

河北华电昌黎 500MW 海上光伏
试点项目
海域使用论证报告书
(公示版)

海域海岛环境科技研究院(天津)有限公司
(统一社会信用代码: 91201041MA06DLMM06)

2024年6月



论证单位法定代表人：高俊国

论证单位技术负责人：高俊国

项目负责人：徐彤

报告主编：徐彤

报告编写人员：

姓名	专业	所负责编写的章节	签名
徐彤	海洋科学	2.项目用海基本情况 7.项目用海合理性分析	徐彤
陈锐	应用化学	3. 项目所在海域概况 5. 海域开发利用协调分析	陈锐
李鹏飞	环境科学	9. 结论 10. 报告其他内容	李鹏飞
席世改	渔业发展	6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	席世改
修红玲	测绘工程	1. 概述 4. 资源生态影响分析	修红玲

技术负责人审核：

高俊国

项目基本情况表

项目名称	河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目			
项目地址	河北省秦皇岛市昌黎县			
项目性质	公益性 ()	经营性 (<input checked="" type="checkbox"/>)		
用海面积	466.5637ha	投资金额	312791.35 万元	
用海期限	27 年	预计就业人数	850 人	
占用岸线	总长度	*m	邻近土地平均价格	330 万元/ha
	自然岸线	0m	预计拉动区域经济产值	70000 万元
	人工岸线	*m	填海成本	/万元/ha
	其他岸线	0m		
海域使用类型	电力工业用海		新增岸线	0m
用海方式	面积		具体用途	
透水构筑物	435.5501ha		光伏场区	
海底电缆管道	31.0136ha		海底电缆	
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值				

摘要

一、项目用海基本情况

项目名称：河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目

申请单位：华电秦皇岛新能源有限公司

用海位置：位于河北省秦皇岛市昌黎县滦河口东北侧海域，距离海岸线 2.7km，距离滦河口 4.9km，距离七里海 8.8km 处，项目区域水深 *m~*m 之间（当地理论最低潮面）。

建设内容：本项目拟建设规划容量为 500MW 的海上光伏项目，光伏基础为钢管桩+钢平台结构，采用峰值功率为 710Wp 光伏组件 851968 块，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10°，组件最低点距水面 5.8m。箱变型号为 9900kVA 和 9000kVA，共设计 47 个子方阵，其中 42 个 9.9MW 子方阵，5 个 9MW 子方阵。光伏场区内预留南北向 60m 宽破冰通道。场内集电线路通过 6 回三芯 66kV 海底电缆直接登陆至黎县大滩村东约 300 米处的陆上集控中心。

申请用海情况：项目用海类型为“工业用海”中的“电力工业用海”（25）；光伏发电设施用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”（23），外输电缆用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”（53）。本项目拟申请用海总面积为 466.5637 公顷，其中透水构筑物用海面积为 435.5501 公顷，海底电缆管道用海面积为 31.0136 公顷。

二、用海必要性

项目建设符合国家产业结构，保障国家能源安全，推动可再生能源发展，是保障国家产业政策及产业发展的需要；本项目建成后，降低了化石能源的消费，减少二氧化碳的排放，利用太阳能发展海上光伏，推动发展非化石能源，推动实施可再生能源替代行动，是实现碳达峰、碳中和目标的有效措施。本项目光伏厂区用海方式为透水构筑物，下方为已确权养殖层，拟采用立体分层确权光伏用海。在同一海域空间上层进行光伏发电项目建设，下层进行已确权开放式养殖，形成“水上发电、水下养鱼”的新发展模式，海域将同时发挥养殖和可再生利用两种作用，符合集约节约用海的原则。因此，本项目用海是必要的。

三、规划符合性

本项目选址和建设符合《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目光伏厂区不在生态保护红线范围内，海底电缆管道部分位于河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区中，电缆采用海缆直埋敷设方案，施工范围较小，不会影响该保护区。

四、占用岸线情况

本项目海底电缆管道采用下穿的形式占用人工岸线*m，不新增岸线。

五、利益相关者协调情况

项目光伏电场位置涉及占用部分已确权的开放式养殖用海，施工悬浮泥沙扩散影响周边已确权的开放式养殖用海，本项目建设单位在开工前，需与开放式养殖项目的使用权人进行沟通，协商好补偿事项。目前昌黎县人民政府已出具《昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺书》，根据该承诺书，针对项目选址区域内的已确权海域，昌黎县人民政府将积极与海域使用权人沟通协商，达成一致意见并经流转后，改变海域用途，将筏式养殖调整为底播养殖。同时，昌黎县人民政府将推动与流转后的海域使用权人达成一致意见，同意以立体分层设权方式开展海上光伏项目用海审批。本项目光伏电场紧邻昌黎黄金海岸国家级自然保护区，外输电缆需穿越自然保护区，正在征求自然保护区主管部门的相关意见。本项目光伏场区周边的光伏项目包括中电建秦皇岛昌黎30万千瓦海上光伏试点项目、国华投资秦皇岛昌黎500MW海上光伏试点项目和国电电力昌黎50万千瓦海上光伏试点项目。本项目施工期和运营期可能会对周边的项目产生影响，因此需与其他光伏项目用海单位进行协商，避免施工和运营维护期间相互产生不利影响。本项目光伏电场临近习惯性航道，光伏电场建设及外输电缆施工会对过往船只航行安全造成影响，正在征求海事部门的相关意见。

六、资源生态影响及生态保护修复措施

1、资源生态影响

光伏场区桩基施工引起引起的悬浮泥沙扩散大于10mg/L（海水水质超一类）增量浓度悬浮泥沙最大扩散距离约1.356km，施工悬沙所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，工程海区的水质会逐渐恢复原有的水平。工程建设对海域沉积物的影响主要为桩基施工过程中使局部海域沉积物再悬浮，而无其他污染物入海。海底沉

积物再悬浮泥沙经过一段时间缓慢沉降后，大部分沉入附近海域，小部分随潮流而输移，但不会改变海域沉积物质量。

本项目对生态环境的影响主要体现在施工期桩基基础和悬浮泥沙扩散，其中：施工区及其附近水域的底栖生物和鱼卵、仔鱼由于施工作业部分甚至全部死亡；施工作业产生的悬浮泥沙不同程度影响施工区周围的生物，附近的游泳生物被驱散，浮游动物、植物的生长受到影响。

2、生态保护修复措施

本项目建设共造成生物资源损失总计为 707.00 万元，在本项目东侧昌黎海域国家级水产种质资源保护区海域开展鱼类、虾类等海洋生物的资源恢复工作，增殖放流褐牙鲆，中国对虾，补偿因占据生物原有栖息地而造成的生物资源损失，恢复区域的生物多样性和生物资源的生产力，促进受损海域环境的生物结构完善和生态平衡。

七、项目用海合理性

本项目选址区域社会经济条件优越，区位优势明显，各种外部协作条件完善，项目选址区位与社会条件适宜；拟申请海域太阳能资源丰富，潮流流速较弱，工程地质条件良好，能够满足本项目的建设及运营，同时项目施工及营运不会对项目及周边海域水质及生态环境产生较大的影响，项目选址自然条件和生态环境适宜；拟申请海域周边多为养殖活动，可协调性较好，项目用海与周边用海活动相适应。本项目选址是合理的。

本项目作为海上光伏项目，利用养殖区进行光伏阵列布置，将光伏发电与养殖同时进行，可有效地利用该海域的自然资源，体现了集约、节约的用海原则；光伏阵列的数量依据选取的太阳能板的平面布置，光伏设备的运行方式、安装倾角、光伏阵列间距均依据相关规范进行设计，满足 500MW 光伏发电的需求。本项目总平面布置是合理的。

本项目太阳能光伏板发电装置的用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”，透水构筑物为下部架空结构，仅桩基对潮流产生阻挡，对水文动力环境和冲淤环境影响较小。海缆的用海方式为“其它方式”中的“海底电缆管道”，不进行填海造地、构筑物建设，对所在海域和周边海域的水动力环境、冲淤环境、生物栖息环境没有影响。本项目采用透水构筑物和海底电缆管道的用海方式是合理的。

本项目光伏发电设备设计及布置根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）进行，光伏阵列个数能够满足项目容量需求，在最大限度的保证输出效率的同时，对光伏设备进行了合理的布置，最少的占用了海域面积；电缆及电缆桥架的敷设，在满足《电力工程电缆敷设规范》要求的前提下，考虑线路最短的原则，最少占用海域面积。项目用海面积是合理的。

目录

项目基本情况表	1
摘要	I
1 概述	3
1.1 论证工作来由	3
1.2 论证依据	4
1.3 论证等级和范围	7
2 项目用海基本情况	10
2.1 用海项目建设内容	10
2.2 平面布置和主要结构、尺度	13
2.3 项目主要施工工艺和方法	37
2.4 项目用海需求	55
2.5 项目用海必要性	57
3 项目所在海域概况	64
3.1 海洋资源概况	64
3.2 海洋生态概况	68
4 资源生态影响分析	93
4.1 生态评估	93
4.2 资源影响分析	93
4.3 生态影响分析	100
5 海域开发利用协调分析	113
5.1 海域开发利用现状	113
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	119
5.3 利益相关者界定	122
5.4 相关利益协调分析	123
5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析	125
6 国土空间规划符合性分析	126
6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况	126
6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析	126
6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析	127
7 项目用海合理性分析	130
7.1 用海选址合理性分析	130
7.2 用海面布置合理性分析	132
7.3 用海方式合理性分析	134
7.4 占用岸线合理性分析	135
7.5 用海面积合理性分析	135
7.6 用海期限合理性分析	137
8 生态用海对策措施	138
8.1 生态用海对策	138
8.2 生态保护修复措施	142
9 结论	146
资料来源说明	147
引用资料	147

现状调查资料.....	147
现场踏勘记录表.....	148
附件	150
附件 1 昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺书	150
附件 2 海洋测绘资质证书复印件.....	151
附件 3 重要图件.....	152
附件 4 其他.....	155

1 概述

1.1 论证工作来由

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出：“推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20%左右”。《“十四五”现代能源体系规划》提出：“加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式**光伏建设**，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和**光伏发电**集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。”《十四五可再生能源》又提出：“大力推动**光伏发电**多场景融合开发。积极推进‘光伏+’综合利用行动，鼓励农（牧）光互补、**渔光互补**等复合开发模式。”

太阳能资源丰富程度取决于该地区的年太阳辐射总量，而一个国家或地区的年太阳辐射总量主要与其所处纬度、气候因素、海拔高度、天气情况等因素有关。河北省地处华北平原，其太阳能资源的分布存在北部高于南部、内陆高于沿海的分布特征。河北省年太阳总辐射量为 4828~5891MJ/m²，其总体分布趋势：北部年值高于南部，中部东西横向由边缘趋于中间时呈递减特性。除省内中南部和东部部分地区年太阳总辐射小于 5200 MJ/m² 外，其他地区均在 5200 MJ/m² 以上，其中，冀西北及冀北高原为 5600~5891MJ /m²，属全省总辐射最多地区；长城以南大部地区年太阳总辐射一般在 5000~5400MJ/m²，个别地区低于 5000MJ/m²。本项目为河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目，项目区域太阳总辐射年总量 1467.7kWh/m²，属于太阳能资源很丰富区域‘稳定度 $R_w=0.376$ ，太阳能资源稳定；直射比 0.502，属于直接辐射较多区域，根据《太阳能资源等级总辐射》（GBT 31155-2014），项目区域太阳能资源具有较好的开发价值。华电秦皇岛新

能源有限公司决定建设河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目，利用天然的太阳能资源，与渔业养殖相结合，建设集渔业养殖、光伏发电于一体的新能源项目。根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律、法规的规定，本项目申请用海需要进行海域使用论证工作。因此，受华电秦皇岛新能源有限公司委托，海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司承担本项目的海域使用论证工作。论证单位在接受了海域使用论证工作的委托后，进行了现场踏勘、测量和调访，按照相关法律法规和《海域使用论证技术导则》编制了本报告。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

1.2.1.1 法律

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，中华人民共和国主席令第六十一号，2002 年 1 月 1 日；

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，中华人民共和国主席令第五十六号，2017 年 11 月；

(3) 《中华人民共和国水污染防治法》，中华人民共和国主席令第七十号，2018 年 1 月 1 日；

(4) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日；

(5) 《中华人民共和国渔业法》，中华人民共和国主席令第三十四号，2013 年 12 月 28 日；

(6) 《中华人民共和国自然保护区条例》，国务院令 167 号，2017 年 10 月 7 日；

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

(8) 《中华人民共和国测绘法》，中华人民共和国主席令 67 号，2017 年 04 月 27 日。

1.2.1.2 法规

(1) 《海域使用权管理规定》国家海洋局，国海发〔2006〕27 号，2007 年 1 月 1 日；

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

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

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

(5)《河北省海域使用管理条例（2015修正）》，河北省人大，2015年7月24日；

(6)《河北省海洋生态补偿管理办法》河北省生态环境厅，河北省自然资源厅，河北省农业农村厅，冀环海洋〔2020〕183号，2020年6月19日。

1.2.1.3 规划

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

(2)《关于依据“三区三线”划定成果报批建设项目用海有关事宜的函》，河北省自然资源厅海域海岛管理处，2022年10月28日。

(3)《“十四五”可再生能源发展规划》，国家发展改革委、国家能源局、财政部、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、农业农村部、中国气象局、国家林业和草原局，发改能源〔2021〕1445号，2022年6月1日；

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

(5)《河北省海洋生态环境保护“十四五”规划》，河北省生态环境厅，2022年2月；

(6)《秦皇岛市海洋生态环境保护“十四五”规划》，秦皇岛市人民政府，2022年7月。

1.2.2 标准规范

(1)《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023），国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会，2023年7月1日；

(2)《海域使用分类》（HY/T 123-2009），国家海洋局，2009年5月1日；

- (3)《海籍调查规范》(HY/T 124-2009), 国家海洋局, 2009 年 5 月 1 日;
- (4)《海洋调查规范》(GB/T 12673-2007), 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会, 2008 年 2 月 1 日;
- (5)《海洋监测规范》(GB17378-2007), 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会, 2008 年 5 月 1 日;
- (6)《宗海图编绘技术规范》, 中华人民共和国自然资源部, 2018 年 7 月发布, 2018 年 11 月;
- (7)《海域使用面积测量规范》(HY070-2003), 国家海洋局, 2003 年 10 月;
- (8)《海水水质标准》(GB13097-1997), 国家环境保护局, 1998 年 7 月 1 日;
- (9)《海洋生物质量》(GB18421-2001), 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2002 年 3 月 1 日;
- (10)《海洋沉积物质量》(GB18668-2002), 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2002 年 10 月 1 日;
- (11)《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(GB/T 9852.3-1988), 国家海洋局档案处, 1988 年 9 月 20 日;
- (12)《光伏电站设计规范》(GB50797-2012), 中华人民共和国住房和城乡建设部 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2012 年 6 月 28 日;
- (13)《电力工程电缆敷设规范》(GB 50217-94), 中国电力工程顾问集团西南电力设计院会 2008 年 3 月 1 日。

1.2.3 项目技术资料

- (1)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目可行性研究报告》, 西北勘测设计研究院有限公司, 2024 年 6 月;
- (2)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目通航安全影响研究报告》, 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2024 年 3 月;
- (3)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设对鸟类影响评价报告》, 江西山和林业工程咨询事务所有限公司, 2024 年 3 月;
- (4)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目外输电缆路由穿越生态保护红线有限人为活动认定专题论证报告》, 深圳市朗诚科技股份有限公司, 2024 年 4 月;

(5)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目对河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区生态影响专题报告》，河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队，2024 年 4 月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《海域使用论证技术导则》，海域使用论证等级按照项目的用海方式、用海规模和所在海域特征，划分为一级、二级和三级。论证等级判定依据表 1.3-1 进行。

项目建设 500MW 海上光伏试点项目，根据《海域使用分类》，本项目用海类型为工业用海（一级类，编码 2）中的电力工业用海（二级类，编码 25），用海方式为透水构筑物 and 海底电缆管道，申请用海总面积为 466.5637 公顷，其中透水构筑物用海面积为 435.5501 公顷，海底电缆管道用海面积 31.0136 公顷。按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）相关要求，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本次论证等级为一级，如表 1.3-1 所示，如表 1.3-1 所示。

表 1.3-1 海域使用论证等级判定表（部分）

一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物	透水构筑物		构筑物总长度大于（含）2000m或用海总面积大于（含）30ha	所有海域	一
其他方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模	敏感海域	二
				其他海域	三
确定本次论证等级确定为一级					

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》，论证范围应覆盖项目用海所涉及到的全部区域，一级论证项目的论证范围应以项目用海外缘线为起点进行划定，向外扩展 15km。

根据海域的水文动力环境和周边的海域使用现状，论证范围以本项目用海外边缘为界，分别向东北、东南和西南各外扩 15km，向西北扩展至海岸线，论证范围内海域面积约 780km²。论证范围为 A-B-C-D 及海岸线所围成的闭合区域，

具体见表 1.3-2 和图 1.3-1。

表 1.3-2 论证范围界址点坐标

编号	经度 (E)	纬度 (N)
A		
B		
C		
D		

图 1.3-1 论证范围论证重点

1.3.3 论证重点筛选

根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，项目用海类型为工业用海中的电力工业用海。根据《海域使用论证技术导则》附录 C.1 “海域使用论证重点参照表”(见表 1.4-1)的相关要求，本项目属于工矿通信用海中的可再生能源用海的光伏发电用海，本次论证重点如下：

- (1) 用海必要性；
- (2) 选址(线)合理性；
- (3) 平面布置合理性；
- (4) 用海面积合理性；
- (5) 海域开发利用协调分析；
- (6) 资源生态影响；
- (7) 生态用海对策措施。

表 1.3-3 海域使用论证重点参照表(部分)

用海类型			论证重点							
			用海必要性	选址(线)合理性	平面布置合理性	用海方式合理性	用海面积合理性	海域开发利用协调分析	资源生态影响	生态用海对策措施
工矿通信用海	可再生能源用海	光伏发电用海，包括光伏电广、光伏板座墩和塔架、平台、升压站、输电电缆等的用海	▲	▲	▲	▲			▲	▲

本项目所在及周边海域开发利用活动较多，因此将“海域开发利用协调分析”列为论证重点。

1.3.4 论证重点确定

综合分析，确定本项目论证重点为：

- (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) 海域开发利用协调分析；
- (6) 资源生态影响；
- (7) 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

项目名称：河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目

项目性质：经营性

建设单位：华电秦皇岛新能源有限公司

项目位置：位于河北省秦皇岛市昌黎县滦河口东北侧海域，距离海岸线 2.7km，距离滦河口 4.9km，距离七里海 8.8km 处，项目区域水深 *m~*m 之间（当地理论最低潮面），见图 2.1-1~图 2.1-3。

建设内容以及规模：本项目拟建设规划容量为 500MW 的海上光伏项目，光伏基础为钢管桩+钢平台结构，采用峰值功率为 710Wp 光伏组件 851968 块，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10°，组件最低点距水面 5.8m。箱变型号为 9900kVA 和 9000kVA，共设计 47 个子方阵，其中 42 个 9.9MW 子方阵，5 个 9MW 子方阵。光伏场区内预留南北向 60m 宽破冰通道。场内集电线路通过 6 回三芯 66kV 海底电缆直接登陆至黎县大滩村东约 300 米处的陆上集控中心。具体建设内容见表 2.1-1 所示。

本工程建成后年均上网电量为 78067.45 万 kW·h，25 年平均发电量为 76967.9 万 kW·h，25 年等效峰值年均利用小时数为 1290.59h。

项目投资：312791.35 万元

涉海工程内容：本项目登陆点至场址区域的电缆及光伏位于海岸线以下，均为涉海工程。

表 2.1-1 项目主要建设内容一览表

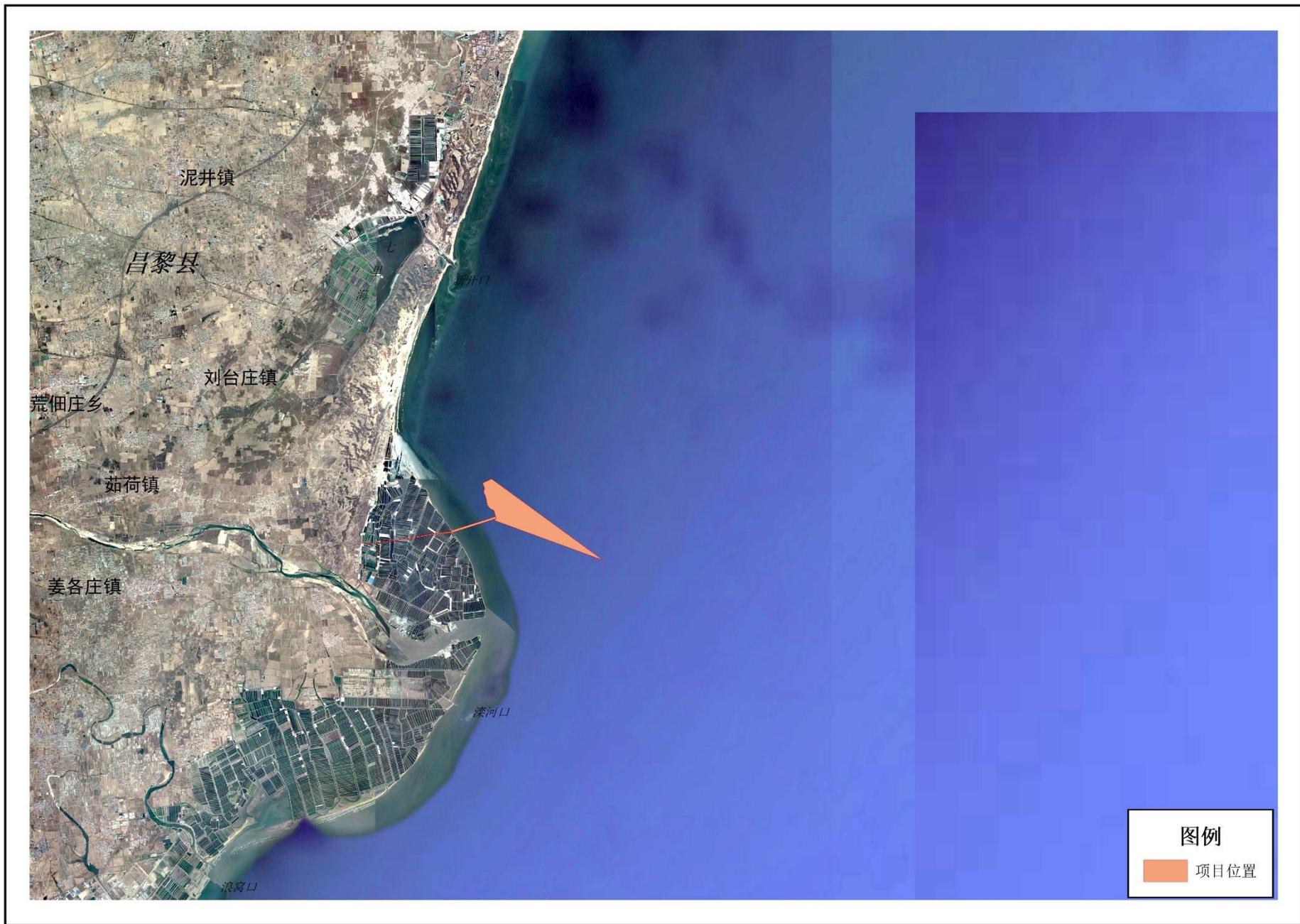


图 2.1-1 项目位置图（遥感）

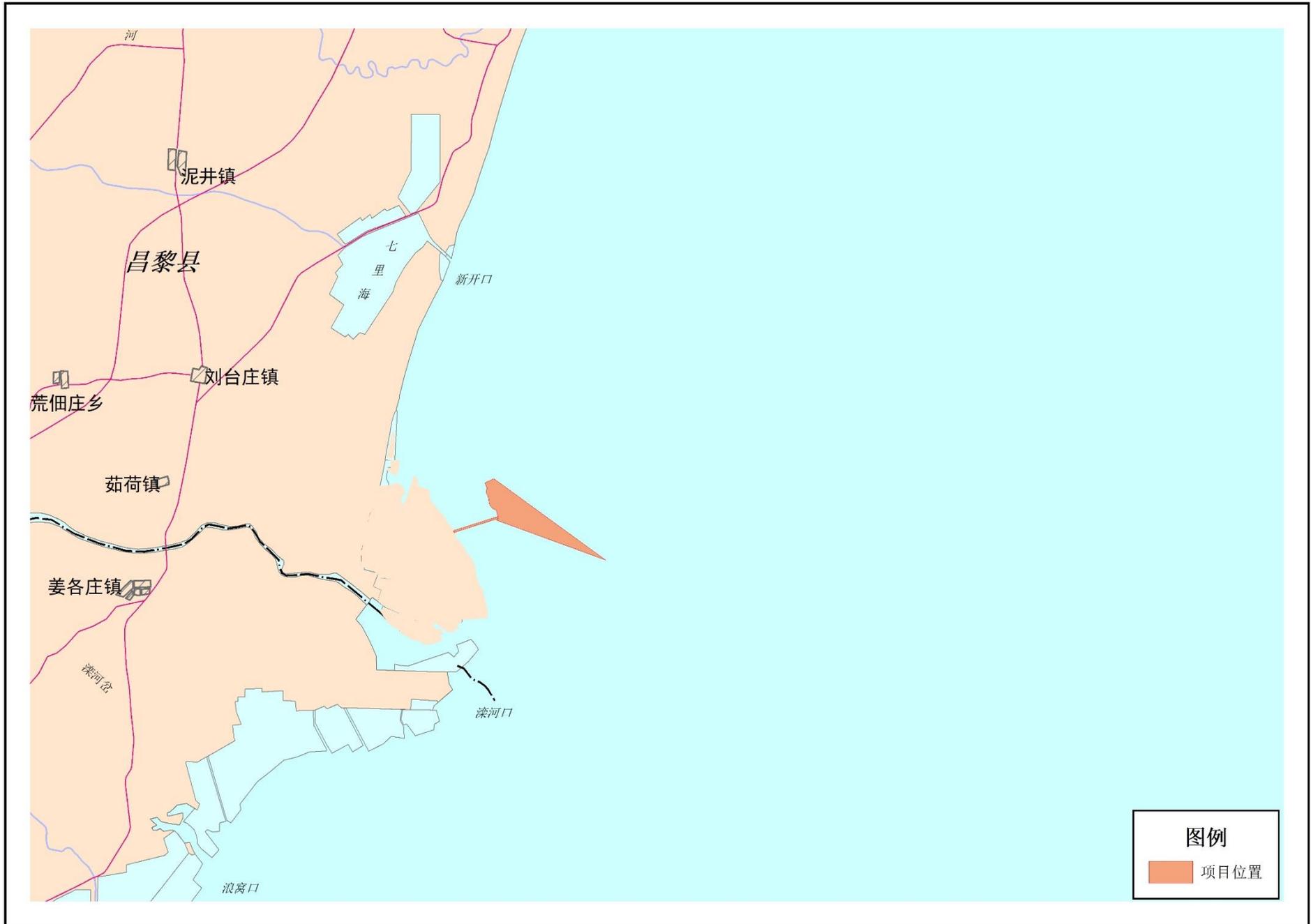


图 2.1-2 项目位置图（行政）

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 平面布置

2.2.1.1 平面布置原则

- (1) 符合当地的整体规划要求；
- (2) 不压覆矿产资源，不占用军事设施、文物保护区；
- (3) 项目所在地的太阳能资源条件丰富，避免选择存在大范围阴影遮挡的平面布置；
- (4) 具有良好的水文地质、接入电网、交通运输和施工等建设条件；
- (5) 光伏阵列布置保证检修船舶操作安全方便；
- (6) 符合环境和生态保护的要求；
- (7) 满足集约节约用海原则。

2.2.1.2 项目总体布局

河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目为《秦皇岛市海上光伏发展规划（2023~ 2027）》中 4 个海上光伏项目之一，本项目位于河北省秦皇岛市昌黎县东侧海域，场址区中心点坐标为 E119.31°N39.48°，距离北侧秦皇岛市 50km，昌黎县 25km，距离西侧 G228 国道 13km，对外交通便利。项目区域水深*m~*m 之间，其中海缆水深*m~*m 之间，光伏厂区水深*m~*m 之间。光伏区用海范围呈三角形，场区西侧距离岸边约 5km，东侧距离岸边约 11km，海域总面积为 7268.47 亩。光伏场址南侧紧邻国电光伏场。建设内容主要包括光伏组件阵列区、箱变和 66kV 集电线路。



图 2.2-1 项目总体布局示意图

2.2.1.3 总平面布置

1、光伏厂区

光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，间距为 20.0m，东西向间距为 1m，光伏场区内预留 3 道南北向 60m 宽检修通道，将光伏厂区分分为 4 块区块。

本项目光伏场区设置 47 个发电单元，每个发电单元包括光伏阵列、组串式逆变器、交流汇流箱及 1 台箱式变压器。场内集电线路为 6 回三芯，每回集电线路连接 7~8 台箱变，场区内电缆通过光伏单元支架的桥架走线（见图 2.2-3）。

本项目光伏组件选用单晶硅 N 型 Topcon 710Wp 双面双玻光伏组件，逆变器规格为 300kW 组串式逆变器，26 块光伏组件为一串。经过初步排布，本项目直流侧装机容量为 604.89728MWp，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10°，组件最低点距水面 5.8m。

表 2.2-1 主要平面布置指标表

序号	项目名称	单位	数值
1	光伏组件数量	块	851968
2	光伏组件规模	Wp	710
3	子方阵数量	个	47
4	固定支架数量	套	1024
5	支架倾角	度	10
6	光伏阵列南北向间距	m	20
7	光伏阵列东西向间距	m	1
8	检修通道	m	60

2、电缆平面布置

6 回 66kV 海缆自光伏厂区接出后，向西南方向延伸，无交越无转折，抵达登围海养殖点，随后分成两组，每组三回直行穿越至已选定的登陆点，路径中设置点 2、3 避开北侧的养殖大棚，路由线路单回全长 6.22km。

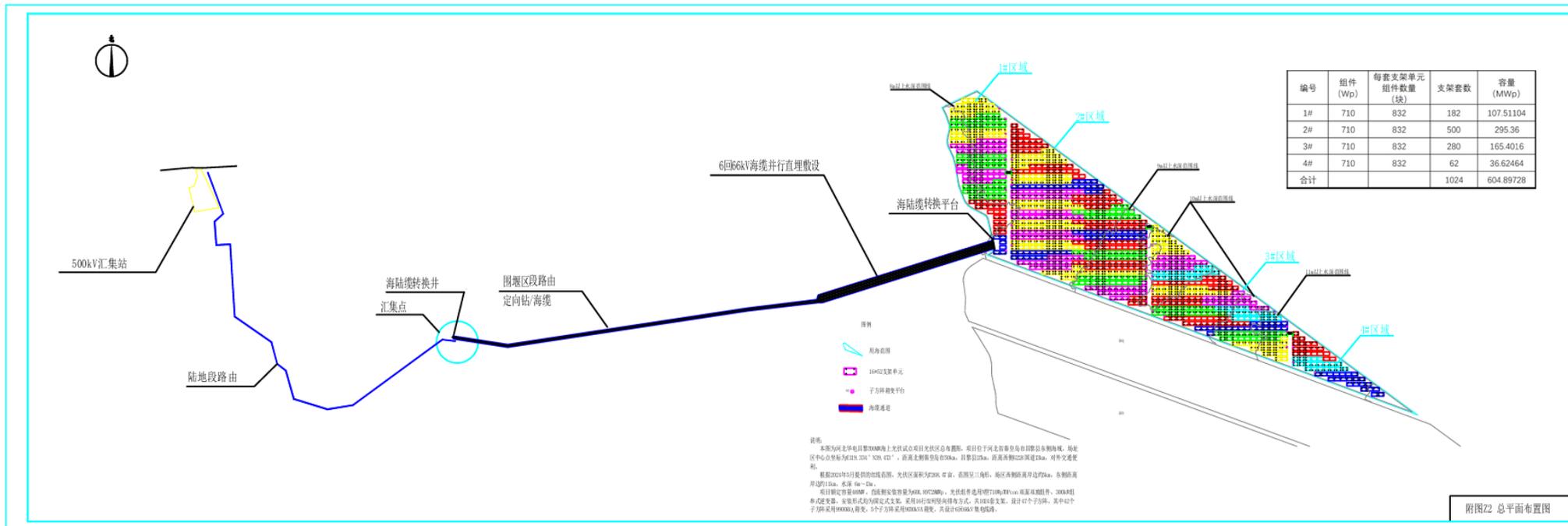


图 2.2-2 总平面布置范围图

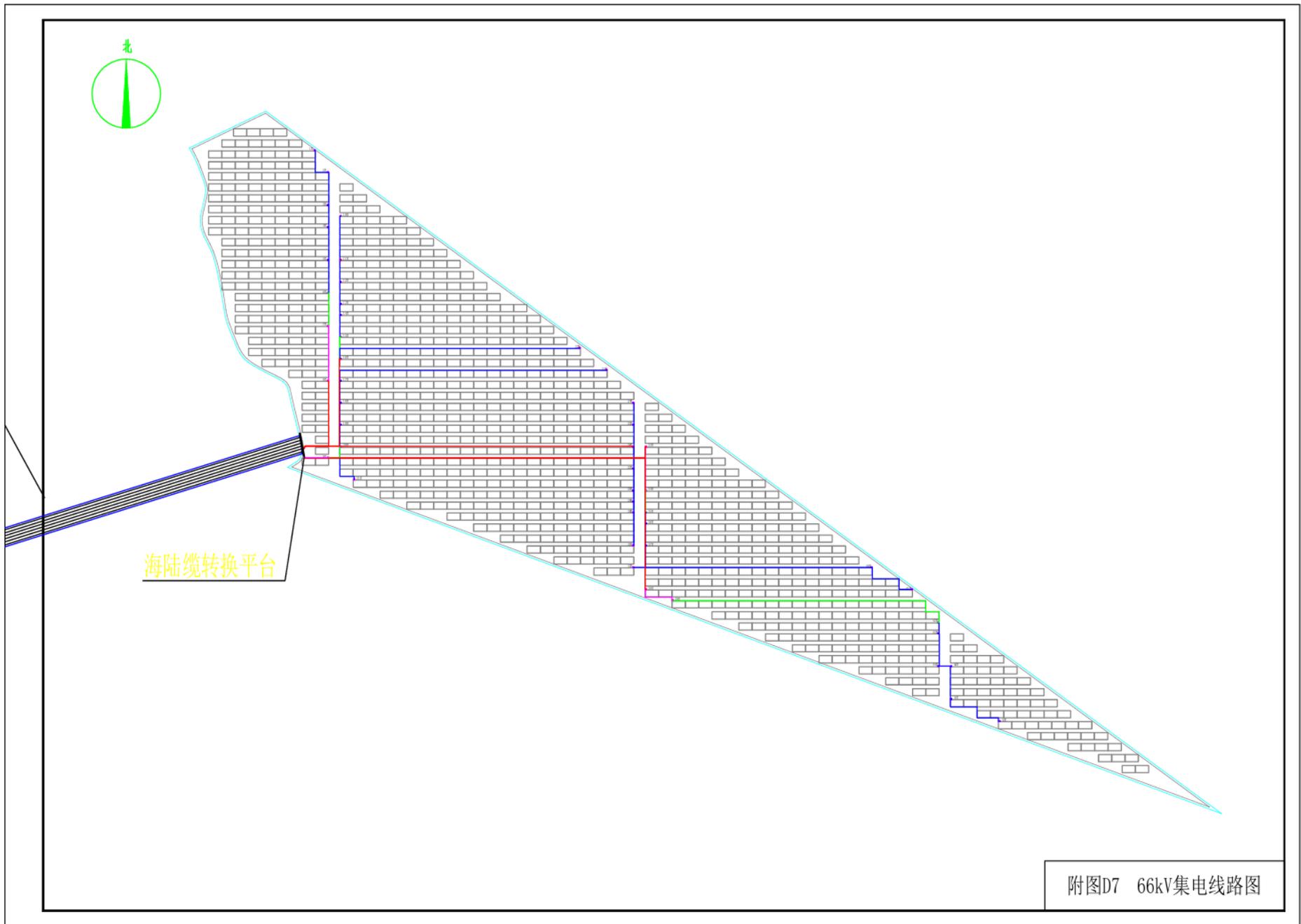


图 2.2-3 光伏厂区集电线路布置

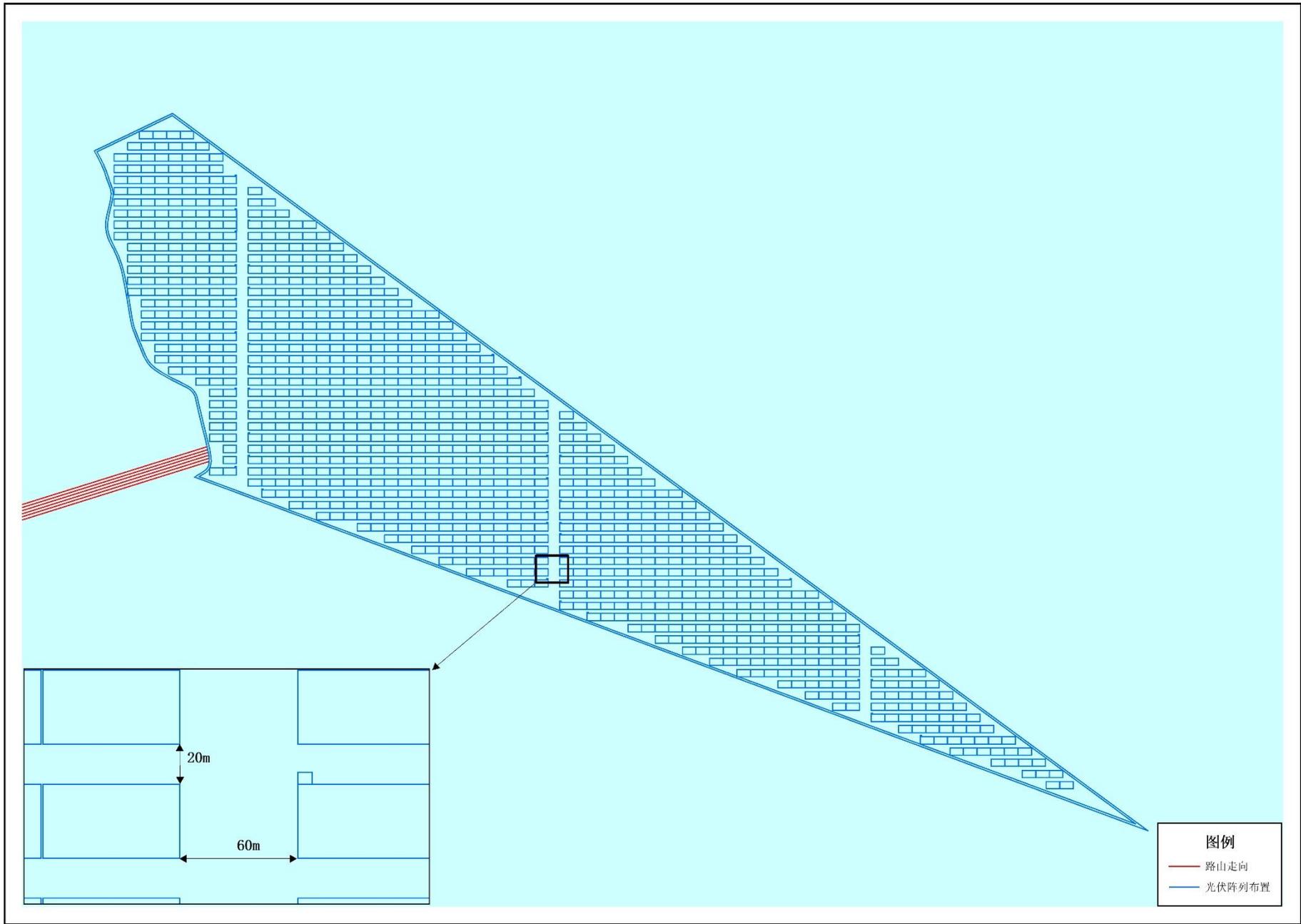


图 2.2-4 光伏支架平台平面布置图

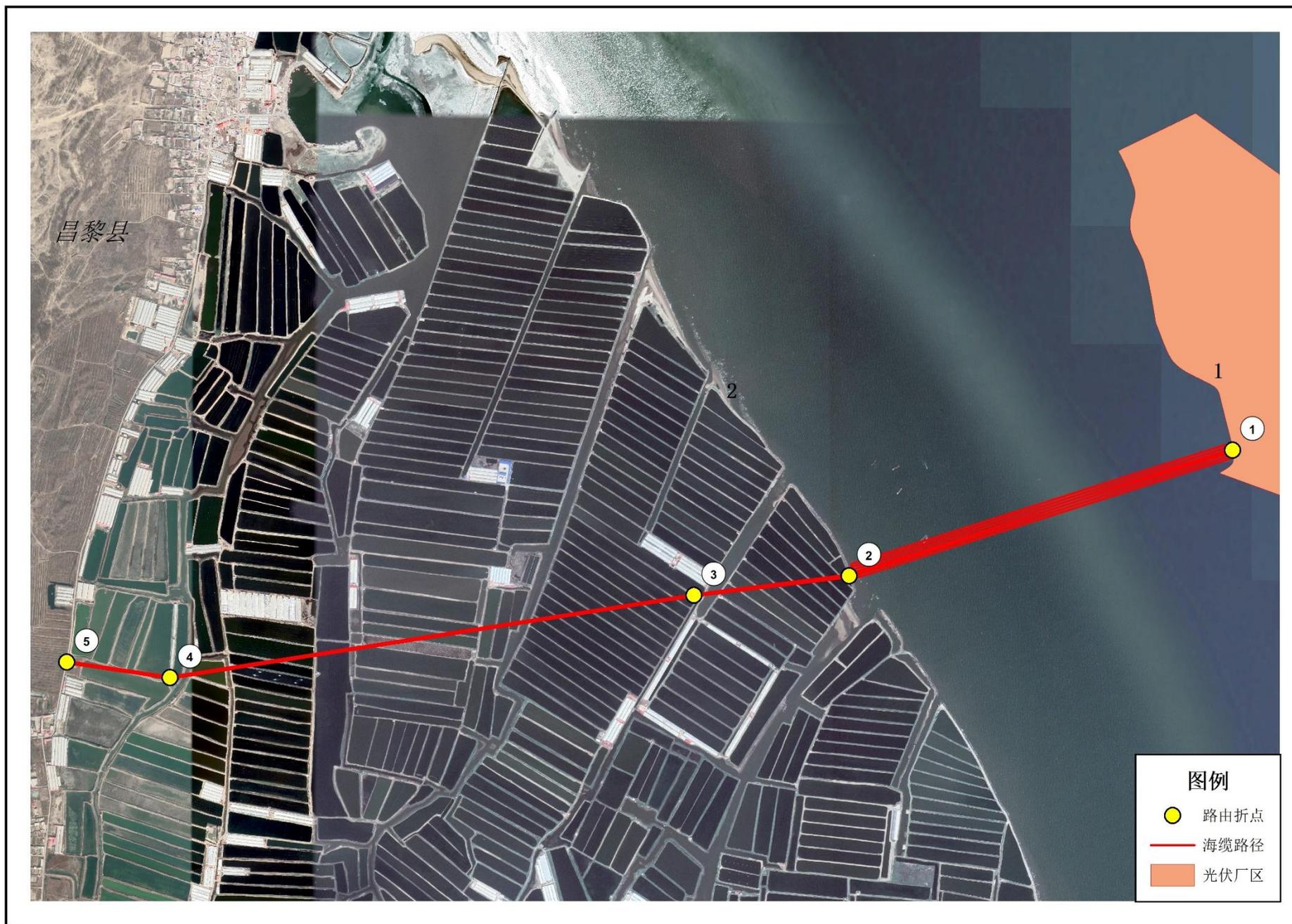


图 2.2-5 路由平面布置

2.2.1.4 空间布置

根据《昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺》，本项目场址区域与现状扇贝筏式养殖有重叠，承诺将筏式养殖调整为底播养殖，因此本项目空间上预留底播养殖空间。

光伏阵列一个结构单元内有 4 个桩基础，桩桩基础东西间距约为 42.4，南北向桩间距约为 19.0m。

桩顶高程不少于*m，平均桩长*m，光伏组件与水面之间的距离大于 7.5 米。

图 2.2-6 空间结构图

本项目场址位于河北省秦皇岛市东南部海域，通过对海上光伏电站与养殖融合发展方案研究分析，结果显示光伏电站建成后，其遮光性对初级生产力和养殖物种密度的影响较小，可以开展光伏电站海域的毛蚶底播养殖与扇贝串耳吊养，形成“上可发电、下可养殖”的有机结合。养殖活动对海域生态环境影响影响较低，且能够形成一定的社会经济效，构建“海上光伏+海洋牧场”生态发展新模式，为海洋空间高效利用、海洋资源综合开发提供新的可行方案，助力海洋经济绿色可持续发展。

2.2.2 主要结构、尺度

2.2.2.1 发电系统

本工程所建设的光伏发电系统采用分块发电、集中并网方案。所产生的电能全部馈入电网。本项目光伏并网发电原理如下图所示。

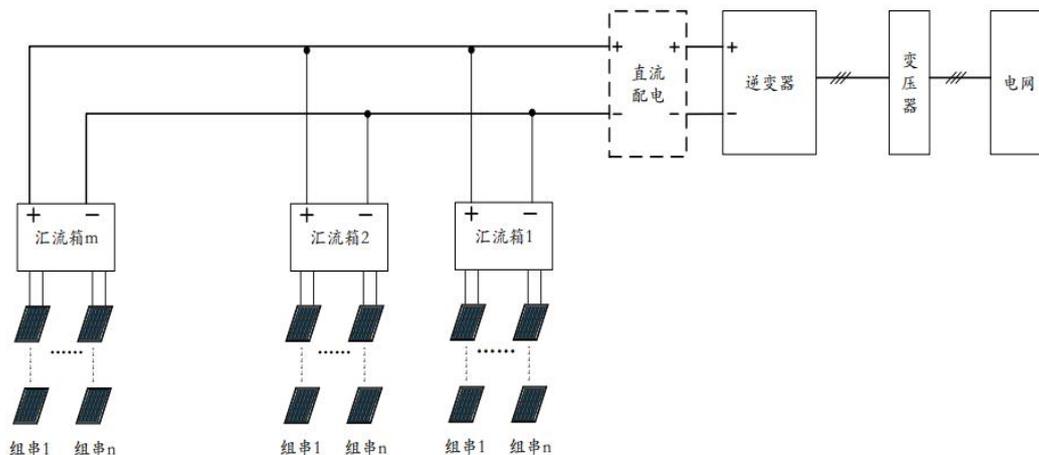


图 2.2-7 并网示意图

2.2.2.2 光伏组件结构

本工程拟采用用单晶硅 N 型 Topcon710Wp 双面双玻光伏组件，主要参数见

下表。

表 2.2-2 拟采用的单晶硅 N 型 Topcon710Wp 双面双玻光伏组件主要技术参数

1	电池片类型	N 型Topcon
2	组件峰值功率 (W _p)	710W _p
3	组件效率 (%)	22.9
4	双面因子	75%~85%
5	MPP工作电压 (V)	40.65
6	MPP工作电流 (A)	17.47
7	开路电压 (V)	51.47
8	短路电流 (A)	18.60
9	最大功率温度系数 (%/°C)	-0.29
10	开路电压温度系数 (%/°C)	-0.25
11	首年衰减 (%)	1
12	逐年功率衰减 (%)	0.4
13	组件尺寸 (mm)	2384×1303×35
14	组件重量 (kg)	38.3
15	串并联数	26

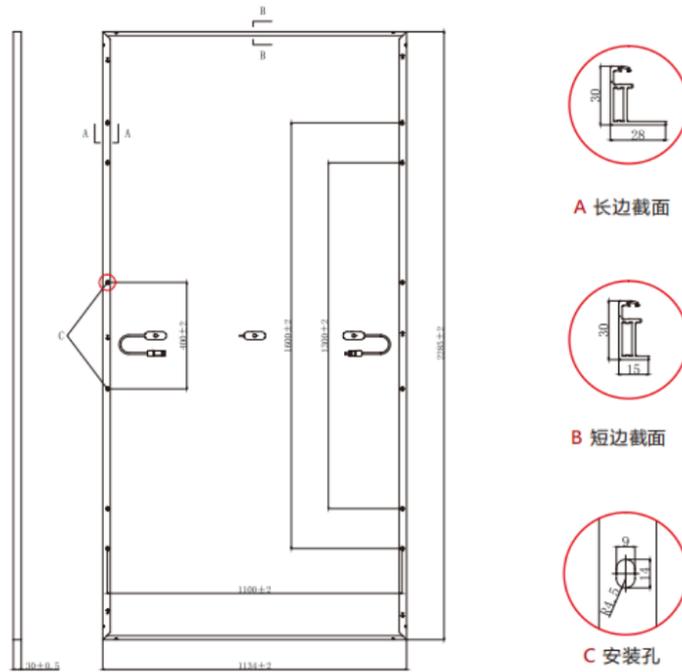


图 2.2-8 光伏组件尺寸图

(1) 光伏阵列方位角

方位角就是太阳光线在地平面上投影和地平面上正南方向线之间的夹角。它表示太阳光线的水平投影偏离正南方向的角度，取正南方向为起始点（即 0° ），向西为正，向东为负。一般情况下，方阵朝向正南（即方阵垂直面与正南的夹角为 0° ）时，光伏组件发电量是最大的。在偏离正南（北半球） 30° 度时，

方阵的发电量将减少约 10%~15%；在偏离正南（北半球）60° 时，方阵的发电量将减少约 20%~30%。因此本设计方案中方阵方位角选为 0°，即朝向正南。

（2）光伏阵列倾角

光伏阵列的安装倾角对光伏发电系统的效率影响较大，对于固定式并网光伏发电系统，一般选择最佳倾角按《光伏电站设计规范》（GB 50797-2012）的要求，倾角宜使光伏方阵的倾斜面上受到的全年辐照量最大。

经 PVsyst 软件模拟计算，为 35° 时，全年平均太阳总辐射量最大，并满足灰尘雨雪滑落要求及倾斜支架较好稳定性的角度范围；考虑系统在运行过程中由于前后排阵列阴影遮挡对发电量的影响，同时也未考虑到项目经济性，。为了最大限度的保障项目的交流侧及直流侧容量，通过降低支架倾角，兼顾运维船只通行距离来压缩南北向桩间距，虽然发电量有所降低，降低支架和桩基础成本，保障项目的收益率。对本工程支架倾角 10° ~15° 的度电成本进行分析对比，详见下表。

表 2.2-3 支架 10° -15° 倾角 度电成本分析

项目	10°	11°	12°	13°	14°	15°
容量 (MWp)	604.89728	604.89728	604.89728	604.89728	604.89728	604.89728
前后排间距 (m)	57.3	57.3	57.3	57.3	57.3	57.3
发电量 (万 kWh)	78067.40	77976.88	77886.32	77795.75	77614.62	77433.49
发电小时数 (h)	1290.59	1289.09	1287.60	1286.10	1283.10	1280.11
单位千瓦动态投资 (元/Kw)	5173.32	5211.38	5234.68	5261.49	5293.05	5322.52
度电成本	0.3162	0.3185	0.3200	0.3218	0.3241	0.3264

通过以上支架不同倾角度对比分析，支架倾角 10° 时，度电成本最优，故确定本工程光伏组件方阵的固定式支架安装倾角为 10°。

2.2.2.3 光伏并网逆变器

本项目拟选用 320kW 组串式逆变器，参数性能见下表。

表 2.2-4 300kW 组串式逆变器设备技术参数

2.2.2.4 光伏方阵的串、并联设计

(1) 光伏方阵的串、并联设计

光伏组件串联的数量由并网逆变器的最高输入电压和最低工作电压，以及光伏组件允许的最大系统电压所确定，串联后称为光伏组件组串。

光伏组件串联数量计算，利用 GB50797-2012《光伏发电站设计规范》中组串计算公式，如公式所示：

$$N \leq \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$
$$\frac{V_{mppt\ min}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{mppt\ max}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]}$$

式中： $V_{dc\ max}$ ——逆变器允许最大直流输入电压（V）；

$V_{mppt\ min}$ ——逆变器 MPPT 电压最小值（V）；

$V_{mppt\ max}$ ——逆变器 MPPT 电压最大值（V）；

V_{oc} ——光伏组件开路电压（V）；

V_{pm} ——光伏组件工作电压（V）；

K_v ——光伏组件开路电压温度系数；

K'_v ——光伏组件工作电压温度系数；

t' ——光伏组件工作条件下的极限最高温度（℃）；

t ——光伏组件工作条件下的极限最低温度（℃）；

N ——光伏组件串联数（ N 取整）。

1500V 系统：

组串式逆变器： $V_{dc\ max}=1500V$ ， $V_{mppt\ min}=500V$ ， $V_{mppt\ max}=1500V$ ；

N 型双面双玻组件 710Wp；

经初步计算：

本项目组件串联数量 N 为： $12.87 < N < 28.257$ 。结合逆变器最佳输入电压和光伏组件工作环境等因素综合分析，最终确定本工程选用光伏组件的串联数为 26（串）。

(2) 光伏组件串的排布

一个光伏组件串单元中光伏组件的排列方式有多种，但是为了接线简单，线缆用量少，为了充分利用场址范围，本项目固定支架采用 16 行 52 列竖向排布方

式，如下图所示。

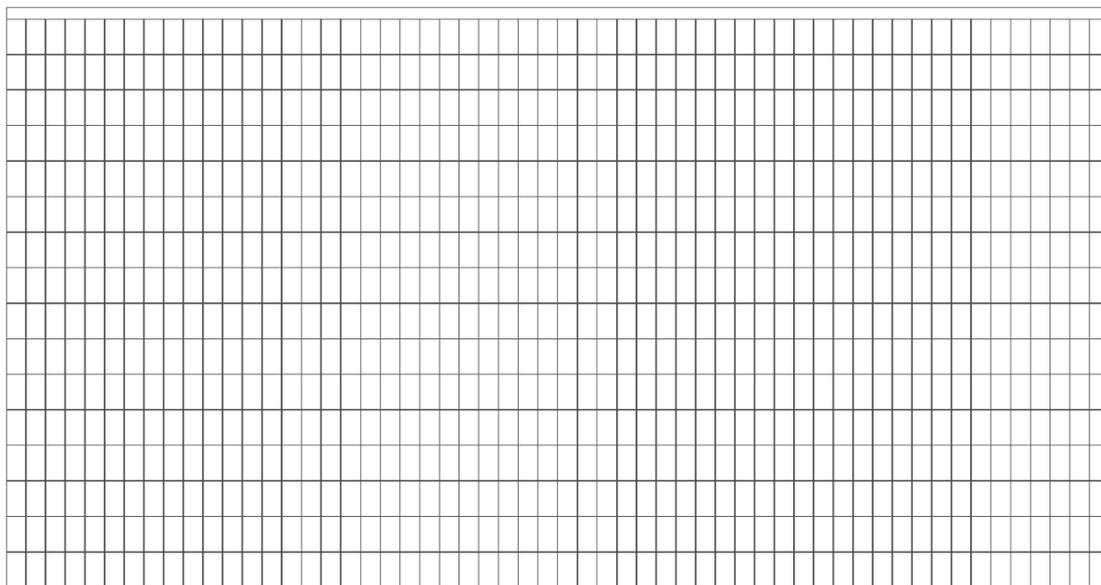


图 2.2-9 光伏组串布置示意图

(3) 阵列间距计算

光伏阵列必须考虑前、后排的阴影遮挡问题，并通过计算确定阵列间的距离或光伏阵列与建筑物的距离。一般的确定原则是：冬至日当天早晨 9:00 至下午 15:00（当地真太阳时）的时间段内，光伏阵列不应被遮挡。按照以下公式进行计算，光伏阵列间距或可能遮挡物与阵列底边的垂直距离应不小于 D。

$$D = \cos A \times H / \tan [\sin^{-1}(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h)]$$

式中：D——遮挡物与阵列的间距，m；

H——遮挡物与可能被遮挡组件底边的高度差，m；

φ ——当地纬度；

A——太阳方位角；

δ ——太阳赤纬角；

h——时角。

光伏阵列必须考虑前、后排的阴影遮挡问题，并通过计算确定阵列间的距离或光伏阵列与建筑物的距离。经计算：固定式支架倾角 10° 时，光伏阵列南北向净间距最小值为 20m。考虑场地东西向坡度的影响，每个光伏组件支架单元之间留出 1m 的空间，可使相邻光伏组件单元之间很好适应地形变化且相互之间不产生阴影遮挡。

2.2.2.5 光伏就地升压变

本项目光伏区箱变设置于箱变平台上，箱变平台采用钢结构+钢管桩方式，基础采用直径 800mm 壁厚 16mm 的钢桩，且不同分区箱变基础桩长不同。箱变平台高度保证极端工况下不上浪为原则；平台下设置成品储油仓，要满足箱变 100% 储油量；沿管桩设置检修爬梯和护笼，平台预留相应上人孔，箱变平台四周设置栏杆，方便后期检修维护。上部钢结构防腐措施推荐采用热镀锌 $55\mu\text{m}$ + 油漆 $280\mu\text{m}$ 的复合方案（底层 $50\mu\text{m}$ + 中间层 $150\mu\text{m}$ + 面层 $80\mu\text{m}$ ），总厚度为 $335\mu\text{m}$ ；箱变基础防腐措施同光伏区钢桩基础防腐措施。

箱变结构如下图所示：

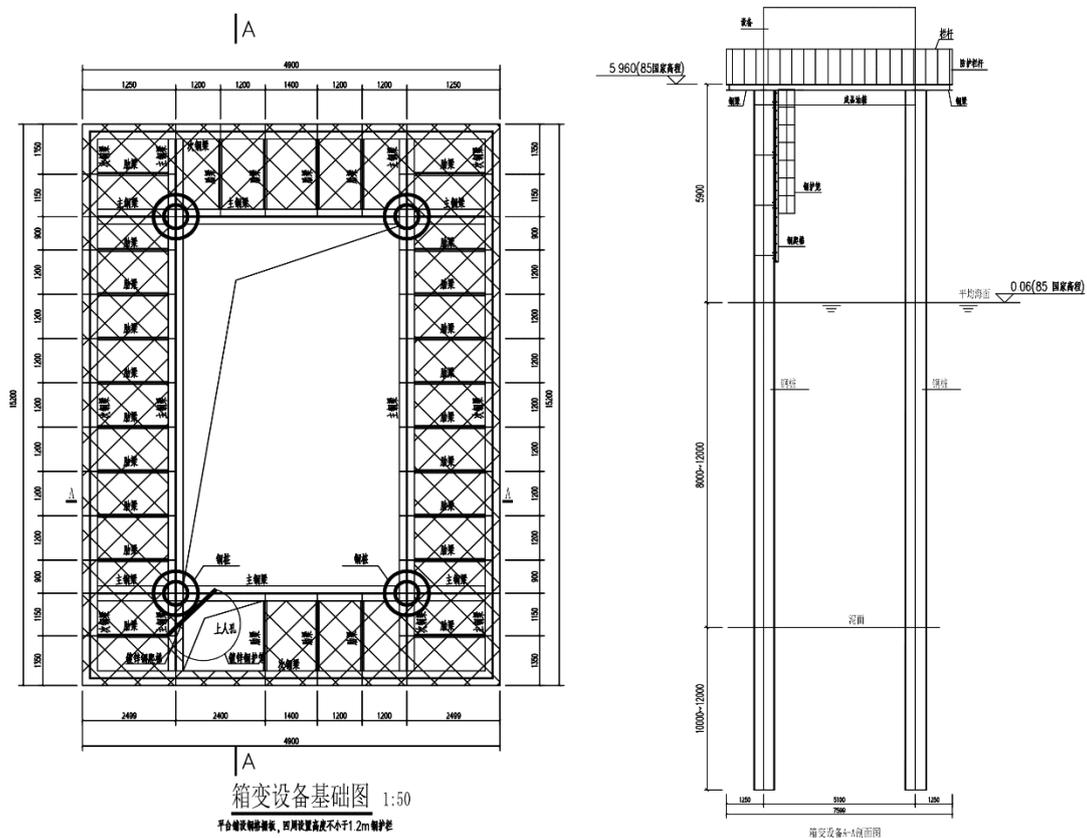


图 2.2-10 箱变平台示意图

2.2.2.6 支架结构

(1) 光伏阵列支架

本项目属于海上光伏项目，考虑海上环境特殊性，参考海洋工程的成熟经验，综合考虑经济性、安全性、施工便捷性等因素，本工程推荐采用超大跨度网架式

支架+钢桩方案。

固定式支架每个支架单元由 832 块组件组成，光伏组件采用竖向布置，16 行 52 列排布方式，单套支架采用 4 个桩基础作为支撑，桩基础东西间距约为 42.4，南北向桩间距约为 19.0m。支架方案尺寸约为 69.3m×38.6m（长×宽），支架采用正交网架形式，网架高度为 2.6m，网架截面采用圆管截面。在网架上弦平面，根据组件布置设薄壁卷边 C 形檩条，主檩和次檩分别采用 180×70×2.5 和 90×40×2.5 截面，次檩条与组件采用螺栓+椭圆形大垫片和 U 型压块连接的双保险方式，提高局部连接强度，以保证大风作用下，不因连接节点的撕裂脱离导致光伏组件被撕裂、刮飞。

本项目固定式支架 10° 倾角时，按照项目场址区气象、水文和洋流条件，组件最低点距海面 5.3m-5.9m，满足极端海况下组件不上浪。

本项目场区范围较大，水文参数随水深具有一定的差异，根据离岸距离、水深、底层分布等因素，将光伏场区由西向东划分为 3 个区。光伏支架基础采用钢桩。前桩桩径为 800mm~1300mm 变径，壁厚 16mm~22mm 壁厚。后桩桩径为 600mm~1100mm 变径，壁厚 16mm~20mm 壁厚。同时，由于场区泥面高程变化，场区不同区块考虑选择不同桩长，不同分区桩长见下表。

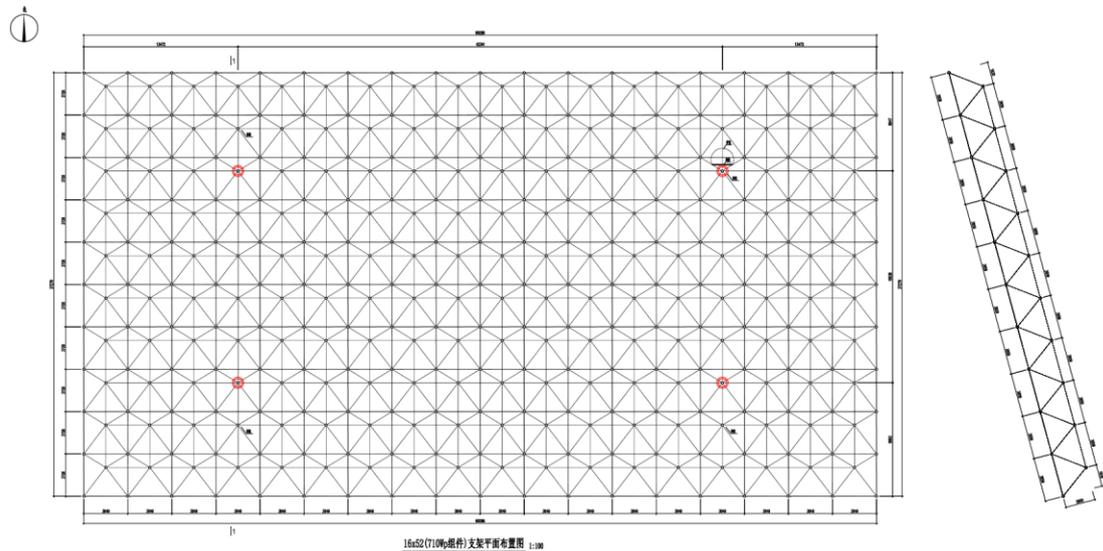


图 2.2-11 支架平面布置图



图 2.2-12 光伏场区分区图

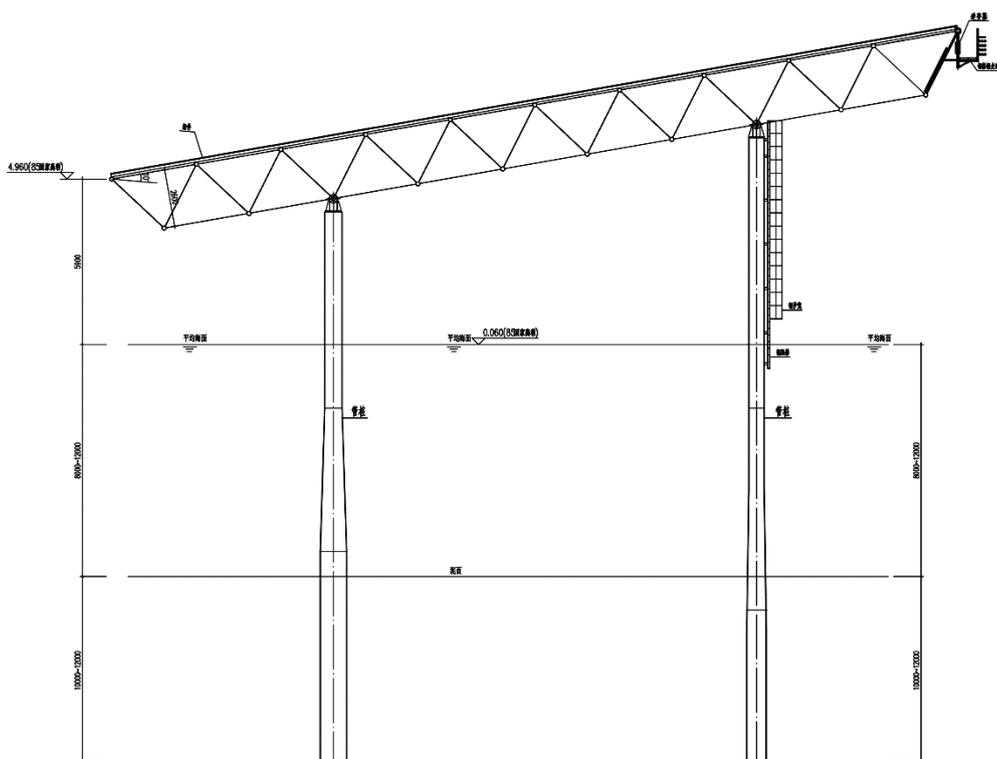
表 2.2-5 不同分区桩长

区域	①区	②区	③区
场区水深 (m)	*	*	*
前桩长 (m)	23.5	25.0	26.5
后桩长 (m)	27.0	28.5	30.0

(2) 立面设计

光伏阵列一个结构单元内有 4 个桩基础，桩桩基础东西间距约为 42.4，南北向桩间距约为 19.0m。

桩顶高程不少于*m，平均桩长 23-30m，光伏组件与水面之间的距离大于 7.5 米。



16x52(710W组件)支架剖面布置图 1:100

图 2.2-13 空间结构图

2.2.2.7 桩基结构设计

本项目光伏区桩基拟采用 800mm 壁厚 16mm 钢桩。

项目结合自身场址的工程地质情况和海洋水文情况,对光伏场区的桩基形式进行了综合比选,根据比选结果,本期工程拟采用采用倾角为 10° 的支架结构,

2.2.2.8 电缆设施

(1) 本项目光伏场区内,66kV 电缆及低压动力电缆选用铜芯交联聚乙烯绝缘电缆,控制电缆选用铜芯聚氯乙烯屏蔽电缆。

(2) 低压电力电缆

光伏组串至逆变器采用 H1Z2Z2-K-1800V-1×4/6mm² 电缆连接,电缆敷设采用沿电池背板支架架空敷设方式。在相邻支架缝隙处穿管保护。

(3) 高压交流电力电缆

根据 GB 50217-2018《电力工程电缆设计标准》3.1.2 条,电压等级 1kV 以上的电缆不宜选用铝合金导体,本项目阵列区内箱变之间,以及终端箱变至

升压站的 66kV 集电线路，均采用交流单芯铜电缆。每 7~8 台箱变并联组成 1 回 66kV 集电线路，由终端箱变引入升压站的 66kV GIS 室。

66kV 电缆沿桥架敷设，电缆数量较少在方阵间横向穿越时，电缆桥架由光伏支架支撑，其余部位设钢栈桥，钢栈桥上设置多层电缆桥架，除用来敷设电缆外，还可以满足检修箱变时人员通行。

2.2.3 电气工程

2.2.3.1 电气一次

本项目光伏阵列接线方式如下：

光伏组件选用单晶硅 N 型 710Wp 双面双玻光伏组件，逆变器规格为 300kW 组串式逆变器，26 块光伏组件为一串。经过初步排布，本项目直流侧装机容量为 604.89728MWp，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10°。箱变型号为 9900kVA 和 9000kVA，共设计 47 个子方阵。

每 7~8 台 66kV 箱变高压侧串联为 1 回集电线路，每回集电线路容量 69.3MW~79.2MW，本期工程以 6 回 66kV 集电线路接入拟建的 500kV 陆上升压站 66kV 母线侧。

500kV 升压站主接线方案：

根据本项目光伏电站装机容量，拟配套新建 1 座 500kV 升压升压站。

500kV 电气主接线：采用双母线接线形式。

66kV 电气主接线：主变 66kV 侧采用扩大单元接线方式，即每台主变的 66kV 侧配置 2 段 66kV 母线，两段母线之间不设置电气连接，220MVA 主变 66kV 侧采用单线接线。4 台主变共 7 段 66kV 母线，每段 66kV 母线配置电源进线 3 回。

35kV 电气主接线：主变 35kV 侧引接 35kV 无功补偿装置，同时配置母线保护装置，在 T1 主变及 T4 主变 35kV 侧各引接一路 35kV 站用变设备。

2.2.3.2 电气二次

(1) 500kV 升压站由华电与其他三个光伏项目业主单位共建，可研阶段因共建方式尚未确定，暂按 500kV 升压站和光伏电站分别独立调度管理的方式设计。

(2) 升压站计算机监控系统的设备配置和功能要求按（少）人值班设计，留有远期实现无人值班的接口和功能配置。计算机监控系统采用开放式分层分布

式结构，站控层设备按全站最终规模配置，间隔层设备按本期规模考虑。升压站电气设备运行状态可送至相应光伏项目监控中心计算机监控系统。

(3) 河北华电昌黎项目独立建设光伏电站监控中心，在监控中心实现对光伏电站的集中监控，实现对接入 500kV 升压站对应设备的远程监视功能。

(4) 控制保护设备、计算机监控系统和其它辅助二次设备系统均采用先进计算机技术和设备，所有控制保护由微机实现，不设置传统的模拟盘。测控装置按间隔配置。

(5) 以计算机监控系统为唯一监控手段，就地测控装置上保留断路器的应急一对一后备操作手段。

(6) 远动和当地监控信息统一采集，远动信息直采直送，并通过远动工作站与各级调度通信。

(7) 继电保护和安全自动装置应符合可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求，选用具有成熟运行经验的微机型数字式装置。

2.2.3.3 集电线路

本工程本期 66kV 共 8 回集电线路，每回集电线路连接 9~10 台箱变。海上光伏区通过三芯 66kV 交流海底电缆登陆至秦皇岛市昌黎县王家铺村北约 800 米处的海陆缆转换点，其间海缆采用冲埋和直埋的方式敷设于海底；由海陆缆转换点至昌黎县大滩村东约 300 米处的集控中心，采用单芯 66kV 交流陆地电缆，并以电缆沟的敷设方式送至集控中心。

2.2.4 辅助工程

2.2.4.1 减浪设计

本项目采用桩顶高程提升方案来应对极端海浪的影响。

本项目场址区潮汐和波浪对光伏区影响明显。光伏区采用桩基固定支架方案。

本项目考虑抗浪措施主要为通过设计组件最低点高程，避开潮汐及风浪的影响，是组件及上部支架不受潮汐和波浪的影响，波浪仅作用于桩基，在通过桩基的综合设计考虑，以承受波浪载荷及上部风载荷的作用，确保结构安全稳定可靠。组件最低距离海面的最小高度均能保证组件不上浪，桩顶高程按照组件最低点距离海面高度进行推算。

桩顶高程主要基于光伏组件布置时应避免极端海洋气象条件下，潮流及波浪

对光伏组件的直接作用。

布置原则为：光伏组件布置时应避免极端海洋气象条件下，潮流及波浪对光伏组件的影响。根据相关规范要求，桩顶高程应满足：

$$T = H + \frac{2}{3} H_b + \Delta$$

式中：H 为极端高水位； H_b 为极端高水位下的最大波高； Δ 为安全超高。

2.2.4.2 抗冰应对措施

本次桩基设计按照 50 年一遇冰荷载进行验算，对于超出设计要求冰荷载，拟进行破冰处理。

(1) 极端海冰气候

根据《中国海海冰条件及应用规定》(Q/HSn3000-2002)，本工程场区处于渤海海域第 5 冰区，有海冰冰情出现，存在冰冻区域结构设计难点。由于海冰出现的严重程度取决于当时的水文、气象诸要素，故年与年之间的差异较大。多年海冰观测资料统计分析表明，该海区初冰日一般为 11 月下旬，终冰日为翌年 3 月上旬，总冰期为 100 天左右。浮冰（冰厚约 5cm）一般在 12 月下旬出现。沿岸初冰日为 1 月下旬，终冰日为 2 月中旬，固定冰冰期平均每年约为 20 天左右。工程海区 50 年一遇平整冰厚度约 35cm，重叠冰厚度约 52.5cm。本项目光伏桩基础对于流冰的影响不大，近岸重叠冰对管桩会产生一定挤压静冰力荷载，因此需要考虑极端海冰气候的应对方案，防止较厚的海冰对光伏桩基础产生较大荷载造成破坏。

(2) 破冰船破冰

① 破冰船的选用

根据市场调查渤海区域破冰船基本为多功能综合性沿海拖轮，比如“津港轮 25”是一艘兼具海上消防功能的 5000 匹大马力拖轮，船长 37.5 米，型宽 11.6 米，型深 5.4m，它不仅可以胜任船舶日常生产业务，也可以承担起远距离的“近海拖带”任务，作为消防拖轮，一旦出现火情，也能立刻发挥海上消防功能，必要时还具有一定的破冰能力，是一艘先进的多功能复合型拖轮。

② 冰排处理

破冰船破冰是依靠船体自重低速航行中连续压破压断冰盖的破冰方式，破

坏桩基附近的冰排，防止冰排在运动中对桩基的连续挤压。基于此，本工程在平面布置图上每隔一定距离预留 60m 的破冰通道，在结冰期间利用破冰船将工程区域内的冰排破碎，消除冰排运动中被结构物连续挤碎或滞留在结构前产生的挤压力。

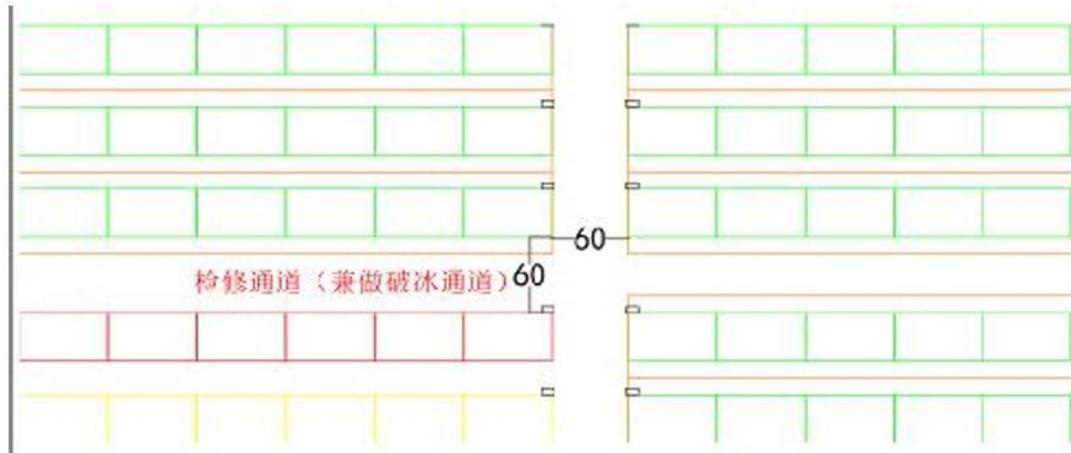


图 2.2-14 破冰船预留通道布置图

破冰船在压破冰排时会对桩基产生一定的冰排挤压力，因此应在冰层未达到设计重现期厚度前开始破冰处理，并且根据现场实际水文气象条件以及结冰速度，定期进行破冰处理。

在破冰后，工程区域在船-冰作用下不存在大幅运动的冰排，冰排对桩基的连续挤压力基本消除，已破碎为大量较小块不规则的浮冰，碎冰聚集在桩基四周，由于冰块体积和海流流速均较小，大幅削弱了海冰对桩基的作用力。

③ 注意问题

破冰时应尽量将 60m 预留通道内的冰排全部破碎为小块冰排，并且在场区边界外 50m 范围内的冰排全部破碎。

做好工程场区结冰监测工作，定期处理结冰；

进入冰区时，应保持船首与冰缘垂直，并将抵冰缘的余速降至最低程度，待船首顶住冰块时，再逐渐增加转速，分割并推长冰块；

(4) 极端海冰气候管理措施

1) 海冰监测与预报

参考寒区油气平台的海冰管理和破冰理念，可委托海冰预报专业机构专门对作业海域冰情进行定期预报。海域海冰预报种类主要有周、月、年、补充与警报等 4 种方式，发布内容主要包括海冰趋势、冰期、流冰范围和冰厚等，冰期建立

三级管理机制。

2) 数字化智慧光伏

依托数字化智能系统运维平台监测光伏场区，冰期使用无人机巡检，降低极端海冰气候带来的不确定因素。同时委托气象部门对相关海域冰情进行航空实时监测、气象卫星遥测，实时掌握极端海冰冰情。

3) 加强领导，落实责任

针对冬季施工特点和生产实际，应制订了冰期安全生产措施和应急预案，加强领导，逐级落实责任。在冰情严重的月份或者年份，依靠破冰船对场区范围内的海冰情况进行巡逻监视，破除平整冰，清除堆积冰。

4) 极端海冰气候生产安排

①安排专人 24h 值班，关注冰情变化，做好冰情记录，每天向公司运行汇报。

②在有大面积海冰形成时，应通知破冰船到平台周围进行破冰，防止大块浮冰对平台造成的冲击。

2.2.4.3 防腐蚀设计

1、防腐蚀耐久性设计年限

本工程光伏发电场设计寿命为 25 年，考虑工程建设期 18 个月，设计年限按照 27 年考虑。

2、腐蚀环境分区

(1) 水文条件

参考本项目邻近工程水文资料，场址区 50 年一遇极端高水位(*高程)为*m；50 年一遇设计高水位 (*高程) 为*m；50 年一遇设计低水位 (*高程) 为*m；50 年一遇极端低水位 (*高程) 为*m。

根据本项目工程水文报告成果，场址区 50 年一遇极端高水位下 H1%约 5.03m；50 年一遇设计高水位下 H1%约 4.71m。

(2) 海水环境结构部位划分

根据《水运工程结构耐久性设计标准》JTS153-2015 相关规定，海水环境对混凝土结构划分为大气区、浪溅区、水变动区和水下区，对钢结构划分为大气区、浪溅区、水变动区、水下区和泥下区，混凝土结构和钢结构的前四个部位划分界限及依据相同，根据规范相关要求，对本项目结构各部分进行环境部位划分。

①大气区下界面高程：设计高水位+ $\psi_{50\text{年一遇H1\%}}+1\approx 0.58+4.71*2/3+1\text{m}=4.72\text{m}$

②浪溅区下界面高程：设计高水位 $\psi_{50\text{年一遇H1\%}}\approx 0.58-4.71*1/3=-0.98\text{m}$

③水位变动区下界面高程：设计低水位-1=-0.58-1.0=-1.58m

由以上分析结果可得：

①组件、上部钢结构支架、桩顶连接支撑钢结构等均位于大气区以上；

②预应力混凝土管桩在大气区、浪溅区、水位变动区和泥下区均有分布。

3、钢桩部分防腐方案

根据《水运工程结构耐久性设计标准》JTS153-2015，整个基础结合大气区、浪溅区、水位变动区和水下区统一布置防腐涂层系统，水下区采用防腐涂料和牺牲阳极阴极保护措施，泥下区采用牺牲阳极阴极保护措施。

4、上部钢结构及钢支架防腐方案

(1) 钢结构腐蚀机理

上部钢结构部分包括钢结构立柱、支架及檩条等。本项目设计钢结构部分均位于大气区，钢结构在海洋大气环境条件下的腐蚀机理为：

海洋大气是指海面飞溅区以上的大气区和沿岸大气区，在此区域中主要含有水蒸气、氧气、氮气、二氧化碳、二氧化硫以及悬浮于其中的氯化盐、硫酸盐等，它具有比普通大气湿度大、盐分高、温度高及干、湿循环效应明显等特点。

由于海洋大气湿度很大，水蒸气在毛细管作用、吸附作用、化学凝结作用的影响下，附着在钢材表面上形成一层肉眼看不见的水膜，CO₂、SO₂和一些盐分溶解在水膜中，使之成为导电性很强的电解质溶液。由于钢材的主体元素铁和微量元素碳等元素的标准电极电位不同，当它们同时处于电解质溶液中时，就形成了很多原电池，铁作为阳极在电解质溶液(水膜)中被氧化而失去电子，变成铁锈。这一过程的反应速度取决于相对湿度、温度、降水量以及大气组成、含盐量、灰尘、大气污染等因素，这一点与内陆大气环境下的腐蚀是相同的。但由于海洋大气环境相对湿度较大、水膜较厚、含盐量较高、水膜电解能力更强，同时海洋大气环境中的钢结构，白天经日光照射，水分蒸发提高了表面盐度，晚间又形成潮湿表面，这种干湿循环使得腐蚀速度大大加快。此外水膜中溶解的其他物质，如氧气、二氧化碳、二氧化硫及另外一些氯化物和硫酸盐也沉积在钢材表面，一方面，盐分在水膜中溶解，二氧化碳和二氧化硫使水膜呈酸性，提高了水膜的导电

能力；另一方面，氯离子有穿透作用，它能加速钢材的点蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀和缝隙腐蚀等局部腐蚀。

（2）钢结构防腐蚀设计方案

钢结构防腐蚀措施有预留腐蚀余量、防腐涂层和复核防腐措施方案。

①根据《水运工程结构耐久性设计标准》JTS153-2015，大气区钢结构单面平均腐蚀速度为 0.05~0.10mm/年。若考虑项目使用年限，若采用预留腐蚀余量方案，则需要在钢结构单侧预留 1mm 的腐蚀余量。

②考虑设计保护年限，采取防腐涂层。

防腐蚀涂层方案有热浸锌、热喷/冷喷锌、刷漆处理等方案，防腐蚀涂层保护在涂装前应进行表面预处理，除锈等级及表面粗糙度应符合《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定》GB/T8923 和《水运工程结构耐久性设计标准》JTS153-2015 的有关要求。

本项目考虑成本因素及可靠性，综合以上各方案，对上部钢结构网架采用的热镀锌 55 μm +油漆 280 μm 的复合方案（底层 50 μm +中间层 150 μm +面层 80 μm ），总厚度为 335 μm ，满足《水运工程结构耐久性设计标准》JTS153-2015 以及《色漆和清漆对钢结构的腐蚀防护-第 5 部分-防护漆体系》（ISO12944）标准中腐蚀环境为 C5 环境及 H（15-25 年）耐久性要求涂层厚度。

5、运行维护

在项目建成后，发电运行阶段可通过数字管控平台联合现场巡检，定期对钢结构支架、混凝土桩基础及其它结构进行检查与维护，特别是结构连接和焊接节点位置，一旦发现存在锈蚀应及时采取打磨喷漆或者覆裹处理等措施，保证结构整体安全。

2.2.4.4 防冲刷设计

参考海上风电和海洋工程项目防冲刷处理方案，防腐蚀措施主要有预留冲刷深度和采取防冲刷保护措施两种方法。其中，预留冲刷深度的办法可从结构设计方面解决冲刷造成的稳定、强度和变形的安全性影响，对结构安全的可靠性较高；防冲刷保护措施主要有在基础周围一定范围内抛块石、固化土、尼龙布、仿生草等，此方法需要事先进行环境影响研究。

本阶段未对光伏场区桩基施工完成后整体冲刷情况进行分析，设计中暂考虑

2 倍桩径深度的整体冲刷。后期运行过程中加强对冲刷的检测和监测，若出现局部冲刷的影响，根据实际情况判别后可采取抛石、固化土或者其他措施进行保护。

2.2.4.5 过电压保护及接地

(1) 过电压保护及接地由于光伏阵列面积较大，在阵列中设避雷针出现阴影对阵列的性能影响较大，根据《光伏（PV）发电系统过电压保护导则》中有关条款的规定，综合考虑后确定本电站光伏阵列中不再配置避雷针。

本工程应充分利用支架基础钢筋作为自然接地体。一个子方阵内位于同一排的支架间相互连接，发电区域中形成多个独立的接地单元，每个独立的接地单元设置 2 根延伸至淤泥以下的接地极，接地极采用镀铜圆钢。阵列区宜设置均压接地网，组件及支架均就近与接地网连接，降低组件接地接触电阻。

箱变可不单独装设直击雷保护装置，但在箱变周围设置均压接地网，均压接地网通过 2 根接地极深入淤泥以下，箱变与均压接地网可靠连接，同时为降低反击的可能性，箱变接地点不少于两处。每排支架单元和箱变接地电阻应小于 4Ω 。

(2) 雷电侵入波过电压保护

为防止线路上侵入波雷电压，在箱变内逐级装设浪涌保护器或者避雷器。66kV 及以下电气设备以避雷器标称放电电流 5kA 时雷电过电压残压为基础进行绝缘配合，满足《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB50064）规范要求。

2.2.4.6 防碰撞设计

本工程项目已经避开区内主要航道，不存在大型船只的撞击影响。后期运维考虑采用无人机或者其他方式进行。本工程管桩基础仅考虑承受环境荷载作用，在光伏电场建设和运营期需要加强安全管制预警。光伏电场运营期间向海事主管机关申请发布航海通告，告知过往船舶从电场内穿越的风险，如无特殊情况过往船舶应避免从光伏场区内穿越，同时过往船舶航行时应与本工程电场保持足够的安全距离。对于偏离航道误闯入光伏场区的船只，则主要通过警戒标示、航标灯、AIS 系统予以导助航。

本项目考虑对光伏场区外围箱变平台桩基进行加强。同时在箱变平台管桩基础上设置靠船件，靠船件主要由立柱、吸能器、法兰和成套螺栓组成，停靠船舶对光伏管桩基础上的靠船件造成冲击时，靠船件立柱与船舶接触面将冲击载荷传

递给偏心缓冲橡胶环和吸能器，通过缓冲和吸能装置将冲击载荷以热能的形式吸收。因此，船舶对管桩产生的冲击载荷将减小，不会损坏平台结构。

2.2.5 陆上工程

本项目配套建设一座 500kV 陆上升压站，站内主变规划容量 $1 \times 460\text{MVA} + 2 \times 400\text{MVA} + 1 \times 220\text{MVA}$ ，本项目规模 $1 \times 460\text{MVA}$ 。

陆上升压站配置 1 台 500MVA 三绕组变压器；500kV 配电装置为户内 GIS，采用 3/2 接线；66kV 配电装置为户内 GIS，采用单母线接线。集控中心主要建（构）筑物有：综合楼、电控楼、辅助用房、消防蓄水池、事故油池、污水处理装置以及储能设备基础等建（构）筑物。



图 2.2-15 陆上集控中心

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工方案

本项目工程主要施工项目工艺流程如下：施工前期准备→光伏组件支架基础施工→设备基础施工→光伏组件安装→电缆敷设→调试、发电投产→工程完工。



图 2.3-1 施工流程图

2.3.2 施工方法

2.3.2.1 海上桩基施工

本项目光伏场区采用钢管桩基础，箱变平台和场内电缆栈桥也采用钢管桩基础，箱变平台桩基和场内电缆栈桥桩基与光伏组件相差不大，拟同样采用光伏桁架的基础施工船机进行沉桩施工。整个光伏场区划分多个作业面，每个面分别投入 1 艘全回转式起重船+1 艘运输驳流水组织打桩作业。

(1) 主要施工工艺流程

本阶段桩基基础主要施工工艺流程考虑为：船舶定位→吊装、翻桩→管桩入龙口→沉桩→沉桩测量→桩机移至下一根桩。

(2) 施工工艺

每个施工区分别投入 1 艘全回转式起重船+1 艘运输驳倒退流水组织打桩作业，每条打桩船进场后，通过船舶定位系统粗定位置后利用锚艇进行六点抛锚定位，保证 1#4#长锚一次抛锚能够完成 3 组打桩作业，2#和 3#锚、6#和 5#锚在绞锚移船时分别交替向船行方向移锚；在码头完成整根桩基的所有工序后，经各方验收满足出海打桩作业条件后，利用运输船运输至施工现场，与打桩起重船捆绑定位，起重船再将桩基进行吊桩、翻桩、桩入龙口、打桩、测量等工作。沉桩以设计高程为主，桩顶标高应符合设计要求。

1) 前期准备工作

设备检修与就位，人员及材料到位，测量仪器就位，具备打桩条件。

2) 管桩施工

①施工方法

本工程管桩采用液压锤进行沉桩施工。

②全回转式起重船选择

根据运载能力及现场水深分析，选用 200t-300t 全回转式起重船进行沉桩施工。该船船长 74.9m，型宽 25.6m，吃水深度 2m。全回转式起重打桩船单侧根据桩基间距安装两个定位架，定位架采用焊接固定。定位架采用双层形式，便于调

整固定管桩。

每个施工区域采用一艘起重船倒退流水沉桩作业，每条打桩船利用锚艇进行六点抛锚定位，抛锚方位、抛锚长度根据桩距及船位确定，保证 1#4#长锚一次抛锚能够完成 3 组打桩作业，2#和 3#锚、6#和 5#锚在绞锚移船时分别交替向船行方向移锚。



图 2.3-2 全回转式起重船

③船舶定位

起重船进场后，通过船舶定位系统粗定位置后抛锚，采用六锚定位，根据不同锚位抛锚长度约 50-300m，然后采用 GPS 对定位架的位置进行复核。过程中通过调整船体，使点位架平面实际位置与图纸相同。

④吊装、翻桩

桩基吊桩采用四点吊，整根桩基完成所有工序后，经各方验收满足出海打桩作业条件后，通过吊车吊装至运输船，运输至施工现场，吊装过程采用四点吊桩即在成品桩基上捆绑 4 根合格的吊带，吊带吊中须在 15t 级别以上，相邻两根吊带采用满足承载要求的 1 根钢丝绳连接，四个吊点通过钢丝绳汇聚成两个吊点，两个吊点再通过 1 根钢丝绳汇聚成 1 个吊点，起重吊车通过 1 个吊点将整根桩基一次吊装装船。

桩基材质为钢桩，桩基吊装采用两点吊，桩基顶端部分称为上吊点，入水入泥端称为下吊点，利用起重船起重主钩挂住上吊点，副钩与桩底下吊点连接，吊装及捆绑钢丝绳必须满足桩基承载力要求。桩基在水平吊起后，到达安全高度，起重机慢慢回转，直至对应抱桩器上方，再次复核抱桩器坐标点，确认无误后，缓慢提升主钩，下放副钩进行翻桩。翻桩过程可采用人工通过缆风绳进行辅助调

节，确保翻桩过程桩基较大晃动，容易造成碰撞。立桩完成后，副钩松钩，并取消下吊点吊装钢丝绳及辅助设施，再次缓慢下方桩基，过程时刻保持测量状态，保证桩基自沉入泥端的垂直度及坐标精度。

⑤管桩入龙口、沉桩

管桩翻身完成后，进入龙口，采用定位架固定稳桩后，脱钩。然后起吊液压动，套锤沉桩。依次进行第二、第三根沉桩。

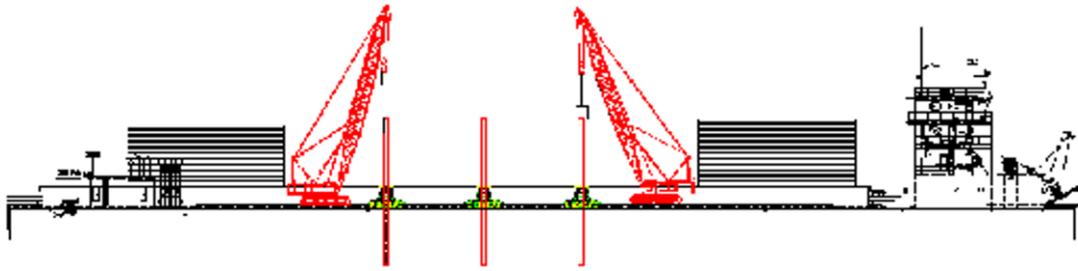


图 2.3-3 立桩、沉桩示意图

停锤标准：沉桩以设计高程为主，桩顶标高应符合设计要求。沉桩时须按要求填写沉桩记录表，填写及时正确。每个桩位沉桩结束后，测出桩顶的实际位置，并填写沉桩记录汇总表。

⑥沉桩测量

沉桩定位采用直角交汇和前方交汇法，分别在正面基线和侧面基线上布置一台经纬仪，进行直角交会，另布设第三台经纬仪于正面基线上用于校核，确保三台仪器观测点均在同一平面上，沉桩定位分粗定位、细定位、精定位三步进行，经各方向观测员校核无误后开始压锤施打。

2.3.2.2 光伏支架安装

本项目单套支架长约 69m，宽 38m，支架重量（含檩条、螺栓球节点、拉条、栏杆等）重约 64.2t。支架在码头拼装完成后由码头内起重船直接起吊。根据工作部署完成部分桩基施工后，安排用于支架单元吊装的 500t 全回转式起重船进场，采用六点抛锚定位；单套支架单元在码头生产线拼装完成后，经验收合格，利用 5000t 运输船将整体支架单元运输到安装场地，运输船抛锚定位后，起重船再将支架单元整体进行回转、挂钩、起吊、回转、落位安装，支架单元落位时采用缆风绳辅助精准安装，支架单元直接倾角固定于双排桩顶，吊装完成后支架与桩头采用焊接连接。支架单元的吊装紧随打桩作业之后，保持一定施工距离，成梯队

形式依次流水作业。

(1) 运输船选择

本项目主要从码头运输支架单元及光伏区变配电设备等，其单件重量均未超过 100t，其运输船机的选型主要考虑运输设备的尺寸。根据项目施工整体思路，支架单元需在码头拼装成整体运输至场区进行吊装。

根据支架尺寸和运输船租赁经济性，且码头船舶设计停靠能力满足 5000t 运输船舶的停靠，因此，本项目拟选定 5000t 运输船作为支架单元及其他设备的运输船舶。

(2) 吊装施工船选择

单个支架单元及吊梁总重约 135.3t，吊高需满足水面以上 40m。经筛选，500t 全回转起重船适用于该尺寸的上部结构吊装。

吊重核算： $(93+30) * 1.1 = 135.3t < 220t$ （48m 跨距），双主钩并用。

高核算：需水上吊高 $40m < 69m$ （48m 跨距），吊高富裕 29m。

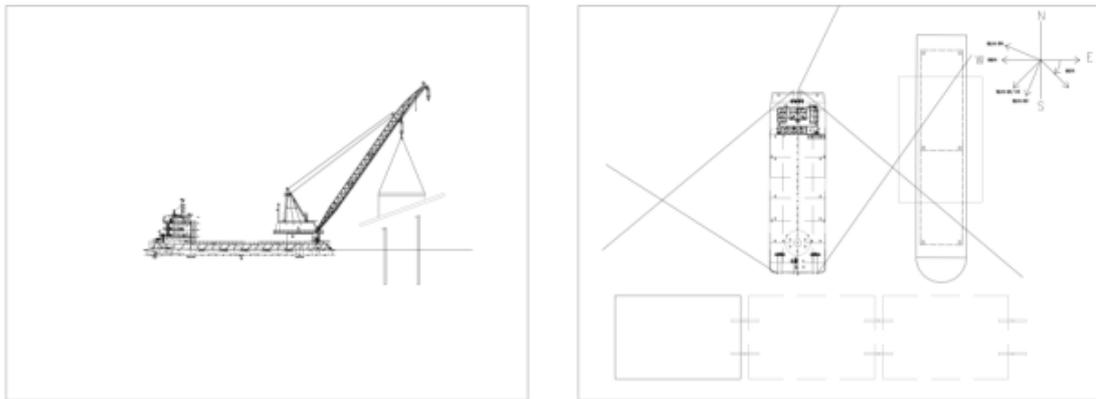


图 2.3-4 上部光伏支架安装工作面示意

2.3.2.3 光伏区电气系统安装

1、逆变器安装

- ①打开包装箱，分别检查逆变器及配电柜的完好情况；
- ②按照图纸逆变器安装位置，采用抱箍将逆变器安装在桩间系杆上。
- ③逆变器各开关初始位置是否正确，断开所有输出、输入开关；将主接线盒的方阵输入电缆分别接至汇流箱各端子；
- ④将逆变器交流输出电缆接至交流配电箱的输入端；将逆变器直流输入电缆接至汇流箱输出端；
- ⑤将外电网电缆接至交流配电箱的输出端子。

2、馈线敷设

①方阵电缆的规格和敷设路由应符合设计规定。

②馈电线穿过穿线管后应按设计要求对管口进行防水处理。电缆及馈线应采用整段线料 不得在中间接头。

③电源馈线正负极两端应有统一红（正极）蓝（负极）标志，安装后的电缆剖头处必须用胶带和护套封扎。

3、汇线

①整体汇线前事先考虑好走线方向，然后向配电柜放线，光伏组件连线应采用双护套多股铜软线，放线完毕后可穿 ϕ 32PVC管。线管要做到横平竖直，柜体内部的电线应用色带包裹为一个整体，以免影响美观性。

②采用光伏专用电缆接线，线的颜色要分开。红色为正。黑色为负。

③连接光伏组件连线，连接处用MC4插头连接。

④连接汇流箱到逆变器的电源连接线。负载线应根据光伏电站和移动直放站的位置，去确定架空或地理的方式。

⑤电缆线敷设

光伏区：施工准备→放线→桥架安装/电缆管→电缆敷设→接线。

4、防腐

施工完工后应对整个钢结构防腐破损进行整体防锈处理，可用防锈漆进行涂装，但涂装次数不得少于二遍。

2.3.2.4 箱变基础施工

本项目光伏场区设置 47 个发电单元，每个发电单元就地设置一座 66kV、9900kVA/9000kVA 箱变。单个箱变钢支架平台重 8.5t，基础采用四根直径 800mm 壁厚 16mm 的钢桩。

（1）施工顺序：

整体施工顺序为先桩基、后平台钢结构。

（2）基础工程施工工序：

放线→复核→沉桩→桩基工程验收。

（3）钢平台施工顺序：

放线→复核→将工厂预制好的钢平台吊装就位→桩顶与钢平台焊接连接→防腐→平台钢结构验收。箱变基础沉桩作业完成后，应在后续管桩施工影响箱变

运输和吊装前，及时开展箱变安装作业。

2.3.2.5 电缆铺设方案

本项目海缆敷设主要包括光伏场址与登围海养殖边界临时工作井之间的 66kV 海底电缆；登围海养殖点与登陆点之间的 66kV 海底电缆。

1、光伏厂区至围海养殖边界临时工作井海缆敷设段

具体施工工艺如下：

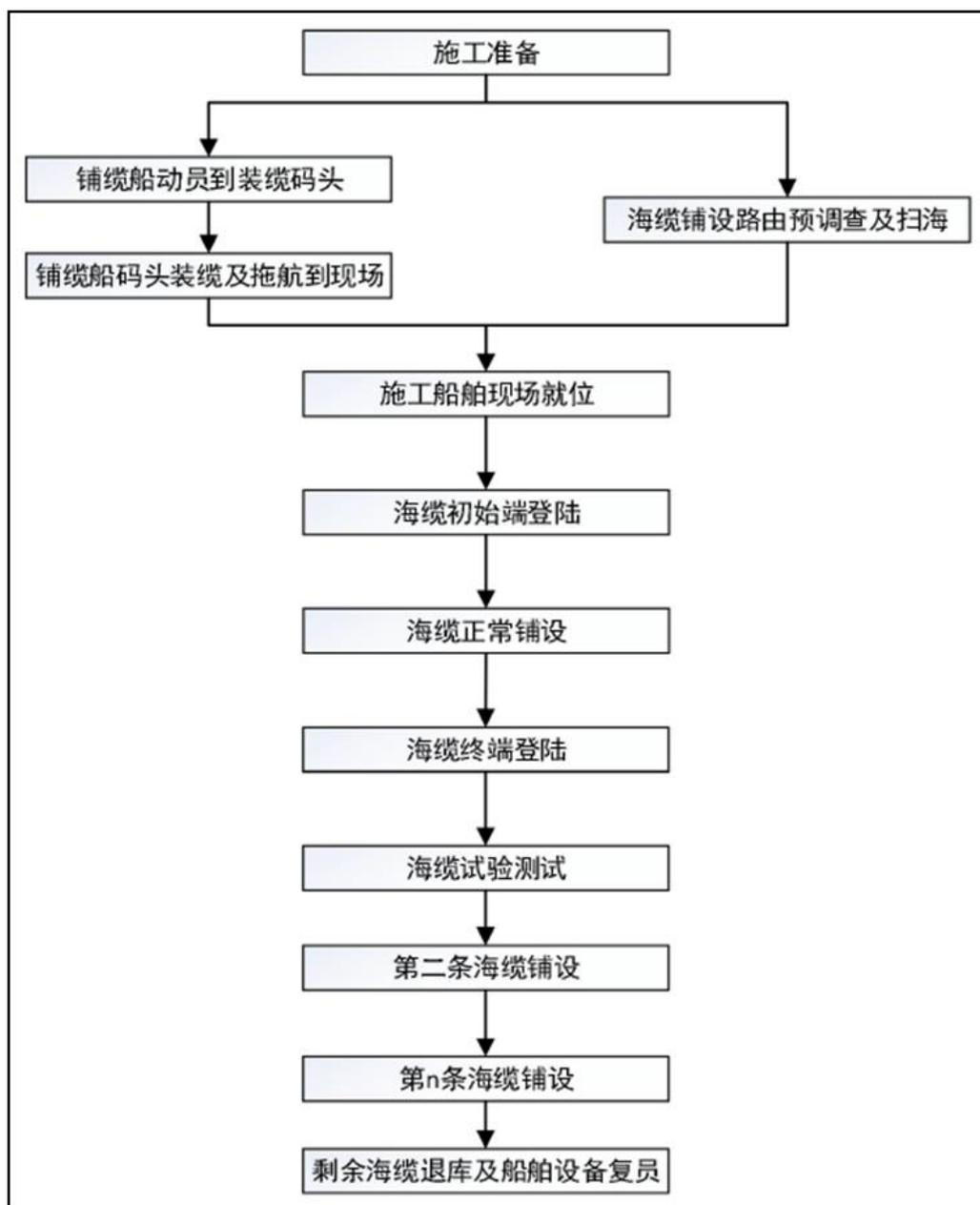


图 1.3-2.3-5 海缆施工流程示意图

(1) 路由原则

本工程规划容量为 500MW，海上光伏区箱变并接后 6 回 66kV 海缆将电能输送至路上集控中心。在规划海缆路由方案时，应遵循以下原则：

1) 海底电缆路由选择应综合分析工程可行性、遵循安全可靠、经济合理、利于施工及维护的原则。

2) 海底电缆路由选则应综合考虑自然环境及工程地质，包括海底地形地貌、海床地质及稳定性、海洋水文气象的因素。

3) 海底电缆路由选择应符合规划要求。

4) 本着“节约用海”的原则，并考虑到今后电缆铺设施工以及后期电缆运营维护的方便。

对于海缆直埋敷设的间距要求，根据 GB 50168-2006、DL/T 5221-2005 和 Q/GDW 1512-2014 中的规定指出，水底电缆平行敷设时的间距不宜小于最高水位水深的 2 倍。因此海域内海缆间距按 10m~15 m 控制；鱼塘内海缆间距按 5m 左右控制。

(2) 路由方案

本工程规划容量为 500MW，经调查，拟规划海缆敷设路由范围内，存在河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区缓冲区及实验区，结合海缆敷设原则，同时避开国家自然保护区缓冲区范围，海上光伏区 66kV 集电线路集中汇集到海上光伏区西侧后，经海陆缆转换钢栈桥平台转接，随后沿最短路径登陆，长度约 2.10km。

(1) 电缆装船

电缆在装船前应进行出厂检验，符合设计标准时才能过驳装船用于施工。装船时施工船航行到生产厂家码头，由厂家通过电缆桥架以及牵引设备，将厂区内的电缆从缆池内牵引至施工船甲板上的缆圈内，采用人工和机械辅助的方法，将电缆盘放在圈内，装船完毕后重新对海底电缆性能进行检查测试，确认各项性能指标满足设计标准要求。

采用吊装或其他形式在电缆交接地点将需要铺设的电缆及电缆配件安放至铺缆船甲板，需要注意的是电缆配件多、尺寸小且易损坏，应妥善安置。全部完成后，将铺缆船行驶至施工地点。

(2) 深水区域 66kV 海缆敷设施工

对于水深大于 2.5m 区域，满足铺缆船作业的位置，可采用铺缆船配合埋设犁方式完成电缆敷设。采用**牵引式铺埋电缆方法**，铺设船上布置有主要铺缆设备，电缆埋深按*以下埋深控制，对具有通航功能的海域敷设深度适当加深，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 18 度，监测电缆张力和埋设深度。

铺缆船铺缆时，开沟犁和高压水联合作用形成初步断面，在淤泥坍塌前及时铺缆，一边开沟一边铺设，根据电缆直径选择犁的大小，开沟犁宽 20cm~40cm。电缆敷设时采用 GPS 定位系统进行定位，牵引钢缆的敷设精度控制在拟定路由 5m 范围内。

（3）终端上光伏电场铺设

在海缆终端接光伏设备之前，已完成终端上的施工准备工作。准确测量长度后，在施工船上截下余缆，并对截断海缆两端进行铅包封堵工作，防止海缆截断后外界环境对电缆造成电气性能及绝缘影响，确保海缆埋设及后续工作质量海缆截断封堵结束后，进行海缆的终端与光伏设备电缆连接。

光伏场区内的电缆沿光伏支架桥架进行布设，一艘小型驳船安装电缆敷设滚动架并运输相应型号的电缆，停靠在电缆起始段；另一艘小型驳船安装有卷扬机，停靠在电缆末端，利用牵引绳通过卷扬机拖拉电缆并敷设于桁架内，过程中电缆桁架上方便断式放置导向轮或滑动轮，辅助电缆敷设。最终完成每一路箱变之间的电缆连接并汇合到栈桥内。

（4）电缆登临时工作井敷设施工

根据海缆敷设区域海底地形，66kV 海缆路由近岸区部分穿越浅水与滩涂区域，该区域水深较浅，考虑将两栖式挖掘机运抵登陆点，趁落潮期间，沿 66kV 海底电缆设计路由挖出宽 3.0m，深 2.0m 的电缆沟一条，海缆沉放至沟槽中，进行机械埋设。对于水深区域可由人工冲埋，确保埋深达到 2.0m。

2、围堰区敷设段

登陆点至汇集点之间现状为养殖鱼塘，且位于生态保护区内，不具备桥架敷设条件。鱼塘间田埂宽度约为 3m~4m 之间，主田埂存在汽车通行情况。

海缆直线穿越鱼塘，于鱼塘内拉管敷设，采用 800 定向钻拉管施工，每根 800 保护管内可敷设 3 回海缆，每段定向钻按照 1km 考虑，共计需 4 段，每段间施工时需设置临时工作井，海缆出鱼塘后转换为陆缆直埋敷设至升压站。

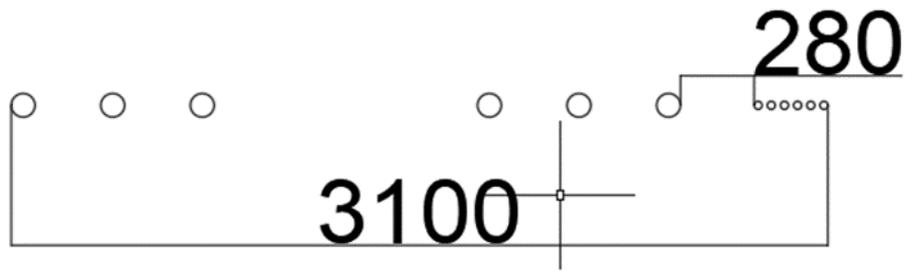


图 2.3-6 围堰区内直埋敷设断面图（2回）

1、施工工艺流程

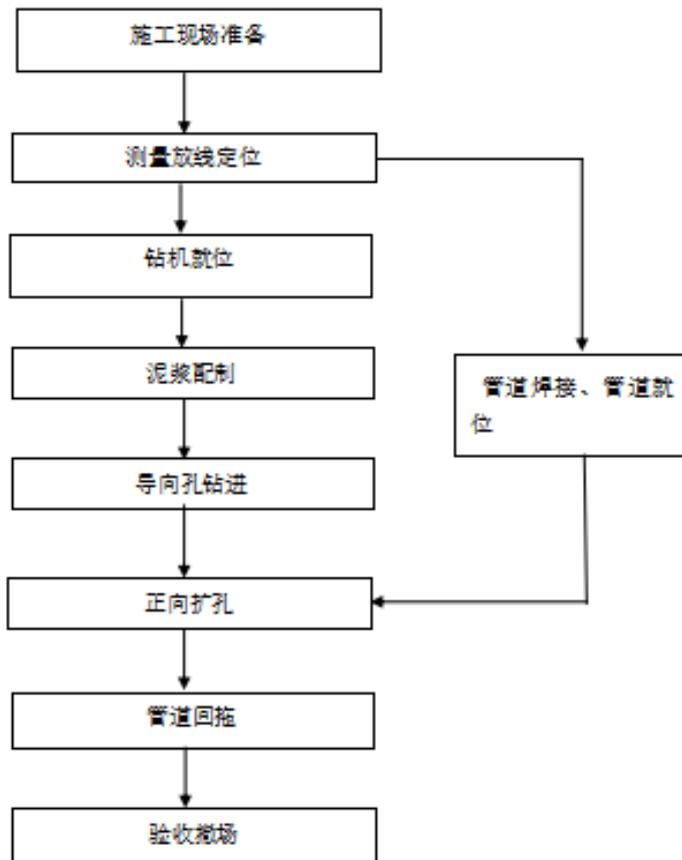


图 1.3-2.3-7 定向钻施工工艺流程

2、施工设备的选择

施工钻机设备需根据定向钻长度选择相匹配的回拖力的设备

3、测量定位放线

暂拟定出土点，入土点，放出钻机安装位置线，测量（核对）出土点的极沿线控制点标高，相应控制点在入土点、出土间轴线上标明。

根据测量和数据复核 ABP 规划曲线。

4、场地准备

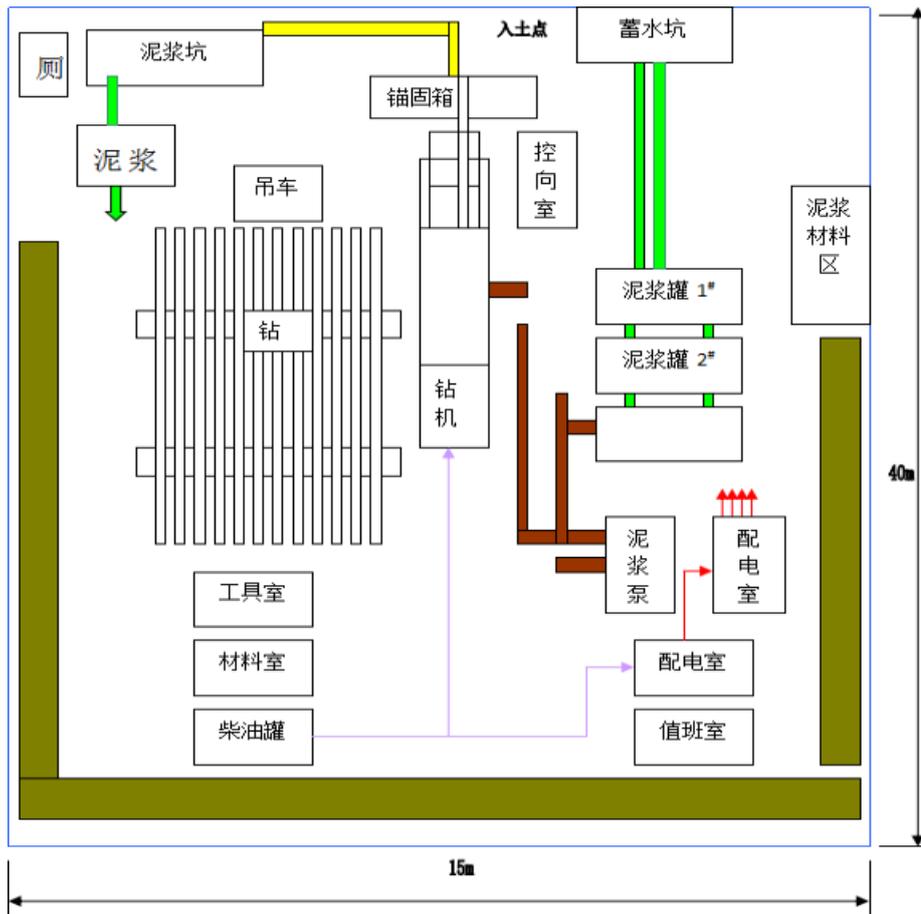


图 1.3-2.3-8 场地准备

根据施工平面布置图清理平整场地，搭建施工维护设施，清理设备停放场地。

5、钻机就位和调试

5.1 钻机及配套设备就位

按施工布置图及规范要求将钻机及附属配套设备锚固在预定位置。

5.2 泥浆选材

按照地质情况，确定配制方案（砂质粉土和流沙土）：

5.3 泥浆配比

根据地质情况，确定泥浆配比

5.4 钻机试钻

钻机安装后，进行试运转以检测各部位运行情况。

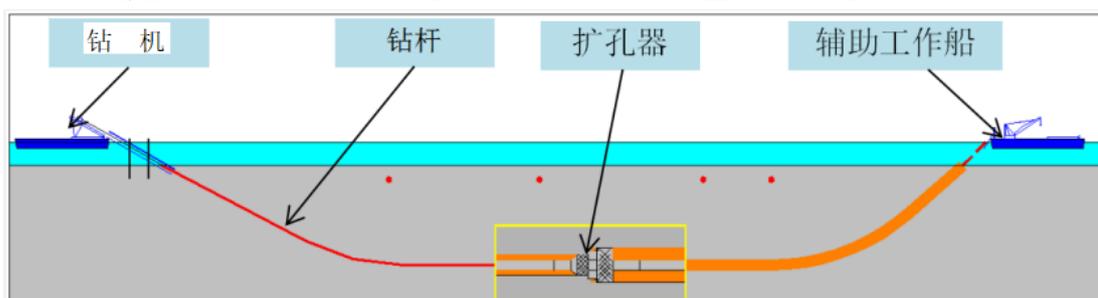


6、钻孔导向

需根据实际的埋深确定相应的导向设备，越深要求越高。

7、扩孔

导向孔完成后，开始进行扩孔工作，在出土点位置停泊扩孔辅助平台（或工



作船)，负责钻具安装和扩孔钻杆的接续以及海底泥浆回收处理工作。

8、管道回拖

扩孔完成后拆除钻头，安装回拖短节。安装完成后，管道回拖，钻机在回拖过程中保证夯管的行进方向，一段夯管完成后，预先放置钢丝绳，在钢管内提前预制海缆保护装置，以保护海缆在回拖时不受损伤。

回拖注意事项如下：

回拖时，调整泥浆配比，主要是在泥浆中适当加入润滑剂，减小管道在孔内的回拖阻力。

在回拖阶段，根据天气预报避开恶劣天气，避免管道回拖工作中断。

回拖时使管道入土角与实际钻杆出土角一致。

回拖前最后一次洗孔应与回拖准备工作同时进行，尽量缩短间隔时间，管道回拖应连续作业，停留时间不宜超过 4 小时，对于停留过长时间的钻孔，维持泥浆在井孔内的空间流动，钻杆应低速旋转。

9、管周注浆

定向钻穿越工程施工结束后必须做好泥浆置换和注浆工作，将水灰比为 1:1 的水泥浆从注浆孔高于膨润土注浆的压力注入。

拔管时应及时清洗注浆管，以免遗留灰浆堵管。

3、电缆直埋安全保障措施

(1) 电缆直埋安全措施

本工程 66kV 集电线路共 6 个回路，海陆缆登陆点前采用海缆直埋敷设。66kV 海缆至陆上登陆点后转换为 6 回 66kV 单芯陆缆，经直埋敷设至进入升压站 66kV 间隔。

电缆敷设时满足以下要求：

1) 电缆外皮至地坪深度不得小于 700mm，穿越农田时不得小于 1000mm。当穿越公路、穿越施工场地时电缆应穿越镀锌保护钢管；直埋电缆的壕沟应距建筑物基础 600mm 以上；电缆外皮至地下构筑物基础，不得小于 300mm。

2) 电缆应敷设在壕沟里，沿电缆全长的上、下紧邻侧辅以厚度不少于 100mm 的软土或细沙；沿电缆全长应覆盖宽度不小于电缆两侧各 50mm 的保护砖块。沿施工道路敷设时，电缆敷设于道路内边缘。当施工道路有挡土墙时，电缆应敷设于挡土墙和道路之间，电缆间距可适当调整。

3) 三芯电缆弯曲半径不应小于 15D（D 为电缆外径），单芯电缆弯曲半径不应小于 20D（D 为电缆外径），沿电缆路径的直线间隔约 50m-100m、转弯处或接头部位，应竖立明显的方位标志或标桩，标志桩单根尺寸约 0.1m（长）× 0.1m（宽）× 0.8m（高），混凝土浇筑。

4) 直埋敷设的电缆与公路或街道交叉时，应穿于保护管，且保护范围超出路基、街道路面两边以及排水沟边 0.5m 以上，保护管的内径不应小于电缆外径的 1.5 倍。

5) 直埋敷设的电缆引入构筑物，在贯穿墙孔处应设置保护管，且对管口实施止水堵塞；直埋敷设的电缆在采取特殊换土回填时，回填土的土质应对电缆外护套无腐蚀性，回填土应注意去掉杂物，并且每填 200-300 毫米即夯实一次，最后在地面上推 100-200 毫米的高土层，以备松土沉落。

6) 直埋敷设电缆的接头配置，应符合下列规定：

- A. 接头与邻近电缆净距，不得小于 0.25m；
- B. 并列电缆的接头位置宜相互错开，且不小于 0.5m 的净距；
- C. 斜坡地形处的接头安置，应呈水平状；

对重要回路的电缆接头，宜在其两侧约 1000mm 开始的局部段，按留有备用方式敷设电缆；

电缆中间接头设电缆井。

7) 电缆引入箱变前，考虑到以后更换电缆终端，预留 1~2 米作为备用。

8) 电缆中间接头应设置电缆井，并在附近做标志桩；电缆井盖应具有防盗功能，并喷涂警示标志及标语。

9) 电缆之间、电缆与其它管道或建筑物之间的最小净距应符合《电缆线路施工及验收》规范要求，严禁电缆平行敷设于管道上、下面，尺寸应满足下表要求。

表 1.3-2.3-1 电缆直埋敷设要求

电缆直埋敷设时的配置情况		平行	交叉
控制电缆之间		-	0.5 (见说明 1)
电力电缆之间或与 控制电缆之间	10kV 及以下电力电缆	0.1	0.5 (见说明 1)
	10kV 以上电力电缆	0.25 (见说明 2)	0.5 (见说明 1)
不同部门使用的电缆		0.5 (见说明 2)	0.5 (见说明 1)
电缆与地下管沟	热力管沟	2 (见说明 3)	0.5 (见说明 1)
	油管或易燃气管道	1	0.5 (见说明 1)
	其他管道	0.5	0.5 (见说明 1)
电缆与建筑物基础		0.6 (见说明 3)	-
电缆与公路边		1.0 (见说明 3)	0.5
电缆与排水沟		1.0 (见说明 3)	0.5
电缆与树木的主干		0.7	-

电缆与 1kV 以下架空线电杆	1.0（见说明 3）	-
电缆与 1kV 以上架空线电杆	4.0（见说明 3）	-

说明：1. 用隔板分隔或电缆穿管时可为 0.25；

2. 用隔板分隔或电缆穿管时可为 0.1；

3. 特殊情况可酌减且最多减少一半值。

4. 当电缆穿管或者其他管道有保温层等防护措施时，表中净距应从管壁或防护措施的外壁算起。

（2）电缆接地保护

本工程电缆采用三芯、单芯电缆，根据《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T50065）要求，本工程三芯电缆应在线路两终端直接接地。线路中有中接头时，接头处也应直接接地。单芯电缆距离较短时采用单端直接接地，单端保护接地；距离较长时采用交叉互联接地方式。

（3）电缆防火与阻燃

项目电缆选型为阻燃 C 类及以上电缆，场区内电缆采用桥架及直埋敷设，对易受外部影响着火的电缆密集场所或可能着火蔓延而酿成严重事故的电缆线路，应严格采用的防火阻燃措施施工；对电力电缆接头两侧及相邻电缆 2~3m 长的区段施加防火涂料或防火包带。必要时采用高强度防爆耐火槽盒进行封闭。直埋段电力电缆应每隔 100m 处，进行防火分隔处理，阻火段用阻火包和有机堵料进行封堵；接头井进出处用阻火包、有机堵料和无机堵料组合封堵，厚度 320mm。

（4）安全性评价

按照以上标准及规范要求施工，可保证电缆运行安全性。由于电缆主要路径均位于地下，空气含量极低，因此火灾发生概率低；检修接头井内通过设置地下接地网及接地箱，可保证电缆接头的接地可靠性，并通过涂刷防火涂料、防洪堵料等措施，保证接头处防火能力。

（5）多回穿越保护区原因

由于本项目规模较大，考虑 66kV 集电线路电压等级后，以及 66kV 电缆的成熟产品及单回输送容量，宜分为 6 回集电线路输送。由于 66kV 陆缆均为单芯产品，以及每回海缆转换为陆缆后，需转换为 3 根。

按照 GB 50217-2018 《电力工程电缆设计标准》以及 GB 50168-2018 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》要求，每根电缆敷设时需与其余电缆保持 0.25m 以上间距要求。不同集电线路电缆之间考虑载流量影响，按保持 1m 以上间距设计；因此每条 4m 左右田埂可敷设 6 根陆缆（2 回集电线路），因此本项目需要 3 条不同路径田埂，以保障对保护区造成较小影响。

（6）登陆井、接头井设置原因

在本项目中，登陆点处海陆缆转换井及接头井的存在具有极其重要的作用，主要体现在以下几个方面：

1) 实现海缆与陆缆的顺利连接。海上光伏发出的电能需要通过海底电缆(海缆)传输到陆地，而一旦到达岸边，这些电缆需要与陆地上的电缆系统(陆缆)进行连接。海陆缆转换井正是实现这种转换的关键部件，它确保了海缆与陆缆之间的平滑过渡，为光伏场区的稳定运行提供了基础保障。

2) 方便后续的运维工作。海上光伏的电缆系统需要定期进行巡检和维护，以确保其长期稳定运行。海陆缆转换井的设计使得运维人员能够方便地进行检查和维修工作。一旦发生故障，运维人员可以快速定位到转换井，打开井盖进入内部进行检查和修复。

3) 适应复杂多变的海洋环境。海上环境复杂多变，特别是海浪、潮汐等自然因素可能对电缆造成冲击和磨损。海陆缆转换井作为一个保护结构，能够为电缆提供额外的保护，减少外界环境对电缆的损害，提高电缆的使用寿命。

4) 提升海上光伏项目的经济效益和稳定性。通过合理的海陆缆转换井、接头井设计，可以优化电缆的布局和连接方式，减少电缆的使用量和安装成本，同时，减少故障发生率和提高维修效率也可以降低运营成本，从而提高整个光伏项目的经济效益好和运行稳定性。

4、施工设备

表 1.3-2.3-2 海缆施工主要施工机械设备

序号	机械设备名称	规格	单位	数量	备注
1	海缆敷设船	2000t	艘	1	海缆运输及敷设
2	履带铺缆机	/	台	4	/
3	电缆运输船	配置小吊机	艘	2	低压电缆运输
4	卷扬机	/	台	4	电缆牵引
5	机动绞磨机	30kn, 5.7kW	台	4	电缆牵引

序号	机械设备名称	规格	单位	数量	备注
6	两栖挖掘机	/	台	4	电缆沟开挖及回填
7	拖轮	/	艘	4	/
8	抛锚艇	/	艘	4	铺缆船抛锚
9	交通艇	/	艘	2	人员交通

2.3.3 土石方平衡方案

本项目海上工程基础采用桩架船或浮式全回转起重船进行沉桩施工，海缆地埋段厂区内部分位于泥面以下，采用射水挖沟犁高压射水挖沟作业，不涉及土方开挖及回填。

海缆地埋段厂区至登陆点断所挖土方就地回填、平整，不回产生多余土方。

2.3.4 物料来源

(1) 钢结构加工基地

本工程钢结构加工量较大，主要为单榀桁架制作。制作厂家择优选用。钢结构加工基地需拥有出运码头，具备码头出运条件，采用平底驳船运输至海上光伏施工现场。

(2) PHC 桩加工厂

本项目本期工程光伏支架基础 PHC-600、PHC-800 管桩，经过初步调研，项目周边可满足加工生产本工程管桩基础的加工厂较多，本工程采用周边厂家直接采购的方式，生产厂家可择优选用。

(3) 交通船码头

交通船主要满足人员及常规物资从码头至海上光伏施工区域之间往返使用。初步选择离施工场区较近的滦河口附近的小港码头作为本工程的交通船登陆点。

(4) 锚地条件

作业期间，如预报风速超过现场作业船舶的设计抗风等级，则船舶需移至安全水域避风，因此宜选择航行距离与时间较短、应变突发恶劣天气反映灵活的港口配套锚地设施，本工程施工区域周边的秦皇岛港、京唐港有大型避风锚地和港口设施，同时距离本工程海域较近，因此本阶段工程船舶选择就近避风锚地进行避风，工程施工期间可根据当地海事部门的航行调迁指令选择具体的锚地和港口进行避风。

2.3.5 施工进度和安排

2.3.5.1 施工总进度

本项目工程总工期 18 个月。本项目拟第 1 月初开展施工征地、供水供电及临时生产生活设施修建等前期工作准备和钢结构、设备物资生产加工、采购。

第 2 月初开始陆上升压站施工，第 4 月中旬土建施工完成，第 6 月中旬完成电气设备的安装、调试，具备送电条件。

第 3 月初开始光伏海上桩基础、钢支架、组件、电缆、逆变器、箱变等设备材料采购，第 4 月进行首批海上光伏钢平台支架及发电模块安装，第 14 月中旬光伏支架基础和平台施工完成，第 14 月底光伏钢平台支架安装完成，第 8 月开始电缆敷设，第 17 月底完成电缆敷设。第 18 月底光伏发电模块完成电气设备调试、并网发电。

工程总工期 18 个月。

表 2.3-3 施工进度表

第n月 施工 单元	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
施工前期 准备	■																	
陆上升压 站施工		■	■	■	■	■	■	■	■	■								
光伏钢平 台支架及 发电模块 安装			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
光伏组件 安装				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
电缆敷设									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
调试、发 电投产																		■
工程完工																		■

2.3.5.2 劳动力资源

本工程劳动力资源供应根据高峰与平均时段的施工强度，并参照类似工程实际的劳动力资源供应情况制定。根据工程不同的施工时段，高峰时段月投入劳动力为 842 人，平均时段月投入劳动力为 442 人。

表 2.3-4 劳动力投入计划表

人员类别	劳动力投入计划表(人)																	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	13月	14月	15月	16月	17月	18月
支架拼装	80	240	240	240	240	240	240	180	160	100	80	20	0	0	0	0	0	10
组件安装	80	240	240	240	240	240	240	180	160	100	80	40	40	40	40	20	20	10
打桩作业	20	40	40	40	40	40	40	40	40	20	0	0	0	0	0	0	0	0
支架单元吊装安装作业	0	40	40	40	40	40	40	30	25	20	16	10	0	0	0	0	0	10
桥架安装	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15
电缆及接地敷设	0	0	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
起重工及司索工	8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10
测量员	8	16	16	16	16	16	16	16	16	10	10	10	10	10	10	10	10	5
电工	2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
电气试验调试	0	0	0	0	0	0	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
焊工	20	80	80	80	80	80	80	60	50	40	20	20	20	20	20	20	20	20
普工	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
合计	228	752	752	832	832	832	842	692	637	481	357	256	226	226	226	206	206	211

2.3.5.3 主要施工机械设备

本工程采用的主要施工机械设备见下表。

表 2.3-5 主要施工机械设备表

序号	设备名称	单位	数量
1	打桩船（全回转式起重船200t-300t）	艘	6
2	运输驳3000t	艘	6
3	支架单元吊装船（全回转式起重船500t）	艘	6
4	运输驳5000t	艘	6
5	小型作业船	艘	20
6	升降平台施工船	艘	20
7	锚艇1000-1500p	台	20
8	支缆船2500t	艘	4
9	拖轮3300HP	艘	12

2.4 项目用海需求

河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设 500MW 光伏发电设施及外输

电缆需申请用海，拟申请用海情况如下：

(1) 用海期限

申请用海期限为 27 年（含施工期 2 年，运营期 25 年）。

(2) 用海类型和用海方式

项目用海类型为“工业用海”中的“电力工业用海”（25）；光伏发电设施用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”（23），外输电缆用海方式为“其他方式”中的“海底电缆管道”（53）。

(3) 用海面积

本项目拟申请用海总面积为 466.5637 公顷，其中透水构筑物用海面积为 435.5501 公顷，海底电缆管道用海面积为 31.0136 公顷，具体面积见表 2.4-1，项目界址点坐标见表 2.4-1，宗海图见图 2.4-1 所示。

(4) 占用岸线和新增岸线情况

本项目海底电缆管道采用下穿的形式占用岸线*m，不新增岸线。

表 2.4-1 项目界址点坐标表

点号	纬度	经度
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

图 2.4-1 宗海位置图

图 2.4-2 宗海界址图

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

2.5.1.1 项目建设是保障国家产业政策及产业发展的需要

(1) 项目建设符合国家产业结构，建设资源节约和环境友好型社会的需要

《国务院关于发布实施<促进产业结构调整暂行规定>的决定》明确了当前一段时间关于产业结构调整的方向和重点，提出要大力发展循环经济，建设资源节约和环境友好型社会。坚持开发与节约并重、节约优先的方针，按照减量化、再利用、资源化原则，大力推进节能节水节地节材，加强资源综合利用，全面推行清洁生产，完善再生资源回收利用体系，形成低投入、低消耗、低排放和高效率的节约型增长方式。

《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中在“第一类 鼓励类”中的“五、新能源”中，包含以下项目类别：

“1. 风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用

2. 可再生能源利用技术与应用：太阳能热发电集热系统、高效率低成本太阳能光伏发电技术研发与产业化、系统集成技术开发应用，逆变控制系统开发制造，太阳能建筑一体化组件设计与制造，高效太阳能热水器及热水工程，太阳能中高温利用技术开发与设备制造，海洋能、地热能利用技术开发与设备制造，可再生能源供暖技术的开发与应用

3. 生物质能发电技术与应用：生物质纤维素乙醇、生物燃油（柴油、汽油、航空煤油）等非粮生物质燃料生产技术开发与应用，生物质直燃、气化发电及热电联产技术开发与设备制造，农林生物质资源收集、运输、储存技术开发与设备制造，农林生物质成型燃料加工设备、气化设备、锅炉和炉具制造，以农作物秸秆、畜禽粪便、厨余垃圾、工业有机废弃物、有机污水污泥等各类城乡有机废弃物为原料的大型沼气和生物天然气生产成套设备，沼气发电机组、沼气净化设备、沼气管道供气、沼气提纯压缩液化制备生物天然气设备、装罐成套设备制造，秸秆热解气化相关设备制造，可持续航空燃料原料高效收储运技术与设备研发与应用，可持续航空燃料生产与应用

4. 氢能技术与应用：可再生能源制氢、运氢及高密度储氢技术开发应用及设备制造，加氢站及车用清洁替代燃料加注站，移动新能源技术开发及应用，新一代氢燃料电池技术研发与应用，可再生能源制氢，液态、固态和气态储氢，管道拖车运氢，管道输氢，加氢站，氢电耦合等氢能技术推广应用

5. 发电互补技术与应用：氢能、风电与光伏发电互补系统技术开发及应用，传统能源与新能源发电互补技术开发及应用，电解水制氢和二氧化碳催化合成绿色甲醇”

本项目建设属于上述目录中的第 2 条。为鼓励类项目，符合国家产业结构，是建设资源节约和环境友好型社会的需要。

(2) 项目建设是保障国家能源安全，推动可再生能源发展的需要

为深入贯彻“四个革命、一个合作”能源安全新战略，落实碳达峰、碳中和目标，推动可再生能源产业高质量发展，相关部门制定并发布了《“十四五”可再生能源发展规划》，规划指出：“从国内看，我国可再生能源发展面临新任务新要求，机遇前所未有的，高质量跃升发展任重道远。我国经济长期向好，能源需求仍将持续增长，发展可再生能源是增强国家能源安全保障能力、逐步实现能源独立的必然选择。按照 2035 年生态环境根本好转、美丽中国建设目标基本实现的远景目标，发展可再生能源是我国生态文明建设、可持续发展的客观要求。我国承诺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，明确 2030 年风电和太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上，对可再生能源发展提出了新任务、新要求。”

本项目为海上光伏项目，海上光伏发电是一种新的能源利用方式和资源开发模式，海洋上利用光伏技术建立起发电站，具有发电量高、易与其它产业相结合等特点。本项目充分利用当地太阳能等潜在优势，预计规划容量 500MW，项目的建成可以保障能源安全，推动可再生能源产业高质量发展。

综上，项目建设符合国家产业结构，保障国家能源安全，推动可再生能源发展，是保障国家产业政策及产业发展的需要。

2.5.1.2 项目建设是实现碳达峰、碳中和目标的有效措施

(1) 项目建设是落实加快构建清洁低碳安全高效能源体系的对策措施

实现碳达峰、碳中和，是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大

局作出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。根据《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》：

“二、主要目标

到 2025 年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升。单位国内生产总值能耗比 2020 年下降 13.5%；单位国内生产总值二氧化碳排放比 2020 年下降 18%；非化石能源消费比重达到 20%左右；森林覆盖率达到 24.1%，森林蓄积量达到 180 亿立方米，为实现碳达峰、碳中和奠定坚实基础。

……

五、加快构建清洁低碳安全高效能源体系

（十二）积极发展非化石能源。实施可再生能源替代行动，大力发展风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等，不断提高非化石能源消费比重。坚持集中式与分布式并举，优先推动风能、太阳能就地就近开发利用。”

本项目建成后，平均每年可向电网提供 86187.1 万 kW·h 的电量，按火力发电平均标准煤耗 305g/kW·h 计算，平均每年可节约标煤 26.29 万 t，降低了化石能源的消费。在光伏电场运营时在提供能源的同时，不排放 CO₂、SO₂、NO₂ 和烟尘等有害物质。本项目建成后，每年可减少排放温室效应气体 CO₂70.16 万 t，减少其他废气排放：SO₂（脱硫 80%）5343.6t，NO₂ 1809.93t，并减少相应的废水排放和温排水。项目的建设是落实加快构建清洁低碳安全高效能源体系的对策措施，是实现 2025 年碳达峰、碳中和目标的重要手段。

（2）项目建设是推动实施可再生能源替代行动的重要举措

《河北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纲要》中指出：“深入贯彻习近平生态文明思想，坚持生态优先、绿色发展，实施可持续发展战略，推进碳达峰、碳中和，打好污染防治持久战，构建生态文明制度体系，在治理污染、修复生态中加快营造良好人居环境，建设美丽河北。

……

二、实施可再生能源替代行动

严格控制煤炭消费，推进燃煤电厂节能降碳改造，控制煤电发电量，推动终

端用能领域电能和天然气替代，抓好农村地区清洁取暖，确保全省煤炭消费总量持续减少。大力发展光电、风电、抽水蓄能，安全有序发展核电。支持张家口、承德等地区发展可再生能源电力制氢产业。建设适应非化石能源高比例大规模接入的新型电力系统。推进电力市场化改革和以节约能源为导向的电价改革。”

本项目作为海上光伏项目，发展可再生能源，平均每年可节约标煤 26.29 万 t，减少了煤炭消费，是实现可再生能源替代行动的重要举措。

综上，本项目建成后，降低了化石能源的消费，减少二氧化碳的排放，利用太阳能发展海上光伏，推动发展非化石能源，推动实施可再生能源替代行动，是实现碳达峰、碳中和目标的有效措施。

2.5.1.3 项目建设提升秦皇岛电力市场消纳能力，促进电网电力平衡

截至 2022 年底，秦皇岛地区 500 千伏变电站 2 座，主变 4 台，变电容量 3900 兆伏安；220 千伏变电站 17 座，主变 36 台，变电容量 6600 兆伏安。截至 2022 年底，秦皇岛地区发电装机容量 385.8 万千瓦，其中水电 2.8 万千瓦，火电 266.69 万千瓦，风电 47.35 万千瓦，光伏 68.96 万千瓦。2022 年底，秦皇岛电网最大负荷 3101 兆瓦，同比增长 3.13%；全社会用电量 190.33 亿千瓦时，同比增长 4.73%。

根据京津冀北电网经济发展趋势，结合京津冀北电网经济未来发展的不确定性，京津冀北 2025 年最大负荷达到 95000MW。其中，秦皇岛电网 2025 年最大负荷将达到 4280MW。

根据电力平衡结果，京津唐电网到 2022 年电力盈余 12928MW，到 2025 年，考虑规划新增外受电落地及本地电源投产，电力缺口约 2688MW。考虑秦皇岛地区电力平衡，风电、光伏按 95%、80%容量受阻计算秦皇岛地区电力空间，常规水电按 100%容量受阻参与平衡，秦皇岛地区外售电需求不断增加。测，预计 2025 年京津冀北电网电量缺额约 84 亿千瓦时。

本项目光伏电站规划装机容量为 500MW，项目建成后可弥补秦皇岛市电力缺口，提升秦皇岛电力市场消纳能力，促进电网电力平衡。

2.5.1.4 项目建设满足生态环境质量持续改善的需要

海洋是高质量发展战略要地，保护好海洋生态环境是关乎完整准确全面贯彻新发展理念、建设美丽中国和海洋强国、增强人民群众获得感和幸福感的重要使命和任务。根据《河北省海洋生态环境保护“十四五”规划》，“十四五”时期，

海洋生态环境保护主要目标如下：

“环境质量持续稳定改善。各类入海污染源排放稳定达标,入海河流水环境质量稳步提升,入海排污口完成清理整治并开展常态化监管,主要河流入海断面总氮浓度实现负增长,工厂化海水养殖尾水达标排放,海洋生态环境稳中向好,近岸海域水质持续稳定改善,优良(一、二类)水质比例确保达到 98%;确保入海河流入海口断面稳定达标,力争达到III类水质标准。

……”

光伏发电是一种清洁的能源,既不通过消耗资源释放污染物、废料,也不产生温室气体破坏大气环境,也不会有废渣的堆放问题,有利于保护周围环境。与其它传统发电方式相比,光伏发电可节省一定的发电用煤和减少环境污染治理费用,有更高的空气质量和环保标准。项目施工期和营运期产生的员生活废水和含油废水,均不直接排海,收集后由具资质单位接收统一处理,施工废弃物和生活垃圾等集中收集运至陆上处理,减少污染入海,项目建设不会对海洋环境造成影响,满足海洋环境质量持续改善的需要。

2.5.1.5 项目建设是提升经济效益, 拉动区域经济的需要

项目建设河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目,海上光伏是可再生能源发展的新领域,具有广阔的发展潜力且生态环境友好、综合效益高。

本项目光伏组件支架采用固定式钢桁架平台,平台平面投影尺寸 35m*60m,平台基础采用 4 根的钢管桩或混凝土桩。总计超过 1500 多个钢桁架平台和万余根管桩。为降低钢结构制作成本,本项目钢结构加工以本地钢结构加工企业为主,带动当地钢结构加工企业的发展和人员就业,预计拉动区域经济产值约 70000 万元,预计就业人数 760 人。

同时以提高经济效益为中心,采取各种有效措施简化工艺,提高整体开发水平和综合经济效益。本项目总投资 378184 万元,总投资收益率 1.86%,投资回收期(税后) 16.76 年,项目具有较好的经济效益。

工程建成后对当地社会经济具有较大的促进作用,经济效益、社会效益明显,是提升经济效益, 拉动区域经济的需要。

2.5.1.6 小结

项目建设符合国家产业结构,保障国家能源安全,推动可再生能源发展,是

保障国家产业政策及产业发展的需要；本项目建成后，降低了化石能源的消费，减少二氧化碳的排放，利用太阳能发展海上光伏，推动发展非化石能源，推动实施可再生能源替代行动，是实现碳达峰、碳中和目标的有效措施。

海上光伏是可再生能源发展的新领域，具有广阔的发展潜力且生态环境友好、综合效益高。项目建设强化海上光伏污染防治，减少污染入海，促进海洋环境质量持续稳定改善；工程建成后对当地社会经济具有较大的促进作用，经济效益、社会效益明显，是提升经济效益，拉动区域经济的需要。

综上所述，本项目建设是必要的。

2.5.2 项目用海必要性

（1）项目区域太阳能资源具有较好的开发价值

长期以来，受制于技术难题，大型光伏项目对土地需求较高。把“发电站”从陆地搬到了海上，可大大节约土地资源。我国水上光伏产业链持续优化升级，成熟的应用案例和解决方案不断出现。如阳光电源采用“水上光伏专用智能汇流箱+箱式逆变房”的模式，使发电量更高、更安全可靠，且投资更少。此外，随着浮式防波堤、围堰施工等技术方案的改进和提升，我国水上光伏开发重点从水库、湖泊转向海域。水面光伏电站建设场地环境开阔，便于光伏组件的集中布置和管理，清洗时更加方便，且水面的反射率远高于地面环境，相同面积条件水面光伏电站发电量可以提高 7%~12%。

本项目申请用海用于建设光伏发电工程，用海类型为工业用海中的电力工业用海，位于河北省秦皇岛市滦河口北侧，所在海域水深**m 之间，申请用海面积为 659.7682hm²，拟规划装机容量交流侧 500MW。项目区域太阳总辐射年总量 1467.7kWh/m²，属于太阳能资源很丰富区域，稳定度 $R_w=0.376$ ，太阳能资源稳定；直射比 0.502，属于直接辐射较多区域，根据《太阳能资源等级总辐射》（GBT 31155-2014），项目区域太阳能资源具有较好的开发价值。

（2）项目建设性质的需要

项目建设性质的需要，本项目主要建设内容为桩基固定式海洋光伏电站，需要建设于海域中。

（3）项目建设符合集约节约用海的原则

本项目光伏厂区用海方式为透水构筑物，下方为已确权养殖层，拟采用立体

分层确权光伏用海。在同一海域空间上层进行光伏发电项目建设，下层进行已确权开放式养殖，形成“水上发电、水下养鱼”的新发展模式，海域将同时发挥养殖和可再生利用两种作用，符合集约节约用海的原则。

综上，本项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 海岸线资源

河北省地处环渤海核心地带，沿海地区毗邻京津、连接三北（西北、华北、东北），海洋区位条件独特。秦皇岛地区地处渤海北部，辽东湾西翼，海岸线东起山海关区张庄，西止昌黎县滦河口。秦皇岛海岸砂岩相间，以砂质岸为主，北戴河到山海关主要为岩石岸。饮马河口至滦河口有风成砂丘长*余公里，宽约*公里，高*多米。山海关老龙头、海港区东山、北戴河金山嘴一带为岬湾式海岸。石河口至新开河之间岸段有多条国内海岸罕见的砾石堤。北戴河中海滩有连岛沙坝。洋河口到滦河口为沙丘海岸，被誉为黄金海岸。

3.1.2 滩涂资源

根据 2021 年秦皇岛市土地资源概况，秦皇岛现有湿地*万亩。其中，沿海滩涂*万亩，占 67.01%；内陆滩涂*万亩，占 33.20%。

3.1.3 岛礁资源

秦皇岛所辖海域主要海岛为石河南岛。

石河南岛是秦皇岛市唯一一座天然岛屿。石河南岛位于山海关区，在石河入海口以南，得名"石河南岛"。岛陆面积 80 余公顷，海岸线总长*公里。石河南岛是位于黄渤海湿地范围内的天然岛屿，动植物资源十分丰富，岛屿湿地为候鸟提供了重要栖息地。是候鸟迁徙重要的踏脚石，每到迁徙季都有大量候鸟在石河南岛停留。

据秦皇岛市观爱鸟协会记录显示，秦皇岛地区鸟类种类共有*种，其中石河南岛就观测到*种水鸟。典型的水鸟有长尾鸭、黄嘴白鹭、小勺鹈、海鸬鹚 100 等，甚至还有诸多国家一级鸟种，如黑嘴鸥、黑鹳、黑脸琵鹭等。不到一平方公里的区域内有*种鸟类的观测记录在世界范围内也是极其罕见的。

3.1.4 港口资源

秦皇岛市港口历史悠久，1898 年开埠，解放前修建了西港区大小码头；建国后又建设了乙码头；1973 年，为大庆原油下水建设了东港区原油码头，同时新建

了西港区甲码头，初步形成了东、西港区发展的格局。改革开放以后，国家选择秦皇岛市作为“西煤东运、北煤南运”的主要通道，陆续建设了东港区煤一期至煤五期专业化煤炭装船泊位；并在西港区相继建设了丙、丁、戊、己散杂货泊位和集装箱泊位；同期地方新开河港、秦山化工码头等一批公用及货主码头也相继建成投产，秦皇岛市港口形成了东港区以能源和大宗散货运输为主，西港区散杂货和集装箱运输共存，其他港点有效补充的格局。

略。

3.1.5 渔业资源

(1) 河北省渔业资源状况

河北省游泳动物渔业资源大体可分为两种类型：一类是渤海地方性资源，此类群终年生活在渤海。其主要特点是随着冬季来临水温降低，它们开始由近岸向深水区集结，到了深冬则游至海峡两侧和渤海其他海域的深水区越冬。春季随着气温回升，逐渐由深水区游向河北省沿海进行产卵、索饵。该类型中鱼类主要有鳎类、鲆、鲽、鲷类、鰕虎鱼类及梭、鲈等。无脊椎类主要有毛虾、杂虾、蟹类等。二是长距离洄游性资源，它们春季从黄海或东海结群向渤海进行较长距离的生殖洄游。大都从4月中、下旬开始陆续通过海峡进入渤海，其中一部分到河北省沿海进行产卵、索饵，10月开始先后离开河北省沿海到黄海、东海越冬。该类型中的鱼类主要有鲨类、石首鱼类、鲹类、鲳类、鲈类、鲷类、鲹类等。无脊椎动物主要有乌贼类、对虾等。

(2) 秦皇岛市渔业资源概况

秦皇岛市海岸线全长 184km，有适宜发展养殖的浅海 80 万亩，滩涂 2 万亩。海洋生物资源较丰，是我国北方重要海产品基地之一，特产对虾、海参、海蟹、海蜇等海珍品及各种贝类。海洋生物 500 余种，其中浮游植物中肋骨条藻、棱曲舟藻等 79 种，浮游动物有夜光虫、水母等 53 种，底栖生物 11 门主要有文昌鱼等 166 种。潮间带生物 163 种，以双壳类、甲壳类为多，在岩礁区以褶牡蛎、黑偏顶蛤、短滨螺、中华近方蟹为主，在净砂区以斧蛤、青蛤、彩虹明樱蛤等为主，年平均生物量岩礁区 $4752.8\text{g}/\text{m}^2$ 、净砂区 $3.78\text{g}/\text{m}^2$ 。游泳生物中鱼类有 78 种，以鲈鱼、白姑鱼、斑祭鱼、银鲳、绿鳍马面豚、蓝点鲷、牙鲆、黄鲫、孔鳐、油鱼子、黄盖鲷等为多，月均值资源量 $2300\text{t}/\text{km}^2$ ，无脊椎动物 13 种，以三疣梭子

蟹、虾蛄、中国对虾等为多。

3.1.6 矿产资源

秦皇岛矿产资源丰富，现已发现各类矿产*种，矿产地*处，其中黑色金属*处，有色金属*处，化工非金属*处，建材非金属*处，矿泉水*处，地下热水*处。包括铁矿*处，探明铁资源量*；煤（泥煤、草煤）*处，资源量*；建筑用石*处，估算资源量*万吨；石英砂，资源量*。

3.1.7 旅游资源

秦皇岛市旅游资源集山、林、河、湖、泉、瀑、洞、沙、海、关、城、港、寺、庙、园、别墅、候鸟与珍稀动植物等为一体，旅游资源类型丰富，是开展多项目、多层次的旅游活动，满足不同旅游者旅游休闲的最佳场所。经过多年开发建设，全市旅游基础设施和景点建设步入发展快车道。逐步形成了以长城、滨海、生态为主要特色的旅游产品体系。目前，全市旅游景区共有 40 多个，开辟了长城文化、海滨休闲度假、历史寻踪、观鸟旅游、名人别墅、山地观光、海洋科普、国家地质公园、体育旅游、工业旅游等多种精品旅游线路，并每年举办具有浓郁地方文化特色的山海关长城节、孟姜女庙会、望海大会、昌黎干红葡萄酒节等旅游节庆活动，这些旅游线路和节庆活动都备受国内外游客青睐。

昌黎县附近分布的主要沿海旅游资源包括：

昌黎县黄金海岸旅游区黄金海岸以其独特的沙滩和沙丘著称于世，成为国内著名的旅游胜地。碧海、蓝天、黄沙、绿林、水鸟共同组成了美丽的海滨风光，因而被誉为“黄金海岸”。

3.1.8 鸟类资源

秦皇岛海域复杂多样的生态环境，为各种鸟类提供了良好的隐蔽和栖息条件。虫、鱼、虾、蟹、贝类、沙蚕等资源丰富的食物条件，为鸟类提供了丰富的食物条件，是迁徙通道上的重要迁途停歇和觅食地，也是大量水鸟的越冬地。秦皇岛市有四处重要候鸟繁殖栖息地：一是位于石河入海口的石河南岛，二是位于北戴河区新河口的大潮坪，三是位于黄金海岸段的七里海潟湖，四是滦河口的滦河口湿地。每年利用湿地停歇、繁殖和越冬的各种水鸟数量以百万计，是候鸟迁徙通道上的重要节点。

秦皇岛地区的动物区系属温带森林—草原农田动物群，是迁徙动物途经地与

停留地，尤其是候鸟迁徙的必经地，共发现鸟类*种，被誉为“中国观鸟之都”。其中，列入国家一类保护的鸟类有白鹤、金雕、丹顶鹤、中华秋沙鸭等 31 种，列入国家二级保护的鸟类有花尾榛鸡、勺鸡、灰鹤、凤头鹰、黑鸢等 91 种。

秦皇岛主要珍稀鸟类有黑鹳、东方白鹳，白鹤、白枕鹤等鹤类；黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等鹭类；小天鹅、花脸鸭等鸭类；黑嘴鸥、遗鸥等鸥类；红隼、燕隼等隼类。这些鸟类通常在有稀疏树木生长的湿地、河流、海岸沿边进行栖息和觅食。

根据《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设对鸟类影响评价报告》，江西山和林业工程咨询事务所有限公司自 2023 年 1 月 19 日至 2023 年 12 月 9 日通过调查相关海域和陆域完成了河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目实施区域鸟类春迁期、繁殖期、秋迁期和越冬期共 20 天的鸟类现场调查工作。

表 3.1-1 监测区域鸟类种群组成表

3.1.9 太阳能资源

3.1.9.1 我国太阳能资源分布

我国地处北半球欧亚大陆东部，主要处于温带和亚热带，太阳能资源非常丰富。根据全国 700 多个气象站长期观测积累的资料表明，我国绝大部分地区年平均日辐射量在 $4\text{kWh}/\text{m}^2$ 以上，与同纬度的其他国家相比，和美国类似，比欧洲、日本优越得多，具有良好的太阳能资源开发利用条件。

太阳能资源丰富程度取决于该地区的年太阳辐射总量，而一个国家或地区的年太阳辐射总量主要与其所处纬度、气候因素、海拔高度、天气情况等因素有关。我国年平均太阳辐射总量分布如下图所示。

图 3.1-1 我国年平均太阳辐射总量分布

3.1.9.2 河北省太阳能资源

河北省地处华北平原，其太阳能资源的分布存在北部高于南部、内陆高于沿海的分布特征。从河北省太阳总辐射的空间分布图上可以看出，河北省年太阳总辐射量为 $4828\sim 5891\text{MJ}/\text{m}^2$ ，其总体分布趋势：北部年值高于南部，中部东西横向由边缘趋于中间时呈递减特性。除省内中南部和东部部分地区年太阳总辐射小于 $5200\text{MJ}/\text{m}^2$ 外，其他地区均在 $5200\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，其中，冀西北及冀北高原为 $5600\sim 5891\text{MJ}/\text{m}^2$ ，属全省总辐射最多地区；长城以南大部地区年太阳总辐射一般在 $5000\sim 5400\text{MJ}/\text{m}^2$ ，个别地区低于 $5000\text{MJ}/\text{m}^2$ 。

图 3.1-2 河北省太阳总辐射的空间分布图

河北省太阳能资源丰富程度与其他省份相比，其太阳辐射年总量比内蒙古、新疆、青海、西藏等省少 $800\text{MJ}/\text{m}^2$ 左右，和辽宁、吉林、山东、山西等省份相近，根据太阳能资源丰富程度评估指标（年总辐射量在 $5040\sim 6300\text{MJ}/\text{m}^2$ 为资源很丰富区），太阳能资源开发利用潜力巨大。

由河北省太阳能辐射总量分布图可知，本项目所在区域水平面年太阳辐射总量约为 $1450\sim 1550\text{kWh}/\text{m}^2$ 左右，太阳能资源较为丰富，开发利用价值良好。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候与气象

3.2.1.1 气温

据秦皇岛气象站长期实测资料（1954 年~2017 年）得：

近 64 年来秦皇岛市年平均气温呈波动上升趋势，升温趋势率 $0.169^\circ\text{C}/10\text{a}$ ，20 世纪 80 年代上升趋势明显；年平均最高气温和年平均最低气温亦呈上升趋势，年平均最低气温的升温趋势较年平均最高气温的升温趋势大。秦皇岛市四季平均气温呈上升趋势，春、冬季升温更为突出，升温趋势率为 $0.27^\circ\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.263^\circ\text{C}/10\text{a}$ ；夏、秋季升温较弱，升温趋势率为 $0.049^\circ\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.103^\circ\text{C}/10\text{a}$ 。月平均气温变化亦呈上升趋势，3 月升温趋势最大 2 月次之，对春、冬季增暖贡献最大的是 3 和 2 月。

3.2.1.2 降水

据秦皇岛气象站长期实测资料（1954 年~2016 年）得：

受气候及地理位置影响，秦皇岛市降水的季节分布极不均匀。63a 统计资料表明：秦皇岛春、夏、秋、冬四季平均降水量分别占全年平均降水 12.5%、69.7%、16.1%和 1.7%。年降水主要集中在夏季，尤以 7 月、8 月最为集中。夏季平均降水量 499.9mm ；其次为秋季，平均降水量 103.5mm ；春季平均降水量 80.6mm ，冬季降水量最少，平均降水量 10.7mm 。

3.2.1.3 雾况

大雾多出现于每年 11 月至翌年 2 月，年平均雾日为 9.8 天，能见度小于 1km 的大雾平均每年出现天数为 6.6 天，多年雾日数 21 天，最少年雾日数 5 天。

3.2.1.4 风况

图 3.2-1 所在区域风玫瑰图

1) 历年各向风频率

表 3.2-1 北戴河新区历年各风向频率 (%)

2) 平均风速及其年变化

表 3.2-2 历年各月平均风速统计表 (m/s)

年平均风速 2.2m/s, 4 月平均风速最大, 为 2.9m/s, 8 月份平均风速最小, 为 1.6m/s。因为季风气候特点, 2 月份以后平均风速渐大, 8 月最小 1.6m/s, 其次是 9 月份, 为 1.7m/s。7~10 月份平均风速渐小, 但由于局地强对流天气常带来短时的大风天气。

3) 极端最大风速和强风向

极端最大风速是指自记录中瞬时出现的最大风速。瞬间最大风速 2001 年 8 月 7 日的 NW 向风 30.0m/s。

3.2.2 水文动力概况

3.2.2.1 调查站位

本次评价引用青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司于 2023 年 3 月在唐山市乐亭及秦皇岛昌黎海域布设的 6 处水文动力调查站位的调查结果, 调查内容包括流速、流向、水温、水位等。具体点位坐标见表 3.2-3, 站位布设位置见图 3.2-2。

表 3.2-3 水文动力调查站位一览表

性质	编号	东经	北纬	测量内容
潮位站	岸边站			潮位
	1			
	6			
水文站	1			各分层流速、流向、温度、盐度
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			

图 3.2-2 水文动力调查站位分布图

3.2.2.2 潮汐

一、潮位曲线

根据技术要求, 本次在工程海区域设置 2 个临时潮位站, 位于 1 和 6 号站位, 进行与海流观测同步的潮位观测, 观测使用仪器为潮位仪, 观测频次为每 5min 一次。计算分析可得潮位曲线如下图所示。

图 3.2-3 昌黎岸边站位观测期间水位过程线(基于观测期间计算的平均海平面)

图 3.2-4 41 号站观测期间水位过程线(基于观测期间计算的平均海平面)

图 3.2-5 56 号站观测期间水位过程线(基于观测期间计算的平均海平面)

二、潮位特征值

根据对潮位测站 1 和 6 号站测站 2023 年 3 月 21 日至 2023 年 3 月 22 日的潮位数据进行特征值统计, 其中昌黎岸边测站最高潮位为 0.29m, 最低潮位为 -0.60cm, 平均潮差为 0.59m; 1 号测站最高潮位为 0.32m, 最低潮位为 -0.67cm, 平均潮差为 0.67m; 6 号测站最高潮位为 0.47m, 最低潮位为 -0.75cm, 平均潮差为 0.82m。

3.2.2.3 潮流

海流是海水的实际流动, 它是由引起海水流动的各种因素产生的海水流动的综合, 它包括潮流、风海流、密度流等。潮流是海水受月球和太阳的作用, 在产生潮汐现象的同时, 所产生的海水水平方向的周期性流动。在实际应用中, 由于潮流的周期性, 一般将海流分为潮流和余流。一般来说, 海水由外海向港湾的流动引起港湾的水位升高, 而由港湾向外海的流动引起港湾的水位下降。因此, 通常将由外海向港湾的流动叫做涨潮流, 由港湾向外海的流动叫做落潮流。

一、潮流基本特征

表 3.2-4 各站实测涨、落潮流平均及最大流速 V (cm/s) 流向 ($^{\circ}$)

对各站各层次实测海流资料进行分析, 绘制流速流向过程曲线, 见下图。

图 3.2-6 1 站流速流向过程曲线

图 3.2-7 2 站流速流向过程曲线

图 3.2-8 3 站流速流向过程曲线

图 3.2-9 4 站流速流向过程曲线

图 3.2-10 5 站流速流向过程曲线

图 3.2-11 6 站流速流向过程曲线

图 3.2-12 各测站表层潮流矢量图

图 3.2-13 各测站 0.2H 潮流矢量图

图 3.2-14 各测站 0.4H 潮流矢量图

图 3.2-15 各测站 0.6H 潮流矢量图

图 3.2-16 各测站 0.8H 潮流矢量图

图 3.2-17 各测站底层潮流矢量图

图 3.2-18 各测站垂线平均层潮流矢量图

二、潮流性质

1. 潮流性质

表 3.2-5 各站潮流类型判别数

根据以上的计算分析, 由上表可见, 各观测站各层的 $(WO_1+WK_1)/WM_2$ 值,

除 1 号站 0.8H 和底层、2 号站, 3 号站底层和 0.6H, 4 号站 0.2H 和 0.8H, 5 表层、0.4H、0.6H 和 0.8H, 6 号站除表层的其他层次属于规则半日潮流外, 其他各站位判别系数均在大于 0.5 小于 2.0, 属于不规则半日潮流的潮流。

2.潮流的运动形式

下表给出了两次观测站各层的潮流椭圆要素旋转率 K 值。

表 3.2-6 各站各层不同分潮流的 k 值表 (1~S6)

由于本海区是规则半日潮流, 综合来看, M_2 分潮量级占优, 通过 K 值变化来确定各层潮流的旋转方向, 1 号站各层次的旋转方向为右旋, 2-6 号站位旋转方向为左旋。

三、潮流可能最大流速

按规则半日潮流海区和规则全日潮流海区的公式计算, 采用计算所得的大值列入下表。由表可以看出最大值为 5 站表层的最大可能流速 80.7cm/s, 流向 236°, 最小值为 1 站底层的最大可能流速 34.8cm/s, 流向 58°。

表 3.2-7 各站可能最大流速

四、潮流水质点最大可能运移距离

\bar{W}_{O_1} 、 \bar{W}_{M_4} 、 \bar{W}_{MS_4} 分别表示 M_2 、 S_2 、 O_1 、 K_1 、 M_4 、 MS_4 分潮流的最大流速。

计算结果列入下表。从表中可以看出, 5 站位表层水质点最大运移距离为 14178.5m, 方向 240°, 其他各站位各层次水质点的运移距离基本均达 4.9~14.2km 之间。

表 3.2-8 各站水质点可能最大运移距离

五、余流分析

按准调和与分析得出观测期间各测站余流流速、流向, 见下表。该区余流: 大潮期各站各层余流均为 0.4~5.0cm/s 之间, 最大余流流速发生在 3 站, 其底层最大余流流速 5.0cm/s; 最小余流流速发生在 4 站底层, 余流流速为 0.4cm/s。

表 3.2-9 各站各层余流流速流向

图 3.2-19 各站位表层矢量图

图 3.2-20 各站位 0.2H 矢量图

图 3.2-21 各站位 0.4H 矢量图

图 3.2-22 各站位 0.6H 矢量图

图 3.2-23 各站位 0.8H 矢量图

图 3.2-24 各站位底层矢量图

图 3.2-25 各站位垂线平均矢量图

3.2.2.4 水温

对各站各层次实测水温资料进行分析，绘制水温过程曲线，见下图。

图 3.2-26 1 站温度过程曲线

图 3.2-27 6 站温度过程曲线

大潮期各站位极值温度如下表所示，观测期间各站位各层次水温在 4.39-5.19° C，平均水温在 4.55-4.96° C，从表层到底层水温大体呈现降低趋势，落潮时一般各层次水温差比较明显，涨潮时各层次水温差更小。

表 3.2-10 温度统计表 单位：°C

3.2.2.5 盐度

对各站各层次实测盐度资料进行分析，绘制盐度过程曲线，见下图。

图 3.2-28 1 站盐度过程曲线

图 3.2-29 6 站盐度过程曲线

大潮期各站位极值盐度如下表所示，观测期间各站位各层次盐度在 30.12-30.32‰，各层平均盐度在 30.20-30.25‰。盐度呈现从表层到底层逐渐增大的趋势。

表 3.2-11 盐度统计表 单位：‰

3.2.2.6 结论

潮汐：本次在工程海区域设置 2 个临时潮位站，1 和 6 号站位 2023 年 3 月 21 日至 2023 年 3 月 22 日的潮位数据进行特征值统计，其中昌黎岸边站位最高潮位为 0.29m，最低潮位为-0.60cm，平均潮差为 0.59m；1 号站位最高潮位为 0.32m，最低潮位为-0.67cm，平均潮差为 0.67m；6 号站位最高潮位为 0.47m，最低潮位为-0.75cm，平均潮差为 0.82m。

海流：最大涨潮流出现在 6 站，其中涨潮流最大流速最大为 57.0cm/s，出现在表层，流向为 237°，最大落潮流出现在 4 站，落潮流最大流速最大为 64.0cm/s，出现在 0.4H，流向为 60°。

余流：大潮期各站各层余流均为 0.4~5.0cm/s 之间，最大余流流速发生在 3 站，其底层最大余流流速 5.0cm/s；最小余流流速发生在 4 站底层，余流流速为 0.4cm/s。

水温：观测期间各站位各层次水温在 4.39-5.19° C，平均水温在 4.55-4.96° C，从表层到底层水温大体呈现降低趋势，落潮时一般各层次水温差比较明显，涨潮时各层次水温差更小。

盐度：观测期间各站位各层次盐度在 30.12-30.32‰，各层平均盐度在 30.20-30.25‰。盐度呈现从表层到底层逐渐增大的趋势。

3.2.3 海域地形地貌与冲淤概况

3.2.3.1 地形、地貌

昌黎县东临渤海，北依燕山，西南挟滦河，海岸线长 64.9km。地势由西北向东南倾斜；县内有山地丘陵、山麓平原、滨海平原三种地貌。

昌黎县占据了秦皇岛市域内近 80% 的平原区，仅北部少数区域为低山丘陵为燕山山脉的东南余脉。境内地势自西北向东南倾斜，海拔 8~28m，平均坡降为 4.7‰。县内最高峰为碣石山主峰仙台顶，海拔**m。

项目所在海域内，为单调的水下三角洲，其边缘可达*m 等深线附近。项目所在渤海海域地形图见图 3.2-30、图 3.2-31。

项目海域位于秦皇岛市昌黎县滦河口附近海域，自岸线向海洋延伸，海区水深**m。处于燕山褶皱带和华北凹陷区交界处，该海域收河流、海洋动力以及风力共同影响，海岸带内侧为河流堆积形成的冲积扇。洋河口--滦河口，近岸 0.5km 内，水深*m 地形时有起伏，发育有 NE~SW 向的水下沙脊，沙脊大多长约 3km，沉积物以中细砂为主。沙脊外缘海域地形单调，坡降在 1‰~3‰。现代滦河水下三角洲的外缘水深在**m，水深较陡，海底坡降在 2‰~3‰之间。

图 3.2-30 渤海海域地形图

3.2.3.2 地质构造与地震

本项目位于渤海湾海域。渤海海域由“三湾一峡”（渤海湾、莱州湾、辽东湾和渤海海峡）以及围绕着的渤中洼地组成，平面上构成一个近十字型的轮廓。海底地势自 3 个海湾向中央盆地和渤海海峡微微倾斜，坡度平缓，平均坡度为 28″，平均深度为 18m。

经过太古代至下元古代、中晚元古代、寒武纪、奥陶纪、石英纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、第三纪、第四纪等 10 个漫长的地质年代，形成了抚宁县特别是柳江盆地地层齐全、出露好、构造复杂、化石丰富的地质状态。总的趋势形成了北高南低，按形态呈山地→丘陵→平原→海岸滩涂阶梯分布，延伸到海。

勘察区内未发现新断裂构造，本区新构造运动不强烈，地壳较稳定。

根据附近工程勘察资料，上部分布有平均厚约 6.0m 的软弱土层，规划场地内 20.0m 深度范围内第②层粉细砂、④层粉细砂、⑤层粉土初步判定为轻微~中等液化，依据《建筑抗震设计规范(2016 年版)》(GB 50011-2010)相关规定，场区属抗震不利地段。

3.2.3.3 工程区附近岸滩变化

1. 泥沙底质

底质分布规律可反映泥沙悬移、输运与动力条件之间关系，是研究泥沙运动规律的重要指标。根据工程海区的历史调查资料分析，工程附近海域岸滩泥沙总体上介于细沙和粉沙，海底表层为 1~2m 厚的细沙和粉沙，以下为淤泥质亚粘土，泥沙粒径横向分选明显，有向海逐渐细化的趋势。根据 2007 年唐山湾海域底质采样分析图，在采样范围内底质粒径由深水向浅水逐渐粗化，相同粒径底质基本沿等深线走向呈带状分布。2m 等深线内基本分布 0.1mm 以上的细沙，沿 5m 等深线为 0.06~0.1mm 的粗粉沙，10m 等深线外底质多为小于 0.03mm 的淤泥，5~10m 等深线间为淤泥向粉沙的过渡带。从泥沙粒径来区分，该处海岸属细沙粉沙海岸。

2. 岸滩演变分析

历史上滦河南北摆荡迁移，塑造了以滦县为顶点北至昌黎，南至曹妃甸的扇形三角洲平原。从滦河口至大清河口间的沙坝——泻湖海岸是滦河三角洲前沿部分，京唐港即位于该三角洲中部，滦河口与大清河口之间。滦河是渤海湾地区仅次于黄河的第二条多沙河流，年平均输沙量为 2156 万 t(据滦河水文站 1927~1985 年资料统计)。滦河自大清河口不断向东北迁移，在陆地上留下了一系列故道和废弃河口湾遗迹。废弃河口因泥沙来源断绝，海洋动力作用促使三角洲前缘遭致破坏。沙质沉积物经波浪水流长期作用，塑造了呈带状、大致与海岸平行的不连续分布的沙坝链，形成了典型的沙坝—泻湖海岸。由此可见，工程所在海域海岸的发育与滦河在本地区入海及迁移改道有着密切关系。

根据历史资料将 1936 年与 1983 年滦河口至大清河口之间沿岸等深线的变化对比，如下图所示。结果表明该岸段淤积区由东北向西南逐步迁移，如 1936 年时淤积中心在臭沟子口，至 1983 年时移至湖林口与二排干之间，原淤积区变成了强烈的冲刷区，47 年间淤积区向西南移动了近 5km，平均每年向南移动 106m。

图 3.2-31 附近海域 1936、1983 和 2007 年等深线比较

3.2.3.4 沉积物粒度

沉积物粒度测量，沉积物粒度引自青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司于 2023 年 5 月在养殖区附近的调查数据、大连市现代海洋牧场研究院于 2019 年 7 月编制的《河北省秦皇岛市滦河口海域旺海国家级海洋牧场示范区人工鱼礁建设项目实施方案》（方案调整）中的工程地质资料。

青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司调查主要布设 28 个调查站位,在项目周边区域内 8 个站位。具体见下表及下图。

表 3.2-12 沉积物粒度站位坐标

站名	经度 (E)	纬度 (N)	监测项目
A1			沉积物粒度
A2			沉积物粒度
A3			沉积物粒度
A4			沉积物粒度
B1			沉积物粒度
B2			沉积物粒度
B3			沉积物粒度
B4			沉积物粒度

表 3.2-13 沉积物性质

注：“B3’、4’、F3”为平行样。

根据沉积物粒度样品分析，调查区沉积物为大部分为砂，少部分为粉砂。沉积物在调查区内分布较均匀。

图 3.2-32 沉积物粒度站位

大连市现代海洋牧场研究院进行的地质和地形地貌调查的 8 个站位如下图所示。根据沉积物粒度样品分析，调查区沉积物为大部分为粉砂、中砂、细砂和淤泥。沉积物在调查区内分布较均匀。

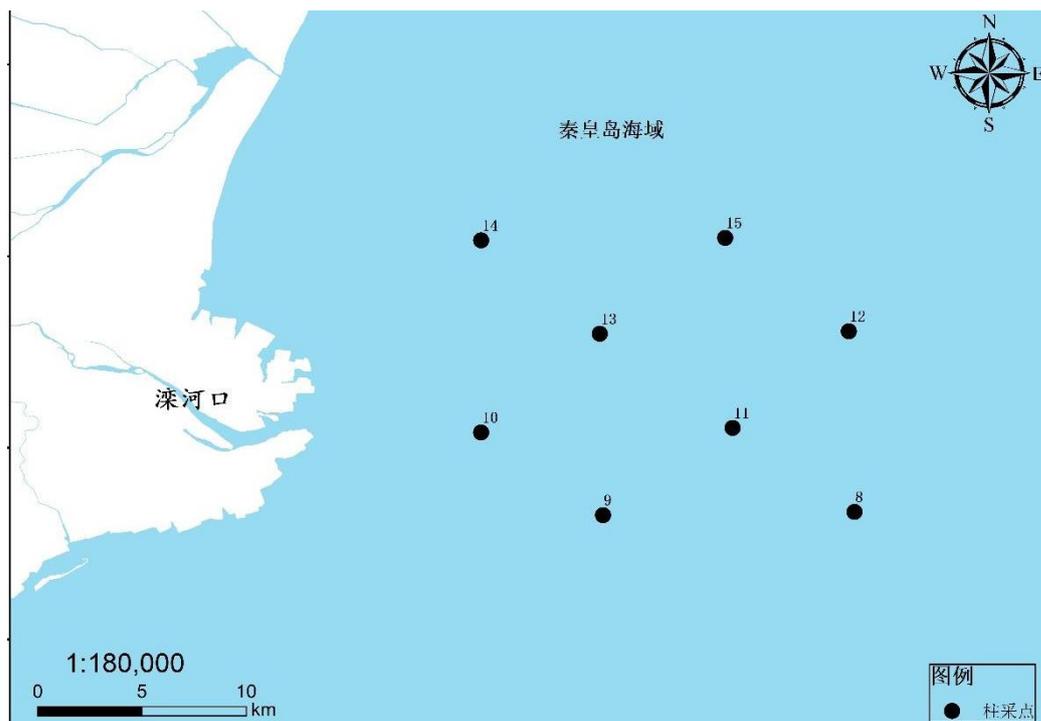


图 3.2-33 调查站位

表 3.2-14 沉积物性质

3.2.4 区域地质概况

本节内容引用《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目可行性研究报告》西北勘测设计研究院有限公司于 2023 年 12 月 23 日-28 日进行的岩土工程初步勘察工作。勘察点位置见下图。



图 3.2-34 勘察点位置图

3.2.4.1 地层岩性及特征

根据现场勘探揭露的地层资料,拟建场地勘探深度范围内地基土层为第四系全新统海积地层,主要可分为3个主层(细分为5个亚层):淤泥层(①层)、粉细砂层(②-1层)、粉质黏土层(②-2层)、粉细砂层(③-1层)、粉质黏土层(③-2层)。其特征描述见表2.2-1,地层统计见表2.2-2。

表 3.2-15 地基土特征一览表

表 3.2-16 地层统计表

3.2.4.2 地震效应

1、场地类别

根据岩土名称和性状,估算的场地20m以浅土层等效剪切波速 $V_{se}=180\text{m/s}\sim 280\text{m/s}$ (均值约为 230m/s),判定场地土类型为中软土~中硬土。场地覆盖层厚度大于50m,根据《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021),按最不利因素综合考虑:建议场地类别为III类。场址区属可进行建设的抗震一般地段。

2、地震动参数

根据国家地震局2015年版1:400万《中国地震动反应谱特征周期区划图》及《中国地震动峰值加速度区划图》资料,II类场地时50年超越概率10%的地

震动峰值加速度为 0.10g，地震动反应谱特征周期为 0.45s。本项目场地类别为 III 类，调整后的地震动峰值加速度为 0.125g（III 类场地加速度调整系数 $F_a=1.25$ ），调整后的地震动反应谱特征周期为 0.65s，相对应的地震基本烈度为 7 度，设计地震分组为第三组。

3.2.4.3 水、土腐蚀性评价

本次勘察按表层海水和底层海水分别采取涨潮水和退潮水海水试样进行腐蚀性分析试验，试验成果表见表 3.5.2-1，海水的腐蚀性评价见表 3.5.2-2 及表 3.5.2-3，海底土对钢结构的腐蚀性评价见表 3.5.2-4。

表 3.2-17 海水水质分析成果表

表 3.2-18 海水对混凝土结构腐蚀性评价表

表 3.2-19 海水对钢结构的腐蚀性判定

注：根据《工程地质手册》规定值。

按干湿交替作用条件下考虑，海水及海底土对混凝土结构具中等腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性；按长期浸水考虑，海水及海底土对混凝土结构具中等腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性；海水对钢结构具中等腐蚀性。

表 3.2-20 海底土对钢结构的腐蚀性判定

海底土对钢结构具强腐蚀性。

3.2.4.4 场地稳定性与适宜性评价

(1) 场址区附近无大的晚更新世活动性区域断裂，区域性断裂对场地稳定性基本无影响。场地地震基本烈度为 7 度，区域构造稳定性较好。

(2) 场址范围海底地形较平缓，地基土为中软土~中硬土，属建筑抗震一般地段。

(3) 地基土不存在液化现象，场地工程地质条件较简单，不良地质现象不发育。

(4) 场地基本稳定。

(5) 场址范围海底地形较平缓。

(6) 岩土种类较少，分布较均匀，工程性能总体较好。

(7) 滑坡、泥石流等不良地质现象不发育，工程处理较简单。

(8) 工程建设可能会引起轻微的次生地质灾害。

综上所述，场址区工程建设较适宜，场地基本稳定。

3.2.4.5 结论

1) 场地基本稳定，工程建设较适宜。

2) 场址区为浅海，地貌成因类型为海积平原，地貌类型为滨海低地，属浅海地貌类型，场址范围海底地形较平缓，场址区常水位水深约**m（海底地形坡度约 1%，倾向东南）。场址范围海域养殖占海面面积约 7%，其余均无养殖等影响因素。

3) 场址区地基土可分为 3 个主层（细分为 5 个亚层）：淤泥层（①层）、粉细砂层（②-1 层）、粉质黏土层（②-2 层）、粉细砂层（③-1 层）、粉质黏土层（③-2 层）。①层淤泥，流塑状，土质不均匀，高压缩性，工程地质性质差，天然状态不能作为桩端持力层；②-1 层粉细砂，松散~中密，工程地质性质较差，天然状态不能作为桩端持力层；②-2 层粉质黏土，软塑~可塑，工程地质性质较差，天然状态不能作为桩端持力层；③-1 层粉细砂，密实，工程地质性质好，天然状态可作为桩端持力层；③-2 层粉质黏土，可塑，工程地质性质较好，天然状态可作为桩端持力层。

4) 场址区海域潮汐属弱潮海区，为正规日潮型，潮时不等，潮差较小，平均潮差约在 1m 左右。潮位特征值(基准面为理论最低潮面)：年最高高潮位 2.55m，年最低低潮位 1.43m，年平均高潮位 1.24m，年平均低潮位 0.51m，平均海平面 0.87m，年平均潮差 0.73m，年最大潮差 2.63m。地基土层主要为饱和状态，无稳定隔水层分布，无承压水。

5) 秦皇岛海区每年冬季均有不同程度的海冰出现，但年与年之间差异较大，多年统计资料分析，该海区初冰日一般开始于 11 月下旬，终冰日翌年 3 月上旬，总冰期 100 天左右，浮冰一般在 12 月下旬出现，严重冰期年均约 20 天。海冰对工程建设影响较大，应进行专门调查报告。

6) 根据区域地质资料及现场勘探，拟建场区附近海域范围未发现浅层气、海底滑坡、海底崩塌等不良地质作用发育迹象和海底地震等地质灾害问题。

7) 场址区浅部地基土主要为淤泥、砂土及粉质黏土层，根据现场测试，场址区地基土视地电阻率值为 $3.20 \Omega \cdot \text{m} \sim 89.20 \Omega \cdot \text{m}$ ，按地层综合建议如下：①层淤泥电阻率值为 $3.20 \Omega \cdot \text{m} \sim 9.0 \Omega \cdot \text{m}$ ，平均值为 $6.7 \Omega \cdot \text{m}$ ；②-1 层粉细砂、②-2 层粉质黏土、③-1 层粉细砂及③-2 层粉质黏土电阻率值为 $41.3 \Omega \cdot \text{m} \sim 89.2 \Omega \cdot \text{m}$ ，

平均值为 $72.0 \Omega \cdot m$ 。海水视地电阻率值为 $0.0 \Omega \cdot m \sim 1.0 \Omega \cdot m$ 。

8) 本项目场地类别为 III 类, 调整后的地震动峰值加速度为 $0.125g$ (III 类场地加速度调整系数 $F_a=1.25$), 调整后的地震动反应谱特征周期为 $0.65s$, 相对应的地震基

本烈度为 7 度, 设计地震分组为第三组。

9) 场址区属可进行建设的抗震一般地段。

10) 场址区可不考虑砂土地震液化影响。

11) 本场地抗震设防烈度为 7 度, 设计时应考虑软土震陷影响。

12) 按干湿交替作用条件下考虑, 海水及海底土对混凝土结构具中等腐蚀性, 对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性; 按长期浸水考虑, 海水及海底土对混凝土结构具中等腐蚀性, 对钢筋混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性; 海水对钢结构具中等腐蚀性; 海底土对钢结构具强腐蚀性。

13) 阵列区建议采用桩基础, 桩型采用预制桩或钢桩。

14) 地土层起伏变化较大, 淤泥层下砂土层密实度较高, 打桩难度较大, 需选用功率较大的打桩设备。

15) 粉细砂层作为桩端持力层时, 桩身存在反弹上移的可能, 应合理安排打桩顺序, 控制打桩速率使土应力释放。

16) 桩身较长, 海流较大, 桩垂直度较难控制, 建议采取必要的控制措施确保桩身垂直度。

17) ①层淤泥厚度 $0.2m \sim 7.3m$ 不等, 水深 $**m$ 不等, 设计时应结合实际地层及水深条件分区域设计桩长, 以满足承载力、变形及冲刷计算要求。

18) 详勘阶段勘察时应详细查明场址区地层岩性结构 (包括地层分布、工程性能、淤泥层震陷影响程度等)、水文地质条件、海冰情况等。

3.2.5 海洋自然灾害概况

本节内容引用历史统计数据、《2018 年北海区海洋灾害公报》(自然资源部北海局, 2019 年 5 月)、《2019 年北海区海洋灾害公报》(自然资源部北海局, 2020 年 5 月)、《2020 年北海区海洋灾害公报》(自然资源部北海局, 2021 年 4 月) 及《2022 年河北省海洋灾害公报》。

3.2.5.1 风暴潮

(1) 总体灾情

2022 年，我省沿海共发生风暴潮过程 8 次，其中包括 7 次温带风暴潮和 1 次台风风暴潮，未造成直接经济损失和人员伤亡（含失踪）。

表 3.2-21 2022 年河北省沿海风暴潮过程

影响日期	影响海域	天气系统	最大增水 (厘米)	最高潮位 (厘米)	当地警戒潮位 (厘米)
6 月 27~ 28 日	秦皇岛	出海气旋	42	205	200 (蓝色)
7 月 6~ 7 日	曹妃甸	出海气旋	50	358	350 (蓝色)
7 月 12~ 13 日	秦皇岛	出海气旋	33	230	218 (黄色)
曹妃甸	46	365	350 (蓝色)		
8 月 8 日	曹妃甸	南下冷高压	71	356	350 (蓝色)
黄骅	118	473	470 (蓝色)		
9 月 14~ 16 日	京唐港	台风“梅 花”北上	78	268	260 (蓝色)
曹妃甸	89	386	376 (黄色)		
黄骅	116	495	470 (蓝色)		
10 月 2~ 4 日	秦皇岛	南下 强冷空气	57	221	218 (黄色)
京唐港	70	272	260 (蓝色)		
曹妃甸	111	395	376 (黄色)		
黄骅	173	523	503 (黄色)		
11 月 12 日	曹妃甸	冷空气和 温带气旋	115	354	350 (蓝色)
黄骅	151	476	470 (蓝色)		
11 月 28 日	秦皇岛	冷空气	75	208	200 (蓝色)
京唐港	93	263	260 (蓝色)		
曹妃甸	99	374	350 (蓝色)		
黄骅	129	480	470 (蓝色)		

(2) 风暴潮特征

2022 年，河北省沿海风暴潮过程主要受温带气旋、冷空气和台风影响，共出现 8 次风暴潮过程，达到当地黄色及以上警报级别的风暴潮过程有 3 次。

2013~2022 年，我省发生风暴潮灾害共计 48 次，平均每年发生 4.8 次，7~10 月份是风暴潮高发时段。由于天气系统的影响以及我省岸线分布特点，近十年唐山市沿海受到风暴潮影响的次数最多，共计 35 次，沧州次之；风暴潮造成的直接经济损失共计 14.54 亿元，唐山市直接经济损失最大，共计 7.79 亿元，沧州次之。

图 3.2-35 2013~2022 年河北省风暴潮发生次数统计图

图 3.2-36 2013~2022 年河北省风暴潮造成直接经济损失统计图

3.2.5.2 海浪

(1) 总体灾情

2022 年, 我省沿海共出现有效波高潮 2.5 米的大浪过程 8 次, 未造成直接经济损失和人员伤亡 (含失踪)。

(2) 海浪特征

2022 年, 我省出现的 8 次大浪过程中, 有效波高超过 2.5 米的天数为 12 天, 主要是由冷空气、温带气旋、台风北上以及冷空气和温带气旋共同配合引起的。

图 3.2-37 2022 年各月大浪过程统计图

2013~2022 年, 我省共发生有效波高超 2.5 米的大浪过程 97 次, 出现有效波高超 2.5 米的天数共计 153 天。2022 年出现有效波高超 2.5 米大浪过程的次数和天数均低于近十年平均值。

图 3.2-38 2013~2022 年大浪过程统计图

3.2.5.3 海冰

(1) 总体灾情

2021/2022 年度我省沿海冬季冰情属轻冰年, 未发生因海冰灾害造成的人员伤亡 (含失踪) 和直接经济损失。

(2) 冰情特征

秦皇岛沿海初冰日为 2021 年 12 月 18 日, 终冰日为 2022 年 2 月 23 日, 冰期 68 天。浮冰冰型为初生冰、冰皮、莲叶冰; 无固定冰。

沧州沿海初冰日为 2021 年 11 月 22 日, 终冰日为 2022 年 2 月 24 日, 冰期 95 天。浮冰冰型主要为冰皮、尼罗冰、莲叶冰和灰冰, 固定冰以沿岸冰和冰脚为主。

图 3.2-39 1980 年以来秦皇岛海域冰期变化

近十年, 除了 2012/2013 年度和 2015/2016 年度, 河北省海冰冰情属常冰年, 其它年度均属偏轻冰年或轻冰年, 特别是近四年均为轻冰年。近十年, 均未发生因海冰灾害造成的直接经济损失。

表 3.2-22 河北省近十年年度海冰冰情

年度	冰情等级
2012/2013	常冰年

2013/2014	轻冰年
2014/2015	轻冰年
2015/2016	常冰年
2016/2017	轻冰年
2017/2018	偏轻冰年
2018/2019	轻冰年
2019/2020	轻冰年
2020/2021	轻冰年
2021/2022	轻冰年

3.2.5.4 赤潮

2022年，我省高度重视赤潮灾害预警监测工作，利用卫星遥感、海上及陆岸巡视、志愿者报告等对全省近岸海域实施全面监视监测。全年共发现12次赤潮，其中有10次发生在秦皇岛近岸海域。

4月底至6月底，在秦皇岛近岸海域发生多次小范围的夜光藻赤潮。

7月31日~8月5日，秦皇岛近岸海域发生一次由中肋骨条藻、丹麦细柱藻和尖刺伪菱形藻等硅藻引发的复合型赤潮。8月9日~8月18日，秦皇岛近岸海域发生了由锥状斯克里普藻、尖叶原甲藻、尖刺伪菱形藻和丹麦细柱藻等藻种引发的复合型赤潮。

8月11日起，先后在黄骅、曹妃甸和秦皇岛近岸海域发生叉角藻赤潮，海水颜色呈红褐色。秦皇岛近岸海域的叉角藻赤潮面积达348平方公里，持续时间长达31天。

2013~2022年，我省近岸海域累计发生赤潮47次，平均每年发生4.7次。

图 3.2-40 2013~2022年河北省近岸海域赤潮发生次数

表 3.2-23 赤潮统计情况

3.2.5.5 海岸侵蚀

海岸侵蚀是指海岸在海洋动力作用下，沿岸供砂少于沿岸失砂而引起的海岸后退的破坏性过程。狭义的海岸侵蚀仅指自然海岸的侵蚀后退过程；广义的海岸侵蚀除自然海岸的侵蚀外，还包括人为对海岸的破坏过程。海岸侵蚀灾害是由海岸侵蚀造成的人民生命财产遭受损失的灾害。

引起海岸侵蚀作用的自然因素主要有两方面：其一，海洋动力作用增强，海水运动过程中产生的潮流、波浪等是造成海岸侵蚀的主要动力。近岸潮流决定了沿岸泥沙的离岸移动方向，并成为海岸侵蚀的重要原因之一。波浪作用主要表现为起动泥沙、搬运泥沙。其二，全球变暖导致海平面上升，全球变暖导致很多地

区的平均海平面相对于陆地有缓慢上升的趋势。由于岸滩剖面会逐渐调整以此来适应升高的平均海平面，因此，会造成岸线的缓慢蚀退。短时间内海平面上升不会引起海岸侵蚀；但长期变化，则会诱发或加速海岸的侵蚀。海平面相对上升，导致近岸水深增加，使到达岸边的波浪作用增强而侵蚀海岸。

2020年，对秦皇岛市部分岸段进行了海岸侵蚀监测，结果显示，秦皇岛东山浴场岸段、秦皇岛金梦海湾-浅水湾岸段和秦皇岛北戴河新区天马浴场岸段较为稳定，监测结果与2019年进行对比，岸线变化幅度不大；秦皇岛山海关区老龙头东侧岸段进行了整治修复工程，秦皇岛北戴河区老虎石浴场岸段进行了补沙和沙滩平整工作。监测岸段海岸侵蚀监测结果见下表所示。

表 3.2-24 2020年秦皇岛市监测岸段海岸侵蚀和下蚀调查结果

3.2.6 海水水质环境现状调查与评价

3.2.6.1 调查站位

本次评价引用《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目环境影响报告书》（河北奇正环境科技有限公司），2024年5月。河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队海洋监测中心于2024年3月进行水质、沉积物、海洋生态、生物质量、潮间带生物的现场采样，共布设20个监测站位，包含水质现状监测站位20个，沉积物10个、生态12个，生物质量12个，渔业资源12个，潮间带调查站位3个站位。本项目引用2024年3月水质监测共20个站位。

现状调查站位坐标见表3.2-18，监测站点分布图见图3.2-37。

表 3.2-25 调查站位及调查项目

站位	经度	纬度	监测项目
1			水质
2			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
3			水质
4			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
5			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
6			水质、生态、生物质量、渔业资源
7			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
8			水质

站位	经度	纬度	监测项目
9			水质
10			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
11			水质、生态、生物质量、渔业资源
12			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
13			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
14			水质
15			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
16			水质
17			水质
18			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
19			水质
20			水质、沉积物、生态、生物质量、渔业资源
C1			潮间带
C2			潮间带
C3			潮间带
C4			潮间带

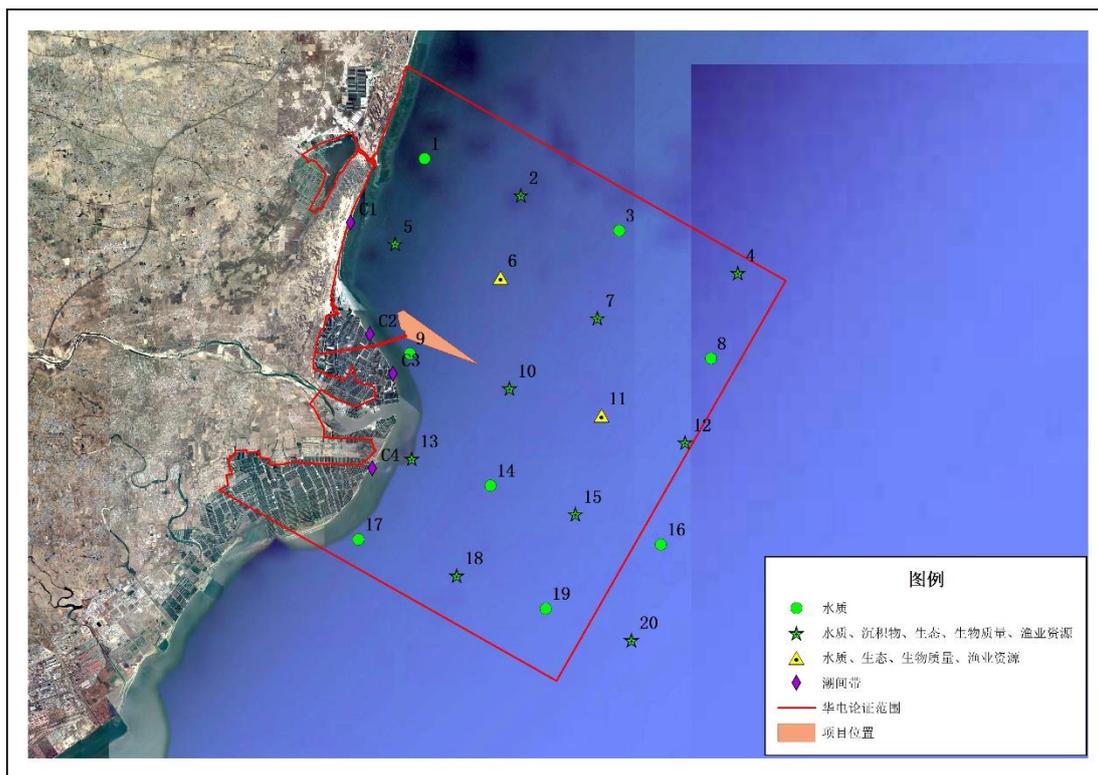


图 3.2-41 监测站点分布图

3.2.6.2 调查项目

本次水质调查分析方法见下表。

表 3.2-26 水质调查项目分析方法一览表

3.2.6.3 评价标准及方法

表 3.2-27 海水水质标准（单位：mg/L，pH 除外）

表 3.2-28 富营养化等级判定原则

3.2.6.4 评价结果

调查结果表明：按照一类海水水质标准评价的站位中，所有监测因子均能满足相应海水水质标准，无超标现象；按照二类海水水质标准评价的站位：所有监测因子均能满足相应海水水质标准，无超标现象。综上，现状监测点位检测结果均可满足相应海水水质标准。

表 3.2-29 海水水质评价结果

3.2.7 海洋沉积物环境现状调查与评价

3.2.7.1 调查站位

本次评价引用 2024 年 3 月环境现状引自《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目环境影响报告书》（河北奇正环境科技有限公司）的沉积物环境现状资料进行现状评价。现状调查站位坐标见表 3.2-18，监测站点分布图见图 3.2-37。

3.2.7.2 调查项目

监测项目常规因子：总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物、有机碳。

3.2.7.3 分析方法

本次海洋沉积物调查分析方法见下表。

表 3.2-30 海洋沉积物调查项目分析方法一览表

3.2.7.4 评价标准及方法

表 3.2-31 沉积物评价标准

3.2.7.5 评价结果

由下表可知：调查海域沉积物中的所有调查因子有机碳、硫化物、石油类、铜、铅、锌、镉、总汞、砷、总铬的污染指数均小于 1，均满足《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)沉积物质量一类标准，沉积物质量状况良好。

表 3.2-28 2024 年 3 月沉积物各项评价因子标准指数统计表

3.2.8 海洋生物质量调查与评价

3.2.8.1 调查站位

本次评价生物体质量现状评价引用《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目环境影响报告书》(河北奇正环境科技有限公司)中 2024 年 3 月的监测数据，共布设生物体质量站位 12 个(2、4、5、6、7、10、11、12、13、15、18、20)。调查站位见图 3.2-27。

3.2.8.2 采样及分析方法

表 3.2-32 生物体质量分析方法和检出限

3.2.8.3 评价标准与方法

鱼类、甲壳类和软体类的生物质量评价采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的海洋生物质量标准，见表 3.2-30。

评价方法采用单因子标准指数法。

表 3.2-33 《海洋生物质量》(GB18421-2001)生物体内污染物评价标准

表 3.2-34 全国海岸和海涂资源综合调查简明规程 单位：mg/kg

3.2.8.4 春季调查结果

2024 年 3 月调查海域生物体内主要污染物质的含量见下表。

表 3.2-35 2024 年 3 月生物质量调查结果（鲜重） 单位（mg/kg）。

3.2.8.5 春季评价结果

2024 年 3 月生物质量现状评价结果见表 5.7-10。由评价结果可以看出本次调查海域虾虎鱼和脉红螺中砷、总汞、铜、铅、锌、镉、石油烃均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》标准，石油烃均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）标准。

表 3.2-36 2024 年 3 月生物质量单因子指数评价结果

3.2.9 海洋生态现状调查与评价

3.2.9.1 调查站位

调查时间为 2024 年 3 月，共布设 12 个海洋生态站位和 4 个潮间带生物站位。调查站位坐标及位置详见表 3.2-18、图 3.2-37。

3.2.9.2 调查项目

海洋生态现状调查项目包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物。

3.2.9.3 分析方法

表 3.2-37 监测项目及分析方法

3.2.9.4 评价方法

3.2.9.5 调查结果

（1）浮游植物

本次调查共鉴定出浮游植物 2 门 22 种，优势种为中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）、刚毛根管藻（*Rhizosolenia setigera*）、尖刺拟菱形藻（*Pseudo-nitzschia pungens*）、太平洋海链藻（*Thalassiosira pacifica*）4 种。中肋骨条藻、刚毛根管藻、尖刺拟菱形藻、太平洋海链藻细胞数量平均值分别为 1.33×10^7 个/ m^3 、 5.16×10^5 个/ m^3 、 1.35×10^5 个/ m^3 、 1.50×10^5 个/ m^3 ，群落多样性指数平均值为 1.92。

（2）浮游动物

本次调查共发现浮游动物 19 种，其中桡足类 8 种，浮游幼虫 6 种，腔肠动物 2 种，原生动物、毛颚动物和涟虫目各 1 种。优势种为夜光虫（*Noctilucae*）

scientillans)、八斑芮氏水母(*Rathkea octopunctata*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)和强壮箭虫(*Sagitta crassa*)。个体平均丰度分别为 47.58 个/m³、3.42 个/m³、13.58 个/m³、2.67 个/m³、10.58 个/m³。

(3) 底栖生物

本次调查共获底栖生物 21 种，隶属于环节、脊索、节肢、纽形、软体动物 5 个门类。调查海域底栖生物量组成以脊索动物占优势，占总生物量的 52.31%。生物密度组成以脊索动物占优势，占总密度的 58.66%。调查海域底栖生物优势种为青岛文昌鱼、纽虫、双毛鳃虫。各站位底栖生物多样性指数在 0~2.32 之间，平均指数为 1.41。

(4) 潮间带生物

本次调查海域共采集到潮间带生物 3 种，隶属于软体动物门、环节动物门 2 大门类。调查海域潮间带生物站位平均生物量为 2.23 g/m²，平均站位密度为 10 个/m²。调查海域潮间带生物优势种为亚洲锡鳞虫。各断面潮间带生物多样性指数在 0.64~1.64 之间，平均指数为 1.07。

3.2.10 海洋渔业资源现状调查与评价

3.2.10.1 调查站位

2024 年 3 月在滦河口海域进行渔业资源调查，共设置 12 个调查站位，调查站位坐标及位置详见表 3.2-18、图 3.2-27。渔业资源调查时间为：春季 2024 年 3 月 7 日至 9 日、3 月 12 日、3 月 13 日。

3.2.10.2 调查与分析方法

略。

3.2.10.3 调查结果

调查海域共采集到 6 种鱼卵；早期仔鱼 2 种。优势种为鲢。

3.2.11 生态系统分布

如下图所示本项目周围海域涉及到的生态系统主要包括了昌黎黄金海岸国家级自然保护区、黄金海岸森林公园、滦河口湿地以及昌黎海域国家级水产种质资源保护区。如下图所示。

图 3.2-42 项目位置与三区三线叠加图

(1) 昌黎黄金海岸国家级自然保护区

昌黎黄金海岸国家级自然保护区位于河北省东北部秦皇岛市昌黎县沿海，面积 300km²，分陆域和海域两部分，其中陆域面积 91.5km²，海域部分面积 208.5km²。保护区的主要保护对象为沙丘、沙堤、泻湖、林带和海洋生物等构成的沙质海岸自然景观及所在海区生态环境和自然资源。昌黎黄金海岸国家级自然保护区距本项目西侧约 190m。

图 3.2-43 昌黎黄金海岸保护区位置图

(2) 河北黄金海岸省级森林公园

河北黄金海岸省级森林公园地处北戴河新区境内，北起与抚宁交界的小黄河，南至滦河口，东至渤海，西与沿海各村接壤。全园总面积 130.16km²，东西宽 7.0km，南北长 33.9km。河北黄金海岸省级森林公园范围内森林茂密，林木葱郁，有林地面积 3090.82hm²，灌木林面积 20.01hm²，林带面积 6.22hm²，森林覆盖率 23.79%。

(3) 滦河河口口湿地

根据《昌黎县滦河口湿地保护与利用规划》，滦河河口湿地位于乐亭县东部，是以自然、历史、人文景观为特色，集保护、利用、研究、游览、宣传教育为一体的河口湿地公园，位于本项目南侧约 1.6km 处。

图 3.2-44 滦河口湿地保护区

(4) 昌黎海域国家级水产种质资源保护区

总面积 6268 公顷，2010 年 11 月建立，保护区位于河北省昌黎县黄金海岸东北部海域。昌黎海域国家级水产种质资源保护区主要保护对象是栉江珧、魁蚶、毛蚶、竹蛏等，其食性均以藻类为主。本项目东距昌黎海域国家级水产种质资源保护区约 15.9km。

图 3.2-45 昌黎海域国家级水产种质资源保护区位置图

3.2.12 鸟类资源生态现状调查与评价

3.2.12.1 全国候鸟主要迁徙路线

全球共有 9 条候鸟迁飞通道，途经中国的有 4 条，从东至西分别是西太平洋候鸟迁飞通道、东亚-澳大利西亚候鸟迁飞通道、中亚候鸟迁飞通道和西亚-东非候鸟迁飞通道。其中，仅东亚-澳大利西亚候鸟迁飞通道每年就约有 210 种 5000 万只水鸟往返于繁殖地和越冬地之间。

秦皇岛作为世界重要候鸟栖息地、东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线重要节点的独特优势和被誉为“中国观鸟之都”“世界四大观鸟胜地”的知名度，积极参

与 2019 年 9 月启动的中国黄（渤）海候鸟栖息地（第二期）申遗工作，成功申列七里海瀉湖、北戴河大潮坪和老龙头石河南岛 3 处候鸟栖息地为申遗提名地。

全球候鸟主要迁徙路线示意图

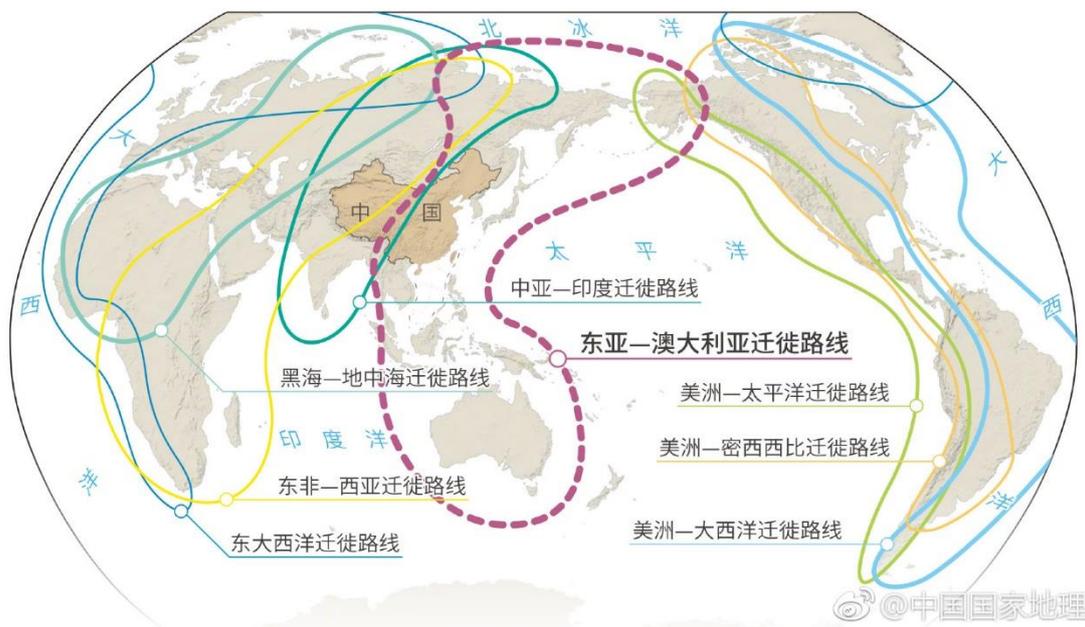


图 3.2-46 全国候鸟主要迁徙路线示意图

3.2.12.2 调查时间

根据《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设对鸟类影响评价报告》，江西山和林业工程咨询事务所有限公司自 2023 年 1 月 19 日至 2023 年 12 月 9 日通过调查相关海域和陆域完成了河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目实施区域鸟类春迁期、繁殖期、秋迁期和越冬期共 20 天的鸟类现场调查工作。

3.2.12.3 调查路线

根据《生物多样性观测技术导则鸟类》（HJ710.4—2014）和《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》要求，结合工程项目实际，在河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目实施区域共布设 3 条海上调查样线。

表 3.2-38 鸟类调查样线信息表



图 3.2-47 鸟类调查的样线位置图

3.2.12.4 调查结果

一、鸟类物种组成

河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目实施区域海上和陆上鸟类春迁期、繁殖期、秋迁期和越冬期 4 个时期调查共发现鸟类 64 种，分别隶属于 11 目 23 科。按目统计，其中以鸽形目种类最多，雁形目次之，分别为 27 种、12 种，各占整个调查区域鸟类总种数的 42.2%和 18.8%，为优势目；按科统计，其中以鸭科种类最多，为 12 种，鹬科次之，为 11 种，各占整个调查区域鸟类总种数的 18.8%和 17.2%，为优势科，计有 13 科为单种科。

表 3.2-39 监测区域鸟类种群组成表

调查区域春迁期鸟类种数最多，繁殖期的鸟类数量最多。鸟类区系组成以古北界种最多，占调查区域鸟类总种数的 64.1%。鸟类居留型以旅鸟最多，为 28 种，可见调查区域鸟类以旅鸟为主。鸟类生态类型以涉禽最多，为 25 种，游禽次之，为 24 种，鸣禽 12 种，攀禽 2 种，猛禽 1 种，可见调查区域鸟类以游禽和涉禽为主。共计发现鸟类 5382 只，其中红嘴鸥数量最多为 1125 只，为优势种。调查发现遗鸥、黑嘴鸥、东方白鹤、白鹤 4 种国家一级保护野生动物。发现灰鹤、云雀、大滨鹬、大杓鹬、白腰杓鹬、花脸鸭、鸳鸯、大天鹅、白尾鹬 9 种国家二级保护野生动物。

图 3.2-48 调查区域鸟类的分布型

4 资源生态影响分析

4.1 生态评估

本项目光伏场区基础桩径较小，对场区外界流场影响较小，但会对场区周边小范围内流场产生影响。项目建设对场区海域外侧冲淤环境影响较小，但会对桩柱周边小范围内的地形地貌冲淤环境产生影响。

项目工程基础为预制混凝土预制桩，采用锤击法向下打入，采用多组沉桩设备，沉桩作业采用定位平台配合吊打工艺进行沉桩，桩基施工产生的悬浮泥沙会对水质环境产生影响。电缆敷设开挖施工搅动也会产生悬浮泥沙，并对水质环境产生影响。因此，确定生态评估的重点和关键预测因子为水动力、地形地貌与冲淤、水质环境。

4.2 资源影响分析

4.2.1 海岸线资源、海域空间资源影响分析

本项目光伏电场距离海岸线最近距离约为 1.38km，用海方式为透水构筑物，项目只在电缆登陆时采用下穿的方式占用岸线资源*m，建成后不形成新的有效岸线。

本项目桩基用海将直接占用海域资源，而海底电缆用海将在短时间内对海域资源造成影响，随着施工结束将逐渐恢复。

本项目在秦皇岛市昌黎县以东海域，光伏组件位于海域范围，桩基用海将直接占用海域资源。光伏电场设置将太阳能板设置为最佳倾斜角度，保证太阳辐射量最大，后排阵列不受前排遮挡，在保证发电量的同时，用海面积最小；为减少项目用海面积，将 220V 升压站布置于陆域范围；同时，为减少海底线缆的长度，节约用海，升压站邻近海岸线布置，避免长距离占用岸线，仅在登陆点时穿越岸线。

本项目登陆岸段在施工过程中需要严格控制施工范围，施工结束后要对施工场地进行生态恢复。项目海缆采用地理的方式进行铺设，铺设完成后恢复岸滩形态，不会对沿海滩涂产生明显不利影响。海缆项目施工结束后对占用区域进行修复，对岸线的影响较小。

4.2.2 项目用海对湿地资源的影响

本项目光伏电场西侧紧邻昌黎县滦河口湿地，外输电缆需穿越滦河口湿地。根据《中华人民共和国湿地保护法》，国家严格控制占用湿地。建设项目选址、选线应当避让湿地，无法避让的应当尽量减少占用，并采取必要措施减轻对湿地生态功能的不利影响。建设项目规划选址、选线审批或者核准时，涉及国家重要湿地的，应当征求国务院林业草原主管部门的意见；涉及省级重要湿地或者一般湿地的，应当按照管理权限，征求县级以上地方人民政府授权的部门的意见。

本项目光伏电场选址位于昌黎县滦河口湿地东侧，已避让湿地进行布置，为减少海域资源的占用，升压站布置在临近的陆域位置，由于光伏电场区域、湿地和陆上升压站的位置分布关系，导致光伏电场至升压站之间的外输电缆不可避免需要穿越昌黎县滦河口湿地，具有不可避让性。

根据《昌黎县滦河口湿地保护与利用规划（2016-2025年）》，昌黎县滦河口湿地的管制要求为，规划范围内禁止开展不利于保护区保护对象的安全、稳定和发展的开发利用活动，严格控制湿地资源利用强度和外来人员数量；规划期限内仅限于发展生态养殖和生态旅游项目，新增项目实施前须进行科学论证并经自然保护区行政主管部门批准，严格限制开发利用规模，制定生态补偿方案，满足保护区实验区管理要求，禁止开展损害保护区海上、海岸设施的活动，禁止设置排污口；建设海陆统筹综合管理系统，所有开发利用活动均纳入综合管理系统，接受实时监控。

本项目光伏电场的选址已避让昌黎县滦河口湿地，仅外输电缆穿越湿地范围。本项目外输电缆穿越湿地采用埋地的敷设方式，项目施工过程中涉及土方开挖，将造成地表植被破坏，影响自然景观视觉；同时，大量施工设备的运行及运输车辆的进出也会对景观视觉产生一定影响。项目电缆施工范围及周边的自然植被覆盖度不高，海域使用现状主要为水域及水利设施用地，电缆实施占用面积较小，不会造成大面积的土地破坏，且电缆施工时间较短，施工范围主要为临时占用，施工结束后将采用人工和自然修复的恢复措施对占用范围进行恢复。因此，本项目对湿地资源影响较小。

4.2.3 项目用海对海洋生物资源的影响分析

4.2.3.1 项目施工期对渔业资源的影响分析

(1) 施工期间产生悬浮泥沙对渔业资源的影响

悬浮物对鱼类和其它水生生物的影响可分为两大类：一类是悬浮固体在水中的影响，一类是悬浮固体沉降到水底后产生的影响。

欧洲大陆渔业咨询委员会（EIFAC，1965）评价了悬浮固体对鱼类的影响。把悬浮固体对鱼类和鱼类饵料生物种群所产生的不良影响分成四种方式：直接影响鱼类在有悬浮固体的水体中游泳，造成鱼类死亡或者是降低鱼类的生长速率，对疾病的抵抗力等等；妨碍鱼卵和幼体的良好发育；限制鱼类的正常运动和洄游；使鱼类得不到充分的食物。覆盖在水底的沉淀物会损害无脊椎生物种群，堵塞产卵的砾石层，而且如果有有机物的话，还会消耗其上面水体的溶解氧。当沉淀固体堵塞了鱼类产卵的砾石层时，鱼卵就会大量死亡。无机悬浮物的增加还会妨碍光线向水体的投射，结果减少了透光层深度，从而减少了初级生产量并减少了鱼类的饵料。

美国科学院和美国工程科学院联合委员会建议，光透射深度不得减少 10%（美国科学院，NAS，1974）。同时，由于颗粒物吸收了较多的热量，从而使水体趋于稳定，阻止了上下水混合，致使近表层水被加热，上下水混合程度的减少，也减少了溶解氧和营养物向水体下部的扩散。长期生活在高浑浊水中的海洋生物，其鳃部会被悬浮物质充满而影响呼吸和发育，甚至引起窒息死亡。此外，水中悬浮物质长期过量会妨碍海洋生物的卵及幼体的正常发育，破坏其栖息环境，并抑制水生生物的光合作用，减少海洋动物的饵料。

水域悬浮物含量超标，对渔业资源的影响是多方面的，它不仅影响鱼类的存活和生长，而且会对鱼卵和仔稚鱼造成损害。由于悬浮性泥沙颗粒粘附在鱼卵的表面，会妨碍鱼卵的呼吸，阻碍与水体之间氧与二氧化碳的充分交换，可能导致鱼卵大量死亡；影响幼体的发育，发育不健康的仔稚鱼生存能力大大降低；悬浮物含量超标能使浮游生物繁殖受阻，导致水域基础生产力下降，减少鱼类的饵料生物，从而影响到鱼类的正常索饵；另外，悬浮物超标还会改变鱼类的洄游和摄食行为。

总而言之，悬浮泥沙对鱼类和水生生物的影响主要包括：

①造成生物栖息环境的改变或破坏，引起食物链（网）和生态结构的逐步变化，导致生物多样性和生物丰度下降。

②造成水体溶解氧、透光率和可视性下降，使光合作用强度和初级生产力发生变化，影响某些种类的生长发育（如鱼卵和幼体）。

③混浊的水体使某些种类的游动、觅食、躲避敌害、抵抗疾病和繁殖的能力下降，降低生物群体的更新能力。

④影响基础饵料生物生长，使鱼类得不到充足的食物。

⑤影响鱼类的正常活动和洄游。

（2）施工噪声对渔业资源的影响分析

施工过程中由于施工现场的作业船舶过于频繁，会惊扰或影响部分仔幼鱼索饵、栖息活动，但绝大部分可能受到影响的鱼类可以回避。在拟建工程附近海域未发现珍稀和濒危物种。由于春夏季节是鱼、虾类产卵、仔幼鱼索饵季节，建议海上施工尽量避开这一季节。

4.2.3.2 项目运营期对渔业资源的影响分析

运营期间的海上光伏设施对生物资源的影响主要集中在浅水层。海上光伏组件降低了海水表面的辐照度，但是海水表面的辐照度仍达到 9000lux 以上，且海水具有流动性，因此海水中的藻类的生长不受限制。组件下方与水面之间和组件上方的大量空间是畅通的，组件系统一般风阻率 15%左右。对水体上方气体流动有 15%的影响，但仍保持了 85%的通风性能，光伏组件下方与大气环境之间能够实现通温通气的有效互动。因此海水中的溶解氧不受影响，漂浮性鱼卵和浅水层的仔稚鱼不受影响。此外，与陆基光伏设施相比，海上光伏设施减少鸟类与光伏面板的碰撞，对鸟类生长、迁移等生活习性几乎无影响。

光伏电场建成后，桩基作为一种人为放置于海底环境的构造物将形成人工渔礁效应。桩基实际上起到了类似人工鱼礁聚集鱼类的作用。当水流流经桩基，迎流面会产生上升流，底层营养盐随着上升流上涌，能促进各种浮游植物的生长，进而诱集其他海洋动物及促进贝类等以浮游植物为食的海洋生物生长。与迎流面相对的回流面则会产生背涡流，这类涡流流速缓慢，是多数鱼类喜欢栖息和躲避强潮流的地方。此外，涡流还可以造成浮游生物、甲壳类和鱼类的物理性聚集，提高海域的生物多样性。

桩基式光伏电场项目建成后，该海域原有的平稳流态受到扰动，形成有快、有慢以及产生滞留带，该海域水流的变动必然与鱼群移动和栖息有着相互的关联

性。在桩基迎流面产生一定程度的壅水，在背流面产生涡流。壅水的形成促使工程附近水体垂直交换，海底的营养盐被翻起和扩散，壅水不断将底层、近底层低温、高盐富营养的海水涌升至表层，从而加快营养物质循环速度，并可能引起浮游生物的增加和水质的改善，使该区域成为鱼类的聚集地。基础后部的涡流，影响作用是多方面的，在背面会产生负压区，海底的泥沙，大量的悬浮物等都会在此停滞，从而引来鱼群。基础附近海域由于水的充分交换，不但形成理想的营养盐运转环境，而且形成可供鱼类选择的不同水流条件，为鱼类提供了优良的饵料场、繁殖场和栖息场所，从而对渔业资源增殖产生有利影响。

本项目桩基式光伏电场桩基之间保留足够间距，能够保证小型作业船只进入水域进行苗种的底播和贝类采捕，采捕成本较低。光伏组件和作业船只之间不会相互产生影响，安全性可靠，透水构筑物用海不会影响到渔业用海功能。

4.2.4 生物资源损失分析

项目光伏桩基永久占用以及施工期悬浮泥沙会对生物资源造成损失。本项目用海引起的生物资源损失量依据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）（以下简称“规程”）进行评估。

4.2.4.1 评估方法

略。

表 4.2-1 污染物对各类生物损失率

。

4.2.4.2 工程海域生物资源概况

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）及河北省《涉海建设项目对海洋生物资源损害评估技术规范》（DB13/T2999-2019），综合项目位置区域，生物资源数量如下表所示。

表 4.2-2 工程海域生物资源概况

生物种类	资源密度	单位
游泳动物	207.52	kg/km ²
鱼卵	0.229	粒/m ³
仔稚鱼	0.132	尾/m ³
底栖生物	25.62	g/m ²

4.2.4.3 评估计算结果

(1) 本项目占用海域造成的生物资源损害评估

项目建设光伏设备占用海域面积，光伏设备用海方式为透水构筑物。生物损失面积按项目透水构筑物占用面积 435.5501hm^2 计算，占用年限按 20 年。本项目所处海域水深约 *m，本次水深以 *m 进行计算，占用海域造成的生物资源损失估算如下表所示。

表 4.2-3 本项目占用海域造成的生物资源损害评估

生物种类	资源密度	占用面积 (hm^2)	水深	占用年限	损失量
游泳动物	$207.52\text{kg}/\text{km}^2$	435.5501	/	20年	$1.81 \times 10^4\text{kg}$
鱼卵	$0.229\text{粒}/\text{m}^3$	435.5501	*		$1.19 \times 10^8\text{粒}$
仔稚鱼	$0.132\text{尾}/\text{m}^3$	435.5501	*		$0.69 \times 10^8\text{尾}$

(2) 施工期悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损害

本项目所处海域水深约 *m，本次水深以 *m 进行计算。根据环境影响分析结果，本项目施工期产生的悬浮物扩散造成生物资源损失估算如下表所示。

表 4.2-4 悬浮物扩散造成生物资源损失表

生物类型	超标面积 (km^2)	水深 (m)	损失率 (%)	密度	补偿倍数	损失量	总损失量
游泳动物	5.15	*	5	$207.52\text{kg}/\text{km}^2$	3	160.31	1856.50kg
	3.14		20			390.97	
	2.54		40			632.52	
	2.19		50			681.70	
鱼卵	5.15	*	5	$0.229\text{粒}/\text{m}^3$	3	1.06×10^6	$5.30 \times 10^7\text{粒}$
	3.14		20			2.59×10^6	
	2.54		40			4.19×10^6	
	2.19		50			4.51×10^7	
仔稚鱼	5.15	*	5	$0.132\text{尾}/\text{m}^3$	3	6.10×10^5	$3.05 \times 10^7\text{尾}$
	3.14		20			1.49×10^6	
	2.54		40			2.41×10^6	
	2.19		50			2.60×10^7	

(3) 小结

经计算，本项目海洋生物损失量为游泳动物 $3.12 \times 10^4\text{kg}$ ，鱼卵 $2.07 \times 10^8\text{粒}$ ，仔稚鱼 $1.19 \times 10^8\text{尾}$ 。

表 4.2-5 项目建设生态损失量总表

种类	工程占用	悬浮泥沙	总计	单位
游泳动物	1.81×10^4	1856.50	2.00×10^4	kg

种类	工程占用	悬浮泥沙	总计	单位
鱼卵	1.19×10^8	5.30×10^7	1.72×10^8	粒
仔稚鱼	0.69×10^8	3.05×10^7	9.95×10^7	尾

4.2.4.4 损失量价值估算

(1) 计算方法

略。

(2) 渔业资源损害经济价值评估

根据计算，本项目造成的渔业资源经济价值损失总计为 707.00 万元。

表 4.2-6 本项目造成的生物资源损害价值一览表

资源分类	损失量	换算	价值	损失价值 (万元)
游泳动物	$2.00 \times 10^4 \text{kg}$	-	1.9万元/t	38.00
鱼卵	$1.72 \times 10^8 \text{粒}$	0.01	1.0元/尾	172
仔稚鱼	$9.95 \times 10^7 \text{尾}$	0.05	1.0元/尾	497
合计				707.00

4.3 生态影响分析

4.3.1 水文动力环境影响分析

4.3.1.1 工程建设对潮流场影响预测分析

略。

4.3.1.2 计算域和网格设置

图 4.3-1 模拟计算海域范围水深地形图

图 4.3-2 (a) 模拟计算海域范围网格示意图

图 4.3-2 (b) 项目结构附近网格加密示意图

4.3.1.3 潮流潮位验证

(1) 大范围海域潮位验证

利用大连港、羊头洼、鲅鱼圈、塘沽、小清河口、蓬莱、渤中、北隍城、芝罘岛、威海等 10 个潮位站历史观测资料经调和与分析后, 选用 M2、S2、K1、O1、M4、MS4 六个分潮的调和常数预报出潮位并与计算结果进行验证, 调和常数采用当地海洋站多年历史潮位观测资料调和与分析得到。结果表明, 模拟所得潮位曲线与对应站位预报潮位吻合较好, 能够反映工程周边海域的潮汐变化特征。潮位验证点位置见图 4.3-3 和表 4.3-1, 潮位验证曲线见图 4.3-4。

表 4.3-1 潮位验证点坐标

图 4.3-3 潮位验证点位置图

图 4.3-4 (a) 潮位验证曲线 (大连港)

图 4.3-4 (b) 潮位验证曲线 (羊头洼)

图 4.3-4 (c) 潮位验证曲线 (鲅鱼圈)

图 4.3-4 (d) 潮位验证曲线 (塘沽)

图 4.3-4 (e) 潮位验证曲线 (小清河口)

图 4.3-4 (f) 潮位验证曲线 (蓬莱)

图 4.3-4 (g) 潮位验证曲线 (渤中)

图 4.3-4 (h) 潮位验证曲线 (北隍城)

图 4.3-4 (i) 潮位验证曲线 (芝罘岛)

图 4.3-4 (j) 潮位验证曲线 (威海)

(2) 项目所在海域的潮位、潮流验证

项目所在海域的潮位、潮流验证采用于大潮期间在昌黎附近海域布设的 2 个潮位观测站位和 4 个潮流观测站位, 潮位潮流验证点位置如图 4.3-5 所示, 坐标详见表 4.3-2。潮位、潮流验证曲线见图 4.3-6~图 4.3-11。

表 4.3-2 潮流验证点坐标

序号	验证内容	东经	北纬	X_UTM (m)	Y_UTM (m)
1	潮位				
2	潮流				
3	潮流				
4	潮流				
5	潮位、潮流				

验证结果表明，对应观测点上模拟得到的潮流流速流向与实测潮流基本吻合，能够较好地反映工程周边海域潮流状况。

图 4.3-5 潮流验证点示意图

图 4.3-6 1#站潮位验证曲线

图 4.3-7 5#站潮位验证曲线

图 4.3-8 2#站潮流流速、流向验证曲线

图 4.3-9 3#站潮流流速、流向验证曲线

图 4.3-10 4#站潮流流速、流向验证曲线

图 4.3-11 5#站潮流流速、流向验证曲线

4.3.1.4 项目建设前后潮流场特征和变化分析

(1) 大海域潮流场数值模拟

图 4.3-12 (a) 大海域潮流场 (涨急时, 大潮期)

图 4.3-12 (b) 大海域潮流场 (落急时, 大潮期)

(2) 周边海域潮流场数值模拟

图 4.3-13 项目建设前周边海域潮流场 (涨急时)

图 4.3-14 项目建设后周边海域潮流场 (涨急时)

图 4.3-15 项目建设前周边海域潮流场 (落急时)

图 4.3-16 项目建设后周边海域潮流场 (落急时)

(3) 光伏场区建设前后小范围潮流场的变化结果对比分析

为了清楚反映光伏场区建设前、后对附近小范围海域潮流场的影响，局部放大了小范围流场，图 4.3-17 和图 4.3-18 分别为项目建设前和建设后的涨急时刻小范围潮流场，图 4.3-19 和图 4.3-20 分别为项目建设前和建设后的落急时刻小范围潮流场，图 4.3-21 为项目建设后光伏场区桩基结构周边局部的涨急、落急时刻潮流场。同时，将光伏场区建设前后的流场进行对比，得到涨急时刻、落急时刻和全潮平均流速变化（工程后-工程前）情况如图 4.3-22，结果表明：

光伏场区范围内的潮流流向基本呈 N-S 向，光伏场区的“桩基群效应”和桩基结构间的“文丘里效应”，会对项目附近小范围的潮流流态产生一定影响：

图 4.3-17 项目建设前附近小范围海域潮流场 (涨急时)

图 4.3-18 项目建设后附近小范围海域潮流场（涨急时）

图 4.3-19 项目建设前附近小范围海域潮流场（落急时）

图 4.3-20 项目建设后附近小范围海域潮流场（落急时）

图 4.3-21 (a) 项目建设后小范围海域潮流场（涨急时，光伏场区桩基结构周边局部放大）

图 4.3-21 (b) 项目建设后小范围海域潮流场（落急时，光伏场区桩基结构周边局部放大）

图 4.3-22 (a) 项目建设前后海域潮流场流速对比图（涨急时刻）

图 4.3-22 (b) 项目建设前后海域潮流场流速对比图（落急时刻）

图 4.3-22 (c) 项目建设前后海域潮流场流速对比图（全潮平均流速）

4.3.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

潮流等水动力改变会导致海底产生蚀淤变化。海岸地貌是在河流、海洋动力作用下，在既定地质基础上所产生的侵蚀或堆积作用的产物。工程的建设会改变原有的岸线形态，引起波浪和潮流等水动力改变，导致海底产生蚀淤变化。

4.3.2.1 海岸带泥沙运动规律及影响冲淤变化的动力因素

(1) 泥沙来源

海岸带附近泥沙来源有四个方面：①河流来沙；②由邻近岸滩搬运而来；③由当地崖岸侵蚀而成；④海底来沙。

(2) 泥沙运移形态

沙质海岸的泥沙运移形态有推移和悬移两种。淤泥沙海岸的泥沙运移形态以悬移为主，底部可能有浮泥运动或推移运动。海岸带泥沙运动方式可分为与海岸线垂直的横向运动和与海岸线平直的纵向运动。

海底泥沙冲淤变化是在波浪和海流等动力因素综合作用下的结果。

1) 波浪的作用

在沙质海岸，波浪是造成泥沙运动的主要动力。大部分泥沙运动发生在波浪破碎区以内。当波浪的传播方向与海岸线斜交时，波浪破碎后所产生的沿岸流将带动泥沙顺岸移动。沿岸泥沙流若遇到突堤等水工建筑物则将从其上游根部开始淤积。

在粉砂淤泥质海岸，波浪掀起的泥沙除随潮流进出港口和航道外，在风后波浪减弱的过程中会形成浮泥。此种浮泥除自身可能流动外，又易为潮流掀扬，转化为悬移质，增加潮流进港和航道的泥沙数量。

2) 海流的作用

在淤泥质海岸，潮流是输沙的主要动力，在波浪较弱的海岸区，潮流可能是

掀沙的主要因素。由于动力因素减弱，降低了携沙能力，导致落淤。在沙质海岸的狭长海湾等特定地形条件下，海流流速较大，可对泥沙运动起主导作用。这里的海流不仅起输沙作用，还起着掀沙作用。

4.3.2.2 冲淤变化预测模型简介

1、模型简介

略。

2、输入参数确定

略。

3、含沙量率定

本项目的悬沙实测资料来自《河北省唐山市乐亭县至秦皇岛市昌黎县环境调查报告》（青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司，2023年5月）。本次验证共选取项目附近的3个站位进行含沙量验证，含沙量验证曲线如图4.3-23所示。

表 4.3-2 含沙量验证点坐标

序号	验证内容	经度	纬度	X_UTM (m)	Y_UTM (m)
1	水体含沙量				
2					
3					

图 4.3-23 (a) 1#站含沙量验证曲线

图 4.3-23 (b) 2#站含沙量验证曲线

图 4.3-23 (c) 3#站含沙量验证曲线

验证结果表明，各验证点计算的含沙量最大值与实测值相近，潮平均含沙量的偏差在30%以内，验证结果符合《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》（JTJ/T2332-98）的相关要求，水沙数学模型可用于模拟底床冲淤变化过程。

4.3.2.3 项目建设前后地形地貌与冲淤环境影响预测分析

综上所述，项目周边年冲淤变化主要集中在±6cm范围，其中，项目仅在桩基结构周边的局部小范围内年冲淤量相对较大，冲淤变化对项目及周边海域环境基本不产生影响，且冲淤影响主要集中在项目周边4000m范围内。因此，项目建设对海域冲淤环境会产生一定的影响，但影响相对较小。

图 4.3-24 (a) 项目建设前后（工程后-工程前）年冲淤变化示意图（周边海域）

图 4.3-24 (b) 项目建设前后（工程后-工程前）年冲淤变化示意图（光伏场区中段内局部放大）

4.3.3 海水水质与沉积物影响分析

4.3.3.1 悬沙发生点设置

略。

图 4.3-25 工程施工悬沙发生点

4.3.3.2 悬浮泥沙源强

略。

4.3.3.3 悬浮泥沙扩散对海水水质和沉积物的影响分析

项目建设施工环节引起的悬浮泥沙扩散最大范围统计结果见下表。由计算结果可知，大于 10mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 1.40km，最大扩散范围 7.4924km²；大于 20mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 1.20km，最大扩散范围 5.1638km²；大于 50mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.95km，最大扩散范围 3.1433km²；大于 100mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.78km，最大扩散范围 2.5423km²；大于 150mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.67km，最大扩散范围 2.1958km²。

表 4-3-3 施工产生悬浮物（SS）最大包络线影响范围

图 4.3-26 施工产生悬浮物（SS）最大包络线影响范围示意图

4.3.3 项目用海生态影响分析

本项目附近海域不存在典型海洋生态系统以及珍稀濒危动植物物种，没有主要经济鱼类集中分布，不存在重要经济鱼类的洄游路线、索饵场、产卵场或育幼场所等。

本项目对生态环境的影响主要体现在施工期桩基基础和悬浮泥沙扩散，其中：施工区及其附近水域的底栖生物和鱼卵、仔鱼由于施工作业部分甚至全部死亡；施工作业产生的悬浮泥沙不同程度影响施工区周围的生物，附近的游泳生物被驱散，浮游动物、植物的生长受到影响。

4.3.3.1 项目施工期的影响分析

（1）对浮游植物的影响分析

从水生生态角度来看，施工区域内局部悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，

使浮游植物生物量降低。

浮游植物生物量的减少,会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少,从而导致以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且,以捕食鱼类为生的一些高级消费者,也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见,水体中悬浮物质含量的增加,对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

(2) 对浮游动物的影响分析

施工作业引起施工水域内的局部浑浊,将使阳光的透射率下降,从而使得该水域内的游泳生物迁移别处,浮游生物将受到不同程度的影响,尤其是滤食性浮游动物和营光合作用的浮游植物受到的影响较大,这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加,悬浮颗粒会粘附在动物体表,干扰其正常的生理功能,滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒,造成内部消化系统紊乱。

此外,据有关资料,水中悬浮物质含量的增加,对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官,尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时,这种危害特别明显。同时,过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。施工过程中将对悬浮物增量超过 10mg/L 海域范围内的浮游生物产生一定的影响。在这一范围内,将可能对水生生物造成不良影响。

比照长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物的毒性效应的试验结果,当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时,将影响浮游动物的存活率和浮游植物的光合作用。因此,填海、疏浚过程泥沙入海将对悬浮物增量超过 10mg/L 海域范围内的浮游生物产生一定的影响。施工期间对浮游动物的相对损失率 1~3 月约 5%,在 4 月份浮游动物旺发期可达 20%以上,其它月份大约在 8~13%之间,各月平均损失率为 12%。

本项目用于建设海上光伏,光伏基础设施建设为透水构筑物 and 海底电缆,在项目施工中仅在桩基施工和电缆铺设阶段有少量悬浮物产生,且悬浮物的影响范围仅限于桩基和海底电缆附近,施工引起的环境影响是局部的,且这种不良影响是暂时的,当施工结束后,这种影响也将随之消失。

(3) 对游泳动物的影响分析

游泳生物主要包括鱼类、虾蟹类、头足类软体生物等。海水中悬浮物浓度增

高对游泳生物主要影响有悬浮物浓度增高，导致水体浑浊度增大，透明度降低等现象，不利于天然饵料的繁殖生长；水体中大量的悬浮颗粒会造成游泳生物特别是鱼类呼吸困难和窒息现象，悬浮颗粒随着鱼类呼吸动作进入腮部，沉积在腮瓣、腮丝和腮小片上，损伤鱼类腮组织，造成鱼类死亡。不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活 1 天；含量为 6000mg/L 时，最多能存活 1 周；若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L 时，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为悬浮物质的含量在 200mg/L 以下时，不会导致鱼类直接死亡。但在作业区附近的鱼类，即使悬浮物浓度过高也未能引起死亡，但其腮部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。

项目用于建设渔光一体的海上光伏，光伏基础设施建设为透水构筑物 and 海底电缆，在项目施工和运营过程中仅在桩基施工和电缆铺设阶段有少量悬浮物产生，打桩引起的悬浮物影响范围相对较小，电缆敷设会造成局部海域悬浮物增高，但施工时间较短，露滩施工时则没有此影响。对于浅水与滩涂区，工程电缆沟开挖选在落潮时露滩施工，采用两栖挖掘机进行，基本无悬浮物影响；对于近海深水区，工程电缆沟开挖采用开沟犁和高压水冲方式，敷设时底层将产生高浓度悬浮物区，但鱼类有广阔的回避空间，对渔业资源影响不大，随着电缆敷设进程已敷设段悬浮物亦逐渐沉降下来，影响也随之消失。因此项目施工基本不会对游泳动物造成明显影响。

（4）对底栖动物的影响分析

海上光伏设施的基础施工通常在可操作范围内进行桩基开挖、打桩、电缆敷设等。施工阶段扰动泥沙造成海水中悬浮物浓度过高可能会使底栖生物部分致死；桩柱固定施工造成的水下噪音可能会使近桩基区生物物种部分致死。本项目光伏单元、箱变平台等桩基基础及海底电缆永久占用海域，破坏该水域底栖生物的生境，直接导致该区域底栖生物全部损失，并且不可恢复。但项目下方有已确权养殖项目，对该海域的底栖生物起到一定的补充作用。

（5）对生物质量的影响分析

本项目施工期打桩会造成水体中悬浮物质浓度增高，从而造成沉积物中的重金属等有毒（害）物质进入水体中，对水体产生二次污染。这些有毒（害）物质

将会通过水生生物的新陈代谢，导致其在生物体内积累，从而对生物本身及食物链上一级生物产生毒害作用。本项目周边沉积物环境质量均满足一类沉积物标准，搅动沉积物不会对水体产生污染，因此对生物质量的影响较小。

4.3.3.2 项目运营期对海洋生态环境的影响分析

海上光伏电场项目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。项目用海所在海域的生态系统服务功能可划分为物种栖息地、养殖生产、污染净化等 3 个方面的主导功能。

(1) 物种栖息地

项目建设所在海域是部分水生动物栖息、繁殖场所，也临近候鸟的迁徙区。光伏电场项目建设施工期会对该区域的水生动物栖息、觅食产生一定的干扰，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。由于项目建设占用少量滩涂造成鸟类觅食面积减少，对鸟类的觅食范围产生一定影响。

(2) 养殖生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。项目建设占用部分养殖水域，但仅为桩基占用，所占面积比例较小，影响不大。

(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。项目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，项目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。

4.3.4 项目用海对鸟类及生境影响分析

本节内容引用《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设对鸟类影响评价报告》（江西山和林业工程咨询事务所有限公司 2024 年 3 月）。

4.3.4.1 施工期对鸟类的影响分析

项目施工期对于鸟类的影响主要包括施工作业、施工噪声、施工灯光等对于

鸟类产生的影响。

（1）施工作业产生的影响

海上光伏场施工期间，工程主体建筑物全部位于海上，施工材料、构件、光伏设备等全靠船舶运至各个施工点。海上光伏、升压站、海缆的建设施工，需要自升式海上平台船、甲板驳船、拖轮、抛锚艇、交通艇、补给船以及履带式起重机、卷扬机、两栖挖掘机等专用船舶和机械。施工船舶的穿梭航行，会干扰鸟类的迁徙行为；光伏支架、光伏板、海上升压站在场区海面上逐个耸立，会对部分低飞小型鸟类的迁徙造成阻碍影响，尤其是雾天的时候；施工人员的活动也会干扰鸟类的迁徙和正常觅食；施工过程中还会产生一定的污染物，主要包括施工人员产生的生活污水、施工船舶产生的油污水、施工垃圾等；海上光伏场施工和海底电缆铺设会对工程海域海洋底栖生物和鱼类生境造成一定扰动，短期内该海域底栖生物和鱼类的种类和生物量会减少，进而影响鸟类（主要是鸥类）的觅食。

根据环保要求，施工过程中产生的污染物均严格管理，不得向海上排放，因此污染物基本不会对鸟类造成影响；鸟类的警觉性较高，有趋避行为，可选择远离施工海域，而且施工期光伏未运行，施工对鸟类迁徙的影响较小；施工作业属短期行为，施工结束后，底栖生物和鱼类可在一定时间内得以恢复，同时施工影响范围仅限于工程周边，施工活动对水域的扰动影响有限，仅局部影响周围海域内底栖生物和鱼类的种类和数量，经过一定时间的恢复将会恢复原状，因此，施工对鸟类觅食的影响较小。

（2）施工噪声产生的影响

海上施工可能产生的噪音为海上液压打桩机、起重机和运输船只等施工行为产生的噪音，对工程区域主要分布的鸥类和海上迁徙的鸟类有驱赶、惊扰等直接影响，会使鸟类数量和物种多样性有所降低，也会影响鸟类正常的栖息、觅食活动。但海上施工区域地处外海，海面开阔空旷，且水深较深，有利于噪声的消散，而且鸟类有规避行为，可以通过规避降低影响程度。因此，海上施工噪声对鸟类影响总体不大，且施工期结束后，其对鸟类的影响可以消除。

（3）施工污染产生的影响

本项目施工和拆除中的水污染源主要来源于两方面：一是海底泥沙再悬浮，二是机械漏油。水污染会影响鸟的饮水，项目附近的鹤类、鸥类等会失去主要的

食物来源即鱼类和其它水生生物。项目场址距岸边距离约 3km，海底泥沙随洋流逐渐沉淀，不会造成 3km 外的区域出现泥沙悬浮现象发生。对于机械漏油方面产生的影响，可通过严格控制施工质量，提高施工作业标准，做好漏油处理的应急预案等措施，降低机械漏油对施工水域的影响。因此项目建设所产生的水污染不会对鸟类产生影响。

(4) 施工灯光产生的影响

本项目施工期间，各个施工点的照明灯光、船舶航行灯光及船上照明灯光、施工焊接火花等，会吸引夜间飞行的鸟类或受光源吸引，或受光源迷惑，存在鸟类碰撞光源附近障碍物或已竖立的光伏板的危险。但施工期光源总体处于可控状态下，可通过人为减少霓虹灯使用、避免长期亮灯等行为，降低灯光方面对鸟类的影响。因此施工灯光对鸟类整体影响不大。

4.3.4.2 运营期对鸟类的影响分析

(1) 对鸟类的干扰影响类型分析

① 鸟与光伏板相撞

当光伏安装在鸟类飞行通道上时，鸟类在迁徙或觅食过程中存在与光伏相撞而受伤或死亡的风险，这是影响鸟类生存的最直接也是最严重的影响类型。鸟类与光伏相撞的风险在很大程度上取决于鸟类的飞行高度。光伏布设面积、高度增加和增高，鸟类撞击到光伏上而死亡的风险也会随之增加。有研究认为，鸟类可能会将大面积的光伏板阵列误当作为水面，增加在降落时碰撞或烧伤的风险。不良天气条件下，会降低鸟类对飞行的操控能力，迁徙鸟的飞行高度会降低，促使鸟类与光伏的撞击的风险增加，而且在恶劣天气条件下，光伏上的灯光对鸟类的吸引会增强，变成影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，增加了鸟与光伏相撞的风险。因此，在正常气候条件下，鸟类与光伏相撞几率接近于零，只有在不良气候条件下，鸟类与光伏相撞几率才会激增，此时可通过喇叭播放鹰啸声、在光伏板上涂画鹰眼类图案等方式，对鸟类进行驱赶，使其远离光伏群。

② 噪声和电磁辐射

关于海上光伏场光伏、输电线路、变电站产生的噪音和电磁干扰对鸟类的影响，研究发现，噪音和电磁干扰会对鸟类的迁徙路线产生一定的影响，但影响表现程度并不明显。其中，发电机、电动机的辐射较小，鸟类只有在近距离接触的

情况下，才会切实受到影响；输电电缆采用海底电缆，主要位于海底深处，仅会对海洋生物产生轻微影响，对鸟类迁飞活动无影响。目前尚没有明显的证据表明，光伏场的电磁辐射会对鸟类造成影响。就光伏所产生的噪音而言，光伏所产生的噪音会对鸟类繁殖、栖息、觅食、领地等产生不同影响。但也有不同学者指出，光伏噪音在距离 350m 以外的地方，噪声比一台家用冰箱的都小，因此不必过度考虑光伏噪音对鸟类的影响。白文娟研究中也发现光伏场各排光伏之间间距较大，噪声叠加作用不明显，在距离光伏 300m 外，可达到《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 I 类标准的要求。就本项目运营区域而言，其夜间环境噪声标准(45dB) 与光伏 50m 时与海面上环境噪声无计权等效噪声级 (57~83dB) 差别不大，低于算术平均值 (75.5dB)，证明光伏运行噪声与海上噪声相差不大，鸟类基本不受光伏噪声影响。并且由于大多数珍禽对运动物体、噪声具有较高的敏感性，光伏的运行噪声会迫使珍禽选择回避。因此，项目建设所产生的噪音也不会对鸟类产生不良影响。

③光源

光源是影响鸟类迁徙安全的一个非常重要的因素。白昼迁徙的鸟类多利用太阳或者地面景观导航定位，夜间迁徙的鸟类则利用月光和星座导航定位。Virginia (2003)、Huppopp (2006)、Cochran (1958)、唐长海 (2015)、崔怀峰 (2008)、刘越强 (2017) 等人研究指出，光源的出现使鸟类更容易出现撞击事件，但也发现并不是所有特质的灯光都会对鸟类产生吸引，可通过减少钠蒸气灯等光源使用、间断式亮灯等方式，降低光伏场内光源对鸟类的吸引力，从而减少鸟类撞击事件的发生。

④人为活动

运营期海上光伏场管理人员、往返交通船及维护活动等对鸟类存在一定的干扰，如工作人员对光伏的管理维护与对话交流、往返交通船的航行噪声等，对视觉、听觉敏感的鸟类会出于自我保护而远离该区域。另外人为活动还会产生一定的生活污水和生活垃圾，设备维护维修还有可能会发生漏油事故，导致污染环境，从而影响鸟类。

(2) 对鸟类迁徙的影响分析

①鸟类迁徙路线

经过亿万年的自然进化，候鸟形成了每年在繁殖地与越冬地之间沿相对固定的路线往返迁徙的独特习性。通过长期、大量的鸟类环志和科研监测等工作，全球候鸟迁徙一共有 9 条路线。自西向东，有 4 条路线穿越我国，分别是西亚—东非迁徙路线、中亚迁徙路线、东亚—澳大利西亚迁徙路线和西太平洋迁徙路线，在我国形成东部、中部和西部 3 个候鸟迁徙区。

② 迁徙影响分析

前一章节中分析了海上光伏场建设给鸟类带来 4 种类型干扰影响，鸟类的趋避行为会使鸟类选择远离光伏飞行，从而在一定程度上减少了鸟类的活动范围，这也是光伏场的屏障效应。但从另一个角度来说，鸟类对光伏场的这种趋避行为也可以减少鸟类碰撞光伏的风险。

光伏场的存在，会导致鸟类绕行迁徙的现象产生。研究发现，鸟类对光伏场的这种趋避行为，并不会长距离绕行迁徙的情况，仅会在距光伏场 100m 外处栖息、迁徙，且熟悉光伏场区域环境的鸟类，也会展现出一定适应性。总而言之，海上光伏场对鸟类迁徙的干扰程度与很多因素有关，鸟类在光伏场建设初期对光伏场表现出趋避特征比较明显，但是随着时间的推移，部分鸟类会对光伏场内的环境产生适应性，从而在数量上会有所增加。

根据鸟类调查资料，工程项目实施区域春迁期、繁殖期、秋迁期和越冬期 4 个时期的调查共发现鸟类 64 种，分别隶属于 11 目 23 科。其中，海上调查发现鸟类 19 种，分别隶属于 7 目 7 科，陆上调查发现鸟类 49 种，分别隶属于 6 目 18 科。按目统计，其鸻形目种类最多，雁形目次之，按科统计，鸭科种类最多。运营期陆上集控中心为低层建筑且占地面积较小，对陆上区域鸟类迁徙基本没有影响，在规划选址阶段，已全面避开鸟类迁徙路线，在调查时，海上区域均未发现大量鸟类飞过，4 个时期海上共计发现鸟类 2993 只，其中红嘴鸥数量最多，共 1125 只，由于光伏场的存在，鸟类的趋避行为会使经过的鸟类迁徙路线产生一定的影响，但综上所述，影响不大。

(3) 对鸟类栖息、觅食的影响分析

海上光伏场对鸟类栖息地的影响，有正反两个方面的效应：不良影响主要表现为部分鸟类物种会因光伏场的建设而被迫迁移栖息地。光伏场建设会导致附近鸟类栖息、繁殖、觅食等受到不同程度影响，对本区域鸟类会产生一定驱离效果，

但具体影响程度也与具体鸟类品种相关，也与光伏场具体选址有关。

正面影响主要表现为光伏场的建设可增加鸟类食物丰度。光伏桩结构可以充当人工鱼礁，可能会增加结构多样性并创造当地丰富的猎物物种，具有潜在的海洋保护和生物多样性效益。因此，如果鸟类没有因光伏桩本身的存在而流离失所，并且没有因碰撞而导致的重大死亡，那么光伏场的存在就对鸟类的生存有益。

本项目海上光伏场中心离岸距离约 4km，不是鸟类主要的栖息地，仅是鸟类途径地，也不属于传统的海洋栖息地中鸟类的觅食区域。调查发现途径鸟类主要为鸥类，鸥类在觅食时，有一定的概率会撞到光伏板上，但由于该海域并不是鸟类的主要觅食区且鸟类本身能主动规避这些区域，因此总体上本光伏场建成后对鸟类栖息觅食影响较小。

（4）对鸟类种群结构的影响分析

光伏会引起鸟类种群结构产生变化，一些对光伏场适应能力较强的种类能生活在距离光伏场较近的地方，而较敏感的鸟类则会迁移出去，这样就造成了光伏场周边环境鸟类种群结构的变化。光伏场对鸟类的驱离作用，会导致部分鸟类在光伏场内丰富度下降。光伏场对鸟类的影响具有一定特异性，表现为对特定鸟类品种影响性强，对其余品种影响性弱。此外鸟类的承受影响能力强弱也与物种相关，寿命短的迁徙物种可能表现出很高的繁殖能力，这在正常情况下可以缓冲它们每年迁徙期间经历的非常高的死亡率，这些物种种群规模的变化对死亡率增加的响应相对迟缓；而长寿物种则不然，由于繁殖产量低，即使死亡率的小幅增加也会迅速影响种群规模。因此，在评估光伏场对鸟类的影响时，考虑生态系统功能和物种之间的营养级联关系非常重要：即生态系统内发生的过程和相互作用。整体而言，光伏场对鸟类种群结构的影响是一个长期过程，反映的是鸟类的适应性，由于途径鸟类种类和数量较少，该光伏场的建设对鸟类种群结构影响较小。

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

社会经济概况引用 2024 年 3 月秦皇岛市统计局发布的《秦皇岛市 2023 年国民经济和社会发展统计公报》。

一、综合

初步核算,全市生产总值 2001.01 亿元,按不变价格计算,比上年增长 5.6%。其中,第一产业增加值 259.95 亿元,比上年增长 3.1%;第二产业增加值 640.41 亿元,增长 5.1%;第三产业增加值 1100.65 亿元,增长 6.5%。三次产业比例为 13.0: 32.0: 55.0。

二、农业

全年粮食播种面积 129.67 千公顷,比上年下降 0.7%。粮食总产量 77.87 万吨,比上年增加 0.85 万吨,增长 1.1%。其中,夏粮产量 9.29 万吨,增长 2.0%;秋粮产量 68.59 万吨,增长 1.0%。

三、工业和建筑业

全部工业增加值 552.21 亿元,比上年增长 5.6%,其中规模以上工业增加值增长 7.3%。在规模以上工业中,分经济类型看,国有控股企业增加值增长 1.7%,股份制企业增长 7.0%,外商及港澳台企业增长 8.6%。分门类看,采矿业增加值下降 5.4%,制造业增长 8.2%,电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 1.3%。

四、服务业

全年批发和零售业增加值 119.00 亿元,比上年增长 5.1%;交通运输、仓储和邮政业增加值 242.75 亿元,增长 9.9%;住宿和餐饮业增加值 36.52 亿元,增长 25.3%;金融业增加值 106.06 亿元,增长 6.0%;房地产业增加值 93.99 亿元,下降 0.7%;其他服务业增加值 462.03 亿元,增长 5.6%。全年规模以上服务业企业营业收入比上年增长 4.6%,利润总额增长 25.8%。

五、国内贸易

全年社会消费品零售总额实现 667.13 亿元,比上年增长 11.7%。按经营单位所在地统计,城镇消费品零售额完成 532.15 亿元,增长 11.35%;乡村消费品零

售额完成 134.98 亿元，增长 13.3%。

六、固定资产投资

全年固定资产投资（不含农户）比上年增长 4.0%。其中，建设项目投资增长 6.6%，房地产开发投资下降 0.8%。分产业看，第一产业投资下降 25.4%；第二产业投资增长 34.2%，其中工业投资增长 34.2%，工业技改投资增长 6.7%；第三产业投资下降 6.6%。民间固定资产投资增长 7.9%，占固定资产投资（不含农户）的比重为 62.9%。

七、对外经济

全年进出口总额 423.74 亿元，比上年下降 3.7%。其中，出口总额 269.88 亿元，增长 1.1%；进口总额 153.86 亿元，下降 11.1%。全年实际使用外资额 4541 万美元，比上年下降 50.7%。

八、财政和金融

全年一般公共预算收入 172.53 亿元，比上年增长 0.4%，其中税收收入 89.52 亿元，增长 10.4%。一般公共预算支出 376.78 亿元，比上年增长 19.2%。

九、居民收入消费和社会保障

全市居民人均可支配收入 34416 元，比上年增长 6.6%。按常住地分，城镇居民人均可支配收入 46525 元，增长 5.4%；农村居民人均可支配收入 20163 元，增长 6.8%。城乡居民收入比值为 2.31，比上年缩小 0.03。全市居民人均生活消费支出为 24258 元，增长 8.9%。按常住地分，城镇居民人均生活消费支出 31003 元，增长 9.2%；农村居民人均消费支出 16318 元，增长 6.4%。居民恩格尔系数为 32.1%，比上年上升 0.2 个百分点。其中，城镇为 31.5%，农村为 33.4%。

十、科学技术与教育

全年组织实施科技计划项目 88 项，有 15 个项目获得省级科技进步奖励；成交技术合同 973 项，成交额 119.67 万元。全市新增高新技术企业 39 家，总数达到 425 家，新认定的科技型中小企业 693 家。新建市级以上工程技术研究中心（重点实验室）25 家，建有省级产业技术研究院 3 家，市级以上工程技术研究中心（重点实验室）351 家。全市拥有科技企业孵化器 8 家（其中国家级 5 家、省级 3 家），拥有国家大学科技园 1 家，拥有众创空间 20 家（其中国家级 3 家、省级 8 家），拥有国家级星创天地 2 家、省级星创天地 32 家。

十一、文化旅游、卫生健康和体育

年末全市有博物馆 12 个，公共图书馆 8 个；群众艺术馆、文化馆 8 个，文化站 101 个，完善提升村、社区文化广场(文化活动场所)20 个。艺术表演团体 46 个，有线电视用户 103.89 万户。年末广播节目综合人口覆盖率 99.5%，电视节目综合人口覆盖率 99.6%。

全年接待游客 8025.52 万人次，比上年增长 3.26 倍。旅游收入 1098.85 亿元，比上年增长 5.73 倍。

年末全市共有医疗卫生机构 3823 个，其中，医院 92 个，乡镇卫生院 75 个，社区卫生服务中心(站)133 个，妇幼保健院(所、站)8 个。

全市共有体育场地 12160 个，体育场地面积 1133.54 万平方米，体育系统举办运动会 1 次，参加运动会运动员人数 1072 人。

十二、资源、环境和应急管理

全市完成营造林面积 11646.13 公顷，其中，人工造林面积 2229.87 公顷，年末实有封山育林面积 1333.33 公顷，营林抚育面积 8082.92 公顷。

全年细颗粒物浓度为 31 微克/立方米，比上年上升 10.7%。优良天数比例为 80.8%，提升 3.9 个百分点。

全年水资源总量 92493 万立方米，总用水量 70355 万立方米，比上年下降 1.6%。全年全社会能源消费量为 1647.53 万吨标准煤，比上年增长 0.6%。单位 GDP 能耗下降 4.7%，其中规模以上工业单位增加值能耗下降 8.5%。

全年共发生生产安全伤亡事故 31 起，直接经济损失 704.94 万元。

5.1.2 海域使用现状

本项目论证范围内的主要开发利用情况包括：保护区、围海养殖用海、开放式养殖用海、习惯性航道用海和电力工业用海等。本项目论证范围内共涉及到 538 宗权属，其中开放式养殖用海 486 宗，围海养殖用海 34 宗，旅游基础设施 4 宗，电力工业用海 14 宗。

本项目论证范围内的海域开发利用现状见下图。

图 5.1-1 论证范围内海域开发利用现状图

5.1.2.1 保护区

本项目论证范围内主要有昌黎黄金海岸国家级自然保护区和昌黎海域国家

级水产种质资源保护区。

(1) 昌黎黄金海岸国家级自然保护区

昌黎黄金海岸国家级自然保护区位于河北省秦皇岛市昌黎县东北部沿海，地理坐标为东经 119° 37'，北纬 39° 37'-39° 32'，属暖温带半湿润大陆季风气候，总面积 $3 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。主要保护对象为沙丘、沙堤、泻湖、林带和海洋生物等构成的沙质海岸自然景观和沿岸海洋生态系统。1990 年 9 月，经国务院批准建立国家级自然保护区。保护区海滨因受风、潮汐、海流及河流的作用，形成了长 30m，宽 4m 的沙带和沿海数道沙堤、泻湖等沿海沉积地貌。海滨沿线内侧 800 米宽的林带中有连绵不断的高 20~40m 的沙丘，最高处达 44m，为全国海岸沙丘最高峰。不仅在中国罕见，世界亦少见，对研究海陆变迁、海洋动力作用具有重要的科学价值。被动物分类学家誉为“活化石”的文昌鱼在本区浅海 10~12m 等深线附近栖息密度达到 1035 尾/ m^2 ，是目前我国文昌鱼分布密度最高的地区之一。

(2) 昌黎海域国家级水产种质资源保护区

昌黎海域国家级水产种质资源保护区位于开放式养殖区海域。中国的水产种质资源保护区，是指为保护和合理利用水产种质资源及其生存环境，在保护对象的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等主要生长繁育区域依法划出一定面积的水域滩涂和必要的土地，予以特殊保护和管理的区域。昌黎海域国家级水产种质资源保护区是在国内、国际有重大影响，具有重要经济价值、遗传育种价值或特殊生态保护和科研价值，保护对象为重要的、洄游性的共用水产种质资源或保护对象分布区域跨省(自治区、直辖市)际行政区划或海域管辖权限的，经国务院或农业部批准并公布的水产种质资源保护区。

5.1.2.2 养殖区域

本项目论证范围内养殖用海活动较为密集，项目东侧和北侧主要为秦皇岛市昌黎县的开放式养殖区域，项目南侧为唐山市乐亭县开放式养殖区域。项目光伏场区占用的养殖区主要包括 12 宗开放式养殖用海区。

5.1.2.3 航道

本项目论证范围内主要有渤海湾习惯航路和滦河口渔船的习惯性航道。

(1) 渤海湾习惯航路

渤海湾习惯航路主要有老铁山水道至京唐港方向习惯航线；老铁山水道至秦

皇岛方向习惯航线；老铁山水道至辽东湾方向习惯航线；秦皇岛至天津方向习惯航线；老铁山至天津方向习惯航线；长山水道至天津方向习惯航线，如下图所示。

(2) 滦河口渔船习惯性航道

项目周边养殖区较密集，渔船来往频繁，滦河口区域现有滦河口渔船习惯性航道，供养殖区域的渔船作业使用。

图 5.1-2 本项目与周边航道的位置关系图

5.1.3 海域使用权属

本项目周边主要为渔业用海中的开放式养殖用海，项目光伏场区占用的权属包括 12 宗开放式养殖用海区。

相邻的已确权用海项目的权属情况见以下图表。

表 5.1-1 本项目相邻的海域权属现状一览表

序号	项目名称	使用 权人	批准 机关	期限	用海 类型	用海 方式	面积 (公顷)
1	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	37.1100
2	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	29.5400
3	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	23.4500
4	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	2.6600
5	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	4.3800
6	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	11.3200
7	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	5.3000
8	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	11.9700
9	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	24.8500
10	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	2.6600
11	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	1.9600
12	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	4.1500
13	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	113.8800
14	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	6.6700
15	开放式养殖用海	***	昌黎县人民政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖用海	开放式养殖	13.2700

序号	项目名称	使用 权人	批准 机关	期限	用海 类型	用海 方式	面积 (公顷)
16	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	100.7300
17	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	3.5000
18	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	3.3700
19	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	2.6600
20	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	6.3400
21	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	1.3300
22	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	6.6600
23	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	9.9800
24	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	20.1200
25	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	6.8400
26	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	38.4100
27	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	6.6500
28	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	21.5100
29	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	64.6900
30	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	1.9600
31	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	3.3300
32	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	11.3100
33	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	58.7000
34	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	9.5400
35	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	9.3200
36	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	26.6300
37	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	19.9900
38	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	19.9800
39	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	11.3200

序号	项目名称	使用 权人	批准 机关	期限	用海 类型	用海 方式	面积 (公顷)
40	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式养殖	11.3200

图 5.1-3 项目周边权属现状图

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对周边保护区的影响分析

本项目周边的保护区主要有昌黎黄金海岸国家级自然保护区和昌黎海域国家级水产种质资源保护区。

5.2.1.1 昌黎黄金海岸国家级自然保护区

昌黎黄金海岸国家级自然保护区主要保护对象为沙丘、沙堤、泻湖、林带和海洋生物等构成的沙质海岸自然景观和沿岸海洋生态系统。

本项目西侧为昌黎黄金海岸国家级自然保护区的实验区，项目光伏电场不占用自然保护区，外输电缆需穿越自然保护区的实验区。根据《中华人民共和国自然保护区条例》第三十二条，在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。本项目在自然保护区实验区内只进行电缆敷设，采用埋地的敷设方式，运营期不排放污染物。

本项目光伏电场的工程基础为混凝土预制桩，采用锤击法向下打入，采用多组沉桩设备，沉桩作业采用定位平台配合吊打工艺进行沉桩，定位较准确，预制桩打入对海底沉积物扰动较小，施工时悬浮泥沙产生量很少，且位于底部，大部分会迅速沉降。电缆施工范围较小，仅限于电缆路径范围内，同时施工影响时间短暂，随着施工结束，其影响也随之消失，施工悬浮泥沙对水质环境影响很小。本项目施工期的生活污水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对水质环境产生明显不利影响，对于昌黎黄金海岸国家级自然保护区的影响较小。

运营期本身无污染物产生，仅定期对光伏板进行冲洗，光伏板清洗时产生少量废水，主要成分为灰尘、盐粒、鸟粪自然沉降物，不会对水质环境产生明显影响。光伏电缆敷设在地下，运营期只是用于电力运输，不会对自然保护区的主要保护对象产生不利影响。

因此，项目建设和运营对昌黎黄金海岸国家级自然保护区实验区影响较小。

5.2.1.2 昌黎海域国家级水产种质资源保护区

昌黎海域国家级水产种质资源保护区总面积 11568 公顷，其中核心区面积 2393 公顷，实验区面积 9175 公顷。特别保护期为每年的 3 月 1 日-10 月 31 日。保护区位于河北省昌黎县黄金海岸东南部海域，近岸点 11.5 海里，远岸点 18.5 海里。主要保护对象是三疣梭子蟹、花鲈和假睛东方鲀。

昌黎海域国家级水产种质资源保护区位于本项目东北侧，距离本项目最近距离约为 15.8km，本项目光伏场区不占用昌黎海域国家级水产种质资源保护区，根据数模结果，悬浮泥沙扩散的影响范围较小，不会扩散至昌黎海域国家级水产种质资源保护区。综上所述，本项目不会对昌黎海域国家级水产种质资源保护区产生不利影响。

5.2.2 对养殖活动的影响

本项目位于秦皇岛市昌黎海域，项目周边养殖活动均为开放式养殖，项目光伏场区用海会占用部分养殖区，同时项目施工期会产生悬浮泥沙，根据图 5.2-1 所示，项目施工作业产生的悬浮泥沙会影响到与本项目毗邻的开放式养殖区域。

当悬浮泥沙浓度升高时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物的光合作用，对悬浮物增量超过 10mg/L 海域范围内的浮游生物产生一定的影响，同时也会对游泳动物及底栖生物产生一定的影响，但施工引起的环境影响是局部的，且这种不良影响是暂时的，当施工结束后，这种影响也将随之消失。

本项目运营期光伏板运营可以吸收太阳能，降低海水温度，使周边的水温更适宜养殖，运营期对于养殖具有正效益。

本项目光伏场区占用的养殖区共 12 宗，悬浮泥沙扩散影响到的养殖区共有 3 宗。

表 5.2-1 本项目影响到的海域权属现状一览表

序号	项目名称	使用 权人	批准 机关	期限	用海 类型	用海 方式	面积 (公 顷)	影响方式
1	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	4.1472	占用
2	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	11.971 6	
3	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	113.88 89	
4	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	2.6573	

序号	项目名称	使用 权人	批准 机关	期限	用海 类型	用海 方式	面积 (公 顷)	影响方式	
5	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	6.6701		
6	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	13.276		
7	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	24.854 9		
8	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	11.319 6		
9	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	5.2962		
10	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	100.73 59		
11	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	1.9600		
12	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	3.3700		
13	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	64.696		
14	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	29.539 3		悬浮泥沙 扩散
15	开放式养殖 用海	***	昌黎县人民 政府	2022-01-01 至 2024-12-31	开放式养殖 用海	开放式 养殖	38.415 3		

图 5.2-1 项目施工期悬浮泥沙扩散与养殖区的叠置图

5.2.3 对习惯性航道的影

本项目论证范围内主要有渤海湾习惯航路和滦河口渔船的习惯性航道。

本项目施工期需要占用较大水域，在施工作业期间，船舶不能从本工程水域航行。本项目涉水工程施工建设期间应处理好施工船舶与渔船的协调、避让关系工作。施工单位应科学划定施工作业保护区，施工船舶应严格控制在施工作业区内，禁止随意超出施工作业区施工，施工作业区应设置相应警示标示，供附近渔船识别。同时施工船舶作业时，应悬挂相应的号灯号型或设立警示标志，加强瞭望，与附近渔船保持密切联系。

本项目营运期间光伏板区及栈桥等应设置导助航及警示标志，便于渔船对本项目的有效识别及避让。营运期间，本项目进行维护的船艇均为小型船舶，其活动水域仅限场区内部，对周边的通航环境和通航安全的影响较小且相对固定。当维护船艇与附近水域船舶相遇时，应积极联系，协调避让。

5.3 利益相关者界定

5.3.1 利益相关者界定原则

(1) 利益相关者的定义

根据《海域使用论证技术导则》，利益相关者是指与本用海项目有一定利益关系的个人或组织群体。

(2) 利益相关者的界定原则

①由于项目用海使周边区域用海权属人的利益受到不同程度影响，所有受其影响的其他用海权属人均应列为该用海项目的利益相关者名录；

②利益相关者的界定范围应根据不同用海方式、用海面积等分析对自然环境条件的最大影响范围来确定；

③应明确利益相关者与项目用海之间的位置关系，对于确定的利益相关者及其类别应在海域开发利用现状图上明确标示。

通过对本项目周围用海现状的调查，分析项目用海对周边开发活动的影响情况，按照利益相关者的界定原则，来界定本项目的利益相关者。

5.3.2 利益相关者

根据项目用海对周边开发活动的影响情况及利益相关者的界定原则，确定本项目的利益相关者为项目占用及施工悬浮泥沙扩散影响到的养殖用海区。

本项目外输电缆管道涉及穿越围海养殖区域，围海养殖的生产单位和个人也列为本项目的利益相关者。

本项目光伏场区周边的光伏项目包括中电建秦皇岛昌黎 30 万千瓦海上光伏试点项目、国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目和国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目，本项目施工期和运营期可能会对周边的项目产生影响，因此将其列为本项目利益相关者。

本项目利益相关者见下表。

表 5.3-1 利益相关者判定表

序号	利益相关者	项目名称	影响方式	是否为利益相关者
1	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
2	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
3	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
4	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是

序号	利益相关者	项目名称	影响方式	是否为利益相关者
5	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
6	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
7	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
8	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
9	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
10	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
11	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
12	***	开放式养殖用海	光伏电场占用	是
13	***	开放式养殖用海	施工期悬浮泥沙扩散可能会对该项目养殖活动造成影响	是
14	***	开放式养殖用海	施工期悬浮泥沙扩散可能会对该项目养殖活动造成影响	是
15	***	开放式养殖用海	施工期悬浮泥沙扩散可能会对该项目养殖活动造成影响	是

5.4 相关利益协调分析

5.4.1 与养殖用海区的协调分析

本项目光伏电场涉及占用现状已确权的开放式养殖用海项目，施工期产生的悬浮泥沙可能对项目周边已确权的开放式养殖用海项目产生影响。为了推进项目建设，建设单位需与以上使用权进行协商并达成以下意见：

一、双方签订补偿合同，本项目建设单位对建设期和运营期对权属内海域活动收益造成的影响进行补偿，按照相关规定确定补偿数额，并支付补偿金。

二、项目穿越的权属人将配合本项目建设单位办理用海手续。

三、在双方生产经营过程中，需做好协商，以减少相互影响。若双方的生产经营活动给对方造成经济损失，则双方协商解决。

目前昌黎县人民政府已出具《昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺》，根据该承诺书，针对项目选址区域内的未确权海域，按照《河北省招标拍卖挂牌出让海域使用权管理办法》进行挂牌出让，用海方式为底播养殖，由昌黎县人民政府负责与竞得人沟通协商，同意以立体分层设权的方式开展海上光伏项目用海审批；针对项目选址区域内的已确权海域，昌黎县人民政府将积极与海域使用权人沟通协商，达成一致意见并经流转后，改变海域用途，将筏式养殖调整为底播养殖。同时，昌黎县人民政府将推动与流转后的海域

使用权人达成一致意见，同意以立体分层设权方式开展海上光伏项目用海审批。

5.4.2 与光伏项目用海区的协调分析

本项目光伏场区周边的光伏项目包括中电建秦皇岛昌黎 30 万千瓦海上光伏试点项目、国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目和国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目。本项目施工期和运营期可能会对周边的项目产生影响，因此需与其他光伏项目用海单位进行协商，避免施工和运营维护期间相互产生不利影响。

5.4.3 与保护区主管部门的协调分析

本项目光伏电场紧邻昌黎黄金海岸国家级自然保护区，外输电缆需穿越自然保护区，需征求自然保护区主管部门的相关意见。

5.4.4 与航道主管部门的协调分析

本项目光伏电场临近习惯性航道，光伏电场建设及外输电缆施工会对过往船只航行安全造成影响。本项目需就通航问题征求海事部门的相关意见。

表 5.4-1 利益相关者协调现状

序号	利益相关者/协调部门	项目名称	协调方式	协调内容	协调状态
1	养殖户	开放式养殖用海	补偿协议	项目光伏电场及外输电缆涉及占用部分的养殖用海，施工悬浮泥沙扩散影响周边已确权的养殖用海，本项目建设单位在开工前，需与开放式养殖项目的使用权人进行沟通，协商好补偿事项	已取得《昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺书》
2	周边光伏项目海域使用权人	电力工业用海	取得同意意见	项目光伏电场相邻，施工和运营维护需进行协商	正在协商
3	昌黎黄金海岸国家级自然保护区主管部门	自然保护区	取得主管部门意见	项目光伏电场紧邻保护区，外输电缆需穿越自然保护区	正在协调
4	海事部门	/	取得主管部门意见	项目光伏电场及外输电缆施工需就通航问题征求主管部门意见	正在协调

5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析

5.5.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

***。

5.5.2 与国家海洋权益的协调性分析

海域是国家的资源，任何使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。本项目建设对国家权益不会产生影响。

6 国土空间规划符合性分析

《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》自然资发〔2023〕89号指出：“严格落实《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》和‘三区三线’划定成果，加快地方各级国土空间规划编制报批。在各级国土空间规划正式批准之前的过渡期，对省级国土空间规划已呈报国务院的省份，有批准权的人民政府自然资源主管部门已经组织审查通过的国土空间总体规划，可作为项目用地用海用岛组卷报批依据。”

因此，本项目分析与《河北省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》及秦皇岛市国土空间规划定位等相关规划的符合性。

6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

根据《河北省国土空间规划（2021-2035年）》，本项目光伏电场位置位于《河北省国土空间规划（2021-2035年）》中的开发利用空间，路由需要穿越生态保护空间。

根据《河北省海岸带综合保护与利用规划（2021—2035年）》，本项目位于新开口至滦河口渔业用海区（3.1-09）和滦河口珍稀濒危物种生态保护区（1.1-11）。

根据《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035）》国土空间规划分区图，本项目位于渔业用海区和生态保护区，见图 6.1-1。

图 6.1-1 《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035）》叠加图

6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析

根据《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035）》国土空间规划分区图，本项目位于渔业用海区和生态保护区，用于建设光伏发电工程，用海类型为工业用海中的电力工业用海，申请用海面积为 659.7682hm²。

项目周边国土空间规划分区有游憩用海区，本项目建设不占用周边国土空间规划分区，项目建设过程涉及光伏板及桥架建设过程中桩基施工和海底电缆管道的敷设，桩基施工和电缆敷设开挖会产生悬浮泥沙，悬浮泥沙产生的影响随着施工期结束而消失，且施工期及运营期污染物质均不排海，不会对海洋环境造成影响。项目光伏厂区用海方式为透水构筑物，不改变海域自然属性、水深地形和海洋动力条件，海底电缆施工结束后对占用区域进行修复，不会对周边国土空间分区造成影响。

因此本项目对周边国土空间规划分区不产生影响。

6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析

6.3.1 与《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035）》（征求意见稿）的符合性分析

根据《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035年）》（征求意见稿），本项目位于渔业用海区和生态保护区，项目为海上光伏项目，用海类型为工业用海中的电力工业用海。

项目用海包括光伏厂区和海底电缆管道。光伏厂区和部分海底电缆（约 720m）位于渔业用海区，根据《昌黎县开放式养殖区海域使用论证报告书（报批稿）》，用海选址位于昌黎县养殖区内，昌黎县养殖区 0~5m 等深线以内进行底播养殖，在 5~18m 进行筏式养殖，本项目光伏厂区所在海域水深为*m，光伏板下方预留养殖和捕捞空间，项目光伏板建设可以吸收太阳能，降低海水温度，使周边的水温更适宜养殖，运营期对于底播养殖具有正效益；海上光伏项目与占用的养殖用海区中的筏式养殖存在冲突，在与渔民协调完成权属问题的前提下，项目用海不影响所在海域主体功能的发挥。

本项目海底电缆单回共 6.22km，其中 4.12km 位于生态保护区，电缆施工范围较小，同时施工影响时间短暂，随着施工的结束，其影响也随之消失。施工悬浮泥沙对水质环境影响很小，施工期的生活污水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对水质环境产生明显不利影响，不会影响该保护区。运营期本身无污染物产生，不会对生态保护区产生不利影响。

因此，本项目符合《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035年）》（征求意见稿）。

6.3.2 与《河北省海岸带综合保护与利用规划（2021-2035年）》符合性分析

根据规划布局，项目路由位于新开口至滦河口渔业用海区（3.1-09）以及滦河口珍稀濒危物种生态保护区（1.1-11）。

1、滦河口珍稀濒危物种生态保护区（1.1-11）

符合性分析：

本项目光伏厂区位于海域范围内的新开口至滦河口渔业用海区（3.1-09），升压站位于海岸线向陆一侧，由于生态保护红线位于两者之间，海底电缆管道穿越生态保护红线是必须且无法避让的。水深大于 2.5m 区域，海底电缆管道采用牵引式铺埋电缆方法；近岸区部分穿越浅水与滩涂区域，落潮期间采用两栖式挖掘机；在养殖区登陆点与海陆转换点之间海底电缆管道采用定向钻，电缆施工范围较小，同时施工影响时间短暂，随着施工的结束，其影响也随之消失。施工悬浮泥沙对水质环境影响很小，施工期的生活污水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对保护对象及其生境产生负面影响。符合该功能区空间准入要求。

符合性分析：本项目为海上光伏项目，不涉及新增围填海。66kV 海缆用海方式为海底电缆管道，符合该功能区利用方式。

符合性分析：本项目海缆敷设完成后恢复原本地貌，不会对水鸟类及其栖息地和河口三角洲生态系统带来较大影响。

符合性分析：本项目海缆敷设完成后恢复原本地貌，与海域整治修复工程不冲突。

2、新开口至滦河口渔业用海区（3.1-09）

符合性分析：本项目位于河北省秦皇岛市昌黎县东南部海域，建设海上光伏，属于可再生能源开发利用项目，是新兴产业的一个战略方向，发展海上光伏是实现节能减排、推进节能环保的一条行之有效的路径，属于鼓励类产业用海；遵循集约、节约用海原则，光伏板下方预留养殖和捕捞空间，对海洋资源进行立体开发，充分利用了海域空间资源。

符合性分析：本项目为海上光伏项目，不涉及新增围填海。光伏发电设施用海方式为透水构筑物，与该功能区利用方式不冲突。

符合性分析：本项目为海上光伏项目，光伏场区桩基施工所产生的影响是暂时和局部的，加之悬浮泥沙具有一定的沉降性能，随着施工作业结束，悬浮泥沙将慢慢沉降，符合该功能区的保护要求。

符合性分析：本项目光伏厂区所在海域水深为**m，光伏板下方预留养殖和捕捞空间，项目光伏板建设可以吸收太阳能，降低海水温度，使周边的水温更适宜养殖，运营期对于底播养殖具有正效益，有利于维持海洋生物资源可持续利用。

表 6.3-1 方案 1 所在功能区的管控要求及其影响分析

图3.2-1 《河北省海岸带综合保护与利用规划》（2021-2035年）—河北省海洋功能区

划图

6.3.3 与三区三线划定成果符合性分析

根据项目位置与“三区三线”划定成果叠加图，项目用海包括光伏厂区和海底电缆，光伏厂区均不在生态保护红线范围内，海底电缆管道长约 4600m，其中 3880m 位于河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区中，属于重要滩涂及浅海水域。

本项目光伏厂区位于海域范围内，升压站位于海岸线向陆一侧，由于生态保护红线位于两者之间，海底电缆管道穿越生态保护红线是必须且无法避让的；并且项目建设满足《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（征求意见稿）。因此，本项目属于“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，并且电缆采用海缆直埋敷设方案，施工范围较小，工程电缆沟开挖选在落潮时露滩施工，采用两栖挖掘机进行，基本无悬浮物影响，施工期的生活污水和生活垃圾均妥善处理，不向海域排放，不会对水质环境产生明显不利影响，不会影响该保护区。运营期零排放，不会对生态功能不造成破坏的。

因此，项目建设符合秦皇岛市“三区三线”划定成果的相关管控要求。

图 6.3-1 项目位置与“三区三线”划定成果叠加图

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

河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目已被列入“河北省重点建设管理领导小组办公室关于印发 2023 年第三批申请国家建设用地保障省重大项目名单的通知”，为秦皇岛市海上光伏重点项目之一，并且已取得相关行业主管部门审查通过。

本项目位于河北省秦皇岛市昌黎县海域，项目区选址位于昌黎县养殖区内，海上光伏电站与养殖融合发展，光伏电站建成后，其遮光性对初级生产力和养殖物种密度的影响较小，可以开展光伏电站海域的毛蚶底播养殖与扇贝串耳吊养，形成“上可发电、下可养殖”的有机结合。养殖活动对海域生态环境影响影响较低，且能够形成一定的社会效益，构建“海上光伏+海洋牧场”生态发展新模式，为海洋空间高效利用、海洋资源综合开发提供新的可行方案，助力海洋经济绿色可持续发展。

本工程的水、电等均可由工程周边水电等市政管网接入，工程用钢材、木材、油料、砂料、涂料等可从工程周边区域的建材市场采购，通过公路运输，以及水路运至现场。

可见，从交通状况、区位条件、基础设施等条件来看，项目选址与区位、社会条件相适宜。

7.1.2 自然资源和海洋生态适宜性

(1) 太阳能资源

项目区域太阳总辐射年总量 1467.7kWh/m^2 ，属于太阳能资源很丰富区域，稳定度 $R_w=0.376$ ，太阳能资源稳定；直射比 0.502 ，属于直接辐射较多区域，根据《太阳能资源等级总辐射》(GBT31155-2014)，项目区域太阳能资源具有较好的开发价值。

(2) 工程地质条件

根据附近工程项目资料，工程区无活动性断层通过，根据场地环境条件、各土层分布、埋深及工程性能，结合光伏阵列的载荷要求，建议采用混凝土预制桩。

但需考虑沉桩对周边养殖的影响，建议选择合适的施工措施。

(3) 水质及生态环境条件

项目区所处海域海水水质呈富营养化状态。光伏电站是绿色环保的新型可再生能源项目，运营期不产生任何废水，仅施工期桩基施工造成短期局部悬浮泥沙浓度增加，对海水水质影响较小。

周边海域附近生物量较小，方案采用透水构筑物用海方式，仅桩基直接占用少量滩涂资源，底栖生物和潮间带生物量损失较小；施工期悬浮泥沙影响范围和程度也较小，浮游生物量损失不大。

总体而言，项目选址与区域自然资源、环境条件基本适宜。

7.1.3 与周边其他用海活动适宜性

项目周边养殖活动均为开放式养殖，项目施工期会产生悬浮泥沙，会扩散到项目周边的养殖区范围内，因此施工期会对周边养殖区造成一定的影响。运营期光伏板建设可以吸收太阳能，降低海水温度，使周边的水文更适宜养殖，运营期对于养殖具有正效益。项目施工期距离风电机组较远，不会影响风电场的运营情况，项目平面布置均避开叶轮阴影，风机对本项目发电的影响也较小。项目电缆架空后不会与现有的塔架电线相交，亦不会对风电机器的稳定运营造成影响。因此确定本项目的利益相关者为悬沙扩散范围内养殖活动的业主，本项目的开发利用活动都是可协调的。

项目用海选址于秦皇岛市昌黎县东北侧海域，建设本光伏电站，将会促进当地相关产业（如建材、交通）的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到积极作用，从而带动和促进当地国民经济的发展和社会进步。随着光伏电站的相继开发，光伏将成为当地的又一大产业，为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展，加快实现小康将起到积极作用。项目采用透水构筑物用海方式，光伏板下方预留养殖或捕捞空间，充分利用了海域多层空间，实现渔光互补促进了海洋光伏发电与海洋渔业的有机融合方案；用海选址有利于海洋产业协调发展。

7.1.4 小结

本项目选址区域社会经济条件优越，区位优势明显，各种外部协作条件完善，项目选址区位与社会条件适宜；拟申请海域太阳能资源丰富，潮流流速较弱，工程地质条件良好，能够满足本项目的建设及运营，同时项目施工及营运不会对项

目及周边海域水质及生态环境产生较大的影响，项目选址自然条件和生态环境适宜；拟申请海域周边多为养殖活动，可协调性较好，项目用海与周边用海活动相适应。

综合以上分析结果，从选址区域社会条件、自然资源和海洋生态条件、周边其他用海活动等角度看，本项目选址是合理的。

7.2 用海面布置合理性分析

7.2.1 平面布置方案比选

7.2.1.1 项目组成单元及布置原则

1、组成单元

本项目采用峰值功率为 710Wp 光伏组件 851968 块，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10° ，组件最低点距水面 5.8m。共设计 47 个子方阵，其中 42 个 9.9MW 子方阵，5 个 9MW 子方阵。每 7~8 台 66kV 箱变高压侧串联为 1 回集电线路，场内集电线路共 6 回，场区内电缆通过光伏单元支架的桥架走线。

2、平面布置原则

- (1) 符合当地的整体规划要求；
- (2) 不压覆矿产资源，不占用军事设施、文物保护区；
- (3) 项目所在地的太阳能资源条件丰富，避免选择存在大范围阴影遮挡的平面布置；
- (4) 具有良好的水文地质、接入电网、交通运输和施工等建设条件；
- (5) 光伏阵列布置保证检修船舶操作安全方便；
- (6) 符合环境和生态保护的要求；
- (7) 满足集约节约用海原则。

7.2.1.2 平面布置方案

1、光伏厂区

光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，间距为 20.0m，东西向间距为 1m，光伏场区内预留 3 道南北向 60m 宽检修通道，将光伏厂区分成 4 块区块。

本项目光伏场区设置 47 个发电单元，每个发电单元包括光伏阵列、组串式逆变器、交流汇流箱及 1 台箱式变压器。场内集电线路为 6 回三芯，每回集电线

路连接 7~8 台箱变，场区内电缆通过光伏单元支架的桥架走线（见图 2.2-3）。

本项目光伏组件选用单晶硅 N 型 Topcon 710Wp 双面双玻光伏组件，逆变器规格为 300kW 组串式逆变器，26 块光伏组件为一串。经过初步排布，本项目直流侧装机容量为 604.89728MWp，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10° ，组件最低点距水面 5.8m。

2、电缆平面布置

6 回 66kV 海缆自光伏厂区接出后，向西南方向延伸，无交越无转折，抵达登围海养殖点，随后分成两组，每组三回直行穿越至已选定的登陆点，路径中设置点 2、3 避开北侧的养殖大棚，路由线路单回全长 6.22km。

7.2.2 平面布置合理性

（1）光伏阵列安装方式合理性分析

对于光伏组件，不同的安装角度接受的太阳光辐射量是不同的，发出的电量也就不同。安装支架不但要起到支撑和固定光伏组件的作用，还要使光伏组件在特定的时间以特定的角度对准太阳，最大限度的利用太阳光发电。目前常用的安装方式主要为固定式支架、平单轴跟踪支架、柔性支架等。

本项目采用固定倾角安装的方式，可减小初始投资，降低运行成本，使项目收益率达到最大。

（2）光伏阵列倾角合理性

本项目光伏阵列采用 10° 倾角进行安装，可以降低系统在运行过程中由于前后排阵列阴影遮挡对发电量的影响，同时也未考虑到项目经济性，采用固定式支架桩基基础较好的倾角为 10° 更合理。

（3）光伏方阵间距合理性

光伏阵列南北向间距为 20.0m，东西向间距为 1m，确保光伏互不遮挡，同时综合考虑场区地势以及便于施工、检修等因素的结果。

本项目作为海上光伏项目，利用养殖区进行光伏阵列布置，将光伏发电与养殖同时进行，可有效地利用该海域的自然资源，体现了集约、节约的用海原则；光伏场区布置在养殖区，改变以往依赖农渔业开发利用的经济结构，充分利用当地太阳能等潜在优势，逐步提高科技含量，增进经济效益，实现地区经济可持续发展；将升压站布置于陆域，可减少海域的使用。

本项目作为海上光伏发电项目，光伏阵列的数量依据选取的太阳能板的平面布置，光伏设备的运行方式、安装倾角、光伏阵列间距均依据相关规范进行设计，满足 500MW 光伏发电的需求。

(4) 检修通道间距合理性

光伏场区内预留 3 道南北向 60m 宽检修通道

1) 通道两侧均放置有箱变和钢栈桥，是 66kV 线路主要汇集区，考虑施工期大型船只调装箱变的操作空间，船长通常在 40m~50m 之间，后期该通道也做检修运维使用。

2) 工程附近受海冰影响较大，工程海区 50 年一遇平整冰厚度约 35cm，重叠冰厚度约 52.5cm。近岸重叠冰对管桩会产生一定挤压静冰力荷载，因此考虑采用破冰船破冰，船长 37.5m，型宽 11.6m，在结冰期间利用破冰船将工程区域内的冰排破碎，消除冰排运动中被结构物连续挤碎或滞留在结构前产生的挤压力。

综上所述，本项目总平面布置是合理的。

7.3 用海方式合理性分析

本项目太阳能光伏板发电装置的用海方式为“构筑物”中的“透水构筑物”，66kv 海缆的用海方式为“其它方式”中的“海底电缆管道”。符合《围填海管控办法》等文件的严控围填海的政策要求，有利于滩涂资源的生态化利用。

透水构筑物为下部架空结构，仅桩基对潮流产生阻挡，对水文动力环境和冲淤环境影响较小。水动力和冲淤变化仅局限于方案用海区周边海域且变化幅度较小，透水构筑物用海方式能够最大程度的减小水文动力和冲淤环境的影响。

透水构筑物用海方式除桩基直接占用部分滩涂空间资源外，整体上不改变海域自然属性，引起的底栖生物和潮间带生物量永久损失较小，施工和悬浮泥沙引起的潮间带生物量及浮游生物一次性损失量也较小且施工期结束后均可基本恢复，透水构筑物用海方式有利于区域海洋生态系统。

海底电缆管道用海方式，不进行填海造地、构筑物建设，对所在海域和周边海域的水动力环境、冲淤环境、生物栖息环境没有影响。因此，项目用海方式对生态、水文环境没有影响。

通过上述分析可知，方案采用透水构筑物和海底电缆管道的用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目 66kV 海缆占用岸线 25.4 米，岸线类型为人工岸线。

本项目为海上光伏发电项目，光伏组件阵列位于海域范围内，升压站位于海岸线向陆一侧，项目建设海缆需通过定向钻的施工方式下穿海堤登陆，因此，项目用海穿越海岸线是必要的。为尽可能降低对海岸线的占用情况，本项目光伏场区外输线路埋设于海底，仅在线路登陆点处采用定向钻施工工艺穿越海岸线敷设。本项目共 6 回海底电缆，登围海养殖之后 6 回海缆汇集至 2 处定向钻拉管施工位置，间距为 10.4m，南侧电缆外扩至与国电项目电缆的中心线，宽度为 5.00m；北侧海缆再单侧外扩 10m 为用海，因此海缆穿越海岸线长度约为 *m，项目占用海岸线长度合理，不宜减小。

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 用海面积合理性

7.5.1.1 用海需求分析

随着秦皇岛市的发展，用电量需求也不断增加，因此需要增加发电设备。

(1) 光伏板面积合理性分析

本项目建设发电设备，采用峰值功率为 710Wp 光伏组件 851968 块，全部采用固定式安装方式，16 行 52 列竖向布置，支架倾角 10° 光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，为 20.0m，东西向间距为 1m。为保证光伏组件的影子互不影响，即对阵列输出没有影响，在最大限度的保证输出效率的同时，最少的占用海域面积，满足了项目集约节约用海要求。

(2) 66kv 海缆面积合理性分析

6 回 66kV 海缆自光伏厂区接出后，向西南方向延伸，无交越无转折，抵达围海养殖区域，随后每三回并为一组直行穿越至已选定的登陆点，路径中设置点 2、3 避开北侧的养殖大棚，海缆面积为 31.0136 公顷。依据《电力工程电缆敷设规范》要求低压交流电缆、高压交流电缆需分别单独沿桥架敷设，本项目电缆布设在满足规范、减小电缆压降的前提下，考虑线路最短的原则，满足了项目集约节约用海要求，66kv 海缆用海面积合理。

因此，本项目用海面积合理。

7.5.1.2 项目用海面积减少的可能性分析

本项目光伏发电设备设计及布置根据《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）进行，光伏阵列个数能够满足项目容量需求，在最大限度的保证输出效率的同时，对光伏设备进行了合理的布置，最少的占用了海域面积；电缆及电缆桥架的敷设，在满足《电力工程电缆敷设规范》要求的前提下，考虑线路最短的原则，最少占用海域面积。

因此，本项目用海面积是根据本项目的实际需求和工程区域陆域资源现状确定的，用海面积也符合相关设计规范，用海面积是合理的，不能再进行删减。

7.5.2 用海面积量算合理性

7.5.2.1 界址线确定原则

本项目用海方式为透水构筑物和海底电缆管道。根据《海籍调查规范》，各用海方式界址线的确定原则如下：

（1）透水构筑物

透水构筑物用海以构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线为界。有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上外扩不小于 10m 保护距离为界。

（2）海底电缆管道

以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。

（3）特殊情况处理——相邻开放式用海的分割

当本宗海界定的开放式用海与相邻宗海的开放式用海范围相重叠时，对重叠部分的海域，应在双方协商基础上，依据间距、用海面积等因素进行比例分割。

7.5.2.2 本项目界址线的确定

本项目宗海界址线的确定是基于设计单位提供的工程总平面布置图、项目周边用海活动宗海界址图，并结合光伏发电设备、升压变设备及电缆结构断面图等相关图件，按照《海籍调查规范》规定的界定方法确定。

光伏场区以设计的光伏组件外边界外扩 10m 保护带为界；海缆西侧以新修测海岸线为界，北侧以电缆线向北侧外扩 10m 保护带为界，为遵循集约节约用海原则，南侧以与国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目拟铺设 66kv 海缆的中心线为界。

根据《海籍调查规范》的要求计算，本项目申请用海面积为 466.5637hm²。其中，光伏场区用海单元总面积 435.5501hm²，海底电缆用海单元总面积 31.0136hm²。

7.5.3 宗海图绘制

根据以上论证分析结论，本项目用海面积合理，最后给出本项目应申请的宗海位置和宗海界址。

本项目依据《海籍调查规范》中宗海界址界定的有关规定，以建设单位提供的工程总平面布置图为底图，经海籍调查测得的界址坐标、数字化地形图等作为宗海图界址图绘制的基础数据在 ArcGIS 界面下，形成有地形图、项目用海布置图等为底图，以用海界线形成不同颜色区分的用海区域。同时采用海图作为宗海图位置图的底图，并填上《海籍调查规范》上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。本工程宗海位置图如图 7.5-1 所示，各用海单元宗海界址如图 7.5-2 所示。

因此，宗海图绘制符合《海籍调查规范》。

图 7.5-1 宗海位置图

图 7.5-2 宗海界址图

7.6 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定，“海域使用权最高期限，按照下列用途确定：（一）养殖用海十五年；（二）拆船用海二十年；（三）旅游、娱乐用海二十五年；（四）盐业、矿业用海三十年；（五）公益事业用海四十年；（六）港口、修造船厂等建设工程用海五十年”。

工程建设海上光伏发电项目，为电力工业用海，属于建设工程用海，依照《中华人民共和国海域使用管理法》中的海域使用权最高期限规定，用海期限最高为 50 年。鉴于本项目拟选用的光伏支架结构设计使用年限 25 年，施工期 2 年，因此，本项目申请用海年限为 27 年是合理的。

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 海洋行政主管部门加强监管

实施海域使用监控与管理旨在实现海域资源的合理开发利用,维护海域国家所有权和海域使用权人的合法权力,建立“有序、有度、有偿”的海域使用新秩序,实现海洋生态环境和海域资源的可持续利用。

(1) 海域使用面积跟踪和监控

建设单位要确实按照批准的用海面积使用海域,并接受海洋行政主管部门对所使用的海域面积进行跟踪和监控,严禁超范围用海和随意改变用海活动范围。制订具体的海域使用监控计划,纳入海域使用动态监测管理系统进行管理。

(2) 海域使用用途的跟踪和监控

建设单位不得擅自改变经批准的海域用途,确需改变的,应当在符合国土空间规划的前提下,报原批准用海的人民政府批准。海洋行政主管部门应对本养殖区海域使用的性质进行监督检查。

(3) 海域使用期限的管理建设单位应严格遵守海域使用期限并接受海洋主管部门的监督管理。

8.1.1.2 加强环保设施检查和污染物控制

1. 施工期

(1) 大气的环境影响分析及防治措施

本项目材料运输过程中可能会产生扬尘、施工过程中通过加强运输管理和洒水抑尘等措施减少对项目建设对大气环境的影响。项目施工期严格按照环保要求施工。运营期本项目不会对大气环境产生影响。

(2) 噪声的环境影响分析及防治措施

建筑噪声是施工工地最为严重的污染因素。本项目施工机械噪声为主,主要是装卸材料碰击及以及桩基打桩过程中产生的噪声。

新建工程噪声控制设计按《工业企业噪声控制设计规范》(GB50087-2013)进行,为减少噪声对外界环境的影响,主要采取以下控制措施:

- 1) 施工期选用低噪声设备。
- 2) 合理安排施工时间，施工机械在不运作的情况下关闭机械开关
本工程将通过上述减噪措施保证厂界噪声达到标准。

(3) 污水排放与控制

本项目施工过程中施工人员产生的生活污水、施工产生的生产废水、固体废弃物均统一收集处理，不排海。

2. 运营期

(1) 废气对环境空气的影响

该项目电池组件支架采用镀锌处理，不需要定期防腐，该项目运营过程无废气产生。

(2) 废水对环境的影响

1) 清洗废水

光伏组件曝露于室外环境中，长时间会积累一定数量的灰尘，降低光伏电池的工作效率。因此，应当经常清除灰尘，保持方阵表面的干净，以免影响发电量。根据当地气候和风沙情况，本工程太阳能电池板采用人工清洗，污水不再回收，清洗用水量定额取 $10\text{m}^3/\text{MW}$ ，则每次清洗用水量约为 1000m^3 ，按春夏秋每月清洗一次，冬季采用人工擦洗的方式，则每年清洗约 9 次，计算得年用水量约为 9000m^3 。

2) 生活污水

光伏发电在电能产生过程中不需要水资源，电站在运行期仅需要少量人员不定时进行现场运行维护与检查；因此，项目产生的生活污水量很小，不会对海洋环境产生影响。

(3) 噪声

光伏发电在运营期均不会有明显的噪声产生，且项目周边也没有声环境敏感区，因此项目运营期不会对声环境产生影响。

(4) 固体废物

1) 生产固废

生产固废主要为年产生损坏光伏组件，全部由光伏组件厂家更换；使用 25 年后太阳能电板全部更新，废旧电板由厂家回收。

2) 生活垃圾

光伏发电在电能产生过程中不需要水资源, 电站在运行期仅需要少量人员不定时进行现场运行维护与检查;

因此, 项目产生的生活垃圾量很少, 有工作人员带回陆上处理, 不排海, 不会对海洋环境产生影响。

综上所述, 本项目产生的固体废物全部综合利用或妥善处理, 无外排, 不会对周围环境产生不利影响。

8.1.2 生态跟踪监测

通过环境跟踪监测可以及时了解和掌握建设项目施工期主要污染源污染物的排放状况及施工期现场周边区域环境质量的影响程度, 并反映和掌握施工期防治污染物的有效程度和治理污染物设施的运营治理效果, 为环境管理工作提供科学依据。项目施工单位应定期委托有资质的环境监测部门对本项目主要污染源排放的污染物进行监测。重点针对水环境进行监测。

工程施工期的环境监测工作应该根据国家海洋局于 2002 年 4 月发布的《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的要求进行跟踪监测。

采样监测工作委托有资质环境保护监测站承担, 由环境主管部门监督。应满足《海洋监测规范》及《海水水质标准》中相应规范和标准的要求。

8.1.2.1 施工期生态环境监测计划

(1) 监测站位设置

施工期主要针对施工期悬浮泥沙及机械漏油、生活污水是否排海等进行监测, 监测站位设置 4 个站位。

(2) 监测项目

监测内容: SS、石油类、无机氮、活性磷酸盐、COD 等;

监测频率: 在施工开始前采样监测一次, 施工过程中进行取样检测一次, 施工结束后再进行采样检测一次。发现异常情况及时通知有关部门, 采取相应对策措施;

(3) 监测数据的管理

根据工程施工进度, 按监测计划进行监测, 若有异常情况应及时通知当地管理部门, 以便采取相应的对策措施。

8.1.2.2 营运期生态环境监测计划

主要对项目区内的海水水质、水动力、海洋沉积物、海洋生态进行监测，其监测计划如下：

(1) 监测项目

海水水质：pH、温度、无机氮、活性磷酸盐、COD、DO、石油类、铅、锌。

海底沉积物：铅、锌、石油类。

海洋生态：叶绿素 a（含初级生产力）、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物。

水动力：潮流、潮位、温度、盐度、泥沙。

冲淤环境：水深地形、表层沉积物粒度。

鸟类：鸟类资源环境，每年一年四季。

(2) 站位布设

项目建成后布设 4 个站位，监控项目区内部的水质、沉积物质量与海洋生态，保证环境不受本项目影响的同时，监控本项目自身运营情况。

(3) 监测频次

海水水质：每年春季进行 1 次监测，再根据监测结果确定是否需要进行长期定时监测。夏季高温可适当增加监测频次，每月监测一次。

海底沉积物：每年春季进行 1 次监测，再根据监测结果确定是否需要进行长期定时监测。

海洋生态：每年春季进行 1 次监测，再根据监测结果确定是否需要进行长期定时监测。

(4) 监测数据的管理

施工期、运营期环境监测应委托具有海洋环境监测资质的单位进行。

建设单位在制定环境监测计划时，应同时制定环境监测资料的存贮、建档与上报的计划，并接受有关主管部门的检查和指导。

表 8.1-1 监测站位表

序号	经度	纬度	监测内容
1			施工期：海水水质； 营运期：海水水质、水动力、海洋沉积物、海洋生态
2			
3			

4			
---	--	--	--

图 8.1-1 监测站位分布

8.2 生态保护修复措施

根据项目用海的主要生态问题，从减缓生态影响和恢复生态系统的角度，选择海洋生物资源进行生态保护修复。

1、修复预期目标

根据项目对渔业资源损失或影响的评估，结合秦皇岛市增殖放流工作经验，在本项目东侧昌黎海域国家级水产种质资源保护区海域开展鱼类、虾类等海洋生物的资源恢复工作，预计参与两次增殖放流活动，增殖放流褐牙鲆，中国对虾，补偿因占据生物原有栖息地而造成的生物资源损失，恢复区域的生物多样性和生物资源的生产力，促进受损海域环境的生物结构完善和生态平衡。

2、修复方案设计

（一）放流品种

（1）确定资源恢复品种的原则

根据《水生生物增殖放流管理规定》（农业部第 4 次常务会议，2009 年 5 月 1 日）第九条 用于增殖放流的人工繁殖的水生生物物种，应当来自有资质的生产单位。其中，属于经济物种的，应当来自持有《水产苗种生产许可证》的苗种生产单位；属于珍稀、濒危物种的，应当来自持有《水生野生动物驯养繁殖许可证》的苗种生产单位。

第十条 用于增殖放流的亲体、苗种等水生生物应当是本地种。苗种应当是本地种的原种或者子一代，确需放流其他苗种的，应当通过省级以上渔业行政主管部门组织的专家论证。

禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种进行增殖放流。

资源恢复：投放较高食物链级的渔业品种能充分利用低食物链级的生物作为索饵生长和育肥、繁衍的饵料基础，这样既不用投放饵料，避免养殖造成水域污染引发各种病害，又可吸收水体中的二氧化碳。

生态修复：不同放流品种不仅可利用天然水域中不同层次的饵料，而且其自身也成为不同鱼类饵料，从而改善水域生态群落结构，有利于水域生态环境的修复。人工投放滤食性鱼类，是净化水质和修复水域生态环境的有效手段。

(2) 资源恢复品种

秦皇岛海域适宜放流的品种非常多，中国对虾、脊尾白虾、口虾蛄、三疣梭子蟹、梭鱼、海蜇、小黄鱼、牙鲆、舌鳎、银鲳、鲈鱼、刀鲚、黄姑鱼、金乌贼、贝类等。但考虑渔业资源及生态环境改善，根据秦皇岛市今年来增殖放流的主要品种，选择技术成熟、能够规模化苗种生产、放流效果较好、经济附加值较高的种类。自 2000 年以来，秦皇岛市农业局连续在秦皇岛市近海海域实施增殖放流活动，目前已经形成从鱼苗种类、规格的选择到中间运输、投放的一整套成熟的技术体系。

考虑渔业资源及生态环境改善，兼顾地方渔民利益，重点选择适于对水体环境有较好修复作用的贝类和适宜生长的鱼类品种，特别是优先选择当前技术条件下，依靠已经成熟的技术能够解决规模化苗种生产，放流效果较好、经济附加值较高的种类进行生物资源的恢复。综合各放流因素最终确定投放品种为中国对虾和褐牙鲆。

(二) 放流规模

项目用海共造成仔稚鱼损失量约为 9.95×10^7 尾，鱼卵损失量约为 1.72×10^8 粒，游泳生物损失量约为 $2.00 \times 10^4 \text{kg}$ 。据此，计划在近岸海域开展增殖放流活动。

修复项目名称	放流地点	建设内容	实施进度	投资概算	投资测算依据
海洋生物资源恢复	昌黎海域国家级水产种质资源保护区	采用增殖放流方式逐步恢复海洋生物资源	海域使用权出让后 1-2 年	693.66 万元	生物资源损失量
跟踪监测及效果评估		上述修复工程跟踪监测与效果评估	海域使用权出让后三年内	13.34 万元	监测次数
总计				707.00 万元	

(三) 放流地点和时间

结合全国放流日进行公益性增殖放流活动。

图 8.2-1 增殖放流地点

(四) 放流方法

按照《水生生物增殖放流技术规程》(SC/T9401-2010)操作。

① 苗种来源

苗种应当是本地种的原种或 F1 代，人工繁育的苗种应由具备资质的生产单位提供。应选择信誉良好、管理规范、科研力量雄厚、技术水平高、具有《水产苗种生产许可证》苗种生产单位。禁止使用外来种、杂交种、转基因种以及其他不符合生态要求的水生生物物种。人工繁育水生动物苗种，在实施前 15 天开始投喂活饵进行野性驯化，在实施操作前 1 天视自残行为和程度酌情安排停食时间。

② 苗种质量

苗种规格等质量标准须符合相关技术规范。要求规格整齐、活力强、外观完整、体表光洁，苗种合格率 \geq 种规格，死亡率、伤残率、体色异常率、挂脏率之和 $<5\%$ 。

③ 苗种运输

根据不同增殖放流种类选择不同的运输工具、运输方法和运输时间。运输过程中，避免剧烈颠簸、阳光暴晒和雨淋。运输成活率达到 90%以上。

④ 苗种检测

增殖放流物种须经具备资质的水产品质量检验机构检验合格，由检验机构出具检验合格文件。

⑤ 投放方法

人工将水生生物尽可能贴近水面（距水面不超过 1m）顺风缓慢放入增殖放流水域。在船上投放时，船速小于 0.5m/s。

表 8.2-1 生态保护修复一览表

保护修复类型	保护修复内容	工程量	实施计划	建设单位	备注
海洋生物资源	增殖放流	放流中国对虾，褐牙鲆。	结合全国放流日进行公益性增殖放流活动，在本项目东侧海域开展鱼类、虾类等海洋生物的资源恢复工作，预计参与两次增殖放流活动	华电秦皇岛新能源有限公司	

3、海洋生物资源恢复监测评估

① 监测内容：

修复工程是否达到了设计方案的相关指标要求；

修复工程是否有效恢复了海洋生物资源。

②主要监测项目：

幼鱼数量；

游泳动物的资源量和密度变化情况

③监测频次：

修复完成后首年春季各监测 1 次；

3 年后跟踪监测 1 次。

9 结论

本项目太阳能光伏发电的开发建设，符合国家和地方政策、规划的要求，同时能有效的促进地方经济，带动相关的发展，具有良好的社会效益和经济效益，对于改善能源结构，开发可再生能源有着积极的意义。本项目结合渔业、养殖业，建设一批农光、渔光等“光伏+”综合利用示范区，促进光伏与其他产业有机融合。本工程用海与项目所在区域的自然环境和社会环境相适宜，本项目选址和建设符合《河北省国土空间规划（2021-2035年）》《河北省国土空间修复规划（2021-2035年）》《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目光伏厂区不在生态保护红线范围内，海底电缆管道部分位于河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区中，电缆采用海缆直埋敷设方案，施工范围较小，不会影响该保护区。工程的用海选址、方式合理，用海平面布置和面积符合相关要求，符合集约节约用海原则。因此，在项目妥善落实与周边利益相关者的协调方案和生态用海对策措施的基础上，本项目用海是可行的。

资料来源说明

引用资料

(1)《秦皇岛海之洋科技发展有限公司海洋牧场浅地层勘探报告》，大连市现代海洋牧场研究院，2019年5日；

(2)《秦皇岛市 2022 年国民经济和社会发展统计公报》，秦皇岛市统计局，2023 年 5 月 8 日；

(3)《2018 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2019 年 5 月；

(4)《2019 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2020 年 5 月；

(5)《2020 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2021 年 4 月。

现状调查资料

(1)《河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目环境影响报告书》(河北奇正环境科技有限公司)，2024 年 5 月。

现场踏勘记录表

项目名称	河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目			
序号	勘查概况			
1	勘查人员	徐彤、丁锐	勘查责任单位	海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司
	勘查时间	2024年5月30日	勘查地点	秦皇岛市昌黎县
	勘查内容简述	 <p>现场勘查照片</p>		

<p>2</p>	<p>勘查内容 简述</p>	 <p>海缆登陆点</p>
<p>3</p>	<p>勘查内容 简述</p>	 <p>周边围海养殖现状</p>
<p>项目负责人</p>	<p>符彤</p>	

附件

附件 1 昌黎县人民政府关于海上光伏发电项目立体分层设权有关事项的承诺书

附件 2 海洋测绘资质证书复印件



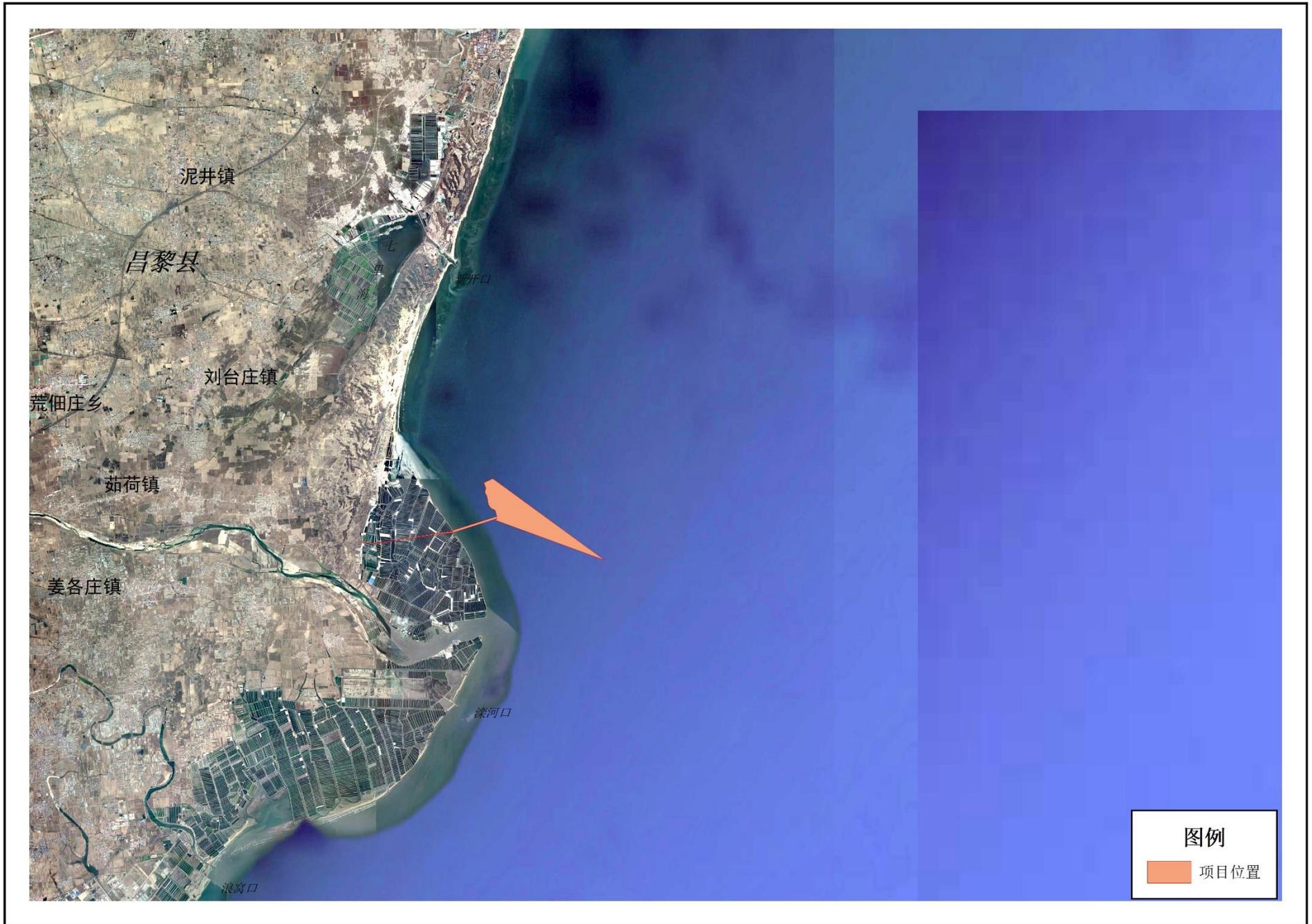
No. 007271

中华人民共和国自然资源部监制

附件 3 重要图件

附件 3-1 项目位置图





附件 3-2 项目平面布置图

附件 3-3 宗海图

附件 3-4 开发利用现状图

附件 3-5 资源生态影响范围与开发利用现状的叠置图

附件 3-6 利益相关者分布图

附件 3-7 项目用海与国土空间规划的位置关系图

附件 3-8 项目用海与“三区三线”划定成果位置关系图

附件 4 其他

附件 4-1:

附件 4-2:

附件 4-3:

附件 4-4:

附件 4-5:

附件 4-6:

附件 4-7:

附件 4-8:

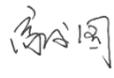
附件 4-9：内部技术审查意见

海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司

论证报告内部技术审查意见

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)及《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》(自然资办函〔2021〕2073号)的要求,我公司生产与技术委员会组织专家对“河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目海域使用论证报告书(内审稿)”进行了内部技术审查。经认真审查,认为报告书编制符合《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)的要求,内审专家就项目建设内容与方案,项目建设必要性,用海资源环境概况及资源环境影响,国土空间规划符合性,用海合理性等方面提出了修改意见。论证项目组根据内审专家意见对“报告书”(内审稿)进行了认真修改补充,并提交了修改情况说明,内审组对“报告书”(内审修改稿)修改情况进行了确认,认为项目组对内审意见进行了较全面的修改,符合送审要求,现已通过单位内部审查。同意项目组将河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目海域使用论证报告书(送审稿)提交评审。

序号	内审意见
1	完善法律法规及相关规划的格式
2	进一步细化项目建设方案
3	进一步完善项目用海资源环境概况和资源生态影响分析

公司技术负责人(签字): 

海域海岛环境科技研究院(天津)有限公司

2024年6月1日