机组在有效风速范围（一般为 3~25m/s）内运行的时间。一般年风能可利用小时数大于 2000h 的地区为风能可利用区。

本风电场处于揭阳市惠来县神泉镇南面海域，根据本报告书 3.3.6 节的分析，本项目所处位置的风能资源丰富，可利用有效风速小时数高，风速、风向与风能相对集中，风资源条件较好，适宜建设海上风电场。

7.1.1.2 风电场场址的建设条件

1、海洋水文动力条件

根据本报告 3.1.2 节的分析，本工程已完成冬季和夏季全潮水文观测报告。

根据本报告第 4.1.1 节的分析，风电场工程实施后，由于风机桩基础直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。

工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.16m/a，最大冲刷幅度为-0.12m/a。

根据以上分析，本项目所在海域的水文动力条件适宜建设海上风电场，风电场建成后对周边海域的水文动力环境影响较小，不会对论证范围内敏感目标造成明显影响。

根据 3.1.6 节的分析，本项目所在海域易受到热带气旋、风暴潮等海洋自然灾害的威胁，设计单位在设计时已考虑到相关自然灾害，建设单位应制定防范自然灾害的应急预案，并严格执行，在做好有关防范措施的前提下，可尽量减少本项目受到自然灾害的威胁和损失。

2、交通运输条件

本海上风电场位于揭阳市神泉镇南面海域。揭阳市位于广东省东南部，交通便利。根据本报告 2.3.2 的分析，本项目所在位置对外交通运输与场内交通均较便利，能满足本项目设备及施工机械的运输条件。

本工程项目所需的物资材料主要为水泥、钢材、油料、等，揭阳市的上述建筑材料的建材市场均具有较大规模，供应条件非常好，为本工程的施工提供了非常便利的条件。

7.1.1.3 风电场场址的地质情况

根据本报告第 3.1.3 节的分析，本工程已进行风电场工程地质勘察，勘察结论如下：

(1) 拟建工程场区近区域现代构造活动一般，区域地壳基本稳定，风电场场地、陆上集控中心与各断裂的距离符合《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016 年版)的要求，近区域地震活动水平较弱，适宜建设风电场。

(2)按《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)附录 E 中地震动峰值加速度调整系数表和表 1 场地基本地震动加速度反应谱特征周期调整表，建议风电场 50 年超越概率 10%的地震动峰值加速度按 0.12g 考虑，对应的地震基本烈度均为 VII 度，地震动加速度反应谱特征周期按 0.75s 考虑。

最终的地震动参数及场区地震烈度应以场地的地震安全性评价报告为准。

(3) 风电场位于揭阳市神泉镇南面海域，场址最近端距离陆岸约 22km，最远端距离陆岸约 31km，海域宽阔，附近未见岛屿、礁石分布。场区水深 33~40 m，水下地形较平缓，属冲海积地貌单元。风电场钻孔深度范围内主要为全新世海相、海陆过渡相和晚更新世海陆交互相沉积层(Q₄^m、Q₄^{m+al} 和 Q₃^{m+al})。

(4) 水质分析实验表明，风电场海水对混凝土结构具中等腐蚀性，腐蚀介质为 SO₄²⁻；对钢筋混凝土结构中钢筋在长期浸水环境下具微腐蚀性，在干湿交替环境下具中等腐蚀性，腐蚀介质为 Cl⁻；对钢结构具中等腐蚀性。地下水对建筑材料的腐蚀性可按海水考虑。

(5) 桩周层土对混凝土结构具弱腐蚀性，腐蚀介质为 SO₄²⁻；桩周土对钢筋混凝土结构中钢筋具中等腐蚀性，腐蚀介质为 Cl⁻；桩周各土层对钢结构具微腐蚀性，腐蚀介质为 pH 值。

(6) 风电场范围未见海底滑坡、海底崩塌等不良地质作用发育迹象及海底地震地质灾害问题。场区不良地质作用主要为软土震陷和砂土液化。

当场地发生地震烈度为 7 度以上的地震时，场地内的软土层可能发生震陷。进行基础设计时，应考虑软土震陷可能造成的危害，并应考虑软土固结、下沉对桩身会产生负摩阻力作用的不利影响。

当发生烈度为 7 度的地震时，场地风机地段 20m 深度内①₁层粉砂混淤泥及②₂层粉砂层会发生液化，其中粉砂混淤泥层液化等级为中等~严重，粉砂层液化等级为轻微。

(7) 按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 年版)对场地土的类型划分标准, 场地土一般可划分为 3 种类型, 即: 中硬土、中软土和软弱土。风电场地段场地类别划分为IV类, 属对建筑抗震不利地段。

(8) 风电场基础型式不宜采用天然地基。建议以第三大层晚更新统海陆交互沉积的可塑~硬塑状粉质黏土及密实状各等级砂土层(③~③₆)作为桩端持力层, 且应确保桩端进入持力层一定深度, 桩径及桩长需根据竖向及水平方向受力情况确定, 具体的桩基设计参数应以试桩报告为准。

(9) 若采用钢管桩时, 桩身需进入或穿越中密~密实砂土层, 沉桩阻力较大, 需要选择合适的沉桩设备和沉桩工艺。若采用灌注桩, 尚应采取合适的施工工艺, 严格控制成桩质量。

(10) 建议进行试沉(成)桩试验, 以获取相应的沉(成)桩参数。

(11) 设计应考虑海床冲刷对桩基础稳定的影响, 如加强桩基础防护或对桩长设计留有余地。

根据以上分析, 本工程在可行性研究阶段较为详细的查明了厂区的工程地质条件, 厂址区的地质条件可建设海上风电场, 但建议进行试沉(成)桩试验, 以获取相应的沉(成)桩参数, 设计时考虑冲淤余量; 选择合适的桩基础方案和施工方式。

7.1.1.4 风电场场址的周边环境制约因素

工程建成后将占用一定水域, 对现有的通航环境有了一定的改变, 对航行在该水域附近的船舶通航安全产生一定的影响; 在施工期间和运作阶段, 项目对通航安全的影响有几个方面: 影响海上交通、影响雷达和通讯, 和改变对搜救的回应措施。要消除或缓解其负面的影响, 只能加强水域安全管理, 制定一些相应的水上交通管理措施等。

风电场工程的建设对该水域的通航环境有一定的影响, 通过管理手段能够解决或缓解施工期间对通航环境的影响。风电场所有人或经营人应充分认识到通航环境和安全生产的关系, 投入必要的物力和配套设施, 与当地海事主管部门进行充分的联系和协调, 共同加强对拟建风电场附近水域的安全管理。在各方的共同努力下, 拟建风电场工程在施工期间和建成投产后, 不会对通航环境和过往船舶航行安全构成很大的妨碍。

7.1.1.5 风电场建设周边利益相关者可协调机制

本项目的协调责任部门为航道、海事主管部门，利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司、有关鲍鱼养殖场养殖户。

本项目已编制完成《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电场项目通航安全影响研究报告》并通过专家评审（评审意见见附件），评审主要结论显示“专家组认为，风电场场址和海缆路由基本合理，从通航安全方面考虑，通航安全影响风险总体可控，工程建设可行。”建设单位应严格执行“通航报告”提出的对策措施，严格执行有关专家和管理部门的意见。

建设单位应积极主动与 [REDACTED] 进行沟通协调，征求其意见，在施工时做好安全防护设施，尽量减少对有关码头和锚地工程的影响。

建设单位可在当地政府的组织下，与有关养殖户签订书面协议，对用海范围内的取排水管道进行拆迁和赔偿。

由此可见，本项目建设单位与各利益相关者之间的利益冲突均可以通过协调利益冲突来解决，建设单位应做好安全防范和应急预案，对用海利益冲突问题进行赔偿，并签署协调意见。

7.1.1.6 风电场用海与海洋功能区划的符合性

根据本报告 6.1 节的分析，本项目位于《广东省海洋功能区划》（2011-2020）中的前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区，项目西侧有神泉海洋保护区，东侧有前詹海洋保护区；位于《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）中的揭阳近海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区、前詹港口区，西侧有神泉海洋自然保护区和神泉增殖区，东侧有前詹海洋自然保护区和港寮湾增殖区。

本项目建设内容为海上风电场和海底电缆，需要占用一定的海域。项目建设期间会增加施工船舶，对海上交通产生短期的、一定的影响。但经过及时的协调，不会对海上交通产生重要影响。不会影响港口航运区的主导功能。不涉及围填海用海，没有炸岛等破坏性活动。项目建设和营运期间的环境污染和事故风险均较小，项目施工过程仅在局部海域内引发短期的悬浮物增加，会对海水水质、海洋生态环境和底栖生物产生一定的影响，但是随着工程结束，项目引起的环境影响

均消失。所以本项目只要严格落实环境保护要求，严格遵守《中华人民共和国海洋环境保护法》相关条例，也不会对附近海域的海洋功能区的主导功能发挥产生重要影响，也不会违反海洋功能区的环境保护要求。本项目是海洋能利用项目，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。

因此，本项目用海与《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）和《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）相符合。

7.1.1.7 与海洋生态红线的符合性

根据本报告 6.2 节的分析，本项目未直接占用生态红线区，附近海域主要有 4 个生态红线区：前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区、惠来县人工鱼礁重要渔业海域限制类红线区、珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区，均为限制类红线区。涉及到的自然岸线为港寮湾砂质岸线。本项目对海域内生态红线的影响主要有 3 点：1、风场及海底电缆施工造成的悬浮物扩散导致暂时水质下降，影响海域及海岸渔业活动及生态环境；2、施工对海上交通造成影响。这些影响短暂的，可修复的，施工结束后这些影响可得以消除。风场运营对生态红线区影响不大，符合《广东省海洋生态红线》的要求。

7.1.1.8 与海上风电场选址控制指标的符合性

根据《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），“海上风电项目用海必须符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划，优先选择在海洋功能区划中已明确兼容风电的功能区布置，一般不得占用港口航运区、海洋保护区或保留区等功能区；海洋功能区划中没有明确兼容风电功能的，应当严格科学论证与海洋功能区划的符合性，不得损害所在功能区的基本功能，避免对国防安全和海上交通安全等产生影响。

深入贯彻落实生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，科学选定风电建设区域。鼓励海上风电深水远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、

栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”

本项目海上风电场规划布局于“珠海-潮州近海农渔业区”，海域使用管理要求之一是“4. 经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；”本项目属于海洋能开发项目，能兼容于功能区。

本项目海上风电场距离大陆最近约 22km（见图 2.1.1-1 项目地理位置图），水深 33.4m~38.6m，场区平均水深约 35.9m（见图 3.1.4-1 风电场区水深示意图），离岸超过 10km，水深超过 10m。

根据第 3 章和第 4 章的分析，本项目海上风电场已避开各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域；根据第 6 章的分析，本项目海上风电场已避开生态红线区。本项目海上风电场的选址符合有关控制指标。

综上所述，本项目海上风电场选址区域风能资源丰富，建设条件良好，地质条件适宜，与周边环境的制约因素较小，与周边利益相关者有良好的可协调机制，符合海洋功能区划和海洋生态红线的管理要求，符合海上风电场选址控制指标，宏观选址合理。

7.1.2 微观选址

风电场微观选址是在宏观选址选定的小区域中确定工程位置。

7.1.2.1 220kV 海底电缆微观选址

本次调整，220kV 海底电缆微观选址未发生变化，选址仍然引用自《国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目 220kV 海缆预选路由选择依据说明材料（报批稿）》，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2018 年 6 月。

1、登陆点选址

经过前期选址和讨论，广东省海洋与渔业厅调研组推荐的前詹登陆点位于广东省揭阳市惠来县靖海镇前詹县大堆尾附近，坐标为 [REDACTED]。根据本项目实际情况，考虑到揭阳市海域范围内风电场统一在前詹登陆点岸段登陆，结合神泉一、神泉二、靖海、粤东近海深水场址一风电场规模及海缆建设回

数，项目组把西至 2017 年 11 月份踏勘登陆点、东至省厅调研组推荐登陆点之间的约 300m 岸段统一为揭阳市海域风电场项目登陆点岸段。本项目风电场位于神泉一、神泉二、粤东近海深水场址风电场群最东侧，为避免后续海缆登陆交叉，本项目海缆靠近登陆点岸段右侧登陆，见下图所示。省厅调研组指出，在推荐登陆点附近岸段，具体登陆点位置可由风电场企业根据实际情况自行选定。2018 年 5 月 3-4 日，项目组通过重新踏勘登陆岸段发现推荐登陆点向海一侧建设有鲍鱼养殖场取排水管，故神泉二登陆点向东南方向移 35m 左右，该处登陆岸滩稳定，无养殖场及其他建筑物，坐标为 [REDACTED]。

根据 2018 年 5 月 23-24 日专家审查意见，神泉一路由方案远离前詹电厂码头防波堤，向东侧移 200m 左右，为保证近岸段路由管廊宽度，神泉二登陆点东移 115m 至大堆尾东北侧，登陆段宽度约为 460m。移动后登陆点岸滩稳定，无取排水管，具体坐标为 [REDACTED]。

神泉二登陆点具体位于大堆尾岬角靠陆地一侧的西北部，所在位置周边目前为砂质岸线，岸滩宽度约为 30m 至 40m 左右，岸滩较为平滑，附近海域有零星的大型礁石分布，周边无植被分布。登陆点周边沿岸线分布有多处养殖场所，距离海边距离在 50m 左右，养殖对象为鲍鱼，海滩上分布有取水管道（埋深）和明排水渠，距离最近的养殖场位于登陆点西北侧约 15m。登陆点南侧直线距离约 50m 处的海湾夹角处有渔民小渔船临时停靠，登陆点西侧约 50m，旁边建设有两层的钢混结构房屋。登陆点距离北侧的县道 X106 直线距离约为 870m，有成型的土路与之连接，县道为双车道，路面为柏油马路，路况较好。目前在建前詹港电工程的内部场地多为废弃地，无大型施工机械。

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》揭阳神泉一海上风电场址与神泉二海上风电场址相邻，按照《海上风电开发建设管理办法》和《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》“风电场应集中布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源”。按照集约节约用海原则，神泉两个风电场和靖海一个风电场连接陆上集控中心的 220kV 海缆路由尽可能合并，以减少海域使用面积，实现集约节约用海。本项目登陆点选址充分考虑了粤东风电管廊带的需求，经过多次讨论和比选，现阶段选址位置有利于集约节约利用海域和海岸线资源，登陆点微观选址合理。

图 7.1.2-1 本项目 220kV 海底电缆登陆点选址情况示意图（略）

2、路由比选

推荐路由方案一介绍见本报告 2.2.1.2 节，比选方案二从神泉二海上升压站出发，避开风机间电缆正北方向延伸到达风电场址北侧二 AC2 拐点，接着避开疏浚物临时倾倒地西北方向延伸至前詹锚地左侧二 AC3 拐点，距离前詹锚地最近距离为 700m，随后向东北方向延伸至二 AC4 拐点，避开通用码头防波堤，转向西北方向延伸至二 AC5 拐点，避开大堆尾附近礁石，最后延伸到达登陆点。海洋功能区划上，该方案在近岸段穿越珠海-潮州近海农渔业区、前詹港口航运区。航道航路方面，近岸海域穿过中小型船舶航路。生态红线方面，路由穿越了穿越了 212 前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区，登陆点位于大陆自然岸线保有港寮湾段，避开了海岛自然岸线保护段，方案避开了前詹海洋保护区及靖海海洋保护区，未穿越已建管线、风景区、倾倒地等活动区域。

根据预选路由选择依据说明材料中对预选路由的比选结果，见表 7.1.2-1 和图 7.1.2-2。

图 7.1.2-2 预选路由方案一与方案二比选示意图（略）

根据表 7.1.2-1 综合对比预选路由方案一和方案二，方案一比方案二长 1.68km，经济成本稍高，但方案一与周边海上风电场输电电缆一起通过集中管廊带送出，更集约节约利用海域资源，减少排他性用海海域面积，更符合科学合理用海原则，而且方案二穿越了限制类生态红线区。因此，综合上述条件，海缆路由方案一优于方案二，推荐方案一为神泉二海上风电场 220kV 海缆调查勘测路由。

表 7.1.2-1 预选路由方案一与方案二比选分析表

比选方案 比选内容	方案一	方案二	结论
路由长度/拐点数	28.36km/7	26.68km /6	方案二较优
海洋生态红线区	避开生态红线区	穿越了 212 前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区	方案一较优
海洋保护区	方案一距离神泉海洋保护区约 5.7km，距离前詹海洋保护区约 4.2km	方案二距离神泉海洋保护区约 4.6km，距离前詹海洋保护区 5.2km	一致
倾倒地	距离倾倒地 700m	距离倾倒地 150m	方案一较优
集约节约用海	与周边海上风电场输电电缆一起通过集中管廊带送出，更集约节约利用海域资源，减少排他性用海海域面积	集约节约用海原则体现不足，造成排他性用海海域面积较大	方案一较优

7.1.2.2 海上升压站微观选址

本次调整，海上升压站平面布置及微观选址未发生变化。调整后采用 10 回 66kV 三芯海底电缆将风机发出的电量收集至海上升压站，在升压后，采用 2 回 220kV 三芯海底电缆将电送至陆上集控中心，最终接入陆上电网。

海上升压站作为海上风电场的核心之一，有如下布置要求：

1、从风电场电气接线角度考虑，海上升压站选址需考虑集电线路和 220kV 海缆综合距离最短、线损最小；

2、从海缆路由角度考虑，海上升压站需考虑航道、军事用海和水深等条件制约；

3、从海上升压站基础结构和施工角度考虑，海上升压站需设置在地层稳定、地质条件相对较好、海床相对稳定冲刷较小的海域，为节省基础工程量，水深不宜太深，为安装方便，水深不宜太浅；

4、从运维角度考虑，海上升压站位置应便于运维船只进入和靠泊。因此水深不宜过浅、流速不宜过大，并且海上升压站与运维船只码头和直升机机战之间应有可靠及距离较短的通航空间；海上升压站也应与海上风机之间保持一定的安全距离，尽可能减少运维船只碰撞风机的安全风险。

设计单位设计两个海上升压站选址方案（图 7.1.2-3）：

方案一：选择在场址中央的位置

方案二：选择在场址北侧靠陆地的位置

本项目风机布置第 4 排和第 5 排（从左到右），均位于风电场规划范围内，水深和地质条件基本一致，避开了有关航线，两排之间的垂直间距约 2.8km，有足够的空间保证运维船只的安全和施工安全，两个选址方案安全风险一致。

从集约节约用海角度考虑，相比方案二，方案一便于集电线路的连接，集电线路的总长度相对较低，但 220kV 海底电缆的长度相对增加，方案一的海底电缆用海面积更少。

综合考虑，海上升压站选择在场址中央的位置造价更省，用海面积更少，没有增加额外的运维安全和施工安全风险，选址方案更合理。

图 7.1.2-3 海上升压站选址方案比选（略）

7.1.2.3 风机及集电线路微观选址

风机及集电线路的微观选址与风机及集电线路的平面布置密切相关，具体内容见 7.2.1.1 节和 7.2.1.3 节。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 项目用海平面布置合理性分析

7.2.1.1 风电机组用海平面布置合理性

本次调整后，风机数量由 64 台 5.5MW 风机调整为 10 台 12MW 和 40 台 11MW 大容量风机，风机数量减少，风机平面布置发生变化。

1、布置原则

风电场通过每台风电机组把风能转化为电能，风经过风电机组转轮后速度下降并产生紊流，沿着下风向一定距离后才能消除前一台风电机组对风速的影响。海平面由于粗糙度小，风机的尾流扩散小，影响距离长，因此前排风机的对后排风机的尾流影响相对陆地大。

在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应根据风电场区域内风能资源条件和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

- 1) 首先应充分考虑规划使用海域的周边环境限制条件，协调与港口、航道、

油气管道等之间的关系。

2) 根据场区内风资源分布特点, 充分利用风电场盛行风向进行布置, 合理选择风电机组间距。

3) 布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响, 又要减小风电机组之间的海缆长度, 以降低配套工程投资和场内输变电损耗。

4) 对不同的布置方案, 要按整个风电场发电量最大, 兼顾各单机发电量的原则进行优化。

5) 为了便于施工、运行维护和降低工程投资, 同一风电场内的同期工程, 尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。

6) 现阶段风机布置主要从发电效益角度出发, 充分利用风能资源, 且不用海和环保冲突。

7) 考虑到规划海域的风资源情况、风机间相互影响和尾流损失, 本次调整后 50 台风机分 8 列布置。风机总体布置为不规则多边形, 风机与主导风向呈 45 度夹角, 阵列行距在 10~14 倍叶轮直径, 行内间距约为 3 倍叶轮直径, 风电场整体尾流损失不超 12%, 单机尾流损失不超过 16%。

2、平面布置方案对比

(1) 调整前风机平面布置方案

调整前, 在规划场区共布置 64 台 5.5MW 风机。风机布置时按平行主导风向 10~13 倍叶轮直径, 垂直主导风向 3~6 倍叶轮直径的范围进行试算 (后排风机间距可按海域情况加大), 并适当进行角度的偏转, 调整个别风机点位。调整前风机平面布置方案见下图所示。



图 7.2.1-1 调整前海上风机平面布置方案示意图 (略)

(2) 本次调整后风机平面布置方案

考虑到规划海域的风资源情况、风机间相互影响和尾流损失, 本次调整后 50 台风机分 8 列布置。风机总体布置为不规则多边形, 风机与主导风向呈 45 度夹角, 阵列行距在 10~14 倍叶轮直径, 行内间距约为 3 倍叶轮直径, 风电场整体

尾流损失不超 12%，单机尾流损失不超过 16%。调整后风机平面布置方案见下图所示。

图 7.2.1-2 调整后海上风机平面布置方案示意图（略）

（3）方案对比

随着海上风电装备技术革新与进步、施工技术的优化与调整和海上风电管理政策的变化，大功率海上风机已成为海上风电装机未来主流机型。为适应风电平价的政策要求，经广东省能源局同意，建设单位拟将该项目总装机容量由 350MW 扩增至 560MW。

本项目风电场规划海域面积约为 56.1 km²，调整后规划容量由 350MW 变为 560MW，每 10 万 kW 的用海面积由 16.03km² 变为 10.02 km²。

从经济、技术和用海情况对调整前后的风机排布方案进行比选，见表 7.2.1-1。本次调整后，虽然总投资增加，但能充分利用海域的空间资源和风能资源，适应风电平价上网政策要求，产生更大的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海。因此，从集约节约用海、发电效益、从经济收益的角度考虑，本次调整后的风机机组用海平面布置方式更优，平面布置方式更合理。

表 7.2.1-1 调整前后风机排布方案比选（略）

7.2.1.2 海上升压站平面布置合理性

本次调整后，海上升压站平面布置方案和位置未发生变化。

海上升压站分上部结构和下部基础。下部基础的平面布置方案考虑到波浪的影响，上部结构的平面布置方案考虑到风向的影响。

根据 3.1.2 节的分析，本项目风电场所在海域波浪主要来自于 NE~ESE 方向，共占到 56.54%，常浪向为 E 向，频率为 18.06%；次常浪向为 ENE 及 NE，频率分别为 15.63% 及 12.25%；强浪向来自于 ENE 和 ESE 向。因此，下部基础桩四桩导管架采取平行主浪向和主方向的布置方式。

根据 3.3.6 节的分析,风能密度方向分布和风向频率分布具有很好的一致性。各层风能密度均主要集中在 NE~ENE 方向,频率在 85%左右,在 SSW~SW~WSW 扇区的风能方向频率约 5%~10%。因此,上部结构采取错开主风向的布置方式。

本项目海上升压站的平面布置方式能尽量减少下部基础受波浪冲刷的影响和上部结构受风能冲击的影响,平面布置方式合理。

7.2.1.3 集电线路平面布置合理性

本次调整后,风电场装机容量、风机机型及排布均发生变化,集电线路相应发生变化,由 16 回 35kV 海底电缆调整后 10 回 66kV 海底电缆。

在风力发电机组及海上升压站位置确定的情况下,集电系统平面布置方案主要考虑拓扑布局形式。在拓扑布局上,主要有链形,环形,星形三种形式。由于链形布局投资少,结构简单,能够满足可靠性要求,在国内外工程中应用最多。在本工程中推荐此方案。

调整前的集电线路布置方案见图 7.2.1-3;调整后的集电线路布置方案见图 7.2.1-4。

调整前,集电海底电缆采用 35kV 三芯电缆,根据风电机组布置及考虑每条 35kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡和 35kV 海缆的材质特点,每回路布设 4 台风机。风电场共设置 16 回 35kV 集电海底电缆,海上部分总长度约为 119.10 km,总用海面积 219.3881 公顷。

调整后,集电海底电缆采用 66kV 三芯电缆,根据风电机组布置及考虑每条 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡和 66kV 海缆的材质特点,每回路布设 5 台风机。风电场共设置 10 回 66kV 集电海底电缆,海上部分总长度约为 111.95 km,总用海面积 211.2199 公顷。

图 7.2.1-3 调整前的集电线路布置方案(略)

图 7.2.1-4 调整后的集电线路布置方案(略)

调整后的集电线路平面布置方案满足项目建设需求,海底电缆的长度和用海面积均减少,施工范围相应变少,调整后的集电线路平面布置方案合理。

7.2.1.4 220kV 主海缆平面布置合理性

本次调整后,项目 220kV 主海缆平面布置及选址未发生变化。

本报告在 220kV 主海缆微观选址方案已确定的基础上讨论其平面布置合理性。

本工程为两回三芯 220kV 海底电缆，初步布置方案为两回电缆平行布置，每回电缆之间间隔 50m 的安全距离。推荐布置方案见图 2.2.1-2，根据水深确定电缆之间的安全距离。

因升压站附近 220kV 电缆与集电线路重叠范围变化，220kV 海底电缆送出工程用海面积略有变化，由调整前的 198.2749 公顷变为 198.2778 公顷，增加 0.0029 公顷。

根据《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）第 3.2.9 节“平行敷设的海底电缆应避免交叉重叠，电缆间距不宜小于该处最大水深的 1.2 倍，登陆段间距可适当缩小，但应满足电缆载流量和保护的要求”，根据《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB 50168-2006）第 5.5.4 条“水底电缆平行敷设时的间距不宜小于最高水位水深的 2 倍；当埋入河床（海底）以下时，其间距按埋设方式或埋设机的工作活动能力确定。”

220kV 海底电缆推荐布置方案充分考虑到了区域的水深环境和施工方式的要求，符合《海底电力电缆输电工程设计规范》（GB/T 51190-2016）和《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（GB 50168-2006）的规定，其用海总面积 198.2778 公顷，略小于初步布置方案，

对比两种结构形式，推荐方案 220kV 海底电缆的用海总面积相对较小，项目施工对资源环境的影响相对更小。因此，充分考虑到规范符合性和施工机械的工作活动能力，从集约节约用海角度考虑，220kV 主海缆推荐方案平面布置更合理。

7.2.1.5 小结

综上所述，调整后的项目风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 主海缆经过了充分设计和多次优化，能充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最大的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆经过优化后，提高了项目的用海合理性；海上升压站布置位置能尽量减少 220kV 主海缆的用海面积，线损较小，利于施工，便于维护。因此，现阶段，本报告书认为调整后的项目用海平面布置方案合理。

7.2.2 项目用海方式合理性分析

本次调整后，项目用海方式未发生变化。本项目主要水工建筑物是风机基础、海底电缆和海上升压站，用海方式分别为透水构筑物 and 海底电缆管道。

7.2.2.1 风机用海方式合理性分析

根据风电场的岩土工程勘察报告，推荐本风电场选择的风机基础为桩基础结构方案，推荐采用四桩导管架基础，用海方式属于透水构筑物。

风机为高耸构筑物，重心高，需承受来着各方向重复荷载和大偏心受力，承受的水平风力和倾覆弯矩较大，对基础不均匀沉降要求较高。根据本项目的岩土工程勘察报告，场地表层分布有全新统海相沉积的流塑淤泥质土（①₂）和松散粉砂混淤泥（①₁）等软弱土层，分布连续，厚度大，强度低。而风机为高耸构筑物，重心高，需承受来着各方向重复荷载和大偏心受力，承受的水平风力和倾覆弯矩较大，对基础不均匀沉降要求较高，上部土层的承载力和变形均不能满足结构上的要求，故不宜采用天然地基，而桩基础具有承载力高，沉降小且均匀、抗震性能好等特点，能够较好的承受水平荷载、上拔力及由风机产生的振动或动力作用，故建议风机采用桩基础，以第三大层晚更新统海陆交互沉积的可塑~硬塑状粉质黏土及密实状各等级砂土层（③~③₆）作为桩端持力层。

从结构、施工、防腐蚀、工程量等因素综合考虑，对风机基础采用高桩承台基础、水下三桩基础、水上三桩基础、四桩导管架方案进行了计算分析。各方案均能满足风机基础结构受力、变形、稳定及刚度要求，从技术角度这五种基础型式上均可行，从施工难度、施工周期、工程量等角度分析各有优势。高桩承台基础在国内东海大桥风电场已有应用，工艺成熟、可靠，风险较小且施工难度小、工期基本可以控制，但是考虑到水深较深，且目前的钻孔地质条件并不理想，导致高桩承台计算分析后方案的工程量太大；水上三桩基础国内没有实施，国外已有成熟的施工技术，但风险较大，施工难度一般、施工工期基本可以控制，计算后的工程量也并不经济；水下三桩基础在国内已有实际工程经验，但风险仍较高，施工难度较大、施工工期可控性较差；四桩导管架基础国内在珠海桂山海上风电工程中应用，国外的应用情况也日渐增多，在本风场水深较深的情况下该结构能提供较好的刚度和受力模式，工程量与其他基础型式相比更小。综合比较，本阶

段暂以结构刚度好、工程量适中的**四桩导管架基础**为代表进行基础设计，下阶段将根据招标后确定的风电机组的设备参数、施工单位的施工设备、施工能力和特长，结合风电场场址实际条件，进行综合经济技术比较，确定最经济、合理的风机基础型式。

综合本区域地层变化较大特点以及设计、施工、造价三方面分析，本报告推荐四桩导管架基础作为推荐方案，用海方式为透水构筑物用海，用海方式是合理的。

7.2.2.2 电缆管道用海方式合理性分析

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的集电线路海底电缆和海上升压站与陆上集控中心之间的 220kV 海底电缆。工程海域海床表层土为沉积淤泥土，登陆部分为海涂和浅滩，推荐的海缆敷设方式为直埋方式，相比架空电缆的方式，电缆埋设于海床以下对海洋资源环境及开发现状的影响更小。

从海底电缆的建设特征和用途考虑，其用海方式为海底电缆管道用海是合理的。

7.2.2.3 升压站用海方式合理性分析

结合风电场区的地质条件，本风电场推荐的海上升压站基础为四桩导管架基础，用海方式属于透水构筑物。

海上升压站结构上部平台为三层，层高为 5m，主体结构为钢框架，主要由四根主腿杆，竖向及斜向支撑，平台主、次梁组成。根据现阶段项目所在场地的地质条件，结合基础结构特点，通过表 7.2.2-1 的方案比较，考虑海上升压站的重要性，为了保证其安全，下部基础结构初步选用四桩导管架结构；从结构设计的角度，导管架基础方案刚度大，结构超静定次数高，一般可以不用做抛石等防冲刷措施，同类工程施工案例较多，风险较低。考虑到该区域表面土层变异性较大，为保证海上升压站结构安全，本阶段推荐采用刚度较大的四桩导管架基础海上升压站方案，用海方式为透水构筑物用海，用海方式是合理的。

表 7.2.2-1 海上升压站下部基础结构方案比较

层数	优势	劣势
单桩	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本较低； 2. 国外已有成熟的案例以及设计方法； 3. 对海床变化不敏感； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电缆及电缆 J 形护管拥挤； 2. 过渡段灌浆时的临时稳定性可能是一个问题； 3. 对甲板偏心（例如：变压器等大

	<ol style="list-style-type: none"> 4. 安装便捷，建造简单； 5. 运输需求空间最低； 6. 单桩内部空间可作为油储罐等容器。 	<ol style="list-style-type: none"> 型设备更替、外挑直升机甲板等）的适应性较差； 4. 结构刚度低、环境力作用下产生侧向位移较大，运行期间产生的加速度可能会影响电气设备的正常运转。
四桩导管架	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电缆接入较为便捷； 2. 平台登入更方便； 3. 对荷载偏心具有更强的适应性； 4. 保证未来平台运行的灵活性（可新增、更替大型设备）； 5. 结构冗余度较高。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 同单桩结构比较，建造复杂； 2. 增加了安装时间及成本； 3. 海床变化及打桩前临时稳定性可能是个问题； 4. 低潮时桩靴是潜在的风险（若有桩靴）； 5. 由于构件尺寸缩小，更易受损；

7.3 用海面积合理性分析

本次调整后，本项目海域部分共建设 50 台风机、1 座海上升压站，10 回 66kV 集电海底电缆、2 回 220kV 连陆海底电缆。装机总容量为 560MW，项目申请总用海面积为 494.6086 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2778 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷。海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28 米，涉及新修测海岸线长度约 17 米，风机外包络线占海面积 55.79km²。项目风机基础结构防腐蚀设计按 27 年考虑，风机的设计服务年限为 25 年，总工期计划为 22 个月，申请的用海期限为 27 年。

7.3.1 项目用海面积量算和分析

国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目风电场场址位于揭阳市惠来县南部海域。本次调整后，共规划 40 台 11MW 海上风机和 10 台 12MW 海上风机，装机容量 560MW。根据海籍调查规范 5.4.2.5 电力工业用海——f) 海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；g) 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。

(1) 风机基础

根据《海籍调查规范》计算单个风机基础的用海面积，风电机组用海面积为所有风电机组塔架占用海域面积之和。

本项目风电机组基础为四桩导管架基础方案，两种型号风机桩基础结构一致。基础塔筒与导管架四桩腿间由 4 根变截面钢管连接，四根桩按正方形布置，桩与桩之间的中心点距 30m，平均桩径 3.0m。塔架中心点至塔架基础最外缘点的距离 22.7m，以外扩 50m 后的距离，即 72.7 为半径的圆即为单个风机基础的申请用海范围，单个风机基础用海面积为 $\pi \times 72.7\text{m} \times 72.7\text{m} = 1.6604$ 公顷，50 台风力发电机组的总基础用海面积是 83.0200 公顷。风机用海范围界定示意图如下。

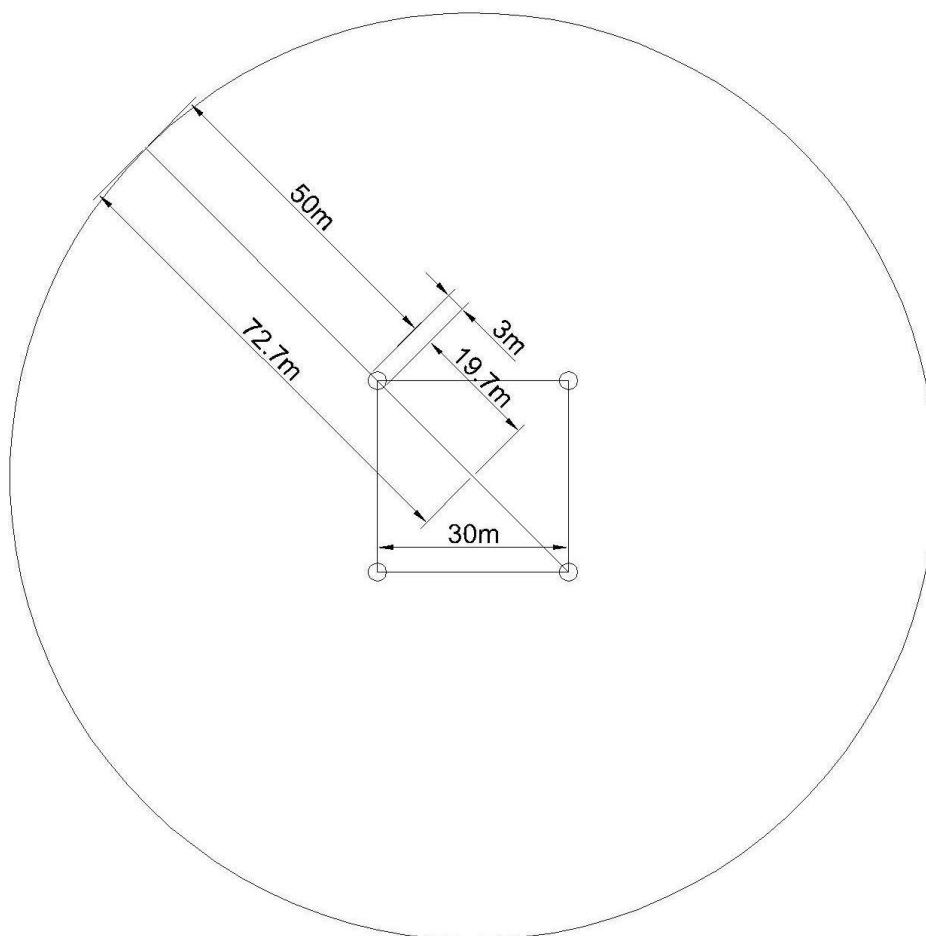


图 7.3.1-1 风机用海范围界定示意图

(2) 集电线路

根据海籍调查规范，海上风力发电使用的海底电缆用海面积按照电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 计算，因此集电线路用海面积与风机基础用海面积有部分重叠，因风机基础为透水构筑物，海域使用收费标准高，所以集电线路用海面积中应去除和风机基础重叠部分。本项目集电线路采用单根三芯的海底电缆，根据 2.2.2.4 节介绍，电缆自身直径取 20cm，根据规范要求，电缆用海以边界两边外扩 10m 为限，所以集电线路用海通道宽度约为 20.20m；用海面积按照电缆管道

外缘线向两侧外扩 10m 计算，集电线路申请用海面积为 211.2199 公顷。

集电线路海底电缆用海范围界定

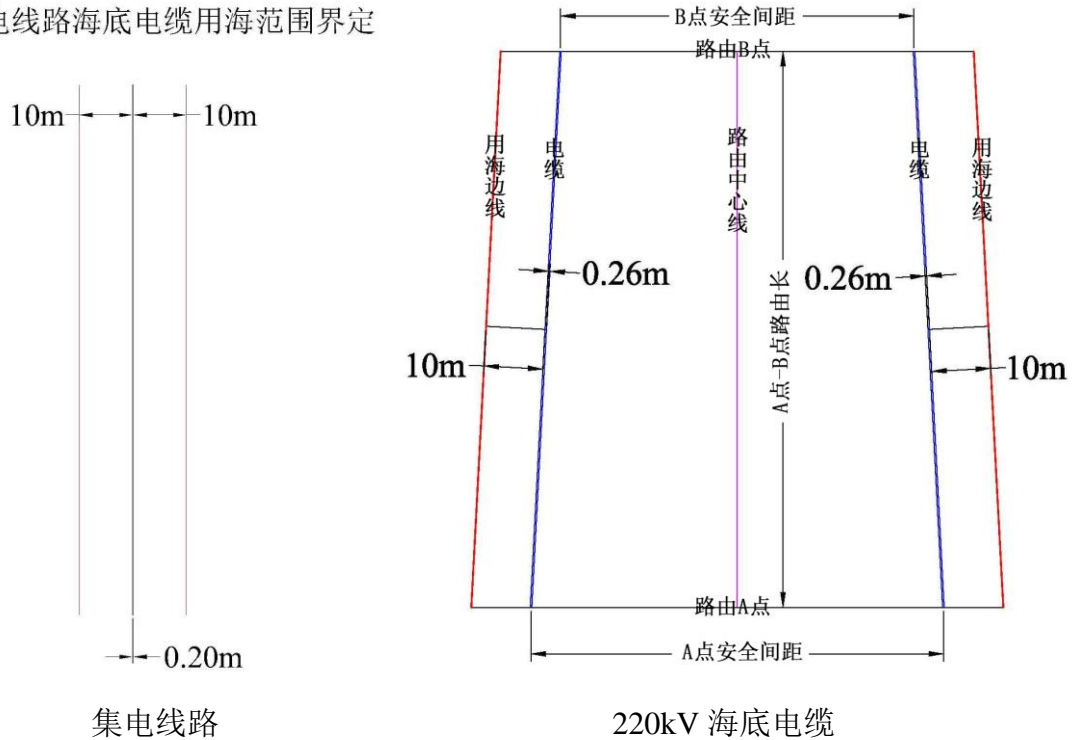


图 7.3.1-2 海底电缆用海范围界定示意图

(3) 220kV 主海缆

本项目 220kV 海底电缆是连陆主海缆，根据设计要求，采用两回三芯的海底电缆连陆，电缆自身宽度 26cm，根据水深确定两回电缆间的安全距离，在登陆和送出时两根海缆逐渐集中共用一个登陆点和一个送出点。根据规范要求，电缆用海以边界两边外扩 10m 为限，由于海缆之间的间距范围内已限制其它项目使用，造成实际用海，本次一并申请，示意图见图 7.3.1-2；在电缆登陆段，有部分区域与国家电投揭阳靖海 150MW 海上风电项目登陆段电缆重叠，本项目申请用海范围扣除重叠部分，见图 7.3.1-3。最后得出 220kV 海底电缆用海总面积为 198.2778 公顷。

图 7.3.1-3 海底电缆用海范围界定示意图（略）

(4) 海上升压站

本项目海上升压站采用四桩导管架结构，根据设计要求，海上升压站采用整体式布置，分上部结构和下部结构，上部结构共三层，根据本报告 2.2.2.2 节的介绍，上部结构最大投影尺寸为 45 m×44.2 m，具体见图 2.2.2-4~2.2.2-8。

下部结构为四桩基础，桩直径 2.4m，桩中心距为 37.2m，为正方形结构布置，正方形边长 39.6m，因此，下部结构的投影尺寸为 39.6m×39.6m，具体见图 2.2.2-9。对比上部结构和下部结构，上部结构的投影尺寸更大，因此以上部结构的投影尺寸为 45 m×44.2 m 为海上升压站垂直投影的外缘线。

根据《海籍调查规范》5.3.2.3“透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界。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 的保护距离为界。”

由于海上升压站为高压带电设施，其安全防护要求较高，以外扩 50m 的保护距离为界，因此，海上升压站占海面积为 2.0909 公顷。

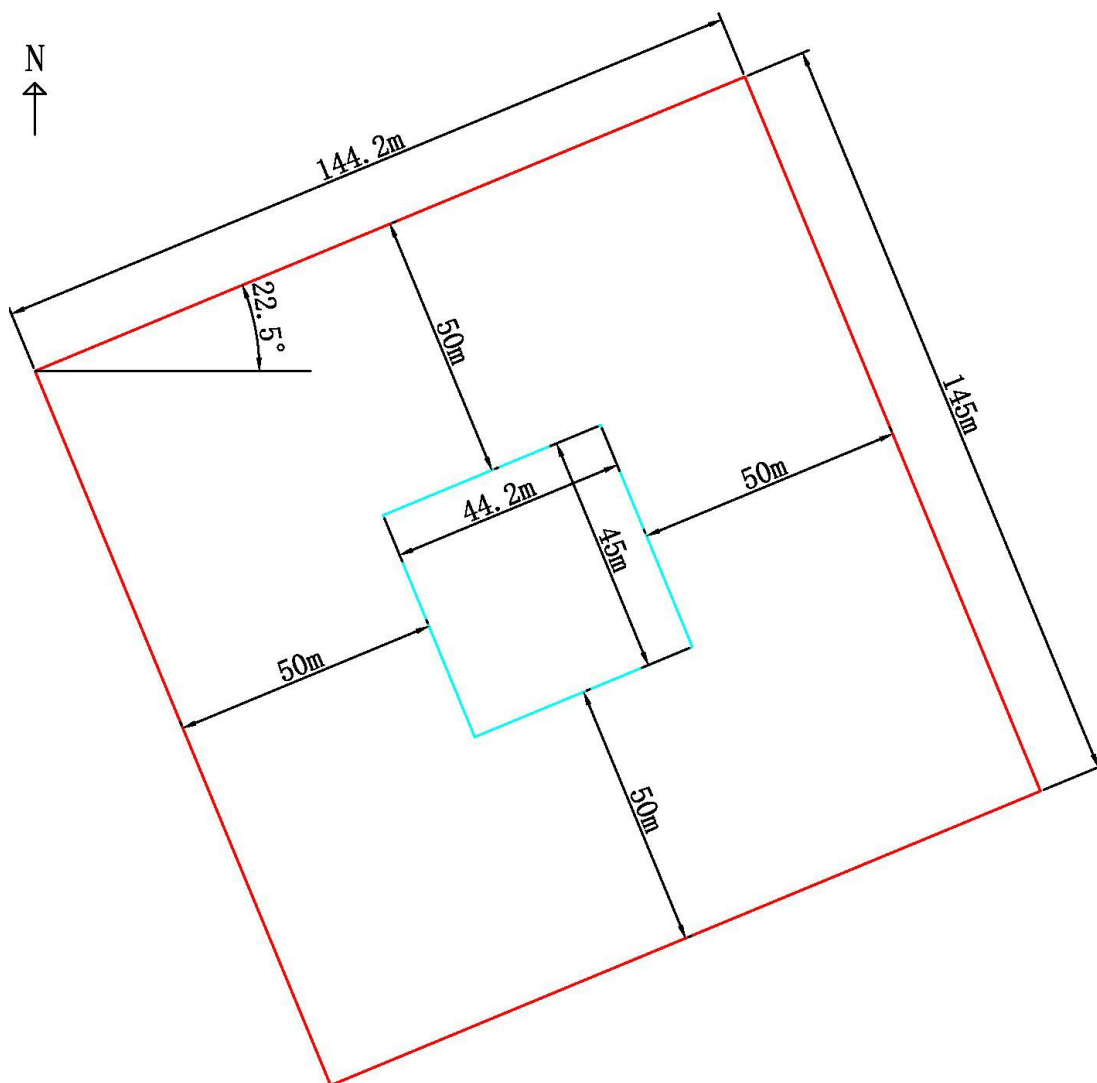


图 7.3.1-3 海上升压站用海范围界定示意图

本项目申请总用海面积为 494.6086 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面

积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2778 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷。

7.3.2 宗海图绘制

本项目宗海图根据《宗海图编绘技术规范》（国家海洋局，HY/T251-2018）绘制，采用 CGCS2000 坐标系，高程基准为 1985 国家高程基准，深度基准为当地理论最低潮面，高斯-克吕格投影，中央经线 116.5 E。

宗海位置图是以中国人民解放军海军司令部航海保证部和中国航海图书出版社发行的 15100 汕头港至碣石湾为底图绘制，宗海界址图是以广东省基础地理矢量数据经符号化成图作为底图绘制，使用岸线为广东省公布岸线。

宗海图位置图和宗海界址图均在 ACRGIS 中绘制成图，用海面积的量算在选定的坐标系统下，采用 ACRGIS 直接量算。

登陆点海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m，为界址点 64-65-66 的连线，界址点 51-52-53-54-51 连成的线为海上升压站界址线。集电线路的界址点为集电线路与风机用海范围的相接点，具体界址线见宗海图。

本工程宗海图见下图，界址点坐标列表见表 7.3.2-1~表 7.3.2-6，界址线列表见表 7.3.2-7。用海面积量算符合规范，量算准确。

表 7.3.2-1 风机中心坐标（略）

表 7.3.2-3 海上升压站坐标（略）

表 7.3.2-4 220kV 海底电缆界址点坐标（略）

表 7.3.2-5 集电线路海底电缆界址点坐标（略）

表 7.3.2-7 界址线列表（略）

7.3.3 项目用海面积合理性分析

(1) 项目用海面积符合项目用海需求

本项目属于海上风电建设项目，项目的建设符合规划。项目用海类型为工业用海-电力工业用海，用海方式有构筑物用海-透水构筑物用海（其他透水构筑物用海）、其他用海方式-海底电缆管道用海（海底电（光）缆）。考虑工程需求，同时也要按照《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）和《宗海图编绘技术规范》（国家海洋局，HY/T251-2018）来确定其用海范围。

本工程用海面积是在建设单位提供的工程可行性研究报告基础上根据规范确定，用海面积能满足本工程的建设需求。

(2) 项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范

本工程在工程可行性研究阶段，设计是严格根据《海上风电场工程可行性研究报告编制规程》（BN/T 31032-2012）、《风电场接入电力系统技术规定》（GB/T19963-2011）、《大型风电场并网设计技术规范》（NB/T31003-2011）、《风力发电场设计技术规范》（DL/T 5383-2007）、《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222-2005）、《电力工程电缆设计规范》（GB 50217-2007）、《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB/T 50064-2014）、《交流电气装置的接地》（GB/T 50065-2011）、《220kV~750kV 变电站设计技术规程》（DL/T 5218-2012）、《变电站总布置设计技术规程》（DL/T 5056-2007）、《220kV~500kV 变电所所用设计技术规程》（DL/T 5155-2002）、《风电场工程等级划分及设计安全标准》（FD002-2007）、《风电机组地基基础设计规定(试行)》（FD 003-2007）、《港口工程荷载规范》（JTS 144-1-2010）、《港口工程桩基规范》（JTS 167-4-2012）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）、《浅海钢质固定平台结构与建造技术规范》（SY-T4094-2012）、《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》（NB/T 31006-2011）等现行有关行业标准，确定了各项技术指标的。设计中同时考虑国家通用规范、行业规范对本工程进行论证分析，确保结构安全、经济、适用并满足安全性、抗灾害性等要求。因此项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范。

(3) 项目用海面积界定与平面布置方案一致

本项目用海面积与风机、海上升压站、66kV 海底电缆和 220kV 海底电缆的平面布置方式密切相关。

风机平面布置是决定海域使用面积大小的一个主要因素，风机行内间距和行间距与发电量、尾流影响、建设成本密切相关。布置风机的关键是根据工程区域的特点，确定各行和行内各风机的合理间距，并把尾流影响控制在合理的范围内。根据风电机组布置优化的分析，风电机组的布设合理，风机基础的选择根据海底工程地质特征选择四桩导管架形式。风机用海面积按照有关规范量算，因此，风电机组的用海面积合理。

风机间集电海底电缆采用 66kV 三芯电缆，根据风电机组布置及考虑每个 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡。风电场共设置 10 回 66kV 集电海底电缆风机集电线路，电压等级为 66kV，采用链形拓扑结构，每条电缆连接 5 台风机。统筹考虑了本项目及后期的其他风电场工程，送出线路采用 2 回三芯 220kV 送出海底电缆。初步判断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。海底电缆设计综合考虑风电场的功能、布设及周边环境、功能区种种因素，电缆设计合理。海底电缆的面积量算根据海籍调查规范进行，并按照海域使用金管理要求，减去与风电机组的用海面积重叠部分。由此可见，海底电缆的用海面积合理。

海上升压站的设计综合考虑了风电场的发电效益、风机布设优化方案、海底地形地质特征等因素，采用四桩导管架基础，设计合理。面积量算按照海籍调查规范执行。面积量算正确。因此，海上升压站的用海面积合理。

综上所述，本项目的海上风机基础、海上升压站、66kV 海底电缆和 220kV 海底电缆的用海面积合理。

7.3.4 减少用海面积的可能性分析

本项目的设计在满足风电工程尾流控制 and 安全性等需求的基础上，已经按照集约节约用海的原则，并以尽可能在风电场规划范围内充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最大的发电效益，对本项目的平面布置做了多次优化；同时，考虑到本工程周边海域航道、锚地、保护区等开发利用现状的用海需求，设计单位对本项目的平面布置做了优化（见报告书第 7.2 节）。因此现阶段，不存在减少用海面积的可行性。

7.3.5 是否符合相关用海控制指标要求

根据《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），海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。以风电场最外围风机用海范围的外切线连线作为本项目风电场外缘线包络海域范围，示意图 7.3.5-1，调整后，本项目风电场总容量 56 万千瓦，风电场外缘线包络海域总面积约 55.79 平方公里，每 10 万千瓦的外缘线包络面积为 9.96 平方公里（<16 平方公里），符合国家海洋局规定的用海控制要求。

本项目风电场场址区域的水深均大于 10 米，风电场场址离大陆海岸线的最近距离约 22 公里>10 公里，符合“原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10m 的海域布局”的规定。

本项目风电场场址及周边 10 公里范围海域内没有海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区，风电场场址不属于重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地，不涉及鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，未占用海洋生态红线区。

图 7.3.5-1 本项目风电场外缘线包络海域范围示意图（略）

7.3.6 是否符合岸线管控指标的要求

根据《广东省海洋生态红线》（2016-2020），广东省的大陆自然岸线保有率为 35.15%，包括砂质岸线、粉砂淤泥质岸线、基岩岸线、生物岸线、河口岸线 5 个类型。

大陆自然岸线的管控措施如下：维持岸线自然属性，禁止实施可能改变大陆自然岸线（滩）生态功能的开发建设活动，严禁占用岸线进行围填海、禁止非法侵占岸线和采挖海砂。针对部分可以修复为自然岸线的受损岸段实施整治修复工程，逐步恢复自然形态或进行海岸线的自然生态化改造，使其恢复自然岸线（滩）生态功能。需要利用自然岸线进行渔业基础设施、交通、能源、海底管线、旅游

娱乐等公益或公共基础设施工程建设的,在符合海洋功能区划和海洋环境保护规划情况下,要经科学论证和环境影响评价,经有权机关审批后实施。

本项目海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28 米(涉及新修测海岸线长度约 17 米),岸线位于登陆点及其两侧,根据《广东省大陆自然岸线保有登记表》,项目涉及岸线属于港寮湾砂质岸线。该段岸线总长度 15542m,含砂质岸线 12162m,基岩岸线 3380m。生态保护目标为:自然岸线及潮滩。其管控措施为:维持岸线自然属性,向海一侧 3.5 海里内禁止采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动,保持自然岸线形态,保护岸线原有生态功能,加强对受损自然岸线的整治与修复。

本项目涉及的海岸线是 220kV 海底电缆登陆时涉及部分海域自然岸线,全部为砂质岸线,岸线长度为 28m(涉及新修测海岸线长度约 17 米),实际使用岸线仅为电缆登陆的宽度,其余部分为电缆两侧各外扩 10m 的距离。本项目海底电缆登陆时将位于此处沙滩面以下,不改变岸线的自然属性,并按照规定设立显著标志,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沙滩。本项目 220kV 海底电缆登陆时推荐采用定向钻的施工方式,该施工方式正常施工时不会对海岸线造成破坏,亦不会破坏登陆点处的岸线形态;项目在正常运营期不会破坏此处岸线的地形结构,也不会破坏此处岸线的自然风貌,符合节约利用岸线资源原则。因此工程用海占用岸线是合理的,符合岸线管控指标。

7.4 用海期限合理性分析

本次调整后,项目申请用海期限 27 年不变。本项目基础设计防腐安全时间为 27 年,风机基础的安全工作年限为 25 年,总工期计划为 22 个月。因此,本项目申请用海期限为 27 年。

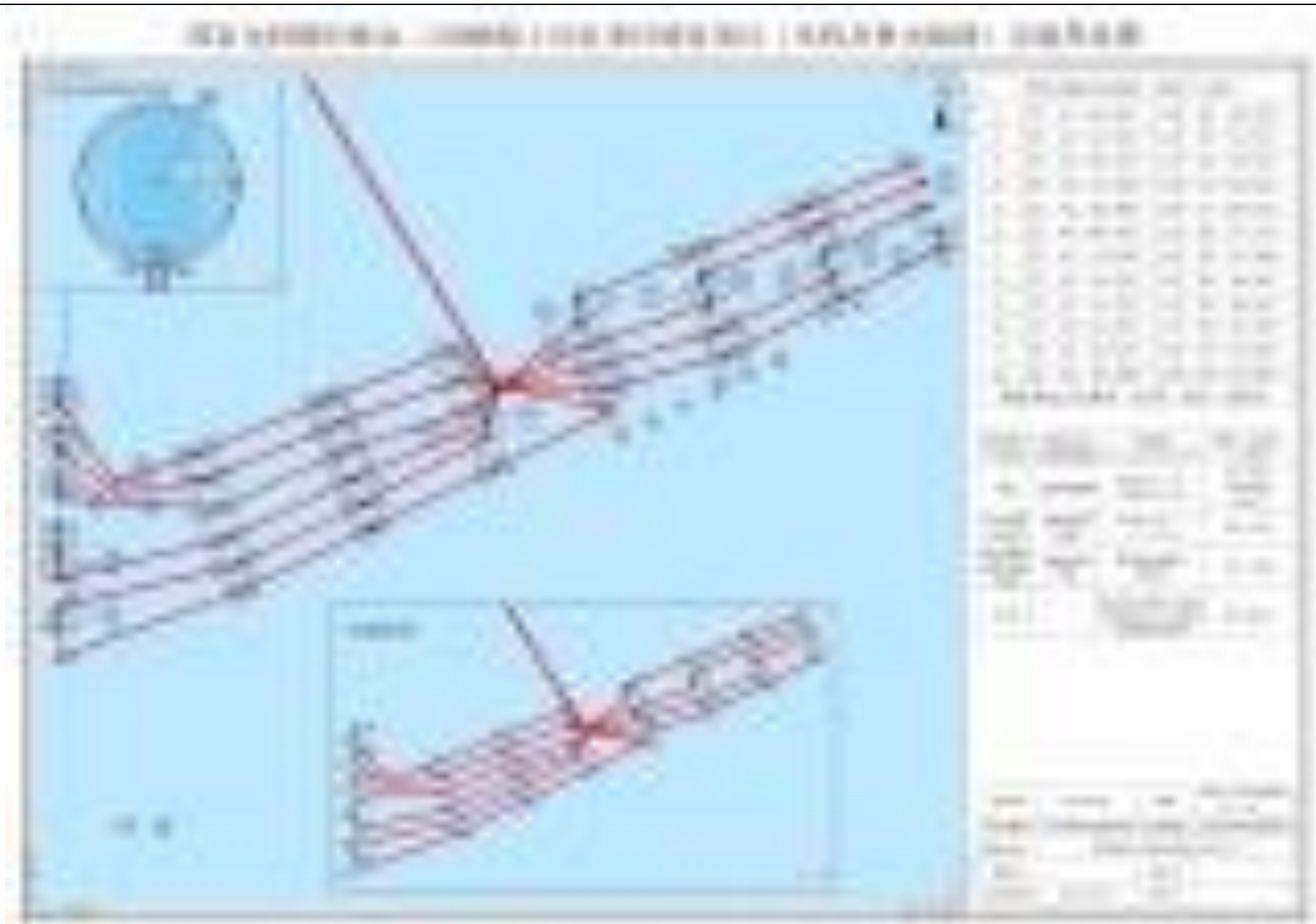
本项目用海属于《中华人民共和国海域使用管理法》中的建设工程用海,根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定,建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定,其中港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

结合国家对项目用海年限的规定,国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目拟申请使用海域 27 年,符合《中华人民共和国海域使用管理法》的

规定。期满后，如有需要可按照有关规定再行申请续期。

因此，调整后的项目用海期限是合理的。







附件 1 海域使用论证报告书附表 1 海域使用论证报告书附表 1

序号	名称	位置	面积	用途	备注
1	风电场	神泉二海上风电场	1000000	风电	
2	升压站	神泉二海上风电场	100000	风电	
3	集电线路	神泉二海上风电场	100000	风电	
4	运维平台	神泉二海上风电场	100000	风电	
5	施工平台	神泉二海上风电场	100000	风电	
6	锚碇	神泉二海上风电场	100000	风电	
7	海底电缆	神泉二海上风电场	100000	风电	
8	其他	神泉二海上风电场	100000	风电	

附件 2 海域使用论证报告书附表 2 海域使用论证报告书附表 2

序号	名称	位置	面积	用途	备注
1	风电场	神泉二海上风电场	1000000	风电	
2	升压站	神泉二海上风电场	100000	风电	
3	集电线路	神泉二海上风电场	100000	风电	
4	运维平台	神泉二海上风电场	100000	风电	
5	施工平台	神泉二海上风电场	100000	风电	
6	锚碇	神泉二海上风电场	100000	风电	
7	海底电缆	神泉二海上风电场	100000	风电	
8	其他	神泉二海上风电场	100000	风电	

附件 1 海域使用论证报告书附表

序号	名称	位置	用途	期限	备注
1	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
2	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
3	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
4	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
5	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
6	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
7	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
8	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
9	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
10	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
11	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
12	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
13	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
14	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
15	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
16	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
17	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
18	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
19	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
20	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
21	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
22	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
23	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
24	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
25	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
26	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
27	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
28	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
29	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
30	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
31	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
32	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
33	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
34	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
35	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
36	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
37	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
38	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
39	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
40	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
41	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
42	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
43	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
44	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
45	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
46	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
47	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
48	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
49	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	
50	风电场	揭阳市神泉镇神泉港	发电	20年	

8 海域使用对策措施分析

8.1 区划实施对策措施

8.1.1 海洋功能区划管理

《中华人民共和国海域使用管理法》第四条规定：“国家实行海洋功能区划制度。海域使用必须符合海洋功能区划。”第十五条规定：“养殖、盐业、交通、旅游等行业规划涉及海域使用的，应当符合海洋功能区划。沿海土地利用总体规划、城市规划、港口规划涉及海域使用的，应当与海洋功能区划相衔接。

根据《广东省海洋功能区划》（2011-2020年），本项目所在的海洋功能区为田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区、前詹港口航运区，项目周边的海洋功能区有惠来南部工业与城镇用海区、神泉海洋保护区、前詹海洋保护区、靖海港口航运区、神泉特殊利用区，主要功能为农渔业、工业与城镇用海、港口航运、海洋保护等。根据《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020年），项目所在海域所属的海洋功能区为揭阳近海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区和前詹港口区，周边的海洋功能区有神泉海洋自然保护区、前詹海洋自然保护区、神泉增殖区和港寮湾增殖区。

根据本报告书 6.1 节的分析，本项目建设除施工期对农渔业区、捕捞区的水质和小部分底栖生物有短时期影响外，对农渔业区和捕捞区的主导功能没有明显影响。对保护区的物种、生态系统、水文动力和地形冲淤没有明显影响。本项目海底电缆穿越前詹港口区，海底电缆的建设属于海底工程，项目建设不影响港口航运区的布局和各项功能。

本项目用海与周边海洋功能区的主导功能兼容，不会对主导功能产生重要影响，与《广东省海洋功能区划》（2011-2020年）和《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020年）相符合。

应严格执行和实施广东省海洋功能区划，坚持把海洋功能区划作为工程海域使用管理的依据。海洋功能区划范围内的一切用海活动，都应当依据批准的区划。坚持把海洋功能区划作为开发利用海洋资源、引导海洋生产力合理布局及工程海

洋生态环境保护的依据。依据广东省海洋功能区划管理的具体要求，为保证工程的安全，在工程用海区域范围内禁止进行打桩、挖掘、钻孔等危害工程安全的活动，禁止各类船舶抛锚、底拖网、捕捞等作业活动，以保障风机基础和海底电缆安全。

8.1.2 主要海洋环境保护措施

(1) 该工程建设过程中对海洋生物栖息地造成影响的作业主要包括海底电缆铺设、风机桩基础施工等工程内容。施工作业会对海洋生物栖息地造成破坏，但应当尽可能防止超出施工范围。

(2) 海底电缆铺设、桩基础施工过程中采取有效手段减少对水体的扰动和悬浮物的发生量，从而减轻对水生生物尤其对于鱼卵、仔幼个体的影响。同时，应主动采取增殖放流等生态补偿措施，以促进生态环境的恢复。

(3) 春、夏季是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设，建议尽量降低在海洋鱼类产卵高峰期的施工强度。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以驱赶桩基周围的鱼类，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。同时，应对整个施工进行合理规划，尽量缩短工期，尽量减轻施工可能带来的海洋生态环境影响。

(4) 根据报告书4.1.3节和4.3.8节的分析，本工程工期会对规划揭阳市海龟、鳖市级自然保护区，规划揭阳市龙虾市级自然保护区，规划揭阳市神泉渔业市级自然保护区，南海区幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区产生一定的影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的开始，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保护区和其他敏感目标的功能。

3、加强渔业资源和生态保护宣传

在进行海洋生物增殖放流和人工鱼礁建设时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，另一方面树立项目建设单位的环保形象。

8.2 开发协调对策措施

8.2.1 协调对策措施

本项目所在附近海域及近岸的主要开发活动较多，业主要严格落实与利益相关者的协调措施，采取必要、可行的措施减轻工程建设对利益相关者的影响，加强与利益相关者的联系沟通，制定切实可行的协调方案，解决双方之间存在的矛盾，努力做到和谐、平安建设项目。

项目界定的利益协调责任部门为当地航道、海事主管部门，利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司和有关鲍鱼养殖场业主。针对目前项目附近海域开发现状提出以下协调对策：

项目施工时由于施工船只的增加，会给附近的锚地、航道部门的船舶抛锚和航行带来安全隐患，建议建设单位在施工前，与当地航道、海事主管部门进行沟通和协调，向其提交施工方案，并接受相关部门的监督管理，制定相应的通航安全保障措施，并制定溢油等应急预案。

本项目建设单位已就项目建设对粤东液化天然气项目一期工程的影响征求 [REDACTED] 的意见，并取得回函（见附件），根据回函要求，建设单位可采取以下协调对策措施：

1、本项目的建设可能会对粤东液化天然气项目一期工程的接收站 LNG 码头、卸料平台、卸料臂、LNG 船舶锚地及航道等产生一定的影响，建设单位应按照相关法律法规的要求开展通航安全影响研究和海洋环境影响评价研究，并将终版的评估报告提交 [REDACTED]，便于该司确认；

2、建设单位在施工前需主动及时通告 [REDACTED]，将涉及到 LNG 锚地周边海域（初步定为 2 海里范围）海底电缆的施工方案提交该公司，采取适宜的措施，避免对 LNG 锚地产生不利影响；

3、建设单位应与 [REDACTED] 保持畅通的沟通机制，在 LNG 船舶进出港期间，暂停海上施工活动，所有船只和人员均不得进入 LNG 船舶移动安全区（船舶前后各 1 海里，左右各 450 米的水域范围）和停泊安全区（船舶周围 300 米的水域范围）。

4、建设单位在施工前应做好安全教育活动和安全防范对策措施，施工作业

期间，所有施工船舶均不得进入粤东液化天然气项目一期工程的航道和港池内，更不能在航道和港池内停泊。

本项目的建设需对有关鲍鱼养殖场的取排水管道进行拆迁，施工产生的悬浮泥沙可能会有关鲍鱼养殖场取水造成一定影响，建议采取如下对策措施：

1、积极主动与当地政府部门联系，在当地政府部门的组织下，与有关鲍鱼养殖户进行沟通，签订拆迁补偿协议，并做好赔偿工作，在项目施工前及时发送通告给对方；

2、对登陆段海底电缆采取保护套等合适的保护措施；

3、如鲍鱼养殖场因生产需要建设单位停工，建设单位需无条件立即停工，并上报当地政府部门；

4、施工船舶需在规定的施工范围内施工，不得超出施工范围；

5、对于施工过程中的其它突发事情需协商解决。

综上所述，本项目在实施前，必须落实与利益相关者的协调与补偿，签订合适合理、多方认可的协调意见或者补偿协议，明确相关责任，妥善安排施工计划，做好应急预案，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突，只有在协调好与各方利益相关者的关系后，方可开工建设；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。

8.2.2 发生重大利益冲突的应急对策措施

本项目的建设涉及的利益相关方较广，据 5.3 节的分析，在协调过程中发生重大利益冲突的可能性不大，但在特定的环境和条件下，仍可能发生重大的利益冲突。对此，若因本项目建设发生重大利益冲突，应采取以下应急措施：

(1) 一旦发生重大利益冲突，立即报告揭阳市人民政府；

(2) 由揭阳市人民政府成立应急领导小组，统一负责、领导应急处置工作；

(3) 应急领导小组需立即中止冲突事件，并及时确认发生重大利益冲突后是否有人员伤亡，若有人员伤亡，应及时进行需依据相关法律程序处理，使责任人承担必要的法律责任；

(4) 应急领导小组实地了解双方利益不可协调的具体原因，听取双方各自的利益需要，依据实际情况和相关法规、文件等，制定协调方案，直至双方均同

意为止；

(5) 利益冲突事件得到妥善解决后，方可进行风电场的建设。

8.3 风险防范对策措施

本项目为海上风电场，由海上风电机组、海上升压站、海底电缆和陆上集控中心等部分组成。回顾国外海上风电项目建造、运行经验，并参考国内外相关资料，上述项目组成部分在建设期和运行期均存在发生突发环境事故的可能，主要包括项目海域内通航环境风险、雷电、台风等自然灾害风险、船舶碰撞导致的溢油事故风险、长时期冲刷造成电缆和海床之间形成掏空的风险。

8.3.1 通航风险防范对策措施

8.3.1.1 施工期航行风险事故防范措施

本项目施工具有一定的通航环境风险，从而存在一定油料泄漏的风险，为保证工程施工安全，防止油污事故发生，施工单位必须有水上施工经验，施工过程中需科学合理安排施工工序，周密考虑工程施工期间的安全措施，应主要包括：

(1) 工程施工期间需制订切实有效的安全管理措施和发生空发性事故的应急预案。

(2) 要加强对施工作业船舶的安全管理。参加施工作业的船舶必须经过相关的安全检查，有关人员必须经过水上作业的相关安全培训和教育，并认真落实施工作业的安全措施和发生突发情况的应急措施。

(3) 要加强工程施工期间施工区附近水域的通航环境的安全管理。需根据工程施工方案，分析工程施工对船舶通航环境的影响，提出加强施工期间水上通航秩序安全管理的对策和措施，确保工程施工和船舶通航的安全。

(4) 施工作业开工前按规定向海事局有关部门申请办妥水上水下施工作业手续，申请发布有关施工作业航行通告和航行警告。

(5) 施工船进行打桩作业时，应于明易显见处，显示港口规定信号（白天显示旗号、夜间显示灯号）。

(6) 施工作业期间作业船舶应配置有效的通讯工具，指派专人守听，密切

注视周围船舶动态。

(7) 施工作业船应派专人值班了望，当发现来船动向不明或危及施工船舶安全时，应立即通过扩音喇叭向来船发出警告。必要时停止施工，立即松缆避免事故的发生。

(8) 为避免工程施工船所抛所开锚对过往船舶造成危害影响，应白天在艏悬挂经旗，夜间用探照灯向开锚锚位处水面照射。但灯光不能外射，以免影响过往船舶驾驶人员的正常了望。

(9) 当风力达到施工船舶的抗风等级前，施工船应停止施工作业，当气象预报风力超过施工船抗风等级前，应提前撤离施工现场，择地避风。

(10) 施工作业附近，应安排一艘拖轮停泊待命，以便随时出动进行应急抢救等救助工作。

(11) 由于工程施工时所占用的可通航水域面积很大，因此在施工作业期产，施工建设单位需向海事主管机关申请划定施工作业区，设置航行警戒标，配置现场警戒船。

(12) 为确保海上风电场工程顺利进行和航经附近水域船舶的通航安全，施工建设单位应拟定施工期间水上交通安全维护方案，通过印制、发放宣传资料和利用报刊、广播、电视等媒体开展广泛的宣传教育，使有关航运单位、航行船舶及从事捕捞作业的渔民，都了解工程内容、施工范围和工期等，取得社会各方面的理解、支持和配合。

(13) 认真落实施工船舶防污染措施，做好船舶垃圾、残油、含油污水等污染特、废弃物的接收和处置工作。施工船舶一旦发生污染水域事故，应尽力采取控制和消除污染的措施，同时向海事主管机关报告，接受调查处理。

(14) 在海底电缆铺设过程中，海底电缆南北方向各 300m 以内水域范围内，禁止船舶航行。在电缆铺设的过程中，应设置阶段性施工警戒区，随时根据电缆铺设进度及时设置施工警戒区，防止周围船舶误闯施工区域。施工船要正确显示号灯号型，加强与周围船舶的联系与沟通，避免周围船舶靠近电缆铺设区域。海底电缆铺设完成后，应按《海底电缆管道保护规定》规定划定海底电缆管道保护区，禁止在海底电缆管道保护区内从事挖砂、钻探、打桩、抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底电缆管道安全的海上作业；而且，业主方

应当在海底电缆管道铺设竣工后 90 日内，将海底电缆管道的路线图、位置表等注册登记资料报送县级以上人民政府海洋行政主管部门备案，并同时抄报海事管理机构。

8.3.1.2 运行期航行风险事故防范措施

为防范运行期船舶碰撞及溢油事故风险，必须采取相应的安全措施。

1、海上风电场配套助航设施、防撞设施和海上交通安全监控设施等应与工程建设“三同时”进行，综合考虑海上风电场运营对海上交通安全的影响，并将相关费用纳入项目概算。本工程风电场建成后需在适当位置（包括海底电缆路由）设置相应的航标灯以及警示标志，航标灯安装应满足《中国海区水上助航标志》规范 GB4696-1999 与《中国海区水中建（构）筑物标志规定》GB17380-1998 的要求等关于独立构筑物专用航标灯质的要求，航标配布方案应委托专业单位进行设计，并报航标主管部门审批后再进行设置，以确保该水域的航行安全。

2、根据规定申请设置海底电缆保护区，向社会发布海底电缆公告，禁止在海底电缆保护区内从事挖砂、钻探、打桩、底托捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底管道安全的海上作业。

3、工程建成后应将海底电缆、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，发布相应《航海通告》。

4、工程营运方应制定相应的日常检查养护制度和防风、防台等的应急预案。特别是在恶劣天气以后应及时检查风电场风机基础、设备的安全状况及导助航设施等的工作状况，减少影响通航安全的因素发生。出海检查时，应选择良好的气象、水文和海浪条件，保证执行检查工作船舶的航行和作业安全。

5、业主经检查发现存在影响附近海域通航安全的情况和安全隐患时应及时处理，应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告。

6、海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用灯光照射的办法。应设立专门机构负责警戒，安装海上风机监视系统随时掌握风电场设施水域周围的船舶航行动态。并配置有效的通讯设备，与海事主管机关随时保持通讯联系，以在发生突发事件时能及时获得海事主管机的应急救援。

7、在海底电缆穿越航线时加大埋深至 3.0m~4.0m，并采用套管保护、加盖保护件(碎石、混凝土件、沙包等)的保护方式；必要时，可向主管部门申请在两

侧设置标识；同时，可以对海底电缆管道采取定期复查、监视等其他保护措施。

8、风电场外围风机下部平台及水面以上的管桩支撑涂染醒目的油漆等警示标志，使得风电场风机目标更易以肉眼察觉，便于过往船舶从远处发现本风电场的存在，及早采取避让措施；风电场建成后，外围风机下部平台上安装灯标以及 AIS 航标，便于过往船舶在白天和夜间都能够及时发现本风电场，及早采取避让措施；

综上所述，本拟建风电场对过往船舶的航行安全存在一定的风险，但若业主单位管理、协调得当，并制定相关安全保障措施，则拟建风电场所在海域发生水上事故的风险将会得到缓解或消除。

8.3.2 溢油事故风险防范

8.3.2.1 溢油事故防范措施

本工程各项施工活动基本都需要依赖船舶，如一旦发生装卸作业事故，运输船舶碰撞、倾翻等突发性海上溢油事故，将可能对海域生态环境带来严重的影响。因此，对海上溢油事故应进行防范及应急处理，实行“预防为主、平灾结合、常备不懈”的方针，最大程度减轻事故的危害与损失。建议采取如下措施。

(1) 加强教育，提高意识

施工前，加强对施工人员的安全环保技术培训教育，加强设备的维护和管理，提高施工人员的安全防范意识，切实贯彻“安全第一，预防为主”的方针，预防溢油事故的发生。

(2) 加强装卸货物管理

在装卸货物前，工作人员必须对各环节逐一进行检查，在确认可靠无误前提下方可实施作业。

(3) 设置集油设施

在临时生活办公区应配置相应的集油设备和器材，如围油栏、吸油材料、消油剂等。

8.3.2.2 溢油事故应急预案

依据《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》、

《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》和《国家船舶溢油应急设备库设备配置管理规定（试行）》，通过对污染事故的风险评价，制定防止重大环境污染事故发生的工作计划，消除事故隐患的措施及突发性事故应急处理办法等，一旦出现重大事故，能有效的组织救援，及时控制污染、减少污染损失。

风险事故发生后，能否迅速而有效地作出应急反应，对于控制污染，减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使本工程施工和运行期对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应，最大限度地减少事故污染对工程海域的灾害性损失。建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定一份可操作的风险应急行动计划，定期进行演习是非常必要的。此外，建设单位应委托有资质的单位编制应急预案。以下内容供参考。

1、应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区、电缆铺设线路附近。应急事件包括船舶碰撞、倾翻、海上升压站储油罐油品泄漏等突发性海上溢油事故。

2、应急组织机构、人员

项目公司成立船舶污染预防及事故应急指挥部（以下简称应急指挥部），下设运行监督办公室，负责风电场日常运行安全监管及船舶污染事故上报、应急响应、支持保障和善后处理等工作。运行监督办公室设在项目公司中控室，应急指挥部应服从揭阳海事局。

应急指挥部按各自职责设立溢油应急处置小组：通信组、工艺组、溢油清理组、现场救护组、警戒组、后勤保障组、防火组、油污处理组。各小组主要职责包括：

通信组：负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保应急救援指令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通。

工艺组：及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大。

溢油清理组：做好溢油堵截围控工作，回收泄漏油品，对溢油现场进行清理。

现场救护组：做好伤病员的接受和医疗，提供现场进行救护等。

警戒组：保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告。

后勤保障组：提供应急所需的器材、材料及生活用品，保障应急电力供给，负责应急设备的维修。

防火组：防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划。

油污处理组：负责处置油污物的工作，防止二次污染。

3、预警和报告

(1) 信息收集与预警

运行监督办公室应通过监视系统及时收集掌握在风电场海域发生的船舶污染事故信息，发现或接报污染事故后立即向应急指挥中心报告，通知应急指挥部的成员到达事故现场。总指挥到达事故现场后，立即成立现场指挥部，总指挥根据现场情况预测可能造成的后果和污染危害程度、紧急程度、发展事态，判断环境污染事件危险性，将预警信息向揭阳海事局水上安全指挥中心逐级上报，由水上安全指挥中心确定预警等级。

预警信息包括突发事故的类别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机关。预警信息的发布、调整和接触可通过广播、电视、报刊、通信、信息网络、警报器、宣传车或组织人员逐户通知等方式进行，对老幼病残孕等特殊人群以及学校等特殊场所和警报盲区应当采取有针对性的公告方式。特别重大或者重大突发事故发生后，要立即报告，通报有关地区和部门，应急处置过程中，要及时续报有关情况。

(2) 上报程序

运行监督办公室在中控室监视发现污染事故发生后应立即向应急指挥部报告，由应急指挥部向揭阳海事局水上安全指挥分中心报告，最多不超过 5min。

报告内容应包括：发现污染事故的时间、地点，船名，污染物品名，污染范围，当时海况等。同时应急指挥部通知项目周边的企业单位进行应急准备，调配其应急设施。

4、应急响应及行动

船舶溢油污染事故发生后，应急处置中心应在第一时间获取事故的相关信息，并立即向海事局水上安全指挥中心、海上搜救中心或防汛指挥中心报告，应急决策部门根据事件信息和监测数据，开展应急评估，进行综合分析，确定应急等级。根据海上船舶污染事故专项应急预案及海塘管理相关文件确定应急响应

等。

应急决策部门在确定应急响应等级后，立即实施相应的应急计划，迅速开展具体的应急行动，包括人员组织和应急处置资源调配、现场的控制和清理、水上交通管制、应急监测、信息公开发布等。风险事故应急反应程序如下图。

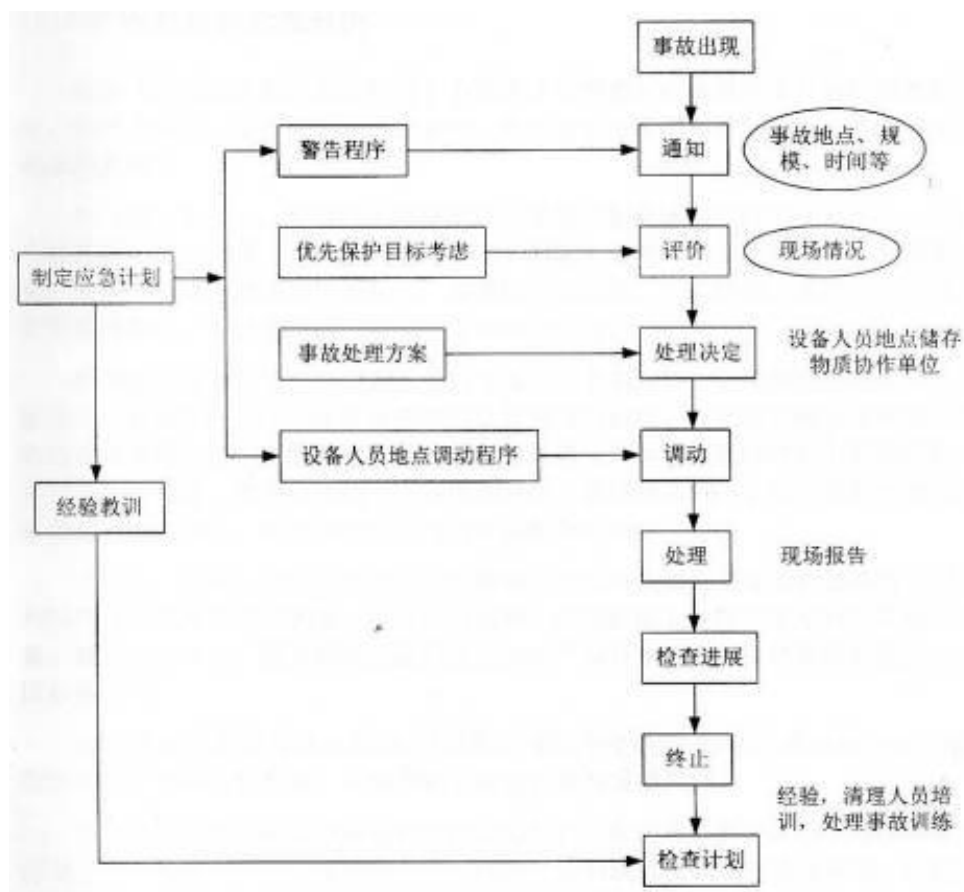


图 8.3.2-1 风险事故应急反应程序

根据《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市海（水）上险情应急预案的通知》（揭府办函[2018]8 号），揭阳市成立了市海（水）上搜救分中心，主任为分管副市长，常务分副主任为揭阳海事局局长，副主任为揭阳军分区有关负责人，揭阳市海事局分管负责人，成员有市经济和信息化局、市公安局、市民政局等。

5、应急保障

本项目位于揭阳市近海海域，根据统计，南海区及惠来县主要溢油应急设备见表 8.3.2-1~表 8.3.2-2。

表 8.3.2-1 南海区溢油应急防治设备现状表（略）

表 8.3.2-2 惠来县应急防治设备现状表（略）

综上所述，目前工程附近的汕头港、汕头海事局及惠来县均已经配备一定的溢油应急设备，发生大型海上溢油事故时，除了可调动本地区的应急设备以外，还可以求助于南海海域的溢油应急力量。但由于本项目的实施将在一定程度上增加海域船舶溢油事故发生的可能，因此需进一步提高海域溢油防范的能力。建议建设单位可联合当地海事局等单位、企业共同构建溢油风险方法网络体系，在依托现有设施的基础上，进一步在工程海域配备围油栏、吸油毡、消油剂等防污器材，提高溢油风险防范能力。

8.3.3 自然灾害风险防范

风电场主要易受的自然灾害风险来自雷击和台风袭击。

8.3.3.1 雷击风险防范措施

根据惠来气象站资料，惠来县全年各月均有雷暴发生，本工程提出的防雷措施如下：

针对雷电对设备的破坏特性，建议在叶片上翼面复合材料中加入具有良好导电性能和比重轻的碳纤维，并在叶尖部位装一个接闪器，通过电缆与叶片法兰连接，再由轮毂通过塔架内的接地线接入地网形成雷电通道。当雷电击中叶片时，强大的雷电流通过雷电通道泻入大地，达到避雷效果，而不致使对叶片及其他设备造成损坏。

对于雷电脉冲的危害，每台升压变压器高压侧均装设一组氧化锌避雷器，避雷器能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

本项目风电场风力发电机组和升压变压器部分接地电阻小于 4Ω ，风力发电机塔架基础以及变电站的基础均可作为自然接地体，再敷设必要的人工接地体。对地电阻小，雷电流能够迅速散流到大地，设备不会因地电位“反击”而损坏。

通过风电场的合理布置并采取上述防雷击措施，风机及电气接线和升压设备能有效抵御雷击造成的损害。

8.3.3.2 台风风险防范措施

为减少台风给风电场带来的损失,根据台风的破坏机理本报告提出下列防范措施:

(1) 装置性能可靠的测风仪器,建议使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪,避免因测风仪器损坏使风力发电机组不能正确偏航避风。

(2) 推荐使用强度高、质量轻的碳纤维增强型塑料作为风机叶片的填充材料以提高风机叶片的强韧性,从而提高风机设计荷载。

(3) 加强风机运行的强度监测,优化运行。在叶片上设置具有检测作用的光导纤维,实时了解叶片的载荷、温度、被伤害和疲劳程度,根据实际情况,及时维修并对其优化合理使用。

8.3.4 其它风险防范对策措施

8.3.4.1 风机倒塌应急措施

(1) 风电场设置有完整的现场监控系统,一旦发生倒塌事故可通过现场监控系统进行及时预警;

(2) 风电场运行维护期制定了严格的运行维护措施,一般在风暴潮、地震等自然灾害发生后,风电场运行维护人员将及时进入现场,并配合专业检测人员检查风机及基础结构损伤情况;

(3) 如果发生风机倒塌事故,将及时上报揭阳海事局,对外发布航行预警通告,确保不对周边海上作业构成安全影响;风电场业主将及时组织吊装、施工单位,对倒塌风机及基础结构进行打捞,转运至陆上处理,现场视损伤情况确定是否进行重建工作。

(4) 如果发生少量风机机组润滑油落入海中,立即上报揭阳海事局,调配揭阳港的溢油处置设备对落入海洋的油污进行处理。

8.3.4.2 电气设备应急对策措施

应加强风电场值班、运行等相关人员的安全教育,各种操作需按照规章执行。风机维修时产生的润滑油的跑冒滴漏应及时采用棉纱吸净,并对废油和废弃物进

行妥善收集和保管，避免因人为因素引起海洋环境污染。

海缆铺设线路未设置标志，并向海洋管理部门申报，有可能造成海缆损坏。若工程海域有其他海洋工程建设，应与有关部门协调做好海底电缆的保护工作。根据海底电缆保护规定要求禁止在海缆保护区范围内进行挖掘、采砂等作用。

8.3.4.3 鸟类飞行碰撞风机风险分析防范

为减少鸟撞风机给风电场带来的损失，提出下列防范措施：

(1) 采用在风机上适当的位置安设闪烁灯光、以及采用不同色彩搭配，如旋转时形成鹰眼图案，促使鸟类产生趋避行为，降低撞击风险。

(2) 加强区域鸟类活动特征以及鸟类与风机撞击情况的观测，合理调整运行及防范措施。将风机鸟撞防范工作纳入区域发展规划，协调邻近地区的开发建设。

8.3.4.4 海底电缆及风机基础泥沙冲刷淘空风险防范

本工程电缆铺设位于泥面 2.0m~3.0m 以下，海缆有加强铠装保护，电缆铺设后发生泥沙冲刷导致电缆外漏受损的风险较小。为防止风机桩基因冲刷淘空而发生倒塌事故，工程应对桩基周围进行防护或加大桩基埋深等措施。

8.3.4.5 钢管桩灌浆泄露风险防范

本工程风机基础施工时，钢管桩插打完成后需对其进行水泥砂浆浇筑，海上升压平台施工时钢套筒与钢管桩需灌浆连接，灌浆作业利用钢套筒进行水泥砂浆浇注作业。为保证浇筑质量，钢套筒为半封闭结构，一般情况下不会发生水泥砂浆泄漏。但由于钢套筒需反复利用，可能发生因结构安装造成钢套筒的局部破损从而发生泄漏的情况。

本工程灌注的水泥砂浆，主要由胶凝材料（水泥）、拌和水和细骨料（细砂石）组成。水泥砂浆泄漏入海后与经海水稀释扩散会逐渐水化形成凝胶体，并不断把周围散粒的或块状的材料胶结成一个整体最终由原先的液态或半固定状态硬化为砣。一般水泥吸水饱和 45min 后，水泥浆逐渐失去塑性，出现凝结现象，而凝结后的砣颗粒较大，且水泥浆密度较高一般在 $1800 \text{ kg/m}^3 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ ，因此在发生水泥砂浆泄漏的情况下，砂浆及其固化形成的砣会快速沉入海底，其对海

洋水质的影响将集中在泄漏口位置，而其对海洋水质的污染则主要表现为局部水体透明度下降，悬浮物浓度升高，但随着砂浆硬化沉降，对水质的影响会迅速减小。砂浆沉入海底后可能进一步与沉积物扩展凝结形成高强度的砣，由于水泥砂浆中不含重金属、营养盐等物质，因此砂浆沉降也不会对沉积物环境造成不利影响。

因此，项目施工时需多备用几套钢套箱，施工单位在安装钢套箱前需仔细检查钢套箱的完整性，不得使用损伤的钢套箱；在灌浆作业时密切注意砂浆情况，只要发现砂浆泄漏，需立即停止灌注，并对泄漏处进行有效封堵，水泥浆泄漏对海水水质和沉积物环境较小。

8.4 监督管理对策措施

海域使用的监控、跟踪、管理是实现国有海洋资源有偿、有度、有序使用的重要保障。针对本项目的用海特点，应进行以下监控、管理对策与措施：

8.4.1 海域使用面积、用途和用海方式监控

(1) 在用海单位实施工程之前，应明确海域使用界限、海域使用用途，强制用海单位严格按照确定的界限施工。在施工期，应定期不定期检查工程建设是否遵循海域使用界限。

(2) 目前工程用海面积是根据工程总平面布置图量算的，在工程进入初步设计和施工图设计阶段后可能会优化更改，因此在工程完工后，应立即进行海籍测量，再一次确认海域使用范围和界限，并确定海域使用用途，对于没有按照要求进行用海的，应令其停止作业活动。

(3) 风机的用海方式是透水构筑物用海，海底电缆的用海方式是其他方式中海底电缆管道用海。海底电缆的用海方式一般不容易改变，在风机的实施过程中，应监督实施单位不改变其基础结构形式。

(4) 海域使用权到期后，建设单位如需要继续使用海域，应当最迟于期限届满前两个月向海洋主管部门申请续期，获准后方可继续用海。

8.4.2 工程施工作业的监控

由于本工程要进行风机基础建设、海底电缆铺设等施工，且施工中要进行打桩、抛石、回填等作业。为使这些工程施工中产生的冲击波、飞石等对周边海洋功能区、船舶、建筑物的影响减小到最低的程度，应采取以下监控措施：

8.4.2.1 海上污水处理与防治措施

(1) 污设备铅封管理规定》以及交通部发布的《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》中对海上施工船舶的要求管理，即限制船舶油类污染物排放专项铅封行动要求，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

(2) 严格执行国家《船舶污染物排放标准》和 73/78 国际防止船舶污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；对船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托有资质的公司接收处置。

(3) 对海域施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水，需统一收集运至岸上处理，并委托有资质的单位接收处置。

(4) 甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向揭阳海事局报告。

(5) 加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

8.4.2.2 海上固体废物污染防治措施

(1) 施工垃圾和生活垃圾的处置

对于施工期船舶施工人员产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。

(2) 扫海清障固体废弃物的处置

对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

(3) 废弃焊头、废气包装处置

风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业电配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上，送往大陆统一处置。

(4) 吸泥施工产生的淤泥处置措施

根据工程设计文件，钢管桩施工产生的淤泥集中存于驳船后，运回陆域处理，均不得在海区排放。

8.4.3 运营期的监控

项目为风力发电项目，生产过程中无废气、废水和灰渣等三废排放源，具有清洁生产特征。针对本工程运行期间可能对渔业生产可能产生的影响，提出以下减缓和修复措施：

(1) 在运营期对风电机桩基周围加装保护圈，避免渔船碰撞引发事故，对电缆区设置警示标志，禁止打桩、抛锚。

(2) 项目运行期，对风机及相关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，应将废油、含油废物等一并送交有关单位回收处理。

(3) 施工期和运营期对在该海域从事渔业捕捞生产的渔民造成的捕捞生产净收入减少，为有效减缓本工程实施对渔民的影响，建议建设单位与当地渔业主管部门协商，落实生态补偿措施。

(4) 本工程实施不可避免地对海洋生态和渔业资源造成直接损害。为减少工程建设对海洋生态和渔业资源的综合影响,实施以增殖放流为主的生态修复措施。

9 生态用海综合论证

9.1 产业准入与区域管控要求符合性

9.1.1 产业准入符合性

根据本报告书第 6.2 节的分析，本工程属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》的第一类鼓励类的建设项目；项目的建设属于海上风电建设项目，符合《国家能源局能源发展十三五规划》中“积极开发海上风电”的要求，符合《可再生能源发展“十三五”规划》中“要积极稳妥推进海上风电开发”的要求，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》中“大力发展海上风电”的要求，符合《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业集群的意见》中“大力发展先进核能、海上风电、太阳能等优势产业，加快培育氢能等新兴产业”的要求。

因此，本工程的建设符合国家产业结构调整指导目录、战略性新兴产业集群和产业发展政策等。

9.1.2 区域管控要求符合性

本项目不涉及到围填海，根据本报告书第 6.1 节的分析，本项目位于《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区、前詹港口航运区；位于《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）的揭阳近海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区和前詹港口区。

项目建设不影响农渔业区和捕捞区的主导功能，满足周边功能区的海域使用管理和环境保护要求，项目用海对周边功能区的影响较小，因此，项目用海符合所在海域海洋功能区划的海域使用管理和海洋环境保护要求。

9.2 岸线保护措施合理性

根据本报告书 4.3.1 节的分析，本项目 220kV 海底电缆登陆时将涉及自然岸

线资源，全部为砂质岸线，海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m（涉及新修测海岸线长度约 17 米），本项目海底电缆登陆时将位于于此处沙滩面以下。

实际上，项目 220kV 海底电缆的直径约 26cm，即使加上保护设施后，2 回 220kV 海底电缆涉及占用的海岸线长度仅 1m 左右，其余为保护距离，不实际占用岸线。

本项目 220kV 海底电缆登陆施工时推荐采用 HDD 定向钻的施工工艺，该工艺正常施工时不开挖沙滩，涉及的基坑开挖不涉及海岸线，正常施工不会对海岸线造成不利影响。工程施工完成后，登陆电缆位于沙滩面以下，岸线表面恢复原状，不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性。建议建设单位采取如下措施保护自然岸线资源。

1、优化施工方案，使用合适的施工机械，明确施工范围，施工机械不得越过施工范围施工；

2、对施工人员做好培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在岸线处所在沙滩；

3、检查施工器械，不得出现润滑油或燃料油跑、冒、滴、漏于岸线处沙滩；

4、施工结束后，应将此处岸线回复原样，并在合适位置设立显著标志，登陆区域禁止在海底电缆保护区内从事挖砂、钻探、打桩、底托捕捞、张网、养殖或者其他可能破坏海底管道安全的海上作业。

营运期岸线的自然形态不会发生变化，正常营运不会对岸线产生不利影响。

9.3 污染物排放与控制

9.3.1 施工期污染防治对策措施

1、海上污水处理与防治措施

(1) 对于本项目所采用的各类施工船舶，在水上作业时应遵照交通部发布的《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》中对海上施工船舶的要求管理，禁止直接向海域水体排放机舱所处的舱底含油污水、丢弃生活垃圾。

(2) 严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》和 73/78 国际防止船舶

污染海洋公约的相关规定，严禁所有施工船只的含油废水等在施工海域排放。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；对船舶油污水进行统一收集运至岸上，委托有资质的公司接收处置。

(3) 对海域施工期间，各类供给船、铺缆船和起重作业船等施工船舶上作业人员产生的生活污水，需统一收集运至岸上处理，并委托有资质的单位接收处置。

(4) 甲板冲洗水可直接排放入海。但甲板上偶尔出现的少量油（通常是润滑油）应用锯末或棉纱吸净后冲洗，含油的棉纱等应收集后运回陆地。注意施工船舶等的清洁，及时维护和修理施工机械，施工机械若产生机油滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。建立溢油应急体系。船舶非正常排放油类、油性混合物等有害物质时，应立即采取措施，控制和消除污染，并向海事局报告。

(5) 加强施工设备的管理与养护，杜绝石油类物质泄漏，减少海水受污染的可能性。

2、海上固体废物污染防治措施

(1) 施工垃圾和生活垃圾的处置

对于施工期船舶施工人员产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门规定的垃圾场统一处置。根据地方环卫部门制定的垃圾收运方案，本项目施工期施工人员生活垃圾可统一收集定期运至垃圾压缩站纳入陆域市政公用垃圾处置系统。

(2) 扫海清障固体废弃物的处置

对于海缆施工前扫海清障打捞产生的固体废弃物，应在施工船舶上设置专门的收集装置，打捞出海后统一收集并运回陆上统一处理，禁止在海上随意弃置从而造成海洋环境的二次污染。

(3) 废弃焊头、废气包装处置

风机塔基与塔架焊接过程产生的废弃焊头和拆卸下来的废弃材料设备包装物不可直接丢弃，应在每个焊接作业电配备收集铁桶，废弃焊头直接放入容器中。在每个施工现场设置废料回收桶，施工结束后统一回收运输至陆上，送往大陆统一处置。

(4) 吸泥施工产生的淤泥处置措施

由于本项目所倾倒淤泥均来自工程海域底泥，根据工程设计文件，钢管桩施工产生的淤泥吸出后将储存于驳船上，统一运回陆地，不在海区进行排放。

(5) 嵌岩桩岩渣处置措施

由于本项目桩基础为嵌岩桩施工，会产生一定量的岩渣，统一运回陆地，不在海区进行排放。

(6) 定向钻钻屑的处置措施

定向钻穿越施工需要采用泥浆循环工艺，对于钻进过程中的钻屑，通过泥浆循环带至起钻工作井，用专用的收集箱存储，再交由有资质的单位送至垃圾填埋场填埋处理。

3、其他环境保护措施

(1) 《MARPOL 73/78 附则 VI --防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，本项目施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

(2) 施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，达到理想的消声量和隔声量，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

(3) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。

9.3.2 运行期污染防治对策措施

1、风机减震降噪措施

风机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是风力发电机组的主要噪声源，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，使齿轮和轴承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。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机

舱，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

2、含油废弃物收集措施

对风机及相关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环保产业开发有限公司处理。

9.3.3 总量控制分析

本工程属海上风力发电项目，运行期主要污染物包括管理人员产生的生活污水、生活垃圾和风机设备维护产生的废油等。主要污染物产生量见表 9.3.3-1。

表 9.3.3-1 运行期污染物汇总

编号	运行期污染物	排放量	排放去向
1	生活污水	0.85m ³ /d	风电场维护和检修期产生，统一收集运回陆地处理
2	生活垃圾	6.0kg/d	风电场维护和检修期产生，统一收集运回陆地处理
3	升压站废蓄电池	-	由厂家回收处理
4	检修废油、油品搬运滴漏	少量，约 36kg/a	风电场维护和检修期产生，统一收集运回陆地处理
5	风机维护废油	少量，约 50kg/a	风电场维护和检修期产生，统一收集运回陆地处理

由上表可见，工程运行期产生的污染物主要为设备检修产生的废油、废蓄电池以及管理人员生活污水和生活垃圾等，产生量均较小，且运行期建设、运行单位将委托相关有资质单位统一收集外运处置，不会增加海域污染负荷。

9.4 生态保护与修复

9.4.1 施工期生态保护措施

1、为减轻工程施工建设对海域底栖生物的影响，建议：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

②严格限制工程方的施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

2、为减轻工程施工建设对渔业资源和渔业生产的影响，建议：

①春、夏季是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，打桩、电缆铺设，建议尽量降低在海洋鱼类产卵高峰期的施工强度。同时打桩前可采取预先轻轻打几下桩，以驱赶桩基周围的鱼类，为减缓后续正式打桩时产生的水下噪声和悬浮物对鱼类的影响。

②对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

③施工期对附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

④施工期对在该海域从事渔业捕捞生产的渔民造成捕捞生产净收入减少。因此，为减缓本工程实施对渔民的影响，建议建设单位与当地渔业主管部门协商，落实生态补偿措施。

3、定向钻工作井修复方案

根据定向钻施工工艺，在施工期将在海岸线附近的陆域建设约 4m×10m 的工作井，在施工结束后，需用原状土填平工作井，并恢复场地地貌至原状。

4.为减轻对海缆对周边生态红线区的影响，施工期间禁止向海域排放污染物，控制海缆敷设速度，尽可能减小悬浮泥沙的起悬和扩散。

5.为减轻海缆施工对生态岸线的影响，海缆敷设时应尽量避免采用开挖施工，登陆段建议采用推荐的定向钻施工技术。

9.4.2 运行期生态保护措施

以下运行期生态保护实施措施供参考，具体的生态保护方案需经海洋行政主管部门审核同意后方可实施。

1、增殖放流措施

国内外长期从事渔业资源研究的专家研究证实，在渔业资源衰退或受损的情况下，除了降低捕捞强度和减少海洋环境污染及生境破坏之外，从根本上恢复渔业资源、改良资源结构、增加渔业生产，进行渔业资源的人工增殖放流是重要、快捷的有效措施。通过增殖放流，可以迅速弥补本项目施工和营运等因素对海洋渔业资源造成的损失。

(1) 增殖放流品种选择原则

本地原种或子一代的苗种或亲体；能大批量人工育苗；品质优良（属优质经济鱼、虾类、贝类）；适应工程附近海域生态环境且生势良好；工程附近海域自然生态状况中曾经拥有的种类，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上海洋或渔业行政主管部门组织的专家论证；鱼类品种以恋礁性鱼类、适合转产转业和发展游钓休闲渔业品种为主，或在资源结构中明显低于自然生态状况中的比例，资源衰退难以自然恢复；禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

(2) 增殖放流备选品种

据了解，当地适宜增殖放流的备选品种包括：鱼类为青石斑鱼、花鲈、紫红笛鲷、红笛鲷、真鲷、黑鲷、平鲷、黄鳍鲷、花尾胡椒鲷、黄姑鱼等；虾类为长毛对虾、斑节对虾、日本对虾、刀额新对虾、周氏新对虾等；贝类为巴非蛤、贻贝、扇贝等。

(3) 增殖放流苗种规格质量

鱼苗体长应在 5cm 以上；虾苗体长应在 2.5cm 以上；贝苗壳长应在 0.5cm 以上。放流苗种应当来自有资质的生产单位、检验机构认可。

(4) 增殖放流计划

在施工期间根据实际情况开始实施海洋生物增殖放流，增殖放流的期限为 5 年，每年 1 次。每年的增殖放流工作安排在南海区伏季休渔期间内的 5 月下旬至 7 月上旬，以避免高强度捕捞压力时间，提高增殖放流效果。

(5) 增殖放流前后的管理

放流前后的现场管理主要由渔政管理部门承担。放流前清理放流区域的作业，并划出一定范围的临时保护区，放流后加强巡逻管理。

2、开展人工鱼礁建设

建设人工鱼礁渔场，能有效地改善和修复海洋生态环境、增殖和养护渔业资源、提高水产品质量，这已被发达国家的建设实践所证实。建设人工鱼礁，可以有效地修复工程建设期和营运期给周围海域渔业资源和海洋生态环境带来的损害，此外，人工鱼礁可以阻止底拖网作业，防止海底出现“荒漠化”、有效地修复海洋生态环境。人工鱼礁的建设是保护珍稀濒危生物、保护物种多样性的有效途径。人工鱼礁的建设与旅游业相结合，不仅渔业产值获得可观的增加值，使部份被调整的渔船改装为垂钓游艇，缓解渔船出路和渔民就业问题，同时在礁区作业主要是垂钓和刺网，捕大留小，促进渔业资源良性循环；建礁后礁体被附着生物所覆盖，诱集和聚集鱼类等在礁区觅食、繁殖和栖息，初级生产力和次级生产力大大增加，成为海上人工牧场和近海渔场，使原来的“沙漠”变为“绿洲”，提高渔业产量和质量，促进海洋生态环境良性循环，结合人工鱼礁建设进行渔业资源增殖放流，形成礁区“海洋牧场”，能更好地发挥人工鱼礁生态系统的作用。投放人工鱼礁，可以有效保护缺乏保护能力的幼鱼幼虾，提高其成活率，提高人工增殖放流效果，为鱼类提供良好的栖息环境和索饵场，有助于渔业资源成倍或数十倍的增加。

建设单位应配合当地海洋渔业主管部门，在人工鱼礁建设规划中列出的人工鱼礁区，在施工期间根据实际情况安排人工鱼礁建设，作为本工程项目海洋生境恢复和保护的措施。人工鱼礁建设可选用钢筋混凝土、废旧渔船等礁体材料，可结合大型海藻吊养等浮式人工鱼礁建设方式。

3、加强渔业资源和生态保护宣传

在进行海洋生物增殖放流和人工鱼礁建设时，举行仪式，以保护海域生态环境为主题，一方面加强社会环境保护教育，一方面树立项目建设单位的环保形象。

9.4.3 鸟类生态保护措施

建议采取如下对策措施，加强对鸟类资源的保护。

1、施工期影响减缓对策

(1) 施工时尽量减少施工范围，减少对潮间带生境的破坏；并对风电场施工机械及人员进行严格管理。

(2) 合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过场址应适当停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小施工期对鸟类的影响。

2、运行期影响减缓对策

(1) 根据研究鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类碰撞风机叶片的机会，根据日本等地的成功经验，风机的叶片应当用橙红与白色相间的警示色，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避，以减少鸟只碰撞风机的几率。建议在风机上加设红色闪烁灯，以减少在夜间迁徙的鸟类碰撞风机的几率。由于蓝光能吸引鸟类，应避免在风机和升压站上使用蓝色灯光，以及设施外层蓝色涂装。此外，为减少反射阳光对雀鸟的影响，风力发电机的机件使用非反光涂料。

(2) 针对风电场建设导致导致海域栖息地丧失，通过在其他海域制定鱼类、甲壳类、贝类增殖放流计划，以增加鸟类在其他海域觅食和栖息的几率作为补偿。

(3) 加强运行期风场对鸟类影响观测；特别在候鸟迁徙高峰的时候，及时观测鸟类动向。在候鸟大规模迁徙期间，如遇到大群候鸟停歇风电场内及附近，可以采取驱赶措施，必要时应当停机驱赶。如发现鸟类伤亡，应及时救治受伤鸟只。鸟类观察救助站人员应当接受专业鸟类知识培训，并将伤亡记录及时向有关单位汇报。

(4) 将风机鸟撞防范工作纳入区域生态环境保护规划，协调区域滩涂及邻近地区的开发建设。

9.5 生态环境监测计划

项目区及附近海域渔业资源较丰富，品种繁多，并有鸟类活动，生态环境敏感而脆弱，且存在风机墩柱局部冲刷的风险。建设单位应制定具体的海域使用动态监测计划。监测计划的实施由业主委托具备计量认证资质的单位开展，技术要求按照有关环境监测规范的规定执行，并在施工完成后及时向海洋环境主管部门提交符合要求的跟踪监测计量认证分析测试报告，以备查。通过动态监测，了解和掌握该项目施工过程中产生的影响范围和程度，验证海域使用论证报告书的有关预测结果，并提出相应的海域使用管理对策措施。

根据风电场环境特点及工程特征，制定海洋生态及渔业环境调查计划、海水

水质及沉积物环境监测计划、鸟类观测计划和流场及局部冲刷观测计划。以下监测方案供参考，具体的监测方案需经海洋行政主管部门审核同意后方可实施。监测采样及分析方法需满足《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)等有关规范的要求。

9.5.1 海洋生态、渔业环境调查

为了解和掌握工程实施对工程海域生态、渔业资源的实际影响，及时调整或增补环境保护对策措施，达到保护工程海域生态和渔业资源的目的，对项目工程海域生态、渔业资源进行跟踪监测。

1.范围及站点布设

考虑到对周边保护区和海域的影响，同时参照现状监测断面设水生生物站位 6 个（神泉海洋保护区和靖海海洋保护区各 1 个站位，220kV 海底电缆路由 2 个站位，风电场附近 2 个站位），潮间带断面 2 条，渔业资源站位 6 个。

2.监测内容

（1）水生生物

叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物。

（2）渔业资源

调查鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成；渔获物生物学特征；优势种分布；渔获量分布和现存相对资源密度；珍稀濒危水生野生生物分布和现存相对资源密度。

3.监测频率和时间

施工期水生生物、渔业跟踪监测进行 4 次，分别在施工期开始后的一年内的春、秋季实施，风电场运行开始后的一年内的春、秋季实施。

图 9.5.1-1 监测站位示意图（略）

9.5.2 海水水质、沉积物环境监测

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，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。

范围及站点布设：

海水水质环境监测范围及站点布设参考本次评价水质调查范围及站点布置确定。共设水质、沉积物站位 6 个，

监测内容：

水质：pH 值、悬浮物、化学需氧量、石油类、无机氮、活性磷酸盐、铅、锌、汞、挥发酚、叶绿素 a。

沉积物：pH、锌、铅、石油类。

监测频率和时间：

施工期水环境、沉积物环境监测进行 4 期，与渔业生态监测同步进行，分别在施工期开始后的一周年内的丰水期、枯水期实施，风电场运营开始后的一周年内的丰水期、枯水期实施。

9.5.3 鸟情观测

在运行初期（5 年），加强对区域鸟情、滩涂淤涨变化、鸟类与风机撞击情况的观测研究。

1. 观测内容

（1）鸟类群落特征

包括工程建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

（2）栖息地生境特征

包括植被、饵料动物的种类、数量以及分布情况的变化；滩涂淤涨情况；鸟类适宜生境面积的变化等。

2. 观测方法与频率

鸟类调查采用路线调查和定点观测相结合的方法进行观测。植被和饵料生物调查，主要采用样方法结合随机采样方法进行。滩涂淤涨情况可以采用定标志杆与遥感分析相结合的方法进行。

调查监测频次根据季节划分，在鸟类数量较集中的春秋季节迁徙期，可进行强化监测。

9.5.4 流场、局部冲刷

为了解和掌握工程建设对局部流场的影响，和风机墩柱局部冲刷情况，并保证风机运行安全，同时为检验本次评价预测的准确程度，要求在工程投运后 5 年内对风电场海域潮流场状况进行调查监测，监测内容包括：

1. 风机墩柱局部冲刷监测

工程运行后 5 年内对风机墩柱局部冲刷情况进行调查，调查包括冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数。在以上调查研究结果的基础上，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测。

2. 航道水深监测

工程运行后 5 年内对风电场临近的航道、锚地水深进行监测调查。在以上监测调查结果的基础上，若有必要，应对航道水深进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后进行必要的加测。

9.5.5 水下噪声监测

为具体了解本项目施工期打桩产生的水下噪声和运行期风机水下噪声影响，在海上风电场施工期及运行期开展水下噪声监测。

1. 监测时间及布点

施工期打桩时，在距离打桩 50m、200m、1000m、3000m 处分别设置噪声监测点。

运行期在不同风速风机的三个输出级别：低、中和额定风速输出时进行水下噪声测量。在距离风电场单个风机约 100m 处监测水下辐射噪声。同时应在距离风电场外部界限 3-4km 处进行水下背景噪声和风电噪声的综合测量。

2. 监测内容

噪声频带有效声压级 (dB re 1 μ Pa)；噪声声压谱（密度）级；分析水下噪

声时-频特性；同时测量风机营运在空气中的辐射噪声。

综上所述，建议建设单位切实落实管理部门、本报告书及有关专题研究报告提出的海洋生态用海建设方案，保护海洋生态环境，保护海洋资源。

10 结论与建议

10.1 结论

10.1.1 项目用海基本情况

本项目为大型海上风电新建项目，拟建设 1 座海上升压站、40 台 11 MW 风机、10 台 12 MW 风机、三芯二回共二条 220kV 连陆海底电缆、三芯 10 回共 10 条 66kV 风机间集电线路海底电缆、一座陆上集控中心。项目涉海建设内容包括海上升压站、海上风机、海底电缆。项目用海类型为工业用海-电力工业用海，用海方式有构筑物用海-透水构筑物用海（其他透水构筑物用海）、其他用海方式-海底电缆管道用海（海底电（光）缆）。调整后，本项目风电场外缘边线包络海域面积约 55.79 平方公里，项目总申请用海面积 494.6086 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2778 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷，海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28 米（涉及新修测海岸线长度约 17 米）。项目申请用海年限为 27 年。

10.1.2 项目用海必要性分析结论

本项目的建设是适应新常态下我国能源革命形势、优化能源结构的需要，符合国家能源发展战略和规划的要求；是广东省能源结构调整、提升全省能源生产供应能力的需要；是改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展的需要；有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展；有利于开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展；有利于缓解揭阳市电力负荷需求，提高本地电源出力。

项目所在地的地质条件适宜，交通便利，风能资源丰富，资源环境能满足本项目建设需要。本项目的主体工程全部位于海上，将建设 50 台风机、1 座海上升压站和多条海底电缆。风机基座为桩基础结构，属于“透水构筑物用海-其他透水构筑物用海”，桩基插入海床，风机架设在海面上方，必将占用一定的海域。

项目建设多条 66kV 海底电缆，用于收集 50 台风机生产的电力，并经过海上升压站升压处理后，通过 220kV 的海底电缆输入陆上集控中心，最终输入电网，海底电缆埋入海床以下，属于“海底电缆管道-海底电（光）缆用海”，必将占用一定的海床及底土。因此，从项目的建设特点来看，本项目海上风电场建设及电缆铺设将占用一定的海域，项目用海是必要的。

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。

10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

本项目建设后，风电场附近海域域大潮涨潮平均流速变化值位于 $-0.01\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ 之间；大潮涨潮平均流向变化值位于 $-1^\circ\sim 1^\circ$ 之间；大潮落潮平均流速变化值位于 $-0.01\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ 之间，大潮落潮平均流向变化值位于 $-1^\circ\sim 2^\circ$ 之间。总体上看，由于风机桩基础直径不大，工程实施后风电场内水动力环境变化较小，风电工程的实施不会对附近海域水动力环境产生明显影响。。

工程实施后风机前后（涨、落急潮流方向）为主要的淤积区域，风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为主要的冲刷区域，风机附近冲淤分布形态与往复流流态有关，同时风电场区域两侧发生冲刷。最大淤积幅度为 0.16m/a ，最大冲刷幅度为 -0.12m/a 。风机基础结构设计时需预留一定的防冲刷深度并做好基础结构的防冲刷保护措施。

电缆沟槽施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积为 47.32km^2 ；平均值约为 16.90km^2 ；大于 50mg/L 的最大可能影响面积为 113.92km^2 ；平均值约为 40.78km^2 ；大于 20mg/L 的最大可能影响面积为 156.37km^2 ；平均值约为 63.18km^2 ；大于 10mg/L 的最大可能影响面积为 204.06km^2 ；平均值约为 92.57km^2 。施工悬沙对周围的环境和敏感目标影响很小，将随着施工的开始而消失。

风机桩基础吸出的淤泥不在海区排放；在严格施工管理条件下，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾经收集处理后运至陆上处置，海上工程施工不会

对海洋沉积物质量产生明显影响；本工程采用铝基牺牲阳极保护引起的锌溶解对沉积物环境的累积影响有限，工程运营对区域海洋沉积物环境无明显不利影响。

本项目海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m（涉及新修测海岸线长度约 17m），全部为砂质岸线。施工期基础临时压占造成底栖生物累计损失量为 2.32t，海底电缆施工造成底栖生物累计损失量为 614.83 t，定向钻施工方式正常施工不会造成潮间带底栖动物损失，施工悬浮物扩散施工期造成鱼卵的累积损失量为 4.49×10^9 粒，仔稚鱼的累积损失量为 4.68×10^8 尾，游泳生物的累积损失量为 1.19×10^6 kg。运营期基础永久占压底栖生物累计损失量按 20 年计算，约为 15.5t。项目的施工和运营将对当地的渔业生产产生一定的影响，但桩基础将形成人工鱼礁，一定程度上有利于渔业资源的恢复。

施工期风机基础打桩作业会对渔业资源将产生一定的影响，运行期风机产生的噪声会对部分海洋生物产生一定的影响，需采取一定的防范措施，尽可能降低对海洋生物的影响。风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显，该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物基本上没有影响。

项目用海对鸟类资源将会产生一定的影响，主要包括风机噪声影、光、碰撞、活动范围破碎化、生境质量下降等，最可能影响类群为红嘴鸥，应采取一定措施尽量减少对鸟类的影响。

在登陆点附近海域有五个岛（礁），分别是大堆尾、南心仔、山礁、山礁外岛和山礁内岛，均属于无居民海岛，本项目海底电缆设计时已避开相关岛礁，正常施工和营运不会对岛礁产生不利影响。

项目用海风险主要有通航事故风险，船舶碰撞事故溢油风险，自然灾害风险、其他风险等。本项目位于广东省揭阳市惠来县南部海域，工程附近敏感目标较多，施工期间在工程海域发生溢油事故后，油膜在较短的时间内可到达周边敏感目标，溢油事故的应急处置工作难度较大。因此，应严格加强施工期施工船舶的安全管理，杜绝事故的发生。同时要加强突发事件的风险防范和应急处置能力建设，一旦发生溢油事故，应尽快采取阻拦措施，并组织人员进行油品的回收工作，尽量减小污染。

10.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目周边开发利用内容主要有传统渔港（神泉、靖海、资深）、惠来县神泉示范性渔港建设项目、揭阳港前詹作业区通用码头一期工程、粤东液化天然气项目一期工程、中委合资广东石化 2000 万吨/年重油加工工程、广东惠来电厂项目、神泉海洋保护区、前詹海洋保护区、惠来电厂煤码头锚地、靖海锚地、前詹锚地、澳角锚地、中委 5 千吨级锚地、中委 5 万吨级锚地、粤东液化天然气项目一期工程锚地、原油码头锚地、中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 中、小型船舶航路、中国航路指南：台湾海峡至横澜岛 大型船舶和外国船舶航路、全国沿海航路规划内航路、琼州海峡至台湾海峡（南下）、全国沿海航路规划内航路、琼州海峡至台湾海峡（北上）、广东省航道图-海甲航道/神泉港进港航道、国家电投揭阳神泉海上风电项目#1 测风塔工程、国家电投揭阳神泉海上风电项目#2 测风塔工程、国家电投揭阳靖海海上风电项目测风塔工程、国家电投揭阳神泉一 400MW 海上风电场项目、规划国家电投揭阳靖海 150MW 海上风电场项目，中广核汕尾甲子一海上风电场项目、中广核汕尾甲子二海上风电场项目、中广核汕尾后湖海上风电场项目、陆丰宝丽华甲湖湾海上风电场一期工程后湖风电场（500MW）海上测风塔工程、中广核汕尾甲子海上风电项目海上测风塔工程、揭阳港大南海东岸公共码头防波堤工程、揭阳港大南海东岸公共进港航道工程、揭阳大南海石化工业区海洋放流管工程、中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程调整用海；220kV 海底电缆登陆点附近有较多鲍鱼养殖场。

本项目的协调责任部门为航道、海事主管部门，利益相关者为中海油粤东液化天然气有限责任公司、有关鲍鱼养殖场养殖户（杨永鸿养殖户和方强荣养殖户）。建设单位正在与利益相关者和有关主管单位进行协商，本报告建议与利益相关者达成一致意见后，用海可行。

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。本项目的建设和营运可能会对周边海域的军事活动产生一定的影响，建议建设单位加强与军方进行沟通，在有关管理部门的组织下主动征求意见，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，未取得军事部门明确同意意见前不得开工建设。

10.1.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目所在的海洋功能区为前詹港口航运区、田尾山-石碑山农渔业区、珠海-潮州近海农渔业区，项目周边的海洋功能区有神泉海洋保护区、前詹海洋保护区等。根据《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）本项目所在的海洋功能区为揭阳近海捕捞区、神泉港-港寮湾捕捞区、前詹港口区，周边的海洋功能区有神泉海洋自然保护区、前詹海洋自然保护区、神泉增殖区、港寮湾增殖区等。风电场建设不影响农渔业区和近海捕捞区的主导功能发挥，施工期会对周边海域的海洋环境和通航环境造成一定的影响，但影响较小，随着施工结束将迅速消失，基本满足周边功能区的海域使用管理和环境保护要求，项目用海对周边功能区的影响较小，项目用海符合《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）和《揭阳市海洋功能区划》（2015-2020 年）的相关要求。

根据《广东省海海洋生态红线》（2017），本项目风电场未占用生态红线区，海底电缆除登陆点位于揭阳市大陆海岸线自然岸线保有的港寮湾砂质岸线外，其余部分均未占用生态红线区，邻近的生态红线区有前詹重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、前詹珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区、惠来县人工鱼礁重要渔业海域限制类红线区、珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区。项目施工期会对周边生态红线区的海洋环境造成一定的影响，但影响较小，随着施工结束将迅速消失；海底电缆定向钻方式正常登陆施工不会对岸线造成不利影响，不会破坏此处自然岸线的自然景观和自然属性。项目用海符合《广东省海海洋生态红线》（2017）。

本项目的建设符合《全国海洋主体功能区规划》、《产业结构调整指导目录（2019 年本）》、国家能源局《能源发展“十三五”规划》、《可再生能源发展“十三五”规划》、《电力发展“十三五”规划》、《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》、《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》、《广东省人民政府关于培育发展战略性新兴产业集群和战略性新兴产业集群的意见》、《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》、《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划

(2021—2025 年)》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东海洋经济综合试验区发展规划》、《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》、《广东省生态文明建设“十四五”规划》、《揭阳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》、《揭阳市惠来县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。与《揭阳港总体规划》（2010）可协调。

10.1.6 项目用海合理性分析结论

本工程风电场场址区位于揭阳市惠来县南部海域，建设场地已在《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）》考虑。所在区域的区位和社会条件能满足项目建设的要求；与自然资源和生态环境相适宜，风资源较丰富；场地稳定性和工程地质条件较好，在采取必要的桩基础结构和合理的施工方案等工程措施的前提下，项目选址能满足相应场地要求；项目选址符合海洋功能区划；项目建设有利于该区域海洋经济的协调发展，对周边海域的资源环境影响较小；项目在协调好与周边利益相关者的关系前提条件下，选址与周边其它用海活动是适宜的。通过对宏观选址和微观选址的分析，项目用海选址是合理的。

本工程的风机机组、海上升压站、集电线路和 220kV 主海缆经过了充分设计和多次优化，能充分利用海域的空间资源和风能资源，产生最大的发电效益，在规划的风电场范围内集约节约用海；海底电缆经过优化后，用海面积和铺设施工对资源环境的影响相对较小，提高了项目的用海合理性。项目用海平面布置方案合理。本项目主要水工建筑物是风机基础、海底电缆和海上升压站，风机基础和海上升压站采用桩基础的结构方案，用海方式分别为透水构筑物 and 海底电缆管道，用海方式能满足本项目的使用功能，符合有关规范的规定，符合海洋功能区划的管理要求，用海方式合理。

本项目风电场外缘边线包络海域面积约 55.79 平方公里，项目总申请用海面积 494.6086 公顷，其中风机（透水构筑物）用海面积 83.0200 公顷，海上升压站（透水构筑物）用海面积 2.0909 公顷，220kV 海底电缆用海面积 198.2778 公顷，集电线路用海面积 211.2199 公顷；海底电缆登陆点保护带涉及岸线长度约 28m（涉及新修测海岸线长度约 17m），不改变海岸线自然属性。项目设计符合相关

行业标准和规范，能满足项目的建设需求，宗海图绘制符合规定，量算准确，符合海上风电相关用海控制指标和岸线管控要求，现阶段，不存在减少用海面积的可行性，从集约节约用海角度考虑，用海面积合理。

本项目基础设计防腐安全时间为 27 年，风机基础的安全工作年限为 25 年。总工期计划为 22 个月，拟申请使用海域 27 年，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。

10.1.7 项目用海可行性结论

本项目的建设有利于促进揭阳及粤东地区经济增长；项目所在地的地质条件适宜，交通较便利，风能资源较好，资源环境能满足本项目建设的需要；项目增容已取得主管部门同意；项目用海对周边海域的资源环境影响较小，资源损失可通过生态补偿的方式进行补偿；在做好有关安全防范对策措施的前提下，项目风险可控；项目用海的利益相关者可协调；符合海洋功能区划和相关规划；项目用海选址适宜，用海方式符合有关规范的规定，平面布置方案经过多次优化后布置合理，有利于集约节约用海；项目宗海图绘制规范，面积量算合理，申请用海期限符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

在项目建设方做好本报告书提出的相关对策措施的前提下，本报告书认为国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目用海可行。

10.2 建议

1、本报告书引用的调整后的项目海洋环境影响报告书的数模专题研究材料为送审稿，有关项目的资源环境影响分析内容建议以环境影响报告书内容为准；

2、经过了解，本项目暂未取得军事部门的支持性意见，建议建设单位应按照国家电投揭阳神泉二 350MW 海上风电项目增容项目用海要求实施本项目；

3、本项目 220kV 海底电缆的路由勘察工作暂未完成，如路由勘察后 220kV 海底电缆的位置发生变化，建议再次进行论证。

说明：资料来源说明

1、引用资料（略）

2、现场调查资料（略）

附录（略）

附件（略）