

瑞安 1 号海上风电项目用海变更

海域使用论证报告书

(公示稿)

浙江省海洋水产研究所

二〇二四年十一月

目 录

1 概述	1
1.1 论证工作来由	1
1.2 论证依据	6
1.3 论证等级和范围	6
1.4 论证重点	7
2 项目用海基本情况	8
2.1 用海项目建设内容	8
2.2 变更前项目概况	11
2.3 变更后平面布置和主要结构、尺度	12
2.4 项目主要施工工艺和方法	19
2.5 项目用海需求	31
2.6 项目用海必要性	32
3 项目所在海域概况	35
3.1 海洋资源概况	35
3.2 海洋生态概况	39
4 资源生态影响分析	40
4.1 生态评估	40
4.2 资源影响分析	40
4.3 生态影响分析	41
5 海域开发利用协调分析	52
5.1 海域开发利用现状	52
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	53
5.3 利益相关者界定	60
5.4 相关利益协调分析	61
5.5 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析	61
6 国土空间规划符合性分析	62
6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况	62
6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析	65

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析67

7 项目用海合理性分析70

7.1 用海选址合理性分析 70

7.2 用海平面布置合理性分析 71

7.3 用海方式合理性分析 72

7.4 占用岸线合理性分析 74

7.5 用海面积合理性分析 74

7.6 用海期限合理性分析 83

8 生态用海对策措施84

8.1 生态用海对策 84

8.2 生态保护修复措施 87

9 结论.....89

9.1 结论 89

9.2 建议 89

1 概述

1.1 论证工作来由

1.1.1 瑞安 1 号海上风电项目已批用海情况

“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”目标是我国对国际社会的庄严承诺。能效水平提升与碳达峰高度关联、相辅相成。在碳达峰目标的倒逼下，统筹推进经济发展、能源安全、碳排放、居民生活，加大结构节能和能效创新成为一项新任务。

风力发电作为清洁能源，具有显著的社会和环保效益，对于推动我国可再生能源发展有着重要意义，国家支持和鼓励对风能资源的开发。近些年来，我国陆上风电得到了迅速的发展，但资源条件、建设用地、环境保护等因素对陆上风电的制约也越来越明显。海上风电具有风能资源丰富、远离居民区、靠近电力负荷等优点，随着海上风电技术的日益成熟，海上风电必然将成为带动风电事业发展的一个新增长点，也是“十四五”期间风电行业发展的重点。

浙江省位于我国东部沿海，其沿海地区地形平坦广阔，风能资源丰富，交通和接入系统条件便利，是建设风电场的良好场所。截至 2021 年底，全省风电装机容量已达到 364 万 kW，其中海上风电 220 万 kW。2021 年 6 月，浙江省发改委、省能源局正式发布《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》，规划指出“十四五”期间，浙江省将大力发展风电、光伏，实施“风光倍增计划”；更好发挥以抽水蓄能为主的水电调节作用；因地制宜高质量发展生物质能、地热能、海洋能等；到 2025 年底，可再生能源装机超过 5000 万 kW，装机占比达到 36% 以上；其中，力争我省风电装机达到 641 万 kW 以上，新增装机在 450 万 kW 以上，主要为海上风电。根据浙江省海上风电规划，温州海域是近中期浙江省海上风电发展的重点区域之一。

瑞安 1 号海上风电场为《浙江省海上风电场工程规划报告》中的项目（图 1.1-1），瑞安 1 号海上风电场场址位于浙江省瑞安市东部北麂岛和南麂岛之间海域（图 1.1-2），风电场区呈不规则多边形，场区中心离岸距离约为 42km，平均水深 17m~22m，东西向最长约 12km，南北向最宽约 4.0km，主场区涉海面积约 26.3km²，风电场总装机容量 300MW，拟安装 24 台 12.5MW 机组，场内建设 220kV 海上升压站一座，风机间由 5 回 66kV 海底电缆汇流至海上升压站，升压

至 220kV 后通过 1 回 220kV 海缆敷设至瑞安市丁山二期围垦区海堤登陆。

瑞安 1 号海上风电用海目前已由瑞安市自然资源和规划局采用挂牌方式出让，由瑞安华瓯海上风电有限公司摘牌，并于 2023 年 11 月取得海域使用权证书，宗海面积 191.7036 公顷，其中透水构筑物用海面积 40.4861 公顷（包括海上风机用海 40.1392 公顷和海上升压站用海 0.3469 公顷），海底电缆管道用海面积 151.2175 公顷（包括 220KV 海底电缆用海 88.2167 公顷和 66KV 海底电缆用海 63.0008 公顷）。

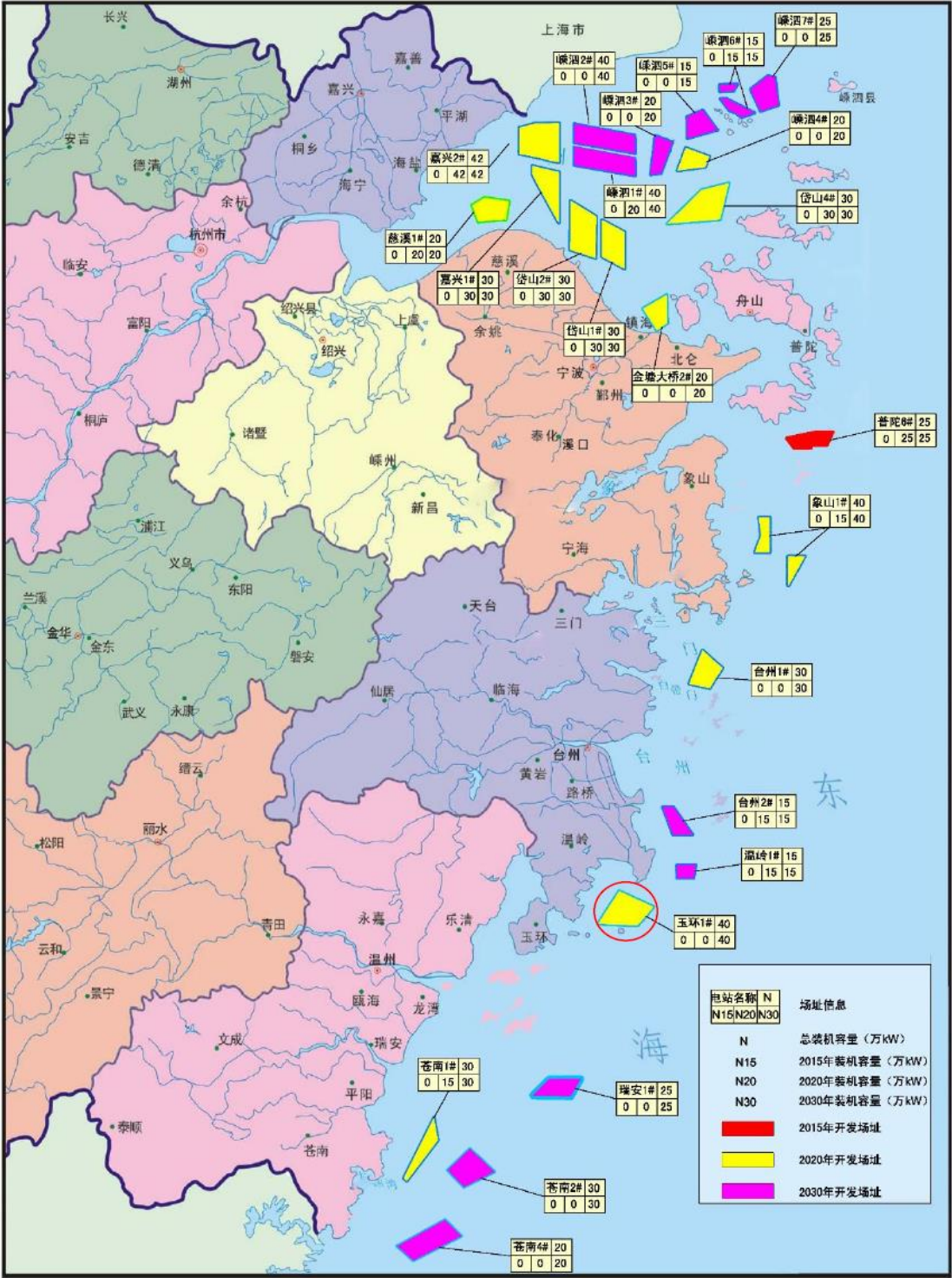


图 1.1-1 浙江省海上风电场工程规划布局示意图



图 1.1-2 变更前瑞安 1 号海上风电项目地理位置图（遥感影像时间：2021 年 12 月 1 日）

1.1.2 本次瑞安 1 号海上风电项目变更用海情况

随着项目进展，建设单位与浙江海事局汇报沟通时，为最大程度确保通航安全，浙江海事局要求移除最北侧两台风机及其对应海缆布置，同时为规避东侧**影响，风电场东侧边界内缩，为适应风电场包络范围变化，风机单机容量由 12.5MW 变更为 14MW，台数由 24 台变更为 22 台。

根据工程设计变更，建设方案变更后风电场区呈不规则四边形布置，最近风机离岸距离约为 36km，水深 20m~25m，东西向最长约 9.4km，南北向最宽约 2.2km，涉海面积 19.3km²。

1.1.3 本次论证工作来由

根据《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，海域属国家所有，任何单位和个人在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域 3 个月以上的排他性用海活动，建设单位应向政府相关行政主管部门申请海域使用权，同时提交海域使用论证材料等文件。瑞安 1 号海上风电用海目前已由瑞安市自然资源和规划局采用挂牌方式出让，由瑞安华瓯海上风电有限公司摘牌，并于 2023 年 11 月取得海域使用权证书。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十八条“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途：确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。

根据《浙江省自然资源厅关于规范海域使用申请审批管理的通知》（浙自然资规〔2018〕2 号）要求，海域使用权人应当按照批准的用海类型、用海方式和界址范围合理使用海域，不得擅自改变用海类型、用海方式或界址范围；确因生产、经营改（扩）建需要改变用途的（填海除外），符合海洋功能区划的前提下，在原批准用海的人民政府审批权限范围内，应当报原批准用海的人民政府批准。

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）“考虑到由于海洋地质和水文动力等条件限制，海上风电项目从项目核准到实际施工，风机和电缆的具体位置发生局部变化调整的情况较为普遍，沿海地方海洋行政主管部门可以结合本地区实际，按照简政放权要求，研究制定简化项目用海变更手续的程序和要求”。本项目前期已由瑞安华瓯海上风

电有限公司取得海域使用权，并且本次建设方案变更后整体用海区域不变，经商主管部门，本次用海变更采用申请审批方式。

受瑞安华瓯海上风电有限公司的委托，我所承担了该项目的用海变更海域使用论证工作。我所接受委托后，项目组根据项目用海性质、规模和特点，对项目所在海域进行了现场踏勘、测量、收集了有关基础资料，并进行了用海区域附近地形、地质、地貌、海洋环境及海洋资源开发、相关涉海规划等资料的调研，同时向当地自然资源行政主管部门汇报和征询了意见。在此基础上，参照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023，以下简称“导则”）的有关要求，编制完成了《瑞安 1 号海上风电项目用海变更海域使用论证报告书（公示稿）》。

1.2 论证依据

略。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

本项目涉海工程包括风机、海上升压站和海缆，其中风机、海上升压站用海方式为透水构筑物；海缆用海方式为海底电缆管道；拟建风电场位于瑞安市北麂岛南侧海域，海底电缆在丁山二期围垦区海堤登陆，项目所在海域非敏感海域。

参照导则中关于海域使用论证等级的判据，所有规模的海底电（光）缆在其他海域论证等级均为三级；透水构筑物用海面积 $\geq 30\text{ha}$ 在所有海域论证等级均一级，本项目透水构筑物用海面积为 35.0886ha ，采用“就高不就低”的原则，确定本项目用海变更的海域使用论证等级为一级。

1.3.2 论证范围

根据导则要求，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 。本项目论证等级为一级，考虑到项目自身用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等因素，并覆盖项目用海可能影响到的全部区域，最终确定本次海域使用论证的范围为：西侧以大陆修测岸线为界；东、南、北侧以项目用海外缘线为起点向外扩展约 15km 为界，论证范围内海域面积约 2800 公顷。

1.4 论证重点

项目用海用于建设海上风力发电工程，对照导则中附录表 C.1 的有关要求，并结合本项目用海具体情况和所在海域特征等因素，综合确定本次海域使用论证重点为以下 6 个方面：

- （1）用海必要性；
- （2）选址（线）合理性；
- （3）平面布置合理性；
- （4）用海方式合理性；
- （5）资源生态影响；
- （6）生态用海对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 项目名称、性质、投资主体、投资

项目名称：瑞安 1 号海上风电项目。

项目性质：新建。

投资主体（申请人）：瑞安华瓯海上风电有限公司。

项目总投资：328335 万元。

2.1.2 地理位置

瑞安市位居中国黄金海岸线中段，是泛长江三角洲和珠江三角洲的连接地带，地理坐标为东经 120°10′~121°15′E，北纬 27°40′~28°00′N，东临东海，西连文成县，南接平阳县，北邻瓯海区、龙湾区，西北界青田县，海岸线长 20.36km。瑞安市区北距温州市区 34km，距离省会杭州 385km，陆域面积 1350km²，海域面积 3037km²。

拟建风电场位于瑞安市北麂岛南侧海域，场区呈不规则四边形，场区中心离岸距离约为 42km，平均水深 19m~26m，东西向最长约 9.4km，南北向最宽约 2.2km，配套建设的海底电缆在丁山二期围垦区海堤登陆。项目地理位置见图 2.1-1~2.1-2。



图 2.1-1 风电场地理位置图（行政区划）



图 2.1-2 项目地理位置图（遥感影像时间：2021 年 12 月 1 日）

2.1.3 建设内容和规模

瑞安 1 号海上风电项目建设内容包括海上风力发电机组、海上升压站和海底电缆（场内 66kV 电缆和 220kV 送出电缆）三部分组成。工程总装机容量 308MW，拟安装 22 台风力发电机组，风力发电机组单机容量为 14MW。风电场理论年发电量为 145832 万 kWh，设计年发电量 139028 万 kWh，平均尾流影响折减系数为 4.67%，年上网电量为 104271 万 kWh，年等效满负荷小时数为 3385h。

工程风电机组的电能通过 66kV 海底电缆接入 220kV 海上升压站，升压站将 66kV 电压升至 220kV，然后经 220kV 海缆输送至陆上计量站后接入电网系统。

拟建风电场工程建设规模和主要技术指标见表 2.1-1。

表 2.1-1 项目建设规模和主要技术指标一览表

风电名称	瑞安1号海上风电项目	
装机规模	MW	308
发电机组	台	22
单机容量	kW	14000
年发电量	亿kWh	10.43
年利用小时数	h	3385
66kV海缆	km	28.79
220kV海缆	km	44.06
静态投资	万元	323203
工程总投资	万元	328335
计划工期	月	20

2.2 变更前项目概况

变更前拟建风电场平面布置主要包括海上风机、升压站及海底输电电缆的布置。变更前风电场址位于温州瑞安市南麂列岛与北麂列岛之间的海域，工程场区呈不规则多边形，场区中心离岸距离约为 42km，平均水深 17m~22m，东西向最长约 12.0km，南北向最宽约 4.0km，涉海面积 24.77km²，装机规模为 30 万 kW。场区拟安装 24 台单机容量 12.5MW 风力发电机组，风电机组东西向排列成 3 行。同时配套建设一座 220kV 海上升压站和一座陆上计量站。风电场设置 5 回 66kV 集电线路，接至 220kV 升压站。海上升压站由 1 回 220kV 海缆连接至瑞安丁山二期登陆点上岸后接入陆上计量站。

2.3 变更后平面布置和主要结构、尺度

2.3.1 平面布置

变更后拟建风电场平面布置主要包括海上风机、升压站及海底输电电缆的布置。瑞安 1 号海上风电项目场址位于温州瑞安市南麂列岛与北麂列岛之间的海域，工程场区呈不规则四边形，场区中心离岸距离约为 42km，平均水深 19m~26m，东西向最长约 9.4km，南北向最宽约 2.2km，涉海面积 19.3km²，装机规模为 30.8 万 kW。场区拟安装 22 台单机容量 14MW 风力发电机组，风电机组东西向排列成 2 行。同时配套建设一座 220kV 海上升压站和一座陆上计量站。风电场设置 5 回 66kV 集电线路，接至 220kV 升压站。海上升压站由 1 回 220kV 海缆连接至瑞安丁山二期登陆点上岸后接入陆上计量站。变更后拟建风电场总平面布置见图 2.3-1。

2.3.2 主要结构、尺度

2.3.2.1 工程等别与建筑物级别

拟建风电场拟安装 22 台 14MW 的风电机组，装机容量 308MW。参照《风电场工程等级划分及设计安全标准》（FD002）的第 5.0.1 条规定，按装机规模划分，本工程规模为大（1）型，工程等别为 I 等。风机基础海况设计标准（包括潮位）按重现期 50 年考虑；海上升压站海况设计标准（包括潮位）的重现期按照 100 年考虑。陆上计量站设计标准（包括防洪水位）的重现期按照 50 年考虑。风电机组基础结构安全等级为一级，风机地基基础设计级别为 1 级。按照变电站建筑物结构破坏可能产生后果的严重性，本项目海上升压站结构安全等级为一级，建筑物结构级别为 1 级，集控中心结构设计等级为 2 级，建筑物结构安全等级为二级。

2.3.2.2 发电机组

（1）风机机型

拟建风电场选定的风力发电机组额定功率为 14.0MW，转轮直径 252m，轮毂高度 152m（平均海平面起算），功率调节方式为连续动态，主要参数见表 2.3-1。

表 2.3-1 风机机型主要参数指标表

项目	单位	数量	项目	单位	数量
台数	台	22	切入风速	m/s	3
额定功率	MW	14.0	额定风速	m/s	12.5
叶片数	个	3	切出风速	m/s	25
风轮直径	m	252	叶片长度	m	123
轮毂高度	m	152	额定电压	kV	1.14

风力发电机主要包含风轮、机舱和塔筒三部分，在塔筒底部一般还配备有箱式变压器。机舱是风力发电机组的核心部分，内部主要有发电机、齿轮箱、控制系统、刹车机构等组成。海上风机的支承结构由塔架、基础及其两者连接件构成，基础与风机塔焊接成一体，组成固定于海底的风车塔，塔上依次安装机舱、轮毂、叶片等设备。

（2）风机平面布置

本风电场工程位于温州南麂列岛和北麂列岛之间的瑞安市海域，总装机容量为 308MW，本次工程拟布置 22 台风电机组。风电机组东西向排列成 2 行。

风电场平面布置基于主要风能方向，按照《风力发电场设计技术规范》要

求结合地形、水流综合确定，平行 2 行设置，风电机组行间距 1918m，行内间距 834~956m，风电机组间最小间距为 834m（约 3.31D）。迎风第一行布置 10 台机组，第二行布置 12 台机组。

（3）风机基础

根据拟建风电场现场的环境条件、施工工艺的成熟性及经济性，选用四桩导管架基础作为风电机组基础方案。

导管架基础的结构型式为 4 根钢管桩呈正四边形均匀布设，四边形边长为 27m，桩径为 3.60m，壁厚 30~65mm，桩顶平均高程为-20.0m，平均桩长约 90.0m，入土深度约 87.0m，桩底高程约-110.0m。

上部导管架为四边形空间桁架结构，桁架顶部尺寸为 16.5m×16.5m，底部根开为 27.0m×27.0m。桁架竖向主腿钢管直径为 1.49~3.07m，壁厚为 65~90mm；主腿钢管之间用直径 0.65~0.90m 的交叉斜撑钢管连接；导管架的主腿与钢管桩连接段的直径为 3.07m，壁厚为 65mm。导管架平台底高程为 18.5m，基础顶高程为 26.0m，平台由交叉梁系组成，梁系上铺设钢板。

2.3.2.3 海上升压站

（1）海上升压站设计标准

拟建风电场总装机规模 308MW，升压站电压等级 220kV，根据《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》（FD002）的规定，根据建筑物的重要性和建筑物破坏后果的严重性，并考虑与风机基础的设计标准相匹配，海上升压站的建筑物级别为 1 级，结构安全等级为一级。

按照建、构筑物使用功能的要求，并考虑风电场工程的环境特点，风电场工程海上升压站结构设计使用年限为 50 年。考虑海上升压站的重要性及失效后果，并考虑防护对象的安全等级，海上升压站潮水设计标准取 100 年一遇。

（2）海上升压站选址

拟建风电场配套建设一座 220kV 海上升压站。升压站建设规模 308MW 考虑，升压站以海底电缆至陆上登陆点，接入新建陆上计量站，经陆上计量站送至电网。海上升压站布置在 2#、3#风机之间海域，该海域海底高程约为-20m，距瑞安大陆海岸线约 40km。

（3）海上升压站布置

①升压站整体布置

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

220kV 海上升压站共三层（含甲板层）。一层（甲板层）布置水泵房、事故油罐、临时休息室、油罐室、污水处理设备室、集合区、小吊机及相应的救生设备等设备，同时一层也作为电缆层，海缆通过 J 型管穿过本层甲板，然后采用电缆桥架敷设，根据电缆弯曲半径要求及甲板层作为结构转换层的要求，层高 6.0m。

二层中间布置一台主变，主变散热器布置在室外侧悬挑平台上；二层其余位置布置暖通机房、备品备件间、220kV GIS 室、应急配电室、高抗室及散热器、低压配电室、66kV 站用变室、电阻柜室、66kV GIS 室，层高 6.0m。

三层布置主变及散热器上空区域、220kV GIS 室上空区域、高抗及散热器上空区域、柴油发电机室、日用油箱间、工具间、蓄电池室、通信继保室等，三层层高 5.0m。

屋顶层设置空调室外机、气象观测站、激光测风雷达、避雷针、通讯天线及检修孔点等，另布置额定吊重为 5t 的悬臂吊。

根据项目初步设计报告，海上升压站上部组块最大平面尺寸约为 42.000m×37.055m，高约 17m（不包括吊机突出高度），屋顶距海平面约 36.0m。上部组块主梁采用焊接 H 型钢 H1000、H800、H700、H600、H500、H400、H300，次梁采用焊接 H 型钢 H800、H600、H500，其余次梁采用热轧 H 型钢 HN400、HN300 等。立柱采用 $\phi 1500$ 、 $\phi 1200$ 、 $\phi 610$ 、 $\phi 406$ 等钢管，两层主甲板间斜撑采用 $\phi 406$ 、 $\phi 356$ 等钢管，甲板之上满铺 8mm 厚钢板，在立柱、撑杆与主梁交点处管节点用钢材 DH36-Z35 加强。

②基础结构

220kV 海上升压站基础采用导管架型式。

导管架采用 4 腿导管架型式，主导管在两个垂直方向上的斜率均为 1:10。导管架顶标高 18.00m，底标高-22.00m。主导管采用 $\phi 2750$ 钢管，成梯形布置，在标高 16.00m，-20.00m 处设水平拉筋 $\phi 1000$ 钢管及斜拉筋 $\phi 1000$ 钢管，导管架局部节点用钢材 DH36-Z35 加强。导管架上设靠船构件、登船平台、脚靴等附

属构件，脚靴结构位于标高-10.5m 至-23m 之间，包括竖向套筒、剪力板、軋板以及防沉箱等，竖向套筒和导管架主腿之间通过若干軋板相连接，竖向套筒和导管架主腿之间设置剪力板，竖向套筒连接钢管桩。导管架约重 2370t。

钢管桩采用 $\Phi 3800$ 开口变壁厚钢管桩，共 4 根，壁厚为 40~60mm，桩长约为 102.0m，桩顶高程为-9.00m，桩底高程约为-111.0m，桩入泥约 90m。钢管桩在陆上加工制作，用打桩船沉桩施工。单根桩重约 620t，4 根桩总重约 2480t。

2.3.2.4 海底电缆

(1) 海缆布置

①220KV 海缆

拟建海上风电场电能拟通过 1 回 220kV 海底电缆由海上升压站送至丁山二期陆上计量站。预选路由方案长约 44.06km。

220kV 路由具体布置为：自海上升压站（SYZ）向西北方向延伸约 10.5km，依次穿越西航路、温州至南麂岛航路、瑞安至北麂岛南、北航路等航线后，至 AC2-3 转向西偏北，进入“瑞安至北麂管线廊道”内，与廊道南边界保持 25m 间距平行布置，至 AC2-10 转向西南，垂直穿越拟建的瑞安至凤凰山作业区的跨海大桥后，至 AC2-11（即 AC1-10）再转向西至丁山二期主堤北端登陆（LP1）。路由全长 44.06km。

②66KV 海缆

瑞安 1 号海上风电场区呈四边形，22 台风机呈东西向分二行布置，二行风机分别为 10 台、12 台，风电机组行间距 1903-1934m，行内间距 834~956m。风电场内共布置长 28.79km 的 66kV 海缆路由，分 5 回集电线路布置，每回 66kV 海缆连接 4~5 台风机，每回 66kV 海缆具体连接如下：

1#回路（RPL1）：2、1、11~13 号风电机组，共 5 台风机，路由长 5.053km；

2#回路（RPL2）：3~6 号风电机组，共 4 台风机，路由长 3.346km；

3#回路（RPL3）：7~10 号风电机组，共 4 台风机，路由长 7.206km；

4#回路（RPL4）：14~18 号风电机组，共 5 台风机，路由长 5.393km；

5#回路（RPL5）：19~22 号风电机组，共 4 台风机，路由长 7.792km。

(2) 海缆结构

拟建风电场 66kV 海底电缆选用 $3 \times 95 \sim 630$ 38/66kV XLPE 绝缘电缆。其中连接 1~2 台风机的电缆采用 3×95 38/66kV，连接 3 台风机的电缆采用 3×150 38/66kV，连接 4 台风机的电缆采用 3×240 38/66kV，连接 5 台风机的电缆采用 3×400 38/66kV，连接 6 台风机的电缆采用 3×630 38/66kV。220kV 海底电缆推荐采用 XLPE 绝缘海底电缆，成缆型式采用三芯 $3 \times 1000\text{mm}^2$ 220kV XLPE 绝缘海底电缆。

(3) 海缆登陆点

拟建风电场 220kV 海缆登陆点位于丁山二期人工岸线上。登陆点 (LP1) 处为一线标准海堤，按 50 年一遇标准建设，采用斜坡结构，堤长约 4km，堤顶面宽约 5m，堤顶挡浪墙高约 60cm，外坡为斜坡结构。海堤呈东北—西南走向。登陆点后缘为丁山二期围垦区，长有杂草，部分区块内有建设中的企业。登陆点前沿为中低潮滩，面较宽约 3~6km，地形平坦高程在 0~2m，底质为粉砂黏土。

海缆穿堤采用定向钻孔过堤方案。本项目穿堤护管直径为 800mm，共 1 个孔。海缆过堤施工首先从陆域向海域侧沿设计路径进行先导孔的钻设施工，在临海侧海域内先导孔出海底泥面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面，完成电缆穿越施工。

2.3.2.5 靠船防撞设计

拟建风电场场区在温州南麂列岛和北麂列岛之间瑞安海域，该海域航运条件较好，附近有多条船舶航道，可通航万吨海轮，同时附近经常有渔船出海航行。在风电场选址阶段，通过与当地自然资源与规划局、港航局、海事局、农业农村局及其他相关部门的沟通，已避开海上主要航道航线，且对捕捞区影响较小。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，引导过往船舶航行，禁止过往船只进入风电场。

风机基础的防撞设计主要考虑工程运行维护期间的船舶停靠，根据目前国内风电场运行情况，日常运行维护船舶多采用 20~500t 船舶，靠船防撞设施按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.45m/s。基于上述考虑，基础设计时考虑直接由基础结构承受靠船荷载，为保证结构运行需要，在基础外侧设置防撞钢管进行缓冲保护。参考类似工程经验，选用橡胶护舷，可满足工程需要。

2.3.2.6 防腐设计

由于本工程风机基础直接处于海水环境中，其飞溅区、全浸区腐蚀问题严重，腐蚀环境较为恶劣。考虑到本工程基础结构的重要性，根据邻近海域港口及近海工程的防腐蚀设计经验，参考《海上风电场钢结构防腐蚀技术规范》（NB/T 31006）、《海上风电场工程防腐蚀设计规范》（NB/T 10626）、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》（JTS153-3）等相关规范，风机基础在采用预留腐蚀余量的同时，采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，即采用海工重防腐涂料+外加电流 ICCP 系统联合保护方式，在大气区、飞溅区、全浸区辅以长寿命重防腐涂料双层改性环氧涂层（600~1000 μm ）进行防腐，泥下区采用外加电流的阴极保护方式进行防腐。

2.3.2.7 防冲刷设计

海上风电机组基础建设后，潮流和波浪引起的水体粒子的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。

对于导管架基础，由于其桩径相对较小，基础冲刷有限，通过预留 5m 的冲刷深度保证基础的安全。对于海缆而言，基础冲刷坑形成后，电缆管及其末端海缆处于悬空摇摆状态，在波流的长期作用下，易发生疲劳破坏。本阶段采用在电缆管末端海缆设置弯曲限制器保护装置的方案对电缆管末端海缆进行保护。

考虑到拟建风电场海底地形复杂，不同区域海洋水动力环境具有一定的不确定性，下阶段将根据风电场区域内实测海洋水文资料对工程场区机位处海床冲刷情况和防冲刷保护措施作更进一步的分析与研究；此外在风电场建成后，应加强巡视与测量，了解风机及升压站基础周边冲刷情况，若发生基础冲刷程度超过预期保护不足的情况应及时采取措施进行加强保护。

2.4 项目主要施工工艺和方法

2.4.1 施工条件

（1）交通条件

本工程位于温州市瑞安市境内，目前温州市已经形成公路、铁路、水运以及民航等各种运输方式兼备的综合交通运输体系，其中以境内公路与水路运输尤为发达。公路方面，温州市是全国 45 个公路主枢纽城市之一，也是全国 25 个主枢纽港之一。高速公路有通往丽水，金华的金丽温高速公路（编号 G1513）通往宁波，台州方向的沈海高速甬台温高速段（编号 G15），2010 年 2 月完工的诸永高速公路（编号 S26）、温州绕城高速公路（编号 S10）（北线）让出行更加方便。

铁路方面，金温铁路是中国历史上第一条合资铁路，第一条由地方政府、铁道部和香港三方合资兴建的铁路。2015 年 12 月 26 日新的金温铁路正式通车运营，这条 188 千米的双线电气化铁路，将武义、永康、缙云、丽水和青田等地一齐拉进了长三角的高铁网络中，大大缩短了浙南城市之间的出行时间。

航运及港口条件：瑞安市位于浙江和福建交界处，港口资源丰富。

①沙埕港

沙埕港位于福建省沿海最北端闽浙交界处，地理条件优越，对外交通便利，港区水路可直达国内外重要港口及城市，水路至温州港 89 海里，至福州马尾 170 海里，至工程场区 25 海里；港区陆路交通构成以沿海高速公路和温福铁路与全国路网相连。后港作业区位于沙埕港南岸，距沙埕港入海口约 10 公里，是沙埕港总体规划中六个港口码头作业区之一，前沿水深条件好，后方陆域平坦开阔，三面环山。后方陆域纵深 1000 米，陆域面积 100 万平方米。目前，沙埕港正在建设 5 万吨级码头，建成后港口码头条件可供风电场施工使用。

②温州港七里港区

港区位于浙江省南部，温州市以东，瓯江河口北岸，使用岸线长 867 米，前沿水深达 8~13 米，是瓯江口内水深条件最好的天然良港。港区交通便利，离甬台温高速公路入口仅 12 公里；离温州机场、火车货运站仅 30 公里。港区占地面积 25 万平方米，泊位总长 582 米，拥有 1.5 万吨级集装箱泊位 1 个，2.5 万吨级多用途泊位、500 吨级和 1000 吨级的泊位各一个。集装箱堆场面积 12 万平方米，拆装箱库面积 3000 平方米。年设计通过能力 360 万吨，集装箱 15 万 TEU。

③温州港龙湾港区

龙湾港区作为温州港的主要外贸港区，位于瓯江河口南岸，离瓯江口门 13 公里，西距市区 15 公里，东距温州机场 9 公里，港口海运南北中转方便，港区

后方有省道（市区至机场一级公路）与甬台温高速公路和 104、330 国道联接，金温铁路有支线进入港区与浙赣线相接，集疏运条件良好。港区占地 16.7 万平方米，拥有万吨级泊位 2 个，7500 吨级滚装码头 1 个，码头线总长 575 米，码头前沿水深 9 米，港区堆场面积 12 万平方米，码头 CFS3000 平方米。

④温州港上浦港区

港区拥有码头 7 座，其中固定码头 2 座，浮码头 5 座，码头前沿水深为 7 米，码头岸线长 245 米；泊位 9 个，最大靠泊能力达 5000 吨。后方堆场约 9000 平方米，拥有仓库面积约 9500 平方米。

⑤温州港杨府山港区

港区海岸线总长 481 米，码头前沿水深 7.2 米，拥有 116 米、5000 吨级浮码头一座，可停泊 10000 吨级浅水轮。5000 吨级固定泊位 2 个、1000 吨级固定泊位 1 个、500 吨级固定泊位 2 个。

场区附近有 4 条航路，分别是东航路、西航路、王礁一下浪琅航路和王礁一大瞿岛航路，航运交通便利。

西航路自长江口南支灯船起，从经过东海大桥主通航孔至鱼腥脑灯塔方位 96° 距离 4.6 海里处，或经金山航路经大戢山西、洋山东支航道、金山航道，至唐脑山南侧转航向 226° ，至鱼腥脑灯塔方位 96° 距离 4.6 海里处南行，经西垵门大桥或金塘大桥南下，接宁波舟山港核心港区船舶定线制后，在小洋猫灯桩南侧经佛渡水道、双屿门、牛鼻山水道、西磨盘礁西、半潮礁西、乌礁东、油菜花峙至石浦港东方水域，水深在 10m~17m 之间，最浅水深位于温州湾外侧（为 12m）和北关岛东侧（为 10m），是 5000 吨级及以下的中小型船舶南下北上的常用习惯航路。该航路距岸近，助航导航设施完备，能方便应用灯塔、灯桩等陆标定位，以中、小型船舶为主，船舶通航密度较大。据相关资料，西航路苍南沿海水域事故多发，渔网、渔栅密集，沿岸还存在多处沉船。

王礁-大瞿岛航道走向为：王礁-鳌江口外-荔枝山水-大瞿岛（黑牛湾），为 B 级航路，宽度为其中心线两侧各 1 海里。王礁-下浪琅航道，走向为：王礁-南麂列岛西部-北龙山东部-黑牛湾-洞头列岛东-下浪琅岛，为 B 级航路，宽度为其中心线两侧各 1 海里。

温州海域东航路从台州列岛起，途经下浪琅岛东侧 2 海里、洞头列岛东侧 9.2 海里、北麂列岛东侧 3.3 海里、南麂列岛东侧 3.6 海里和北关岛东侧 2.5 海

里，然后南下至福建，该航道为南北向大中型船舶常用航路。在东航路南麂列岛附近有一航路可与外航路相接至台湾海峡。东航路主要沿温州海域岛屿的外沿航行，航路水深在 13m~26m 之间，航段有 2 处浅段：一处位于下浪琅岛~北麂列岛，小于 20m 水深浅段长约 39km，最浅水深 12m；一处位于北关岛东侧，小于 20m 水深浅段长约 29km，最浅水深 11.8m。与外航路相接段水深大于 30m。东航路各段水域宽阔，沿程助航设施完善，可利用下浪琅灯桩、平屿灯桩和王礁灯桩等定位。

锚地：温州港共有 7 个锚地，其中货轮锚地 4 个，引航和外轮联检锚地 1 个，避风锚地 2 个。另有系泊浮筒 3 个：锚地最大系泊能力为万吨级船舶，浮筒最大系泊能力 2.5 万吨级船舶

温州港交通方便，沿 104 国道抵金华市，可通过浙赣铁路连接全国各地，104 国道经过温州与全省公路网相连。

水路货运航线通大连、厦门等沿海港口以及长江沿线的汉口、九江、南京等地；国际货运航线通往日本、朝鲜、香港等 22 个国家和地区。

水上客运航线有到上海、宁波、定海、广州及香港的班轮。

（2）物资供应条件

本工程建设所需物资主要为水泥、钢材与油料等，工程区域为沿海经济发达地区，建筑材料及市场均具有规模，为本工程的施工提供了便利条件。

①建筑材料供应条件

钢材、油料：钢材在浙江省及周边地区有较可靠的供应来源，宝钢等大型企业均有条件供给本工程使用；油料在本工程周边地区来源丰富，可直接从当地的油料供应公司购买通过陆运方式运输至本工程施工现场。

砂石骨料及混凝土：本工程所在的瑞安市及周边区域，工程建设的混凝土多采用外购商品混凝土的方式，目前城市市政工程中均采用外购商品混凝土的方式进行施工。本工程中仅陆上计量站存在混凝土工程。陆上计量站需混凝土用量较小，可采用外购商品混凝土进行陆上计量站土建施工的方案。

②水电供应条件

本工程周边大型港口的基础设施已经建设完成，其内部的水、电供应系统完备，施工期间的水电供应有条件从附近的管网系统进行接引。对于风机海上布置区域，受自然条件的影响，其不存在布置水电设施的条件，风电场布置区

域内施工期间的水电供应需自备配置发电设备与淡水补给设施的工程补给船。

③施工机械设备条件

本工程施工机械设备主要为大型的运输驳、起重船及常规的机械设备等。根据本工程场区海洋水文资料及周边项目实际施工经验，施工船舶选择应趋大型化。周边江苏省、福建省大型船舶加工企业和海港施工企业较多，各类船舶使用频繁，对于施工机械来说，风机基础施工所需的浮式起重船可以通过租借或者合作共建的方式来满足本工程的施工需求

2.4.2 施工工艺与方法

2.4.2.1 风机基础施工

本工程共布置 22 台四桩导管架基础，其结构型式为 4 根钢管桩呈正四边形均匀布设，导管架底部跟开为 27.0m，桩径为 3.6m，桩顶高程为-20.0m，桩长约 90.0m。上部导管架为四边形空间桁架结构，桁架顶部尺寸为 16.5m×16.5m，底部根开为 27.0m×27.0m。导管架基础顶设置工作平台，平台高程为 18.5m，法兰顶高程 26.0m，平台底部设置过渡段箱梁加强整体结构刚度，组成桁架式导管架结构。本阶段四桩桁架式导管架基础主要施工工序：钢管桩、导管架的制作→钢管桩、导管架的运输→辅助定位架施工→钢管桩沉桩→导管架沉放→导管架与钢管桩间隙灌浆→基础施工完成。

（1）钢管桩制作、施工

本工程共有 22 台导管架基础，每台基础采用 4 根钢管桩，共需钢管 88 根。考虑到钢管桩与导管架均属于特殊型号与尺寸的大型钢构件，若选择在工程现场进行加工，其施工质量很难满足要求，因此钢管桩与导管架均拟在工程场区附近的大型钢结构加工企业类企业中进行整体的加工制作，通过海运至工程施工现场，此类钢结构制造类企业为适应大型设备部件的长途运输工作，一般均自备有物资出运码头，可充分发挥港口航运的优势，通过海运至工程场区。

（1）钢管桩制作、施工

钢管桩采用定型钢板卷制，自动埋弧焊焊接而成。钢管桩采取成品外购的方式。为保证管桩结构受力需求，管桩采用分节卷制、直缝焊接的制作工艺进行生产。

（2）导管架的制作、施工

①加工焊接

导管架为直径及钢板厚度较大的焊接结构，结合施工技术条件，导管架各管节均采用自动埋弧焊焊接而成，管节卷板、焊接与钢管桩制造相同。

②导管架中拼

在导管架中拼场地利用起重设备将导管架下部拼成单片，上部拼成成体，与钢管桩的连接部分也拼成整体，并焊接牢固，做完部分喷涂。导管架中拼区需临时搭设工棚，保证室内进行。

③导管架大拼

在导管架大拼场地设置牢固的组装胎架，以保证构件的组装精度。在地面安装好连接部分底座，然后借助安装胎架安装两个片体，进行横向连接安装及焊接，最后安装导管架上部塔筒底座。

(3) 钢管桩、导管架运输、沉桩

①钢管桩运输

四桩导管架基础单根钢管桩直径为 3.5m，平均桩长为 90.0m，壁厚 30~65mm，桩重约为 337.36t。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，按照运输要求，本阶段配套选择 5000t 级及以上甲板运输驳船；本工程四桩导管架空间尺寸为 27m×27m×56.5m，重约 1329t。根据对导管架运输要素的分析，钢构架运输宽度是船舶选型的控制要素，按照导管架的运输要求，本阶段选择 10000t 级及以上甲板运输驳船，驳船的配套拖轮均考虑为 3000HP 及以上动力。

②钢管桩沉桩

采用整根管桩沉桩施工的方式。国内使用的沉桩系统多采用专业打桩船进行施工，对于专业打桩船的船型选择，需要船舶的起吊设施具备植桩能力大于 337.36t，桩架高度大于 90m 及桩径大于 3.6m 的要求，经初步调研，国内满足此要求的专业打桩船较少。本工程钢管桩顶部位于水面以下 20m 左右，需要进行水下沉桩施工，而国内的专业打桩船一般无法完成此种情况的钢管桩沉桩施工，参考国内外相关工程经验，可考虑采用起重船吊打的方式进行本工程钢管桩的沉桩施工，要求起重船的起吊设施应满足本工程植桩能力大于 337.36t，起吊高度大于 90m 及桩径大于 3.6m 的要求。

当钢管桩基础由驳船乘潮运至安装点后，通过起重设备进行起吊，并通过扶正导向结构夹紧桩身，调平扶正后，钢管桩可在自身重量的作用下插入海床

一定深度，桩顶的液压打桩锤放置后，锤重亦可使桩基础下沉一定的量。在正式打桩前，应采用小功率轻打，并在打桩过程中，随时监测桩身的垂直度，再逐步加大功率至额定功率打桩。在靠自重、锤重自沉一定深度以及开始打桩的初期，垂直度控制相对容易，且初期的垂直度控制对于控制桩身最终垂直度的敏感性非常大。一旦发现倾斜超过允许值，应停止沉桩，上拔，通过抱桩扶正装置进行纠偏。

（4）导管架沉放

在钢管桩沉桩完成、施工精度满足设计要求后，即可进行导管架的沉放工序。本工程四桩导管架吊重约 1329t，根据导管架吊重、吊装尺寸的要求，本阶段选择起重能力 2500t 级及以上的浮式起重船进行导管架的沉放工序，可满足导管架吊重要求。导管架沉放时，首先下放水下监控仪器，实时获取水下视讯，指挥控制导管架安

装动作，同时通过安装与导管架平台上的 GPS 定位设备观察导管架实时位置。水上通过设置于工作船上的缆风绳进行动作调整，将导管架下部锥体缓慢的插入对应钢桩内。

导管架安装到位后，使用水准仪对导管架桩顶法兰水面度进行复测及法兰面水平度数据进行采集。测评合格后，完成导管架沉放工序。

（5）导管架连接段灌浆

钢管桩与导管架之间环形空隙通过高强灌浆材料连接，其作用是使钢管桩与导管架连接均匀、可靠。钢管桩、导管架之间的间隙灌浆在打桩完毕、调整好导管架与桩管间的间隙后进行。灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。

灌浆施工由甲板驳船上所载的灌浆泵高压泵送灌注专用的灌浆材料，灌浆作业前，应进行原材料作业和配合比设计，并进行相关的试验工作。施工时，通过预埋在导管架上的灌浆孔采取自下而上的纯压式灌浆，采用灌浆分隔器与水下监控仪器控制灌浆的施工过程至设计标准。

2.4.2.2 风机设备安装

在风机基础施工完成，风机分体设备部件运输至施工基地后，即可以进行风电机组的安装工作。根据风机安装的主要内容与先后顺序，可将风机安装工

作划分为风机部件组装与海上场内运输、风机现场安装两大工作内容，以下针对各分项工程的特点和要求制定相应的施工方案。

(1) 风机设备组装与吊装

结合国内外风机设备海上安装经验及施工作业船舶，考虑工程场区的海洋水文、工程地质条件，推荐采用分体安装的风机设备组装与吊装方案。

在风机安装前，对部分风机部件进行预拼装，主要是将 4 类主要部件组合形成 2 个或 3 个大的主要组合体。对于塔筒，主要将各段塔筒合并组合，形成整根塔筒。对于其余设备部件，一种方式为将轮毂、三片叶片组合形成风轮，最终形成风轮、整体塔筒（或两部分）、机舱共计三大部分的形式；另一种方式为将轮毂、两片叶片、机舱组合形成海燕式结构组合体，剩余单个叶片、塔筒结构等部分的形式。风机预拼装后的各部分组合体可通过自升式船舶或者半潜式起重船运输至工程现场，通过船舶配套桩腿系统深入泥面以下一定深度使船舶顶升至水面以上形成稳定安装平台或者船舶注水下沉驻底泥面后也形成稳定安装平台后，在海上创造的平稳安装环境条件下，自下而上完成各组合体和零散部件的海上组装工作。

(2) 风机设备海上运输及现场安装

拟建风电场工程考虑以施工临时码头作为风机设备零散部件转运码头，在后方堆场完成机舱与轮毂、下节塔筒与内部电气设备的组装工作。为提高自升式船舶的适用工效，考虑采用 10000t 级驳船将风机零散设备部件（机舱+轮毂、叶片和塔筒）运输至拟安装风机机位。自升式起重平台到达拟安装机位处后，完成桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序后，船舶上升至海面以上形成稳定的操作平台，进行风机各零散设备的组装工作，风机吊装顺序是：下段塔筒→中段塔筒→上段塔筒→风机机舱+轮毂→叶片。机舱安装时，施工人员站在塔架平台上，利用吊机提升机舱+轮毂，提起至安装高度后，再慢慢下落，机舱应完全坐落在塔筒的法兰盘上，按设计要求连结法兰盘。所有安装作业完成并经验收合格后，移去施工设施，进行风力发电机组调试工作。

2.4.2.3 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。

（1）管桩与钢结构平台制作

钢管桩通过组合导管架结构与上部的钢平台进行连接，上部钢结构平台采用型钢组合拼装。钢结构平台与下部的组合导管架结构可选择风机基础钢结构加工的企业进行生产。

（2）钢管桩沉桩和灌浆施工

升压站工程采取先沉桩施工后导管架安装的方式。

管桩采用直径 3.8m 的钢管桩，桩长约 102m，桩重约 620t，共布置 4 根。考虑到海上接桩施工难度较大，本风电场工程拟采用整根管桩沉桩施工的方式。根据管桩的设计参数及本工程特点，可选择起重船吊打的方式进行海上升压站工程基础钢管桩的沉桩施工，起重船选用导管架沉放所用的浮式起重船，其起重能力满足钢管桩沉桩需求。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-1800 液压打桩锤作为首选锤型，S-2400 液压打桩锤作为备选。

沉桩完毕后即进行灌浆施工，本工程导管架主导管与钢管桩连接灌浆施工采用高强化学灌浆材料。灌浆用水采用淡水（一般为饮用自来水），出海前将饮用自来水存储在灌浆施工用船的水舱内备用。

（3）升压站上部平台安装

在钢管桩施工完成后，进行钢结构平台及内部电气设备的安装工作。为尽量减小现场的安装次数、避免现场焊接所可能造成的质量缺陷，同时降低海上吊装的难度，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。

海上升压站上部结构由立柱、甲板、梁格和斜撑组成，升压站上部组块运输尺寸为 44.5m×36.3m×20.0m，整体吊重约 2900t。根据钢桁架组合体上部结构整体运输与吊装尺寸要求，选用载总量 10000t 级以上平底甲板驳船进行运输，4000t 级以上浮式起重船进行海上升压站装船的吊装工作。

2.4.2.4 海底电缆敷设施工

拟建风电场电缆主要连接风机与风机之间、风机与海上升压站之间、海上升压站与岛上计量站之间。工程场址海域海床表层为淤泥或淤泥质粘土，根据锚重与投入地表层深度的关系，电缆敷设深度选择为泥面 3.0m 以下，铺缆正常海况条件为六级以下风力，施工船舶受横流小于 2.5 节，海上正常作业条件下的

敷设速度为 3~8m/min。根据电缆敷设区域海洋环境的不同，可将电缆敷设区分为以下 3 个主要区域进行：

(1) 近海海域 220/66kV 海缆敷设施工

近海海域 220/66kV 海缆敷设施工水深条件相对较好，满足铺缆船正常航行所需要的水深条件，同时也满足射水挖沟犁高压射水挖沟所需要的水压条件，铺缆船进入海底电缆正常铺设状态。可在海缆敷设船两侧通过拖轮辅助敷设船舶定位。

①在铺缆船船尾将海底电缆装入电缆挖沟犁头内，用铺缆船自身的吊机将电缆挖沟犁吊离甲板，慢慢放入水中，然后潜水员下水检查海底电缆及电缆挖沟犁姿态，如果海底电缆及电缆挖沟犁姿态正常，则进入正常铺缆状态。

②在水位满足铺缆船可移动的深度条件下，开启电缆挖沟犁的射流泵，同时铺缆船向前移动铺缆。

③电缆正常铺设过程中，埋设机姿态仪随时反映出埋设机的姿态。

④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。当电缆穿越航道时，若出现存在航道淤高的情况，需先疏浚至航道底高程以下位置，再埋设海缆，埋深 3.0m 及以上，必要时可采用 S 型敷设的方式，预留足够的海缆长度。敷设时施工船依靠水力埋设机的开沟犁挖沟后敷设，敷设过程应通过船上监测仪器全程监控，控制铺埋速度，监测电缆张力和埋设深度。

⑤铺缆船铺缆时，高压水冲击联合作用形成初步断面，在淤泥坍塌前及时铺缆，一边开沟一边铺缆，开沟与铺缆同时进行，敷设时采用 GPS 定位系统进行定位。

⑥海底电缆结束端上平台/风机铺设

1) 当海底复合缆被铺设到终点平台（或风机）附近后，将电缆挖沟犁吊放到甲板上，铺缆船调整前行方向，用船上吊机抽放海底电缆，当到达设定的电缆截止点后，用电砂轮将海底电缆截断，并将海底电缆头做好绝缘和水密，绑扎好海底电缆拖网，再用吊机将电缆头吊放到电缆护管底部（同时在海底电缆吊放过程中，在海底电缆上绑扎适当的浮袋）。

2) 在终点平台（或风机）J 型护管上端出口正上方安装一个导向滑轮，潜水员在 J 型护管下端喇叭口检查方向，另外需要检查是否有海洋生物阻塞喇叭口。

3) 在电缆护管上部喇叭口处, 将备好的电缆拖拉钢缆与铁球/其它重物相联接, 然后将铁球/其它重物放入电缆护管内, 靠铁球/其它重物的重力将电缆拖拉钢缆带到电缆护管底部, 同时潜水员下水, 到电缆护管底部将已到电缆护管底部的铁球/其它重物与电缆拖缆解掉, 然后把由电缆拖拉钢缆与弃到海底的电缆拖拉网头联接。

4) 通过电缆护管上部的导向滑轮将拖拉缆绳引回铺缆船上, 通过船上锚机, 并在潜水员水下指挥下, 慢慢拖拉海底电缆穿过电缆护管登上终点平台 (或风机)。

(2) 登陆点前沿 500m 潮间带段施工

电缆登陆段水深较浅, 将 2 台两栖式挖掘机运抵登陆点, 两栖式挖掘机乘落潮期, 在海堤外侧沿每回海底电缆设计路由各挖出宽约 3m, 深 2.5m 的电缆沟一条, 随后开始登陆敷设。

①铺缆船乘高潮位就位于登陆段附近海域, 并用起抛锚艇抛出 4 个工作定位锚。

②用船上工作艇将尼龙缆沿预挖缆沟从铺缆船牵向登陆点, 并与拖缆绞车上钢缆联接, 然后用铺缆船上的绞盘回绞尼龙缆绳, 直到拖拉绞车钢缆被牵引至铺缆船尾, 然后将钢缆与海底电缆拖拉网套连接。

③用登陆点绞车回卷钢缆, 牵引海底电缆至登陆点设定位置 (在海底电缆入水前在其上绑扎泡沫浮筒, 控制海底电缆在水中的重量不大于 5kg/m)。浮筒绑扎位置可使电缆呈往复弧状, 以防止复合缆因涨潮浮出电缆沟。

水位变动区海缆套上铸铁管后, 敷设至海缆路径上, 采用混凝土包裹。海缆爬坡区域在初步拟定的地形起伏区域预先砌筑的混凝土电缆沟, 沿起伏区域内的电缆沟槽内按照 20m 左右的敷缆长度设置卷扬机牵引设备, 通过逐级牵引的方式将电缆沿沟槽路径至转换点。

(3) 220kV 海缆登陆段穿堤施工

电缆穿堤施工采用定向钻孔的方式, 成孔施工设备布置与操作均在海堤两侧的施工场地内进行, 通过定向钻导首先在河道从陆域向海域侧沿设计路径进行先导孔的钻设施工, 在穿堤临海侧海域内先导孔出海底泥面后通过反向扩孔并附带电缆保护管形成设计断面, 完成海缆穿堤施工, 穿堤立面图见图 2.4-3。

2.4.3 施工总布置

项目周边航路发达，风机、管桩等设备可通过海陆运至工程区。根据项目初步设计报告，现阶段选择金港码头作为本工程的施工基地，作为物资水路运输的到岸码头，同时承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能，称为 1#施工生产区；陆上施工临时设施布置在陆上计量站附近的平坦区域，称为 2#施工生产区；3#施工生产区主要为海上风电机组、海上升压站及海底电缆的施工作业区，其施工作业区域均在海上，故不需要布置施工临时设施。

2.4.4 施工进度及施工人员

根据施工规划，拟建风电场工程第 1 年月初开工，第 1 年 4 月初开始风机主体工程施工程，第 1 年 12 月底首批风机发电，至第 2 年 8 月底全部机组投产发电，工程完工。首批风机发电工期为 12 个月，总工期 20 个月。

根据工程施工进度的安排，工程施工期平均人数为 300 人，施工高峰人数为 350 人。

2.4.5 拆除要求

（1）风机机组拆除

首先根据工程所在区域环境和条件，将风电机组机舱、叶轮调整偏航，并能够满足拆除和吊装位置。

根据风电机组参数要求及厂家技术手册要求，拆除船机设备的选择参考风电机组安装时设备选型。

（2）风机基础拆除

风机基础钢管拆除需满足拆至泥面以下 4m 的要求，宜采取高压水冲，潜水员水下切割钢管桩的方案。起重船将拆下的风机基础承台起吊装船，运输至场外。

（3）风电场电缆拆除

根据海缆的走向进行标记，然后采用水力进行挖泥，用专业的海缆拆除船将海缆拉卷至船上的滚筒内，到指定的码头进行卸货，陆运至指定的地方进行处理。

2.5 项目用海需求

2.5.1 变更前项目用海情况

瑞安 1 号海上风电用海目前已由瑞安市自然资源和规划局采用挂牌方式出让，由瑞安华瓯海上风电有限公司摘牌，并于 2023 年 11 月取得海域使用权证书，变更前项目用海情况如下：

权属人：瑞安华瓯海上风电有限公司

用海类型：工业用海—电力工业用海

用海方式：透水构筑物、海底电缆管道

用海面积：宗海总面积 191.7036 公顷，其中透水构筑物用海面积 40.4861 公顷；海底电缆管道用海面积 151.2175 公顷（含立体确权面积 0.0855 公顷，分层信息为底土，重叠区 220KV 海缆确权的海域空间为海缆设计底高程至海缆设计顶高程）。

用海期限：2023 年 11 月 20 日~2050 年 11 月 19 日

2.5.2 本次项目用海变更需求

瑞安华瓯海上风电有限公司于 2023 年 11 月取得本项目海域使用权证书后，随着项目进展，因海事等部门要求，风电场区布局发生调整，经对照已取得的海域使用权证书，变更后的瑞安 1 号海上风电项目用海范围和用海面积均发生了变化，故需针对本项目进行用海变更，重新办理海域使用权证书。

2.5.2.1 项目用海变更申请用海类型和方式

本项目用海变更涉海工程为风机、海上升压站和海底电缆。

参照《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目用海变更拟申请用海类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海用海（二级类），其中：

风机、海上升压站所使用的海域用海方式为透水构筑物；海底电缆所使用的海域用海方式为海底电缆管道。

此外，本用海项目 220KV 海底电缆与丁山二期海塘交越，重叠区拟根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资办函〔2023〕2234 号）《海域立体分层宗海界定技术规范》进行立体分层设权。

2.5.2.2 项目用海变更申请用海面积

本项目用海变更拟申请用海面积为 176.8896 公顷。

2.5.2.3 项目用海变更申请用海期限

本项目原用海期限至 2050 年 11 月 19 日止，本次用海变更后申请用海期限仍至 2050 年 11 月 19 日。

2.5.2.4 项目用海变更占用岸线和新增岸线情况

本项目用海变更不涉及占用岸线和新增岸线，项目用海变更前后 220KV 海底电缆均采用定向钻的方式穿越丁山二期海塘，不改变岸线形态及属性，宗海范围内涉及岸线的宽度为 20.96m。

2.6 项目用海必要性

2.6.1 建设必要性

2.6.1.1 与产业政策符合性分析

本项目为海上风电项目，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委，2023 年 12 月修订），属于鼓励类目录的“五、新能源”中的“1、风力发电技术与应用”。因此，项目用海与相关产业政策相符。

2.6.1.2 与相关行业规划符合性分析

项目用海与《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标符合性分析纲要》《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》《浙江省循环经济发展“十四五”规划》《浙江省节能降耗和能源资源优化配置“十四五”规划》《浙江省海上风电场工程规划报告》《浙江省海底路由“十四五”规划》等相关规划相符。

2.6.1.3 与相关涉海规划符合性分析

项目用海与《浙江省海洋主体功能区规划》《浙江省海岸线保护与利用规划（2016-2020 年）》《浙江省海岛保护规划（2017-2022 年）》等相关规划相符。

2.6.1.4 建设必要性

本项目拟建风电场的开发建设能有效的促进地方经济，带动风电产业链的发展，具有良好的社会效益和环境效益，对于改善我省电网的电源结构，推动浙江省风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义。所以，项目的建设是必要的。

2.6.2 用海变更必要性

根据对附近海上测风塔测风资料分析，本项目海域风电场工程 151.84m 高度年平均风速为 8.08m/s，风功率密度为 546W/m²，风资源等级为 3 级，风能资源具有较好的开发价值。项目所在海域是建设风电场的理想场所，具备开发建设大型海上风电场的资源条件。同时，与陆上风电相比，海上风电场以其风资源优越，环保、节约地土、规模大等优势。本项目充分的利用了海域资源，缓解了陆上土地资源的压力，充分体现了近海风电的优越性。

本项目拟建风电场建设需在瑞安北麂列岛南侧海域建设风机、220kV 海上升压站等构筑物，铺设 220kV 和 66kV 海底电缆，上述设施建设均需占用一部分海域，故项目用海是必要的。

本项用海目前已由瑞安市自然资源和规划局采用挂牌方式出让，由瑞安华瓯海上风电有限公司摘牌，并于 2023 年 11 月取得海域使用权证书，随着项目进展，建设单位与浙江海事局汇报沟通时，为最大程度确保通航安全，浙江海事局要求移除最北侧两台风机及其对应海缆布置，同时为规避东侧**影响，风电场东侧边界内缩，为适应风电场包络范围变化，风机单机容量由 12.5MW 变更为 14MW，台数由 24 台变更为 22 台。变更后的《瑞安 1 号海上风电项目海底电缆路由选择依据说明材料》《瑞安 1 号海上风电项目初步设计报告》均已通过评审，变更后的瑞安 1 号海上风电项目海底电缆路由调查勘测业已取得东海局批复，变更后的方案目前已经确定，变更条件已经成熟。

经对照已取得的海域使用权证书，变更后的瑞安 1 号海上风电项目用海范围和用海面积均发生了变化，根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十八条“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途：确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。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）“考虑到由于海洋地质和水文动力等条件限制，海上风电项目从项目核准到实际施工，风

机和电缆的具体位置发生局部变化调整的情况较为普遍，沿海地方海洋行政主管部门可以结合本地区实际，按照简政放权要求，研究制定简化项目用海变更手续的程序和要求”。

为确保项目早日施工和并网发电，需根据变更后的布局重新开展用海变更海域使用论证工作，办理相关用海手续，项目用海变更是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

(1) 瑞安市海岸线资源类别

根据 2019 年修测岸线成果，瑞安市海岸线总长共计 42439.55m（不包括海岛岸线），按照海岸线类别区分，其中人工岸线 42308.03 m，占 99.69%；其他岸线 131.51m，均为河口岸线，占 0.31%。

在人工岸线中，构筑物岸线长度共计 26034.14m，占 61.53%；填海造地岸线长度共计 16273.89m，占 38.47%。

(2) 瑞安市海岸线资源利用情况

按照岸线利用类型区分，瑞安市海岸线利用类型主要有工业岸线、交通运输岸线、渔业岸线、其他岸线、特殊岸线和未利用岸线等。据统计，工业岸线 930.56 m，占 2.14%；交通运输岸线 6280.48 m，占 14.46%；渔业岸线 13657.65 m，占 31.44%；其他岸线 413.07m，占 0.95%；特殊岸线 1195.97m，均为海岸防护工程岸线，占 2.75%；未利用岸线 19961.82m，占 45.95%。

在工业岸线中，船舶工业岸线 807.29m，占 86.75%；其他工业岸线 123.27m，占 13.25%。

在交通运输岸线中，港口岸线 5536.50m，占 88.15%；路桥岸线 743.97 m，占 11.85%。

在渔业岸线中，围海养殖岸线 12512.96 m，占 91.62%；渔业基础设施岸线 1144.69 m，占 8.38%。

3.1.2 港口资源

拟建风电场附近主要有瑞安港区，瑞安港区主要包括南岸码头作业区、上望作业区、凤凰山作业区，北麂岛为预留码头作业区。由于受飞云江大桥桥孔净空的限制，大桥上游的码头泊位吨级均在 500 吨级以下。

瑞安港共有 28 个泊位，其中 16 个经营生产泊位，12 个非经营性生产泊位。具体为 20 个通用件杂货泊位，3 个专业化泊位，2 个成品油泊位，1 个原油泊位，1 个客运泊位，1 个粮食泊位。

南岸码头作业区：南岸码头装卸区处于陡门头至宋家埭，可利用岸线

1880m，码头前沿水深 5~7m，具备建 1000~3000 吨级泊位的条件。

上望作业区：位于飞云江口内北岸的瑞安市上望经济开发区，该岸段规划布置 16 个 1000~3000 吨级通用泊位，通过能力 320 万吨。

凤凰山作业区：规划在凤凰山口门布置突堤、挖入式相结合的港池。港池内形成岸线 2030m，可布置 9 个万吨级泊位，6 个 3000~5000 吨级泊位，通过能力约 800 万吨。

3.1.3 航道锚地资源

拟建风电场附近海域主要有飞云江口内航道、飞云江口外航道、以及南北向的西航路、东航路和大瞿岛—王礁航道等。

飞云江航道分为：港内航道，北航道，南航道和港外航道。港内航道：为飞云江口门的北过河标至小横山约 9 公里，最浅水深为 2.1m，最小宽度 200m，乘潮水深 6m 左右，飞云江大桥至北过河标可乘潮通航 3000 吨级；飞云江大桥以上乘潮通航 500 吨级船舶。规划的瑞安港区南岸作业区位于该航道内。北航道：由飞云江口门至小横山石油码头，航道内有多处 2~4m 浅点。南航道：位于江口至宋家岱陡门浦口处，最浅水深为 2.2m，宋家埭陡门浦口以上长 4.3km，段最浅水深为 4.0m，其中南岸新港区 1000 吨级码头至桥里陡门浦口长 550m，水深 8.0m 以上。港外航道：飞云江 1 号中央导航浮标至北过河标长约 9km，最浅水深为 2.0m，最小宽度 300m 左右，受瑞安大桥限制，乘潮可通航 3000 吨级船舶。

飞云江口外航道包括大北列岛和北麂列岛之间的航门水道，从东至西有北箬水道、明麂水道、龙珠水道、荔枝山水道、凤凰门、横洞水道等水道，分布有各岛屿之间陆岛交通以及各岛屿与飞云江、温州港之间的航线。此外，根据温州海事局提供资料，从飞云江口至西航路有一条 1000 吨级的船舶习惯航线，该航线助航设施完善。

另外，拟建风电场 220kV 海缆穿越南北向航道，包括西航路、东航路、大瞿岛—王礁航道等。东航路由台州列岛东部—下浪档岛—北麂列岛东部—南麂列岛东部—王礁—福建；西航路由台州列岛西部—下浪档岛—北麂列岛东部—南麂列岛东部—王礁—福建；大瞿岛—王礁航道由大瞿岛（黑牛湾）—荔枝山水道—鳌江口外—王礁。

根据《温州港航道与锚地专项规划（2010-2020 年）》，项目无现状锚地，但

有 2 个规划锚地：双峰山岛锚地（GN2）、荔枝山锚地（GN3）。

规划的双峰山岛锚地（GN2）位于飞云江口外航道南侧、双峰岛西侧约 3km 处。锚地主要满足进入凤凰山作业区万吨级以下船舶的引航、检疫、候潮、待泊使用。锚地水深 12~13m，面积 10.5km²。

规划的荔枝山锚地（GN3）位于荔枝山和凤凰山之间，主要满足 3000 吨级以下船舶的候潮、待泊以及避东北风用，其中东侧水域为 1000 吨级油轮待泊候潮区。锚地水深 4~6m，面积 8.5km²。

3.1.4 滩涂资源

瑞安市滩涂资源可分为大陆沿岸滩涂资源和海岛滩涂资源。大陆沿岸滩涂分布在飞云江口南北侧，主要集中在飞云江口南北侧；海岛沿岸滩涂，零星分布在凤凰山、长大山、北龙山和北麂岛等 40 余个海岛周围，滩涂的分布上岩滩、砂砾质滩和淤泥质滩均存在，但以岩滩为主。

大陆沿岸滩涂，主要是丁山三期西片高涂围垦养殖用海项目围堤和隔堤占用滩涂与飞云江沿岸项目占用滩涂；海岛沿岸滩涂，主要是海岛周围的项目占用滩涂。

3.1.5 岛礁资源

瑞安市海岛数量为 148 个。有居民岛 13 个，面积 9.56km²，其中自然村岛 8 个，村级岛 4 个，乡级岛 1 个；无居民岛 135 个，面积 2.01km²。瑞安市已开发利用的无居民海岛 48 个。瑞安市无居民海岛开发利用项目 59 个，用岛区块数量 84 个，用岛面积 23902.96m²。其中，有居民海岛面积最大的海岛是北龙山，面积最小的海岛是过水屿；无居民海岛面积最大的海岛是大明甫岛，面积最小的海岛是北尾礁岛、小箕西倍岛、东路岛、东茅杆下岛，北尾礁岛、小箕西倍岛、东路岛、东茅杆下岛等+。

拟建风电场周边海域有居民岛有北麂岛、南麂岛、上干山、凤凰山、铜盘山、长大山、王树段岛、北龙山、冬瓜屿、南策岛。距 220kV 送出海缆最近的为北龙山，海岛面积 0.27km²，海岛岸线长度 13074m，岛上有居民 1000 多人。相邻的无居民岛主要有瑞安北麂列岛岛群，该岛群位于飞位于北麂列岛，毗邻洞头洋和东海，与洞头列岛和南麂列岛隔海相望，海岛主要沿北麂岛周边展布，涉及海岛 58 个。瑞安大北列岛西岛群，该岛群位于飞云江口外东北部，大北列

岛西侧，毗邻崎头洋和横洞水道，隶属温州瑞安市；岛屿主沿齿头山～凤凰山～上干山一线展布，涉及海岛 34 个。瑞安大北列岛东岛群，位于飞云江口外东北部，大北列岛东部，海岛主要沿铜盘山、长大山、北龙山周边展布，涉及海岛 43 个。平阳南麂列岛北岛群，位于鳌江口外东南方，南麂列岛北部，海岛主要沿大桶山屿—后鹿山岛一线展布，涉及海岛 12 个。

3.1.6 渔业资源

瑞安市沿岸既有飞云江水系入海，又有长江入海径流扩散南下，大量的淡水径流带来丰富的有机物质，构成了适宜海洋生物栖息、生长、繁殖的良好环境，形成多种经济鱼类春夏索饵、产卵洄游和秋冬越冬洄游的捕捞生产两大渔汛。

北麂渔场与洞头、南麂和披山、大陈渔场连成一片，渔业资源丰富，是浙江主要渔场之一。渔场常见鱼类 390 余种，其中经济鱼类 218 种；常见虾类 80 余种，其中经济虾类有 64 种；常见蟹类 120 余种，其中经济蟹类 39 种。境内海涂以淤泥质为主，面积广阔，具有水产养殖得天独厚的优势。

3.1.7 旅游资源

瑞安市山水奇特，风光旖旎，是“中国优秀旅游城市”，风景资源占国土资源 20.8%，属旅游资源大市，拥有七大风景名胜区：寨寮溪、圣井山、梅龙溪、桐溪、铜盘岛、龙井、卧龙峡；十大旅游区：水乡古镇林垵、玉海文化游览区、江溪龙潭、白岩山、金鸡山、隆山公园、山皇古寨、尖山八水、顺泰梅尖、瑞安外滩。瑞安市位于飞云江入口南岸的林垵水乡，属典型的江南水乡古镇，江道纵横交错，现有较多的古宅院建筑，人文内涵丰富。南戏鼻祖高则诚纪念馆、金嵘轩纪念馆、“一线街”古商业区、水上文化公园及众多宗教建筑闻名遐迩。

3.1.8 风能资源

（1）浙江省风能资源

浙江省水深 0~50 米海域内的海上风电技术可开发量 1515 万千瓦，其中潮间带技术可开发量 50 万千瓦，水深 5~30 米海域的技术可发量为 760 万千瓦，水深 30~50 米海域的技术可开发量为 705 万千瓦，主要分布在舟山、宁波、台州和温州市近海海域。浙江省风能资源分布由海洋向内陆递减，呈现明显的东、

西部差异，离大陆较远的海岛、海域风能资源最丰富，沿海岛屿、海域、滩涂、高山的风能资源丰富，内陆地区风能资源相对贫乏。全省有开发价值的风电场基本分布在近海海域、海岛、沿海滩涂及高山上。

（2）瑞安海域风能资源

从浙江全省的风能资源分布来看，温州沿岸风能资源在浙江省属风能资源较为丰富的地区之一。根据瑞安 1 号激光雷达实测风速情况来看，场区 151.84m 高度年平均风速约 8.08m/s，年平均风功率密度约 546W/m²。风功率密度等级为 3 级，风能资源具有较好的开发价值。

3.2 海洋生态概况

略。

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

瑞安 1 号海上风电项目已于 2023 年 11 月取得用海批复，批复用海面积 191.7036 公顷，原方案拟安装 24 台 12.5MW 机组。本次变更后 220kV 海缆登陆点不变，路由走向整体保持不变，但随着设计深入，变更后的路由与变更前相比有 0~1.7m 左右的偏移，风机由 24 台减少至 22 台，66kV 海缆由 34.79km 减少至 28.79km，用海面积由 191.7036 公顷减少至 176.8896 公顷，变更后的用海方案与原方案相比，总体上对资源生态的影响是减少的，变更后的用海方案要优于变更前用海方案，本报告将在 4.2 节和 4.3 节给出变更后的资源生态影响分析结果。

4.2 资源影响分析

4.2.1 海岸线资源影响分析

本项目 220kV 海缆登陆点位于丁山二期海堤，所属岸线属性为人工岸线。经量算，宗海范围内涉及人工岸线长度 20.96m。由于海底电缆登陆采用定向钻方式穿越岸线，该施工方式通过海底直接穿越岸线，无需开挖，对海堤无影响，不会对岸线造成实际的压占，也不改变岸线的自然属性及原有生态功能。

4.2.2 滩涂、海域资源影响分析

风电场的风机基础将占用部分近海海域，根据《海籍调查规范》（HYT124-2009）的规定，风基基础使用海域以基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界，海上升压站以外缘线外扩 10m 距离为界，海缆以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。算得全部 22 台风机基础占用 34.7349hm²，海上升压站占用 0.3537hm²，海底电缆占用 141.8010hm²，共计 176.8896hm²。在该区域内将不得进行其他开发活动。

4.2.3 岛礁资源影响分析

根据冲淤影响结果可知，由于拟建风电场场区距离周边岛屿距离较远，项目风电场实施后对周边岛礁区域的水动力、冲淤环境没有影响，不会造成周边岛礁岸线侵蚀等情况发生。

总的来看，风电场实施无论是对岛礁资源本身，还是对岛上生活的群众没

有不利影响。

4.2.4 海洋生物资源影响分析

4.2.4.1 潮间带生物资源影响分析

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，根据现状调查资料，项目周边海域 2021 年春、2022 年秋两季 T4 潮间带平均生物量约为 12.25g/m^2 ，则海缆敷设期间直接损失所引起的潮间带生物量损失量为 325.61kg ，其它扰动面积所引起的潮间带生物量损失量为 227.92kg 。

4.2.4.2 底栖生物资源影响分析

海缆敷设期间对海域造成直接损失所引起的底栖生物量损失量为 788.198kg ，其它扰动面积所引起的底栖生物量损失量为 551.739kg 。

风机、升压站桩基共占用海底面积为 941m^2 ，位于潮下带海域，造成底栖生物永久性损失，损失量为 1.81kg 。

4.2.4.3 渔业资源影响分析

本项目工程施工引起的悬浮物扩散造成的海洋生物损害量结果，鱼卵、仔稚鱼一次性损害量分别约为 2.92×10^7 个、 2.35×10^7 尾；鱼类、虾类、蟹类、头足类幼体的一次性损害分别为 2086.93kg 、 1092.42kg 、 1234.93kg 、 2687.46kg 。

4.3 生态影响分析

4.3.1 水文动力及泥沙冲淤环境影响分析

4.3.1.1 水动力影响

(1) 工程建设后流场特征变化

由于桩基尺度较小，密度稀，阻水效应有限，与工程建设前相比，工程建设后，流态没有发生明显变化，即本工程建设对大范围流场影响甚微，对流场的影响仅局限于桩基局部范围内。

整体来看，对工程前后涨急和落急流场来说，工程前后流矢几乎重合，只在距离桩基很近的范围内（2~5 倍桩基直径）流速大小和方向略有改变，这是由于桩基阻水宽度相对桩基间距较小，相互影响较弱。桩基对其附近海域的影响来说，涨潮期间，桩基迎流面和背流面附近流速有所减小，另外两侧流向有所偏转，流速亦有所减小。落潮流速变化特征与涨潮相似。工程建设对周边海域流态影响较小。

(2) 工程建设前后水动力场的变化

由于桩基的阻水作用，桩基在迎流面和背流面均出现了一定的流速减小区域，且桩基背流面流速减小值大于迎流面流速减小值。

工程实施后桩基附近涨潮和落潮平均流速有所减小，普遍在 0.02m/s 至 0.1m/s 之间，流速减小区主要出现在桩基的迎流面和背流面。对于涨潮流速变化来说，由于桩基群的阻水作用，风电区的西北侧为涨潮流的流影区，流速略有减小，减大幅度约为 0.02 m/s。对于落潮流速变化来说，风电区域东南侧流速有所减小，桩基列之间流速略有增大。总体上，工程建设前后涨、落流场变化较小，流速变化主要集中在风电场风机桩基附近。

4.3.1.2 泥沙冲淤影响分析

工程建设后首年，工程海域冲淤强度在 -0.01~0.02m 之间。由于桩基的阻水作用，桩基在迎流面和背流面均出现了一定的流速减小区域，导致桩基的迎流面和背流面 100m 范围内的淤积强度普遍在 0.10m 之上，淤积强度超过 0.10m 的范围主要集中在桩基根部；桩基的迎流面和背流面 75~500m 范围内的淤积强度普遍在 0.02~0.10m 之间。随着冲淤过程的深入和地形向适应工程建设后动力环境方向的调整，冲淤强度将逐年减小，随后海床达到冲淤平衡。冲淤平衡后，工程区内桩基沿潮流涨落方向呈现带状的淤积态势，最大淤积幅度约为 1m，总体而言，工程建设前后床面冲淤强度大值主要集中在桩基的迎水面、背水面及相邻风机之间区域，其他地方的冲淤强度较小。

4.3.2 海水水质环境影响分析

4.3.2.1 施工悬浮泥沙扩散对海水水质环境影响分析

全潮期间电缆敷设悬浮物浓度大于 10mg/L 影响范围约为 141.071km²，大于 20mg/L 影响范围约为 78.860km²，大于 50mg/L 影响范围约为 32.254km²，大于 100mg/L 影响范围约为 16.669km²，大于 150mg/L 影响范围约为 12.020km²。

4.3.2.2 施工期污、废水对海水水质环境影响分析

拟建风电场工程污废水主要为海上和陆上两部分，其中海上污废水主要包括海上施工人员生活污水和施工船舶机械油污水，陆上污废水主要包括陆上施工区施工人员生活污水和施工机修含油废水。

(1) 海域污废水

施工期海上施工 350 人，生活污水产生量为 14m³/d。登陆段穿堤施工人员

约 20 人，生活污水产生量为 $2.4\text{m}^3/\text{d}$ 。船舶生活污水委托船舶污染处理公司进行统一收集和处置，登陆段施工人员陆上生活污水利用计量站地埋式化粪池污水处理后纳管排放，对周边海域基本无影响。船舶含油废水主要是施工船舶、设备产生的残油、废油及机舱油污水，其主要污染因子为石油类。根据《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），船舶含油污水禁止排入海域，含油污水收集后，交由有资质单位接收处理，因此对周边海域环境没有影响。

（2）陆域污废水

施工期，陆上临时施工区、生活办公区将产生污废水，陆上施工人员平均 50 人，陆上生活污水总量平均约 $2.5\text{m}^3/\text{d}$ 。施工生产区生活污水均采用地埋式生活污水处理系统处理后回用于施工区绿化或道路洒水。

施工生产区均布置机械保养场，主要承担施工机械的小修、保养及临时停放的功能，有少量含油废水，采用隔油沉淀处理方案，隔除的浮油以及沉淀的污泥送至有资质单位处理，出水用于各施工场区和道路洒水。

因此拟建风电场工程施工期各项污废水均收集处理不外排，对周边海域水质无影响。

4.3.2.3 营运期海水水质环境影响分析

（1）生活污水

运行期设管理人员主要位于陆上计量站，生活污水利用配套地埋式成套污水处理设施处理。运行期每 6 个月进行一次风机维护，维护船舶每次维护产生的生活污水量约为 2m^3 ，船舶生活污水收集后运至岸上，纳入陆上计量站生活污水处理系统处理。

（2）含油废水

风电机组等设备每年检修一次，定期更换润滑油机油等，平均残废油产量为 $2\text{m}^3/\text{a}$ 。风机日常维护涉及的油类物质由具备资质的专业处理单位收集回用。海上升压站运行期正常情况下，无漏油及油污水产生，当主变压器、高压电抗器检修或发生事故时产生主变油泄漏，主要污染物为石油类。

（3）牺牲阳极锌释放对海水水质影响

拟建风电场风机基础采用钢结构，用牺牲阳极的保护装置，牺牲阳极保护装置中有少量锌溶解，对工程附近海水环境产生一定影响。

升压站和风机全浸区、（导管架+钢管桩）泥下区采用海工防腐涂层和牺牲

阳极保护方式进行防腐。牺牲阳极附着在升压站桩基的钢管桩上，均浸泡在水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中的无机锌以 Zn^{2+} 、 $Zn(OH)^+$ 及 $Zn(CO_3)$ 的形式存在，近岸及河口区含量相对较高，其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大的颗粒态锌会较快沉降下来。由于锌的形态转化、与沉积物、生物的交流较为复杂，目前尚缺乏系统的研究。根据工程设计及工程分析，海上升压站基础牺牲阳极共 194 块，进入海水量 87% 计，每年释放锌约 92kg，则释放速度约合 2.9mg/s，按最大流速 0.8m/s，平均水深 20m 计算，则其扩散至不同距离时每年增加的锌浓度见表 4.3-1。

表 4.3-1 升压站周边海水锌浓度每年增量一览表

序号	距离(m)	锌的年浓度增量 ($\mu\text{g/L}$)
1	10	0.018
2	20	0.009
3	30	0.006
4	50	0.0036
5	100	0.0018
6	150	0.0012
7	200	0.0009

由表 4.3-1 可知，在最不利工况条件下，升压站桩基牺牲阳极释放的锌浓度增量 10m 处为 0.0009 $\mu\text{g/L}$ ，远小于风电场区域海水锌浓度背景值。叠加背景值后 Zn 浓度仍然符合海水水质二类水质标准 (0.05mg/L)，因此，风电场实际运行中，牺牲阳极释放的锌将随海水输移扩散，对区域海水水质影响较小。

(4) 工程防腐层及防护层对水质影响分析

工程基础上部导管架结构、钢管桩在水位变动区和浪溅区采用环氧玻璃鳞片 (800~1000 μm) 涂层进行防腐；在水下区、泥下浅表区采用环氧玻璃鳞片 (800~1000 μm) 和牺牲阳极的阴极保护方式进行联合防腐。环氧玻璃鳞片涂层是由环氧树脂、玻璃鳞片、颜料、固化剂、助剂和稀释剂等组成，具有很强的耐水性、耐盐水性、耐油性，在海水环境中基本不会物质溶出，对海水水质基本不产生影响。

海底电缆主要采用沥青及 PP 绳 (聚丙烯绳)，由于沥青和 PP 绳性质极为稳定，这两类物质在海水中等腐蚀环境中也基本不会有物质溶出，因此对海水水质环境也基本无影响。

4.3.3 海洋沉积物环境影响分析

风电场工程建设对海洋沉积物的影响主要表现为电缆铺设对表层沉积物的

影响，施工悬浮物扩散和沉降对沉积物的影响，施工期产施工船舶产生的污废水及固体废物不妥善处置对沉积物的影响；营运期对沉积物的影响主要表现为少量牺牲阳极保护装置中锌释放对沉积物的影响。

4.3.3.1 施工期海洋沉积物环境影响分析

（1）电缆铺设对表层沉积物的影响

电缆铺设施工，由于电缆开挖会引起风电场工程区附近海域沉积物环境的扰动，而本项目风电场工程所在海域沉积物环境质量良好，且电缆铺设后，仍使用原有的表层沉积物对电缆进行覆盖，电缆铺设对表层沉积物影响不大。

（2）施工悬浮物扩散和沉降对沉积物环境的影响

施工悬浮物泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮物泥沙会直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表层沉积物环境的变化。海缆埋设挖深约为 2~3m，地勘结果显示，海底表层 3~6m 为淤泥，含少量有机质、贝壳碎片。海缆开挖主要是位于淤泥层，不会引起淤泥下砂质粉土起浮；另一方面，海缆开挖出的表层淤泥在潮流作用下仍有部分覆盖回开挖沟内。因此，海缆铺设仅会使海缆附近海域沉积物造成一定的扰动，对该海域整体沉积物质量和沉积物环境不会产生恶化影响。

（3）施工船舶污废水及固废不妥善处置对沉积物的影响

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和污染严重的压舱水、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、病原体和石油类等指标超标。因此必须严格做好施工期管理、监理和监测的工作，保护沉积物环境。

4.3.3.2 营运期海洋沉积物环境影响分析

工程运行期间，仅有少量牺牲阳极保护装置中锌释放到海域中，无其他污染物排放入海。根据设计文件，海上升压站和风机每年锌产生量约 105.7kg，扩散后按 13%沉降进入距离风机桩基不同距离的沉积物中，按沉积于表层 1m 内，沉积物淤泥密度按 1800kg/m^3 计，25 年沉积累积锌增量和叠加锌现状监测最大值后锌含量见表 4.3-2，低于沉积物中锌含量标准值 150×10^{-6} （第一类）。因此，

工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

表 4.3-2 距离桩基不同距离的沉积物锌含量最大值统计表

距离桩基距离	桩基础	
	25 年累积锌增量	叠加锌现状监测最大值后
50m	24.2×10^{-6}	114.2×10^{-6}
100m	4.36×10^{-6}	94.36×10^{-6}
200m	1.09×10^{-6}	91.09×10^{-6}

4.3.4 海洋生态影响分析

4.3.4.1 对底栖生物的影响分析

(1) 施工期对底栖生物的影响分析

海缆埋设过程中的开挖、填埋作业，以及风机基础沉桩施工都将对海洋底栖环境造成破坏，使底栖生物部分丧失。

海上风机和升压站桩基基础打桩过程中会产生振动影响，对基础周边的底栖生物会造成一定损失，一般影响范围为基础周边 10m。在该范围内的底栖生态环境遭到一定破坏，栖息于这一范围内的底栖生物将受到损害。

(2) 营运期对底栖生物的影响分析

海上风机桩基、升压站桩基等设施永久占用海域造成底栖生物的生境遭到永久的破坏。根据现有水深地形图及工程布置，风电场区所有风机和升压站均位于平均低潮位以下海域，上述构筑物占用海域将造成底栖生物永久性受损。

4.3.4.2 对潮间带生物的影响分析

对照项目处水深地形资料可确定，主路由登陆点附近将会对潮间带生物造成影响。

4.3.4.3 对浮游生物的影响分析

拟建风电场工程风机桩基基础、海上升压站基础施工，海底电缆铺设施工都会引起海底泥沙再悬浮，在施工作业点周围水体中产生大量的悬浮物，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降。从水生生态系食物链角度看，初级生产力下降，必将影响正常食物链的传递，最终导致水域可利用生物资源量下降。

施工过程引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着工程施工结束，泥沙通过沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明，浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间，本工程施工期短，电缆为线性施工，不产生持续性影响，施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利

影响。

4.3.4.4 对渔业资源的影响分析

本风电项目建设对渔业资源的影响主要包括两个方面：一是施工造成的悬浮物浓度增加对渔业生存空间的影响，二是因海域占用减少渔业资源空间。

（1）施工悬浮物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。

悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。

悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生的悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。随着施工的结束，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。

施工结束运营一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，因此在项目运营期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复对渔业生产的不利影响。

（2）海域占用减少了渔业空间资源

拟建风电场海上风机和升压站桩基基础占用了天然渔业空间，减少了鱼类索饵觅食的理想场所，风电场桩基基础的存在有可能妨碍鱼类的正常洄游路线，

从而对渔业空间资源产生影响。

4.3.4.5 对海洋生态系统服务功能的影响分析

海上风电场建设对海洋生态和渔业的影响最终体现在造成部分生态系统服务功能的破坏或丧失。海洋生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。风电场建设所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、渔业生产、污染净化等 3 个方面的主导功能。

（1）物种栖息地

风电场建设所在海域是多种水生动物栖息、繁殖场所，也临近候鸟的迁徙区。风电场建设施工期会对该栖息地的水生动物栖息、繁殖产生较大的干扰，主要对幼体造成一定程度的伤害，对成体造成回避。但在运行期基本不受影响。

（2）渔业生产

根据数模预测分析，工程建设前后流场的改变主要集中在桩基的周围，引起的泥沙淤积也只局限于桩机附近，不会引起工程区附近滩面的整体性冲淤变化，根据现场调查风电场区和送出路由区域内没有养殖。但风电场区为当地传统流刺网和张网捕捞区，因此本项目风电场工程建设运营后，场区内原则上不允许进行拖网、底拖捕捞作业，会减少当地渔业捕捞区域，对工程周边海域渔业有一定影响。

（3）污染物净化

海洋是一个巨大的净化器，对入海污染物具有一定的稀释、扩散、氧化、还原和降解的综合能力。风电场建设施工期使海域悬浮泥沙增加，光合作用减弱，对污染物净化功能会产生一定影响，但影响时间短暂。在运行期，风电场实施不会明显改变海域的潮流场特征，同时也不会改变海域污染物负荷，不会产生悬浮物，因此也不会对海域污染物净化功能造成明显改变。

（4）生物多样性维持

生物多样性主要考虑物种多样性维持、生态系统多样性维持。

根据海洋环境现状调查结果，出让海域春秋季节调查出的浮游动植物、潮间带生物、底栖生物、游泳动物为常见种类，未调查到珍稀海洋动植物。工程施工期间的悬浮物会造成浮游动植物、潮间带生物、底栖生物和鱼卵仔鱼一定的损失，运行期风机噪声影响较为有限。因此，出让海域拟建风电场工程建设对当地海洋生物多样性、海洋生态系统多样性维持不会产生明显的影响。

4.3.4.6 对主要经济种类“三场一通道”的影响分析

本项目所在海域的主要保护经济物种主要保护种类为小黄鱼、大黄鱼、曼氏无针乌贼、鳎鱼。

项目建设对产卵场、索饵场和洄游通道的影响主要表现在风机对渔业水域的占用，打桩和电缆铺设产生的悬沙扩散，风机打桩和风机运转的噪声。

（1）对产卵场影响

在工程的施工阶段，海底电缆施工会造成水体悬浮物的增加，水中悬浮物随水流将附着在水生植物上和水底砂粒上的鱼卵覆盖，可能会使鱼卵窒息死亡。鱼类主要通过鳃进行呼吸，过多的悬浮物会吸附鱼类鳃器官，造成堵塞，对鱼类的呼吸功能造成阻碍，尤其在鱼苗阶段体内生理代谢旺盛，需要充足的氧量供应，以保障身体需要，当悬浮物过多而堵塞鱼鳃时，必然显著减低对水体中氧量的吸收，造成体内缺氧，部分生理机能受到损害，严重时会造成鱼体死亡。

施工产生的振动、噪声可能会使一些鱼类的个体出现行为紊乱，妨碍其正常生活习性；鱼类对外界声音的反应比较敏感，会使鱼类产生背离性行为，逃避开噪声源，会避开声音干扰而游向其他方，逃离产卵场造成繁殖失败。上述两种影响在一定程度上对主要经济物种的产卵场功能产生影响，但此种影响随着工程施工的结束而消失，不利影响仅发生在较短的时间段内。

本风电工程风场区不在大黄鱼产卵场，位于小黄鱼、曼氏无针乌贼、鳎鱼产卵场内。海缆位于泥面 2m 或 3m，对产卵场影响较小；风电桩基等水工建筑物将永久占用这些鱼类的产卵场。随着鱼类对新环境的适应，构筑物对产卵场的影响也会逐渐下降。本项目风机桩基直径为 3.6m，共 88 根桩，升压站设有 4 根桩，直径为 3.8m。风机、升压站桩基共占用海底面积为 941m²，占用产卵场面积较小，相对于小黄鱼、曼氏无针乌贼、鳎鱼产卵场区来说比例很小，因此对产卵场的影响较小。

（2）对索饵场影响

施工造成水体悬浮物含量的升高，其沉积和覆盖将导致施工海域浮游、底栖动物生物量的变化，造成一定区域鱼类饵料生物的变化。同时，水中悬浮物浓度增大影响鱼类的视力，使捕获食物将变得困难，进而影响到鱼类的索饵。但上述不利影响仅会出现在施工期，是局部、暂时的，尤其是在施工阶段。只要加强施工管理，严格按施工程序操作，工程施工造成的悬浮泥沙对海水的水

质影响较小，对水体中的水生生物产生的影响也较小。

当施工噪音超过水生生物耐受界限时，作为饵料的小型水生动物和鱼类就会产生背离性行为，离开原有生态环境；依赖小型鱼类和浮游生物为饵料的鱼类被迫迁移到其他饵料生物并不丰富的场所，这样会造成鱼类饵料食物的供应不足。

本项目风电场位于曼氏无针乌贼索饵场。风场区 66kv 海缆施工结束后位于泥面 2m 以下，对索饵场影响较小；同时风电桩基占据索饵场一定空间，造成索饵面积缩小。与整个曼氏无针乌贼饵场（江浙沿海区域）总面积相比，永久占用面积非常小，对索饵场的影响较小。

（2）对越冬场影响

小黄鱼、大黄鱼、曼氏无针乌贼、鳓鱼越冬场位于风场区外侧，风场区 66kv 海缆施工结束后位于泥面 2m 以下，对各类经济物种越冬场影响较小；项目位置距离其他主要经济鱼类主要越冬场与越冬洄游路线较远，对其他鱼类越冬影响较小。

（4）洄游通道

本建设项目风机及其基础以桩基形式建设，不会阻断水流，不会阻断主要经济鱼类的产卵、索饵、越冬洄游通道，对主要种群的洄游活动影响较小。

综上，工程场区占用部分产卵场和索饵场，但总的来说影响主要集中于施工期，风电场施工期打桩作业对大黄鱼幼鱼和小黄鱼产卵等可能存在一定负面影响，运营期风机噪声等对其影响总体较小。为尽量减轻施工噪声对大黄鱼、小黄鱼等石首鱼科种类的不利影响，应合理安排打桩作业时间，打桩启动时采用软启动的方式，尽量避开其敏感时节。

本工程风机、升压站桩基永久占用面积为 941m²，相对于整个产卵场、索饵场、越冬场来说比例较小，本建设项目风机及其基础以桩基形式建设，不会阻断主要经济鱼类的洄游通道，对主要经济种类“三场一通道”影响较小。

4.3.4.7 噪声对海洋生物的影响分析

拟建风电场在营运期总体的水下噪声强度比较低，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，已和海洋背景噪声相当。变更后风机减少，因此，营运期水下噪声对本工程海域的海

洋生物基本上不会带来明显的影响。

4.3.4.8 电磁对海洋生物的影响分析

拟建风电场海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。根据类比陆上电缆线路磁场分布可知，本工程海底电缆上方 1m（中心处）工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。

4.3.4.9 对鸟类的影响分析

拟建风电场建设区处于东亚—澳大利西亚迁徙通道中段，但是传统上风电场区域沿岸不是迁徙鸟类重要的栖息区域，区域鸟类群落中迁徙鸟类数量相对较少，迁徙水鸟的种群规模比较小，且主要分布在区域的海岸，本项目建设区不是位于迁徙期鸟类迁徙所经过的最主要路线的中间，本项目对鸟类迁徙路线存在一定的阻隔影响。从鸟类的角度来说，本项目对各类群鸟类的影响较为有限。从鸟类栖息地的角度来说，本项目施工过程可能会对区域栖息的鸟类产生一定的影响。整体而言，仅就本项目的海上风电场施工建设区域而言，其对鸟类的影响尚处在可以接受的范围内，从工程对鸟类影响的角度，在采取必要的预防和保护措施的基础上，本项目的实施整体上可行。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 社会经济基本状况

瑞安市社会经济概况资料引自引自瑞安市统计局发布的《2023 年瑞安市国民经济和社会发展统计公报》。

（1）社会系统概况

瑞安地处浙江东南沿海，是浙江省重要的现代工贸城市、历史文化名城和温州大都市区南翼中心城市，陆域面积 1350km²，海域面积 3037 km²，下辖 9 镇 12 街 2 乡。

（2）经济发展现状

2023 年，瑞安市生产总值 1285.1 亿元，按可比价计算（下同），比上年增长 6.4%。分产业来看，第一产业增加值 29.5 亿元，比上年增长 3.4%；第二产业增加值 564.3 亿元，比上年增长 6.7%；第三产业增加值 691.3 亿元，比上年增长 6.2%。国民经济三次产业结构为 2.3:43.9:53.8。常住人口计算，全市人均生产总值 83913 元（按年平均汇率折算为 11908 美元），比上年增长 6.1%。

（3）人口、人民生活现状

据 2023 年 5‰人口变动抽样调查推算，年末瑞安市常住人口 153.5 万人，比上年末增加 0.7 万人，常住人口城镇化率为 69.0%，比上年提高 1.0 个百分点。据公安部门统计，年末全市户籍人口为 125.1 万人，人口出生率 5.9%，死亡率 7.0%，人口自然增长率为-1.1%。

瑞安市全体居民人均可支配收入 71424 元，比上年增长 7.2%。其中城镇常住居民人均可支配收入 82476 元，农村常住居民人均可支配收入 45644 元，比上年分别增长 6.8%和 8.0%。

5.1.2 海域使用现状

根据实地踏勘与工作调访，项目所在海域周围的海洋开发活动主要有渔业开发、港口、航道、锚地、海底管线、海洋保护区、围垦工程、跨海桥梁、海堤、海岸带修复工程、码头等。

5.1.3 海域使用权属现状

略。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对渔业开发的影响

根据现场踏勘和走访，拟建风电场海域渔业活动以渔业捕捞为主，220kV 海底输电电缆登陆点附近没有滩涂养殖和捕捞活动。

根据了解拟建风电场所在水域存在海洋捕捞活动，每年的 10 月至次年 4 月的捕捞季，当地的一些渔船会在项目拟建风电场区域捕捞。在捕鱼及养殖旺季，一旦出现大量渔船活动于拟建风电场水域，容易诱发水上交通事故，尤其是雨雾等天气，需要与渔业和海事部门进行有效的沟通和管理。

（1）施工期对渔业的影响

拟建风电场工程施工期间，周围海域因施工作业干扰，渔民在附近海域的捕捞生产活动将会在一定程度上受到影响，主要表现为捕捞作业范围受到限制。海缆埋设、风机基础和海上升压站基础施工均会造成海底泥沙悬浮，引起海水局部浑浊，影响局部水质环境，降低海洋浮游植物初级生产力，进而影响到海洋饵料生物和经济生物的正常生长、摄食和繁殖，在一定范围内降低了渔区海洋生物捕获量。根据前述数模结果，拟建风电场电缆铺设施工引起周围海域悬浮物浓度增加（ $>10\text{mg/L}$ ）影响范围约为 141.071m^2 。根据施工经验，电缆敷设速度约 3m/min ，敷设完毕的电缆段区域，悬浮物浓度可较短时间内减低 10mg/L 。因此，电缆敷设实际影响范围远小于预测范围。另外，电缆工程施工时间较短，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降，总体上，电缆敷设施工对渔业影响有限。

此外，钢管柱打桩产生的噪声在一定范围和程度上对海洋鱼类的正常生长、摄食及繁殖活动造成负面影响，但随着施工结束，上述影响也随之消失。

（2）营运期对渔业的影响

由于拟建风电场场区属于当地传统的渔业捕捞区域，虽然风电机组布置按行间距较大，理论上不影响渔船进出该海域进行相关捕捞作业。但实际上，由于场区内各排风机间及个排内风机间均有 66kV 集线电缆相连，特别是风场区中部有大量的集线电缆集中连接于海上升压站，因此营运期，场区范围内 19.3km^2

渔业捕捞作业已不可能。同时，根据国家海底电缆管道的相关管理规定，场区内 66kV 电缆及 220kV 送出电缆两侧保护范围内禁止相关渔业捕捞活动。此外，捕捞季节大量渔船活动于项目风电场周边水域，风电场的存在影响渔船的安全航行，容易诱发水上交通事故，也影响渔船采取围网、拖网等方法捕鱼，降低渔船的经济效益。作业渔船可能与风电场桩基发生碰撞事故，也可能发生抛锚或打桩等作业损坏海底电缆等事故。从安全角度考虑，不建议在此场区范围内进行捕捞工作。由此可见，拟建风电场实施造成风电场场区内 19.3km² 区域传统捕捞区域的丧失，对渔业活动有一定的影响。

根据第四章水文动力和泥沙冲淤影响预测结果，项目风电场建成后除风机和升压站桩基础周围局部区域外，海域的水文动力和泥沙冲淤环境基本不会改变，且项目风电场运营期内对海域水质造成的影响在可接受的范围内，同时拟建风电场附近整体流态与工程前基本一致，基本不会造成沉积物环境的变化，海洋生物生境条件较项目风电场实施前基本无明显变化，对风电场周边的渔业资源的影响不明显。

总的来看，拟建风电场建成后会占用部分渔业捕捞区，对周边渔民捕捞会产生一定的影响，建设单位应与当地渔业主管部门和捕捞渔民协商，落实对造成直接经济损失的渔民的补偿措施，制定切实可行的补偿计划，落实补偿费用，以经济手段减轻项目实施对渔民的影响，以取得渔民的理解、支持和配合。

5.2.2 对港口的影响

拟建风电场位于瑞安市北麂岛南侧海域，离大陆岸线距离约 36km。根据《温州港瑞安港区控制性详细规划》（2008 年），瑞安港区将以装卸储运功能为主的港口逐步发展成为现代化综合性港口，港区分为飞云江北岸的西门作业区、东山渔业作业区、上望码头作业区；飞云江南岸的马道作业区、南岸作业区、飞云江船舶工业基地及飞云江口外的凤凰山码头作业区、远景规划的北龙山船舶工业基地与北麂岛预留发展作业区。其中西门作业区、东山渔业作业区、上望作业区、马道作业区、南岸作业区、飞云江船舶工业基地等均位于飞云江口内水域，远景规划的北龙山船舶工业基地与北麂岛预留发展作业区等距预选路由区较远，没有影响。本项目 220kV 海缆推荐路由方案距凤凰山作业区较远，对该作业区没有影响。

拟建风电场与飞云江南北两侧港区距离约 45km，距飞云江口外的凤凰山码

头作业区 25km，与远期规划北麂岛预留发展作业区距离也在 7km 以上，距离均很远。拟建海上风电场距瑞安大陆岸线约 36km，风电场发电机组、升压站和 220kV 送出海缆登陆点等设施不占用港口岸线也没有相关港口规划。根据前述分析风电场实施对周边冲淤影响局限在风电场东西两侧 2km 范围以内，不会对外侧海域水动力条件造成产生大幅改变，也不涉及上述港口区域，项目实施对周边港口没有影响。

因此，拟建风电场实施对上述港口均无影响。

5.2.3 对航道的影响

变更后的《瑞安 1 号海上风电项目（场区及海底电缆）航道通航条件影响评价报告》《瑞安 1 号海上风电项目通航安全影响专题报告》已通过评审，本节引用相关结论。

场区附近公告的公共航路主要有西航路、东航路。220kV 海缆路由主要穿越的现状航路、航道主要有西航路（B 级，航宽 2 海里）、瑞安—北麂岛航路（南、北，C 级，航宽 1 海里）、飞云江口外 1000 吨级习惯航道、温州—南麂岛航路（C 级，航宽 1 海里）、王礁—下浪琅航路（B 级，航宽 2 海里）、王礁—大瞿岛航路（B 级，航宽 2 海里）、瑞安—洞头航路（C 级，航宽 1 海里），项目海缆穿越上述航道。。根据数模预测结果，由于风电场选址时离航道的距离均在 1km 以上，所以对各航道的冲淤影响较小，仅在西航路的 HD6 和 HD7 两点有发生 0.02m 的年淤积量，最大淤积幅度约 0.1m，整体影响较小。

根据相关专题分析，项目用海对航道的影响结论如下：

（1）施工期内，海底电缆穿越航道，沟槽开挖、电缆敷设以及风电场场区打桩、风机吊装等作业对航道的通航影响较大。施工船舶会增大工程船舶流量，需时刻关注附近过往船舶的动向，注意避让。海底电缆穿越航道段施工时，需进行临时交通管制。工程建设可选择避开台风期进行施工。在航道上进行施工作业时，应尽可能避开船舶进出的高峰时间段，同时关注船舶的航行动态，避免相互碰撞。营运期，风电场场区应建立有效的航标系统，引导船舶航行，将其对通航环境的影响降到最低程度，从而保证通航安全。

（2）本项目风电场各设要素满足我国《海轮航道通航标准》（JTS180-3-2018）等相关规范要求，符合专业技术标准，总平面布置方案不影响附近水域船舶通航安全。

(3) 本项目选址邻近西航路、温州-南麂岛航路、瑞安-北麂航路（南线）、东航路及规划的北麂岛航道等数条航路（航道、航线）之间。场区边界与西航路净距为 1806m，与温州-南麂岛航路净距为 1505m，与瑞安-北麂航路（南线）净距为 2790m，与东航路净距为 9596m，与规划的北麂岛航道净距 5746m，满足《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》关于海上风电场与航路净距的指导性建议，且与附近航路船舶主交通流具有较好的适应性。

(4) 本项目场区送出海缆预设路径自西向东依次与西航路、瑞安-北麂航路（南线）、温州-南麂岛航路、飞云江口外 1000 吨级习惯航线、王礁-下浪琅航路、飞云江口外航道（规划）、王礁-大衢岛航路、飞云江-洞头航路等多条航路或航道形成交越。按照覆土 3.0m 控制，埋深的宽度范围按不小于航路宽度的 2 倍来控制；其他非穿越段海缆埋深按照覆土 2.0m 控制。本项目海缆路由布置可以满足航路通航安全要求。

(5) 风电场的建设客观上改变了场区附近水域的通航环境，对附近过往船舶的航线设计、视觉了望、避碰方式、航海仪器性能等，以及渔船活动范围、活动方式等都不可避免地产生一定的影响。但这些影响可以通过采取相应措施、落实相关规定有效的加以控制。

(6) 水线以上高度超过 18.98m 进入海上风电场的船舶，可能存在撞击叶片的风险。进入场区内的工作船水线以上高度不应超过 18.98m。超高船舶在进场维护前应提前做好相应工作，并充分注意船舶驾驶台及桅杆、天线等与风机叶片有接触并发生触损的可能性。

(7) 本项目工作船作业条件为：风速 $\leq 12\text{m/s}$ （风力 6 级，强风）、浪高 $\leq 1.5\text{m}$ （波浪 4 级，中浪），能见度 $\geq 1000\text{m}$ ；尽可能避免在大潮汛期间进入场区内从事长时间运维作业。

(8) 本工程海上风电场的运行对于 VHF 听觉使用、磁罗经指示航向、GPS 定位、北斗定位等使用性功能方面通常不会产生显著的影响，但对于 AIS 设备影响具有一定的复杂性。因此，为确保海上风电场附近船-船与船-岸之间的 AIS 数据传输通畅，建议利用 AIS 数据及 AIS 专用工具，对风场区域的 AIS 信号进行分析，并分别在建设前期和后期对风场水域进行全面的无线电信号收集处理，对比分析该水域的 AIS 等无线电信号的变化影响，提出对应的信号补偿方案。

5.2.4 对锚地的影响

拟建风电场附近锚地主要分布在场区北侧的 GN1 北麂岛避风锚地、220kv 海缆东北侧的 GN2 双峰山岛锚地和 220kv 海缆南侧的 GN3 荔枝山锚地，见图 5.2-4。上述锚地与本项目风电场海缆最近距离也在 2n mile，均满足《海港锚地设计规范》（JTS/T 177-2021）6.4.2.3 条规定“锚地边线至海上油气平台、风电设施的净距不宜小于 2n mile”的管理要求。同时，根据前面冲淤叠置图分析，上述锚地均在拟建海上风电场工程实施水动力冲淤影响范围之外，项目用海对锚地无影响。

5.2.5 对海底管线的影响

根据前述分析，拟建风电场东侧 400m 的海底管线为丽水 36-1 气田开发工程海底管道，该管线现已确权。220kV 送出海缆与其最近距离约 150m。

根据数模分析，工程实施后，距离 8 号机最近的管道有约 0.1m 左右的冲刷，其余各点未发生明显的冲淤变化，本项目实施对丽水 36-1 气田海底管线造成的水动力、冲淤影响预测结果较小，不会影响其正常使用。虑到本项目距离 220kV 送出海缆与其较近，施工期敷缆船需做好安全措施，避免对该管线造成安全影响。

5.2.6 对海洋保护区的影响

1、对铜盘岛海洋保护区的影响

该保护区位于项目风电场西北侧约 18km，项目风电场 220kV 送出海缆与其最近距离约 1.59m。根据前述分析，受海缆施工影响，220kV 送出海缆施工将会造成该保护区水质一定程度下降，考虑到 220kV 送出海缆敷设速度较快，工期短，因此对其造成的影响是短期的局部的，施工期结束即可恢复；风电场实施冲淤影响范围也在该保护区之外。

2、对南麂列岛自然保护区的影响

（1）瑞安 1 号海上风电场区外缘线与南麂保护区外缘线最近距离 4.0km，不占用保护区岸线，项目实施的水动力、泥沙冲淤变化不会影响南麂保护区海域，对南麂保护区的岸线无影响。

（2）瑞安 1 号海上风电项目建设施工产生的悬浮泥沙影响范围主要集中在风电场所在区域以及主海缆通过的海域。全潮期间，10mg/L 悬沙增量包络线不

涉及南麂保护区，根据《海水水质标准》（GB3097-1997），第一类海水水质中的悬浮物标准是“人为增加量 $\leq 10\text{mg/L}$ ”，施工悬浮泥沙持续时间较短，符合海水水质一类标准，故对该区域的水环境质量基本无影响。

（3）瑞安 1 号海上风电项目施工期海上船舶生活污水需经收集后运至岸上，纳入生活污水处理系统处理，固体废弃物带上岸后由环卫部门收集处理，船舶含油污水由具备相关资质的单位接收处理，严禁直排入海。因此，在施工单位合规施工的前提下，施工人员活动不会对南麂保护区的水质环境和沉积物环境产生影响。

（4）瑞安 1 号海上风电场区外缘线与南麂保护区外缘线最近距离 4.0km，风电场建设不占用南麂保护区海域面积。工程施工引起悬浮泥沙扩散，进入南麂保护区外缘线的悬浮泥沙浓度远小于 0.1mg/L ，因此工程施工期悬浮泥沙扩散基本不会影响南麂保护区海域的浮游生物。

（5）瑞安 1 号海上风电场不占用南麂保护区海域面积，工程建设对底栖生物的影响主要集中在海缆敷设及风电场区周边海域。由于风电场区外缘线与南麂保护区外缘线最近距离 4.0km，因此工程实施不会对南麂保护区底栖生物产生影响。

（6）瑞安 1 号海上风电场区外缘线与南麂保护区外缘线最近距离 4.0km，施工产生的悬浮泥沙扩散至南麂保护区海域的浓度小于 0.1mg/L ，因此工程实施产生的悬浮泥沙不会对南麂保护区海域内的鱼卵、仔稚鱼产生影响。

（7）瑞安 1 号海上风电项目施工期进入南麂保护区的悬浮泥沙浓度极低，且游泳动物成体具有主动“避害”反应，因此悬浮物扩散对南麂保护区的游泳动物无影响。据《瑞安 1 号海上风电场项目水下噪声及电磁环境对海洋生物影响专题研究报告》，施工期打桩噪声对石首鱼类的最大影响距离为离桩基 3.2km，营运期水下噪声对石首鱼科的影响距离为 50m。瑞安 1 号海上风电场区外缘线距离南麂保护区外缘线最近距离 4.0km，因此项目噪声对南麂保护区海域的游泳动物无影响。

（8）南麂保护区的优势鸟类（黑尾鸥、白鹭、苍鹭等）多习惯于沿海岸的水域觅食和栖息，而瑞安 1 号海上风电场区与南麂保护区最近距离为 4.0km，鸟类分布较多的下马鞍岛与风电场区的距离更远（约 14km），因此项目实施不会影响南麂保护区内鸟类的觅食、栖息。瑞安 1 号海上风电场平面布置合理，有

一定的净空间允许鸟类穿越，对海洋性鸟类迁徙和飞行的影响较小。

(9) 瑞安 1 号海上风电项目施工期的悬浮泥沙扩散、营运期水动力变化、泥沙冲淤变化等对南麂保护区的水质环境、沉积物环境等基本无影响，不会影响南麂保护区内海洋贝藻类栖息生境，因此瑞安 1 号海上风电项目对南麂保护区海洋贝藻类基本无影响。

(10) 瑞安 1 号海上风电项目与大礁山屿的野生水仙花距离约 5.0km，野生水仙花生长于岛屿上，因此瑞安 1 号海上风电项目不会对野生水仙花产生影响。

(11) 瑞安 1 号海上风电项目与《浙江南麂列岛国家级海洋自然保护区总体规划》《国家公园等自然保护地建设及野生动植物保护重大工程建设规划(2021 年-2035 年)》、“三区三线”划定成果等相关区划规划相符合。

综上所述，瑞安 1 号海上风电项目实施产生的悬浮泥沙、施工期噪声、营运期噪声、水动力变化、泥沙冲淤变化、电磁辐射以及项目实施相关的人为活动等元素基本不会对南麂保护区的资源环境和保护目标产生影响，项目实施也符合南麂保护相关规划的管控要求。南麂列岛作为国家级海洋自然保护区，也是浙江省的第二个世界级湿地，生态地位显著，后续瑞安 1 号海上风电项目投产运行后，需要有针对性地对南麂保护区开展生态环境（水质、生态、鸟类、噪声等）监测，及时有效地评估项目实施对南麂保护区的实际影响程度，在项目顺利实施的同时，兼顾南麂保护区的环境质量和生物多样性的保护。

总的来看，由于上述保护区离拟建风电场工程区较远，拟建风电场实施对其基本没有影响。

5.2.7 对围垦工程、海堤的影响

由于距离较远，项目实施对阁巷围垦无影响，项目 220kV 送出海缆路由登陆点后缘为丁山围垦区，220kV 送出海缆将穿越丁山二期围垦工程海堤，然后至陆上集控中心及并入电网。该海堤由主堤、北堤和南堤组成。主堤长 4009m，南堤长 2120m，北堤长 1775m。根据了解，目前丁山二期海堤正在开展安澜海塘提标加固工程，该工程将丁山二期海堤防潮标准由 20 年一遇提升至 100 年一遇，主要包括提标加固海塘 7.893km（南堤 2133m、主堤 3964m、北堤 1796m）。目前该项目用海已获批复，目前正在实施中。本项目 220kV 送出海缆将穿越其权属区登陆，需进行立体分层设权。

根据《浙江省海塘建设管理条例》（2022 年 7 月修正）的有关规定，堤塘的

管理范围为塘身以及迎水坡脚起（有镇压层的从镇压层的坡脚起，下同）向外延伸 70m，背水坡脚起向外延伸 30m，保护范围为背水坡管理范围向外延伸 20m。堤塘管理范围内禁止从事下列行为：1）设置阻断防汛抢险或者妨碍海塘日常管理的固定隔离设施；2）堆放重物，倾倒土石、矿渣、垃圾等物质；3）爆破、打井、采石、取土、挖砂、挖塘、建窑、开矿；4）新建、改建、扩建建筑物、构筑物和其他设施，埋设管道、开挖沟渠；5）影响海塘安全的其他行为。堤塘保护范围内，禁止从事影响海塘安全的爆破、打井、采石、取土、挖砂、挖塘、开矿等活动。在海塘管理范围内，不影响海塘安全的前提下，确需从事第 4）项规定行为的，应当按照管理权限报水行政主管部门和相关部门批准。在海塘保护范围内，禁止从事影响海塘安全的爆破、打井、采石、取土、挖砂、挖塘、开矿等活动。建设跨塘、穿塘、临塘的码头、涵闸、桥梁、道路、渡口、船闸、船坞、管道缆线等设施，不得影响海塘安全、妨碍海塘抢险；其工程建设方案应当按照管理权限报水利行政主管部门批准。根据 220kV 海缆登陆设计，海缆登陆需采用定向钻穿堤方案，由此必然会造成海堤堤身部分结构破坏，一旦施工不当可能影响堤身稳定，造成海堤损毁。因此应合理选择海缆穿堤方案和工艺，尽量避免对堤身结构稳定造成破坏性影响。

5.2.8 对跨海桥梁的影响

项目 220kV 送出海缆登陆点附近有规划的凤凰山连岛大桥，目前尚未实施，本项目 220kV 送出海缆与其交越，海底敷设，对其无影响。

5.2.9 对海岸带修复工程的影响

温州海岸带保护修复区位于丁山二期主堤外侧，分为盐沼修复区和贝类礁修复区，本项目 220kV 海缆路由已避开该修复工程，距离该修复工程西南侧 2.2km，项目实施不会对修复区水动力及冲淤环境产生影响。

5.2.10 对码头的影响

项目周边海域码头较少，仅飞云江口南岸分布有两个已确权码头，分别为瑞安滨海油库码头和物流配送码头，本项目 220kV 海缆距离上述码头约 7.0km，项目实施对码头无影响。

5.3 利益相关者界定

根据项目用海对海域开发活动的影响分析结果和资源生态影响的最大范围，

将项目用海占用和资源生态影响范围内有直接利益关系的单位和个人界定为利益相关者。项目用海对交通、渔业、水利等公共利益产生影响的，应将上述公共利益的相关管理机构界定为需协调部门。

根据本报告 5.2 节项目用海对海域开发活动的影响分析结果，项目用海对周边的航道、锚地、渔业捕捞、海底和海底管线等海洋开发活动均有一定影响，因此，项目实施的利益相关者和需协调部门主要有：周边航道管理部门—瑞安市交通局、海上交通管理部门—飞云江海事处、220kV 输电电缆登陆点所在海堤权属所有者—瑞安经济开发区发展总公司、中海油输油管线业主—中海石油（中国）有限公司、海塘管理部门—瑞安水利局、受影响的海洋捕捞—瑞安市农业农村局等。

5.4 相关利益协调分析

本次用海变更无新增利益相关者，无需另行协调。

5.5 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析

5.5.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

略。

5.5.2 与国家海洋权益的协调性分析

略。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

6.1.1 《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》

2023 年 12 月 21 日，国务院发布了关于《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》的批复（国函〔2023〕150 号）。

（1）主体功能区定位

《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》提出，落实主体功能区战略，细化主体功能分区。在国家农产品主产区、重点生态功能区、城市化地区三类主体功能分区的基础上，按照陆海统筹的要求，将重点生态功能区细分为重点生态地区（即国家级重点生态功能区）、生态经济地区（即省级重点生态功能区），将城市化地区细分为城市化优势地区（即国家级城市化地区）、城市化潜力地区（即省级城市化地区），并增加海洋经济地区、历史文化资源富集地区等叠加类型区，构建承载多种功能、优势互补、区域协同的主体功能布局。

根据主体功能区分布图，本项目 220kV 海缆路由涉及国家级城市化地区，风场区和路由不涉及重点生态功能区。

（2）三区三线管控

系统优化农业、生态、城镇三类空间（“三区”）布局，按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序划定三条控制线（“三线”）。

根据浙江省国土空间规划三条控制线图，本项目用海不涉及永久基本农田、生态保护红线。

6.1.2 《温州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

根据《温州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，规划锚定城市建设区与自然山体、水系有机结合，沿江面海拓展。突出组团式布局结构，各个组团功能鲜明，职能互补。规划形成“一轴、一带、一区”的国土空间总体格局了。

依据国土空间开发保护总体格局，按照主体功能定位划分市辖区规划分区。规划共包括 7 个一级分区，分别为：生态保护区、生态控制区、农田保护区、乡村发展区、城镇发展区、海洋发展区和其他保护利用区。

本项目用海位于海洋发展区，不涉及永久基本农田、生态保护红线。

6.1.3 《瑞安市国土空间总体规划（2021-2035 年）》

根据《瑞安市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，瑞安市构建“一主两副四群八特”的城镇空间结构。统筹划定三条控制线，优先划定永久基本农田，严格保护生态保护红线，合理划定城镇开发边界。

本项目用海位于渔业用海区和海洋预留区，不涉及永久基本农田、生态保护红线。

6.1.4 《浙江省海岸带及海洋空间规划》

海岸带及海洋空间规划（以下简称“海岸带空间规划”）是国土空间总体规划的专项规划，是陆海统筹的专门安排，是海岸带高质量发展的空间蓝图。省级海岸带空间规划是对全国海岸带空间规划的落实，是对省国土空间总体规划的补充与细化，在国土空间总体规划确定的主体功能定位以及规划分区基础上，统筹协调海岸带资源集约节约利用、生态保护修复、产业布局优化、人居环境品质提升等开发保护活动，是海域海岛海岸线管控、审批的重要依据。

海岸带空间规划范围为浙江省管辖海洋空间及沿海乡镇级行政区所辖海岸带区域。其中，海洋空间区指大陆和有居民海岛海岸线向海一侧至领海外部界限的区域（含无居民海岛），面积 4.4 万 km²；沿海乡镇级行政区所辖海岸带区域与市级国土空间总体规划中沿海乡镇范围一致。规划期限为 2021 至 2035 年，规划基准年为 2020 年，规划近期目标年为 2025 年。

海岸带空间规划总体格局为深入贯彻实施海洋强省战略，基于全省海岸带空间资源禀赋，在“三区三线”基础上，强化海陆一体化治理，科学构建“一线串联、两域统筹，三带并举、六湾融汇，多岛联动、全域美丽”的海岸带保护利用总体格局，积极打造陆海统筹发展示范样板。

海岸带空间规划陆域生态保护区、陆域生态控制区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区以及陆域其他保护利用区的划分和管控参照国土空间规划及其详细规划实施管理（历史用海区除外）。在海洋空间，以基本功能分区为框架，统筹海域、海岸线、海岛、历史用海等海岸带空间资源，实施生态保护分级与利用管制分类相结合的管控方式。

6.1.4.1 基本功能区分类管控情况

海岸带空间规划依据《全国海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的总

体要求，按照空间资源禀赋、生态功能完整性、重大战略部署，结合开发利用现状和其他专项规划空间需求，本规划海洋部分共划分 357 个二级分区，其中：生态保护区、生态控制区为海洋生态空间，共计 117 个，总面积 14757km²，占海洋空间面积的 33.8%；渔业用海区、交通运输用海区、工矿通信用海区、游憩用海区、特殊用海区为适宜开发的海洋空间，共计 204 个，面积 27552 km²，占海洋空间面积的 63.0%；海洋预留区为海洋发展预留空间，共计 36 个，总面积 1415km²，占海洋空间面积的 3.2%。

基本功能分区内的无居民海岛按照清单实施分类管理。

本项目所在的海域功能区为瑞安近岸渔业用海区（330381610-02）、瑞安东部渔业用海区（330381610-01）和瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02）。

6.1.4.2 特殊空间管控情况

海岸带空间规划将海岸线、历史用海区、有居民海岛、无居民海岛、海陆一体化区域和海底电缆管道 6 类列为特殊空间，实施特殊管控。本项目用海涉及的特殊空间为海岸线和海底电缆。

（1）海岸线

浙江省大陆海岸线长 2125km，其中自然岸线长 767km，占比 36.1%。根据海岸线生态功能、资源价值与区位禀赋等条件，将大陆海岸线分为严格保护、限制开发和优化利用三类岸段，并在此基础上明确自然岸线占补平衡、海岸建筑避让区、深水岸线和潮间带的管控要求。

本项目海缆所涉及的大陆海岸线编号为“11377”，保护类型为优化利用岸段，长度为 18747m，其开发保护要求为：实施优化开发级生态管控。允许改变岸线形态，提升岸线使用效率，鼓励离岸式工程建设。按照向海一侧功能分区积极开展生态修复，实现海岸线集约高效利用。落实海岸建筑退缩线避让要求。

（2）海底电缆

根据海域资源条件和生态环境状况，充分考虑海底电缆、管道的铺设空间分布现状和发展需求，编制海底电缆管道路由廊道专项规划，划定禁止区、廊道区和限制区，统筹廊道空间布置，实现海底电缆管道精细化管理。涉及海底电缆管道路由选划的通信、能源等行业规划，应与海底电缆管道路由廊道专项规划相衔接。

6.1.4.3 典型生境情况

本用海项目位于瑞安东侧海域，本项目用海不在典型生境空间范围内。

6.1.5 《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于“瑞安农渔业区（B1-16）”和“瓯飞农渔业区（A1-24）”。

6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

6.2.1 对浙江省、温州市、瑞安市国土空间规划分区的影响分析

本项目 220kV 海缆路由涉及国家级城市化地区，风场区和路由不涉及重点生态功能区，主路由用海方式为海底电缆管道，埋设在海底 2.0m 左右，不会影响所在海域基本功能。

根据水文动力数模预测结果，结果表明项目建设对浙江南麂列岛国家级海洋自然保护区生态保护红线的涨落潮流速基本无影响，对南麂列岛外侧重要渔业海域和北麂列岛外侧重要渔业海域的涨落潮流速影响非常轻微，影响幅度均在 0.01m/s 左右，影响较小，对其它较远的生态保护红线，不会产生水文动力影响。

根据冲淤预测结果，冲淤平衡后，浙江南麂列岛国家级海洋自然保护区生态保护红线所在海域未发生明显的冲淤变化；南麂列岛外侧重要渔业海域生态保护红线局部有 0.2~0.3m 左右的淤积；北麂列岛外侧重要渔业海域生态保护红线局部 0.1m 左右的淤积；对于其它生态保护红线，不会产生冲淤影响。总体而言，项目实施产生的淤积对周边生态保护红线影响较小。

根据施工悬浮泥沙预测结果，风电场 66kV 海缆施工产生的低浓度悬浮泥沙部分进入北麂列岛外侧重要渔业海域，最大影响程度在 10mg/L 以下，单次 66kV 铺缆时间短，一般在 2 天内完成，工程施工时间较短，施工结束后，悬浮物可在较短时间内沉降。不会产生持续性泥沙扩散影响。桩基施工源强小，一般在桩基约 100m 的范围内产生约 2mg/L 的扩散范围，对北麂列岛外侧重要渔业海域产生影响较小，对其它生态红线基本无影响。

6.2.2 对浙江省海岸带及海洋空间规划的影响分析

6.2.2.1 对海洋功能分区的影响分析

本项目 220kV 海缆涉及瑞安近岸渔业用海区（330381610-02）、瑞安东部渔

业用海区（330381610-01）和瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02），风电场区位于瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02）。

（1）对所在海洋功能分区的影响

本项目海缆敷设和风场区桩基施工引起的悬浮泥沙，影响主要集中在施工区附近水域，对水质及渔业资源有一定影响，距离项目较远的地方几乎不受影响，施工结束后，水质会逐步恢复，影响随之消失；海缆敷设在海床 2.0m 以下，风场区海上风机、海上升压站桩基采用透水方式构筑物，仅桩基占用海域，对海域自然属性改变较小。项目用海对涉及海洋功能分区的影响较小。

（2）对周边海洋功能分区的影响

项目附近海洋功能分区有瑞安铜盘岛生态保护区（330381100-02，南侧，1.6km）、瑞安-平阳东部生态保护区（330300100-03，东侧，2.6km）、南麂列岛生态保护区（330326100-04，南侧，4.5km）、龙湾渔业用海区（330303610-01，北侧，紧邻）。

根据悬浮泥沙数模预测结果，海缆敷设和风场区桩基施工引起的悬浮泥沙会扩散至瑞安铜盘岛生态保护区、瑞安-平阳东部生态保护区、龙湾渔业用海区，悬浮泥沙随着施工结束而消失，不会对上述海洋功能分区造成长久影响。

6.2.2.2 对所在海域海岸线的影响分析

本项目海缆所涉及的大陆海岸线编号为“11377”，保护类型为优化利用岸段，长度为 18747m，其开发保护要求为：实施优化开发级生态管控。允许改变岸线形态，提升岸线使用效率，鼓励离岸式工程建设。按照向海一侧功能分区积极开展生态修复，实现海岸线集约高效利用。落实海岸建筑退缩线避让要求。

本项目海底电缆登陆采用定向钻方式穿越岸线，该施工方式通过海底直接穿越岸线，无需开挖，对海堤无影响，不会对岸线造成实际的压占，也不改变岸线的自然属性及原有生态功能。

6.2.2.3 对典型生境的影响分析

本用海项目位于瑞安东侧海域，本项目用海不在典型生境空间范围内，项目周边的典型生境主要为珍稀濒危物种集中分布区和重要渔业资源产卵区，海缆敷设和风场区桩基施工引起的悬浮泥沙会短暂扩散至上述生境，悬浮泥沙随着施工结束而消失，不会对上述生境产生长久影响。

6.2.3 对海洋功能区的影响分析

根据《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目主路由穿越“甌飞农渔业区（A1-24）”和“瑞安农渔业区（B1-16）”，风电场区所在的海洋功能区为“瑞安农渔业区（B1-16）”。项目周边的海洋功能区主要有：铜盘岛海洋保护区（B6-9）、铜盘岛保留区（B8-9）、南麂列岛保留区（B8-10）、南麂列岛自然保护区（B6-10）。

本项目施工期间产生的废水和固废均能得到妥善处置，不外排入海，不会影响周边海域功能区水质环境；本项目施工期产生的悬沙随着施工结束而消失，不会对所在海域产生长久影响；风场区海上风机、海上升压站桩基采用透水方式构筑物，对所在海域属性影响较小。因此，项目用海对所在及周边海洋功能区影响较小。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

6.3.1 与《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

根据《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》的主体功能定位分布图和三线控制图，本项目位于瑞安市东部海域，本项目 220kV 海缆路由涉及国家级城市化地区，风场区和路由不涉及重点生态功能区。根据三线控制图，不涉及永久基本农田和生态保护红线。

海上风电作为我国战略性新兴产业，既是沿海地区实现能源结构优化转型的重要抓手，也是拉动地方经济新的增长点。本项目瑞安 1 号海上风电的建设是推动本地区碳达峰、碳中和重点工程，切合我国碳达峰、碳中和国际承诺，推动周边城市产业结构优化升级。

因此，项目用海符合《浙江省国土空间规划（2021-2035 年）》。

6.3.2 与《温州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《瑞安市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

根据温州市国土空间总体规划和瑞安市国土空间总体规划的三条控制线，本项目不涉及永久基本农田、生态保护红线。因此，项目用海与《温州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《瑞安市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

6.3.3 与《浙江省海岸带及海洋空间规划》的符合性分析

6.3.3.1 与海洋功能分区管控要求的符合性分析

本项目 220kV 海缆涉及瑞安近岸渔业用海区（330381610-02）、瑞安东部渔业用海区（330381610-01）和瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02），风电场区位于瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02）。

（1）与瑞安近岸渔业用海区符合性分析

本项目 220kV 主路由穿越瑞安近岸渔业用海区，用海类型为“电力工业用海”，本项目用海符合瑞安近岸渔业用海区（330381610-02）的海域功能分区管控要求。

（2）与瑞安东部渔业用海区符合性分析

本项目 220kV 主路由穿越瑞安东部渔业用海区，用海类型为“电力工业用海”，符合瑞安东部渔业用海区（330381610-01）的海域功能分区管控要求。

（3）与瑞安北麂列岛南海洋预留区符合性分析

瑞安北麂列岛南海洋预留区即为本项目瑞安 1 号海上风电项目的预留用海区，项目用海符合瑞安北麂列岛南海洋预留区（330381660-02）的海域功能分区管控要求。

6.3.3.2 与特殊空间管控要求的符合性分析

（1）海岸线

本项目海缆所涉及的大陆海岸线编号为“11377”，保护类型为优化利用岸段，长度为 18747m，其开发保护要求为：实施优化开发级生态管控。允许改变岸线形态，提升岸线使用效率，鼓励离岸式工程建设。按照向海一侧功能分区积极开展生态修复，实现海岸线集约高效利用。落实海岸建筑退缩线避让要求。

符合性分析：

本项目宗海范围内涉及人工岸线长度 20.96m。由于海底电缆登陆采用定向钻方式穿越岸线，该施工方式通过海底直接穿越岸线，无需开挖，对海堤无影响，不会对岸线造成实际的压占，也不改变岸线的自然属性及原有生态功能。

因此，本项目用海与编号“11377”的优化利用岸段的开发保护要求相符。

（2）海底电缆

管控要求：根据海域资源条件和生态环境状况，充分考虑海底电缆、管道的铺设空间分布现状和发展需求，编制海底电缆管道路由廊道专项规划，划定

禁止区、廊道区和限制区，统筹廊道空间布置，实现海底电缆管道精细化管理。涉及海底电缆管道路由选划的通信、能源等行业规划，应与海底电缆管道路由廊道专项规划相衔接。

本项目 220kV 送出海缆按照《浙江省海底路由“十四五”规划》要求进行布置，近岸段与规划管廊相一致。项目 220kV 输出海缆近岸段路由位于“瑞安至北麂管线廊道”内，符合该廊道“近岸段保障海上风电场送出电缆入廊，有途经该海域的其他管线，鼓励入廊”的管控要求。因此，项目用海与《浙江省海底路由“十四五”规划》相衔接，符合海底电缆管控要求。

6.3.4 与《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》的符合性分析

本项目主路由穿越“瓯飞农渔业区（A1-24）”和“瑞安农渔业区（B1-16）”，风电场区所在的海洋功能区为“瑞安农渔业区（B1-16）”，符合海域使用管理要求和海洋海洋环境保护要求

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 区位和社会条件适宜性分析

项目选址区位条件优越、交通运输便捷、配套资源和建设条件完善。项目所在地区的基础设施、交通状况和社会经济条件等均能很好的支撑本项目的建设。项目的实施充分响应了地区清洁能源建设需求，促进了当地节能减排工作，缓解地区经济快速发展的电力需求。因此，项目选址于所在区域的区位条件和社会条件是相适应的。

7.1.2 自然资源和海洋生态适宜性分析

项目所在海域工程地质条件、海洋水动力条件、海底地形地貌及其动态变化、风力资源条件、气象气候条件、水深条件以及生态环境等条件较为适宜，项目用海选址与自然资源和海洋生态基本上是适宜的。

7.1.3 与周边其他用海活动及海洋产业适宜性分析

项目周边的海洋开发活动主要有渔业开发、港口、航道、锚地、海底管线、海洋保护区、围垦工程、跨海桥梁、海堤、海岸带修复工程、码头等。

(1) 项目风电场海上风机、升压站构筑物建设将占用部分海域，但总的占用面积较小。输电电缆在施工时造成短时悬浮泥浓度增加对周边海域的渔业捕捞有影响，运行期电缆线路区域将受严格保护，部分渔业捕捞活动如底拖、张网等无法进行，由此造成一定捕捞水域的减少。

(2) 项目风电场周边的航道主要有东航路、西航路、温州-南麂航路、王礁-下浪琅航路、瑞安-北麂岛航路 1（北航路）、飞云江口-西航路和规划的飞云江口-西航路（10000 吨级）等，主场区与航道距离均在 1800m 以上。

(3) 项目风电场 220kV 送出海缆需穿越西航路、温州-南麂航路、王礁-下浪琅航路、王礁-大瞿岛航路、飞云江-洞头航路和规划的飞云江口-西航路（10000 吨级）等多条航道，从航道未来升级和通航安全考虑，建议加大 220kV 海缆在穿越航道段的埋深，同时在敷设施工前要做好海缆交越航道施工方案设计和施工组织。

(4) 项目风电场主场区东 500m 有丽水 36-1 气田开发工程海底管道，同时，项目 220kV 海缆部分中间路由段与该油管并行，间距 150m，需控制施工精度，

加强冲淤观测。

(5) 项目电场区海域属于当地传统的捕捞区。每年的捕捞季当地均有渔船会在该区域进行捕捞活动，出让海域风电场实施后由于场区敷设有多个输电电缆，根据海底电缆的保护规定，在电缆路由区严禁抛锚、底拖捕捞作业等活动。因此，造成当地部分捕捞水域的减少。同时，220kV 海缆建设也将占用一定海域，建成后其两侧保护范围内原则上也禁止渔业捕捞、滩涂养殖活动。建议风电场运营单位做好相关渔民损失补偿工作。同时由于风机和海缆的存在也对过往渔船造成一定的通行影响，先关部门应做好警示标识工作，同时可请当地渔政部门加强对作业区内渔船的监管工作。

(6) 项目 220kV 送出海缆登陆点需穿越丁山二期安澜海塘权属区，并通过定向钻穿越其海堤，需做好权属占用和穿堤施工许可等协调工作。

综上所述，拟建风电场与周边其他用海活动的功能虽有一定影响，但可协调，同其他海洋产业基本可协调发展。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 体现了节约集约用海的原则

根据风电场平面布置原则及制约因素，结合场区形状、主要风能风向，在规划风电场范围内进行风机布置，拟定多个风电机组布置方案，并计算各方案风电场发电量及尾流影响。在各比选方案中，从发电量看，方案二发电量最高，年等效满负荷小时数最高；从尾流影响上看，方案二的尾流影响最小。推荐方案二作为推荐方案，风电场风电机组行间距 1918m，行内间距 834~956m，体现了节约集约用海的原则。

7.2.2 有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目平面布置已避让生态保护红线、无居民海岛等生态敏感目标；风机、海上升压站桩基会占用海洋生物生存空间，因占用面积较小，对海洋生态影响较小；桩基基础施工及海底电缆铺设施工产生悬浮泥沙扩散会导致水质变差，对浮游生物和渔业资源等产生不利影响，由于鱼类逃逸能力较强，绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避，不会造成明显影响，随着施工的结束，悬浮泥沙影响消失，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复；底栖生物也会重新在周边海域的底泥中生存、栖息。

建议建设单位应采取一定生态资源补偿措施，以缓解项目实施对周边海洋生态造成的影响。

7.2.3 最大程度地减少了对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目海上风机基础采用四桩导管架基础方案，海上升压站下部结构采用导管架型式。海上风机等桩基尺度较小，桩基之间距离较大，工程实施后对周边潮流场影响很小，流速和流态主要在桩基局部附近略有变化，对项目外侧海域的流场没有影响。同时，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，其强度和范围会随着桩基所处的位置而呈现相应变化。工程建成后，项目所在海域及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，对周围海域流场、悬沙等影响也较小。海底输电电缆埋设于泥面下，不会对所在海域水文动力环境、冲淤环境产生影响。

7.2.4 最大程度地减少了对周边其他用海活动的影响

项目周边的海洋开发活动主要有渔业开发、港口、航道、锚地、海底管线、海洋保护区、围垦工程、跨海桥梁、海堤、海岸带修复工程、码头等，根据前述分析，在项目布置阶段已经考虑过其相关要求，并进行针对性设计，尽量降低对其用海活动的影响。根据前述分析，在采取一定管控措施和经济补偿的前提下，是可以和上述用海活动相适应的。

总体看来，本项目风电场的平面布置是合理的。

7.3 用海方式合理性分析

风机、海上升压站所使用的海域用海方式为透水构筑物；海底电缆所使用的海域用海方式为海底电缆管道。

7.3.1 风机基础形式比选

初设阶段结合结构、施工组织难易程度、工期、工程经济性等因素，对各基础方案进行综合比较后，同时从工程地质、风电机组、船机设备、工程投资、工期及发电效益等方面考虑。单桩基础底部最大桩径达到 12.30m，目前国内已加工、施工的最大桩径为 10.5m，桩径方面加工和施工难度均较大，目前桩径下国内可开展加工制作的加工厂较少，主要集中在江苏、山东等地，同时需要配备足够尺寸的运输船机设备和抱桩架，运输、施工的基础投入会较大。此外，单桩基础平均桩长为 125m，平均桩重（不含法兰接近 3500t，考虑到本项目的

水深范围为 19~29m，需要配备的起重船至少具备 125m 吊高（考虑吊具高度和借助水深）下 4500t 的起重能力，施工难度和风险较大，国内目前具备此吊高下该起重能力的船机设备极少，即使考虑在建的起重船，能匹配使用的数量也较少，且满足要求的起重船在本项目水深下施工较为困难。因此，考虑目前国内项目经验、加工能力和施工船机情况，该大直径单桩方案由于尺寸和重量过大，暂不具备可行性。

四桩导管架基础虽然对导管架的定位及打桩精度要求比较高，调平和灌浆施工难度较大，但是工程经济性较优且整体刚度较大，抗弯能力较强，整体结构稳定性好，对于船机设备要求不高，且先桩式导管架基础在国内已有丰富的施工经验，有利于本项目导管架基础的实施，所以本阶段推荐四桩导管架基础方案作为本工程风电机组基础方案。

7.3.2 最大可能不填海和少填海，尽可能采用透水、浮式、开放式的用海原则

本项目风机基础采用四桩导管架基础方案，对岸滩或海底形态影响较小，海水流通性较好，属于透水结构，充分体现了尽可能采用透水式的用海原则。

7.3.3 最大程度地减少对海域自然属性的影响，有利于维护海域基本功能

本项目风机、升压站用海方式为透水构筑物，用海方式对海域自然属性影响较小；220kV 及 66kV 输电电缆利用海域底土空间资源，不影响海底以上海域的使用，有利于对海洋资源进行立体开发，且对海洋资源生态影响较小。因此，本项目用海方式有利于维护海域基本功能。

7.3.4 最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目风机、海上升压站桩基会占用海洋生物生存空间，因占用面积较小，对海洋生态系统影响较小；桩基基础施工及海底电缆铺设施工产生悬浮泥沙扩散会导致水质变差，对浮游生物和渔业资源等产生不利影响，由于鱼类逃逸能力较强，绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避，不至于造成明显影响，随着施工的结束，悬浮泥沙影响消失，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复；底栖生物也会重新在周边海域的底泥中生存、栖息。施工结束后，项目所在海域内的生态系统也将逐步得到恢复。

可见，项目用海方式对区域海洋生态系统影响较小。

7.3.5 最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目海上风机基础采用四桩导管架基础方案，海上风机等桩基尺度较小，桩基之间距离较大，工程实施后对周边潮流场影响很小，流速和流态主要在桩基局部附近略有变化，对项目外侧海域的流场没有影响。同时，泥沙冲淤的影响范围主要集中在桩基附近，其强度和范围会随着桩基所处的位置而呈现相应变化。工程建成后，项目所在海域及附近海床将产生一定的冲淤变化，但冲淤强度及范围较小，对周围海域流场、悬沙等影响也较小。海底输电电缆埋设于泥面下，不会对所在海域水文动力环境、冲淤环境产生影响。可见，项目用海方式不会对区域水文动力环境、冲淤环境产生明显影响。

综上所述，项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目 220kV 海缆登陆点位于丁山二期海堤，所属岸线属性为人工岸线。经量算，宗海范围内涉及人工岸线长度 20.96m。由于海底电缆登陆采用定向钻方式穿越岸线，该施工方式通过海底直接穿越岸线，无需开挖，对海堤无影响，不会对岸线造成实际的压占，也不改变岸线的自然属性及原有生态功能。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 立体分层设权分析

7.5.1.1 立体分层设权政策背景

本项目 220kV 送出海缆用海与已确权的瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）用海平面上存在用海重叠，用海重叠部分，用海空间层相互独立，互不干扰，满足立体分层设权要求。因此，项目用海根据上述政策文件拟采用立体分层设权方式。

7.5.1.2 与空间规划符合性分析

本项目用海 220kV 送出海缆拟立体分层确权段位于瑞安近岸渔业用海区，空间准入要求为主要用于渔业基础设施、增养殖、捕捞、海岸防护等功能，兼容工矿通信、交通运输、游憩等功能。

本项目属于工业用海，220kV 送出海缆有穿越瓯飞农渔业区，由于海缆埋设于海底面以下的土层中，仅占用海床资源，不改变所在海域的自然属性，对

该功能区主导功能没有影响。因此，风电场工程对瑞安近岸渔业用海区基本功能影响幅度和范围有限，不影响其主体功能。

综上，在已确权的瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）用海基础上，海塘用海与本项目 220kV 海缆用海的重叠区域采用立体分层设权的方式，海缆的用海类型为电力工业用海，为主体工程瑞安 1 号海上风电场提供电力输送通道，符合所在海洋功能分区要求；已确权的海塘用海作为海岸防护工程，属于防灾减灾基础设施，符合所在海洋功能分区要求。220kV 海底电缆用海与海塘用海重叠区域采用立体分层设权的方式，立体分层设权后依然可以保障海塘镇压层正常的功能以及合法权益，两者用海活动具有功能上的兼容性，符合《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）“分类实施海域立体分层设权，优先保障海域主导功能，合理确定兼容功能，确保各类用海活动影响和风险可控，着力提升海域资源精细化管理水平”以及《浙江省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（浙自然资规〔2022〕3号）“优先保障海域基本功能，科学、合理开发与保护海域资源，在互不排斥和有限影响且可控的前提下，兼容多种用海行为，实施部分或整体设立海域使用权”的文件精神，可进行立体分层设权。

7.5.1.3 立体分层设权实施的必要性、可行性分析

（1）立体分层设权实施的必要性

瑞安 1 号海上风电场项目已列入省海上风电场建设规划。本项目风电场建设符合国家新能源产业发展战略，是浙江省能源消耗的有益补充，对改善地区电源结构，推动风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义。作为海上风电场项目，本项目的海底电缆建设需占用一定面积海域，海底电缆用海十分必要。

瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）用海所涉的镇压层用海主要为满足海塘整体稳定安全和塘脚防冲安全而建设，海堤镇压层确需利用一定范围的海域空间。

根据现场勘查和调查，瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）主要为镇压层用海，且已取得用海批复，本项目 220kV 送出海缆涉及瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）的镇压层确权段敷设。

本项目 220kV 海缆与瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）用海重叠区域采用

立体分层设权的方式，可以保障后续海塘正常的运营以及合法权益，两者用海活动具有功能上的兼容性。综合考虑陆海统筹、海域资源高效利用以及海洋产业协同发展，在已确权的海塘区，海塘用海与海缆用海重叠区域采用立体分层设权是必要的。

（2）立体分层设权实施的可行性

根据现场勘查和调查，瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）采用抛石等镇压层加固，且已取得用海批复；本次 220kV 海缆登陆涉及上述部分区域的镇压层。

本项目 220kV 海缆的实施在保障海底镇压层用海的前提下，海缆用海与海塘用海重叠区域采用立体分层设权的方式，重叠区域的海塘确权部位为镇压层抛石防护区，海塘确权的海域空间为海床，海塘的用海类型为特殊用海中的海岸防护工程用海，且海塘提标加固完成后作为城镇基础设施用海保障城镇防潮安全；而 220kV 海缆确权用海方式为海底电缆管道（使用的海域空间为底土），用海类型为电力工业用海，重叠区 220kV 海缆确权的海域空间为海缆埋设底高程至顶高程，镇压层确权的海域空间为海床至镇压层设计顶高程，通过办理立体分层设权后依然可以保障海塘正常的运营以及合法权益。

因此，本项目采取海域立体分层设权是可行的。

7.5.1.4 立体分层设权双方关系处理

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）“在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。”

根据《浙江省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（浙自然资规〔2022〕3 号）“对已设定海域使用权的海域，进行立体分层设权的，应征得原使用权人同意后按程序办理用海手续，避免因海域权属产生纠纷”。

本项目海底电缆用海与上述海塘用海重叠区域采用立体分层设权的方式，可能会对海塘用海主体的权益造成一定影响。且海缆施工时也可能会影响海塘基础稳定。建议由建设单位与海塘权属人签订书面协议，协议明确对项目建设的意见，并明确具体的权属安排、责任义务、矛盾化解机制等。本项目用海前期出让前已取得瑞安市海塘安澜工程（丁山二期）权属人一瑞安经济开发区发展总公司的同意，本次变更无新增不利影响，不会因海域权属产生纠纷。

7.5.1.5 立体分层设权用海退出机制

《中华人民共和国海域使用管理法》第二十六条规定，海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。除根据公共利益或者国家安全需要收回海域使用权的外，原批准用海的人民政府应当批准续期。准予续期的，海域使用权人应当依法缴纳续期的海域使用金。其第 29 条第 1 款规定，海域使用权期满，未申请续期或者申请续期未获批准的，海域使用权终止；第 2 款规定，海域使用权终止后，原海域使用权人应当拆除可能造成海洋环境污染或者影响其他用海项目的用海设施和构筑物。

丁山二期海塘用海期限 40 年，权属期限为 2023~2063 年；本项目已批用海期限 27 年，为 2023~2050 年，本次变更后用海期限仍至 2050 年，届时仍在海塘用海期限内。

7.5.2 用海面积量算和宗海图绘制

7.5.2.1 现场勘测基本情况

本项目用海位于瑞安市北麂列岛南侧海域，220kV 送出电缆登陆点位于瑞安丁山二期围堤东北端。2024 年 10 月 31 日，我公司技术人员进行现场勘测时，主要针对丁山二期标准海塘岸线进行了测量。

7.5.2.2 宗海界址界定

根据拟建风电项目设计方案，项目用海内容涉及海上升压站、海上风机基础及海底输电电缆。海上升压站和风机基础用海方式为“透水构筑物”，海底输电电缆用海方式为“海底电缆管道”。

项目用海界址线的确定根据《海上风电开发建设管理办法》、《海籍调查规范》（HY/T124-2009）和《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）中有关海上风电机组、海底电缆以及其他用海设施用海范围界定的规定；项目海底电缆用海范围与风机、升压站的用海范围有重叠部分，按照各用海方式海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则，即：风机基础和升压站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除；针对互相重叠部分，按照透水构筑物＞220kV 海缆＞66kV 海缆的顺序，优先确权给上一级。

（1）宗海界址界定方法

①海上风机宗海界址界定方法

根据《海上风电开发建设管理办法》第二十条：“海上风电项目建设用海面积和范围按照风电设施实际占用海域面积和安全区占用海域面积界定。海上风电机组用海面积为所有风电机组塔架占用海域面积之和，单个风电机组塔架用海面积一般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；其他永久设施用海面积按《海籍调查规范》的规定计算。各种用海面积不重复计算。”

根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）5.4.2.5 条款“电力工业用海” f）项：“海上风力发电出让用海，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 50 米为半径的圆为界；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，风机基础用海范围根据《海上风电开发建设管理办法》和《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中的相关规定，单台风机基础用海范围以其中心点至基础最外缘线点再向外扩 50m 为半径的圆形区域计算。

根据场区周边条件，风机基础采用 4 桩导管架方案，，四边形空间结构底部为 27.0m×27.0m，桩径为 3.6m，则导管架基础单个风机基础中心点至桩基础最外缘点（桩基底部）的距离为：20.8919m，外扩 50m 后为 70.8919m。据此计算得 22 个风机基础的用海总面积为 34.7349 公顷。

②海上升压站宗海界址界定方法

项目海上升压站为导管架透水式海上平台，根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）5.4.2.5 条款“电力工业用海” d）项：“引桥、平台等透水构筑物用海，以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10 米距离为界”。

项目海上升压站包括上部结构和下部基础结构，根据项目初步设计报告，海上升压站上部组块最大平面尺寸约为 42.000m×37.055m。因此，用海范围按最大值计算，即海上升压站实际占用海域面积计算为 42.000m×37.055m，外扩 10m 后为 42.000m×57.055m。据此计算得海上升压站用海面积为 0.3537 公顷。

③海底电缆宗海界址界定方法

项目海底电缆用海面积量算根据《海籍调查规范》（HY/T124-2009）5.4.2.5 条款“电力工业用海” g）项：“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 10 米距离为界”。

项目海底电缆包括场区内 66kV 电缆及 220kV 送出电缆。部分电缆用海范围

与风机及升压站用海范围重合。

依据《海籍调查规范》5.3.6.3 条界定，“用海方式重叠范围的处理，即当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围”。根据 2019 年《浙江省财政厅浙江省自然资源厅关于调整海域无居民海岛使用金征收标准的通知》（浙财综〔2019〕21 号）中海域使用金征收标准可知，“透水构筑物用海”海域使用金高于“海底电缆管道用海（0.73 万元/公顷）”。

因此，本项目海底电缆与海上风机基础重叠的用海面积归入海上风机基础用海面积，与海上升压站重叠的面积归入升压站用海面积，海底电缆用海范围为电缆路由向两侧外扩 10m 后扣除与海上风机、海上升压站的重叠范围。同时，220kV 电缆用海范围登陆段界定至修测岸线。

海底电缆在扣除与海上风机、海上升压站重叠面积后，220kV 送出电缆用海面积为 88.1159 公顷、场区内 66kV 电缆用海面积为 53.6851 公顷，海底电缆用海总面积为 141.8010 公顷。

（2）岸线界定方法

根据《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018），“大陆海岸线采用省公布的**最新海岸线修测成果**，未公布海岸线修测成果的大陆岸线，以省级海洋功能区划的海岸线为准；海岛海岸线以实测为准；行政界线采用批准的陆地行政界线和海域行政界线”，因此，本项目海岸线界定以最新修测海岸线，即 2019 年修测海岸线为准。

（3）界址点界定及坐标系选择

本项目宗海面积量算采用高斯-克吕格投影，中央子午线 121°00'E，坐标系采用 CGCS2000 坐标系。宗海界址点通过我公司 2024 年 10 月 31 日对 220kV 送出电缆登陆点所在的丁山二期标准海塘实测得出，经复核无误后，在项目平面布置图基础上依据相关规范绘出宗海界址线。

7.5.2.3 用海面积量算和宗海图绘制

（1）用海面积的计算方法

根据数字化宗海界址图上所载的界址点平面坐标，利用相关测量专业的坐标换算软件，将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影 3 度带、121°00'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。本次宗海面积计算借助于 Auto CAD 软件计算功

能直接求得用海面积，其采用的计算方法为坐标解析法，即利用已有的各点平面坐标计算面积，坐标解析法计算公式为：

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

式中：

S——宗海面积（m²）

x_i, y_i ——第 i 个界址点坐标（m）。

（2）用海面积量算和宗海图绘制

根据上述宗海界址界定和用海面积量算分析，本项目在用海范围界定和用海面积量算过程中，参照《海上风电开发建设管理办法》《海籍调查规范》，并结合项目平面布置图进行坐标转换，确定平面用海范围，量算用海面积。

本项目用海面积量算采用高斯-克吕格投影，中央子午线 121°00′，CGCS2000 坐标系，宗海图按《宗海图编绘技术规范》（HY / T251-2018）要求进行绘制，最终确定本项目宗海总面积为 176.8896 公顷。

7.5.3 用海面积合理性分析

7.5.3.1 用海面积满足用海需求

本项目为《浙江省海上风电场工程规划报告》（报批稿）规划的瑞安 1#海上风电项目。根据工程设计变更，建设方案变更后风电场区呈不规则四边形布置，最近风机离岸距离约为 36.6km，水深 20m~25m，东西向最长约 9.4km，南北向最宽约 2.2km，涉海面积 19.3km²，工程总装机容量 30 万 kW。

拟建风电场拟安装 22 台单机容量 14MW 风电机组，总装机规模 308MW。风电场理论年发电量为 145832 万 kWh，设计年发电量 139028 万 kWh，平均尾流影响折减系数为 4.67%，年上网电量为 104271 万 kWh，年等效满负荷小时数为 3385h。风电场规划面积约 19.3km²，每 10 万千瓦包络面积 6.3km²，在满足国家海洋局《关于进一步规范海上风电场用海管理的意见》中关于涉海面积的规定时，结合瑞安海域风资源条件，选择经济性较好的单机容量 14MW 风机作为推荐机组，按尾流影响最小、发电量最大化的平面方案布置。

拟建风电项目采用海上升压站，且采用 220kV 升压方式，送出海缆采用新型施工工艺减小海缆间距，不但降低了海缆损耗、缩短了施工周期，而且大大缩减了送出海缆的用海面积，节约了海域资源。

因此，目前本项目整体的用海面积，一方面满足《关于进一步规范海上风电场用海管理的意见》中关于涉海面积的规定，另一方面又满足了本项目的用海的相关要求，又提高了经济效益。出让海域用海面积可以满足项目实际用海需求。

7.5.3.2 用海面积符合相关行业的设计标准和规范

根据《风力发电场设计技术规范》，5.1.1 规定：“风力发电机组在风力发电场内的布置，应根据场地内地形、地貌及场内已有设施的位置综合考虑，充分利用场地范围，选择布置方式。” 5.1.2 规定：“风力发电机组布置尽量紧凑规划整齐，有一定规律，以方便场内配电系统的布局，减少输电线路的长度。” 5.1.3 规定：“风力发电机组按照矩阵布置，行必须垂直风能主导方向，同行风力发电机组之间距离不小于 3D，行与行之间距离不小于 5D，各列风力发电机组之间交错布置。” 5.1.9 规定：“对拟定的风力发电机组布置方案，需用风力发电场评估软件进行模拟计算，尽量减少尾流影响，进行经济比较，选择最佳方案，标出各风力机地图坐标。”

拟建风电场平面布置根据项目所在海域潮流流向、场区地形及经济评价综合而定，符合该规范场区布置要求。同时，本项目拟建风电项目推荐风电机组布置行间距 1918m（7.61D），风电机组平面布置最小行间距 834m（3.31D），布置行间距及行内间距均满足设计规范要求，最终推荐的风电机组布置以及 220kV 海缆路由布置也是经过综合比选确定。因此，拟建风电项目风电场平面设计符合《风力发电场设计技术规范》。

综上可知，项目用海面积符合相关行业技术规范的要求。

7.5.3.3 减少项目用海面积的可能性分析

从目前现有场区海域风能资料、场区工程地质资料等条件下，拟建风电项目采用的风机机组、平面布置、基础形式、海上升压站升压方式（220kV）、海底电缆数量及排列等均采用减小用海面积的方式，已在一定程度上缩减了用海面积。

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》，海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右，除因避让航道等情形以外，应当集中布置，不得

随意分块。规划建设海上风电项目较多的地区，风电场应集中布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源。本风电项目每 10 万千瓦包络面积仅为 6.3km^2 ，远低于“单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”的要求。

根据国家海洋局《关于进一步规范海上风电场用海管理的意见》，要想减少项目风电场涉海面积当前有两个选择：一是通过增大单台风机功率，减少风电场风机数量，以争取减少用海面积。但是本次风电项目选用的已经是目前认证最高的 14MW 机型，因此这一方法不可行。另外就是在保证一定收益率的情况下，尽量缩小风机间距，减少用海面积，但若继续缩减场区面积的话，尾流影响急剧增加，导致经济性严重下滑，经济不可行。按目前平面布置的行间距及行内间距，平均尾流影响折减系数为 4.67%，目前尾流影响满足要求。如果进一步压缩场区风机行间距或行内间距，则风机尾流将进一步上升，将影响机组安全、稳定运行。在无法保证收益的情况下，是无法进行项目投资建设的。由此可见，在无法保证一定经济性的前提下，减少场区用海面积也是不可行的。

瑞安 1 号风电场总平面布置是根据《风力发电场设计技术规范》《风力发电场设计规范》《浙江省海上风电项目规划》等综合确定的，场址和装机规模及平面布置已基本确定。同时与其他海上风电场行类比分析，工程实际用海面积较优，更能体现节约集约用海原则。

此外，本项目风电场风机和升压站基础用海方式为透水构筑物，桩基基础按照相关规范和当地气象、水文条件进行设计的，如缩减桩基规模，则在极端天气发生时增加桩基础受损几率，无法满足基础安全。因此，现有用海方式和规模，是在确保自身构筑物安全情况下，已经多次优化，尽量减少了海域面积的占用。

因此，拟建风电项目在设计阶段的各个环节均已考虑了尽可能减少海域使用面积的可能性。目前采用的场区风机布置，既满足了实际需求，又对周边海域资源及开发利用影响小，尾流影响可接受。整体机组布置基本无进一步减小用海面积的可能，在保证方案尾流基本可行、机组运行安全、稳定的前提下，已实现海域的最大化开发利用，因此，本项目用海面积合理，无减少用海面积的可能性。

7.6 用海期限合理性分析

根据导则要求，用海期限应以项目主体结构和主要功能的设计使用（服务）年限作为依据，以法律法规的规定作为判断标准，分析用海期限是否合理。

（1）设计使用（服务）年限

风电场风机基础结构设计寿命为 25 年，防腐设计年限 30 年，总工期 20 个月。

（2）法律法规规定年限

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条，港口、修造船厂等建设工程用海最高期限为 50 年。

本项目原用海期限至 2050 年 11 月 19 日止，本次用海变更后申请用海期限仍至 2050 年 11 月 19 日，既满足项目主体结构设计使用年限要求，也符合《中华人民共和国海域使用管理法》海域使用权最高期限规定，其用海期限的确定是合理的。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 生态保护对策

8.1.1.1 设计阶段

本风电项目设计体现了生态化理念，避让了生态敏感目标，尽量减少海洋资源的占用。海上风场区及送出海缆变更前选址已避让了南侧的浙江温州铜盘岛省级海洋公园生态保护红线、东侧的北麂列岛外侧重要渔业海域生态保护红线等，本次变更后风电场东侧边界内缩，距离东侧的北麂列岛外侧重要渔业海域生态保护红线更远，对生态保护红线的影响更小；同时本次变更风机由 24 台减少为 22 台，在减少项目用海面积的同时，尽可能减少了项目建设对海洋自然资源的占用。

8.1.1.2 施工阶段

(1) 为减轻项目建设对海洋生态环境的影响，应采取以下措施：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下，尽可能减少海底开挖面积、开挖量，缩短水下作业时间，避免施工悬浮物剧烈扩散对海洋环境的影响。

②严格限制工程施工区域在其用海范围内，控制电缆施工设备及人员作业范围，施工机械按照电缆划定施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③海底电缆施工应避开 3~5 月曼氏无针乌贼、大黄鱼、小黄鱼的产卵盛期。

④定向钻施工选择落潮露滩施工，以减小对定向钻滩涂海域的水质、生态影响。

⑤风场区东侧为北麂列岛外侧重要渔业海域生态保护红线，风机打桩采用软启动的打桩方式，同时采用驱鱼器等设施驱赶鱼类，以减少对石首科鱼类的影响。

(2) 为减轻项目建设对渔业资源和渔业生产的影响，应采取以下措施：

①对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行张网捕捞活动的范围、时间。

②做好施工期的海水环境跟踪监测工作。对施工期附近水域开展生态环境及渔业资源跟踪监测，及时了解工程施工对生态环境及渔业资源的实际影响。

（2）水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工中的水下打桩将对周围海域的海洋生物、特别是石首鱼科的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基 3.8km 范围为哺乳动物和石首鱼科受水下噪声影响的危险区域，在该范围内若出现相应哺乳动物或石首鱼科鱼群活动，应停止打桩施工，驱逐离开保护范围后再进行打桩。

③施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

④打桩时避免采用撞击式的打桩方式，并会采用环保型液压式打桩，减缓噪音能量散播。打桩时采用软启动方式。即首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强，用于声驱赶海中一些游动的鱼群。

⑤建设单位在施工现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉后应及时处理各种环境纠纷。

（3）鸟类保护措施

①尽可能选用低噪声设备，并加强设备的维护和保养，减少施工船舶上机械噪声对鸟类的干扰。根据工程用海区沿岸和海域鸟类的生活习性，合理安排施工期，在迁徙季节竖立和组装风机应该格外留意区域鸟类的出现和行为活动。同时，对施工人员进行鸟类保护的宣传教育，杜绝猎杀鸟类的行为。

②在鸟类迁徙期（春、秋季节）要加强灯光使用管理，严格控制光源使用量，对光源进行遮蔽，减少对外界的漏光量，尤其是在大雾、小雨、强逆风或无月的夜晚，施工应格外谨慎。针对夜间飞行的鸟类容易被人工光照明干扰，造成误撞的情况，应改进光照强度，减少迁徙季节鸟类误撞概率。红色光对于候鸟的影响相对较强，为了减少红色光对鸟类的影响，应尽量降低红光灯的使用率或使用其他照明光源作为替代品，尽量使用对鸟类影响较小的 LED 灯。

③合理规划施工作业时间。不同季节的鸟类群落组成都有所不同，但以迁徙期的鸟类种类和数量最大。施工单位在制定施工计划、安排进度时，应减少鸟类迁的影响。

④加强船舶管理，避免船舶溢油事故发生，进而避免溢油风险事故对邻近海域和岛屿周边鸟类栖息地的影响；对于船舶溢油等风险事故做好突发事件预案，把减缓对邻近海域以及海岛周边鸟类栖息地的影响措施纳入到预案中加以考虑，在预案中形成明确的鸟类及其栖息地保护的措施。

⑤加强施工建设期鸟类的监测。在施工期建设期即开始对风电场海域及周边区域鸟类状况开展跟踪监测，进一步评价和验证施工期鸟类的影响，密切观测候鸟动向，并根据观测结果及时修正或者调整施工方案和施工安排。

8.1.1.3 运营阶段

①营运期每一个季度进行一次风机巡查维护，维护船舶每次维护产生的生活污水量约为 2m^3 ，船舶生活污水收集后交由资质收集处置。营运期船舶巡检维护船舶产生的含油污水经收集后交由相关资质单位处置。

②为防止主变压器发生事故，本项目海上升压站主变下方设有容量为 90m^3 的事故储油罐，以满足事故排油需要。

③加强风电场运营管理，保证各项工程设施完好和确保安全生产是海洋生态保护最基本的措施，杜绝海洋环境污染事故。

④根据海域环境特征，在风电场附近内设立长期的监测站点，对海域的各种水生生物资源（包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源）等进行定期监测。

⑤建设单位应按照《浙江省水生生物增殖放流工作规程》要求开展增殖放流工作，将项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中，在当地部门指导下，统一开委托开展生态补偿方案的编制，编制增殖放流计划表，统一开展效果评估。

⑥风电场区域的照明设备建议选用白色灯，并且尽可能少安装灯，灯的亮度和闪烁次数也要尽可能小和低。不要使用钠蒸气灯，禁止长时间开启明亮的照明设备，给需要照明的设备加装必要的遮光设施，以减少光源对夜间迁徙鸟类的干扰。

⑦鸟类通常以视觉判断飞行路线中的障碍物，为减少鸟类与风机叶片碰撞的风险，风机的叶片翼尖区域建议选用红白相间的颜色，不同于天空和海洋背景的颜色，以起到警示色的作用，让鸟类在飞行中能尽早分辨出安全路线，及时规避风机，降低鸟只撞机风险。

⑧特殊情况下的风电场运行管理。在有大雾、小雨或强逆风等不利天气状况时，尤其在迁徙强度大的季节，应密切关注风电场的情况，避免鸟类撞机伤亡。在风场区内安装驱鸟装置，对可能进入风场区的鸟类进行驱赶，以减少风机运行对鸟类的伤害。

⑨风电场建成后，开展定期鸟类监测，及时掌握风电场区鸟类信息。在遇到大群候鸟停歇风电场内及附近区域，应该谨慎对待，必要时可以考虑停机驱赶。万一发现鸟类伤亡，应及时救治受伤鸟只，鸟类观察救助站人员应当接受专业鸟类知识培训，并将伤亡记录及时向有关单位汇报。

8.1.2 生态跟踪监测

根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640号）相关要求，为了分析、验证和复核本项目对环境影响评价结果，及时反映工程实际影响，需进行跟踪监测，以便及时提出合理化建议和对策、措施，达到保护工程周围环境质量、生物多样性和渔业资源的目的。

生态跟踪监测需由海洋环境监测单位来实施完成，海洋环境监测单位必须熟悉项目所在海域的海洋环境特征，具备海洋水质、沉积物、生态等环境检测的计量认证证书（CMA），对海洋生态环境跟踪监测结果负责。生态环境监测报告须通过行业权威专家的评审和验收，并接受自然资源主管部门的监督管理。

根据风电场环境特点及工程特征，制定环境监测计划一览表，见表 8.1-1。

结合工程场区和影响，按均匀布设原则设置海洋生物监测点 12 个，海水水质监测点 20 个、10 个沉积物监测点，海洋生物质量监测点 3 个，潮间带监测断面 3 条，噪声监测点 9 个，电磁环境监测点 9 个，以及地形地貌与冲淤进行工程资源生态影响的跟踪监测。

8.2 生态保护修复措施

8.2.1 主要生态问题

本项目海缆敷设期间直接损失所引起的潮间带生物量一次性损失量为

553.53kg，造成底栖生物一次性损失量为 1339.937kg；风机、升压站桩基造成潮间带生物永久性损失 1.81kg。本项目工程施工引起的悬浮物扩散造成的海洋生物损害量结果，鱼卵、仔稚鱼一次性损害量分别约为 2.92×10^7 个、 2.35×10^7 尾；鱼类、虾类、蟹类、头足类幼体的一次性损害分别为 2086.93kg、1092.42kg、1234.93kg、2687.46kg。

通过对海洋生物资源进行赔偿将对海洋生物受损的影响降到最低。为了缓解和减轻工程对所在海洋生态环境的不利影响，建设单位应根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）的有关规定，对项目附近海域的生物资源恢复作出经济补偿。

8.2.2 生态保护修复目标

以“损害什么，修复什么，损害多少，修复多少”为基本原则，修复的总体目标是进行海洋生物资源恢复。

8.2.3 生态保护修复方案

风电项目海底电缆及风机基础建设造成海洋生物资源损失，结合前文分析，参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，推荐采取增殖放流修复措施，提高项目所在海域的海洋生物资源总量和生物多样性。

此外，根据《水生生物增殖放流管理规定》，温州市渔业行政主管部门指导全市渔业资源增殖放流工作，进行渔业资源增殖放流的组织、协调和监督管理。种苗供应单位须具有市级或市级以上水产原（良）种（繁育）场（基地）资质。项目实施后，具体放流数量时间、地点及放流品种等应按照台州市渔业行政主管部门的增殖放流计划并结合工程的建设实际情况进行实施。应对增殖放流的效果进行跟踪监测。

8.2.4 生态保护修复实施效果监测

参照《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南（试行）》，结合本项目生态保护修复重点，制定针对性的跟踪监测计划。

（1）主要监测内容：海洋生物。

（2）主要监测项目：浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、游泳生物、底栖生物、潮间带生物以及增殖放流生物品种等。

（3）监测频次：修复完成后首年春秋季各监测 1 次。

9 结论

9.1 结论

综上所述，瑞安 1 号海上风电项目的建设符合我国可持续发展能源战略，对增加电力供应并改善地区电源结构有着重要意义，本项目建设和用海变更是十分必要的；项目用海符合国土空间规划、海岸带空间规划、海洋功能区划及相关规划；项目用海选址、平面布置、用海方式、用海面积、用海期限等均是合理的；与利益相关者已协调完毕；项目用海对资源生态有一定影响，用海单位需加强对负面影响的控制，切实实施生态用海对策措施。在此前提下，从海洋资源生态可持续发展及海洋产业协调发展考虑，权衡项目用海实施的利弊，瑞安 1 号海上风电项目海域使用变更是可行的。

9.2 建议

（1）目前项目用海范围、面积是根据项目初设阶段推荐的工程总平面图量算的。工程竣工后应进行实地测量核实宗海用海界址，准确界定用海面积。

（2）该海区为台风多发海域，施工过程中，应考虑台汛的影响，建设单位应制定防台和度汛措施，制定台汛期抢险预案，尽可能避免因台风给项目施工带来重大损失；

（3）项目实施后应落实生态保护修复措施，确保生态用海。