



广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目 海域使用补充论证报告书

（简缩本公示版）

国家海洋局南海调查技术中心

中国广州

二〇二一年五月

广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目 海域使用补充论证报告书

（简缩本公示版）

国家海洋局南海调查技术中心

中国广州

二〇二一年五月



论证报告编制信用信息表

论证报告编号		4408252021000352	
论证报告所属项目名称		广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目	
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
陈际雨	BH000763	论证项目负责人	
陈际雨	BH000763	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 8. 海域使用对策措施 9. 结论与建议	陈际雨
刘激	BH001097	4. 项目用海资源环境影响分析 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	刘激
王志良	BH000839	2. 项目用海基本情况 7. 项目用海合理性分析	王志良
<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: center;">承诺主体(公章):</p> <p style="text-align: center;">2021年4月21日</p>			

关于《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目海域使用补充论证报告书》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）相关要求，我单位对《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目海域使用补充论证报告书》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内容及数据，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.本报告为项目调整后的补充论证报告书，部分内容在原论证报告书中已详细介绍，本次调整未发生变化，本补充论证报告书不予介绍和分析。

目 录

1 概述.....	- 1 -
1.1 论证工作由来.....	- 1 -
1.2 论证依据.....	- 2 -
1.2.1 法律法规及相关文件.....	- 2 -
1.2.2 相关规划和区划.....	- 4 -
1.2.3 技术标准和规范.....	- 5 -
1.2.4 项目基础资料.....	- 5 -
1.3 论证工作等级和范围.....	- 7 -
1.3.1 论证工作等级.....	- 7 -
1.3.2 论证工作范围.....	- 8 -
1.3.3 论证重点.....	- 8 -
2 项目用海基本情况.....	- 10 -
2.1.项目建设内容.....	- 10 -
2.2 风力发电机组平面布置和主要结构、尺度.....	- 11 -
2.2.1 总平面布置方案.....	- 11 -
2.2.2 风机机型选择及风电机组平面布置.....	- 12 -
2.2.3 风机主要结构、尺度.....	- 13 -
2.2.4 海上升压站主要结构、尺度.....	- 13 -
2.2.5 海底电缆.....	- 13 -
2.2.6 登陆点.....	- 13 -
2.2.7 主要配套工程.....	- 15 -
2.3 项目主要施工工艺与方法.....	- 16 -
2.3.1 风电机组基础施工.....	- 16 -
2.3.2 风电机组安装.....	- 19 -
2.3.3 海上升压站施工.....	- 19 -
2.3.4 陆上集控中心施工.....	- 19 -
2.3.5 海缆敷设施工.....	- 20 -

2.3.6 施工总进度.....	- 21 -
2.3.7 土石方量及疏浚开挖泥处置方式.....	- 22 -
2.3.8 220kv 海缆登陆施工.....	- 23 -
2.3.9 工程特性.....	- 23 -
2.4 项目申请用海情况.....	- 23 -
2.4.1 项目申请用海面积.....	- 23 -
2.4.2 项目申请用海期限.....	- 24 -
2.5 项目用海必要性.....	- 24 -
2.5.1 项目建设必要性.....	- 24 -
2.5.2 项目用海和调整的必要性.....	- 27 -
3 项目所在海域概况.....	- 29 -
3.1 自然环境概况.....	- 29 -
3.1.1 气象.....	- 29 -
3.1.2 海洋水文.....	- 29 -
3.1.4 工程地质.....	- 29 -
3.1.5 主要海洋自然灾害.....	- 31 -
3.1.6 海洋环境质量现状.....	- 31 -
3.1.7 声环境现状调查与评价.....	- 38 -
3.2 海洋生态概况.....	- 38 -
3.2.1 调查概况.....	- 38 -
3.2.2 2018 年 4 月（春季）调查.....	- 39 -
3.2.3 2018 年 9 月（秋季）调查.....	- 50 -
3.3 自然资源概况.....	- 63 -
3.3.1 渔业资源.....	- 63 -
3.3.1 渔业资源.....	- 64 -
3.3.2 风能资源.....	- 69 -
3.4 开发利用现状.....	- 69 -
3.4.1 社会经济状况.....	- 69 -
3.4.2 海域开发利用现状.....	- 70 -
3.4.3 海域使用权属现状.....	- 74 -

4 项目用海资源环境影响分析.....	- 74 -
4.1 项目用海对海洋环境的影响分析.....	- 74 -
4.1.1 水文动力环境影响预测与评价.....	- 74 -
4.1.2 局部桩基数量变化后水文动力环境影响预测与评价.....	- 76 -
4.1.2 地形地貌与冲淤影响预测与评价.....	- 78 -
4.1.3 海水水质影响预测与评价.....	- 80 -
4.1.4 海洋沉积物环境影响预测与评价.....	- 85 -
4.2 海洋用海生态影响分析.....	- 86 -
4.2.1 施工期对海洋生态环境的影响分析.....	- 86 -
4.2.2 运营期对海洋生态环境的影响分析.....	- 90 -
4.2.3 对海洋生态系统服务功能的影响分析.....	- 93 -
4.2.4 对红树林影响分析.....	- 93 -
4.3 项目用海资源影响分析.....	- 94 -
4.3.1 项目用海对岸线资源的影响分析.....	- 94 -
4.3.2 项目用海对风能资源的影响分析.....	- 94 -
4.3.3 项目用海对航道资源的影响分析.....	- 94 -
4.4 项目用海风险分析.....	- 95 -
5 海域开发利用协调分析.....	- 96 -
5.1 项目用海对海域开发活动影响.....	- 96 -
5.1.1 对附近港口航运区的影响分析.....	- 96 -
5.1.2 对锦和镇外罗渔港航道疏浚工程的影响分析.....	- 98 -
5.1.3 对附近养殖区的影响分析.....	- 100 -
5.1.4 对附近海洋保护区的影响.....	- 101 -
5.1.5 对附近海域人工鱼礁区的影响分析.....	- 102 -
5.1.6 对附近海域风电场的影响分析.....	- 102 -
5.1.7 对附近海域测风塔的影响分析.....	- 103 -
5.1.8 对其他海底管线区的影响.....	- 103 -
5.1.9 对冷冻厂制冰厂的影响分析.....	- 103 -
5.1.10 对渔业生产的影响分析.....	- 103 -
5.2 利益相关者界定.....	- 104 -

5.3 相关利益协调分析.....	- 104 -
5.3.1 与项目附近村委会和养殖户的协调.....	- 104 -
5.3.2 与当地航道、海事主管部门的协调.....	- 105 -
5.3.3 与**发电有限公司的协调.....	- 106 -
5.3.4 与**委员会的协调.....	- 106 -
5.4 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析.....	- 107 -
6 方案变更后与功能区划及相关规划符合性分析.....	- 108 -
6.1 与海洋功能区划符合性分析.....	- 108 -
6.2 与广东省海洋生态红线的符合性分析.....	- 108 -
6.3 项目建设与相关规划的符合性分析.....	- 108 -
6.3.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性.....	- 108 -
6.3.2 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性.....	- 108 -
6.3.3 与《产业结构调整指导目录(2019年本)》的符合性.....	- 108 -
6.3.5 与《可再生能源发展“十三五”规划》的符合性.....	- 109 -
6.3.6 与《电力发展“十三五”规划》的符合性.....	- 109 -
6.3.7 与《可再生能源中长期发展规划(2007)》的符合性.....	- 109 -
6.3.8 与《广东省海上风电发展规划(2017-2030)(修编)》的符合性.....	- 109 -
6.3.9 与《广东省能源发展“十三五”规划(2016-2020年)》的符合性.....	- 109 -
6.3.10 与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性.....	- 109 -
6.3.11 与《广东省海洋经济发展“十三五”规划》的符合性.....	- 109 -
6.3.12 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性.....	- 110 -
6.3.13 与《湛江港总体规划》的符合性.....	- 110 -
7 项目用海合理性分析.....	- 111 -
7.1 用海选址合理性分析.....	- 111 -
7.2 用海方式和平面布置合理性分析.....	- 113 -
7.2.1 项目用海方式的合理性分析.....	- 113 -
7.2.2 项目用海平面布置的合理性分析.....	- 113 -
7.3 用海面积合理性分析.....	- 117 -
7.3.1 项目用海面积与项目用海需求及相关设计标准和规范的符合性分	

析.....	- 117 -
7.3.2 岸线使用长度合理性及与岸线管控指标要求的符合性分析....	- 118 -
7.3.3 项目用海与相关用海控制指标要求的符合性分析.....	- 118 -
7.3.4 项目宗海界定的合理性分析.....	- 122 -
7.4 用海期限合理性分析.....	- 123 -
8 海域使用对策措施分析.....	- 124 -
9 生态用海综合论证.....	- 124 -
9.1 产业准入与区域管控要求符合性分析.....	- 124 -
9.2 岸线保护措施与新形成岸线的生态化建设合理性分析.....	- 124 -
9.3 污染物排放与控制.....	- 124 -
9.4 生态保护与修复.....	- 124 -
9.5 生态环境监测方案.....	- 124 -
10 结论与建议.....	- 125 -
10.1 结论.....	- 125 -
10.1.1 项目用海基本情况及必要性分析结论.....	- 125 -
10.1.2 项目用海必要性和调整必要性结论.....	- 125 -
10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论.....	- 126 -
10.1.4 海域开发利用协调分析结论.....	- 128 -
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.....	- 129 -
10.1.6 项目用海合理性分析结论.....	- 130 -
10.1.7 项目用海可行性结论.....	- 131 -
10.2 建议.....	- 131 -

1 概述

1.1 论证工作由来

广东省具有发展海上风电的资源优势，海上风电是最具规模化开发前景的领域之一，广东省要提高可再生能源占能源消费总量的比重，必须大力发展海上风电。根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193号），综合考虑风能资源分布情况、建设条件、产业基地配套和项目经济性等因素，全省规划海上风电场址23个，粤电湛江外罗海上风电项目二期为近海浅水区15个规划风电场址之一。到2025年底，建成投产海上风电装机规模300万千瓦，初步形成海上风电规模化开发格局。到2030年底，建成投产海上风电装机规模约800万千瓦，形成规模化沿海风电带；海上风电产业成为广东省国际竞争力强的优势产业之一。

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》，湛江外罗海上风电场（一期和二期）位于湛江市外罗镇东面海域，场址最近端距离外罗镇陆岸10千米，最远端距离陆岸20千米。场址用海面积64平方千米，水深19米以内，规划装机容量40万千瓦。分为两期开发，其中一期工程建设规模为198MW，二期工程拟布置37台5.5MW风机，装机容量为203.5MW。一期工程已于2019年7月23日取得《广东省人民政府关于广东粤电湛江外罗海上风电场项目用海变更的批复》（粤府海审〔2019〕（1）6号），选用36座5.5兆瓦风电发电机组，配套建设1座220kV海上升压站，35kV集电海底电缆，220kV登录电缆以及1座陆上集控中心。本项目即广东粤电湛江外罗海上风电项目工程二期，调整前风电场外围风机包络用海面积约23.22km²，装机容量为203.5MW，共布置37台5.5MW风机，220kV海上升压站、35kV场内集电海缆、220kV送出海缆、陆上220kV升压站等工程项目。

本项目涉及到的用海内容有风机用海、海上升压站用海、风电场35kV集电线路用海和220kV海底输送电缆用海，用海超过三个月。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，广东粤电曲界风力发电有限公司委托中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司承担项目前期申报及核准工作。

2018年2月1日，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司（工可单位）

委托国家海洋局南海调查技术中心承担粤电湛江外罗二期海上风电项目海域使用论证工作。2018年7月23日~24日，湛江市海洋与渔业局在湛江市组织召开了《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期海域使用论证报告书（送审稿）》专家评审会，报告通过专家评审；论证单位根据与会专家及代表意见对送审稿进行了修改和完善，最终形成《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期海域使用论证报告书（报批稿）》，2018年8月2日，专家组对“原论证报告书”进行复核，同意报告书复核稿的内容和结论；2018年8月7日，广东粤电曲界风力发电有限公司（建设单位）收到湛江市海洋与渔业局出具《关于广东粤电湛江外罗海上风电项目二期用海预审意见的函》（湛海渔函[2018]373号，见附件11），批示用海情况为“广东粤电曲界风力发电有限公司建设的广东粤电湛江外罗海上风电二期项目拟申请用海总面积为150.8772公顷，其中透水构筑物用海总面积35.5089公顷（风机用海33.5812公顷，升压站用海1.9277公顷），海底电缆管道用海总面积115.3683公顷，项目穿越自然岸线21m，项目申请用海年限27年。”2020年8月7日，本项目获得广东省政府的批复《广东省人民政府关于广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目用海的批复》（粤府海审[2020]（1）32号）。

随着风电机组技术水平进步，在保证装机容量不变的前提下，可以采用更少数量的机组，优化海缆布置，降低用海面积，体现尽量最大化利用海域资源的用海原则。与原项目设计方案相比，广东粤电曲界风力发电有限公司拟将风机单机容量由5.5MW增加至6.25MW，风机台数由37台减少为32台，风电场仍位于规划场址范围内；为优化利用场址风能资源，升压站、220kV海缆和风机之间连接的海缆也随风机机型和排布变化做了调整，登陆点位置保持现状。根据相关规定，如用海方案发生变化，应将变化情况上报批准后方可继续使用海域。因此，本项目应该重新提出海域使用申请，论证调整后的海域使用是否可行。

受建设单位和项目总承包方委托，国家海洋局南海调查技术中心组成项目组，根据调整后的工程情况，对项目建设海域使用进行了补充论证，形成了本海域使用补充论证报告书。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规及相关文件

本项目海域使用论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律法规，

以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

- 1) 《中华人民共和国海域使用管理法》（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日修订）；
- 3) 《中华人民共和国港口法》（2015年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议修订）；
- 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》（2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议修订）；
- 8) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例(2018年修订)》（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）；
- 9) 《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》（修改后2018年3月19日起施行）；
- 10) 《关于调整海域、无居民海岛使用金征收标准的通知》，财政部、国家海洋局，财综[2018]15号；
- 11) 《关于印发<海域使用论证管理规定>的通知》，国海发[2008]4号（国家海洋局，2008年1月23日）；
- 12) 《不动产登记暂行条例》，国务院，中华人民共和国国务院令 第656号；
- 14) 《海岸线保护与利用管理办法》（国家海洋局，2017年1月19日）；
- 15) 《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）；
- 16) 《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) 《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；

- 19) 《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；
- 20) 《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；
- 21) 《国家海洋局关于完善国家海洋局直接受理项目用海审查工作有关问题的通知》，2013年3月4日；
- 22) 《广东省人工鱼礁管理规定》，2004年11月1日起实施；
- 23) 《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）；
- 24) 《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）。

1.2.2 相关规划和区划

- 1) 《全国海洋功能区划（2011~2020年）》，2012年3月3日批准；
- 2) 《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》（2016年10月11日修订）；
- 3) 《广东省海洋生态红线》，2017年9月29日；
- 4) 《全国海洋主体功能区规划》，国发（2015）42号，2015年8月1日；
- 5) 《广东省海洋主体功能区划规划》，2017年12月8日批准；
- 4) 《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》，2018年4月11日；
- 5) 《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4日；
- 6) 《全国海岛保护工作“十三五”规划》，2016年12月28日；
- 7) 《国家能源局能源发展“十三五”规划》，2016年12月；
- 8) 《电力发展“十三五”规划（2016-2020年）》，2016年11月；
- 9) 《可再生能源中长期发展规划（2007）》2007年8月；
- 10) 《广东省海洋经济发展“十三五”规划》，2017年4月；
- 11) 《广东海洋经济综合试验区发展规划》，2011年7月；
- 12) 《广东省能源发展“十三五”规划（2016-2020年）》，2016年11月；
- 13) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（粤府[2017]120号）；
- 14) 《湛江市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》（湛府〔2016〕34号）。

2016 年 4 月；

15) 《湛江市海洋经济发展“十三五”规划（2016-2020 年）》，湛江市海洋与渔业局，2017 年 6 月；

16) 《湛江市近岸海域环境功能区划》，2007 年 7 月。

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) 《海洋生物质量标准》（GB18421-2001）；

8) 《渔业水质标准》（GB11607-89）；

9) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；

10) 《海域使用面积测量技术规范》（HY070-2003）；

11) 《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2001）；

12) 《中国海图图式》（GB12319-1998）；

13) 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-1998）；

14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.4）；

15) 《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）；

16) 《宗海图编绘技术规范》，HY/T251-2018。

1.2.4 项目基础资料

原论证报告阶段项目基础资料：

(1) 《国家能源局关于同意开展广东粤电湛江外罗海上风电项目开展前期工作的函》（国能新能[2012]129 号）；

(2) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期可行性研究报告》，2018.12，中国能

源建设集团广东省电力设计研究院有限公司；

(3) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目工程海洋环境影响报告书》，2017.1，上海勘测设计研究院有限公司（国环评证甲字第1812号）

(4) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目工程区及周边海域中华白海豚、江豚的调查与保护对策》，南京师范大学；

(5) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目水域生态环境现状监测与评价报告（秋季）》，2017.1，中国水产科学研究院南海水产研究所；

(6) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目水域生态环境现状监测与评价报告（春季）》，2017.6，中国水产科学研究院南海水产研究所；

(7) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目鸟类现状调查及评价报告》，2017.6，中山大学生命科学学院；

(8) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目工程附近海域红树林生态现状监测》，2014.10，中国水产科学研究院南海水产研究所；

(9) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目通航安全影响论证报告》，2018.5，广州中洋航海技术研究所；

(10) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目水下噪声和电磁环境对海洋生物影响研究专题报告》，2017.7，厦门大学；

(11) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目岩土工程勘察报告》，2018.4，中交第四航务工程勘察设计院有限公司；

(12) 《广东粤电湛江外罗海上风电场项目二期海底电缆路由选择依据说明材料》，2018.6，广州三海海洋工程勘察设计中中心；

(13) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目可行性研究阶段水下地形测量技术报告》，2012.7，中交第四航务工程勘察设计院有限公司；

(14) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目工程规划报告》，2012.10，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司；

(15) 《国电投湛江徐闻海上风电项目冬季全潮水文观测报告》，2018年1月，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司；

(16) 水文动力数值模拟计算，上海勘测设计研究院有限公司提供，2018年7月。现阶段项目补充基础资料；

(17) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》，2020年2月，中国电力建设集团华东勘测设计研究院有限公司；

(18) 《湛江徐闻海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》，2020年6月，国家海洋局南海调查技术中心；

(19) 《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期海洋环境影响专题评估报告（送审稿）》，2021年4月，广东三海环保科技有限公司。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

本项目调整前后建设内容不变，本项目用海类型属于工业用海-电力工业用海（三）和海底工程用海-电缆管道（一）用海，风机和海上升压站等用海方式为构筑物用海（一级用海方式）-其他透水构筑物用海（二级用海方式）；风机间集电线路 35kV 海底电缆和 220kV 海底输送电缆用海方式为其他用海方式（一级用海方式）-海底电（光）缆（二级用海方式），调整前后工程用海方式不变。

调整前：根据《海域使用论证技术导则》中海域使用论证工作等级划分的有关规定，本工程共布置 37 台 5.5MW 的风机，装机容量 203.5MW，风电场外围包络用海面积约为 23.22km²，单位占海为 11.41km²/10 万 kW。

本项目用海总面积约 150.8772hm²，其中风机基础用海面积约 33.5812hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（其他透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.3683hm²（包括 220 kV 海底电缆用海 42.1523hm²，35 kV 海底电缆用海 73.2160hm²），其中 35kV 海缆长度为 37.54 km，220kV 海缆长度 20.91km。

调整后：根据《海域使用论证技术导则》中海域使用论证工作等级划分的有关规定，本工程共布置 32 台 6.25MW 的风机，装机容量 200 MW。

本项目用海总面积约 146.1799 hm²，其中风机基础用海面积约 29.0432hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.2090 hm²（海底电缆管道包括 220 kV 海底电缆用海 42.1438 hm²，35 kV 海底电缆用海 73.0652 hm²），其中 35kV 海缆长度约 39.87 km，220kV 海缆长度约 20.91 km。风电场外围包络用海面积基本不变，单位占海与调整前相近。

调整前后项目论证等级判定表见表 1.3-2，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”，调整后项目总的论证等级仍为一级。

表 1.3-2 论证等级分析表

用海方式	调整前		调整后		对应的导则要求	备注
	用海面积 (公顷)	等级	用海面积 (公顷)	等级		
其他透水构筑物用海	35.5089	一级	30.9709	一级	构筑物总长度≥2000 m; 用海面积≥30公顷	海上升压站和风机基础
海底电(光)缆	115.3683	三级	115.2090	三级	所有规模	风机间35kv集电线路和220kV连陆海缆
综合等级	——	一级	——	一级	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	

注：本表中用海方式采用《海域使用论证技术导则》（2010）中“表 1 海域使用论证等级判据”中分类名称。

1.3.2 论证工作范围

国家海洋局国海发【2010】22号文件颁布的《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，一级论证每侧向外扩展 5km。根据项目用海的情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状和论证工作等级，本项目水文动力环境评价范围为一个潮周期内水质点可能达到的最大水平距离的两倍，海洋水质和海洋生态评价范围则为规划实施可能造成的悬浮扩散与污染影响范围。考虑本工程海域潮流特性及可能的海洋水质环境影响范围，项目调整前后仅涉及风电场内风机和海底电缆数量和位置变化，确定项目论证工作范围与原论证报告一致。

1.3.3 论证重点

调整后项目主用海类型仍属于工业用海-电力工业用海，论证重点为在原海域使用论证报告书基础上，重点论证进行调整的内容：（1）项目用海调整必要性；（2）项目用海选址（线）合理性；（3）用海方式和布置合理性分析；（4）海域开发利用协调分

析；（5）项目用海资源环境影响。

2 项目用海基本情况

本节内容引用自《广东粤电湛江外罗海上风电二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月）和《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期可研报告（审定稿）》（2018年7月）以及项目原论证报告相关内容。

2.1.项目建设内容

方案调整后，项目名称、性质、投资主体、地理位置和建设内容均不发生改变，建设规模和投资有所变化。

- （1）项目名称：广东粤电湛江外罗海上风电项目二期工程
- （2）投资主体：广东粤电曲界风力发电有限公司
- （3）项目性质：新建项目
- （4）海域使用申请单位：广东粤电曲界风力发电有限公司
- （5）项目地理位置：广东省湛江外罗东侧海域。
- （6）建设周期：18个月

项目建设内容与规模：

项目调整前后建设内容不发生改变，均为风机机组、升压站、35kV海缆、220kV海缆及陆上集控中心，只是建设规模发生了变化。

本次补充论证报告阶段，装机容量为200MW，共布置海上32台6.25MW风机，220kV海上升压站、35kV场内集电海缆、220kV送出海缆、建设陆上220kV升压站等工程项目。工程调整后仍旧位于原工程场址规划范围内，220kV主电缆路由走向保持不变。

根据总承包方提供信息及收集资料情况，由于近几年风电机组技术水平进步，在保证装机容量不变的前提下，采用更少数量的机组，优化海缆布置，从而降低用海面积，因此对风机台数型号及排布等进行调整。根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月），并结合相关测绘规范，风电场工程的35kV海缆长度约39.87km，220kV海缆长度约20.91km。调整后广东粤电湛江外罗海上风电项目二期共布置32台6.25MW的风电机组，装机容量为200MW，同时配套建设220kV海上升压站一座，风电机组发出电能通过35kV集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过1回220kV海底电缆接入位于陆上运维基地内的集控中心。采用风能资源分析软件

WAsP 计算得 32 台机组年上网电量为 59044 万 kWh，年等效满负荷小时数为 2952h。

项目投资略。

调整前：本项目投资范围包括海上风电场、220kV 海上升压站、220kV 海缆登陆工程和陆上集控中心。主要指标如下：工程静态投资：362635 万元，单位千瓦静态投资 17820 元/kW；其中建安工程费 126170 万元，设备购置费 190773 万元，其他费用 45693 万元。工程动态投资：378912 万元，单位千瓦动态投资 18620 元/kW；其中建设期贷款利息 16277 万元。

调整后：本项目资本金占总投资的 20.0%，其余资金为银行贷款。投资范围包括海上风电场、220kV 海上升压站、220kV 海缆送出工程及陆上集控中心，投资主要指标如下：工程静态投资 348761.32 万元，单位千瓦静态投资 17438 元/kW，工程总投资 357356.00 万元，单位千瓦动态投资 17868 元/kW，项目总投资 357356 万元。

2.2 风力发电机组平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 总平面布置方案

本风电场位于《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》中湛江市的规划范围内。建设内容主要包括以下三部分，在风场范围内布置风电机组，风电机组发出电能通过 35kV 集电海底电缆接入海上升压站，升压后通过 220kV 海底电缆接入位于陆上的集控中心。调整前后项目方案布置叠加对比见图略。

（1）海上风电机组

调整前：在风场范围内共布置 37 台 5.5MW 的风电机组，装机容量为 203.5 MW。

调整后：在风场范围内共布置 32 台 6.25MW 风机，装机容量为 200 MW。

（2）海上升压站

调整前后本工程设置海上升压站一座不变，220kV 升压站选择在场址西侧(靠近陆地及集控中心侧)靠中间的位置，选址意向不变。海上升压站为整体式结构，拟采用整体吊装方式，基础为导管架基础，综合考虑风电场电气接线、海缆路由、升压站基础结构和施工等因素，海上升压站布置在 22#和 23#风机之间的海域，该处水深条件良好，可满足大型驳船和浮吊船的施工作业。

（3）35 kV 场内集电海缆：

位于风场范围内，主要是连接风机与风机之间、风机与海上升压平台之间。风电场内 35kV 海底电缆沿风电机之间连线路径布置采用海上专用电缆敷设船敷设。

(4) 220 kV 送出海缆：

位于风场范围及风场范围至集控中心之间，主要用于连接升压站至集控中心之间。220 kV 送出海缆平面布置、型号及结构型式略。

(5) 陆上集控中心：

调整前、后本项目陆上集控中心位置不变。本期不新建陆上集控中心，利用一期外送工程统一送出。海域使用论证报告书不做分析。

(6) 登陆点：

调整前、后本项目 220kV 海缆登陆区不变。

2.2.2 风机机型选择及风电机组平面布置

2.2.2.1 机型选择

风机机型选择略。

2.2.2.2 单机容量选择

从国外海上风电场的发展现状看，海上风电采用的主流机组单机容量已发展到 3MW 以上，目前单机 6MW 机组也已投入运行，并已有风电机组厂商及研究部门开发更大容量的风电机组。可见，风电机组走大型化是今后海上风电发展的必然趋势。

但对于海上风电场，并不是选择单机容量越大的机组，其项目经济性就越好，风力发电机组的选择除了以测风和长年代风资源评估为依据外，还要受风电场自然环境条件、交通运输条件、吊装条件、设备供应市场情况等制约，同时在技术先进和运行可靠的前提下，选择性价比较好的风力发电机组。结合国内外海上风电机组的制造水平和风机大型化的趋势，以及国内厂家海上风电机组的研发情况，最终推荐机型应综合考虑风电场区域的风资源等自然条件、工程经济性和安全性择优选择。

调整前：本工程共安装 37 台 5.5MW 风力发电机组，选择 MySE5.5-155 作为本项目发电机型。转轮直径为 155m，轮毂高度为 100m。

调整后：根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告》第 6 章“风电机组选型、布置及风电场发电量计算”，广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目已完

成 EP 标段招标工作，根据招标结果，调整后的风电场工程拟安装 32 台上海电气 SWT-6.25-172 机型，总装机容量 200MW。调整后相比调整前增大了单台风机的装机容量，能使用数量更少的风机数达到效果相近的装机容量。

2.2.2.3 轮毂高度选择

轮毂高度选择略。

2.2.2.4 风电机组布置

调整前后风机布置仍在规划范围内，整体上看主要是风机数量减少和少部分风机布置点位的变更，风机台数由 37 台减至 32 台，减少了本项目的用海面积。

2.2.2.5 风电场发电量计算

调整后风电场的总体效能要为显著。风电场发电量计算略。

2.2.3 风机主要结构、尺度

根据与原论证报告进行对比，调整前后风机基础形式不做改变。单桩参考基础结构布置略。

2.2.4 海上升压站主要结构、尺度

海上升压站设计方案调整前后，主要发生的变化包括升压站平台尺寸和部分设计参数，其他方案如布设位置，设计标准、上部平台布置、逃生和安全疏散系统布置等基本一致。其他未变化的部分详见初步设计报告相关工程介绍内容。

下部基础结构调整前、后均采用四桩导管架结构基础方案。

2.2.5 海底电缆

35 kV 海缆路由和 220kV 海缆路由海底电缆的结构参数略。

220kV 海底电缆调整前后路由走向保持一致。

2.2.6 登陆点

根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020 年 2 月），项目登陆点在本次工程内容调整前、后保持一致。

本路由登陆点位置的选取主要依据以下原则：（1）依据陆上集控中心的位置，就近选取合适的海岸进行登陆；（2）登陆海岸与陆上集控中心之间的陆域有可铺设电缆的通道；（3）登陆海岸处地形较平坦，无礁石分布；（4）登陆海岸处无其他已确权的用海项目。广东粤电湛江外罗海上风电项目二期场址位于湛江市徐闻县，新寮岛以南、外罗以东的近海区域。考虑到湛江外罗风电场群的集中规划，确定与广东粤电湛江外罗海上风电项目一期项目、新寮海上风电项目和国家电投湛江徐闻海上风电场项目采用同一个登陆点。经统一规划，共用一个登陆点，使用同一条廊带。目前登陆点海上升压站位置已经确定。

本项目 220kV 主海缆陆侧登陆段距离较长，且登陆点附近海岸存在生态保护区，针对海缆登陆点较长且存在生态保护区的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，本工程拟采用定向钻施工技术，减轻海缆施工对保有自然岸线的影响。



图 2.2-8 陆上集控中心站址位置示意图

本项目 220kV 主海缆陆侧登陆段距离较长，且登陆点附近海岸存在生态保护区，针对海缆登陆点较长且存在生态保护区的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，本工程拟采用定向钻施工技术，减轻海缆施工对保有自然岸线的影响。

2.2.7 主要配套工程

项目主要配套工程调整前、后保持一致。本章节内容引自《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月）。

2.2.7.1 陆上集控中心

现阶段，本工程拟安装 32 台单机容量 6.25MW 风力发电机组，总装机容量 200MW。电场配套新建一座 220kV 海上升压站。风电场所发电能汇集至海上升压站 35kV 母线，经主变升压至 220kV 后通过 1 回 220kV 海缆登陆接至湛江外罗一期风电场 220kV 陆上集控中心，本期不新建陆上集控中心，利用一期外送工程统一送出。

2.2.7.2 电气设备

电气一次略。

2.2.7.3 工程消防设计

本工程消防设计考虑风电机组、海上升压站和陆上集控中心的各类火灾的防止和扑灭，立足自救。设计根据“预防为主，防消结合”的消防工作方针，遵循立足国内、中等适用的指导思想，在设计中严格执行国家有关防火规范和标准，设计方案略，积极采取行之有效的先进防火技术，在加强火灾监测报警的基础上，对重要设备采用相应的消防措施。

2.2.7.4 海上升压站给排水设计

（1）给水系统

海上升压站平台生活的补水，采用运维船补给的方式，系统供水水质应满足现行国家《生活饮用水卫生标准》（GB5749）的规定。

（2）污水系统

生活污水主要包括厨房废水、粪便污水、洗涤污水、淋浴污水等，在平台底层设置成套污水处理设备，处理能力 4500L/d。

2.2.7.5 其他设计

防腐蚀耐久性设计、监测设计、场内连接线路设计、生产、生活区规划、空中导航标志略。

靠船防撞设计

本工程规划风电场选址阶段，通过与当地航道主管部门、海事局及其他相关部门的沟通，已避开海上主要航道航线，且对养殖区影响较小。同时，风电场建设完成后，将完成风电场场址的征海工作，在风电场外围设置航标灯，引导过往渔船航行，禁止过往船只进入风电场。

2.3 项目主要施工工艺与方法

本项目调整后施工工艺与方法与调整前基本保持一致，以下仅在相关章节根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月）进一步更新现阶段工程量。现结合工程条件及特点，针对海上风电项目的施工工艺进行介绍说明。

广东粤电湛江外罗海上风电项目二期位于湛江市新寮岛东面海域，场址距离西侧徐闻县陆域的最近距离约 15km，最远距离约 20km。场区内海底地形有一定起伏，整体西侧高、东侧低，海底高程约-5.0m~-11.5m，为海相、河湖相沉积地貌单元，海底表层以粉砂等为主。

本工程规划装机容量约 200MW，现阶段初拟安装 32 台单机容量 6.25MW 变桨变速风力发电机组，转轮直径 172m，轮毂高度 105m，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站，陆地集控中心在广东粤电湛江外罗海上项目陆上集控中心中扩建。风电机组发出的电能通过 8 回 35kV 集电海底海缆接入海上升压站，升压后通过 1 回 220kV 海底电缆输送到陆上集控中心。

2.3.1 风电机组基础施工

2.3.1.1 基础施工方案

风机基础的主要施工方案原论证报告已有详细描述，此处依据初步设计报告进行

介绍。本工程风机采用单根直径 6.5~7.0m 钢管桩定位于海底，承受波浪、海流荷载及风机塔架传递的风荷载，平均桩长为 70.0~80.0m，壁厚 60mm~80mm，桩顶高程为 13.0m，平均入土深度约 42.0~73.0m，桩重约 800t。本阶段单桩基础施工程序考虑为：**钢管桩制作→钢管桩运输→钢管桩沉桩施工→基础保护施工→附属构件安装。**

根据对钢管桩运输要素的分析，管桩运输长度是船舶选型的控制要素，本阶段配套选择 5000t 自航驳运输进行单桩运输，每根钢管桩使用 3 个搁置架（每个约重 3t）焊在甲板上。

根据本工程单桩设计参数，单桩平均重量在 800t 左右，考虑海上施工作业，起重机械应具有 1500t 及以上吨位的起重能力，吊高 90m 以上（不包含水深），舷外吊距大于 20m，本方案采用 1500t 起重船作为主起重船。

结合我方海上风电场项目中单桩施工经验，综合考虑工程地质、桩基设计要求（桩基持力层、桩身结构、质量等）因素，根据外罗一期实际沉桩结果，首选桩锤选用 IHC-S2000，备用锤型 IHC-S3000 液压锤。单桩基础施工总工艺流程如图 2.3-1 所示。

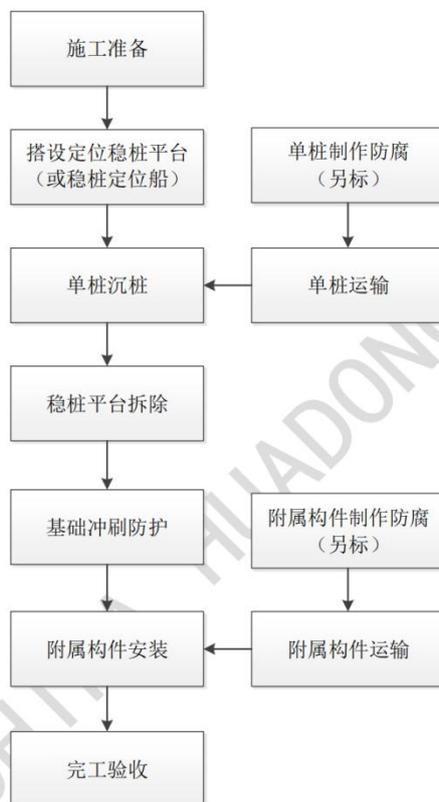


图 2.3-1 单桩基础施工总工艺流程

2.3.1.2 防冲刷处理措施

海上风电机组基础建设后，潮流和波浪引起的水体运动会受到显著的影响。首先，在风机基础的前方会形成一个马蹄涡；其次，在风机基础的背流处会形成涡流（卡门涡街）；再次，在风机基础的两侧流线会收缩。这种局部流态的改变，会增加水流对底床的剪切应力，从而导致水流挟沙能力的提高。如果底床是易受侵蚀的，那么在风机基础局部会形成冲刷坑，这种冲刷坑会影响基础的稳定性。本项目表层土为粉砂，在海流作用下易产生冲刷坑，工程上需采用防冲刷措施进行保护。防冲刷措施通常分为两类，第一类为最常用的抛石或砂被方案，可以有效防止下部土体的掏蚀，第二类为人工合成类防护措施，包括混凝土块上覆土工织物包裹的措施、钢丝笼或钢丝箱内填混凝土块措施、种植人工塑料草等防冲刷措施等。鉴于第二类措施在海上施工难度较大且造价较高，海上风电基础防冲刷多以第一种抛石或砂被方案为主。

根据咨询设计方案结果，单桩基础以抛石防冲刷保护方案施工顺序为单桩基础沉桩-根据现场冲坑情况抛填填充层和反滤层-抛填护面层穿引海缆。表 2.3-1 列出了单台机单桩基础抛石防冲刷保护工程量，共分为三层防冲刷措施。沉桩施工完成后，因波浪与海流作用形成的冲刷坑大小及形态各异，设计仅按预估的冲刷坑绘图，并估算抛石量作为参考；工程结算时，建设单位可与承包方按照实际抛石量进行结算。为避免抛石时对桩身防腐涂料及附属构件造成损伤，抛石前需在冲刷坑深度方位内的桩体外侧及相应附属构件表面设置 400g/m^2 规格的土工布保护，并采用吊机网兜兜送方式进行桩周抛石保护，注意抛石落距距离泥面不大于 1m 。

所用石料应采用破碎的、未风化的、无磁的和无腐蚀性的，不允许采用薄片状和细长条的。石料必须具有致密、坚硬、耐用并能抵抗海水等特点，无裂纹和裂缝等对石料有害的缺陷。石料的公称直径 D_{n50} ，根据石料质量除以密度后开立方根得到，石料的平均密度不少于 2650kg/m^3 。抛石过程中，抛石的密实度需保证 $n=0.36$ （抛石空隙体积/抛石区域总体积）。

本工程场区海床演变及局部冲刷较为复杂，风电场运行期间应加强运维监测，并根据现场情况及时采取补救加固措施。桩周 3m 范围内，护面层抛石采用带网兜包覆的石料进行防冲保护，网兜绳索采用聚丙烯绳索编织，单兜承重 8t 以上，海洋环境中使用寿命 30 年以上。其余区域抛石采用网兜兜送，网兜作为临时施工措施。

2.3.2 风电机组安装

风电机组安装的主要施工方案原论证报告已有详细描述，根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月），本工程推荐采用分体组装与吊装方式，此种方式在国内外海上风电场中广泛应用，且这种方案与本工程风机设备厂家对风机安装的要求保持一致。风机设备通过运输船舶运输至风机布置区相应的机位处，然后自下而上逐件进行风机设备的组装工作。

2.3.3 海上升压站施工

220kV 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。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**。钢结构平台与下部的组合钢桁架结构虽然属于大尺寸钢结构体，但结构形式简单，制作难度一般，因此为保证结构体的加工质量，可选择风机基础钢结构加工的企业进行生产。在导管架运输至风机机位后，首先开始进行导管架的沉放工序。本工程导管架总重量约 710t，推荐采用 1 艘 2400t 全回转起重船进行导管架吊放。

根据管桩的设计参数，可选择导管架沉放施工所用的浮式起重船进行海上升压站工程基础钢管桩的沉桩施工。桩锤系统根据海上升压站工程基础管桩的设计参数，选用 S-800 液压打桩锤作为首选锤型，S-1200 液压打桩锤作为备选。海上升压站上部平台采用陆上总装的方式，将各层结构分层、分片预制拼装，在相应安装层完成后进行其层面上电气设备的安装工作，最终形成可整体出运的上部组块（包括电气设备）组合体。本阶段考虑选用 10000t 级及以上直航甲板运输驳船进行上部组块的运输，4000t 级以上浮式起重船进行组合体的整体安装工作，采取起重船陆一水浮式起重吊装的模式进行升压站上部组块的装船工序。

2.3.4 陆上集控中心施工

根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月），本期不新建陆上集控中心，利用一期外送工程统一送出。因此本工程拟在现有

配电楼东侧新建一座降压变和一座高抗，该范围内的碎石地坪及围栏考虑由新寮工程统一建设；除此之外无新建的建构物。外罗二期陆上 SVG 综合楼与新寮项目共用。

本工程在湛江市徐闻县外罗镇海岸布置风电场集控中心，此建筑与常规变土建建筑工程的施工工艺基本相同，施工方案详见本项目原论证报告。最终接入系统方案在风电场接入系统专题报告中进一步论证，以风电场接入系统批复意见为准。

2.3.5 海缆敷设施工

海缆敷设施工方案工艺在原论证报告阶段已有详细介绍，220kV 海底电缆采用海底直埋敷设方式，水下电缆不得悬空于水中，埋置于海底，路径范围内海缆埋深按不小于 3.0m 控制，对具有通航功能的海域敷设深度应适当加深，采用电缆敷设船敷设。

本项目 220kV 主海缆陆侧登陆段距离较长，且登陆点附近海岸存在生态保护区，距离陆地侧登陆点 4.0km 左右海底地形标高超过 +0.00m，施工船无法靠近陆域登陆点进行登陆作业。针对海缆登陆点较长且存在生态保护区的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，本工程拟采用定向钻施工技术，减轻海缆施工对保有自然岸线的影响。

考虑外罗一期和二期项目在陆地上共用电缆沟，外罗二期项目穿堤位置设置在外罗一期项目附近。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→清场。

风机间 35kV 海底电缆施工工序包括：前期施工准备（锚位准备、扫海、布放牵引钢缆）→电缆穿“J”形管登首风机平台→风机间海缆敷埋→电缆穿“J”形管登末风机平台→电缆锚固装置安装→电缆剥除铠装钢丝→电缆头和光缆穿入风机塔筒→塔筒内电缆和夹具的固定→电缆终端头制作→平台上“J”形管口至塔筒间裸露电缆的保护→热缩套管外喷警示字样→电缆登风机段“Ω”形电缆冲埋保护。海缆登海上升压站平台、风机平台施工工序为：海缆登陆平台准备→确定海缆登陆长度→送出海缆→牵引海缆穿越 J 型管（保护管或桩身开孔位置）登平台→海缆锚固及附属安装。通过优化施工工艺和施工措施，根据多年的海缆施工经验，海缆敷设裕度为：路由总长度的 1.5%-2% 以内。

2.3.6 施工总进度

本节内容引用自《广东粤电湛江外罗海上风电二期初步设计报告》(2020年2月)。

2.3.6.1 编制原则及依据

根据风机分期分批建设依次投产的特点,合理安排风机基础施工和风机安装施工程序,降低施工高峰强度,提高经济效益。

充分考虑湛江市海上风电场址的地理位置、地质条件、气候条件、海洋水文条件等,同时充分考虑恶劣自然条件对海上施工的影响,初拟海上工程停工标准。

抓住关键线路,突出重点,优化资源配置,充分体现均衡施工的原则。

考虑国内在港航工程及海洋工程行业的施工能力,考虑国内施工单位的船机设备配备能力。

2.3.6.2 项目施工进度

在现阶段,根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告(审定稿)》(2020年2月)第十章“施工组织设计”,对本项目施工总进度及相关影响因素进行了分析。

(1) 工程筹建期

为保证工程项目总进度的顺利实施,在筹建期业主方需要完成施工用海、用地手续,土建工程与设备采购招投标等前期工作,同时先期开展风机安装场地的建造等工作,为工程正式开工前承包人进场施工提供基础设施条件。此时间根据工程整体推进的进度确定,不计入工程建设总工期。

(2) 工程建设总工期

工程建设总工期包括工程准备期和主体工程施工期。其中工程准备期内承包人进行前期临时设施的建设与准备工作,主体工程施工期内承包人进行风机、升压站等主体工程的建设工作。总工期安排以上述关键项目分析后得到的自然月施工强度为进度编排依据,同时以承包人进场时间为原点进行统计,考虑到海上可施工的海洋环境主要集中在夏秋季节,总工期内的前期准备工作应尽量在冬春季节完成,以保证在夏秋季节可施工作业的海上环境内进行基础沉放与风机安装工作。

本工程规模相对较大，为实现早投产、早发电的项目总体目标进度，必须在各个施工环节进行精心安排。经初步分析，风机主体工程施工是控制本工程总工期的关键项目。海上升压站及集电线路敷设施工为控制本工程总工期的次关键项目。

经初步分析，本工程施工关键线路为：工程开工→施工前期准备→风机基础施工→首批风机安装→首批风机调试、投产发电→剩余批风机安装→剩余批风机调试、发电→工程竣工。首批发电工程关键线路为：工程开工→施工前期准备→首批风机基础施工（陆上集控中心施工、海缆敷设、海上升压站施工）→首批风机安装→首批风机调试、投产发电→升压变电站调试、倒送电→首批机组发电。

2.3.7 土石方量及疏浚开挖泥处置方式

由于风机和升压站基础形式设计为分别为单桩及四桩导管架基础，不涉及开挖土石的活动，因此本工程不考虑海底开挖土石方计算。风机基础防冲刷措施本阶段考虑抛石防冲刷保护方案，施工顺序为单桩基础沉桩-根据现场冲坑情况抛填填充层和反滤层-抛填护面层穿引海缆。沉桩施工完成后，因波浪与海流作用形成的冲刷坑大小及形态各异，设计仅按预估的冲刷坑绘图，并估算抛石量作为参考；工程结算时，建设单位可与承包方按照实际抛石量进行结算。为避免抛石时对桩身防腐涂料及附属构件造成损伤，抛石前需在冲刷坑深度方位内的桩体外侧及相应附属构件表面设置 $400\text{g}/\text{m}^2$ 规格的土工布保护，并采用吊机网兜兜送方式进行桩周抛石保护，注意抛石落距距离泥面不大于 1m 。

所用石料应采用破碎的、未风化的、无磁的和无腐蚀性的，不允许采用薄片状和细长条的。石料必须具有致密、坚硬、耐用并能抵抗海水等特点，无裂纹和裂缝等对石料有害的缺陷。石料的公称直径 D_{n50} ，根据石料质量除以密度后开立方根得到，石料的平均密度不少于 $2650\text{kg}/\text{m}^3$ 。抛石过程中，抛石的密实度需保证 $n=0.36$ （抛石空隙体积/抛石区域总体积）。

本工程场区海床演变及局部冲刷较为复杂，风电场运行期间应加强运维监测，并根据现场情况及时采取补救加固措施。桩周 3m 范围内，护面层抛石采用带网兜包覆的石料进行防冲保护，网兜绳索采用聚丙烯绳索编织，单兜承重 8t 以上，海洋环境中使用寿命 30 年以上。其余区域抛石采用网兜兜送，网兜作为临时施工措施。

根据《广东粤电湛江外罗海上风电二期初步设计报告》（2020年2月），本项目220kV主海缆陆侧登陆段仍采用定向钻技术，以减轻海缆施工对保有自然岸线的影响。风机基础和升压站基础施工工艺与调整前一致，集控中心施工建设基础开挖方量为2200 m³，土方回填量为1500 m³，施工土石方临时堆土就近集中堆放并用土工布遮挡维护，用于场地回填，施工期结束后对临时占地进行植被恢复。

集控中心临时施工区应严格控制施工占地，临时施工机械设备和设施及材料场尽量布置在集控中心永久占地范围内；施工土石方临时堆土就近集中堆放并用土工布遮挡维护，用于场地回填，施工期结束后对临时占地进行植被恢复。

2.3.8 220kv 海缆登陆施工

本工程登陆点位于陆上集控中心西侧。本项目220kV主海缆陆侧登陆段距离较长，且登陆点附近海岸存在生态保护区，距离陆地侧登陆点4.0km左右海底地形标高超过+0.00m，施工船无法靠近陆域登陆点进行登陆作业。针对海缆登陆点较长且存在生态保护区的情况，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，本工程拟采用定向钻施工技术。考虑外罗一期和二期项目在陆地上共用电缆沟，外罗二期项目登陆段设置在外罗一期项目附近。主要工艺流程为：施工准备→导向孔施→反拉扩孔、成孔→牵引管道→基坑开挖→砌检查井→回填→清场。海缆登陆的导向孔轨迹设计、定向钻孔拖拉法施工工艺和海缆登陆施工工艺在原论证报告已作详细介绍，本报告不再赘述。

2.3.9 工程特性

本工程的施工项目主要包括风机基础施工、风机机组安装、海缆敷设、大型钢结构制作等。项目施工特点、施工难点不变。故补充论证报告中不再重复分析。

2.4 项目申请用海情况

2.4.1 项目申请用海面积

本项目调整前后建设内容不变，本项目用海类型属于工业用海-电力工业用海（三）和海底工程用海-电缆管道（一）用海，风机和海上升压站等用海方式为构筑物用海（一级用海方式）-其他透水构筑物用海（二级用海方式）；风机间集电线路35kV海底电

缆和 220kV 海底输送电缆用海方式¹为其他用海方式（一级用海方式）-海底电（光）缆（二级用海方式），调整前后工程用海方式不变。

调整前：本项目用海总面积约 150.8772hm²，其中风机基础用海面积约 33.5812hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（其他透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.3683hm²（包括 220 kV 海底电缆用海 42.1523hm²，35 kV 海底电缆用海 73.2160hm²）。该风电项目电缆登陆穿越砂质岸线总长 21 m，该登陆点施工工艺采用定向钻工艺，不影响砂质岸线自然属性，不实际占用岸线。

调整后：本项目用海方式包括透水构筑物用海（风力发电机组、升压站）、海底电缆管道用海（35kV 集电海缆和 220kV 登陆海缆），本项目用海总面积约 146.1799 hm²，其中风机基础用海面积约 29.0432hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.2090 hm²（海底电缆管道包括 220 kV 海底电缆用海 42.1438 hm²，35 kV 海底电缆用海 73.0652 hm²），该风电项目电缆登陆穿越砂质岸线总长 0.26 m，该登陆点施工工艺采用定向钻工艺，不影响砂质岸线自然属性，不实际占用岸线。

2.4.2 项目申请用海期限

现阶段，根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020 年 2 月），本阶段考虑风电场正常运行期约为 25 年，同时考虑建设期约 18 个月，因此本项目申请用海期限仍限定为 27 年，用海日期为 2047 年 7 月 27 日止，申请用海期限与海域使用权证保持一致。项目确权用海宗海示意图和海域使用权不动产权证书略。

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

根据《广东电网“十三五”输电网规划修编》研究成果，项目建设是必要的。

（1）响应海洋生态文明及美丽中国的建设

建设生态文明，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，把生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建

设、社会建设各方面和全过程，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。

《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》中指出大力发展节能环保产业，以推广节能环保产品拉动消费需求，以增强节能环保工程技术能力拉动投资增长，以完善政策机制释放市场潜在需求，推动节能环保技术、装备和服务水平显著提升，加快培育新的经济增长点。实施节能环保产业重大技术装备产业化工程，规划建设产业化示范基地，规范节能环保市场发展，多渠道引导社会资金投入，形成新的支柱产业。加快核电、**风电**、太阳能光伏发电等新材料、新装备的研发和推广，推进生物质发电、生物质能源、沼气、地热、浅层地温能、海洋能等应用，发展分布式能源，建设智能电网，完善运行管理体系。大力发展节能与新能源汽车，提高创新能力和产业化水平，加强配套基础设施建设，加大推广普及力度。发展有机农业、生态农业，以及特色经济林、林下经济、森林旅游等林产业。

十九大报告指出要加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。构建市场导向的绿色技术创新体系，发展绿色金融，壮大节能环保产业、清洁生产产业、**清洁能源产业**。推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。推进资源全面节约和循环利用，实施国家节水行动，降低能耗、物耗，实现生产系统和生活系统循环链接。倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，反对奢侈浪费和不合理消费，开展创建节约型机关、绿色家庭、绿色学校、绿色社区和绿色出行等行动。

本工程为可再生能源的风力发电项目，工程运行过程中，不耗费能源资源，响应中国海洋生态文明及美丽中国的建设。

(2) 适应国家新能源政策和发展趋势

近十年来，全球风电增长迅猛。2015年巴黎气候大会，我国向国际社会承诺到2030年左右使二氧化碳排放达到峰值并争取尽早实现，2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%，非化石能源占一次能源消费比重达到20%左右，而风电是发电成本最接近常规能源的可再生能源之一，风力发电将是实现这一目标的重要支撑。

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 9550MW，其中包括了湛江外罗海上风电项目一期和二期工程。

本项目的建设适应国家新能源政策及《广东省能源发展“十三五”规划(2016-2020 年)》，符合《广东省海上风电发展规划(2017-2030)》，是广东重要的海上风电项目。

(3) 推动可再生资源开发利用，有利于实现经济与环境的协调发展

随着经济水平的不断提高和能源供给侧改革的不断深入，开发绿色环保新能源成为能源产业的发展方向。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，我国风能储量较丰富，风力发电场的开发建设是十分必要的。广东省近海海上风电资源丰富，其中，粤西海域受珠江口泥沙迁移和沉积影响，水深变化较缓，具有非常丰富的海上风电场址资源。湛江外罗海上风电项目位于湛江徐闻县海域，具备良好的开发条件。

作为绿色电能的风电不仅是广东省能源供应的有效补充，而且能有效减少二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)、二氧化碳(CO₂)等污染物的排放。本项目的建设不仅符合国家能源产业发展方向，能有效地开发和利用湛江地区风能资源，而且有利于缓解电力工业的环境保护压力，促进地区经济与环境的协调发展，具有显著的社会效益。

(4) 有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展

目前，广东省海上风电尚处于起步阶段。本项目的开发建设，有利于提高海上风电技术水平，促进海上风电设备国产化，推动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，为下一步广东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

(5) 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湛江沿海资源，对于地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展将起到带动作用，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而能促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

综上所述，湛江地处亚热带季风气候区，属广东省风资源分布较为丰富的地区之一，具有较好的风电开发潜力。湛江外罗海上风电项目的建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可有效减少化石资源的消耗和污染物的排放，带动风电产

业链的发展，对当地扩大就业和发展第三产业起到促进作用，有利于推动地区经济的持续发展。

综上所述，首先粤电湛江外罗风电项目二期设计满足湛江市未来发展用电需求，再而风力发电是绿色能源产业，符合国家新能源发展政策及趋势：推动地方经济建设及发展：协调经济建设及环境保护。因此，本项目建设是必要的。

2.5.2 项目用海和调整的必要性

本项目的建设内容和建设必要性决定了其用海的必要性。**现阶段调整后**，本项目建设内容包括 32 台 6.25MW 的风电机组，装机容量为 200 MW，配套建设 1 座 220kV 海上升压站。风电机组发出电能通过 35 kV 集电海底电缆接入海上升压站，本工程考虑接入湛江外罗海上风电场一期工程陆上集控中心，不新建二期陆上集控中心，利用一期工程外送线路统一送出。一期工程陆上集控站以一回 220kV 架空线路接入 220kV 闸涛变电站，导线截面暂按 $2\times 400\text{mm}^2$ 。

本风电场轮毂高度处风电场代表年 100m 高度年平均风速分别为 7.7m/s，对应的年平均风功率密度分别为 $400\text{W}/\text{m}^2$ 。外罗海上风电场主风向和最大风能密度的方向基本一致，风向频率和风能频率均以 ENE 向为最大。且风电场主风能比较集中，有利于风机布置。

本项目海上风电场风机基础拟采用单桩基础：单桩外径为 6.5~7.5m，壁厚为 80mm，平均桩长为 85m，利用自升平台上的起重机进行钢管桩的吊打施工。风机基础需插入海床，风机组件安装在海面上方，必将占用一定的海域。

项目需建设多条海底电缆，包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 35kV 海底电缆；海上升压站与陆上集控中心之间登陆点的 220kV 海底电缆，海缆施工需要采用专业铺缆船在指定海床位置进行电缆沟开挖，电缆沟宽度约 20~40cm 之间，根据锚重与投入淤泥层深度的关系，电缆埋深选择不小于 3.0 m，因此，海底电缆铺设必将占用一定的海床及底土面积。

由于本风电场中心点距登陆点超过 15km，距离其他陆域岸线更远，若设置陆上升压站 35kV 海缆成本过高，故选择设置一座海上升压站方案。场内风机所发电能以多回 35kV 海缆汇集到升压变电站，升压后再接入系统。项目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结构，四桩导管架基础先进行海底面

平整，将导管架之置入海底，初次调平后将桩插入腿柱，打桩完毕后，调整好导管架结构，采用皇冠板将桩和导管架焊接起来固定。桩与腿柱之间灌注混凝土。因此升压站基础建设必将占用一定的海域。

我国东部沿海海上风能资源较丰富，因此，现阶段积极开发海上风电优势较明显。广东省开发利用海上风电具有资源优势。本项目场址所在海域海上风能资源极为丰富，场址远离居住区、不占地、不破坏防护林、适合兴建大型风电场且装机利用小时高等优势，提前布局海上风电开发，通过试验项目和示范项目的建设，推进海上风电的技术进步，培养和储备技术力量，为大规模开发利用海上风电打好基础。根据对风电场所在海域风能资源的初步分析，湛江市徐闻海上风电项目所在海域风速较高、风能资源较丰富，100m 高度年平均风速基本在 7.7m/s 以上，风功率密度在 400W/m² 左右。风能资源丰富，具备开发建设大型海上风电场的资源条件。作为大规模开发的海上风电项目，本项目可促进国外先进的大型风机设备制造技术向国内转移，促进我国风电设备先进制造业的发展，加快海上风机设备本地化和产业化。另外，通过该项目的建设及运行，为广东省海上风电产业的发展积累宝贵经验。

与陆上风电相比，海上风电场以其风资源优越，环保、节约土地、规模大等优势，越来越受到发达国家的重视，欧洲、美国等已将海上风电场建设列为今后大规模风电发展的重点，中国也已经将海上风电发展作为今后风电发展的重要一部分。本项目所在地区具有开发风力发电的有利条件，且社会效益、环保效益显著。该风电场的建设对于改善广东省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，开发可再生能源有着重要的意义。

与可研阶段采用的 37 台 MySE-5.5-155 机组相比，现阶段“初步设计报告”中的设计方案增大了风机单机容量，减少了风机台数，提高了发电效率；项目海缆登陆点位置不变，升压站，220kV 海缆和风机之间连接的海缆也随风机机型和排布变化做了调整。随着风电机组技术水平进步，在保证装机容量不变的前提下，可以采用更少数量的机组，优化海缆布置，降低用海面积，体现尽量最大化利用海域资源的用海原则，具有调整的必要性。

综上所述，本项目海上风电的用海和调整对于当地经济的健康绿色发展和遵循用海原则具有很强的必要性。

3 项目所在海域概况

3.1 自然环境概况

3.1.1 气象

原论证报告书已对项目当地气象进行了详细介绍。采用的气象资料来源于徐闻县气象观测站的资料以及广东省气候中心编制的《广东粤电徐闻海上风电示范项目风资源评估报告》并进行统计分析，徐闻气象站位于风场场址西南约 50 km 处，报告对场区气象气候特点进行了介绍，详见原论证报告书。

3.1.2 海洋水文

原论证报告已对海洋水文环境进行了详细介绍，海洋水文监测资料由《国电投湛江徐闻海上风电项目冬季全潮水文观测报告》（2018 年 1 月）提供。水文全潮测验共布设 9 个测站，本次调查选择大、中、小典型潮型进行全潮观测，观测项目为水深、流速、流向、悬移质含沙量、温度、盐度等要素，并对场区潮汐、海流、悬沙等水文特征进行了介绍。具体详见原论证报告书。

3.1.4 工程地质

3.1.4.1 区域地质构造

场地及其附近地质构造属较稳定区。

3.1.4.2 地震

湛江市地处我国东南沿海地震带西段。

3.1.4.3 场区工程地质条件

（1）地形地貌

拟建风电场位于广东徐闻县东侧近海海域，海底地形有一定起伏，海底表层以粉砂为主。

（2）地基土的构成与特征

地基土的构成与特征略。

3.1.4.4 水文地质与环境水腐蚀性

拟建工程位于广东徐闻县东侧的近海海域，受河水及不规则半日潮影响，海水为微混浊的微咸水、咸水。

综上所述，拟建场区内的海水对混凝土结构具中等腐蚀性；对混凝土结构中钢筋在干湿交替的情况下具强腐蚀性，在长期浸水情况下具弱腐蚀性。本工程基础应根据工程对耐久性要求采取相应的**防腐蚀措施**。

3.1.4.5 场地和地基的地震效应

(1) 场地类别

本场地海底面以下 20m 范围内主要为粉砂、粉质粘土。

(2) 饱和砂土、粉土的液化判别

根据液化判别结果：场区地基土液化等级为中等液化。

(3) 抗震地段划分

经勘察，场区内 20m 深度范围内存在液化土层及软弱土层，属对建筑抗震不利地段。

(4) 不良地质现象与特殊性岩土

本场地位于南海内陆架海域，为滨海相沉积，海底地形有一定起伏，未发现不良地质作用。基础设计时需考虑潮水冲刷影响。

本次勘察未发现特殊性岩土。

3.1.4.6 小结和建议

(1) 本阶段勘察属初步设计研究阶段工程地质勘察，勘察成果满足本阶段要求。

(2) 本场区无活动性断裂通过，区域构造稳定性较好；工程场区位于近海海域，风机基础易受到海浪冲刷。本工程场地稳定性差，适宜性差，但采用桩基础及防潮水冲刷措施后可进行工程建设。

(3) 根据国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）略。

(4) 根据水质筒试验成果，拟建场区内的海水对混凝土结构具中等腐蚀性；对混凝土结构中钢筋在干湿交替的情况下具强腐蚀性，在长期浸水情况下具弱腐蚀性。本工程基础应根据工程对耐久性要求采取相应的防腐蚀措施。

(5) 场地 20m 深度内饱和砂土存在液化势，液化等级为中等液化。

(6) 拟建风机基础及海上升压站基础不具有天然地基条件，需采用桩基础，设计可根据勘察资料及上部荷载、施工周期、施工设备、经济、技术等综合比选后择优选择桩型、桩长。

3.1.5 主要海洋自然灾害

原论证报告书对主要海洋自然灾害进行了详细介绍和分析，详见原论证报告书。本风电场工程风电机分布于海上。若选址及设备选项未充分考虑自然条件对风场设备及人员的影响，或对不良地质条件未采取可靠的措施、运行期间未定期维护保养等。可能发生地震，洪水，风灾，雷电，盐雾、潮湿，低温，腐蚀，潮汐、海啸等不良自然条件导致的建构筑物倒塌、设备损坏、人员伤亡事故。

对本风电场影响较大的风灾主要有：台风、龙卷风、飓风、风暴潮等异常强风。遇有台风、飓风、风暴潮、龙卷风等强风天气，容易发生风机塔架晃动、倾覆、折断、垮塌事故，风机叶片折断事故。

本风电场雷电活动频繁。风场运营期间未定期进行防雷设施和接地网等检测等。会使风场遭受雷击，从而造成风力发电机组损坏事故、变电站电气设备损坏事故、输电线路损坏事故、人员触电事故等。

本风电场工程会发生早晚潮汐，还有海啸可能性。

3.1.6 海洋环境质量现状

2018 年 4 月（春季），广东宇南检测技术有限公司在项目评价海域开展了 25 个站水质调查。2018 年 9 月（秋季），中国科学院南海海洋研究所在项目评价范围开展了 33 个站水质调查，完成了两季海洋生物生态、渔业资源和海洋生物质量的检测工作。本次调整属于在原用海范围基础上的调整，项目所在海域海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量现状内容引用自《湛江徐闻海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》（2020 年 6 月）相关章节内容。

(2) 调查项目

春、秋两季季海水水质调查项目包括：水深、水温、透明度、pH 值、盐度、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐、活性磷酸盐、硫化物、石油类、汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬共 21 项。

表 3.1-4 2018 年 4 月水质、沉积物和生态现状调查站位

站号	调查站位坐标		调查内容
	东经	北纬	
01	110°39'20.58"	20°49'32.91"	水质、生态
02	110°34'01.20"	20°47'37.79"	水质、沉积物、生态
03	110°34'27.19"	20°40'19.57"	水质、沉积物、生态
04	110°39'35.43"	20°42'44.40"	水质
05	110°44'06.53"	20°45'12.95"	水质、沉积物、生态
06	110°49'22.20"	20°47'45.21"	水质
07	110°55'52.14"	20°45'46.37"	水质
08	110°50'10.48"	20°42'36.98"	水质
09	110°44'47.38"	20°38'43.01"	水质、沉积物、生态
10	110°39'42.86"	20°37'58.45"	水质、生态
11	110°34'04.91"	20°34'41.62"	水质、沉积物、生态
12	110°34'34.62"	20°28'33.96"	水质
13	110°39'28"00	20°31'58.22"	水质、沉积物、生态
14	110°44'47.38"	20°35'03.90"	水质、沉积物、生态
15	110°49'59.34"	20°37'10.17"	水质
16	110°56'10.71"	20°40'23.28"	水质、沉积物、生态
17	110°55'59.57"	20°33'23.63"	水质
18	110°50'25.33"	20°30'03.09"	水质、沉积物、生态
19	110°44'51.10"	20.27°30.83"	水质
20	110°39'20.58"	20°24'54.85"	水质、沉积物、生态
21	110°31'36.36"	20°22'48.59"	水质、沉积物、生态
22	110°35'22.90"	20°16'37.21"	水质
23	110°41'15.70"	20°19'54.04"	水质、生态
24	110°48'00.50"	20°23'10.87"	水质、沉积物、生态
25	110°56'10.71"	20°26'53.69"	水质
C1	110°27'42.18"	20°40'39.62"	潮间带生物
C2	110°29'03.40"	20°33'50.65"	潮间带生物
C3	110°31'54.68"	20°28'18.38"	潮间带生物
C4	110°29'07.95"	20°24'14.81"	潮间带生物

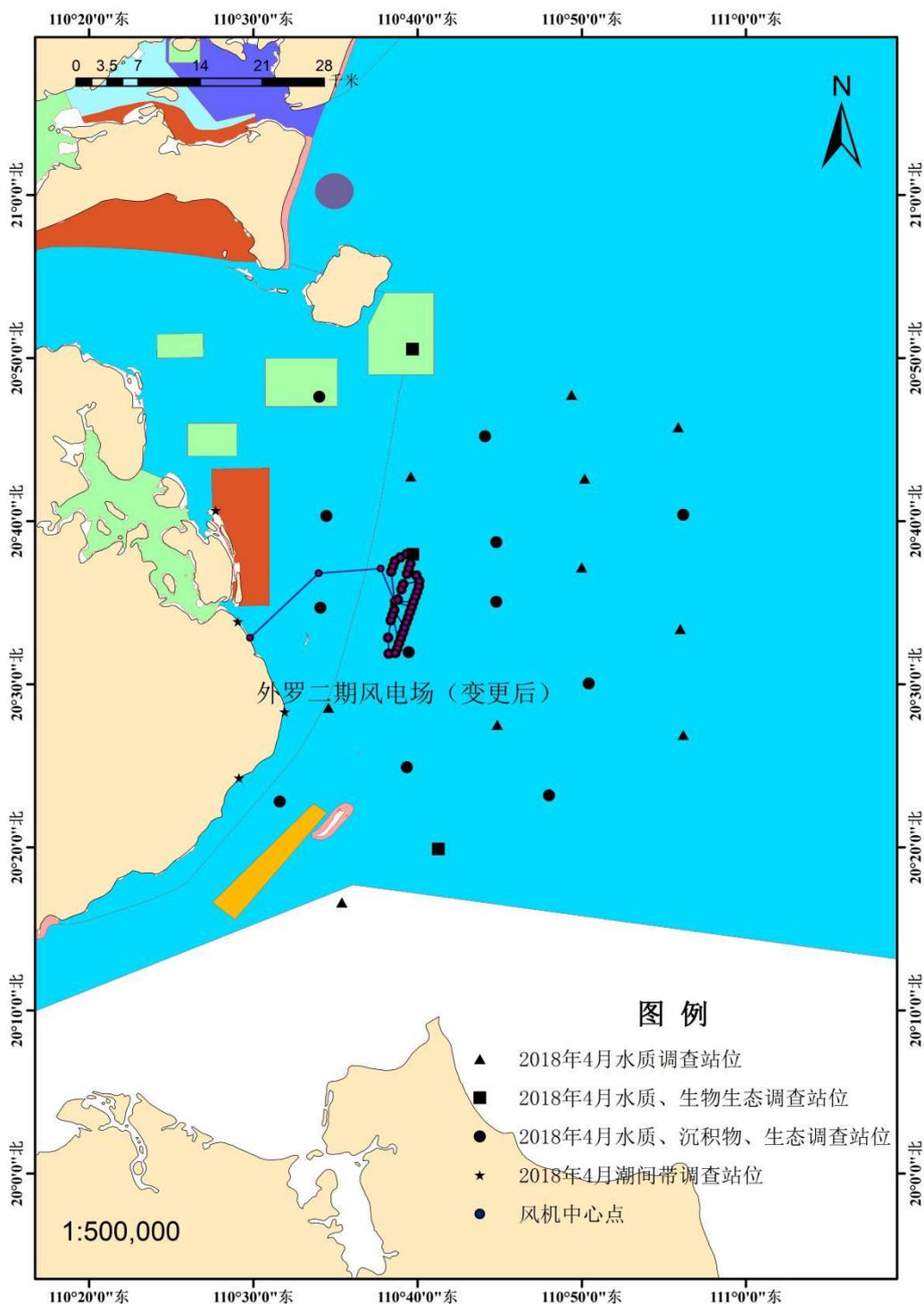


图 3.1-3 2018 年 4 月水质、沉积物和生态现状调查站位分布图

表 3.1-5 2018 年 9 月水质、沉积物和生态现状调查站位

站号	调查站位坐标		调查内容
	东经	北纬	
01	110°39'41.49"	20°50'33.03"	水质、生态
02	110°33'37.67"	20°48'09.16"	水质、沉积物、生态

站号	调查站位坐标		调查内容
	东经	北纬	
03	110°33'50.13"	20°42'33.92"	水质、沉积物、生态
04	110°38'54.67"	20°44'41.23"	水质
05	110°43'48.00"	20°46'30.77"	水质、沉积物、生态
06	110°48'56.26"	20°48'59.32"	水质
07	110°55'52.14"	20°45'46.37"	水质
08	110°50'10.48"	20°42'36.98"	水质
09	110°44'47.38"	20°38'43.01"	水质、沉积物、生态
10	110°39'42.86"	20°37'58.45"	水质、生态
11	110°34'04.91"	20°34'41.62"	水质、沉积物、生态
12	110°34'34.62"	20°28'33.96"	水质
13	110°39'28"00	20°31'58.22"	水质、沉积物、生态
14	110°44'47.38"	20°35'03.90"	水质、沉积物、生态
15	110°49'59.34"	20°37'10.17"	水质
16	110°56'10.71"	20°40'23.28"	水质、沉积物、生态
17	110°55'59.57"	20°33'23.63"	水质
18	110°50'25.33"	20°30'03.09"	水质、沉积物、生态
19	110°44'51.10"	20°27'30.83"	水质
20	110°39'20.58"	20°24'54.85"	水质、沉积物、生态
21	110°31'36.36"	20°22'48.59"	水质、沉积物、生态
22	110°35'22.90"	20°16'37.21"	水质
23	110°41'15.70"	20°19'54.04"	水质、生态
24	110°48'00.50"	20°23'10.87"	水质、沉积物、生态
25	110°56'10.71"	20°26'53.69"	水质
26	110°29'08.91"	20°40'25.49"	水质、沉积物、生态
27	110°22'39.47"	20°41'14.56"	水质、沉积物、生态
28	110°27'48.58"	20°44'40.96"	水质、沉积物、生态
29	110°45'49.70"	20°53'42.39"	水质、沉积物、生态
30	110°26'06.63"	20°50'31.24"	水质、沉积物、生态
31	110°32'49.70"	20°53'02.96"	水质
32	110°39'39.26"	20°56'28.59"	水质
33	110°44'40.15"	20°59'33.44"	水质、沉积物、生态
C1	110°27'42.18"	20°40'39.62"	潮间带生物
C2	110°29'03.40"	20°33'50.65"	潮间带生物
C3	110°31'54.68"	20°28'18.38"	潮间带生物
C4	110°29'07.95"	20°24'14.81"	潮间带生物
C5	110°22'57.41"	20°49'02.41"	潮间带生物

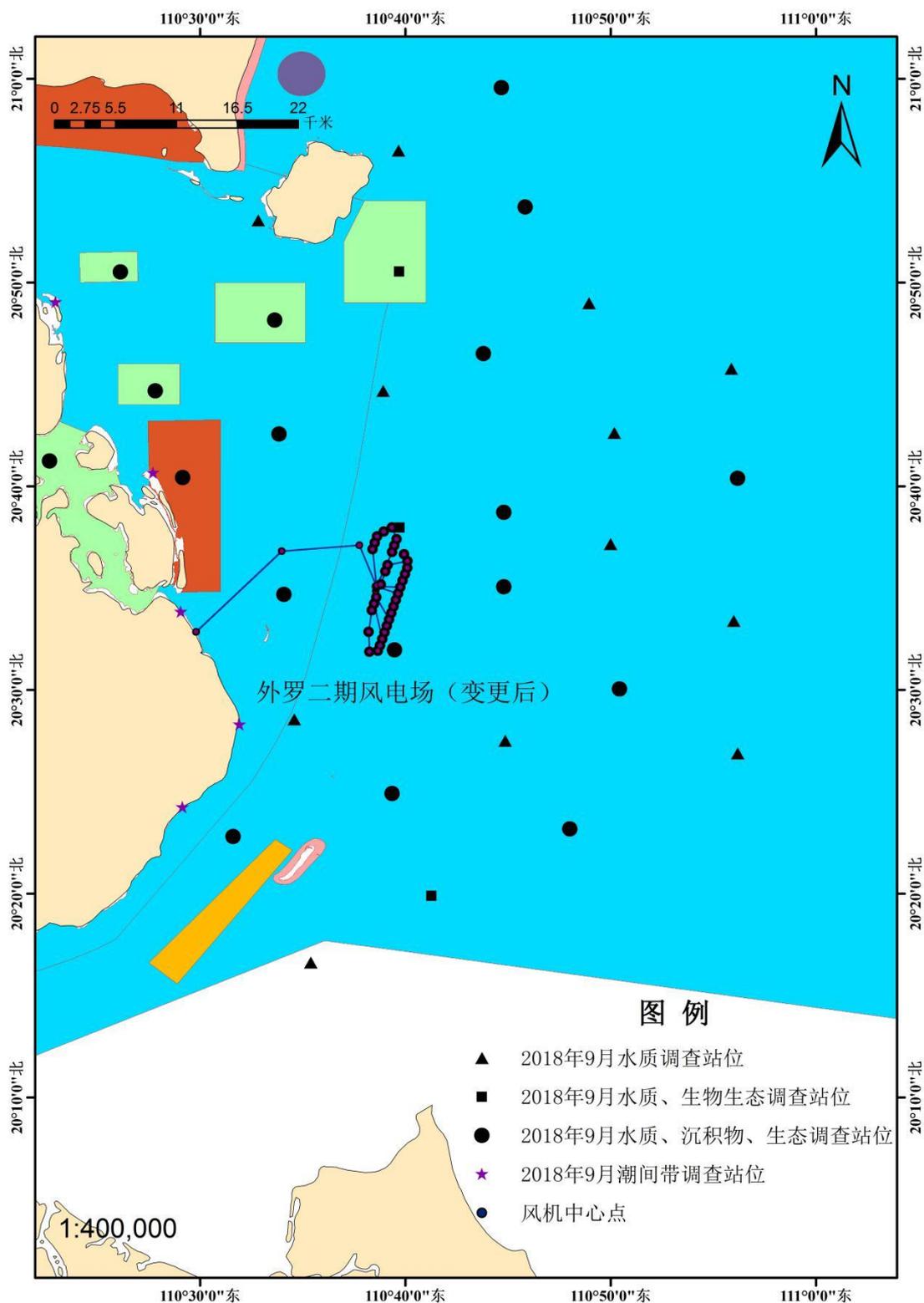


图 3.1-4 2018 年 9 月水质、沉积物和生态现状调查站位分布图

采用上述单项指数评价法和评价标准，对本次现状调查结果进行标准指数计算，各站点水质评价因子的标准指数见表 3.1-8 和表 3.1-9。

2018 年 4 月水质调查结果中，石油类、重金属铜和铅出现超标，超标率分

别为 36%、100%和 36%，最大超标倍数分别为 0.73、8.40 和 0.51 倍；其他各项调查指标均满足调查海域执行的海水水质标准要求。

2018 年 9 月水质调查结果中，部分站位石油类、活性磷酸盐、重金属铜、铅、锌和溶解氧出现超标，超标率分别为 60%、27%、15%、29%、27%和 17%，最大超标倍数分别为 2.339、5.472、4.250、1.938、1.272 和 0.704；个别站位出现无机氮和 pH 超标；其他各项调查指标均满足调查海域执行的海水水质标准要求。

采用单项指数法，对现状调查结果进行标准指数计算，各调查点沉积物评价因子的标准指数见表 3.1-12。2018 年 4 月表层沉积物评价结果表明，各项调查指标均满足评价海域执行的《海洋沉积物质量》（GB 18668- 2002）中的第一类标准要求。评价海域表层沉积物质量良好。

2018 年 4 月和 2018 年 9 月调查结果显示，各种生物体（包括鱼类、甲壳类及软体类）内重金属指标含量均达到《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》及《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中的标准。2018 年 9 月采集的鹤海鳗和口虾蛄体内石油烃出现超标，超标倍数不高，表明调查海域可能受到石油烃污染。

表 3.1-17 2018 年 4 月生物体内各项指标的质量指数

调查断面	样品名称	汞	铜	铅	镉	锌	石油烃
1	日本金线鱼	0.17	0.03	0.01	0.01	0.08	0.01
2	中国枪乌贼	0.09	0.02	0.004	0.00	0.03	0.35
3	中国枪乌贼	0.12	0.03	0.00	0.01	0.03	0.27
	金钱鱼	0.25	0.03	0.01	0.01	0.08	0.01
4	海鲗	0.24	0.04	0.00	0.01	0.13	0.09
	银鲳	0.07	0.01	0.01	0.01	0.05	0.005
5	中国枪乌贼	0.12	0.01	0.01	0.01	0.03	0.24
6	银鲳	0.07	0.02	0.01	0.02	0.08	0.005
	大头白姑鱼	0.31	0.02	0.00	0.01	0.06	0.01
7	日本金线鱼	0.12	0.02	0.01	0.00	0.05	0.01
8	油鲗	0.26	0.02	0.00	0.01	0.06	0.005
	中国枪乌贼	0.11	0.02	0.00	0.01	0.02	0.13
	截尾银姑鱼	0.18	0.03	0.00	0.02	0.09	0.02
	花斑蛇鲻	0.05	0.01	0.02	0.01	0.07	0.01
9	中国枪乌贼	0.07	0.01	0.00	0.00	0.02	0.27

	日本金线鱼	0.13	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03
	高体鲷	0.03	0.03	0.01	0.01	0.07	0.01
	蓝圆鲹	0.23	0.03	0.01	0.01	0.07	0.01
10	花斑蛇鲻	0.05	0.01	0.09	0.01	0.07	0.005
	高体鲷	0.03	0.04	0.02	0.01	0.11	0.005
	皮氏叫姑鱼	0.23	0.02	0.01	0.01	0.08	0.005
11	花身鲷	0.51	0.02	0.03	0.01	0.09	0.03
	花斑蛇鲻	0.04	0.01	0.01	0.01	0.07	0.005
	油鲷	0.27	0.02	0.01	0.01	0.06	0.005
12	花斑蛇鲻	0.04	0.02	0.06	0.02	0.07	0.00
	日本金线鱼	0.17	0.03	0.01	0.00	0.05	0.01
最大值		0.51	0.04	0.09	0.02	0.13	0.35
最小值		0.03	0.01	0	0	0.02	0
超标率		0%	0%	0%	0%	0%	0%

表 3.1-18 2018 年 9 月生物体内各项指标的质量指数

调查断面	物种名称	铜	铅	镉	锌	汞	石油烃
SW1	皮氏叫姑鱼	0.01	0.01	0.004	0.083	0.089	0.505
SW2	日本金线鱼	0.01	0.01	0.004	0.098	0.112	0.065
SW3	褐篮子鱼	0.01	0.01	0.004	0.114	0.086	0.105
SW4	汉氏棱鯧	0.01	0.018	0.004	0.142	0.135	0.210
SW5	银鲳	0.01	0.01	0.004	0.111	0.117	0.570
SW6	中国枪乌贼	0.024	0.004	0.002	0.082	0.025	0.765
SW7	月尾兔头鲈	0.01	0.01	0.004	0.178	0.046	0.795
SW8	中国团扇鲷	0.01	0.020	0.024	0.200	0.089	0.625
SW9	克氏丽叶鲷	0.01	0.01	0.002	0.036	0.035	0.935
SW10	鹤海鳗	0.01	0.01	0.004	0.125	0.037	1.090
SW11	龙头鱼	0.01	0.01	0.004	0.136	0.028	0.855
SW12	三疣梭子蟹	0.076	0.090	0.046	0.215	0.055	—
SW13	口虾蛄	0.056	0.01	0.176	0.171	0.059	—
最小值		0.01	0.01	ND	0.036	0.025	0.065
最大值		0.076	0.090	0.176	0.215	0.135	1.125
超标率		0%	0%	0%	0%	0%	9%

3.1.7 声环境现状调查与评价

原论证报告内容中，本项目声环境现状调查引用针对本项目一期工程实施，由厦门大学编制的《广东粤电湛江外罗海上风电项目水下噪声和电磁环境对海洋生物影响研究专题报告》的内容。厦门大学课题组于 2013 年 6 月 7~8 日对广东粤电湛江外罗海上风电场项目工程海域的水上声环境质量进行了现场调查。在工程海域共设置 8 个噪声调查站点（各站点均开展水上、水下声测量），对海域水上水下噪声现状进行了评价，内容详见原论证报告书。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 调查概况

3.2.1.1 调查站位和调查项目

（1）春季调查站位和调查项目

2018 年 4 月（春季），广东宇南检测技术有限公司在评价海域开展了 15 个站海洋生物调查，4 条断面潮间带生物调查，海洋生物调查内容包括：浮游植物、浮游动物、底栖生物和鱼卵仔鱼。

（2）秋季调查站位和调查项目

2018 年 9 月（秋季），广州邦鑫海洋技术有限公司在评价海域开展了 21 个站海洋生物调查，5 条断面潮间带生物调查，14 条断面游泳动物调查，海洋生物调查内容包括：浮游植物、浮游动物、底栖生物和鱼卵仔鱼。

本次调整属于在原用海范围基础上的调整，项目所在海域海水水质、海洋沉积物、海洋生物质量现状内容引用自《湛江徐闻海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》（2020 年 6 月）相关章节内容。

3.2.2 2018年4月（春季）调查

3.2.2.1 叶绿素 a 和初级生产力

（1）叶绿素 a

调查海域 15 个调查站位表层水体叶绿素 a 平均含量为 $4.11\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围在 $1.85\sim 6.39\text{mg}/\text{m}^3$ ；最高值出现在 2 号站，最低值出现在 9 号站。调查海域的叶绿素含量整体处于中等水平。

（2）初级生产力

对初级生产力进行估算统计（表 3.2-1），根据水体透明度和表层叶绿素 a 含量估算得到的海区表层水体初级生产力范围在 $104.90\sim 731.27\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间，平均值为 $382.55\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ；其中以 24 号站最高，为 $731.27\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，21 号站最低，仅为 $104.90\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

表 3.2-1 调查海域叶绿素 a 和初级生产力分布情况

调查站位	叶绿素(mg/m^3)	透明度 (m)	初级生产力 ($\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)
1	3.89	1.1	284.98
2	6.39	1.4	595.80
3	4.25	1.2	339.66
5	3.06	1.6	326.07
9	1.85	2.4	295.70
10	3.02	1.3	261.47
11	5.89	0.6	235.36
13	4.11	1.6	437.96
14	4.52	1.7	511.75
16	2.47	2.1	345.45
18	4.89	1.8	586.21
20	4.56	1.4	425.17
21	3.15	0.5	104.90
23	3.5	1.1	256.41
24	6.1	1.8	731.27
平均值	4.11	1.4	382.55

3.2.2.2 浮游植物

(1) 种类组成

本次生态调查在调查海域共鉴定出浮游植物 85 种，隶属于 4 大门类（附录I）。其中以硅藻门为主，有 63 种，占总种数的 74.12%；其次是甲藻门，有 20 种，占总种数的 23.53%；蓝藻门和金藻门均仅有 1 种，各占总种数的 1.18%。

总体看来，浮游植物各站位空间分布较均匀。9、16 和 21 号站浮游植物种类最多，均有 31 种；3、14 和 18 号站浮游植物种类数次之，均有 30 种；5 号站浮游植物种类最少，仅有 13 种；其它各站位浮游植物种类数处于 16~29 之间。

(2) 数量分布

本次调查浮游植物密度空间分布如图 3.2-1 所示，调查海域的浮游植物平均密度为 $2957.27 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，各站位浮游植物密度处于 $17.94 \sim 8475.73 \times 10^7 \text{cells/m}^3$ 之间，各站位间浮游植物密度差距较大。其中 20 号站浮游植物的密度最高，为 $8475.73 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；其次是 18 号站，其浮游植物密度为 $7603.90 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；浮游植物密度最低的是 2 号站，仅为 $17.94 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；其它站位浮游植物密度变化范围处于 $30.00 \sim 5856.21 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。

(3) 优势种及栖息密度分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查海域浮游植物优势种有 3 个，分别是：劳氏角毛藻 *Chaetoceros lauderi*、翼根管藻 *Rhizosolenia alata*、翼根管藻纤细变型 *Rhizosolenia alata f. gracillima*；其优势度分别为 0.020、0.677 和 0.095。

(4) 多样性水平

调查海域浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和均匀度指数 (J) 水平如表 5.6-6 所示。Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围处于 1.02~3.52 之间，平均值为 2.08；多样性指数最高出现在 3 号站，值为 3.52；最低为 10 号站，仅为 1.02。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.21~0.88，平均值为 0.46；最高值出现在 5 号站，为 0.88；最低值出现在 10 号站，仅为 0.21。

调查海域内浮游植物多样性指数处于中等，均匀度指数处于较低水平。表明本海域浮游植物生态状况一般，种类分布不均匀。

3.2.2.3 浮游动物

(1) 种类组成

经鉴定，本次调查海域内共发现浮游动物 58 种，隶属于 14 大类群（附录II）。其中浮游幼体种数最多，有 16 种，占浮游动物总种数的 27.59%；桡足类次之，有 12 种，占浮游动物总种数的 20.69%；糠虾类和腔肠动物均有 5 种，各占浮游动物总种数的 8.62%；被囊类有 4 种，占浮游动物总种数的 6.90%；毛颚类和翼足类均有 3 种，各占浮游动物总种数的 5.17%；端足类、介形类和枝角类均有 2 种，各占浮游动物总种数的 3.45%；涟虫类、磷虾类、十足类和原生动物均仅有 1 种，各占浮游动物总种数的 1.72%。

其中 24 号站种类最多有 39 种；其次是 23 号站，有 32 种；2 和 3 号站的种类数最少，均仅有 18 种；其它站位种类数处于 20~31 之间，可见站位间浮游动物种类数有一定差异。

本次调查中各调查站位均以枝角类浮游动物为主要构成类群，其出现率为 100%；另外浮游幼体、毛颚类和桡足类在本次调查中出现率也为 100%；背囊类出现率为 93.33%；端足类、腔肠动物和十足类出现率均为 86.67%糠虾类出现率为 66.67%；涟虫类和翼足类类群出现率为 60.00%；介形类出现率为 46.67%；磷虾类出现率为 40.00%；原生动物出现率最低，仅为 26.67%。

(2) 数量分布

本次调查海域范围内各站位浮游动物密度空间分布情况如表 3.2-2，海域内浮游动物平均密度为 2119.20ind./m³，浮游动物密度最高的是 16 号站，为 5757.11ind./m³，其次为 18 号站，为 4190.26ind./m³；密度最低的是 21 号站，仅为 286.78ind./m³；其它站位浮游动物密度介于 318.32~4128.17ind./m³ 之间；可见各调查站位间浮游动物密度差距较大。

表 3.2-2 调查海域浮游动物各类群栖息密度的空间分布（单位：ind./m³）

站位	被囊类	端足类	浮游幼体	介形类	糠虾类	涟虫类	磷虾类	毛颚类	刺胞动物	桡足类	十足类	翼足类	原生动物	枝角类
1	000	1.85	92.13	0.00	0.46	0.46	0.00	38.89	0.00	20.37	5.56	0.00	1.85	444.44
2	2.29	0.38	39.31	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	1.53	12.98	0.00	0.76	0.76	251.91
3	21.28	1.06	137.23	0.00	0.00	0.00	0.00	64.89	0.00	25.53	0.00	3.19	0.00	548.94

5	12.02	5.77	182.21	2.88	4.33	0.00	0.96	25.00	6.25	16.35	33.65	0.96	0.00	595.19
9	2.80	3.74	271.50	0.93	0.47	0.00	0.93	28.04	0.47	94.39	56.07	0.00	0.00	1669.16
10	17.24	10.34	320.69	1.72	3.45	0.00	1.72	45.69	0.86	105.17	22.41	0.00	0.00	1608.62
11	26.47	44.12	466.18	1.47	16.18	8.82	5.88	141.18	2.94	73.53	20.59	0.00	0.00	1297.06
13	24.77	8.41	264.95	0.00	1.87	1.40	0.93	63.55	3.27	39.72	26.17	1.40	0.00	846.73
14	57.04	9.15	458.45	0.00	0.00	0.70	0.00	126.76	2.11	205.63	183.10	0.70	0.00	3084.51
16	102.77	0.00	140.51	0.00	0.00	0.00	0.00	86.96	18.97	8.70	15.81	0.00	83.00	5300.40
18	111.04	0.00	167.53	3.90	0.00	0.65	0.00	38.96	6.49	93.51	68.18	8.44	0.00	3691.56
20	10.68	5.83	314.56	0.00	0.49	0.97	0.00	109.71	40.29	108.74	77.67	0.97	0.00	2611.65
21	1.65	1.24	42.15	0.00	1.24	0.41	0.00	17.36	2.89	42.15	17.77	0.00	5.37	154.55
23	36.22	6.41	46.15	9.62	4.01	0.96	0.00	56.57	3.85	41.67	68.91	3.85	0.00	1227.56
24	82.82	9.54	141.79	9.54	1.91	5.73	0.19	90.65	12.21	57.25	59.16	16.03	0.00	1885.50
平均值	33.94	7.19	205.69	2.00	2.29	1.34	0.71	62.84	6.81	63.05	43.67	2.42	6.07	1681.18

本次调查海域浮游动物生物量空间分布如图 3.2-2，本次调查浮游动物平均密度为 2119.20ind./m³；其中枝角类平均密度最高，达到 1681.2ind./m³，占浮游动物平均密度的 79.33%，远大于其它浮游动物类群；其次是浮游幼体，其平均密度为 205.69ind./m³，占浮游动物平均密度的 9.71%；桡足类的平均密度为 63.05ind./m³，占浮游动物平均密度的 2.97%；毛颚类的平均密度为 62.84ind./m³，占浮游动物平均密度的 2.97%；十足类的平均密度为 43.67ind./m³，占浮游动物平均密度的 2.06%；被囊类的平均密度为 33.94ind./m³，占浮游动物平均密度的 1.60%；其它 8 个浮游动物类群占比均小于 1.00%，其中密度最低的是磷虾类，仅为 0.71，占浮游动物平均密度的 0.03%。

从本次调查海域浮游动物生物量空间分布来看，全部 15 个站位平均生物量为 197.460mg/m³，变化范围为 45.802~458.498mg/m³，各站位间浮游动物生物量差别较大。16 号站生物量最高为 458.498mg/m³；其次是 11 站位，生物量为 411.765mg/m³；2 号站生物量最低，仅为 45.802mg/m³；其它站位生物量介于 74.074~370.130mg/m³ 之间。

(3) 优势种类及其数量分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查的浮游动物优势种类，共得出 4 个种类：肥胖箭虫 *Sagitta enflata*、鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris*、鱼卵 Fish eggs、长尾类幼体 *Macrura larvae*。其中优势度最大的鸟喙尖头蚤，为 0.789；长尾类幼体、肥胖箭虫和鱼卵的优势度分别为 0.033、0.028 和 0.027。

(4) 多样性水平

调查海域浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 变化范围在 0.68~2.87 之间, 平均值为 1.72; 以 21 号站最高, 其多样性指数为 2.87; 16 号站最低, 其多样性指数仅 0.68。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.16~0.58 之间, 平均值为 0.37; 21 号站均匀度最高, 为 0.58; 最低点出现在 16 号站, 仅为 0.16。

总的来说, 调查海域内浮游动物的多样性指数和均匀度指数均处于较低水平; 表明本海域浮游动物生态状况较差, 种类分布极不均匀。

3.2.2.4 底栖生物

本次大型底栖生物生态调查在海域范围内进行定性和定量调查。定性调查结果显示: 本次调查出现大型底栖生物有 6 大类群 44 种 (附录 III); 其中软体动物类群有 20 种, 占总种数的 45.45%; 节肢动物类群有 19 种, 占总种数的 43.18%; 脊索动物类群有 2 种, 占总种数的 4.55%; 环节动物、棘皮动物和星虫动物类群均仅有 1 种, 各占总种数的 2.27%。

本次调查海域内大型底栖动物定量结果分析如下:

(1) 种类组成

本次调查出现大型底栖生物有 8 大类群 49 种 (附录 IV), 主要由环节动物和软体动物类群构成。其中环节动物类群种数最多, 有 20 种, 占总种数的 40.82%; 其次是软体动物类群, 有 15 种, 占总种数的 30.61%; 节肢动物类群有 7 种, 占总种数的 14.29%; 棘皮动物和星虫动物类群均有 2 种, 占总种数的 4.08%; 脊索动物、纽形动物和蠕虫动物类群均只有 1 种, 各占总种数的 2.04%。

本次调查海域内站位间大型底栖生物种类分布较均匀。3、13 和 16 号站种类数最多, 均有 7 种; 其次是 9、14 和 20 号站, 均有 6 种; 2、5、10、18、23 和 24 号等 6 个站种类数均为 5 种; 1、11 和 21 号站发现大型底栖生物种类数最少, 均有 3 种。各调查站位中, 环节动物和软体动物类群在本次调查中出现率最高均为 93.33%; 其次是节肢动物类群, 其出现率为 46.67%; 棘皮动物类群出现率为 20.00%; 脊索动物和星虫动物类群出现率均为 13.33%; 纽形动物、和蠕虫动物类群出现率最低, 均仅为 6.67%, 其中纽形动物和蠕虫动物类群均只在 23 号站发现。

(2) 数量分布

本次调查海域内大型底栖生物栖息密度范围为 14.29~176.19ind./m²，平均栖息密度为 76.51ind./m²。其中 3 和 14 号站大型底栖生物栖息密度最大，均为 176.19ind./m²；其次是 11 号站，其大型底栖生物栖息密度为 138.10ind./m²；1 号站大型底栖生物栖息密度最小，仅为 14.29ind./m²；其它站位大型底栖生物栖息密度范围介于 28.57~100.00ind./m² 之间；可各调查站位间大型底栖生物栖息密度有一定差异。

在大型底栖生物各类群的数量组成中，以环节动物、节肢动物和软体动物为主要构成类群，其栖息密度高、分布范围广。海区大型底栖生物总平均栖息密度为 76.51ind./m²；其中软体动物类群平均栖息密度最高，为 37.78ind./m²，占总平均栖息密度的 49.38%，变化范围介于 0~147.62ind./m² 之间；其次是环节动物类群，其平均栖息密度为 19.68ind./m²，占总平均栖息密度的 25.73%，其变化范围为 0~42.86ind./m²；节肢动物类群平均栖息密度为 15.87ind./m²，占总平均栖息密度的 20.75%，其变化范围为 0~109.52ind./m²；棘皮动物和脊索动物类群平均栖息密度均为 0.95ind./m²，各占总平均栖息密度的 1.24%，棘皮动物类群变化范围为 0~4.76ind./m²，脊索动物类群变化范围为 0~9.52ind./m²；星虫动物类群平均栖息密度为 0.63ind./m²，占总平均栖息密度的 0.83%，其变化范围为 0~4.76ind./m²；纽形动物和蠕虫动物类群平均栖息密度最低，均仅为 0.32ind./m²，各占总平均栖息密度的 0.41%，均只在 23 号站发现，两个类群在该调查站位的栖息密度均为 4.76ind./m²；可见大型底栖生物各大类群栖息密度差异较大。见表 3.2-3。

表 3.2-3 调查海域大型底栖生物不同类群数量的空间分布（单位：ind./m²）

调查站位	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	纽形动物	软体动物	星虫动物	蠕虫动物	总计
1	4.76	0.00	4.76	0.00	0.00	4.76	0.00	0.00	14.29
2	14.29	0.00	0.00	9.52	0.00	4.76	0.00	0.00	28.57
3	23.81	4.76	0.00	0.00	0.00	147.62	0.00	0.00	176.19
5	19.05	0.00	0.00	0.00	0.00	47.62	0.00	0.00	66.67
9	19.05	0.00	9.52	4.76	0.00	4.76	4.76	0.00	42.86
10	14.29	0.00	0.00	23.81	0.00	4.76	0.00	0.00	42.86
11	4.76	0.00	0.00	19.05	0.00	114.29	0.00	0.00	138.10
13	42.86	0.00	0.00	57.14	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

14	0.00	4.76	0.00	109.52	0.00	61.90	0.00	0.00	176.19
16	28.57	4.76	0.00	0.00	0.00	61.90	4.76	0.00	100.00
18	33.33	0.00	0.00	14.29	0.00	23.81	0.00	0.00	71.43
20	28.57	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	61.90
21	9.52	0.00	0.00	0.00	0.00	28.57	0.00	0.00	38.10
23	19.05	0.00	0.00	0.00	4.76	4.76	0.00	4.76	33.33
24	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	23.81	0.00	0.00	57.14
平均值	19.68	0.95	0.95	15.87	0.32	37.78	0.63	0.32	76.51

本次调查海域内，各站位生物量变化范围介于 1.824~10.481g/m² 之间，平均生物量为 5.894g/m²。5 号站大型底栖生物生物量最高，为 10.481g/m²；其次是 3 号站，其生物量为 10.462g/m²；生物量最低的是 10 号站，仅为 1.824g/m²；其它站位生物量范围介于 3.029~10.062g/m² 之间。

在本次调查中，软体动物类群平均生物量最高，为 3.518g/m²，占总生物量的 59.69%；其次是环节动物类群，其平均生物量为 1.357g/m²，占大型底栖生物总生物量的 23.03%；星虫动物类群平均生物量为 0.396g/m²，占大型底栖生物总生物量的 6.71%；节肢动物类群平均生物量为 0.299g/m²，占大型底栖生物总生物量的 5.08%；其它底栖生物类群生物量均较低，其中生物量最低的纽形动物类群，仅为 0.004g/m²，占大型底栖生物总生物量的 0.06%。见表 3.2-4。

表 3.2-4 调查海域大型底栖生物不同类群生物量的空间分布（单位：g/m²）

调查站位	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	纽形动物	软体动物	星虫动物	蠕虫动物	总计
1	2.252	0.000	0.286	0.000	0.000	2.105	0.000	0.000	4.643
2	1.371	0.000	0.000	0.110	0.000	3.114	0.000	0.000	4.595
3	0.267	1.376	0.000	0.000	0.000	8.819	0.000	0.000	10.462
5	0.843	0.000	0.000	0.000	0.000	9.638	0.000	0.000	10.481
9	1.119	0.000	0.638	0.062	0.000	0.533	3.157	0.000	5.510
10	0.333	0.000	0.000	0.790	0.000	0.700	0.000	0.000	1.824
11	0.148	0.000	0.000	0.629	0.000	2.252	0.000	0.000	3.029
13	1.824	0.000	0.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.824
14	0.000	0.129	0.000	0.633	0.000	4.676	0.000	0.000	5.438
16	2.748	0.738	0.000	0.000	0.000	3.800	2.776	0.000	10.062
18	0.714	0.000	0.000	0.267	0.000	3.710	0.000	0.000	4.690
20	4.114	0.000	0.000	0.000	0.000	5.214	0.000	0.000	9.329

21	0.324	0.000	0.000	0.000	0.000	2.800	0.000	0.000	3.124
23	0.424	0.000	0.000	0.000	0.057	3.481	0.000	1.629	5.590
24	3.881	0.000	0.000	0.000	0.000	1.929	0.000	0.000	5.810
平均值	1.357	0.150	0.062	0.299	0.004	3.518	0.396	0.109	5.894

(3) 主要种类及其分布

调查海域大型底栖生物类群以优势度 ≥ 0.02 为判断依据,本次调查的优势种有2个,分别是:彩虹明樱蛤 *Moerella iridescens*、中华螺赢蜚 *Corophium sinensis*; 其优势度分别为0.081和0.021。

(4) 多样性水平

本次调查海域内大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和 Pielou 均匀度指数 (J) 水平如表 5.6-13 所示。Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 变化范围在 0.79~2.47 之间,平均为 1.99; 最高值出现在 13 号站,为 2.47; 最低值仅为 0.78,出现在 11 号站。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.50~1 之间,平均为 0.85; 其中 1 号站均匀度为 1; 11 号站最低,仅为 0.50。

总体来说,该调查海域大型底栖生物多样性指数属中等偏低水平,均匀度指数处于较高水平。表明本海域大型底栖生物生态状况一般,种类分布均匀。

3.2.2.5 潮间带生物

本次潮间带调查共设置 4 条断面,在各断面的高中低潮带各设 3 个站点进行定性及定量样品采集。

(1) 定性潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 1 大门类 4 种,均为节肢动物(附录)。本次定调查中,断面 C1 中,低潮带、中潮带和高潮带发现潮间带生物均只有 1 种;断面 C2 中,低潮带和中潮带发现潮间带生物均有 1 种,高潮带未发现潮间带生物;断面 C3 中,低潮带和中潮带发现潮间带生物均有 1 种,高潮带未发现潮间带生物;断面 C4 中,低潮带和高潮带发现潮间带生物均有 2 种,中潮带发现潮间生物只有 1 种。

(2) 定量潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 2 大门类 6 种;节肢动物类群有 5 种,占总种数的 83.33%; 环节动物类群只有 1 种,占总种类的 16.67%。(附录 VI)

本次定量调查中，断面 C1 中，低潮带发现潮间带生物为 1 种，中潮带为 2 种，高潮带未发现潮间带生物；断面 C2 中，低潮带发现潮间带生物为 1 种，中潮带为 2 种，高潮带未发现潮间带生物；断面 C3 中，低潮带发现潮间带生物为 1 种，中潮带为 2 种，高潮带未发现潮间带生物；断面 C4 中，低潮带和中潮带发现潮间带生物均位 2 种，高潮带为 1 种。

(3) 定量潮间带生物量及栖息密度

a、生物量及栖息密度的组成

本次调查中，发现潮间带生物均为环节动物和节肢动物，节肢动物类群的栖息密度和生物量均大于环节动物类群。在潮间带生物类群栖息密度方面，节肢动物类群栖息密度为 11.33ind./m²；环节动物类群的栖息密度为 0.67ind./m²。潮间带生物生物量的组成情况，节肢动物类群生物量为 7.209g/m²；环节动物类群的生物量为 0.238g/m²。

b、生物量及栖息密度的水平分布

在调查断面的水平分布方面，本次调查三条断面的潮间带生物平均栖息密度为 12.00ind./m²，平均生物量为 7.447g/m²，潮间带生物体栖息密度的分布情况如表 5.6-15 所示。潮间带生物栖息密度大小顺序为：断面 C4>断面 C1>断面 C2>断面 C3；断面 C4 潮间带生物栖息密度最高，达到了 14.67ind./m²；其次为断面 C1 和断面 C2，潮间带生物栖息密度均为 13.33ind./m²；潮间带生物栖息密度最低的是断面 C3，为 6.67ind./m²。潮间带生物量分布情况与栖息密度一致，即断面 C4>断面 C1>断面 C2>断面 C3；断面 C4 的生物量最高，达到 19.064g/m²；其次为断面 C1，生物量为 5.816g/m²；断面 C2 生物量为 3.485g/m²；断面 C3 生物量最低，仅为 1.423g/m²。见 3.2-5。

表 3.2-5 调查断面潮间带生物量及栖息密度的水平分布

断面名称	项目	总计	环节动物	节肢动物
C1	栖息密度 (ind/m ²)	13.33	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	5.816	0.000	5.816
C2	栖息密度 (ind/m ²)	13.33	0.00	13.33
	生物量 (g/m ²)	3.485	0.000	3.485
C3	栖息密度 (ind/m ²)	6.67	0.00	6.67
	生物量 (g/m ²)	1.423	0.000	1.423
C4	栖息密度 (ind/m ²)	14.67	2.67	12.00

	生物量 (g/m ²)	19.064	0.952	18.112
平均值	栖息密度 (ind/m ²)	12.00	0.67	11.33
	生物量 (g/m ²)	7.447	0.238	7.209

c、生物量及栖息密度的垂直分布

在调查断面的垂直分布方面：中潮带生物栖息密度最高为 21.00ind/m²，其次是低潮带的 14.00ind/m²，最低的是高潮带仅为 1.00ind/m²；生物量方面，高潮带生物生物量最高为 11.057g/m²，其次是中潮带的 5.901g/m²，最低的是低潮带的 5.383g/m²。见表 3.2-6。

表 3.2-6 调查断面潮间带生物量及栖息密度的垂直分布

潮带名称	项目	总计	环节动物	节肢动物
低潮带	栖息密度 (ind./m ²)	14	2	12
	生物量 (g/m ²)	5.383	0.714	4.669
中潮带	栖息密度 (ind./m ²)	21	0	21
	生物量 (g/m ²)	5.901	0	5.901
高潮带	栖息密度 (ind./m ²)	1.00	0	1.00
	生物量 (g/m ²)	11.057	0	11.057

(3) 定量潮间带生物多样性指数

采用 Shannon-Wiener 指数法测定潮间带生物的多样性指数，一般认为，正常海域环境该指数值高，污染环境该指数低。4 条断面多样性指数变化范围为 0.47~1.69，平均为 0.96，其中多样性指数最高的为断面 C4，最低的为断面 C1；均匀度指数变化范围为 0.47~0.97，平均为 0.75，其中均匀度指数最高的为断面 C2，最低的为断面 C1。

总体看来，该海域潮间带生物的多样性指数处于较低水平，均匀度指数处于中等水平。表明本海域潮间带生物种类少，生态状况较差，但种类分布均匀。

3.2.2.6 鱼卵与仔稚鱼

1) 种类组成

鱼卵和仔稚鱼水平拖网调查共捕获鱼卵 40888 粒，仔稚鱼 110 尾。初步鉴定出 16 种（附录VII）；鉴定到科的有 6 种，鉴定到属的有 6 种，鉴定到种的有 4 种，存在部分鱼卵无法确定种属。所鉴定出的 16 个种类中，鲈形目最多，有 8 种，占总种数的 50.00%；鲱形目有 5 种，占总种数的 31.25%；鲽形目有 2 种，占总类数的 12.50%；鲷形目仅有 1 种，占总种数的 6.25%。各调查站位所出现的鱼卵种类数及仔稚鱼种类数较为均匀，其中鱼卵出现种类均为 7 种，仔稚鱼出现种类数为 2~7 种。

2) 数量分布

调查海域共捕获鱼卵数量 40888 粒，各站位密度变化范围在 1.971~31.350 粒/m³ 之间，平均为 14.719 粒/m³；其中以 3 号站鱼卵密度最高，为 31.350 粒/m³，该站捕获大量小公鱼属和鲷属鱼卵；14 号站捕获鱼卵数量居第二位，其密度为 25.659 粒/m³；21 号站捕获的鱼卵数量最少，其密度仅为 1.971 粒/m³；其它站位捕获鱼卵密度介于 2.289~25.151 粒/m³ 之间。

本次调查所捕获的仔稚鱼数量共 110 尾，各站位仔稚鱼密度变化范围处于 0.011~0.070 尾/m³ 之间，平均密度为 0.040 尾/m³。其中仔稚鱼密度最高出现在 9 号站，为 0.070 尾/m³；其次为 24 号站，仔稚鱼密度为 0.065 尾/m³；21 号站仔稚鱼密度最低，仅为 0.011 尾/m³；其它调查站位仔稚鱼密度介于 0.016~0.059 尾/m³ 之间。

表 3.2-7 调查海域鱼卵和仔稚鱼的分布情况

调查站 位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量 (粒)	密度 (粒/m ³)	种类数	数量 (尾)	密度 (尾/m ³)
1	7	424	2.289	6	8	0.043
2	7	750	4.050	7	10	0.054
3	7	5806	31.350	5	6	0.032
5	7	3237	17.478	6	8	0.043
9	7	4288	23.153	6	13	0.070
10	7	2613	14.109	5	7	0.038
11	7	4116	22.225	4	5	0.027
13	7	4376	23.629	5	8	0.043
14	7	4752	25.659	7	8	0.043
16	7	754	4.071	3	5	0.027
18	7	1361	7.349	3	4	0.022
20	7	664	3.585	3	3	0.016
21	7	365	1.971	2	2	0.011
23	7	2724	14.708	4	11	0.059
24	7	4658	25.151	5	12	0.065
平均值	7.00	2725.87	14.719	4.73	7.33	0.040

3.2.3 2018 年 9 月（秋季）调查

3.2.3.1 叶绿素 a 及初级生产力

（1）叶绿素 a

该海域 16 个调查站位表层水体叶绿素 a 平均含量为 $2.67\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围在 $0.861\sim 6.21\text{mg}/\text{m}^3$ ，最高值出现在 20 号站，值为 $6.21\text{mg}/\text{m}^3$ ；最低值出现在 22 号站，值为 $0.861\text{mg}/\text{m}^3$ 。调查海域的叶绿素含量整体水平偏低，其中位于靠外站位如 09 号站、15 号站、17 号站以及 22 号站（其叶绿素 a 含量数值普遍低于 1 或接近于 1）的叶绿素 a 数值明显低于靠近近岸的其他站，该调查海域叶绿素 a 水平分布由近岸到远岸有逐步降低分布趋势。影响水体叶绿素 a 分布的因子较多，如非生物因子（潮汐、透明度、浊度、水深、盐度、无机营养盐等）和生物因子（浮游植物密度、浮游动物的摄食和海洋病毒的侵染等）只有深入测定各因子的参数，才能探讨其与叶绿素 a 含量分布状况之间的相关关系。

（2）初级生产力

对初级生产力进行估算统计（表 3.2-8），根据水体透明度和表层叶绿素 a 含量估算得到的海区表层水体初级生产力范围在 $26.51\sim 1202.80\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 之间，平均值为 $338.03\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，其中以 11 号站最高，为 $1202.80\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，13 号站最低，为 $26.51\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。与叶绿素 a 的分布趋势类似，该调查海域初级生产力的水平分布由近岸到远海有逐步降低的分布趋势。初级生产力反映出单位时间和单位面积内浮游植物的生产水平，受到光、温度、辐射、营养盐、浮游植物等多种生态因子的综合影响。

表 3.2-8 调查海域叶绿素 a 和初级生产力分布情况

调查站位	叶绿素浓度 (mg/m^3)	透明度	初级生产力 ($\text{mg C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$)
1	0.913	0.8	48.64
3	6.77	1.8	811.59
4	2.01	0.8	107.09
5	2.33	1.4	217.25
7	1.98	2.1	276.92
9	2.72	2.2	398.53
11	4.20	4.3	1202.80

12	4.71	0.4	125.47
13	0.995	0.4	26.51
15	1.77	3.0	353.65
17	1.61	2.7	289.51
20	6.21	2.6	1075.32
22	0.861	3.6	206.43
24	0.892	2.0	118.81
25	3.24	0.5	107.89
26	1.58	0.4	42.09
平均值	2.67	1.8	338.03

3.2.3.2 浮游植物

(1) 种类组成

本次生态调查在调查海域共鉴定出浮游植物 107 种，隶属于 3 大门类（附录）；其中以硅藻门为主，共 84 种，占总种数的 78.50%；甲藻门有 21 种，占总种数的 19.6%；金藻门仅有 2 种，占总种数的 1.87%。

总体看来，浮游植物在各站位空间分布不均匀。27 号站浮游植物种类数最多，有 77 种；其次是 21 号站，有 69 种；2 号站浮游植物种类最少，仅有 35 种；其它站位浮游植物种类介于 40~68 种之间。

(2) 数量分布

调查海域的浮游植物平均密度为 $298.13 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，各站位浮游植物密度处于 $32.72 \sim 1340.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，各站位间浮游植物密度分布不均匀；其中 26 号站浮游植物的密度最高，达 $1340.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；其次是 28 号站，其浮游植物密度为 $761.82 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；浮游植物密度最低的是 16 号站，仅为 $32.72 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ；其它站位浮游植物密度处于 $34.92 \sim 639.17 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。

表 3.2-9 调查海域浮游植物密度分布表

调查站位	密度 ($\times 10^3 \text{cells/m}^3$)	调查站位	密度 ($\times 10^3 \text{cells/m}^3$)
01	1059.18	20	5714.29
02	349.18	21	747.25
03	6188.24	23	411.46
05	659.09	24	827.59
09	823.40	26	13400.00

10	2490.57	27	6391.67
11	4208.82	28	7618.18
13	1528.57	29	402.16
14	1246.67	30	5658.46
16	327.18	33	1641.06
18	913.39	平均值	2981.26

(3) 优势种及栖息密度分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查海域浮游植物优势种有 8 个，分别是：大洋角管藻 *Cerataulina pelagica*、尖刺拟菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens*、菱形海线藻 *Thalassionema nitzschioides*、洛氏角毛藻 *Chaetoceros lorenzianus*、拟旋链角毛藻 *Chaetoceros pseudocurvisetus*、旋链角毛藻 *Chaetoceros curvisetus*、窄隙角毛藻 *Chaetoceros affinis*、中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*；其中菱形海线藻优势度最高达 0.168，其次是旋链角毛藻为 0.098。

(4) 多样性水平

调查海域浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和 Pielou 均匀度指数 (J) 分布均匀。Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围处于 3.33~5.33 之间，平均值为 4.40；多样性指数最高出现在 21 号站，值为 5.33；最低值为 10 号站的 3.33。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.60~0.87 之间，平均值为 0.77；最高值出现在 21 号站，为 0.87；10 号站均匀度最低，仅为 0.60。

总体看来，该海域浮游植物多样性指数 (H') 水平很高；均匀度 (J) 则处于中等水平。表明本海域浮游植物生态状况良好，种类分布均匀。

3.2.3.3 浮游动物

(1) 种类组成

经鉴定，本次调查海域发现浮游动物由 15 大类群组成，共计 119 种（附录）。其中桡足类的种数最多，有 40 种，占浮游动物总种数的 33.61%；腔肠动物次之，有 25 种，占浮游动物总种数的 21.01%；浮游幼体有 17 种，占浮游动物总种数的 14.29%；毛颚类有 6 种，占总种数的 5.04%；端足类和介形类均有 5 种，各占浮游动物总种数的 4.20%；被囊类、糠虾类和翼足类均有 4 种，各占浮游动物总种数的 3.36%；十足类有

3 种，占浮游动物总种数的 2.52%；枝角类有 2 种，占浮游动物总种数的 1.68%；磷虾类、异足类、原生动物和栉水母动物均仅有 1 种，各占浮游动物总种数的 0.84%。

从浮游动物种类的空间分布来看，16 号站种类最多，有 63 种；其次是 20 号站，有 61 种；27 号站浮游动物种类数最少，仅有 13 种；其它站位浮游动物种类介于 16~52 种之间；可见调查海域内浮游动物种类空间分布不均匀。

本次调查中浮游幼体、腔肠动物、桡足类和十足类出现率均为 100%；毛颚类出现率为 90.48%；枝角类出现率为 85.71%；翼足类出现率为 80.95%；被囊类出现率为 71.43%；介形类出现率为 66.67%；端足类出现率为 57.14%；栉水母动物出现率为 47.62%；糠虾类出现率为 38.10%；异足类出现率为 14.29%；磷虾类和原生动物出现率最低，均仅为 9.52%。

(2) 数量分布

从本次调查海域范围浮游动物密度分布来看，各站位浮游动物平均密度为 986.35ind./m³；最大浮游动物密度出现在 26 号站，为 4800.00ind./m³；其次是 20 号站，为 3104.76ind./m³；27 号站浮游动物密度最低，仅为 88.89ind./m³；其它站位浮游动物密度介于 183.96~1976.15ind./m³ 之间；可见调查海域内浮游动物密度空间分布很不均匀。

本次调查浮游动物平均密度为 986.35ind./m³，桡足类和浮游幼体类群是调查海域内浮游动物主要构成类群；其中桡足类平均密度达到 497.18ind./m³，占浮游动物平均密度的 50.41%；浮游幼体平均密度为 246.20ind./m³，占浮游动物平均密度的 24.96%；枝角类平均密度为 113.54ind./m³，占浮游动物平均密度的 11.51%；十足类平均密度为 62.39ind./m³，占浮游动物平均密度的 6.33%；毛颚类平均密度为 20.16ind./m³，占浮游动物平均密度的 2.04%；腔肠动物平均密度为 18.76ind./m³，占浮游动物平均密度的 1.90%；被囊类平均密度为 10.88ind./m³，占浮游动物平均密度的 1.10%；其它八大类群浮游动物平均密度均低于 10.00ind./m³；其中平均密度最低的为异足类浮游动物，仅为 0.14ind./m³，占浮游动物平均密度的 0.01%。见表 3.2-11。

表 3.2-10 调查海域浮游动物生物量的空间分布（单位：mg/m³）

调查站位	生物量	调查站位	生物量
01	551.020	20	1880.952

02	169.399	21	135.321
03	313.725	23	97.222
05	128.788	24	235.632
09	92.199	26	3416.667
10	179.245	27	90.278
11	250.000	28	681.818
13	182.540	29	116.216
14	383.333	30	200.000
16	146.341	33	543.046
18	214.286	平均值	476.573

全部 21 个站位平均生物量为 476.573mg/m³，变化范围为 90.278~3416.667mg/m³，可见浮游动物生物量空间分布不均匀。其中 26 号站生物量最高，为 3416.667mg/m³；其次是 20 号站，生物量为 1880.952mg/m³；27 号站生物量最低，仅为 90.278mg/m³；其它站位浮游动物生物量介于 92.199~681.818mg/m³ 之间。见表 3.2-10。

(3) 优势种类及其数量分布

按照优势度 $Y \geq 0.02$ 来确定本次调查的浮游动物优势种类，共得出 10 个种类：短尾类幼体 *Brachyura larvae*、汉森莹虾 *Lucifer hanseni*、红纺锤水蚤 *Acartia erythraea*、鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris*、钳形歪水蚤 *Tortanus forcipatus*、桡足类幼体 *Copepoda larvae*、亚强次真哲水蚤 *Subeucalanus subcrassus*、莹虾幼体 *Lucifer larvae*、长尾类幼体 *Macrura larvae*、锥形宽水蚤 *Temora turbinata*；其中亚强次真哲水蚤优势度最高为 0.205；其次是鸟喙尖头蚤为 0.084。

表 3.2-11 调查海域浮游动物各类群栖息密度的空间分布 (单位: ind./m³)

调查站位	被囊类	端足类	浮游幼体	介形类	糠虾类	磷虾类	毛颚类	刺胞动物	桡足类	十足类	异足类	翼足类	原生动物	枝角类	栉水母动物	总计
01	0.00	0.00	335.71	2.04	1.02	0.00	2.04	3.06	728.57	267.35	0.00	1.02	0.00	69.39	0.00	1410.20
02	0.00	2.73	109.56	0.00	0.00	0.00	1.37	0.82	332.24	53.28	0.00	1.37	0.00	19.13	0.00	520.49
03	0.00	0.00	306.86	5.88	0.00	1.96	1.96	16.67	962.75	125.49	0.00	2.94	0.00	44.12	0.00	1468.63
05	16.67	0.00	119.70	0.76	0.00	0.00	22.73	35.23	36.74	21.21	0.00	4.17	0.00	239.39	0.00	496.59
09	7.80	2.13	46.81	4.26	0.00	0.00	8.16	13.48	28.72	16.31	0.00	1.77	0.00	95.39	0.00	224.82
10	0.94	0.00	34.91	0.00	0.00	0.00	7.55	4.72	62.26	23.58	0.00	1.89	0.00	48.11	0.00	183.96
11	2.94	0.00	52.94	0.00	0.00	0.00	2.94	32.35	157.35	52.94	0.00	7.35	0.00	202.94	2.94	514.71
13	4.76	0.00	36.51	0.00	0.00	0.00	12.70	18.25	233.33	58.73	0.00	2.38	0.00	61.90	4.76	433.33
14	8.89	6.11	258.33	11.11	3.33	0.00	38.89	29.44	255.00	77.78	0.00	8.89	0.00	64.44	5.56	767.78
16	27.87	1.92	57.67	7.84	0.00	0.00	3.48	22.13	80.14	6.10	0.17	3.14	0.00	28.75	1.74	240.94
18	4.02	1.34	81.70	0.00	3.13	0.00	14.29	18.75	197.32	14.29	0.45	3.57	0.00	16.52	10.71	366.07
20	14.29	9.52	466.67	83.33	16.67	2.38	47.62	52.38	2285.71	42.86	2.38	16.67	0.00	59.52	4.76	3104.76
21	0.00	1.15	50.92	0.69	2.29	0.00	8.03	1.38	302.98	4.13	0.00	0.23	0.00	0.00	0.46	372.25
23	0.69	1.91	35.42	0.52	0.69	0.00	5.73	3.82	192.53	14.93	0.00	0.69	2.08	4.51	0.69	264.24
24	5.75	2.87	228.74	4.02	1.72	0.00	30.46	19.54	582.76	94.83	0.00	1.72	11.49	20.11	2.87	1006.90
26	0.00	0.00	1866.67	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	2741.67	183.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4800.00
27	0.00	0.00	63.19	0.00	0.00	0.00	0.00	4.86	12.50	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.89
28	63.64	13.64	392.42	9.09	12.12	0.00	36.36	25.76	378.79	100.00	0.00	0.00	0.00	290.91	9.09	1331.82
29	5.41	0.00	59.73	4.05	0.00	0.00	29.73	20.54	127.03	59.46	0.00	4.32	0.00	162.70	0.00	472.97
30	50.00	0.77	498.46	3.85	0.00	0.00	11.54	10.77	504.62	42.31	0.00	0.00	0.00	853.85	0.00	1976.15
33	14.90	0.33	67.22	6.62	0.00	0.00	137.75	51.66	237.75	43.05	0.00	5.96	0.00	102.65	0.00	667.88
均值	10.88	2.12	246.20	6.86	1.95	0.21	20.16	18.76	497.18	62.39	0.14	3.24	0.65	113.54	2.08	986.35

(4) 多样性水平

调查海域浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和 Pielou 均匀度指数 (J) 分布均匀。其中 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 变化范围在 2.68~4.52 之间, 平均值为 3.55; 以 16 号站最高, 其多样性指数为 4.52; 26 号站最低, 其多样性指数为 2.68。Pielou 均匀度 (J) 范围在 0.57~0.86 之间, 平均值为 0.69; 27 号站均匀度最高, 为 0.86; 最低点出现在 20 和 21 号站, 均仅为 0.57。

总体看来, 调查海域浮游动物多样性指数 (H') 水平较高, 均匀度指数 (J) 属于中等水平。说明该海域浮游动物生态状况良好, 种类分布比较均匀。

3.2.3.4 底栖生物

(1) 定量种类组成

本次调查出现大型底栖生物有 9 大类群 51 种 (附录): 环节动物类群种数最多, 有 18 种, 占总种数的 35.29%; 其次是软体动物类群, 有 16 种, 占总种数的 31.37%; 节肢动物类群有 8 种, 占总种数的 15.69%; 棘皮动物类群有 4 种, 占总种数的 7.84%; 腔肠动物、脊索动物、纽形动物、星虫动物和蠕虫动物均仅有 1 种, 各占总种数的 1.96%。

从本次调查海域内大型底栖生物类群种数及空间分布情况, 05 号站种类数最多, 有 10 种; 其次是 23 号站, 有 7 种; 最少的是 24 和 26 号站, 均仅有 1 种; 10 号站位未发现大型底栖生物; 其它站位种类介于 2~6 种之间。大型底栖生物各大类群中环节动物类群在本次调查中出现率最高, 为 71.43%; 其次是软体动物类群, 其出现率为 66.67%; 节肢动物类群出现率为 47.62%; 棘皮动物和蠕虫动物类群出现率均为 19.05%; 纽形动物类群出现率为 14.29%; 出现率最低的是腔肠动物、脊索动物和星虫动物类群, 均仅为 4.76%。

(2) 数量分布

本次调查海域内大型底栖生物栖息密度范围为 0~111.11ind./m², 平均栖息密度为 31.96ind./m²; 其中以 05 号站底栖生物栖息密度最高, 为 111.11ind./m²; 其次是 18 号站, 其底栖生物栖息密度为 93.33ind./m²; 底栖生物栖息密度最低的是 24 和 26 号站, 均仅为 4.44ind./m²; 10 号站未发现大型底栖生物; 其它站位底栖生物栖息密度介于 13.33~44.44ind./m² 之间。

在大型底栖生物各类群的数量组成中, 各调查站位中以软体动物类群栖息密

度最大，平均栖息密度为 13.54ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 42.38%，变化范围介于 0~88.89ind./m² 之间；环节动物类群数量居第二位，平均栖息密度为 9.10ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 28.48%，变化范围为 0~57.78ind./m²；其次是节肢动物类群，其平均密度为 3.81ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 11.92%，变化范围为 0~26.67ind./m²；蠕虫动物类群平均密度为 2.54ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 7.95%，变化范围为 0~35.56ind./m²；棘皮动物类群平均密度为 1.69ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 5.30%，变化范围为 0~22.22ind./m²；纽形动物类群平均密度为 0.63ind./m²，占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 1.99%，变化范围为 0~4.44ind./m²；腔肠动物、脊索动物和星虫动物类群平均栖息密度均为 0.21ind./m²，均占海域内大型底栖生物平均栖息密度的 0.66%，变化范围均为 0~4.44ind./m²。见表 3.2-12。

表 3.2-12 调查海域大型底栖生物各类群数量的空间分布（单位：ind./m²）

调查站 位	刺胞 动物	环节 动物	棘皮 动物	脊索 动物	节肢 动物	纽形 动物	软体 动物	星虫 动物	蠕虫 动物	总计
01	4.44	13.33	0.00	0.00	26.67	0.00	0.00	0.00	0.00	44.44
02	0.00	0.00	22.22	0.00	4.44	0.00	4.44	0.00	4.44	35.56
03	0.00	8.89	0.00	0.00	0.00	0.00	8.89	0.00	0.00	17.78
05	0.00	57.78	0.00	0.00	8.89	0.00	40.00	0.00	4.44	111.11
09	0.00	8.89	4.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	8.89	4.44	0.00	4.44	0.00	4.44	0.00	0.00	22.22
13	0.00	8.89	0.00	0.00	4.44	0.00	13.33	4.44	0.00	31.11
14	0.00	4.44	0.00	0.00	0.00	4.44	13.33	0.00	0.00	22.22
16	0.00	4.44	0.00	4.44	8.89	4.44	8.89	0.00	0.00	31.11
18	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	88.89	0.00	0.00	93.33
20	0.00	4.44	4.44	0.00	0.00	0.00	22.22	0.00	0.00	31.11
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.11	0.00	0.00	31.11
23	0.00	8.89	0.00	0.00	4.44	4.44	26.67	0.00	0.00	44.44
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	0.00	4.44
26	0.00	4.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44
27	0.00	22.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.22
28	0.00	8.89	0.00	0.00	4.44	0.00	13.33	0.00	0.00	26.67
29	0.00	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	8.89	26.67
30	0.00	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33

33	0.00	0.00	0.00	0.00	8.89	0.00	0.00	0.00	35.56	44.44
平均值	0.21	9.10	1.69	0.21	3.81	0.63	13.54	0.21	2.54	31.96

本次调查海域内，各调查站位大型底栖生物生物量分布变化范围为0~27.613g/m²，平均生物量为4.878g/m²；其中09号站生物量最高，为27.613g/m²；其次是20号站，其生物量为11.622g/m²；生物量最低的是26号站，仅为0.084g/m²；10号站未发现大型底栖生物；其它站位生物量介于0.142~8.058g/m²之间。

在本次调查中，棘皮动物类群平均生物量最高，为1.710g/m²，占总生物量的35.07%；其次是软体动物类群，其平均生物量为1.447g/m²，占总生物量的29.66%；环节动物类群平均生物量为0.632g/m²，占总生物量的12.96%；节肢动物类群的平均生物量为0.412g/m²，占总生物量的8.44%；腔肠动物类群平均生物量为0.290g/m²，占总生物量5.95%；蠕虫动物类群平均生物量为0.286g/m²，占总生物量5.85%；星虫动物类群平均生物量为0.067g/m²，占总生物量1.37%；脊索动物类群平均生物量为0.017g/m²，占总生物量的0.36%；纽形动物类群平均生物量为0.017g/m²，占总生物量的0.34%。见表3.2-13。

表 3.2-13 调查海域大型底栖生物各类群生物量的空间分布（单位：g/m²）

调查站位	刺胞动物	环节动物	棘皮动物	脊索动物	节肢动物	纽形动物	软体动物	星虫动物	蠕虫动物	总计
01	6.098	0.569	0.000	0.000	0.222	0.000	0.000	0.000	0.000	6.889
02	0.000	0.000	3.907	0.000	1.280	0.000	0.004	0.000	0.853	6.044
03	0.000	1.182	0.000	0.000	0.000	0.000	2.587	0.000	0.000	3.769
05	0.000	2.302	0.000	0.000	0.258	0.000	1.524	0.000	1.751	5.836
09	0.000	6.520	21.093	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	27.613
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.182	5.484	0.000	1.053	0.000	0.791	0.000	0.000	7.511
13	0.000	0.360	0.000	0.000	1.636	0.000	2.991	1.404	0.000	6.391
14	0.000	0.213	0.000	0.000	0.000	0.062	0.751	0.000	0.000	1.027
16	0.000	0.080	0.000	0.364	0.600	0.093	0.480	0.000	0.000	1.618
18	0.000	0.000	0.000	0.000	2.293	0.000	5.764	0.000	0.000	8.058
20	0.000	0.151	5.436	0.000	0.000	0.000	6.036	0.000	0.000	11.622
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.173	0.000	0.000	3.173
23	0.000	0.333	0.000	0.000	0.733	0.191	4.276	0.000	0.000	5.533
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000	0.000	0.142
26	0.000	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084
27	0.000	0.329	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.329
28	0.000	0.156	0.000	0.000	0.209	0.000	1.276	0.000	0.000	1.640

29	0.000	0.444	0.000	0.000	0.000	0.000	0.591	0.000	2.364	3.400
30	0.000	0.364	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.000	0.000	0.000	1.027	1.391
平均值	0.290	0.632	1.710	0.017	0.412	0.017	1.447	0.067	0.286	4.878

(3) 主要种类及其分布

调查海域大型底栖生物类群以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断依据，本次调查的优势种只有 1 个，为蛳螺，其优势度为 0.046。

(4) 多样性水平

本次调查海域内的大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 范围在 0~2.88 之间，平均值为 1.59；最高值出现在 05 号站，为 2.88；24 和 26 号站均只发现一个种类，其多样性指数均为 0；10 号站未发现大型底栖生物，无法计算多样性指数。Pielou 均匀度指数 (J) 变化范围在 0.59~1.00 之间，平均为 0.86；以 03、09 和 11 号站最高，均为 1.00；21 号站最低，仅为 0.59；10、24 和 26 无法计算均匀度。

总体看来，该调查海域内大型底栖生物多样性指数水平偏低，均匀度指数处于较高水平；表明调查水域内大型底栖生物生态环境状况较差，但种类分布比较均匀。

3.2.3.5 潮间带生物

本次潮间带调查共设置 5 条断面，在各断面的高中低潮带设 3 个站点进行定量及定性样品采集。

(1) 定性潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 4 大门类 29 种（附录）。经鉴定，软体动物发现种类最多，有 16 种，占总种数的 55.17%；其次是节肢动物，有 11 种，占总种数的 37.93%；环节动物和腔肠动物均仅有 1 种，各占总种数的 3.45%。

断面 C1 中，低潮带生物种类有 4 种，中潮带生物种类有 2 种，高潮带生物种类有 3 种；断面 C2 中，低潮带和中潮带生物种类均有 2 种，高潮带生物种类有 1 种；断面 C3 中，低潮带生物种类有 9 种，中潮带生物种类有 8 种，高潮带生物种类有 2 种；断面 C4 中，低潮带生物种类有 1 种，中潮带和高潮带生物种类均有 2 种；断面 C5 中，低潮带生物种类有 4 种，中潮带生物种类有 7 种，高潮带生物种类有 11 种。

(2) 定量潮间带生物的种类组成和空间分布

调查断面采集到的潮间带生物经鉴定共有 4 大门类 25 种（附录）。其中软体动物种类数最多，有 14 种，占总种数的 56.00%；其次是节肢动物，有 7 种，占总种数的 28.00%；环节动物有 3 种，占总种数的 12.00%；棘皮动物最少，仅有 1 种，占总种数的 4.00%。

断面 C1 中，低潮带生物种类有 5 种，中潮带生物种类有 3 种，高潮带生物种类有 2 种；断面 C2 中，低潮带生物种类有 1 种，中潮带生物种类有 3 种，高潮带生物种类有 2 种；断面 C3 中，低潮带生物种类有 5 种，中潮带生物种类有 3 种，高潮带生物种类有 4 种；断面 C4 中，低潮带和中潮带生物种类均有 3 种，高潮带生物种类有 2 种；断面 C5 中，低潮带生物种类有 4 种，中潮带和高潮带生物种类均有 7 种。

(3) 定量潮间带生物量及栖息密度

a、生物量及栖息密度的组成

调查断面的潮间带生物。潮间带生物栖息密度以节肢动物居首位，为 46.13ind./m²；其次是软体动物，为 35.20ind./m²；环节动物平均栖息密度为 1.87ind./m²；平均栖息密度最低的是棘皮动物，仅为 0.27ind./m²。生物量方面与栖息密度不一致，以软体动物居首位，为 48.881g/m²；其次是节肢动物，为 2.842g/m²；棘皮动物平均生物量为 1.266g/m²；环节动物最低，平均生物量仅为 0.643g/m²。

b、生物量及栖息密度的水平分布

5 条断面的潮间带生物栖息密度平均为 83.47ind./m²，生物量平均为 53.633g/m²。在调查断面的水平分布方面，断面 C5 的生物栖息密度最高，达到 145.33ind./m²；其次为断面 C3，生物栖息密度为 102.67ind./m²；断面 C1 生物栖息密度为 60.00ind./m²；断面 C4 生物栖息密度为 57.33ind./m²；断面 C2 生物栖息密度最低，为 52.00ind./m²；大小顺序为：断面 C5>断面 C3>断面 C1>断面 C4>断面 C2。潮间带生物量的分布情况与生物栖息密度分布一致，即断面 C5 生物量最高，达到 234.947g/m²；其次为断面 C3，为 22.419g/m²；断面 C1 生物量为 5.745g/m²；断面 C4 生物量为 2.732g/m²；断面 C2 生物量最低，仅为 2.32g/m²。见表 3.2-14。

表 3.2-14 调查断面潮间带生物量及栖息密度的水平分布

断面名称	项目	合计	环节动物	棘皮动物	节肢动物	软体动物
C1	栖息密度 (ind./m ²)	60.00	0.00	0.00	52.00	8.00
	生物量 (g/m ²)	5.745	0.000	0.000	3.364	2.381
C2	栖息密度 (ind./m ²)	52.00	0.00	0.00	50.67	1.33
	生物量 (g/m ²)	2.320	0.000	0.000	2.297	0.023
C3	栖息密度 (ind./m ²)	102.67	0.00	0.00	24.00	78.67
	生物量 (g/m ²)	22.419	0.000	0.000	0.485	21.933
C4	栖息密度 (ind./m ²)	57.33	5.33	0.00	52.00	0.00
	生物量 (g/m ²)	2.732	0.324	0.000	2.408	0.000
C5	栖息密度 (ind./m ²)	145.33	4.00	1.33	52.00	88.00
	生物量 (g/m ²)	234.947	2.893	6.328	5.656	220.069
平均值	栖息密度 (ind./m ²)	83.47	1.87	0.27	46.13	35.20
	生物量 (g/m ²)	53.633	0.643	1.266	2.842	48.881

c、生物量及栖息密度的垂直分布

在垂直分布上，潮间带生物的栖息密度表现为中潮带最高，为 92.80ind./m²；其次是高潮带，为 83.20ind./m²；低潮带最低，为 74.40ind./m²；即中潮带>高潮带>低潮带。生物量的分布与生物栖息密度不一致；低潮带生物量最高，为 64.002g/m²；其次高潮带，为 50.807g/m²；中潮带最低，为 46.089g/m²，即低潮带>高潮带>中潮带。各潮间带生物组成均以节肢动物和软体动物为主。见表 3.2-15。

表 3.2-15 调查断面潮间带生物量及栖息密度的垂直分布

潮带名称	项目	合计	环节动物	棘皮动物	节肢动物	软体动物
高潮带	栖息密度 (ind./m ²)	83.20	1.60	0.00	60.80	20.80
	生物量 (g/m ²)	50.807	0.124	0.000	4.829	45.854
中潮带	栖息密度 (ind./m ²)	92.80	4.00	0.00	53.60	35.20
	生物量 (g/m ²)	46.089	1.806	0.000	2.084	42.198
低潮带	栖息密度 (ind./m ²)	74.40	0.00	0.80	24.00	49.60
	生物量 (g/m ²)	64.002	0.000	3.797	1.614	58.591

(4) 定量潮间带生物多样性指数

采用 Shannon-Wiener 指数法测定潮间带生物多样性指数，一般认为，正常海域环境该指数值高，污染环境该指数低。

计算结果显示，5 条断面多样性指数平均为 1.82；其中断面 C5 多样性指数

最高，为 2.57；断面 C2 多样性指数最低，仅为 1.27。均匀度指数平均为 0.68；其中断面 C4 最高，为 0.83；断面 C1 最低，为 0.62。总体看来，调查断面潮间带多样性指数（H'）水平较低，均匀度（J）则属于中等水平；明本海域潮间带生态环境较差，但种类分布均匀。

3.2.3.6 鱼卵与仔稚鱼

1) 种类组成

鱼卵和仔稚鱼水平拖网调查共捕获鱼卵 6449 粒，仔稚鱼 39 尾。初步鉴定出 14 种（附录 VI），鉴定到科的有 5 种，鉴定到属的有 5 种，鉴定到种的有 4 种，存在部分鱼卵无法确定种属。所鉴定出的 14 个种类中：鲈形目最多，有 8 种，占总种数的 57.14%；其次为鲱形目，有 3 种，占总种数的 21.43%；鲻形目有 2 种，占总种数的 14.29%；鲽形目仅有 1 种，占总种数的 7.14%。各调查站位所出现的鱼卵种类数均为 5~6 种，所出现仔稚鱼种类数在 0~5 之间。

2) 数量分布

调查海域共捕获鱼卵数量 6449 粒，密度分布范围在 0.405~6.307 粒/m³ 之间，平均为 1.658 粒/m³。其中以 33 号站最高，为 6.307 粒/m³，其次为 29 号站，为 4.206 粒/m³；21 号站捕获的鱼卵数量最少，其密度仅为 0.405 粒/m³；其它站位鱼卵密度介于 0.459~2.829 粒/m³ 之间。

本次调查所捕获的仔稚鱼数量共 39 尾，密度分布范围在 0~0.027 粒/m³ 之间，平均为 0.010 尾/m³。仔稚鱼密度最高出现在 33 号站，为 0.027 尾/m³；其次为 01、05、10、26 和 29 号站，均为 0.016 尾/m³；02、03、13、16、18、20、24 和 27 号站均为 0.011 尾/m³；09、11 和 28 号站均为 0.005 尾/m³；其它站位未捕获到仔稚鱼。

表 3.2-16 调查海域鱼卵和仔稚鱼的空间分布情况

调查 站位	鱼卵			仔稚鱼		
	种类数	数量（粒）	密度（粒/m ³ ）	种类数	数量（尾）	密度（尾/m ³ ）
01	6	430	2.322	3	3	0.016
02	6	317	1.712	2	2	0.011
03	6	247	1.334	2	2	0.011
05	6	217	1.172	2	3	0.016
09	6	231	1.247	1	1	0.005
10	6	171	0.923	3	3	0.016

11	6	147	0.794	1	1	0.005
13	6	192	1.037	2	2	0.011
14	6	185	0.999	0	0	0.000
16	6	179	0.967	2	2	0.011
18	6	261	1.409	2	2	0.011
20	6	315	1.701	2	2	0.011
21	6	75	0.405	0	0	0.000
23	5	228	1.231	0	0	0.000
24	5	167	0.902	2	2	0.011
26	6	524	2.829	3	3	0.016
27	6	312	1.685	2	2	0.011
28	6	219	1.183	1	1	0.005
29	6	779	4.206	2	3	0.016
30	5	85	0.459	0	0	0.000
33	6	1168	6.307	5	5	0.027
平均值	5.86	307.10	1.658	1.76	1.86	0.010

3.3 自然资源概况

调整后项目用海范围基本与原方案一致，项目区附近海域的海洋资源未发生变化，项目区附近海域的海洋资源主要有岛礁资源、海岸线资源、渔业资源、风能资源、港口资源、航道资源、鸟类资源、重点保护物种、红树林资源“三场一通道”和海洋保护区等，除渔业资源资料如 3.1 节开头所述原因，更新为 2018 年 4 月和 2018 年 9 月调查资料，风能资源现更新为《广东粤电湛江外罗海上风电二期初步设计报告》（2020 年 2 月）内容，其他自然资源情况与原论证报告书一致，内容详见原论证报告书。

3.3.1 渔业资源

(1) 春季调查站位和调查项目

2018 年 4 月（春季），中国科学院南海海洋研究所委托广东宇南检测技术有限公司在评价海域开展了 12 条断面游泳生物调查。

(2) 秋季调查站位和调查项目

2018 年 9 月（秋季），中国科学院南海海洋研究所委托广州邦鑫海洋技术

有限公司在评价海域开展了 14 条断面游泳生物调查，海洋生物调查内容包括：浮游植物、浮游动物、低栖生物和鱼卵仔鱼。

本次调整属于在原用海范围基础上的调整，项目所在海域渔业资源现状内容引用自《湛江徐闻海上风电场项目海域使用补充论证报告书（报批稿）》（2020 年 6 月）相关章节内容。

3.3.1 渔业资源

3.3.1.1 渔业资源现状

调查站位和调查项目

（1）春季调查站位和调查项目

2018 年 4 月（春季），中国科学院南海海洋研究所委托广东宇南检测技术有限公司在评价海域开展了 12 条断面游泳生物调查，站位布设信息见表 3.3-1。

表 3.3-1 春季游泳生物调查断面坐标

渔业资源断面	断面起点		断面终点	
	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)
1S	110°53'32.31"	20°46'20.30"	110°52'18.00"	20°49'06.60"
2S	110°45'02.60"	20°46'56.63"	110°41'20.57"	20°46'29.13"
3S	110°44'17.16"	20°44'17.16"	110°33'10.44"	20°43'21.00"
4S	110°37'10.00"	20°33'02.47"	110°40'37.40"	20°33'03.10"
5S	110°41'39.60"	20°41'20.64"	110°44'28.68"	20°42'21.60"
6S	110°52'45.72"	20°42'04.20"	110°54'37.50"	20°45'15.08"
7S	110°52'49.56"	20°36'16.68"	110°53'00.84"	20°39'24.66"
8S	110°44'16.80"	20°36'30.36"	110°45'18.36"	20°33'37.56"
9S	110°40'43.65"	20°27'51.42"	110°36'54.24"	20°27'14.67"
10S	110°39'12.40"	20°23'11.11"	110°36'28.34"	20°21'20.02"
11S	110°45'57.04"	20°27'46.28"	110°43'54.76"	20°25'12.38"
12S	110°51'31.02"	20°28'56.50"	110°55'06.04"	20°30'31.61"

（2）秋季调查站位和调查项目

2018 年 9 月（秋季），中国科学院南海海洋研究所委托广州邦鑫海洋技术有限公司在评价海域开展了 14 条断面游泳生物调查，海洋生物调查内容包括：浮游植物、浮游动物、低栖生物和鱼卵仔鱼。站位布设信息见表 3.3-2。

表 3.3-2 秋季游泳生物调查断面坐标

渔业资源断面	断面起点		断面终点	
	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)
Y1	110°53'32.31"	20°46'20.30"	110°52'18.00"	20°49'06.60"
Y2	110°45'02.60"	20°46'56.63"	110°41'20.57"	20°46'29.13"
Y3	110°44'17.16"	20°44'17.16"	110°33'10.44"	20°43'21.00"
Y4	110°37'10.00"	20°33'02.47"	110°40'37.40"	20°33'03.10"
Y5	110°41'39.60"	20°41'20.64"	110°44'28.68"	20°42'21.60"
Y6	110°52'45.72"	20°42'04.20"	110°54'37.50"	20°45'15.08"
Y7	110°52'49.56"	20°36'16.68"	110°53'00.84"	20°39'24.66"
Y8	110°44'16.80"	20°36'30.36"	110°45'18.36"	20°33'37.56"
Y9	110°40'43.65"	20°27'51.42"	110°36'54.24"	20°27'14.67"
Y10	110°39'12.40"	20°23'11.11"	110°36'28.34"	20°21'20.02"
Y11	110°45'57.04"	20°27'46.28"	110°43'54.76"	20°25'12.38"
Y12	110°51'31.02"	20°28'56.50"	110°55'06.04"	20°30'31.61"
Y13	110°29'16.80"	20°51'22.68"	110°31'23.88"	20°52'31.44"
Y14	110°40'37.56"	20°58'42.96"	110°43'22.44"	20°57'44.64"

3.3.1.2 调查方法

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行。

3.3.1.3 评价方法

评价方法略。

3.3.1.4 2018 年 4 月调查结果

本次调查共捕获游泳动物经鉴定为 3 大类 49 种（附录 VIII）。其中：甲壳类游泳动物为 9 种；头足类游泳动物为 3 种；鱼类游泳动物为 37 种。

（1）游泳动物渔获率

本次调查各站位的游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 138.67ind./h 和 4.065kg/h。其中甲壳类游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 2.92ind./h 和 0.078kg/h，分别占游泳动物总平均个体渔获率的 2.10%和总平均重量渔获率的 1.91%；头足类游泳动物的平均个体渔获率和重量渔获率分别为

18.58ind./h 和 0.264kg/h，占游泳动物总平均个体渔获率的 13.40%和总平均重量渔获率的 6.50%；鱼类游泳动物的平均个体渔获率和重量渔获率分别为 117.17ind./h 和 3.723kg/h，占游泳动物总平均个体渔获率的 84.50%和总平均重量渔获率的 91.59%。

鱼类的平均个体渔获率和平均重量渔获率均最大，其次是头足类，最小的是甲壳类，且各游泳动物类群间差距较大。在空间分布上看，各站位间个体渔获率从大到小为 5>9>3>8>2>12>1>4>6>10>11>7；各站位重量渔获率从大到小为 8>9>5>3>12>6>11>2>10>1>4>7。

(2) 游泳动物密度

本次调查中范围海域内游泳动物平均个体密度和重量密度分别为 5348.14ind./km² 和 156.777kg/km²；其中甲壳类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 112.49ind./km² 和 3.000kg/km²；头足类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 716.73ind./km² 和 10.186kg/km²；鱼类游泳动物的平均个体密度和平均重量密度分别为 4518.92ind./km² 和 143.592kg/km²。鱼类的平均个体密度和重量密度均最大，其次是头足类，最小的是甲壳类；空间分布上看，各站位间平均个体密度从大到小排列为 5>9>3>8>2>12>1>4>6>10>11>7；各站位间平均重量密度从大到小排列为 8>9>5>3>12>6>11>2>10>1>4>7。

表 3.3-3 各站位的个体密度 (ind./km²) 和重量密度 (kg/km²)

断面名称	甲壳类		头足类		鱼类		总计	
	个体密度	重量密度	个体密度	重量密度	个体密度	重量密度	个体密度	重量密度
1	38.57	2.106	192.84	1.045	4435.36	97.598	4666.77	100.749
2	0.00	0.000	655.66	9.075	4975.32	99.789	5630.98	108.863
3	77.14	5.356	3124.04	23.249	4435.36	129.992	7636.53	158.598
4	154.27	3.756	887.07	8.759	2854.06	70.623	3895.40	83.138
5	501.39	10.305	2082.69	21.563	10644.86	196.657	13228.94	228.525
6	38.57	0.488	115.71	5.142	2815.49	111.335	2969.76	116.965
7	0.00	0.000	0.00	0.000	1697.01	61.303	1697.01	61.303
8	269.98	5.617	308.55	14.752	6016.66	367.060	6595.19	387.429
9	115.71	4.324	539.96	16.140	7366.55	273.348	8022.22	293.812
10	0.00	0.000	462.82	15.665	2468.37	92.918	2931.19	108.583

11	77.14	2.303	77.14	3.847	1966.99	103.419	2121.26	109.568
12	77.14	1.743	154.27	2.989	4551.06	119.061	4782.47	123.793
平均值	112.49	3.000	716.73	10.186	4518.92	143.592	5348.14	156.777

(3) 游泳动物的优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点, 选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI, 来分析渔获物数量组成中其生态优势种的成分, 依此确定优势种。IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。式中: N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比, W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比, F—某一种类出现的站位数占调查总断面数的百分比。

根据选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI 大于 500 为优势种, 本次调查中 IRI 大于 500 的物种有 6 个, 分别为: 黑口𩺰 *Ilisha melastoma*、花斑蛇鲻 *Saurida undosquamis*、中国枪乌贼 *Loligo chinensis*、蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi*、日本金线鱼 *Nemipterus japonicus*、刺鲳 *Psenopsis anomala*。

3.3.1.5 2018 年 9 月调查结果

本次调查共捕获游泳动物经鉴定为 3 大类 83 种 (附录 VIII)。其中甲壳类有 18 种, 占总种数的 21.69%; 头足类有 4 种, 占总种数的 4.82%; 鱼类有 61 种, 占总种数的 73.49%。各站位出现物种种类统计结果见图 5.6-17; 其中断面 Y12 发现种类最多, 有 34 种; 其次是断面 Y11, 有 33 种; 断面 Y14 发现种类数最少, 仅有 13 种; 其它站位发现种类数介于 18~32 种之间。

(1) 游泳动物渔获率

本次调查各站位的游泳动物平均个体渔获率和重量渔获率分别为 761.21ind./h 和 11.639kg/h; 其中游泳动物的甲壳类平均个体渔获率和重量渔获率分别为 34.79ind./h 和 1.352kg/h, 分别占游泳生物总平均个体渔获率的 4.57%和总平均重量渔获率的 11.62%; 头足类游泳动物的平均个体渔获率和重量渔获率分别为 58.00ind./h 和 1.245kg/h, 占游泳动物总平均个体渔获率的 7.62%和总平均重量渔获率的 10.69%; 鱼类游泳动物的平均个体渔获率和重量渔获率分别为 668.43ind./h 和 9.042kg/h, 占游泳动物总平均个体渔获率的 87.81%和总平均重量渔获率的 77.69%。

平均个体渔获率最大的为鱼类游泳动物, 其次是头足类, 甲壳类最小; 平均

重量渔获率最大的是鱼类游泳动物，其次是甲壳类，头足类最小。在空间分布上看，各站位个体渔获率从大到小为 Y11>Y8>Y3>Y12>Y5>Y1>Y6>Y2>Y4>Y13>Y9>Y10>Y7>Y14；各站位重量渔获率从大到小为 Y12>Y11>Y8>Y3>Y2>Y9>Y13>Y7>Y1>Y4>Y14>Y6>Y10>Y5。

(2) 游泳动物资源密度

本次调查范围海域内游泳动物平均个体密度和重量密度分别为 29358.77ind./km² 和 448.884kg/km²；其中游泳动物的甲壳类平均个体密度和平均重量密度分别为 1341.63ind./km² 和 52.156kg/km²；头足类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 2236.96ind./km² 和 48.003kg/km²；鱼类游泳动物平均个体密度和平均重量密度分别为 25780.18ind./km² 和 348.725kg/km²。

在空间分布上看，各站位渔业资源个体密度从大到小为 Y11>Y8>Y3>Y12>Y5>Y1>Y6>Y2>Y4>Y13>Y9>Y10>Y7>Y14；各站位重量密度从大到小为 Y12>Y11>Y8>Y3>Y2>Y9>Y13>Y7>Y1>Y4>Y14>Y6>Y10>Y5。

表 3.3-4 各站位的个体密度 (ind./km²) 和重量密度 (kg/km²)

调查站 位	甲壳类		头足类		鱼类		总计	
	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度	个体密 度	重量密 度
Y1	192.84	20.073	3432.58	45.499	28540.57	335.913	32166.00	401.485
Y2	1581.30	86.994	3432.58	45.075	24645.17	324.817	29659.06	456.886
Y3	154.27	13.652	1928.42	20.595	34248.69	516.336	36331.38	550.583
Y4	925.64	30.628	1118.48	11.945	27383.52	357.383	29427.65	399.956
Y5	887.07	3.847	1735.58	22.289	30507.56	258.181	33130.21	284.317
Y6	1889.85	20.774	1388.46	16.807	26959.27	276.388	30237.58	313.969
Y7	308.55	4.248	2352.67	48.878	15543.04	364.423	18204.26	417.549
Y8	1542.73	57.679	1542.73	30.970	34480.10	517.502	37565.57	606.150
Y9	771.37	6.094	5399.57	125.351	22215.37	305.115	28386.30	436.560
Y10	347.12	2.325	2969.76	68.952	15697.32	223.642	19014.19	294.920
Y11	3085.47	157.077	1079.91	31.132	37527.00	421.342	41692.38	609.551
Y12	3085.47	184.270	2584.08	75.159	30623.26	475.195	36292.81	734.624
Y13	2622.65	88.682	1349.89	50.364	24876.58	286.394	28849.12	425.440
Y14	1388.46	53.838	1002.78	79.023	7675.10	219.518	10066.34	352.379
平均值	1341.63	52.156	2236.96	48.003	25780.18	348.725	29358.77	448.884

(3) 游泳动物的优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数

IRI，来分析渔获物数量组成中其生态优势种的成分，依此确定优势种。IRI 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。式中：N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比，W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比，F—某一种类出现的站位数占调查总断面数的百分比。

根据选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 IRI 大于 500 为优势种，本次调查中 IRI 大于 500 的物种有 6 个，分别为：鳙 *Ilisha elongata*、中国枪乌贼 *Loligo chinensis*、鹿斑仰口鲷 *Secutor ruconius*、皮氏叫姑鱼 *Johnius belengeri*、小带鱼 *Eupleurogrammus muticus*、褐篮子鱼 *Siganus fuscenssens*。

3.3.2 风能资源

3.3.2.1 区域气象及风能资源概况

根据徐闻气象站历年气象资料进行统计硃洲岛海洋站多年风向频率。本地区主导风向略。

3.3.2.2 风电场实测测风数据分析

外罗测风塔位于本项目场区西侧，距场区中心约 3km，塔高 100m。本次选取外罗海上测风塔对场区进行风能资源分析。根据该塔实测时段，选取 2018 年 5 月~2019 年 4 月为测风年。

3.3.2.3 风能资源评价

推荐本场区选用 IEC I+类以上的风电机组。

3.4 开发利用现状

3.4.1 社会经济状况

原论证报告书中采用《2017 年湛江市国民经济和社会发展统计公报》中相关统计资料，现采用《2019 年湛江市国民经济和社会发展统计公报》中相关资料进行更新。海洋经济发展现状和电力产业现状详见原报告。

湛江市位于中国大陆最南端、广东省西南部，处在粤、桂、琼三省（区）结合部，是中国唯一的热带、亚热带半岛海湾城市。全市面积 1.32 万平方千米，

户籍人口 785 万人，辖 5 县（市）4 区，拥有 1 个国家级经济技术开发区和 6 个省级经济开发区（试验区），是全国首批沿海对外开放城市、国家一类大市和全国综合实力百强城市，先后获得中国优秀旅游城市、国家园林城市、全国绿化达标城市、全国双拥模范城市、国家卫生城市等称号。

根据《2019 年湛江市国民经济和社会发展统计公报》2019 年末，全市常住人口 736.0 万人，其中城镇人口 323.55 万人。初步核算并经广东省统计局核定，2019 年全市实现地区生产总值（初步核算数）3064.72 亿元，比上年增长 4.0%。三次产业结构为 19.1:34.4:46.5，第一产业增加值 585.24 亿，比上年增长 4.2%；第二产业增加 1055.00 亿元，比上年下降 0.8%；第三产业增加值 1424.48 亿，比上年增长 8.0%。2019 年，全市人均地区生产总值 41720 元，按平均汇率折算为 6048 美元，增长 3.6%。全年城镇新增就业 7.4 万人，城镇失业人员再就业人数 4.25 万人。

3.4.2 海域开发利用现状

原论证报告中，对本项目周边的开发活动进行了分析，明确项目所在及周边海域开发活动主要有航路（线）、港口区、养殖区、海洋保护区、人工鱼礁区和海上风电开发活动等。项目调整后，场址区域范围和登陆电缆保持不变，范围内风机和 35kv 海底电缆布置和数量发生变化，海域开发使用现状主要情况与原报告书内容基本保持一致。

现阶段，经过查询国家海域使用动态监管系统和调访，项目工程所在海域的海域开发利用现状分析主要有 2 点变化：（1）原论证报告书中表 3.4-1 项目周边海域使用现状统计表中序号 30 和 31 项外罗海上风电场工程，38 项徐闻海上风电项目和 39 项新寮海上风电项目现已取得批复或开工建设，并更新部分周边工程项目情况；（2）项目用海区周边新增加 1 项用海，与本项目存在权属交越，为锦和镇外罗渔港航道疏浚工程。现阶段项目所在及周边海域开发活动统计图表略。其他周边各开发利用现状参照原论证报告书内容。

（1）登陆点现状

调整后项目登陆点位置不变，登陆点附近海滩潮上带虾塘之间许多上水管道交错分布，根据现场勘察可知，海缆登陆点处分布有池塘养殖需配置取水口和排

水口，取水口通过 PVC 管分布于滩涂表面，排水口采用插入地下的方式安置，目前周边已树立海缆铺设告示牌用于提醒警示。

(2) 航路（线）

根据《中国航路指南》（南海海区 A103）以及《湛江港航行指南》，本项目风电场附近船舶习惯航路主要有外罗水道航路以及外沙水道航路。

本项目位于湛江市徐闻县新寮岛及外罗以东的近海区域。本项目水域附近的沿海航道主要有外罗水道，是一条岸缘水道，北连接碓洲水道进入湛江港，南通琼州海峡，目前限于 1500 吨以下、吃水小于 4 米的船舶通航，是湛江至海口的海上捷径，风电场址与水道**存在交越**。此外项目附近还有北沙航道，距离约 2.2km。

外沙水道位于场址东侧最近距离约 2.9km，该航道属行沟，目前不作商船推荐航路使用，一般为当地渔船航行活动水域。

琼州海峡北水道位于本项目风电场东南方，最近距离约 14 海里，属中型船舶南北航线进出琼州海峡的经济航道，鉴于距离较远，本项目对该水道不造成影响。琼州海峡中水道位于本项目风电场南侧，距离约 17 海里，供各类船舶进出琼州海峡的东西向航线。本项目对该水道不造成影响。本项目风电场位置距离琼州海峡至湛江航路距离较远，风电场对该航路无影响。

根据《全国沿海船舶航路总体规划》，涉及粤西航路规划中仅有湛江-珠江口航路规划，该规划航路位于本项目风电场北侧，距离风电场位置约 27 海里，距离较远。

(3) 港口区

项目海缆登陆处西北约 5 km 有外罗渔港。外罗渔港为国家二级渔港，距风场西侧约 19.5 km。港湾的西南方为陆地，北及东北方与新寮岛隔海相望，港门向东偏西。港湾呈狭长的圆弧形，东西纵长 8 km，平均宽约 800 m，全部水域面积约 $6.4 \times 10^6 \text{m}^2$ ，可供千艘渔船停泊。内港有三块名曰“长坡”的沙洲，上面有青翠的红树林。因两岸绿树遮挡，港湾里非常平静。鱼汛期间，港湾中渔船支集，渔口交易十分频繁。遇强台风时，小型运输船舶可向西驶入约 5 km 处锦和避风。

(4) 养殖区

在原论证报告阶段已分析，本项目风场场址所在位置和 220kV 电缆路由区

均无养殖区。项目所在海域新寮岛附近海域则存在较多海水养殖活动，主要分布在项目输出电缆登陆区西北的新寮岛与大陆之间的滩涂区。调整后权证在有效期的主要有5项，距离项目电缆5km以内的为新寮岛南端的编号为24、25、26和27的四块区域，距离登陆区电缆最近距离为4.0~5km，主要为网箱养殖和鱼排，用海类型均为开放式养殖用海。

项目所在海域新寮岛附近海域则存在较多海水养殖活动，主要分布在项目输出电缆登陆区西北的新寮岛与大陆之间的滩涂区。**根据原论证报告现场调访，1-23项权证均已过期且未被列为利益相关者**，登陆点南北两侧沿岸各1.5km范围内有许多陆上养殖活动（主要为虾苗场），除养殖废水排污口和养殖用海水抽水管道外，较少见人为开发痕迹及其他活动。调整后权证在有效期的主要有5项，见表3.4-2中25-26和29-31项。距离项目电缆5km以内的为新寮岛南端的编号为24-27的四块区域，距离登陆区电缆最近距离为4~5km，主要为网箱养殖和鱼排，用海类型均为开放式养殖用海。详见利益相关者章节分析。

（5）海洋保护区

为保护水产种质资源，本项目所在海域建立了一系列海洋保护区，根据相关部门资料搜集及海洋功能区划，项目附近海域的保护区主要有4个，具体保护区情况介绍详见原报告书3.4.2节内容阐述。

（6）人工鱼礁区

工程附近海域已建成人工鱼礁区有湛江硇洲南人工鱼礁区，另外据了解项目风场南侧约7.0 km距离海域范围规划有一处外罗人工鱼礁区，目前未建。

（7）海上风电开发活动

调整后项目所在海域风电相关开发活动主要有以下方面：

A、项目东侧6.3km海域有徐闻海上风电工程的测风塔，风场北区和南区内分别有该工程1#测风塔和2#测风塔，目前已建设，用海方式为透水构筑物。

B、项目西侧相邻规划风场范围有湛江外罗风电一期工程，西北侧9.4 km处有新寮海上风电场，本项目220kV海缆预选登陆点分别在在外罗风电、新寮风电以及徐闻风电登陆点距离相近，目前外罗风电（一期）项目已批在建，徐闻风电喝新寮风电项目已经获批。

C、项目风场区西侧约2.5km，外罗风电一期风场内有外罗测风塔，于2018

年4月20日投入使用，用海方式为透水构筑物。

D、另外在项目220kV电缆登陆点西北约3.9km有广东粤电湛江风力发电有限公司风力发电埋线用海，为电缆管道用海。

(8) 锦和镇外罗渔港航道疏浚工程

项目调整后自外罗渔港至外罗水道之间新增确权锦和镇外罗渔港航道疏浚工程用海，与本项目220kV海缆交越。根据其报批的海域使用论证报告中介绍，航道长度共7.16km，底宽60m，设计水深为-4m，边坡比例为1:5，目的是为了满足不同外罗渔港的渔船进出渔港需求，总施工计划24个月，计划2018年9月开工，2020年9月完工。但根据目前了解到的情况，仍未开工，也暂无计划，其确权情况详见3.4.3节。

(9) 其他开发活动

项目电缆登陆点西北约4.8km处有一处冷冻厂，主要作用为制冰和水产品冷冻。另外，根据《广东省海洋功能区划》（2011-2020），项目所在海域分布有碓洲渔场，项目风场和部分220kV海缆位于其中。

3.4.3 海域使用权属现状

项目调整后，根据收集到的资料，与本项目用海相邻的已确权用海项目主要有广东粤电湛江外罗海上风电项目，锦和镇外罗渔港航道疏浚工程，湛江徐闻海上风电场项目和新寮海上风电项目以及部分开放式养殖用海，在原论证报告书报批后，广东粤电湛江外罗海上风电项目和湛江徐闻海上风电场项目又进行了补充论证并获得批准，本报告列出其更新后的确权情况。由于本项目调整后与调整前登陆点情况没有变化，因此陆上周边开发现状参照原论证报告内容。项目所在海域海洋开发活动现状权属信息统计表格。

4 项目用海资源环境影响分析

因项目风场风机台数和排布发生了变化，风场内海底电缆也相应进行了调整，因此项目用海对海洋环境影响重新进行了数值模拟和分析，本部分内容主要引用《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期调整变更海洋环境影响专题评估报告（送审稿）》（2021年4月，广东三海环保科技有限公司）相关内容编制。

4.1 项目用海对海洋环境的影响分析

4.1.1 水文动力环境影响预测与评价

由于风机桩基位置在规划范围内发生局部变化，本次评价针对风机桩基变化后水文动力环境影响进行重新预测。模型设置略

4.1.1.1.2 现状潮流场分析

原论证报告采用2018年1月16-17日大潮工况计算了工程前潮流场，本次悬浮物扩散影响计算仍采用MIKE21模拟软件，与前述水文动力模型进行耦合计算，并在水动力模型网格的基础上，对主海缆区域网格进行局部加密，以精确预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响。悬浮物计算网格图略。根据实测水文资料及数学模型模拟结果，工程海域潮流特征如下：

工程附近海域潮流，深槽内流向与深槽走向一致，具有明显的往复性，在浅滩上的测站具有明显旋转流特性；潮流运动形式有些测站比较特殊，即在前后的

涨潮段内涨潮流向方向呈相反的方向，如 C5 站、C6 站、C9 站再第一个涨潮过程中（2018 年 1 月 16 日 19:00~23:00），涨潮流向基本在 240°左右，实测流向在 238°左右，而在第二个涨潮过程中（2018 年 1 月 17 日 7:00~13:00），涨潮流向基本在 50°左右，实测流向在 45°左右，模拟值与实测值较接近。这主要是受到琼州海峡东西口相反方向传入的不同位相和潮振幅的分潮波影响，这些分潮波相互叠加，再加上地形影响造成的。由流场图可以看出，工程北端、东部靠外海海域表现出较强的旋转流特征，而近岸往复流特征较为明显，与现状调查结论基本一致。

与工程前大范围涨、落急流场图对比可以看出，风电场建设对工程海域大范围的流态基本没有影响。从工程前后工程附近小范围涨、落急流场图和涨落潮平均流场图可以看出，工程实施对潮流动力影响主要集中在风电场风机及海上升压站基础附近。

4.1.1.1.4 工程建设对潮流动力的影响

为分析风电场工程前后对附近海域潮流场的影响，在风电场周围布置了一系列典型代表点（见图 4.1-21 和图 4.1-22）以分析工程前后的潮位和流速变化情况，其中，T1~T28 号点主要用于分析风电场工程海域潮流流态的影响，D1~D11 号点主要用于分析风电场周边海域潮流流态的影响。

为了更直观的反映风电场建设对工程海域潮流动力的影响，图 4.1-23 和图 4.1-24 给出了工程前后流速差值图，表 4.1-1~表 4.1-5 比较了各典型代表点工程前后的大潮涨落潮平均流速的变化，其中，流速变率略。

（1）从流速差值图可以看出，工程后在风机基础周围流速发生明显变化，表现在涨落急方向（风机基础背水面）流速有所减小，而垂直于涨落急方向（风机基础两侧）流速有所增大。工程前后平均流速变化幅度基本在 0.05m/s 以内，风机桩基基础附近的最大流速变幅在 0.15m/s 左右，升压平台附近最大流速变幅约 0.1m/s，而风电场周边海域流速变化幅度基本在 0.01m/s 以下。

（2）风电场建设对海域的潮流影响主要集中在工程区附近，离风电场工程区越远，潮流影响越小。工程区内位于涨落急流向方向（东北偏北-西南偏南方向）的点流速减小，位于涨落急流向方向两侧（西南-东北方向）的点流速增大，工程区内流速以减小为主；风电场内涨潮时流速变率较大点为位于邻近风机桩基

础的 T10、T19、T1、T28、T20、T6、T22，流速变率分别为-14.5%、-12.5%、11.8%、-7.7%、-7.4%、-6.0%、-5.2%、-5.2%，其余流速变率基本小于 5%；风电场内落潮时流速变率较大点为位于邻近风机桩基础的 T27、T28、T22、T26，流速变率分别-10.7%、-9.0%、-7.0%、-6.7%，其余流速变率基本小于 5%。工程区内流向变化较大点为 T10，位于桩基基础附近，最大变化幅度为 8°。

（3）风电场建设对周边海域的潮流影响很小。根据统计结果，风电场建成后，工程区周边的 D1~D11 点涨、落潮流速变率最大为 0.2%，平均流速变率为 0.1%，流向变化幅度在 1°以下。

（4）总体上，风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响甚小，周边海域流速变幅基本在 0.2%以内，流向变化不超过 1°；工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主，平均流速变幅在 0.05m/s 左右，平均流速变率为 3%，潮流流向变化幅度在 8°以下。

4.1.1.1.5 一期及二期工程水文动力环境累积影响分析

为了更直观反映本工程与一期工程建成后对工程海域潮流动力的影响。

总体来说，由于一期二期工程相距较远，最近的风机距离约 700m，工程建设对海域水动力环境的叠加影响较小。

4.1.2 局部桩基数量变化后水文动力环境影响预测与评价

本报告仍采用 DHI 公司的 MIKE21 二维水动力模型进行潮流数模模拟，模型验证和模型计算略。

4.1.2.4 现状潮流场分析

工程海域潮流既受到北部湾潮波系统控制，又受到南海北支潮波的影响，表现出一定复杂性。

工程附近海域潮流，深槽内流向与深槽走向一致，具有明显的往复性，在浅滩上的测站具有明显旋转流特性，由流场图可以看出，工程北端、东部靠外海海域表现出较强的旋转流特征，而近岸往复流特征较为明显，与现状调查结论基本一致。

从工程海域大潮涨、落急时刻的流场图可以看出，工程海域南侧流向与深槽

走向一致，基本呈 NE-SW 向，工程北部及东部海域流向基本呈 NW-SE 或偏 N~S 向，近岸海域潮流流向基本为沿岸走向。从工程海域大潮涨、落潮平均流场图可以看出，工程区域涨潮平均流速在 0.4~0.6m/s 之间，流向差距较大，在 190°~250°之间，落潮平均流速在 0.5~0.6m/s 之间，流向基本在 130°~160°之间。工程海域潮流流速总体不大，平均流速在 0.4m/s 左右。模型模拟结果与湛江湾、雷州半岛海域有关文献的潮流模拟结果基本一致，同时潮位及潮流与实测潮位潮流验证结果较好，可用于分析对潮水文情势变化模拟、环境风险模拟。

4.1.2.5 工程后潮流场分析

在模型验证的基础上对湛江外罗风电工程一期和二期的潮流场进行了计算。本项目涉海工程主要是风电桩基，考虑一期和二期风电桩基工程实施后的附近水动力环境的影响。风电桩基工程实施后带来工程周边地形的变化，进而使工程附近海域水动力环境发生变化，对流场和流速流向均产生影响。通过数值模拟的方法对工程实施前后的水动力特征进行计算，以体现工程对水动力的影响范围和强度。

(1) 项目实施前工程区域各代表点大潮涨潮平均流速为 0.31m/s~0.70m/s，涨潮平均流向为 220°~253°，大潮落潮平均流速为 0.38 m/s ~0.77 m/s，落潮平均流向为 61°~226°；

(2) 风电桩基工程实施后，由于桩基的阻流作用，使得风电场附近海域涨落潮流速、流向都发生了不同程度的变化，以下为风电桩基工程实施后风电场附近海域平均流速、平均流向变化情况：

由图表可见，工程后对流场影响甚小，风电场附近的代表点涨潮平均、落潮平均流速略有减小，变化幅度在 -0.01m/s~0.01m/s 之间，变化幅度很小，风电场外围流速流向不变。因此，风电桩基的建设不会对项目所在海域周边水动力环境产生影响。

4.1.2.6 与原论证报告结果对比分析

根据原论证报告预测结论：风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响甚小，周边海域流速变幅基本在 0.2% 以内，流向变化不超过 1°；工程前后风电场内部的流速有所变化，并以流速减小为主，平均流速变幅在 0.05m/s 左右，平均流速变率为 3%，潮流流向变化幅度在 8° 以下。

本次预测结论：由于本次工程变更主要为风机数量由原来的 37 台减至 32 台，但保留的风机机位并未发生变化，结合本次预测结论，工程后对流场影响甚小，风电场附近的代表点涨潮平均、落潮平均流速略有减小，变化幅度在 $-0.01\text{m/s}\sim 0.01\text{m/s}$ 之间，变化幅度很小，风电场外围流速流向不变。综合分析，项目变更前后对水文动力环境影响均不大，工程变更后无显著变化。

4.1.2 地形地貌与冲淤影响预测与评价

4.1.2.1 原论证报告中对地形地貌与冲淤影响预测结果简述

4.1.2.1.1 冲淤计算公式

原论证报告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。模型公式略。

4.1.2.1.2 计算结果

由图 4.2-1 和图 4.2-2 可见，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，风电场区域以淤积为主，同时风电场区域两侧发生冲刷条。最大淤积幅度为 0.5m/a ，最大冲刷幅度为 -0.2m/a ，平均淤积幅度约 0.07m/a ，平均冲刷幅度约为 -0.01m/a 。

根据上述计算模式和第一年冲淤变化情况结果，可计算出往后逐年的冲淤变化情况。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程实施后动力环境方向的调整，其冲淤强度将逐年减小。冲淤平衡后，最大平衡淤积幅度在 1.2m 左右，发生在风机前后（涨、落急潮流方向），最大平衡冲刷幅度在 -1.0m 左右，发生在风机两侧（垂直于涨、落急潮流方向）。风电场周围 2km 以外冲淤变化幅度均在 0.1m 以下。

由于本工程冲淤变化采用半经验半理论公式进行计算，一些参数的选取采用经验值，因此工程引起的冲淤变化计算值存在一定的误差，在后续施工期及运行期当加强对工程周边海域及敏感目标的冲淤监测，以真实反映工程引起的冲淤变化。

4.1.2.1.3 冲淤变化对敏感目标的影响分析

由表可知，工程实施后冲淤变化对工程区域周边敏感目标的影响较小。由于本工程距离徐闻大黄鱼幼鱼资源特别保护区、外罗航道、外沙航道、北沙航道较近，工程建设对这三个敏感目标的冲淤影响最大，但最大淤积不超过 2cm，最大冲刷不超过-2cm，外罗一期工程最靠近本工程处最大冲刷约 1cm，其余敏感目标平衡冲淤不超过 1cm。可见风电场建设对周边红线区、海洋功能区、岸线及海岛岸线冲淤影响较小，不会对评价范围内各敏感目标造成明显冲淤影响。

4.1.2.1.4 一期及二期工程冲淤变化累计影响分析

根据计算结果，一期、二期工程建成后风电场海域主要呈现淤积状态，风机桩基迎潮流（涨、落急潮流方向）为淤积区域，最大平衡淤积幅度在 1.2m 左右，风机桩基两侧（垂直于涨、落急潮流方向）为冲刷区域，最大平衡冲刷幅度在-1.0m 左右。风电场周围 2km 以外冲淤变化幅度均在 0.1m 以下。

对比图 4.2-1 和 4.2-2、图 4.2-3 和 4.2-4 可知：叠加一期风电场影响后，本工程海域冲淤变化形态基本不变，年冲淤和平衡冲淤变化幅度基本不受影响，只在一期、二期工程距离最近处冲淤变化范围及程度略有增大，相距较远处叠加影响较小。

总体来说，由于一期二期工程相距较远，最近的风机距离约 700m，工程建设对海域冲淤环境的叠加影响较小。

4.1.2.2 局部桩基数量变化后对地形地貌与冲淤影响预测与评价

风电场建设后，风电场大范围的潮流动力几乎没有变化，风电场大范围地形地貌及冲淤环境也不会发生变化，但具体到导管桩局部，可能发生局部冲淤。

从潮流模型计算结果分析可知，本工程实施对流态的影响主要在工程风电场桩基内部区域以及风电场前沿的海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小。因此，可初步分析认为工程区附近水域有一定的冲淤变化，距工程区较远处冲淤影响则较小。为进一步确定本工程对周围海域冲淤变化的影响，采用近岸海域海洋工程已有广泛应用的半经验半理论的回淤强度公式进行冲淤估算。

根据工程区域初步水文泥沙检测结果，项目区域海水含沙量很小，涨落潮流中海水含沙量变化不大。由于工程海域悬沙含量较小且水深条件较好，工程实施后对周边海域水动力环境影响很小。因此，从定性角度而言，风电工程实施后带

来的附近水域冲淤影响较小。从定量的角度出发，对工程实施后冲淤环境的变化，本项目选取泥沙研究工作经常采用的公式（式6-1略）对工程方案实施后项目附近海域底床的淤积情况进行计算。

基于水动力结果计算了工程实施前后项目附近水域年冲淤变化，由计算结果可知，工程实施后，项目附近水域底床有冲有淤，由于工程区附近海域水体含沙量不大且工程实施后周边水域水动力环境变化幅度很小，因此，工程区附近海域底床冲淤幅度变化不大，年冲淤最大厚度在0.1m/a以内，冲淤变化较大的区域主要集中在风电桩基附近，最大冲淤幅度在 ± 0.5 m以内，缆线所在海域冲淤环境基本没有变化，因此，项目的实施不会明显改变周边海域底床冲淤变化环境，冲淤主要发生在桩基附近。

与原论证报告结果对比分析：根据原论证报告，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，风电场区域以淤积为主，同时风电场区域两侧发生冲刷条。最大淤积幅度为0.5m/a，最大冲刷幅度为-0.2m/a，平均淤积幅度约0.07m/a，平均冲刷幅度约为-0.01m/a。对比调整前冲淤计算结果，调整前最大淤积幅度为0.5m/a，最大冲刷幅度为-0.2m/a，调整后冲淤计算结果与调整前相比淤积幅度相当，冲刷结果略有增大。

工程桩基数量减少后，冲淤变化较大的区域仍然集中在风电桩基附近，最大冲淤幅度在 ± 0.5 m以内，缆线所在海域冲淤环境基本没有变化，因此项目变更前后对地形地貌与冲淤环境影响均不大，工程变更后无显著变化。

4.1.3 海水水质影响预测与评价

4.1.3.1 调整前对海水水质影响预测结果简述

4.1.3.1.1 海缆敷设施工悬浮物扩散影响预测与评价

悬浮物扩散影响计算仍采用 MIKE21 模拟软件，与前述水文动力模型进行耦合计算，预测工程施工产生的悬浮物随流扩散对周围海域水质的影响，基本方程、施工方式及源强、预测结果与分析略。

悬浮泥沙扩散对海域敏感目标影响

工程海域周边的敏感目标有保护区、旅游娱乐区等环境敏感目标对海洋水质

较为敏感。

根据施工工艺,为减少对岸滩的影响,海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段,而采用定向钻穿越进行海缆登陆,且施工时间为落潮施工,模型计算结果显示:施工过程基本不会对陆上虾塘养殖用海水取水口造成影响,因此定向钻登陆施工有利于减小对陆上养殖区取水口的影响;项目施工期所产生的悬浮泥沙对周边1号开放式养殖区(徐闻县新寮东部海域董世杰江珧养殖场,权证已过期)影响较大,最大悬浮物增量约5.86mg/L,但仍小于10mg/L;位于本工程220kV海缆附近的新寮岛增殖区悬浮物最大增量仍小于1mg/L,其余敏感目标点也均小于1mg/L,工程施工期所产生的悬浮泥沙对其所在海域的海洋保护区几乎没有影响。虽然工程海缆施工期间对工程附近海域海水水质产生了不利影响,但是这种影响是暂时的,可逆的,随着海缆施工的结束,悬浮物浓度会在数小时内(和海流流速、泥沙沉降特性等有关)迅速衰减背景浓度值,在施工结束后不会影响保护区、养殖区的功能。

4.1.3.1.2 风机桩基打桩作业悬浮物扩散影响分析

本工程风机桩基用S2400液压打桩锤施打沉桩,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,预计本工程风机基础打桩产生的悬浮物源强约0.62kg/s,因此打桩悬浮物浓度不高,且打桩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,单台风机悬浮泥沙扩散影响范围约为3.14hm²,调整前37台风机将造成累计约1.20km²的悬浮扩散影响,调整后风机数量减少,考虑到海缆施工悬浮物(>10mg/L)的包络范围为82.38km²,远远大于桩基打桩施工的影响范围,因此本次不考虑对打桩施工作业进行悬浮物扩散的模拟预测计算。

4.1.3.1.3 钢管桩灌浆泄漏对水质影响分析

本工程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。

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 1800~2000kg/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。

4.1.3.1.4 施工污水排放影响分析

陆域施工生产废水、施工生活污水来自施工基地，施工基地施工废水产生量约为 65m³/d，产生的生活污水为 26m³/d。施工生产废水拟采用隔油预沉-过滤-沉淀的处理方式，处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)中相应用途的回用标准后储存回用。施工人员生活污水利用区域现有污水收集处理设施统一收集处理后排放。陆域施工生产废水、施工生活污水处理后均回用于施工机械、车辆冲洗以及绿地浇灌等，不外排，对周边环境无污染影响。

本工程船舶油污水产生量为 18.55t/d，油类污染物产生量为 46.38kg/d，均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，对工程海域水质基本无影响。

4.1.3.2 调整后局部桩基数量和位置变化后对悬浮物扩散影响预测与评价

由于本项目发生的变动主要在于风机机组数量从 37 台减少至 32 台，桩基直径用 7.5m 减少到 6.5m，保留的风机机组位置不变，但由于桩基减少造成风机机组间连接的 35kw 海缆敷设路由发生变化，其余工程均未变化，因此工程变更后对海水水质的影响主要体现在海缆敷设施工和桩基打桩作业悬浮物扩散的影响浓度和范围发生变化。

本工程对水质影响主要考虑电缆敷设和风电桩基施工过程中所产生的源强。当采用船舶进行电缆敷设和风电桩基施工时，在电缆以及桩基周围会形成

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。模型介绍略。

考虑到电缆的布设和施工方式造成的悬泥特点，将悬浮泥沙源强点均匀布置于海缆路由沿线。海缆所经之处的所有悬沙源强点的平均距离约 100m，根据同类型的项目经验，海缆正常铺设速度控制在 1~5m/min，铺设完成一段海缆即移至下一段，因此每个悬沙源强点不可能源源不断溢出悬沙，考虑最不利要素，每个悬沙源强点连续溢出 1 小时悬浮泥沙，此后，源强点不再继续往外溢出泥沙，但现有溢出泥沙在潮流影响下将继续扩散，因此，本次计算继续选择完整的自然半月潮（包含一个大潮、中潮和小潮）进行悬浮泥沙扩散计算，直至悬浮泥沙扩散范围不再扩大为止。

（1）风机基础沉桩

本工程风机钢管桩基用 S2400 液压打桩锤施打沉桩，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。根据东海大桥海上风电实际施工经验，开挖和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。

本工程 32 台风机采用单根直径 6.5m 钢管桩定位于海底，每根桩基础壁厚为 70.0~80.0mm，平均入土深度约为 42.0~73.0m。工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量采取如下公式进行计算，计算过程略。

根据施工设计和施工进度安排，每个桩打桩施工时间约半天，按每天工作 8 小时计。根据上述计算公式，钢管桩打桩施工产生的悬浮物源强为 0.535kg/s，计算过程如下： $3.14 \times (0.25 \times 6.52 - (0.5 \times 6.5 - 0.08)^2) \times 73 \times 1309 \times 5\% / 4 / 3600 = 0.535 \text{kg/s}$ 。

（2）扫海清障及海底电缆敷设

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。同时，在海缆辐射前，会将旧有废弃缆线、插网、渔网等小型障碍物进行扫海清除，一般仅在泥面上层操作，引起的海底扰动较小，远小于与“埋设犁”敷设产生的扰动，因此，扫海产生的悬浮物与“埋设犁”敷设过程一并考虑。电缆敷设悬沙源强计算方法略。

工程方案调整后，海上升压站位置变化，由此造成 220kV 和 35kV 做了相应变更，海缆布置及长度均发生改变，本次调整对变更后的施工悬浮物源强进行重新计算。施工强度由调整前的开挖深度 3m 变更为航道交越处开挖深度 5m，其余开挖深度 2.5m，登陆点向海 500m 海缆敷设施工工艺变更为定向钻钻孔工艺，其余段施工工艺和原可研阶段一致。根据《国电投湛江徐闻海上风电场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 7 月），工程区域海底表层沉积物粒径较原论证报告中沉积物粒径（原论证报告引用《广东粤电湛江外罗海上风电项目可行性研究阶段水文气象观测分析报告》（天津水运工程勘察设计院，2012 年 10 月））略有改变，因此海缆施工悬浮物源强略有变化。根据《国电投湛江徐闻海上风电场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 7 月），调查海域沉积物相对较粗，表层沉积物平均中值粒径在 0.1408mm~0.3165mm 之间变化，因此本次计算模型底沙中值粒径 d_{50} 分为近岸段和离岸段 2 个区段确定，中值粒径分别取其均值 0.164 mm（近岸段）和 0.205 mm（离岸段），以精确预测悬浮物扩散的最大的不利影响。

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。从整体分布趋势看，海缆施工产生的悬沙扩散主要是在缆线两边，大于 100mg/L 高浓度区范围包络线面积为 16.52km²，而 10mg/L 浓度区主要随涨落潮往四周扩散，覆盖范围为 76.87km²。

对比调整前后施工引起的悬沙扩散包络线面积，调整后悬沙扩散面积略微减小，差别在 5%左右，由于两次模型计算采用的水动力条件不一样，因此悬沙扩散包络线面积计算结果略有差别，总体上看，两次悬沙扩散计算结果差别不大。

4.1.3.2.4 悬浮泥沙扩散对海域敏感目标的影响分析

工程海域周边的敏感目标有保护区、旅游娱乐区等环境敏感目标对海洋水质较为敏感。

根据施工工艺，为减少对岸滩的影响，海缆敷设时禁止采用开挖等施工手段，而采用定向钻穿越进行海缆登陆，且施工时间为落潮施工，模型计算结果显示：施工过程中陆上虾塘养殖用海水取水口附近最大悬沙增量约为 8.15 mg/L，徐闻县新寮东部海域董世杰江珧养殖场（权证已过期）影响较大，最大悬浮物增量约

11.35mg/L；工程施工期所产生的悬浮泥沙对其所在海域的海洋保护区几乎没有影响。虽然工程海缆施工期间对工程附近海域海水水质产生了不利影响，但是这种影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响保护区、养殖区的功能。

与原论证报告对比分析，工程变更后施工所产生的悬浮泥沙影响的敏感点不变，最大悬沙增量略有差异，工程变更后两个敏感点的预测值略大于原论证报告，但都约在 10mg/L 的范围，且这种影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，因此在施工结束后仍不会影响保护区、养殖区的功能。

4.1.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响分析

本工程对沉积物的影响主要为风机平台建设和电缆铺设。土石料从当地商业石料场购进，采用无毒无害、不含放射性等污染物的砂石料，并经有相关资质的部门检测为合格后使用，不会带来新的污染源。另外，电缆铺设采用高压冲水形成一条 2~3m 深的沟槽，将电缆埋入其中，随后用旁边的砂土将其覆盖，铺设过程除了对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其他污染物混入，不会影响海底沉积物质量。

此外，施工期由于大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶含油的机舱水、生活污水等废水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃入海中，将直接污染区域海水水质，进而可能影响区域海域沉积物质量，造成沉积物中废弃物及其他、大肠菌群、病原体 and 石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作。工程方案调整后，施工船舶数量未发生变化，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，需严格做好施工期管理、监理和监测的工作，防止区域海水水质污染，保护沉积物环境。

4.1.4.2 运营期沉积物环境影响分析

本工程电化学防腐采用外加电流阴极保护方式。方案比选的详细过程详见本项目防腐蚀专题。

工程调整方案将阴极保护手段由牺牲阳极阴极保护法变更为外加电流阴极保护法，调整后相比原论证报告的方案污染降低，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 海洋用海生态影响分析

4.2.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

4.2.1.1 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，本项目施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 76.87km^2 。

浮游植物经济补偿额为1.60万元，浮游动物经济补偿额为14.19万元。

桩基施工、电缆沟开挖对浮游植物的持续性损害赔偿额为4.80万元，对浮游动物的持续性损害赔偿额为42.57万元。

（2）桩基施工、电缆沟开挖对潮下带底栖生物的影响

风机、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及潮间带生境造成直接破坏，进而引起底栖生物和潮间带生物量的损失。根据工程分析，本工程造成底栖生境破坏面积共 124.2911hm^2 ，潮间带生境破坏面积 0.5hm^2 。

底栖生物是水生生物生态系统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。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007），计算得风机、升压站基础临时压占海域及海缆敷设破坏导致底栖动物经济损失为20.10万元。

（3）登陆点海缆施工对潮间带生境影响

由于220KV主海敷设工程不变，对潮间带生境的损失不变。估算潮间带底栖动物损失量在0.15t，由于潮间带底栖动物恢复慢经济损失为0.45万元。

4.2.1.2 对渔业资源的影响

桩基施工、电缆沟开挖悬浮物对渔业资源的影响

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。本项目施工悬浮物浓度增量大于 10mg/L 的最大包络线面积为 76.87km^2 ，该水域范围内，鱼卵、仔鱼因高浓度的含沙量而发生死亡，在该范围内成鱼可以回避，但幼体由于缺乏足够的游泳能力将出现部分死亡。

本项目施工期渔业资源直接经济损失总计为1461.69元。

同时，上述渔业资源生物量损失随着施工的结束，可以逐渐得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

4.2.1.3 对渔业生产的影响

本工程海缆登陆处的养殖池为陆上养殖虾池，电缆铺设时乘低潮作业，施工期间基本不会产生悬浮泥沙，同时，由于池塘养殖区采用封闭式养殖，因此，本工程对池塘养殖影响较小。

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；施工的扰动影响，使渔获率降低，最终影响捕捞产量。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。如果施工活动安排在秋冬季节等非捕捞旺季的时段，施工作业对渔业生产的影响可以得到明显的减缓。

4.2.1.4 水下噪声对海洋生物的影响

参考原论证报告内容，调整后施工工艺基本一致，本项目委托厦门大学开展广东粤电湛江外罗海上风电项目水下噪声级电磁辐射对海洋生物的影响专题研究，本节分析主要参考其结论编写。对水下噪声及电磁辐射生态影响分析与原海域使用论证报告书保持一致，本报告书不作分析。

4.2.1.5 海域临时占用对渔业生产的影响

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。

4.2.1.6 对中华白海豚、印太江豚的影响

（1）水下打桩对中华白海豚和印太江豚的影响

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。严重的噪声可能使海兽及鱼类产生逃离、昏迷、死亡等。当声源的声压级在 270.7 dB $1\mu\text{Pa}$ 时，可对距离声源周围数十千米处的海豚产生影响。

参照这些资料，建议采取打桩地点 2.5km 范围外的海域作为水下打桩噪声影响的安全距离。

工程区的部分海域是印太江豚的活动区域，同时工程区西侧的海域是中华白海豚的活动区域。打桩噪声将对中华白海豚和江豚造成较大的影响。中华白海豚的视力较差，其辨别物体的位置和方向主要靠回声定位系统，水下打桩声主要通

过掩蔽海洋哺乳动物的声学信号来影响它们的行为。

施工期对中华白海豚和印太江豚不利影响的减缓措施

①把桩基周围 2.5 km 以内的海域定为护豚区，并由护豚员观察护豚区内是否有中华白海豚和印太江豚活动。若发现护豚区内有中华白海豚或印太江豚，应该等待中华白海豚或印太江豚离开护豚区后再开始打桩作业。当打桩施工过程中发现中华白海豚或印太江豚进入护豚区，应当立即停止作业，待中华白海豚或印太江豚离开保护范围后再继续打桩。

②对所有桩的打桩实施“弱启动”方法，即开始轻打几下，使周围潜在的海洋动物有足够的时间逃离回避，再逐步增强施工强度。

③建议在打桩点周围设立气泡帷幕等屏蔽设施，来降低施工保护范围内打桩噪声的强度。

④晚上较难发现中华白海豚或印太江豚。为了避免对它们造成伤害，建议避免夜间进行打桩作业。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，施工单位应该控制好每日打桩的数量和打桩的持续时间。

⑤高度重视中华白海豚的保护工作，密切监视白海豚活动情况及可能发生的死亡或搁浅。白海豚栖息地的过往船舶减速慢行，并严禁鸣笛。

⑥繁殖高峰期的避让措施：根据考察结果，中华白海豚的繁殖高峰期应禁止在风电工程区西部进行打桩施工，以避免影响在工程区西侧海域的中华白海豚。

（2）打桩时产生的悬浮泥沙的影响

水下打桩时会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质污染。根据类似工程，打桩悬浮物浓度不高，引起周围海域悬浮物浓度增加（>10mg/L）范围一般半径在 100 m 以内。只要中华白海豚和印太江豚距离打桩地点足够远，将不会对其造成影响。

（3）海缆管沟开挖的影响

海缆管沟开挖会产生泥沙，从而使较大范围内的海域的悬浮泥沙量浓度升高，会影响浮游植物的生产力，对海域中的鱼类造成影响，进而对海洋生态系统造成影响。鱼类减少，将影响中华白海豚和印太江豚的觅食。

（4）施工船舶的影响

本工程船舶所产生的含油污水和生活垃圾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。因此施工船舶队中华白海豚和印太江豚的影响主要为船舶噪声，主要船舶噪声包括主机（柴油机、燃汽轮机等）噪声、螺旋桨噪声和水动力噪声。其中最主要的是主机和螺旋桨噪声。施工船舶作业产生的噪声会影响中华白海豚和印太江豚的活动，包括觅食、社会活动、旅行等行为。

4.2.1.7 对鸟类及其生境的影响

本项目为海上风电项目，在施工期间，除了需要在海上进行施工外，在近岸的陆地上需要建设对应的配套设施。施工期间在海底的开挖、在陆地上进行的建设，都会带来原有鸟类栖息地的丧失，这可能会造成其种群数量的下降。施工过程中的噪音、灯光会感染附近的鸟类栖息，对于繁殖期的鸟类，可能会降低其繁殖成功率。施工中产生的建筑垃圾和污染物，如若处理不当或造成泄漏，将会污染原生栖息地，导致潮间带底栖生物的数目下降，从而造成栖息地质量的下降，影响迁徙中鸬鹚类的觅食效率，对其种群造成不利影响。

4.2.1.8 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 运营期对海洋生态环境的影响分析

4.2.2.1 风机、升压站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风机、升压站桩基周围的底栖生物的生境遭到永久的破坏。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）项目计算永久占用海域造成经济损失为 0.16 万元。

4.2.2.2 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《海上风电场开发建设管理暂行办法》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

营运期时段，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。

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定置网或流刺网作业为主，对渔业资源破坏极大。目前，经多次调查均未在工程水域发现定置网或流刺网作业，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渔业资源修养生息，影响所在水域的捕捞作业，但从工程区域以航行为主、捕捞为辅，且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。

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影响有限。

4.2.2.3 水下噪声对海洋生态的影响

研究表明，鱼类对不同性质声音的反应不一样，不同规格和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。

（1）营运期水下噪声对成鱼的影响

结合海上风电场营运期水下噪声测量结果，在综合分析对声音最为敏感的石首鱼科大黄鱼声学特性后，可以得出：风电场营运期总体的水下噪声强度比较低，与原海洋环境背景噪声相当。

根据本课题对典型海洋生物所做的水下噪声实验，同时结合本项目地处陆域边缘，和海域交回处，水深较浅，噪声在水下传播衰减较快等特点，可得出本工程对海洋鱼类等生物的行为不会带来明显影响。但风机营运期在 120Hz~1.5kHz 的某些特定频段上，出现强度高于背景噪声 10~20dB 的现象，有些功率谱幅度达到 130dB，但由于幅度较小，对成年等石首鱼科和中华白海豚的影响不大。

（2）营运期水下噪声对鱼卵、仔鱼影响

水下噪声对鱼卵、仔鱼的影响目前数据较少。目前噪声对鱼类产生影响的认识，仅限于成年鱼类，而噪声对于鱼卵和幼体的影响认识甚少。由于成年鱼类会主动远离噪声源，幼体是浮游生活且随海流而动，没有能力远离噪声源。因此，仔稚鱼与成熟阶段相比，可能会受到更多的水下噪声的影响。

营运期水下噪声对幼鱼小黄鱼、叫姑鱼的影响：由于幼鱼大黄鱼发声的谱级

在 800Hz 时为 110 dB，已低于风电场产生的背景噪声，是否会对幼鱼大黄鱼的通讯产生影响还有待研究。水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的不同鱼类目前研究不多，因此在营运期水下噪声对产卵场、索饵场和洄游通道的鱼类影响还有待进一步深入的研究。

（3）营运期水下噪声对中华白海豚等其他海洋生物影响

海上风电场在营运期总体的噪声强度比较低，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。因此营运期对活动于该海域中的中华白海豚基本上没有影响。

由营运期水下噪声对虾蟹及贝壳等的初步的实验结果分析，营运期水下噪声对其他的甲壳类、贝类等海洋生物基本上没有影响。但由于实验时间有限，长期影响的数据分析还有待进一步研究。

4.2.2.4 对中华白海豚、印太江豚的影响

在运行期主要是风机转动时对中华白海豚和印太江豚的活动可能有影响。

根据调查，中华白海豚的栖息地离外罗风电场距离较远。据此推测，海上风电场营运期水下噪声对中华白海豚和印太江豚的影响是有限的。

但是，风机运行噪声对中华白海豚和印太江豚来说是一种新的噪声源。目前国内外还没有海上风电场营运期对中华白海豚和印太江豚影响的监测案例。因此，风机营运噪声对中华白海豚和印太江豚的影响需进一步监测研究。

4.2.2.5 对鸟类的影响

（1）运行期对鸟类的直接影响

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。本项目运行期噪声主要为风机运转噪声。而且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），基本不会受到噪声影响。

本风场所采用的风机噪声峰值频率数据表明，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。

②光影响

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。

③碰撞效应

在调查中，拟建机组海域在冬季和迁徙季节有不少鸥类和燕鸥类在海上活动。这些体型为中等偏大，在飞行时如果离叶轮较近，容易受到叶轮旋转产生的湍流影响，导致鸟撞事故发生。林鸟在迁徙时亦会结大群，同一物种往往集成大群，在跨海迁徙时亦如此。林鸟多在夜间迁徙，容易受风力机组上的灯光吸引撞上叶轮，造成意外死亡。目前在外罗及周边区域记录到过境的林鸟，但并未观察到较大的群体，亦未在新寮岛上的已建的风电机组附近观察到因撞击死亡的鸟类个体。海上风电机组带来的鸟撞伤害，需要后期持续的监测。

（2）运行期对鸟类间接影响

风电场因占用一定场地，对鸟类栖息地造成多方面的影响，会间接影响在此区域栖息的鸟类种群数量。

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（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

4.2.2.6 电磁环境对海洋生物的影响

本节内容根据厦门大学编制的《广东粤电湛江外罗海上风电项目水下噪声和电磁辐射对海洋生物影响研究专题报告》结论编写。对水下噪声及电磁辐射生态影响分析与原海域使用论证报告书保持一致，本报告书不作分析。

4.2.3 对海洋生态系统服务功能的影响分析

对海洋生态系统服务功能的影响分析与原海域使用论证报告书保持一致，本报告书不作分析。

4.2.4 对红树林影响分析

对红树林的影响分析与原海域使用论证报告书保持一致，本报告书不作分

析。

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 海底电缆登陆位置为自然砂质岸线，登陆段电缆将埋设于此处沙滩，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，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。

4.3.2 项目用海对风能资源的影响分析

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。

4.3.3 项目用海对航道资源的影响分析

本工程施工期间由于运送设备、物料船舶、风机的吊装工序和各种施工船舶产生交通量较大，而且工期较长，对外罗水道的通航秩序有一定影响，本工程需敷设海底电缆，铺缆船队由铺设施工船、拖轮、锚艇、工作艇组成，作业时船队要横穿外罗水道，对过往船舶航行影响较大，对该海域航运造成一定的不利影响，应制定施工期内的通航管理规定。

经现场勘查，风电项目所在海域开发利用密度不高，附近水域的通航密度也不高，基本为天然状态，通过适当设置航标，可引导船舶正确地沿着外罗水道行驶，减少误入风电场区的可能性。风电场选址位于雷州半岛东侧传统渔区，常年均有渔船进行捕捞作业。工程附近水域相对于渔船水深较大，而且比较宽阔，渔船的航线并不固定，因此本风电场工程基本上不影响渔船的航行。

本项目风电场虽然不占用沿海习惯航路，且工程投入运营后不会增加海域船舶交通流量，但风电场范围涉海面积划定的范围较大，且该片海域内存在有部分

船舶活动（主要为渔船），渔业活动频繁，渔船航行较为随意不固定，拟建风电场海域范围相对较大，在海中设有风机，会对工程海域周围渔船的活动会造成一定的影响，从某种程度上说，海上风电场的建设用海会相应挤占渔船的活动海域。因此，需在风电场边界适当位置设置相应的监控设施、助航标志和警示标志，警示过往渔船主动避开风电场，确保工程自身安全以及过往渔船安全。

4.4 项目用海风险分析

本项目调整后仍为海上风电场，项目地理位置、工程组成和施工方式不变，因此项目用海风险与调整前一致，根据原论证报告书，项目用海在建设期和运行期均存在发生突发环境事故的可能，据项目所在海域环境及项目建设内容，本项目用海风险有以下几个方面：（1）台风暴潮及地震等自然灾害风险；（2）船舶溢油风险；（3）通航环境风险；（4）海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险；（5）钢管桩灌浆泄露风险等。具体分析见原论证报告书。

5 海域开发利用协调分析

5.1 项目用海对海域开发活动影响

根据 3.4 节开发利用现状的分析，调整后本项目所在附近海域的主要开发活动有航路（线）、港口区、养殖区、海洋保护区、人工鱼礁区和海上风电开发活动等，原论证报告报批阶段未涉及的新增用海项目有锦和镇外罗渔港航道疏浚工程，主要用海类型与调整前一致。由于本项目 220kV 海缆位置不变，风机排布仍位于原风场规划范围内，故项目对调整前已有开发现状的影响分析结论一致，补充了项目用海对锦和镇外罗渔港航道疏浚工程的影响分析。

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 对附近港口航运区的影响分析

外罗渔港位于项目海缆西北约 5km 处，项目建设不会对此范围的渔船停靠等产生影响。项目建设需要会在此渔港租用码头兼做施工期补给和营运期运维码头，主要承担交通艇或工作船舶停靠等任务，对外罗渔港的影响不大。

本项目附近海域的航路航线有 3 条，项目风场西侧 3 条，其中本项目电缆与西侧外罗水道交越，220kV 海缆与北沙航道距离约 3.1km，风场距离其约 4.6 km，项目风场距离东侧 3 条习惯性航线则距离较远不影响。项目建设在施工期和营运期均可能会对项目附近航路运行产生影响，以下引用项目通航安全影响分析报告的结论进行分析。

（1）项目建设对船舶航路的影响分析

根据《中国航路指南》（南海海区 A103）以及《湛江港航行指南》，本项目风电场附近船舶习惯航路主要有外罗水道航路以及外沙水道。

本项目风电场附近船舶习惯航路主要有外罗水道航路以及外沙水道航路。本风电场距离外罗水道 2.2 海里，距离外沙水道 1.5 海里，风电场位于两航路之间，距离两股习惯航路有一定的安全距离，但不排除有小型船舶航经本项目风电场水域的可能，且风电场附近水域渔船较多，因此，本项目风电场对附近过往船舶的正常航行有一定的影响。

但也考虑到：① 风电场附近海域水深较浅，且附近存有浅滩，航经本风电场附近海域的船舶很少，附近船舶一般不会航行至风电场附近海域。② 建成后的风电场目标显著，过往船舶能在远处及早发现风电场的存在，主动避开风电场，保持安全距离。③ 通过风电场近航路侧设置适当导助航警示标志，风电场建设后，场址有足够的海域空间供过往船舶避开本风电场安全航行通过。

综上，虽然风电场位置对附近航路过往船舶有一定的碍航影响，但考虑到风电场位于两航路之间，距离两股习惯航路有一定的安全距离，且该两股航线的实际船舶交通流量小，通过风电场近航路侧位置设置适当导助航警示标志，过往船舶适当避航等安全保障措施后，风电场选址对附近过往商船的碍航影响不大且可控。从船舶通航环境和通航安全方面考虑，拟建风电场选址是基本合理的。

（2）项目建设对渔船航行活动的影响分析

本项目风电场虽然不占用沿海习惯航路，且工程投入运营后不会增加海域船舶交通流量，但风电场范围涉海面积约 32km²，划定的范围较大，且该片海域内存在有部分船舶活动（主要为渔船），渔业活动频繁，渔船航行较为随意不固定，拟建风电场海域范围相对较大，风电场的建设对工程海域周围渔船的活动会造成一定的影响，从某种程度上说，海上风电场的建设用海会相应挤占渔船的活动海域。因此，需在风电场边界适当位置设置相应的监控设施、助航标志和警示标志，警示过往渔船主动避开风电场，确保工程自身安全以及过往渔船安全。

（3）风险缓解措施

本项目风电场位于外罗水域，该海域泥沙运动变化复杂，因此，海缆埋深需考虑水流冲刷，建议穿越外罗水道的海缆埋深宜不小于 3m，并加强海缆埋深状

况的监测。除了风、商船航行、渔船航行的通航风险等级为“中等”之外，工程水域受自然条件通航风险等级主要为“较低”或“低”，总的来说，通过采取相应的应对措施，本过程相关海域域的通航安全风险是可控的。针对以上各风险要素，本报告提出以下风险缓解和控制措施：

1. 建议海底电缆铺设前开展海缆路由的地质勘探工作。

2. 风电场 220kV 送出海缆路由横越外罗水道，交叉横越部分建议埋深不少于 3m，并加强海缆埋深状况的监测。

3.本工程风电场建成后需在适当位置设置相应的海上交通安全监控设施、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。

4. 工程建成后应将风电场位置海域范围及海底电缆、具体位置、走向、埋深等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

5. 申请设置以海底电缆两侧一定距离为保护区，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电缆安全的海上作业。

6. 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。

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，但若业主单位加强安全管理，认真履行安全生产主体责任，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交通事故的风险将会得到大大缓解或消除。

5.1.2 对锦和镇外罗渔港航道疏浚工程的影响分析

锦和镇外罗渔港航道疏浚工程位于外罗渔港和外罗水道之间，本项目 220kV 海缆与其交越，重叠面积为 0.2191 公顷。目前该项目已批，海域使用期限为 2019 年 12 月 23 日至 2021 年 06 月 23 日，本项目与其他的利益相关主要体现在施工营

运期相互影响和平面上用海范围重叠两个方面。以下分别进行分析：

根据目前本项目业主与锦和镇外罗渔港航道疏浚工程权属方沟通的结果，本项目与其若同时在交越段施工，则会互相影响对方施工。首先本项目建设方和设计方需要先了解对方疏浚的深度和航道底高程，然后根据航道底高程设计海缆埋设深度，确保海缆埋深大于疏浚深度并保留安全距离，根据本项目设计单位提供数据，目前本项目拟在与锦和镇外罗渔港航道疏浚工程交越段底标高基础上加大埋深，可以满足航道施工和使用期间与本项目海缆的安全距离。其次，可以通过加强沟通，提前互相了解交越段及附近工程设计方案和施工期安排，合理安排施工方案并错开交越段施工。若本项目拟在其交越段疏浚后再进行铺缆工作，本项目用海对其疏浚施工无影响；若本项目先铺缆，其后疏浚，则疏浚工程实施期间，与海缆交越段不能进行抛锚作业，以保证海缆安全。在此航道疏浚工程结束后投入使用。

因锦和镇外罗渔港航道疏浚工程已确权，本项目 220kV 海缆与其交越，因此存在平面上用海范围重叠问题，但根据锦和镇外罗渔港航道疏浚工程的工程性质，其用海在疏浚施工结束后即结束用海，而且根据上述分析，本项目与其交越段海缆需要加大埋深，确保海缆埋深大于疏浚深度并保留安全距离，鉴于本项目 220kV 海缆和锦和镇外罗渔港航道疏浚范围在立体空间上没有交叉，双方可以兼容用海，补充论证报告编制前，本项目与锦和镇外罗渔港航道疏浚工程单位就用海平面重叠部分已签署相关书面协调意见和协议，在重叠海域使用不同的立体空间，互相同意进行立体确权。

5.1.3 对附近养殖区的影响分析

原论证报告对池塘养殖区、滩涂养殖区和增殖区的影响进行了分析，海缆施工期间对敏感目标海水水质产生了轻微影响，但是这种影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响保护区、养殖区的功能。

本项目风电场和 220kV 电缆路由区无养殖区，论证范围内海上养殖区主要分布在项目输出电缆登陆区西北的新寮岛与大陆之间的滩涂区；风电场北部海域有部分养殖区，权证在 2010 至 2014 年之间已到期。根据资料搜集情况距离登陆区电缆最近的养殖区约为 4km~5km，主要为网箱养殖和鱼排，用海类型为开放式养殖用海。另外海缆登陆后南北两侧沿岸范围内有陆上养殖活动（主要为虾苗场），海边设置有养殖废水排污口和养殖用海水抽水管。根据原论证报告报批稿论证分析以及村委调访，建设单位已经与电缆穿过青苗养殖区的养殖户达成协议，并与当地人民政府及养殖户签订协调意见和迁改征用补偿协议书，做必要经济补偿。根据协调方案对该项目附近的渔排和网箱进行有序的迁移。

项目对海域养殖区的影响主要在于施工期电缆铺设施工造成的悬浮物对养殖区海洋环境的影响，根据数模结果，项目主海缆施工产生的悬浮物 10mg/L 增量最大包络线对最近的海上养殖区距离相对最近（**养殖场，权证已过期，原报告论证利益相关者时已定为无影响），且这种悬浮物增量在近岸海缆施工结束后即消失，项目建设对海域养殖区环境的影响有限。

预选路由登陆点位于外罗下海村东侧的一处海滩上，西北侧距离虾塘抽水站（已破坏）约 120 m，西侧距离虾塘（破）约 45 m，西南侧距离虾塘抽水站（已破坏）约 43m，南侧距离 2 层砗房约 150 m，东南侧距离上水管道约 5m。登陆点后方为广东省**水产有限公司的养殖区。由于本项目登陆点至集控中心外的电缆沟在外罗一期工程中已经预留了空间，无需新增；外罗一期登陆点至集控中心外的电缆沟已经铺设完成，本项目对周边养殖区的影响有限。

登陆点附近海滩潮上带虾塘之间许多上水管道交错分布，潮间带内几条地面下上水管道从地下由海中通向潮上带虾塘（目前测区内 2 条上水管道正在铺设中），便于虾塘取水，其中预选海底电缆登陆段路由穿过 2 条潮间带地面下上水管道。潮上带几条

电缆交错分布，预选海底电缆登陆段路由两侧分布几个废旧电线杆。

本项目海缆登陆段范围采用定向钻施工工艺，项目电缆施工产生悬浮物可能会对登陆点附近的陆上养殖区取水会产生一定的影响。但是项目施工需乘低潮作业，施工期间产生悬浮泥沙扩散范围很小，项目海底电缆施工期短，产生的悬浮物扩散影响会随着电缆施工结束而很快恢复原有水平，建议建设单位会同施工单位做好规划，避开养殖区换水期施工，尽量降低对陆上养殖区取水影响。项目电缆登陆后需要临时征用路由区附近养殖区之间的道路开挖电缆沟，鉴于本项目作为外罗海上风电项目二期项目，登陆点至集控中心外的电缆沟在外罗一期工程项目中已经预留了空间，无需新增。集控中心内需新建 220kV 进线电缆沟至配电楼。施工期间对道路两侧虾苗场和虾塘养殖活动会有一些影响，施工完成后则无影响。

5.1.4 对附近海洋保护区的影响

根据原论证报告，本项目附近的海洋保护区是雷州湾中华白海豚市级自然保护区、湛江国家级红树林保护区、徐闻外罗湾鲎县级自然保护区和徐闻大黄鱼幼鱼资源县级自然保护区。距离较近的有湛江国家级红树林保护区和徐闻外罗湾鲎县级自然保护区，位于 220kV 电缆登陆点西北约 5km；雷州湾中华白海豚市级自然保护区和徐闻大黄鱼幼鱼资源县级自然保护区距离较远。

根据分析，对比调整前后施工引起的悬沙扩散包络线面积，调整后悬沙扩散面积略微减小，差别在 5%左右，两次模型计算采用的水动力条件不一样，因此悬沙扩散包络线面积计算结果略有差别，总体上看，两次悬沙扩散计算结果差别不大。

根据原论证报告分析，由于本项目风场场址和海缆登陆点距离湛江国家级红树林保护区均较远，因此项目施工期所产生的悬浮泥沙将不会影响到该保护区；雷州湾中华白海豚市级自然保护区位于本项目北侧约 20.5km 处，距离较远，但项目工程附近曾有中华白海豚和印太江豚活动。施工单位应采取措施尽量避免由于打桩作业对中华白海豚或印太江豚产生影响。而营运期项目工程对该海域中的中华白海豚基本上没有影响。

徐闻大黄鱼幼鱼资源保护区位于徐闻沿海海域，是我国名贵大黄鱼产区和大黄鱼产卵以及幼鱼育成区，是南海区著名优质海产品，营养价值高，具有较高开发利用价值。保护区位于本工程南侧 11.6km 处。调整后模型计算结果与调整前类似，项目施工期所产生的悬浮泥沙对该海洋保护区几乎没有影响。

5.1.5 对附近海域人工鱼礁区的影响分析

根据原论证报告，本项目风场场址及海底电缆路由不穿越人工鱼礁，离本项目最近的已建人工鱼礁区是硃洲南人工鱼礁区，距工程区北侧约 20km。此外，在建的徐闻外罗人工鱼礁区距风场场址南侧约 6.0 km。悬浮泥沙数值模拟显示施工期间 10mg/L 的悬浮泥沙西北向最大扩散距离为 1.9km，向南最大扩散距离为 2.4km，对比调整前后施工引起的悬沙扩散包络线面积，调整后悬沙扩散面积略微减小，差别在 5%左右，两次模型计算采用的水动力条件不一样，因此悬沙扩散包络线面积计算结果略有差别，总体上看，两次悬沙扩散计算结果差别不大。

硃洲南人工鱼礁区和徐闻外罗人工鱼礁区分别位于本项目的北侧和南侧，且建设单位已与人工鱼礁区管理部门签订相关书面协调协议，总体上看调整后本项目施工期对硃洲南人工鱼礁区和徐闻外罗人工鱼礁区没有影响。

5.1.6 对附近海域风电场的影响分析

项目西侧相邻海域和东侧6.3km分别有湛江外罗风电一期和徐闻风电工程风场，西北侧9.3km处有新寮海上风电场，目前外罗一期已经获批并开工建设，徐闻风电和新寮风电已经获批，外罗风电一期和二期共用同一个登陆点，各项目工程申请用海范围无重叠交叉现象。

由于三个项目登陆区附近海缆相距较近，目前情况来看，外罗风电一期已经在建，项目施工期间大型船只均从阳江、中山等东北侧深水航线运往工区，不经过外罗风电风场，只有运送施工人员等的小型船只从外罗渔港出发至工区，可以灵活避开外罗风电工区，施工船只对外罗风电的影响很小。项目建设对外罗风电的影响主要在于，海缆施工时会威胁外罗风电一期已铺220kV海缆的安全，建议在本项目作业前在外罗风电一期220kV海缆位置附近划好保护范围，禁止铺缆船进入保护范围，以保证其海缆安全。项目建设对新寮风电项目和徐闻风电的可能影响主要为本项目与新寮风电和徐闻风电220kV海缆若同时施工，可能会出现铺缆船相互影响对方作业。根据相关规范要求，海缆之间距离一般保证在2倍水深以上。参照江浙、福建同类项目，目前国内海缆施工精度可达5m的级别，在浅水深（小于5m），保证有10m以上的海缆间距依然是可以保证施工安全的。另外，为避免对其他项目海缆的扰动，当施工至海缆较为密集的管廊带时，若施工船舶需要抛锚作业，抛锚作业必需预留足够的安全距离，则需要根据附近的海缆

间距进行计算抛锚距离，避免其他项目已铺设管线受到扰动。而营运期间，根据电气一次专业分析，只要不同海缆保证不相互接近，根据海缆自身的外部保护层，可以保证海缆之间输电相对独立稳定。

5.1.7 对附近海域测风塔的影响分析

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。项目附近海域有 3 座测风塔，本项目东侧徐闻风电工程风场内有 1#测风塔和 2#测风塔，目前已建。两个测风塔与本项目申请用海范围无重叠交叉现象，且此两座测风塔采集数据是为徐闻风电项目最终设计服务，项目建设不会对其功能产生影响。

另外项目西侧一期工程海域有外罗风电测风塔，已投入使用，一般测风塔使用年限 2 年，待本项目建设时其也将会拆除，因此项目建设也不会对其产生影响。

5.1.8 对其他海底管线区的影响

项目附近海域的海底管线除了湛江外罗风电的一期、徐闻风电和新寮风电的海底电缆之外，还有项目电缆登陆点西北约 3.92km 新寮岛东岸的广东粤电湛江风力发电有限公司风力发电埋线用海，用海类型为海底电缆用海，其路由与本项目没有交叉且有一定距离，项目建设对其无影响。

5.1.9 对冷冻厂制冰厂的影响分析

在项目电缆登陆点西北约 4.8km 有一处冷冻厂制冰厂，主要是生产制冰和水产品冷冻，不从本海域取水，项目建设不会对其产生影响。

5.1.10 对渔业生产的影响分析

风电场场区位于碓洲渔场区，施工期间施工作业和施工船只来往会对渔场区内的渔船往来和捕捞作业产生一定的影响，施工结束后，海缆路由区和风场区禁止底拖网、抛锚，会造成渔场区的渔业生产作业范围缩小。如果施工活动安排在秋冬季节等非捕捞旺季的时段，施工作业对渔业生产的影响可以得到明显的减缓。另外，营运期风电场的桩基群会起到人工鱼礁的作用，对此海域渔业资源起到养护作用，加上渔业资源具有游动性，对整个渔场区的渔业生产总体影响不大。

5.2 利益相关者界定

原论证报告中，根据本项目对海域开发活动和功能区的影响情况，本项目周边海域的利益相关者有登陆点附近的养殖户**（外罗风电一期已协调）；协调部门有海洋与渔业主管部门和海事主管部门（已协调）。

经分析，项目调整后，利益相关者为登陆点附近的养殖户（项目登陆情况不变，与原论证报告一致，建议补充**养殖有限公司）、**有限公司（徐闻海上风电工程）、**有限公司（本项目、外罗海上风电项目以及新寮海上风电项目建设单位）和**（锦和镇外罗渔港航道疏浚工程）。协调部门有航道管理部门和海事管理部门。

5.3 相关利益协调分析

5.3.1 与项目附近村委会和养殖户的协调

为尽量减小本工程施工对周边养殖池的影响，项目施工应严格选择施工时段，采取各种清洁生产措施，合理安排施工作业时间，禁止在潮水上涨时和潮水还未退去时施工，禁止在周边养殖池换水期间施工，在施工期应及时向周边养殖户通报施工安排、施工范围、施工进度和施工期限。

另外，本项目风机电缆需穿过部分养殖区。电缆铺设完成后不影响养殖区的养殖活动，在项目登陆段调整前后没有显著变更的情况下，根据原论证报告内容和村委调访，业主已经与电缆穿过青苗养殖区的养殖户达成协议（详见附件6），并与当地人民政府及养殖户签订协调意见和迁改征用补偿协议书，做必要经济补偿，根据协调方案对该项目附近的渔排和网箱进行有序的迁移。此外，建设单位与徐闻县农业农村局签订了缴交影响利益相关者协调工作经费协议提供支撑。为尽量减小本工程施工对周边养殖的影响，施工单位应严格选择施工时段，采取各种清洁生产措施，合理安排施工作业时间，在施工期应及时向周边养殖户通报施工进度和施工情况。

因本项目的建设需要，风电场发电需通过海上升压站及220kV送出海缆登陆接至湛江外罗一期风电场220kV陆上集控中心，本期不新建陆上集控中心，利用一期外送工程统一送出。预选路由登陆点位于外罗下海村东侧的一处海滩上，西北侧距离虾塘抽水站（已破坏）约120m，西侧距离虾塘（破）约45m，西南侧距离虾塘抽水站（已破坏）约43m，南侧距离2层砗房约150m，东南侧距离上水管道约5m。登陆点后方为广东省湛江市**有限公司等的养殖区。由于本项目登陆点至集控中心外的电缆沟在外

罗一期工程中已经预留了空间，无需新增；外罗一期登陆点至集控中心外的电缆沟已经铺设完成，本项目对周边养殖区的影响有限。

登陆点附近海滩潮上带虾塘之间许多上水管道交错分布，潮间带内几条地面下上水管道从地下由海中通向潮上带虾塘（目前测区内 2 条上水管道正在铺设中），便于虾塘取水，其中预选海底电缆登陆段路由穿过 2 条潮间带地面下上水管道。潮上带几条电缆交错分布，预选海底电缆登陆段路由两侧分布几个废旧电线杆。

本项目风机电缆近岸区施工会对登陆点附近进行取水的养殖区取水产生影响，同时电缆登陆后海缆施工也对两侧养殖区产生影响，为保证项目顺利进行，建议在项目报批前完成与登陆点附近所有养殖方的书面协调方案，以避免引起不必要的事故和冲突。此外，为尽量减小本工程施工对周边养殖池的影响，还应严格选择施工时段，采取各种清洁生产措施，合理安排施工作业时间，禁止在潮水上涨时和潮水还未退去时施工，禁止在周边养殖池换水期间施工，在施工期应及时向周边养殖业主通报施工进度和施工情况。

由于项目位于捕捞渔场区域内，渔船交通流较大，渔民相对来说航海安全意识比较淡薄，航海知识相对缺乏，船舶锚泊的随意性较强，基本是哪里有鱼就在哪里下网。为提醒渔船注意，避免渔船进入风电场区域，建设单位应在周边合适位置的风机基座上悬挂告示牌提醒渔船注意；风电场建设完成后，将在风电场外围设置航标灯，引导过往船舶航行，风电场附近也将设计醒目标示，避免渔船误入风电场区域，在近海面塔桶上采用红色灯警示色，避免渔船碰撞引发事故。此外，拟建风电场的海缆工程，应重视埋深和保护工作。

5.3.2 与当地航道、海事主管部门的协调

根据该项目的项目选址与海底电缆预选路由走向，建议进一步优化选址方案和协调好相关利益者关系。根据可能存在的风险，其建议海底电缆横穿航道时尽量深埋，海上的风电场设施属于水中构筑物，为确保风电场设施自身及过往船舶的安全，应按规定设置航标，以策安全。

工程设计 220kV 海底电缆路由穿越外罗水道，将对船舶的通航安全产生一定影响，因此，按照建议，工程在施工前开展通航安全评估，并报海事主管机构组织审查。工程建设对湛江 VTS 雷达信号、通信导航设备，以及船载雷达等设备的正常使用或存在一

定影响，工程在施工期及营运期应配合做必要测试，并负责采取有效措施，及时消除、降低不良影响。根据湛江海事局意见，为保证船舶航行安全和保护海底电缆，穿越外罗水道部分的电缆埋深不应小于 3 米，场址外其他部分海底电缆埋深不应小于 2 米。工程应按照《海区航标设置管理办法》等有关法规、规范要求，配备助航标志和安全警示标志，并履行有关航标报批手续。向湛江海事局申请办理工程海上施工作业许可和航行通告发布等事宜。

湛江海事局原则同意在拟定的海域范围内建设海上风电项目与海底电缆预选路由，同时也建议建设方根据《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》、《中华人民共和国海事局水上水下活动通航安全影响论证与评估管理办法》等有关规定及时开展相应工作，对项目的具体意见，以项目通航安全影响论证审查完成后出具的审核意见为准。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，取得施工作业许可，设立相应安全警示标志和助航标志，制定相应的通航安全保障措施，并制定溢油等应急预案等。

5.3.3 与**发电有限公司的协调

项目登陆点和登陆区路由与外罗一期风电和新寮风电以及徐闻风电距离较近，施工期间会存在互相影响，为了减小每个项目主海缆施工干扰，建议施工方加强沟通联系，尽量避免在同一作业时段内同区段作业，推荐依照一定顺序错开不同项目间主海缆的作业，互相交换施工后准确的海缆位置坐标，准确计算抛锚距离。建设单位需联系周边风电项目建设方**有限公司进行相关事宜的协调，双方属于相互影响，互为利益相关方，协调意愿一致，在项目报批前完成书面协调方案，以免引起不必要的纠纷。本项目建设单位已与**有限公司签署了海上风电项目协调协议，在登陆点及路由相距较近区域，对用海和施工达成了一致。用海单位给出了相关技术指标，阐明了由于方案设计等实际原因，本项目与新寮海上风电送出电缆独立设计合理性。

5.3.4 与**委员会的协调

根据前述分析，本项目 220kV 海缆与锦和镇外罗渔港航道疏浚工程交越，目前其未施工，本项目与其影响为若同时在交越段施工，则会造成施工冲突；若本项目先铺缆其后疏浚，则对方疏浚施工和日后使用期间需要在交越段禁止抛锚，以免破坏本项目海缆。以上影响，只要双方提前做好沟通，协商好施工工期，错开交越段施工，海缆埋深根据

其航道设计底高程和宽度做好海缆埋深和防护措施，即可避免双方冲突影响。目前本项目建设单位已与**委员会沟通协调，通过交换交越段工程设计和施工方案，错开施工期等措施来保证施工安全，关于双方重叠范围的立体确权方案已征得同意意见，并形成书面协调方案。本阶段按照立体确权即双方均给予确权方式进行处理，本项目与锦和镇外罗渔港航道疏浚工程用海无权属冲突。

5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

本节内容略。

6 方案变更后与功能区划及相关规划符合性分析

6.1 与海洋功能区划符合性分析

本次项目方案调整风电场位置无变动，仅风机位置调整、35kV 海缆路由调整在规划海区，未超出规划风电场范围，施工方案没有大的改变，施工导致悬浮泥沙扩散范围较原方案略减小。因此，风电场方案调整后，项目用海与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》仍然是相符合。

6.2 与广东省海洋生态红线的符合性分析

根据《广东省海洋生态红线》（2017），项目位于湛江徐闻锦和镇东侧海域，调整后的方案风场和 220kV 海缆路由都未穿越生态红线区，悬浮物增量也不会扩散到周边红线区，本项目不涉及采挖砂围填海、倾倒废渣等诱发沙滩蚀退的行为，电缆管线登陆区施工会进行小范围沙滩开挖进行电缆埋设，但在施工完毕后会进行沙土回填，原样修复，对原砂质岸线的类型和生态功能不造成长久性影响，不会影响其自然岸线形态及原有生态功能。本项目不在海岛自然岸线红线区范围之内，对海岛岸线没有影响。因此本项目建设符合《广东省海洋生态红线》（2016-2020）的要求。

6.3 项目建设与相关规划的符合性分析

6.3.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性

因项目选址位置位于湛江市徐闻外罗附近海域，本工程属于海上风电场工程，在《广东省海上风电场工程规划》中已规划，是海洋可再生能源的开发与建设工程，符合优化开发区域中的要求，工程建设符合《全国海洋主体功能区规划》。

6.3.2 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性

本项目外罗海上风电二期属于在《广东省海洋主体功能区规划》中风电场规划及布局以内的项目，因此符合《广东省海洋主体功能区规划》。

6.3.3 与《产业结构调整指导目录(2019 年本)》的符合性

根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》，项目符合《产业结构调整指导目录(2019 年本)》的规定。

6.3.5 与《可再生能源发展“十三五”规划》的符合性

国家发展改革委印发《可再生能源发展“十三五”规划》，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。

6.3.6 与《电力发展“十三五”规划》的符合性

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。本项目为海上风电建设，装机容量为 200 MW。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，因此，本项目建设符合《电力发展“十三五”规划》的要求。

6.3.7 与《可再生能源中长期发展规划（2007）》的符合性

本项目建设符合《可再生能源中长期发展规划（2007）》的要求。

6.3.8 与《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》的符合性

外罗二期海上风电是《规划》中项目，因此本项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》的要求。

6.3.9 与《广东省能源发展“十三五”规划（2016-2020 年）》的符合性

广东粤电湛江外罗海上风电项目已列入广东省“十三五”时期全省能源发展重点项目，因此，本项目的建设符合《广东省能源发展“十三五”规划》。

6.3.10 与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性

本项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的相应目标要求。

6.3.11 与《广东省海洋经济发展“十三五”规划》的符合性

本项目工程属于海洋能开发利用项目，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，满足湛江地区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，风电项目的建设符合《广东省海洋经济发展“十三五”规划》是相符合的。

6.3.12 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性

本项目属于海洋风能开发利用项目，是《规划》提倡及规划的项目。另外风场项目设计符合《规划》要求，海缆登陆岸线时采用定向钻施工工艺，不开挖岸线，能最大程度保护岸线的自然风貌。本项目能综合保护与利用徐闻外罗自然岸线，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

6.3.13 与《湛江港总体规划》的符合性

本项目与《规划》中所划定的港口岸线及锚地距离较远，本项目的施工及运行对湛江港口功能影响甚微，因此，本项目建设符合《规划》要求。另外，风场建设带动湛江市港口经济发展。因此本项目符合《湛江港总体规划》。

7 项目用海合理性分析

本项目风机排布仍在原规划范围内，但其风机排布根据机型选取不同进行了优化调整，35kv 海缆路由略微调整，升压站、220kv 海底电缆路由保持不变，因此用海选址和用海方式基本不变，用海面积根据调整后的工程设计重新进行梳理分析。

7.1 用海选址合理性分析

根据原《广东粤电湛江外罗海上风电项目海域使用论证报告书(报批稿)》分析，广东粤电湛江外罗海上风电项目，位于湛江市徐闻县新寮岛以东海面，属亚热带海洋性季风气候，长夏无冬，热量充足、干湿季节分明。

评估结论如下：

（1）风电场风能资源较丰富

风电场预装轮毂高度平均风速 7.70m/s，平均风功率密度 400W/m²。根据《风电场风能资源评估方法》(GB/T18710-2002) 风功率密度等级评判标准，测风塔处的风功率等级为 III 级，风资源较为丰富。

（2）风电场有效风速利用小时高

风电场预装轮毂高度风速的有效小时数(3m/s<小时平均风速<25m/s)均大于 8095h，占全年时间的 92.4%，这表明测风塔所代表风电场区域的可利用有效风速小时数较高。

（3）风向较为稳定

主风向和能量的主导方向一致，都集中在 ENE 方向。风向和风能相对集中，有利于风电场机组的总体布置。

（4）风速和风能分布较为集中

轮毂高度处风速中频率最大风速约为 8m/s，最大风能频率相应的风速为 10m/s。轮毂高度的风速风能分布比较集中，在机组选择时在充分考虑机组安全性的同时应选择风能利用效率较高的风力发电机组，实现风能资源的充分利用。

（5）风功率密度年内变化较大，日变化幅度较小

风速与风功率密度的年内分布不均，风速年内离散系数为 0.17，功率密度变化略大，离散系数达 0.45。从 10 月至翌年 4 月风速相对较大；5~9 月风速相对较小。风速和风功率密度的日内变化较小，平均风速日内离散系数 0.03；平均风功率密度日内离散系数为 0.09。在一日内，一般下午 16 时~凌晨 1 点风速相对较大，10~14 时风速和风功率相

对较低。

（6）湍流强度和风切变指数均较小

测风塔各测风高度湍流强度较弱；各测风高度风速 $V=15.0\text{m/s}$ 时湍流强度在 0.058~0.101 之间。因此可认为湍流强度较弱，测风塔处的湍流强度随高度的增加而减小，随着风速增大而呈现减少的趋势。风速垂直切变指数较小，平均切变指数约为 0.083。考虑到风机之间尾流的影响，建议选择 B 类以上风机。

（7）设计风速

鉴于风机安全，建议本工程风机选型宜选择极端载荷满足本项目场址极端风况条件，至少为 IEC I 类风机或者 S 级风机。

综上所述，本海区风能资源丰富，适合开展风电场项目。

根据原论证报告，风场设计充分考虑了本海区水文气象条件，合理设计。根据厂址地质条件分析，场区内及邻近未发现活动断裂构造和影响场地稳定性的不良地质作用，场地基本稳定，工程推荐全部海域使用单桩基础，对风机基础及海缆做出相应的保护后，本区域适宜建设风电工程。本海区水动力作用下，冲刷对风机基础造成一定的影响，但在适当的保护措施下，影响可以降低。另外，风场的布置对海区周边冲淤环境影响不大，不会对评价范围内各敏感目标造成明显冲淤影响。项目选址主要影响鸟类的迁徙路径和附近的渔船作业活动，施工期造成一定的生物量损失，预测对区域的生态系统没有严重影响。工程建成后将占用一定海域范围，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；根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期通航安全影响分析报告》结论可知：拟建风电场与附近海上设施、海洋保护区之间尚有一定的安全距离，没有占用现有以及规划航线、海上设施、海洋保护区等海域，从通航安全角度上看，风电场选址基本合理。本项目选址对周边海域开发利用活动有一定影响，但可以通过相应的协调措施加以控制和解决。项目选址符合海洋功能区划和相关规划要求。

此外，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）中有关风电选址建设“原则上应在离岸距离不少于 10 Km、滩涂宽度超过 10 Km 时海域水深不得少于 10 m 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”的要求，本项目风电场的场址不在规定的敏感海域，选址符合要求。

本项目拟建的外罗海上风电项目位于湛江市外罗以东海域，属于规划中的外罗风电厂址，项目建设符合《广东省海上风电场工程规划》的要求。

综上所述调整后的项目选址未发生改变，调整后的风机位置仍然在原规划风场范围内，220KV 海缆走向及登陆点位置不变，根据本报告第四章数模分析结果，风机调整后较调整前对周边环境和敏感目标的影响变化不大，因此选址是合理的。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 项目用海方式的合理性分析

（1）用海类型

本项目用海类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类）。

（2）用海方式

项目风机与升压站用海方式为构筑物用海（一级用海方式）中的透水构筑物用海（二级用海方式）；35kV 集线海缆和 220kV 送出海缆用海方式为其他用海方式（一级用海方式）中的海底电缆管道用海（二级用海方式）。

本次方案调整仅对平面布置进行调整，用海类型和用海方式不变。根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目海域使用论证报告书(报批稿)》对本项目用海方式合理性分析可知，从风机和升压站桩基和海缆安全及环境、生态影响考虑，项目用海方式合理。因此本次方案调整后用海方式合理。

7.2.2 项目用海平面布置的合理性分析

7.2.2.1 风机平面布置的合理性分析

（一）本工程海上风机机组要求

原《广东粤电湛江外罗海上风电项目海域使用论证报告书(报批稿)》中对风电场机型进行了比选，选择应考虑适合风电场场址的风资源条件，有利于提高风电场的发电效益。目前，国外海上的风力发电设备制造技术已日趋成熟，针对不同区域风资源条件，各风机设备制造厂家已经开发出不同结构型式、不同控制调节方式的风力发电机组，并已进入商业运行阶段。国内各主要风机制造商为迎合国内海上风电场的发展趋势，积极进行海上风机机型的技术引进和技术研发。根据场址风资源条件和风况特征及海上的特殊水文气象条件，结合国内外海上风机的制造水平、技术成熟程度、运行业绩、设备制

造的可行性和设备采购的积极性等，以及本工程建设期要求与机型厂家供货进度协调程度等，进行风电场机组型式选择。根据风电机组应满足一定的安全等级要求；风电机组的机组性能应满足场址区特殊环境、气候等条件要求；风电机组在投产后应满足运行可靠性和易维护性要求。最终推荐机型应综合考虑风电场区域的风资源等自然条件、工程经济性和安全性择优选择。根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月），广东海上风电场实际情况与产业政策，单机容量机型选择范围为5MW~6MW。现阶段，根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期初步设计报告（审定稿）》（2020年2月）第6章“风电机组选型、布置及风电场发电量计算”，广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目已完成EP标段招标工作，拟安装32台上海电气SWT-6.25-172机型，总装机容量200MW。机型的主要技术参数说明略。

（二）布置基本原则

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。海平面由于粗糙度小，风机的尾流耗散小，影响距离长，因此前排风机对后排风机的尾流影响相对陆地大。但风电机组的间距也不是越大越好，稀疏的机组布置会降低风电场整体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。因此，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洋水文、地形地质、海域使用规划等条件进行优化布置，确定合理的风机间距，优化风机布置方式。综合考虑以上各条件后，确定本风电场布置原则为：

（1）首先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）风机布置应考虑水深条件对施工的影响，确保每台机位施工无制约因素；

（7）每台机位无地质制约因素，避开持力层埋深太深或缺失的位置；

（8）海洋资源十分宝贵，风电机组布置时应按照节约、集约用海原则，在海域使用论证报告中的涉海范围内进行风电机组布置。

（三）风电机组布置限制性因素

根据本项目风电场实测地形资料，项目场区西南角水深较浅，风电机组布置应避开此区域，以降低施工风险。根据《广东粤电外罗二期可行性研究阶段海底管线与障碍物探测报告》，项目区域内浅层未发现基岩，未发现已建海底管道和海底光（电）缆，共发现磁异常 4 处。建议后续根据风电机组和路由位置等资料，对其可能产生的对工程的影响加以甄别、判断。

（四）排布方案设计技术路线

海上风电场不受地形干扰，风能资源分布相对均衡，风电场的形状相对规整，因此从集约用海以及充分利用场址风能资源的角度出发，利用规则化的风机排布方案能够从中寻求两者的最佳平衡点。因此海上风电场通常首选内部成固定的几何单元形态的规则化排布方案。其技术路线简述如下：

（1）风机布置方案的基本单元设定为平行四边形，每个基本单元定义 4 台风机的相对位置与距离；

（2）根据场址的拐点坐标，将整个场址用 1）所定义的基本单元填充并形成阵列，由于阵列由若干个相同的平行四边形构成，从而呈现出“梅花型”的宏观分布。

（3）对（1）中提及的平行四边形基本单元进行旋转和伸缩变形，重复 2）从而构建任意朝向和任意内部间距的潜在阵列集合；

（4）在场址区域内剔除特殊地质区或其他预留区域，形成风电场实际排布风机的指定区域；

（5）根据指定区域的范围对潜在阵列方案进行筛选，将满足场址规划容量的排布方案选出形成候选排布方案集合；

（6）利用特定的风机尾流模型，配合风机的功率曲线和推力系数曲线，计算候选排布方案的全场平均尾流损失，从中筛选出平均尾流损失较小且全场发电量较优的方案，以便确定风机阵列的最佳朝向。

根据上述布置原则与技术路线，根据《广东粤电湛江外罗海上风电项目二期微观选址报告（审定稿）》，本项目风机调整后推荐平面布置方案略，本项目风电机组行内间

距为 531~1976m，风电机组间最小间距为 531m（约 3.1D），共布置 32 台上海电气 SWT-6.25-172 机组。与原二期 37 台风机对比图略，调整前后风机平面布置的矩阵排布走向、间距和大部分风机位置没有大的改变，仅由于机型选取增大而减少了个别风机数量，因此调整后的风机布置依然满足上述布置原则、宏观自然条件和设计发电需要，建议施工前再针对每个风机位置的地层基础进行详细的工程地质勘察。

7.2.2.2 升压站平面布置的合理性分析

根据原论证报告，本工程初步考虑采用 1 回 220kV 三芯 3×500mm² XLPE 绝缘海底电缆送至陆上集控中心，陆上集控中心位于风电场西南侧。为降低海底电缆的整体投资，在海上升压站布置上综合考虑降低 220kV 海底电缆及 35kV 海底电缆的总投资及施工、运维的便利，220kV 海上升压站站址选择有如下两个方案：

方案一：选择在场址中心区域

方案二：选择在场址西侧(靠近陆地及集控中心侧)靠中间的位置

根据经济性比较，方案一价格略高于方案二价格，两种方案均可行，考虑到经济性，以及 220kV 海缆敷设便利，推荐采用方案二，即 220kV 升压站选择在场址西侧(靠近陆地及集控中心侧)靠中间的位置。

本次海上升压站位置和结构均没有改变，上部平台仍为三层，层高略，采用钢结构桁架结构形式，平面尺寸略，下部选择四桩导管架结构基础方案，海上升压站整体加工制作完成后，通过专业重型运输车及大型驳船出运至施工现场进行安装。

因此，升压站的平面布置没有改变，是合理的。

7.2.2.3 路由平面布置的合理性分析

方案的调整前后，220kV 海缆路由走向和长度没有变化。根据原论证报告，220kV 海底电缆路由经过了充分的比选，避免电缆交越，避开了锚地、航道等用海。路由避开了生态红线区和海洋保护区，并综合考虑了一期项目的登陆电缆用海需求，项目整体经济效益较好，符合集约节约利用海域资源，减少排他性用海海域面积，所以 220kV 海底电缆平面布置合理。登陆段根据路由勘察结果再进行施工。

风电场内 35kV 海底电缆是沿风电机组之间及机组与海上升压站之间的连线路径布置，共分为 8 组。风电机组发出的电能通过 8 回 35kV 集电海底海缆接入海上升压站，升压后通过 1 回 220kV 海底电缆输送到陆上集控中心。因风机位置调整，35kV 海缆路

由走向和长度较略有变动，但仍在规划风场范围内，可以满足风电场设计和运行需求，根据本报告第4章数模结果，调整前海缆施工产生的悬沙扩散面积较调整前略微减小，差别在5%左右，对周边敏感目标的影响变化不大，与原论证报告结论基本一致。

综上所述，调整前海缆路由的平面布置是合理的。

7.3 用海面积合理性分析

7.3.1 项目用海面积与项目用海需求及相关设计标准和规范的符合性分析

对于风电场来说，在项目选址和平面布置已经进行比选优化确定的情况下，风机基础尺寸、升压站基础平台尺寸以及海缆选型是决定项目用海面积的主要因素。以下根据项目工程调整情况分别进行分析。

7.3.1.1 风机用海面积与项目用海需求和相关设计标准和规范的符合性分析

根据《海籍调查规范》5.4.2.5节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；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和”，因此本项目风机用海面积与风机基础的尺寸是密切相关的。

本项目机型调整后，风机基础仍采用无灌浆链接段单桩基础结构型式，本项目风机塔架包括风机基础和上接外平台，外平台尺寸投影面积远远大于单桩最大投影面积，因此本项目单个风机用海范围为基础中心点至风机外平台最外缘点外扩50m为半径的圆为界，符合《海籍调查规范》5.4.2.5节f)的规定，项目总风机用海面积为32台风机用海面积之和，这样得出的用海面积是既满足项目需求和设计规范，又符合《海籍调查规范》，是合理的。

7.3.1.2 升压站用海面积与项目用海需求及相关设计标准和规范的符合性分析

本项目海上升压站采用透水构筑物的用海方式，因《海籍调查规范》中没有对海洋升压站有专门的宗海界址界定方法，本项目海上升压站属于透水构筑物，参照《海籍调查规范》5.4.2.5节d)“引桥、平台等透水构筑物用海，以透水构筑物机器防护设施垂直投影的外缘线外扩10m距离为界”的规定，同时考虑海上升压站为高压带电设施，其安全防护要求较高，增加到外扩50m为限。因此项目海上升压站用海面积的确定基础为海上升压站的总投影范围。

因此本项目升压站的用海范围是最大投影范围外扩50m为界，这样得出的用海面积

既满足项目需求和设计规范，调整前后用海面积不变又符合《海籍调查规范》，是合理的。

7.3.1.3 海底电缆工程用海面积与项目用海需求及相关设计标准和规范的符合性分析

根据《海籍调查规范》5.4.2.5 节 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”，因此工程海底电缆选型是确定其用海面积前提和基础。

项目海底电缆包括风机间的 35kV 海底电缆和送出 220kV 海底电缆，其设计根据《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)和《电力工程电缆设计规范》(GB 50217-2007)等设计规范来完成。

本项目风机间集电线路采用海底电缆，结合站址内风机及升压站的布置，集电线路电压采用 35kV，各回路连接 3~5 台风机，不交叉重叠连接风机，本次由于风机数出现变化，连接各风机的海底电缆也同样出现变化，其中 35kv 随风机排列方式和数量变化进行了调整，根据广东省海域使用审批核算规则，用海面积相对调整前减少了 0.1508 公顷；220kv 海底电缆由于本项目用海与北侧已经批复的湛江徐闻海上风电场项目批存在 0.0164m 的重复，长度约 1.55km 的范围，造成 220KV 电缆用海范围由原来的 42.1523 公顷，减少 0.0085 公顷，变为 42.1438 公顷。因此计算面积为各回路电缆用海面积之和，是合理的。

7.3.2 岸线使用长度合理性及与岸线管控指标要求的符合性分析

本项目穿越岸线与调整前一致，穿越自然岸线，穿越岸线位于登陆点及其两侧。

本项目穿越岸线的设施为登陆点。经 1 回路 220 kV 电缆的逐渐汇聚，在登陆点处收缩后，穿越岸线。登陆点采用定向钻工艺，不会改变原有岸线的自然属性，不改变自然岸线的形态，不实际占用岸线，符合广东省关于自然岸线的相关管理规定。此外该项目不涉及占用岸线进行围填海、非法侵占岸线和采挖海砂等活动。因此，项目占用岸线长度合理，且项目占用岸线符合岸线管控指标的要求。

7.3.3 项目用海与相关用海控制指标要求的符合性分析

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 平方千米左右。海上风电场址原则上应在离岸距离不少于 10 千米。调整后本项目仍在原论证风电场范围内，风电场址离岸距离超过 10 千米，风电场外围包络用海面积于调整前基本一致，共布置 32 台 6.25MW 的风机，装机容量 200MW 与调整前基本一致，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

广东粤电湛江外罗海上风电项目二期宗海位置图

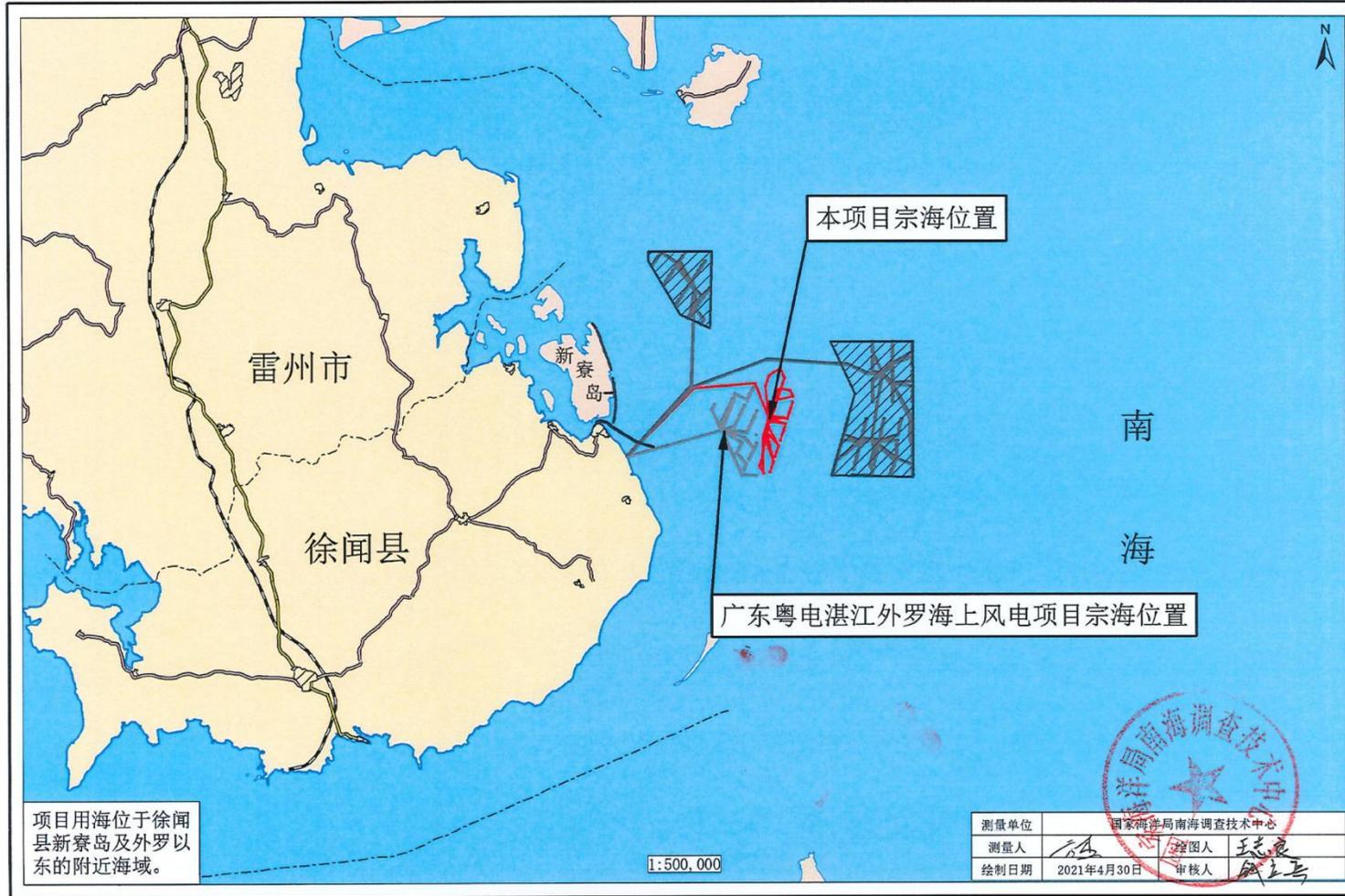


图 7.3-4 调整后项目宗海位置图

广东粤电湛江外罗海上风电项目二期宗海界址图

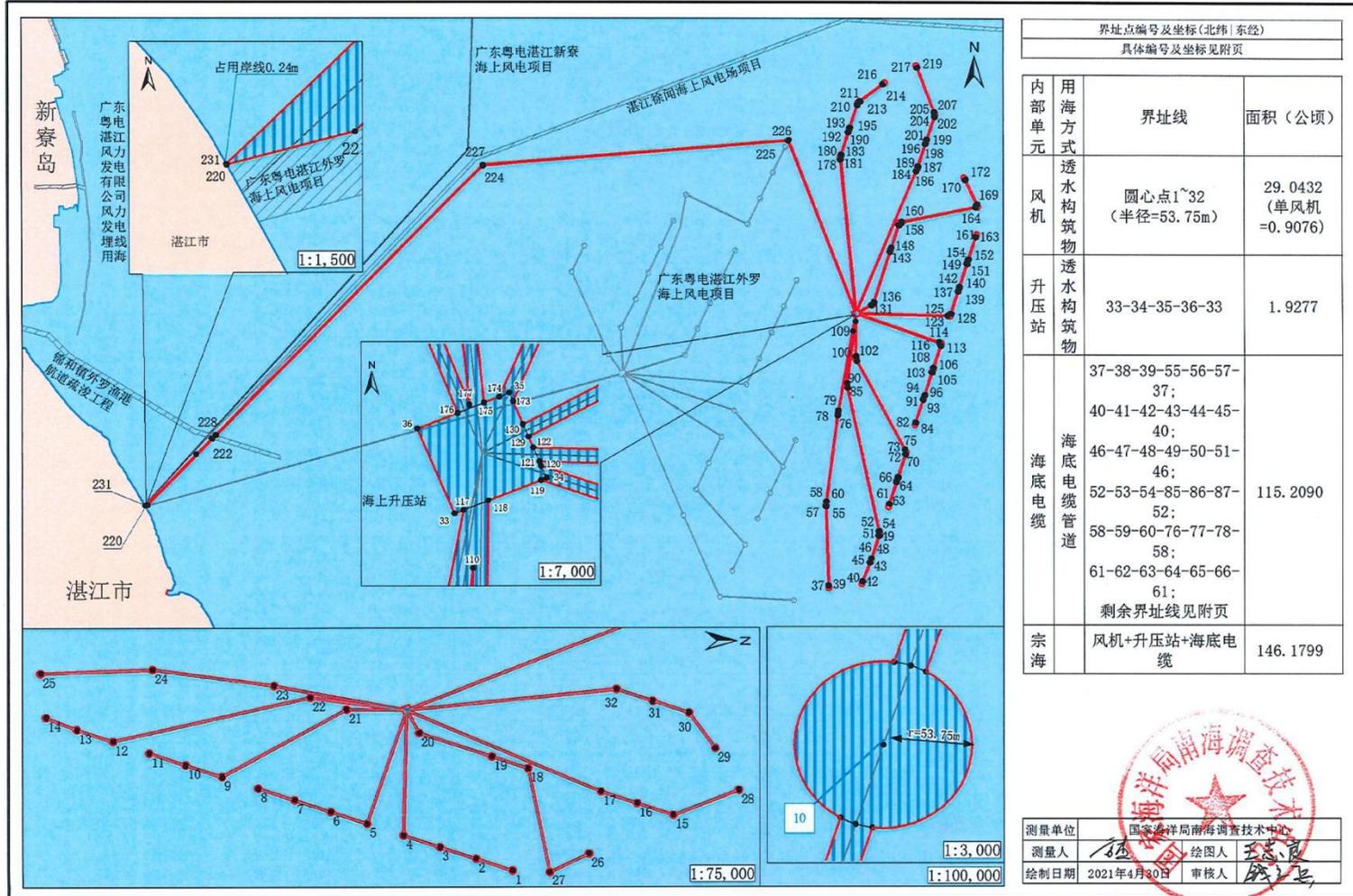


图 7.3-5 调整后项目宗海界址图

7.3.4 项目宗海界定的合理性分析

本项目用海包括风机基础用海、海上升压站用海、220kV 海底电缆和风机间 35kV 海底电缆用海四部分。

（1）项目风机基础用海范围确定和面积量算的合理性分析

根据《海籍调查规范》的规定：风机塔架用海范围确定是以塔架中心点为圆心，半径为塔架中心点与塔架基础最外缘点连线外扩 50m。

本工程共安装风电机组 32 台，风机基础采用单桩基础，单桩外径 7.5m。单桩边缘外扩 50m，即单个风机用海面系半径为 53.75m 的圆（见图 7.3-1），面积为 0.9075hm²，32 个风机用海面积为 29.0432 hm²。

（2）海上升压站用海范围确定和面积量算的合理性分析

本项目海上升压站采用四桩导管架结构，根据设计要求，升压站导管架平台为四方结构，外缘线边长为 37.2m（东北向）*40.5m（西北向），平台北为正北方向。根据《海籍调查规范》，考虑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 为限，海上升压站用海面积为 1.9277hm²。

（3）海底电缆用海范围确定和面积量算的合理性分析

根据《海籍调查规范》5.4.2.5 节 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”，因本项目两个风机之间 35kV 海缆是采用 1 回传输，220kV 海缆采用 1 回传输。因此本项目海缆外缘线向两侧外扩 10m 形成的区域，用海范围示意图 7.3-3。利用专业制图软件 ARCGIS 进行量算面积，项目 35kV 海底电缆用海面积为 73.0652 hm²。220kV 海底电缆用海面积为 42.1438 hm²，海底电缆总面积 115.2175hm²。

综上所述，本项目用海总面积约 146.1799 hm²，其中风机基础用海面积约 29.0432hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.2090 hm²（海底电缆管道包括 220 kV 海底电缆用海 42.1438 hm²，35 kV 海底电缆用海 73.0652 hm²），用海面积的界定符合相关规范，是合理的。

7.4 用海期限合理性分析

徐闻外罗海上风电二期项目工程用海属于《中华人民共和国海域使用管理法》中的建设工程用海，本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，工程建设期为 18 个月，因此，本项目用海部分申请的用海期限为 27 年。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，建设工程用海的海域使用权最高期限按照用途确定，其中港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

结合国家对特许权项目用海年限的规定，徐闻外罗海上风电二期项目工程项目拟申请使用海域 27 年，申请用海期限与原论证报告一致。符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定。期满后，如有需要须申请续期。

因此，项目用海期限是合理的。

8 海域使用对策措施分析

项目调整后海域使用对策措施分析内容与原论证报告书一致，原论证报告从项目的区划实施对策措施、开发协调对策措施、风险防范对策措施和监督管理对策措施进行了详细的论述，本报告不再重复分析，详见原论证报告书。

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分析

本项目调整后，项目建设内容不变，用海方式不变，项目性质不改变。因此，本工程的建设仍符合国家产业结构调整指导目录、海洋经济发展规划和产业发展政策等。产业准入符合性分析和区域管控要求符合性分析均与原论证报告中的分析相同，本补充论证报告不再重复分析。

9.2 岸线保护措施与新形成岸线的生态化建设合理性分析

本项目调整后，海缆登陆岸线时与原论证报告一致，采用定向钻施工工艺，能最大程度保护岸线的自然风貌，不影响砂质岸线自然属性，不实际占用岸线，考虑到湛江市自然岸线占有率为高于广东省自然岸线保有率，符合广东省关于自然岸线的相关管理规定。，不形成新的岸线。项目正常营运也不会对岸线产生不利影响。补充论证报告中，不再对该部分内容进行分析。

9.3 污染物排放与控制

本项目调整后，项目建设内容但仍保留了海上升压站、登陆电缆，风电机组和集电电缆的建设及运营。因此，项目建设与运营期的污染类型仍存在。原论证报告中已对施工期、运营期的污染防治对策措施进行了详细分析，本补充论证报告中，相关处理与防治措施参考原论证报告书，不再重复分析。

9.4 生态保护与修复

项目调整后，因项目建设造成的影响类型、性质均不变，本项目施工期和运营期的生态保护与修复措施参考原论证报告书中内容，不再重复分析。

9.5 生态环境监测方案

本项目调整后，项目建设内容不变，用海方式不变，项目性质不改变，用海范围保持在原论证报告所涉及的规划范围内，生态环境监测方案参考原论证报告书“海洋生态保护措施”中的内容，不再重复分析。

10 结论与建议

10.1 结论

10.1.1 项目用海基本情况及必要性分析结论

本项目为新建大型海上风电项目。

拟建海上风电工程位于广东省湛江市徐闻县东部海域。

调整后工程装机容量为 200MW，工程用海包括布置 32 台 6.25MW 风机，1 座 220kV 海上升压站、35kV 场内集电海缆、220kV 送出海缆等工程项目。项目申请用海类型和用海方式不变，本项目用海类型属于工业用海-电力工业用海（三）和海底工程用海-电缆管道（一）用海，风机和海上升压站等用海方式为构筑物用海（一级用海方式）-其他透水构筑物用海（二级用海方式）；风机间集电线路 35kV 海底电缆和 220kV 海底输送电缆用海方式为其他用海方式（一级用海方式）-海底电（光）缆（二级用海方式），调整前后工程用海方式不变。

工程调整后仍旧位于原工程场址规划范围内，本项目用海总面积约 146.1799 hm²，其中风机基础用海面积约 29.0432hm²（透水构筑物），海上升压站用海面积约 1.9277hm²（透水构筑物），海底电缆管道用海面积 115.2090 hm²（海底电缆管道包括 220 kV 海底电缆用海 42.1438 hm²，35 kV 海底电缆用海 73.0652 hm²），其中 35kV 海缆长度约 39.87 km，220kV 海缆长度约 20.91 km。风电场外围包络用海面积基本不变，单位占海与调整前相近。电缆登陆穿越自然岸线，该登陆点施工工艺采用定向转，不影响砂质岸线自然属性，不实际占用岸线，项目申请用海年限 27 年。

项目调整后申请用海总面积比调整前减少了 4.6973 公顷，调整后使用岸线长度及施工工艺与调整前保持不变，申请用海年限保持不变。

10.1.2 项目用海必要性和调整必要性结论

我国西部沿海海上风能资源较丰富，因此，现阶段积极开发海上风电优势较明显。广东省开发利用海上风电具有资源优势。本项目场址所在海域海上风能资源极为丰富，场址远离居住区、不占地、不破坏防护林、适合兴建大型风电场且装机利用小时高等优势，提前布局海上风电开发，通过试验项目和示范项目的建设，推进海上风电的技术进

步，培养和储备技术力量，为大规模开发利用海上风电打好基础。根据对风电场所在海域风能资源的初步分析，湛江市徐闻海上风电项目所在海域风速较高、风能资源较丰富，具备开发建设大型海上风电场的资源条件。作为大规模开发的海上风电项目，本项目可促进国外先进的大型风机设备制造技术向国内转移，促进我国风电设备先进制造业的发展，加快海上风机设备本地化和产业化。另外，通过该项目的建设及运行，为广东省海上风电产业的发展积累宝贵经验。

海上风电场的风电机组和海底电缆等工程建设须占用一定面积的海域，但海上风电与陆上风电相比，具有风资源优越，环保、节约土地、规模大等优势，越来越受到发达国家的重视，欧洲、美国等已将海上风电场建设列为今后大规模风电发展的重点，中国也已经将海上风电发展作为今后风电发展的重要一部分。本项目所在地区具有开发风力发电的有利条件，且社会效益、环保效益显著。该风电场的建设对于改善广东省的电源结构，推动我国的海上风电事业的发展，开发可再生能源有着重要的意义。

现阶段对风电项目用海进行调整，与前期可研阶段采用的 37 台机组相比，调整后工程建设增大了风机单机容量，减少了风机台数，提高了发电效率；登陆点位置不变，升压站，220kV 海缆和风机之间连接的海缆随风机机型和排布变化做了调整。随着风电机组技术水平进步，在保证装机容量不变的前提下，可以采用更少数量的机组，优化海缆布置，降低用海面积，体现尽量最大化利用海域资源的用海原则，十分具有调整的必要性。

10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

10.1.3.1 对水文动力环境影响

根据调整后项目环境影响评价专题报告预测结论，本次工程变更涉及到风机数量由原来的37台减至32台，结合本次预测结论，工程后对流场影响甚小，风电场附近的代表点涨潮平均、落潮平均流速略有减小，变化幅度在-0.01m/s~0.01m/s之间，变化幅度很小，风电场外围流速流向不变。综合分析，项目变更前后对水文动力环境影响均不大，工程变更后无显著变化。

10.3.1.2 对地形地貌与冲淤环境影响

工程桩基数量减少后，冲淤变化较大的区域仍然集中在风电桩基附近，最大冲淤幅度在 $\pm 0.5\text{m/a}$ 以内，缆线所在海域冲淤环境基本没有变化，因此项目变更前后对地形地

貌与冲淤环境影响均不大，工程变更后无显著变化。

10.3.1.3 项目用海施工期和运营期对海洋水质、沉积物和生态的影响

（1）对海域海水水质和沉积物的影响

工程变更后施工所产生的悬浮泥沙影响的敏感点仍主要为陆上虾塘养殖用海水取水口和养殖场，最大悬沙增量略有差异，工程变更后两个敏感点的预测值略大于原论证报告，但都约在 10mg/L 的范围，且这种影响是暂时的，可逆的，随着海缆施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内（和海流流速、泥沙沉降特性等有关）迅速衰减背景浓度值，因此在施工结束后仍不会影响保护区、养殖区的功能。

本工程施工船舶均设置有生活污水和含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，在满足以上严格施工管理条件下，对工程海域水质基本无影响。工程方案调整后，施工船舶数量未发生变化，施工船舶将产生生产废水、生活污水和垃圾等，需严格做好施工期管理、监理和监测的工作，防止区域海水水质污染，保护沉积物环境。

工程调整方案仅改变风机数量和风机机组之间连接海缆走向，防腐设计方案不变，运营期工程调整方案将阴极保护手段由牺牲阳极阴极保护法变更为外加电流阴极保护法，调整后相比原论证报告的方案污染降低，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。

（2）对海洋生态和渔业生产活动的影响

工程调整方案仅改变风机数量和风机机组之间连接海缆走向，根据原论证报告内容，本工程施工期对海洋生态和渔业的影响主要包括以下三方面：

风机塔架基础结构施工，采用钢管桩直接打入海底。在管桩基础范围内的底栖生物栖息地被破坏，栖息于这一范围内的底栖动物将全部丧失。钢管桩施打会引起周围一定范围内悬浮泥沙增加（>10mg/L）。悬浮物浓度的增加会造成水体真光层厚度降低，导致浮游植物丰度降低，水体初级生产力下降。与此同时钢管桩打桩产生的水下噪声对海洋生物也可能存在一定影响。

风电场电缆需要开沟埋设，电缆沟开挖范围内的底栖生物受到永久性的损害；电缆沟开挖使海底泥沙悬浮，增加所在海域的含沙量，降低海洋中浮游植物生产力，浮游动物在高含沙量海域的生长率、存活率、摄食率、丰度、生物量和群落结构等方面也会受到一定影响。悬浮泥沙颗粒易对海域的鱼卵、仔鱼和幼体造成伤害，海缆登陆段施工还

会造成一定面积的潮间带破坏，使破坏区潮间带生物受到损失。但这种影响主要集中在施工期，且影响范围主要集中在电缆开沟处。

本工程位于徐闻县东侧海域，场址属于农渔业区，海上施工期间，为保证施工安全将禁止渔船进入施工海域进行生产，由此导致渔业捕捞作业范围减少。此外受施工的扰动影响，周围海域渔业生产的渔获率可能有所降低，从而造成施工期该海域渔业生产的产量下降。电缆登陆段埋设过程中还会对在潮间带区域进行的养殖生产造成短时干扰，因此需要做好相关协调工作。

本风电场工程运营期对海洋生态的影响主要是风机和升压站桩基周围的底栖生物的生境遭到永久的破坏。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。但从工程区域以航行为主、捕捞为辅，且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。

尽管运营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。建议有关利益相关方协商。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。

风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显，建议相关单位进一步开展此方向的研究，并在项目运营期进行海底电缆等电磁环境的跟踪监测。

风机转动时对中华白海豚和印太江豚的活动可能有影响，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、栖息地破碎化、生境质量下降等。

本项目用海风险有台风暴潮及地震等自然灾害风险、船舶溢油风险、通航环境风险、海底电缆及风机基础泥沙冲刷掏空风险、钢管桩灌浆泄露风险等。做好溢油防范措施及应急措施，避免油污对保护区红树林的影响。

10.3.1.4 项目用海资源影响

本项目 220kV 海底电缆登陆时将穿越徐闻自然岸线（不实际占用）。

项目施工会对登陆点附近海上养殖场或者岸上水产养殖造成影响。

项目用海离有关岛礁较远，正常施工时不会对岛礁产生不利影响。

项目用海对该海域的风能资源实现有效利用，符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针。

10.1.4 海域开发利用协调分析结论

项目周边海域已确定海域开发利用活动有航路（线）、港口区、养殖区、海洋保护

区、人工鱼礁区和海上风电开发活动等。经分析项目与周边开发利用活动大部分无利益冲突，但是项目220kV海缆路由与习惯性航路外罗水道交越，根据项目通航论证报告分析，海缆埋深符合航路通行要求，但在项目施工期间会增加通航水域船只密度，增加通航风险，另外，项目登陆点和登陆区路由与外罗风电、新寮风电以及徐闻风电的距离较近，施工期间会存在互相影响，业主需联系风电项目建设方进行相关事宜的协调，在项目报批前完成书面协调方案。项目220kV海缆路由与已确权未施工的锦和镇外罗渔港航道疏浚工程交越，可以通过避开交越段施工期，根据其航道底高程和宽度进行海缆埋深设计、及在交越段禁止抛锚等措施来避开影响和冲突，目前业主正积极进行协调沟通，在项目报批前完成书面协调方案。另外本项目220kV海缆申请用海范围与其确权范围在平面上重叠部分鉴于在立体空间上可以兼容，因此报告书建议对此重叠部分进行立体确权，这样处理后权属冲突也可以解决。由此可见，本项目与周边其他用海活动的影响属于可协调性质，具体的协调问题及协调途径已经明确。

经分析，项目调整后，利益相关者为登陆点附近的养殖户（原论证报告阶段已协调）、**有限公司（徐闻海上风电工程）、**有限公司（本项目、外罗海上风电项目以及新寮海上风电项目建设单位）和**委员会（锦和镇外罗渔港航道疏浚工程）。协调部门有航道管理部门和海事管理部门。

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。

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），调整后项目用海符合《广东省海洋功能区划》（2011-2020年）的相关要求。

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)》、《全国海洋主体功能区规划》、《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》、《可再生能源中长期发展规划（2007）》、《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《广东省海

洋主体功能区规划》、《广东省海上风电发展规划（2017-2030）（修编）》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省能源发展“十三五”规划》、《广东省海洋经济发展“十三五”规划》、《湛江市海洋经济发展“十三五”规划》（2016-2020）和《湛江港总体规划》（2012）等规划的要求。

10.1.6 项目用海合理性分析结论

调整后项目用海宏观选址同调整前一致，工程风电场场址区位于湛江市锦和镇东面海域，220kV 海缆路由方案经过专家评审。

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，调整后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 主海缆经过了可行性研究和初步设计阶段的多次设计和优化，利用海域的空间资源和风能资源，产生更大的经济效益，在规划的风电场范围内调整优化风机布排，能遵循集约节约用海原则，用海面积和铺设施工对资源环境的影响相对更小，提高了项目的用海合理性。项目用海平面布置方案在原论证报告阶段已通过专家评审会评审，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，符合海域使用相关规范，符合海洋功能区划的管理要求，用海方式合理。

项目申请用海范围考虑了与周边项目的重叠和兼容性，项目设计符合相关行业标准 and 规范，能满足项目的建设需求，宗海图绘制符合规定，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。

本项目主要水工建筑物是风机基础 and 海底电缆，用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道，用海方式合理。

本工程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，工程建设期为 18 个月，拟申请使用海域期限仍为原批复时间内的 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

广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目的建设有利于促进清洁能源利用，助力湛江当地电力发展，带动湛江及粤西地区经济增长，能够起到较好的广东省海上风电发展示范作用；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；本项目调整后，用海面积减少，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方可协调；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。在项目建设方做好报告书提出的相关对策措施的前提下，本报告书认为广东粤电湛江外罗海上风电项目二期项目工程调整后用海可行。

10.2 建议

（1）完善本项目用海利益相关者协调事宜，形成书面文件，在建设前按书面文件进行落实，避免产生不必要的冲突。施工期间，建议施工单位严格按照用海申请和批复情况进行合理施工。

（2）关于本项目 220KV 海缆申请用海范围与用海已确权的锦和镇外罗渔港航道疏浚工程的确权范围在平面上重叠部分确权事宜，本报告仅为技术上建议，最终以审批部门的批复为准。