

国华投资秦皇岛昌黎
500MW 海上光伏试点项目
海域使用论证报告书

(公示稿)

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: 91120104MA06DLMM06)

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：陈锐

报告主编：陈锐

报告编写人员：

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

技术负责人审核：

高俊国

项目基本情况表

项目名称	国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目			
项目地址	本项目位于河北省秦皇岛市昌黎县滦河口东北侧海域，光伏场址距离海岸线 6.0km，距离滦河口 2.7km，距离七里海 10.8km 处，水深 6m~13m 之间（当地理论最低潮面），项目 66kV 海底电缆在场址至登陆点之间，经过养殖围堰区和水深 0m~6m（当地理论最低潮面）之间海域			
项目性质	公益性 ()	经营性 (√)		
用海面积	447.1221ha	投资金额	299995.88 万元	
用海期限	26 年	预计就业人数	750 人	
占用岸线	总长度	20.1m	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	20.1m	填海成本	万元/ha
	其他岸线	0m		
海域使用 类型	工业用海	新增岸线	0m	
用海方式	面 积	具体用途		
透水构筑 物	424.7249ha	光伏场址内的光伏、箱变及桥架结构， 用海空间层为水面		
海底电缆 管道	22.3972ha	海底电缆，用海空间层为底土		
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

国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设规划容量为 400MW 的海上光伏项目，申请单位为国华（秦皇岛）新能源有限公司。项目光伏场区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 6.0km，距离滦河口 2.7km，距离七里海 10.8km 处，项目区域水深 6m~9m 之间（当地理论最低潮面），项目 66kV 海底电缆在场址至登陆点之间，经过养殖围堰区和水深 0m~6m（当地理论最低潮面）之间海域。光伏基础为固定式钢桁架方案，本项目直流侧总装机容量 520.506MW_p，交流侧总装机容量 400MW，容配比约为 1.3013。由 41 个 9.6MW 光伏发电单元和 1 个 6.4MW 光伏发电单元组成，采用 743580 块峰值功率为 700W_p 的光伏组件、1250 台 320kW 组串式逆变器。光伏区内的电缆全部采用单芯 66kV 陆缆，东西走向的电缆利用桥架敷设于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案，南北方向跨平台采用钢梁架接。本工程场内集电线路通过 66kV 海底电缆直接登陆至新建的陆上 500kV 升压站。

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）。本项目申请用海总面积为 447.1221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 424.7249 公顷，海底电缆管道用海面积为 22.3972 公顷。本项目海底电缆管道采用下穿的形式占用人工岸线 20.1m，不新增岸线。申请用海期限 26 年。

二、用海必要性

项目建设保障秦皇岛市电力供应，保障国家能源安全，推动可再生能源发展，符合国家产业结构，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。从产业政策、与毗邻用海活动的兼容性的角度，海域立体开发利用是必要的。

三、规划符合性

本项目光伏场区位于《秦皇岛市国土空间总体规划（2021-2035年）》的渔业用海区内，拟采用立体分层确权光伏用海，有利于维护渔业用海区的养殖水域功能，场区外海底电缆管道均位于河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区重要滩涂及浅海水域生态保护红线区中，电缆采用海缆直埋敷设方案，施工范围较小，不会影响该生态保护红线。

项目建设符合《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）》的要求。

四、利益相关者协调情况

项目光伏场区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》，昌黎县人民政府将积极与海域使用权人及流转后的海域使用权人沟通协商，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。

本项目利益相关者涉及渔民、保护区、航道等管理部门，在做好相应的专题工作的前提下，利益相关者是可协调的。

五、资源生态影响及生态保护修复措施

1、资源生态影响

本项目采用桩基基础建设海上光伏项目，对周边生态环境的影响主要包括水文动力、地形地貌和冲淤环境、水质、沉积物、海洋生态及鸟类的影响。

工程建设对其附近局部海域潮流场将造成一定影响,但总体来说对潮流的影响是可以接受的。根据项目建设前后年冲淤变化对比,光伏板铺设后会使得光伏板覆盖海域淤积有一定程度增大。总而言之,光伏电场建设对项目所在冲淤环境会产生一定的影响。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,项目施工对水质环境的影响较小。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。造成的渔业资源经济价值损失总计为 854.9 万元。

虽然本项目所在区域位于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线上且距离昌黎黄金海岸国家级自然保护区较近,鸟类多样性较高,但项目仅对部分海洋性鸟类的觅食有所影响,对鸟类的繁殖无影响,对鸟类的迁徙行为无明确影响。通过制定严格的施工及运营方案,可以进一步有效降低本项目对鸟类觅食的潜在影响。因此,在严格落实相关保护措施的情况下,从对鸟类影响的角度来评估,本项目是可行的。

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 854.9 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。

六、项目用海合理性

本项目位于《秦皇岛市海上光伏发展规划(2023-2027)》的选址范围内,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 400MW 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”，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。

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 1 年因此，本项目申请用海年限为 26 年是合理的。

目录

项目基本情况表.....	3
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.....	32
2.4 项目用海需求.....	43
2.5 项目用海必要性.....	45
3 项目所在海域概况.....	53
3.1 海洋资源概况.....	53
3.2 海洋生态概况.....	61
4 资源生态影响分析.....	104
4.1 生态评估.....	104
4.2 资源影响分析.....	104
4.3 生态影响分析.....	110
5 海域开发利用协调分析.....	127
5.1 海域开发利用现状.....	127
5.2 项目用海对海域开发活动的影响.....	131
5.3 利益相关者界定.....	133
5.4 相关利益协调分析.....	134
5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析.....	136
6 国土空间规划符合性分析.....	137
6.1 所在海域国土空间规划分区基本情况.....	137
6.2 对周边海域国土空间规划分区的影响分析.....	137
6.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析.....	138
7 项目用海合理性分析.....	142
7.1 用海选址合理性分析.....	142
7.2 用海平面布置合理性分析.....	144
7.3 用海方式合理性分析.....	149
7.4 占用岸线合理性分析.....	150
7.5 用海面积合理性分析.....	150
7.6 海域立体开发利用的可行性.....	153
7.7 用海期限合理性分析.....	154
8 生态用海对策措施.....	156
8.1 生态用海对策.....	156
9 结论.....	163
资料来源说明.....	164
引用资料.....	164

现状调查资料.....	164
现场踏勘记录表.....	165

1 概述

1.1 论证工作来由

随着全球对可再生能源需求的不断增长，光伏发电行业正在经历前所未有的发展机遇。《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》要求“统筹推进传统基础设施和新型基础设施建设，打造系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。构建现代能源体系：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”；

《“十四五”现代能源体系规划》进一步提出：“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。”鼓励开展渔光互补的发展模式。

2024 年 2 月 8 日，河北省发展和改革委员会发布《河北省发展和改革委员会关于下达秦皇岛市 180 万千瓦海上光伏示范试点项目建设计划的通知》。通知指出，“为促进河北省清洁能源开发利用与能源低碳转型，落实国家开展可再生能源试点示范的相关要求，加快推动海上光伏技术进步，下达秦皇岛市海上光伏示范试点项目建设计划”。通知中下达海上光伏示范试点项目共计 4 个，总规模 180 万千瓦，分别为河北华电昌黎 500MW 海上光伏试点项目、国电电力昌黎 50 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、中电建秦皇岛昌黎 30 万千瓦海上光伏试点项目。四个项目单独设置光伏发电区，并通过各自海缆独立输送至登陆点（海缆路径包括以光伏区为起点，依次经过 0~6m 水深区、围海养殖区，最终至登陆点）。四个项目依托同一个升压站和配套的陆地电缆。国华（秦皇岛）新能源有限公司拟在昌黎县海域实施国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目，总装机容量为 400MW，包括光伏组件、海

缆、升压站及其配套储能、设备和送出工程。为推进项目落地，于 2023 年 11 月 14 日取得了昌黎县审批局出具的《企业投资项目备案信息》(昌审批备字〔2023〕129 号)，并于 2024 年 1 月 23 日列入了《河北省 2024 年省重点建设项目名单》。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》《河北省海域使用管理条例》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，国华（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。接受委托后，我司在现场踏勘和调查收集有关工程资料的基础上编制了《国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目海域使用论证报告书》。

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（2019年本）》（2021年修订），中华人民共和国国家发展和改革委员会令（第29号），2020年1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。

1.2.3 项目技术资料

(1) 委托书；

(2)《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目可行性研究报告》，中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，2024年5月；

(3)《国华投资秦皇岛昌黎 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2月；

(4)《国华投资秦皇岛昌黎试桩和静载试验工程临时用海海域使用论证报告表》，国家海洋技术中心，2024年3月；

(5)《国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目外输电缆穿越生态保护红线有限人为活动认定专题论证报告（送审稿）》，河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队（河北省海洋地质资源调查中心），2024年4月；

(6)《国华投资秦皇岛昌黎 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（河北省海洋地质资源调查中心），2024年5月；

（7）《国华投资秦皇岛昌黎50万千瓦海上光伏试点项目与渔业生产融合专题报告》，河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队（河北省海洋地质资源调查中心），中国水产科学研究院北戴河中心实验站，2024年5月；

（8）提供的其他相关资料。

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（2）中的电力工业用海（25），用海方式为构筑物（2）中的透水构筑物（23），申请用海总面积为447.1221公顷，其中透水构筑物用海面积为424.7249公顷，确定论证等级为一级；海底电缆管道用海面积22.3972公顷，确定论证等级为二级。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。

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	纬度
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) 用海方式合理性；
- (5) 资源生态影响；
- (6) 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。

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），立体分层设权的项目用海，要依据海域使用论证技术导则及有关政策法规，重点论证海域立体开发利用的必要性和可行性，因此将“海域立体开发利用的必要性和可行性”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；
- （8）海域立体开发利用的必要性和可行性。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

项目名称：国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目

项目性质：经营性

建设单位：国华（秦皇岛）新能源有限公司

项目位置：项目光伏场区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 6.0km，距离滦河口 2.7km，距离七里海 10.8km 处，项目区域水深 6m~9m 之间（当地理论最低潮面），项目 66kV 海底电缆在场址至登陆点之间，经过养殖围堰区和水深 0m~6m（当地理论最低潮面）之间海域，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 400MW 的海上光伏项目，光伏基础为固定式钢桁架方案，本项目直流侧总装机容量 520.506MWp，交流侧总装机容量 400MW，容配比约为 1.3013。由 41 个 9.6MW 光伏发电单元和 1 个 6.4MW 光伏发电单元组成，采用 743580 块峰值功率为 700Wp 的光伏组件、1250 台 320kW 组串式逆变器。光伏区内的电缆全部采用单芯 66kV 陆缆，东西走向的电缆利用桥架敷设于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案，南北方向跨平台采用钢梁架接。本工程场内集电线路通过 66kV 海底电缆直接登陆至新建的陆上 500kV 升压站。

本光伏电站 25 年综合年均上网电量约为 695575MWh，25 年总上网电量约为 17389376MWh，直流侧 25 年年均等效利用小时数约为 1336 小时。

项目投资：299995.88 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

类型	工程	主要建设内容及规模	
涉海工程	光伏场址	规模	本项目拟建设规划容量为400MW的海上光伏项目，建成后25年综合年均上网电量约为695575MWh，25年总上网电量约为17389376MWh，直流侧25年年均等效利用小时数约为1336小时。
		发电系统	本项目光伏发电单元采用27块光伏组件串联成1个光伏组件串，每22/24个光伏组件串采用直流1500V光伏专用电缆接入1台320kW组串式逆变器，每30个组串式逆变器采用交流三芯1.8/3kV动力电缆接入一台9.6MVA箱式升压变，构成9.6MW光伏发电单元；每20个组串式逆变器采用交流三芯1.8/3kV动力电缆接入一台6.4MVA箱式升压

类型	工程	主要建设内容及规模	
			变，构成6.4MW光伏发电单元。9.6MW光伏发电单元直流侧安装容量为12.474MWp，交流侧安装容量为9.6MW，共41个；6.4MW光伏发电单元直流侧安装容量为9.072MWp，交流侧安装容量为6.4MW，共1个。共42个光伏发电单元，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。
		光伏结构	本项目光伏组件采用选取N型TOPCon技术的峰值功率700Wp高效单晶硅光伏组件，组件尺寸2384mm×1303mm，光伏支架采用固定式钢桁架，大支架光伏组件按照12（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计648块，平台平面尺寸为32.63m×71.62m；小支架光伏组件按照11（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计594块，平台平面尺寸为29.88m×71.62m。组件倾角均为15°，支架正南布置，光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，钢平台（12*54）南北向间距为16.5m，钢平台（11*54）南北向间距为15.1m。2种钢平台东西向间距均为2.5m。本项目共采用1250个钢平台，其中大支架20个，小支架1230个。
		逆变器	将光伏组件产生的直流电直接转变为交流电汇总后升压、并网。 本项目采用320kW组串式逆变器
		箱变	本项目光伏就地升压变拟选用预装箱式升压变（简称箱变）根据光伏发电单元容量为9.6MW、8.32MW，光伏发电单元配套升压变高压侧主分接电压选用69kV。
		内部电缆	66kV电缆选用单芯66kV陆缆，截面为1×185、1×300、1×500、1×630四种，共6回集电线路，每回集电线路连接7台箱变。东西走向的电缆利用桥架敷设于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案，南北方向跨平台采用钢梁架接。
		海底电缆	66kV 电缆初拟选用三芯66kV海缆，型号为HYJQF41-F 38/66kV 3×630+2x48。66kV送出部分海缆总长度约为36.3km。沿66kV海底电缆每条海缆沟海缆埋深2m，沟槽底宽取0.3m，顶宽0.5m，海缆沉放至沟槽中，进行机械埋深。
陆上工程	陆上 升压 站	规模	本项目配套建设一座500kV陆上升压站，站内主变规划容量3×500MVA+1×300MVA，本期规模1×500MVA，电压等级：500/66/35kV。规划建设2回500kV出线接入电网，本期建成1回。
		建设内容	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 2.1-1 项目位置图（遥感）

图 2.1-2 项目位置图（行政）

图 2.1-3 项目位置（海图）

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、光伏场址布置原则：

- (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、路由布置原则：

(1) 选择在工程地质稳定、水下地形平坦的沉积区；

(2) 避开地震多发带、断裂构造带、海底沉积环境不稳定及不良地质区；

(3) 避开海底地形急剧起伏变化的地区，尽量避开岛礁、暗礁、粗粒沉积物分布区和大片连续基岩裸露区；

(4) 避开强底层流区，选择弱流区；

(5) 避开易使电缆受到腐蚀和严重污染海域及高腐蚀化学物质的海区；

(6) 尽量不穿越或靠近现有的海底电缆管线；

(7) 避开海底自然障碍物和人工障碍物；

(8) 尽可能避开海洋功能备选性窄的海区；

(9) 尽可能避让生态保护区，无法避让的尽量优化路线，减小生态保护区内的路由；

(10) 尽可能避让避开国家级自然保护区，无法避让的选取实验区铺设路由；

(11) 尽量避开海洋经济开发活跃区和军事区；

(12) 统筹考虑海上光伏示范试点项目总体布局，规划海底管线廊道，顺应集约节约用海原则。

2.2.1.2 项目总体布局

本项目位于规划的海上光伏发电项目选址范围内，项目光伏区水深 6m~13m 之间，场址北侧长约 7.59km，相距国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目约 50m；西南侧长约 4.74km，相距中电建秦皇岛昌黎 30 万千瓦海上光伏示范项目约 50m；西侧长约 1.04km，与 6m 等深线相接，呈不规则形状；南侧长约 2.38km，紧邻滦河口渔船习惯性航道。

本项目海缆登陆点位于秦皇岛市昌黎县王家铺村北侧王皇路上，岸线类型为人工岸线，距海上光伏电场的直线距离约为 5.899km，距离陆上升压站直线距离约 3.255km 处。

图 2.2-1 项目总体布局示意图

2.2.1.3 光伏平面布置

光伏支架采用固定式钢桁架，大支架光伏组件按照 12（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 648 块，平台平面尺寸为 32.63m×71.62m；小支架光伏组件按照 11（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 594 块，平台平面尺寸为 29.88m×71.62m。组件倾角均为 15°，支架正南布置，光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，钢平台（12*54）南北向间距为 16.5m，钢平台（11*54）南北向间距为 15.1m。2 种钢平台东西向间距均为 2.5m。

本项目共采用 1250 个钢平台，其中大支架 20 个，小支架 1230 个。根据不同分区划分，光伏组件最低端离水面距离分别为 6.36m、7.20m、8.04m、8.87m。

光伏支架采用钢桁架结构，主要由上弦杆、下弦杆、腹杆、水平撑、水平系杆、斜撑和 6 个钢管桩或高抗混凝土管桩基础等关键构件组成。每根桩通过三根斜支撑支起钢桁架、檩条，从而托起光伏电池板，钢斜撑与钢柱之间通过法兰连接，具有简洁、高效的特点。光伏组件与檩条用不锈钢螺栓连接，每块光伏板用 4 个螺栓、及压块固定在檩条上。檩条与桁架上弦杆之间通过螺栓连接。

支架基础采用钢管桩基础，每个光伏钢支架平台设置两排共六根桩，东西向桩间距 23.60m，南北向桩间距 17.73m。平面布置见图 2.2-2~图 2.2-3 所示。

表 2.2-1 主要平面布置指标表

序号	项目名称	单位	数值
1	所需电池板数量	块	743580
2	光伏组件规模	Wp	700
3	光伏组件结构	2384mm×1303mm	
4	方位角	度	0
5	倾角	度	15
6	光伏支架单元 12（行）×54（列）	m	32.63m×71.62 m
7	光伏支架单元 11（行）×54（列）	m	29.88m×71.62m
8	钢平台（12*54）南北向间距	m	16.5
9	钢平台（11*54）南北向间距	m	15.1
10	东西向间距	m	2.5
11	检修通道	m	20

图 2.2-2 光伏平面布置图

图 2.2-3 小支架光伏组件平面

图 2.2-4 大支架光伏组件平面

2.2.1.4 场区集电线路

在光伏场区内，66kV 集电线路电力电缆采用大跨距桥架敷设，东西走向的集电线路桥架固定于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案。

图 2.2-5 集电线路图

2.2.1.5 路由平面布置

根据光伏电场的位置及预选登陆点的位置，本方案采用 6 回 66kV 海缆自海上光伏场区接出后向西北方向延伸 1837m 到达围堰养殖区后设置拐点 8（11），然后每 3 回海缆汇集至 1 处定向钻拉管施工位置，向西采用定向钻的方式穿越围堰区，在穿越围堰区时需要避让养殖大棚区域，为避让养殖大棚区域设置拐点 13（14）和拐 15（16），最终到达登陆点 17（18），路由单回路全长约 5.962km，见下图所示。

图 2.2-6 路由平面布置图

2.2.1.6 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。

根据《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目与渔业生产融合专题报告》，“渔光互补”多层次养殖模式示意图见下图。

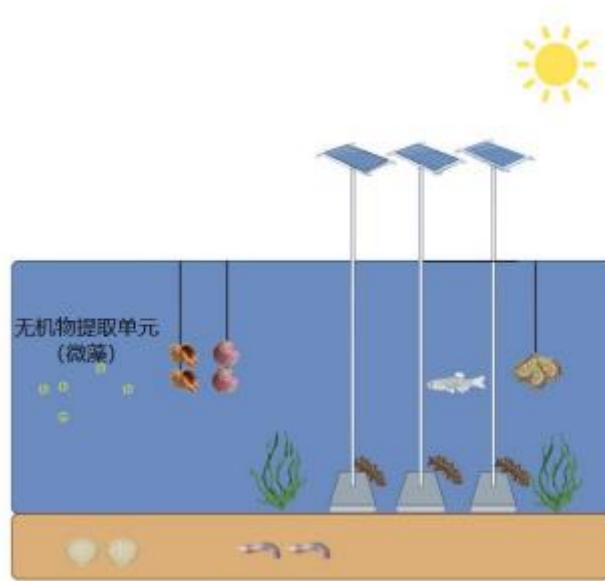


图 2.2-7 空间结构图

本项目场址位于河北省秦皇岛市东南部海域，通过《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目与渔业生产融合专题报告》对海上光伏电站与养殖融合发展方案研究分析，结论如下：

(1) 光伏板的遮阳减少水分蒸发，降低水面的温度，夏季高温季节降低海域中养殖动物受高温的影响。

(2) 增加养殖业、服务业等收入，满足人类社会清洁电能的需求供应，为地方经济创收。

(3) 新型高效的清洁能源。项目建成后，可节约标准煤数十万吨，减排二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、烟尘的排放，有助于改善当地的大气环境，促进我国的节能减排工作。

(4) “渔光互补”为当地农民提供就业机会，增加收入来源，促进农村经济发展。同时，“渔光互补”可以提高农业生产效率，改善农民的生活质量，其推广和应用可以推动水产养殖业和光伏发电产业的转型升级，提高产业技术水平，增强产业竞争力。“渔光互补”模式还减少了对土地资源的占用，降低生态影响。同时，创新了养殖模式，提高水产养殖的产量和品质，有利于生态环境的改善。

因此，在设计好光伏与水产养殖面积比例的情况下，是切实可行的。

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组串式逆变器直接并网模式，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。

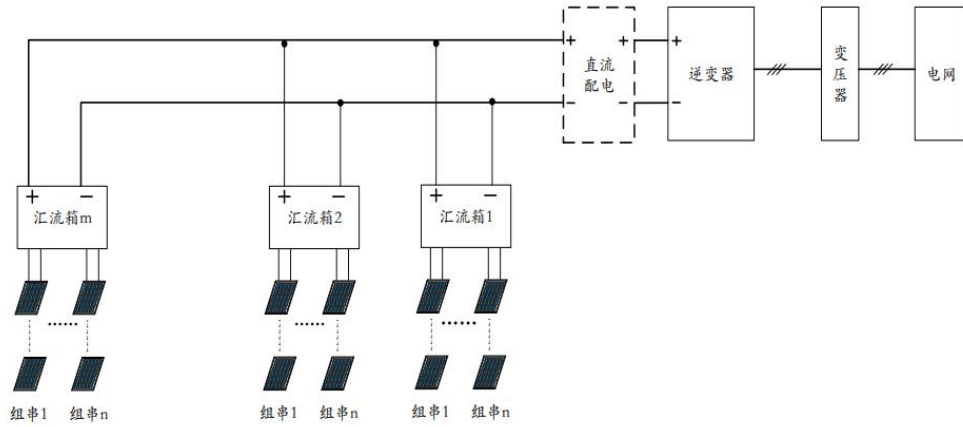


图 2.2-8 并网示意图

2.2.2.2 光伏组件结构

本工程拟采用 N 型 TOPCon 技术的峰值功率 700Wp 高效单晶硅光伏组件，主要参数见下表。

表 2.2-2 光伏组件主要技术参数

1	电池片类型	N型单晶210
2	电池片数量	132
3	标准测试条件下性能参数	
	(标准测试条件STC: AM=1.5, E=1000W/m ² , Tc=25℃)	
3.1	峰值功率 (W _p)	
3.2	正面峰值功率 (W _p)	700
3.3	双面率	75%~85%
3.4	功率偏差 (W)	0~+5
3.5	MPP工作电压 (V)	40.5
3.6	MPP工作电流 (A)	17.29
3.7	开路电压 (V)	48.6
4	短路电流 (A)	18.32
5	组件效率 (%)	22.5
6	最大功率温度系数 (%/℃)	-0.29
7	开路电压温度系数 (%/℃)	-0.24
8	短路电流温度系数 (%/℃)	0.04
9	首年衰减 (%)	1

10	逐年功率衰减 (%)	0.4
11	组件尺寸 (mm)	2384*1303*33
12	组件重量 (kg)	38.3
13	正、负极尾线长度 (mm)	280/350

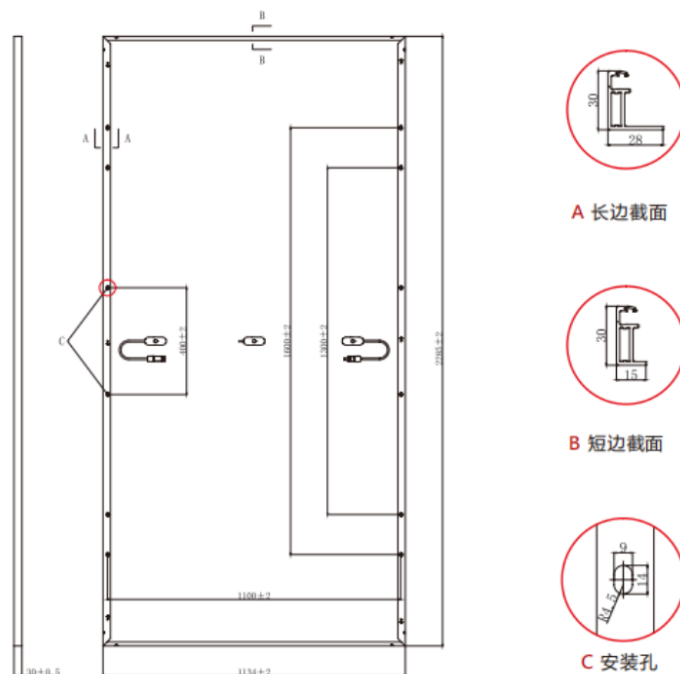


图 2.2-9 光伏组件尺寸图

(1) 光伏方阵方位角

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，太阳能电池发电量是最大的，因此本工程光伏方阵方位角确定为 0° 。

(2) 光伏方阵倾角

经 PVsyst 软件模拟计算，当采用 40° 倾角布置时，单排光伏阵列接收到的斜面辐射量最大，发电量最大；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，对于固定式支架桩基基础较好的倾角为 15° 左右，所以本项目现阶段光伏阵列暂采用 15° 倾角进行安装。

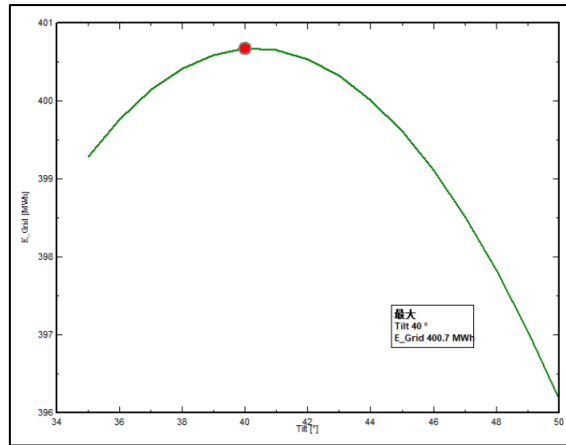


图 2.2-10 不同倾角下发电量斜面辐射量计算结果

2.2.2.3 光伏并网逆变器

本项目拟选用 320kW 组串式逆变器。

2.2.2.4 光伏方阵的串、并联设计

(1) 光伏方阵的串联设计

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。

根据拟选光伏组件参数和秦皇岛市昼间最低气温为 -24.3°C ，并结合逆变器最佳输入电压、光伏组件工作环境、场区形状等因素综合分析，最终确定本项目选用光伏组件的串联数为 27（块）。

(2) 光伏方阵的并联设计

本项目光伏发电单元采用直流 1500V 系统方案，采用峰值功率为 700Wp 的 N 型 Topcon 双面双玻单晶硅高效光伏组件。27 块光伏组件串联成 1 个光伏组件串，每台 320kW 光伏并网逆变器接具有 12 个 MPPT 输入，每路 MPPT 可接入 2 个光伏组件串，每路 MPPT 最大直流输入电流为 40A，最大直流短路电流为 60A，拟选光伏组件工作电流为 17.29A，短路电流为 18.32A，光伏组件串并联回路取决于各级汇流的最大工作电流不大于设备允许的输入电流，并留有适当的裕度，故本项目每路 MPPT 接入 1-2 个光伏组件串，每台 320kW 组串式逆变器接入 22/24 个光伏组件串。共有 2 种光伏方阵容量，分别为 9.6MW（12.474MWp，41 个）和 6.4MW（9.072MWp，1 个）。

2.2.2.5 光伏就地升压变

本项目光伏就地升压变拟选用预装箱式升压变（简称箱变）根据光伏发电单元容量为 9.6MW、8.32MW，光伏发电单元配套升压变高压侧主分接电压选用

69kV，提高单回输送容量，有利于减少海缆集电线路回路数，降低投资。由于箱变容量较大，低压侧额定电流偏大，考虑到便于选择低压侧框架断路器箱变采用低压侧双分裂变压器。

2.2.2.6 支架结构

(1) 光伏阵列支架

光伏支架采用固定式钢桁架，大支架光伏组件按照 12（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 648 块，平台平面尺寸为 32.63m×71.62m；小支架光伏组件按照 11（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 594 块，平台平面尺寸为 29.88m×71.62m。组件倾角均为 15°，支架正南布置，光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，钢平台（12*54）南北向间距为 16.5m，钢平台（11*54）南北向间距为 15.1m。2 种钢平台东西向间距均为 2.5m。

本项目共采用 1250 个钢平台，其中大支架 20 个，小支架 1230 个。根据不同分区划分，光伏组件最低端离水面距离分别为 6.36m、7.20m、8.04m、8.87m。

光伏支架采用钢桁架结构，主要由上弦杆、下弦杆、腹杆、水平撑、水平系杆、斜撑和 6 个钢管桩或高抗混凝土管桩基础等关键构件组成。每根桩通过三根斜支撑支起钢桁架、檩条，从而托起光伏电池板，钢斜撑与钢柱之间通过法兰连接，具有简洁、高效的特点。光伏组件与檩条用不锈钢螺栓连接，每块光伏板用 4 个螺栓、及压块固定在檩条上。檩条与桁架上弦杆之间通过螺栓连接。

支架基础采用钢管桩基础，每个光伏钢支架平台设置两排共六根桩，东西向桩间距 23.60m，南北向桩间距 17.73m。

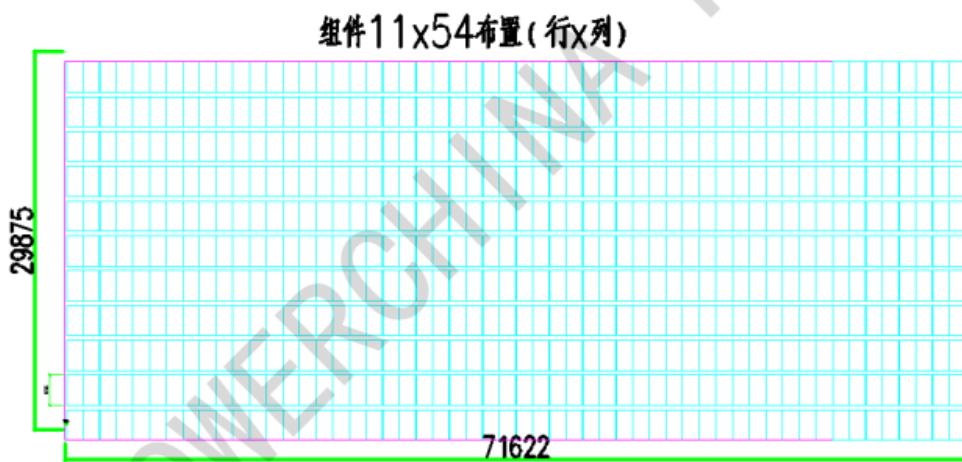


图 2.2-11 小支架光伏组件平面

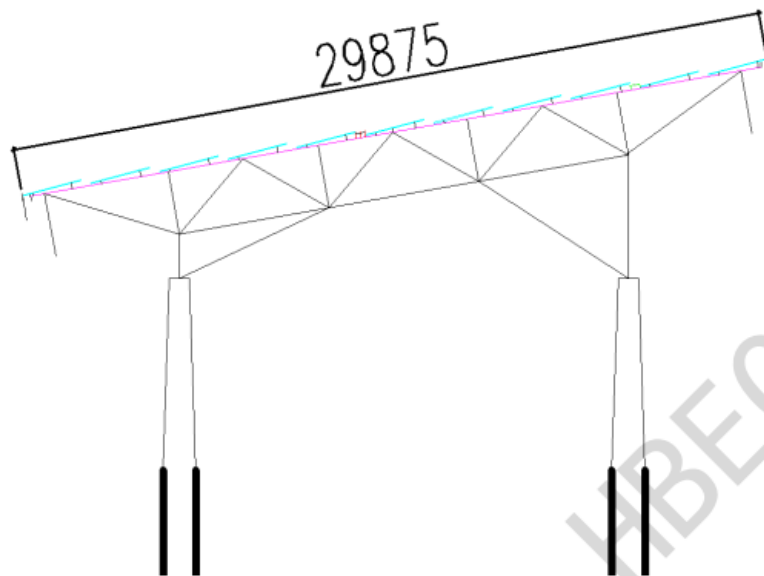


图 2.2-12 小支架光伏组件立面

组件12x54布置(行x列)

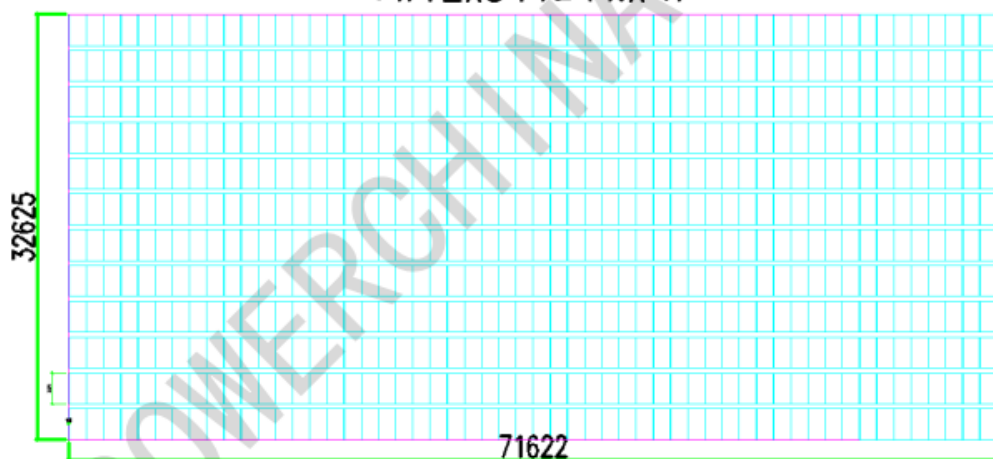


图 2.2-13 大支架光伏组件平面

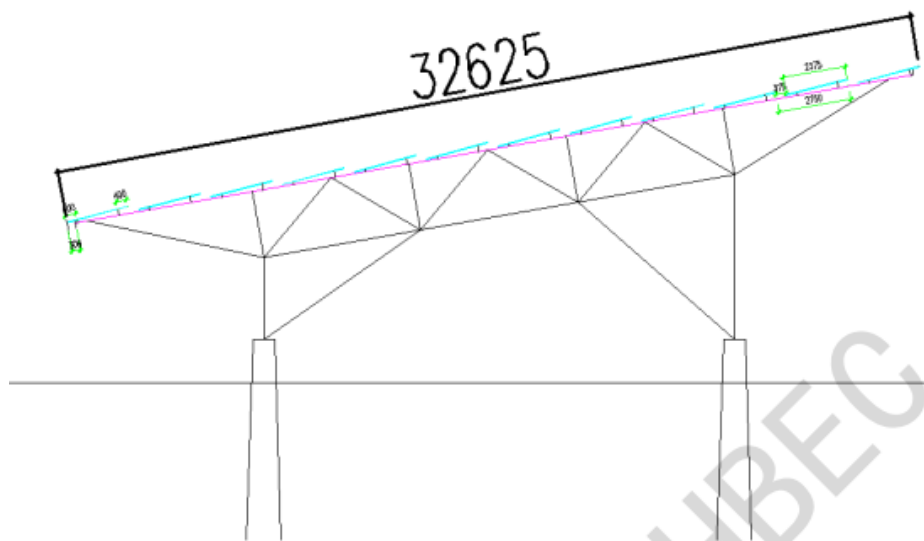


图 2.2-14 大支架光伏组件立面

(2) 桥架

66kV 电缆选用单芯 66kV 陆缆，截面为 1×185 、 1×300 、 1×500 、 1×630 四种，共 6 回集电线路，每回集电线路连接 7 台箱变。东西走向的电缆利用桥架敷设于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案，南北方向跨平台采用钢梁架接。桥架结构见下图

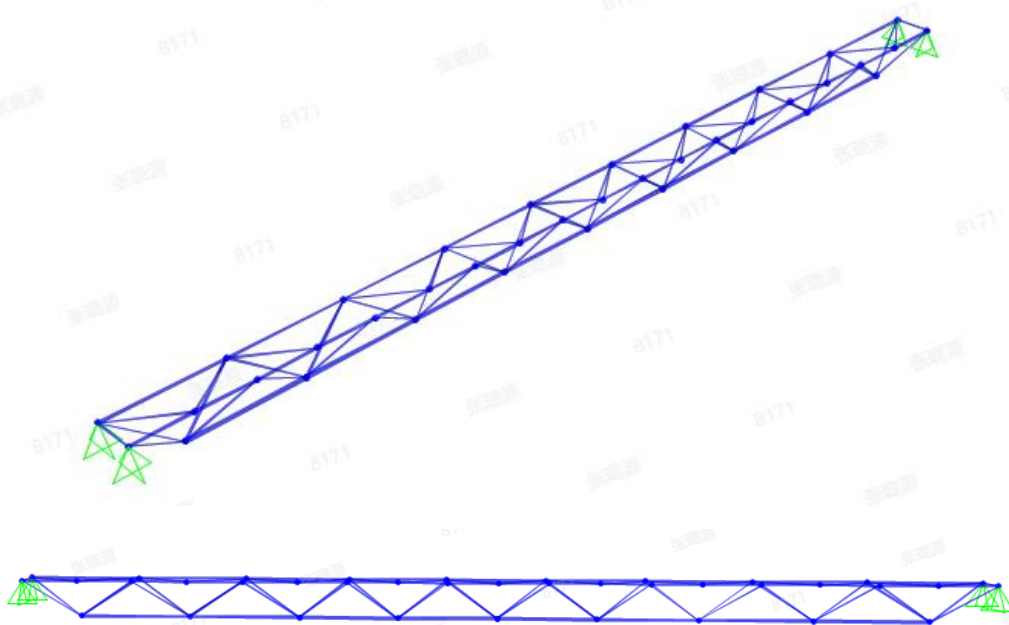


图 2.2-15 桥架结构图

(3) 箱变基础

本工程每个发电单元根据容量及接线方式配置箱变，箱变尽量位于方阵中心，以减少电缆长度，降低直流损耗，同时箱变紧邻检修通道，方便安装检修。本项目不设置检修道路，后期采用运维船巡检。

本工程共 42 台箱式变压器，箱式变压器基础平台采用钢管桩+预制钢筋混凝土平台形式，钢管桩直径 0.8m，长度 24m，壁厚 10mm~15mm，预制钢筋混凝土平台尺寸为 11m×6m，混凝土抗冻等级 F150，设置运维步道及钢栏杆。箱变平台设计在满足承载力的前提下，考虑潮位、波浪、海冰等因素影响。

(4) 海缆/陆缆转换平台

共设置 6 个转换平台，预制钢筋混凝土平台尺寸为 6m×4m。

2.2.2.7 电缆设施

(1) 光伏专用电缆采用镀锡圆铜丝 125℃辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃型 H1Z2Z2-K-DC1.5kV。

(2) 组串式逆变器至光伏就地升压变均采用低压侧动力电缆

ZR-YJLY23-1.8/3kV 型交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套阻燃型电力电缆，阻燃等级不小于 C 级。

光伏组件串联后接入逆变器的直流电缆，及逆变器至箱式升压变室的交流电流，东西方向沿电池组件安装支架固定敷设，组串间加保护管敷设防止暴晒。设备箱底部开孔处、电缆管两端等采用防火封堵。南北方向采用电缆槽盒敷设，利用土建设置的支撑钢梁固定。

电缆防紫外线照射措施：

本工程所有室外电缆敷设采用槽盒、穿管或沿光伏组件下面敷设，以避免太阳直射，提高电缆使用寿命。

(3) 场区内集电线路

66kV 电缆选用单芯 66kV 陆缆，截面为 1×185、1×300、1×500、1×630 四种，共 6 回集电线路，每回集电线路连接 7 台箱变，具体电缆型号见下图及下表。

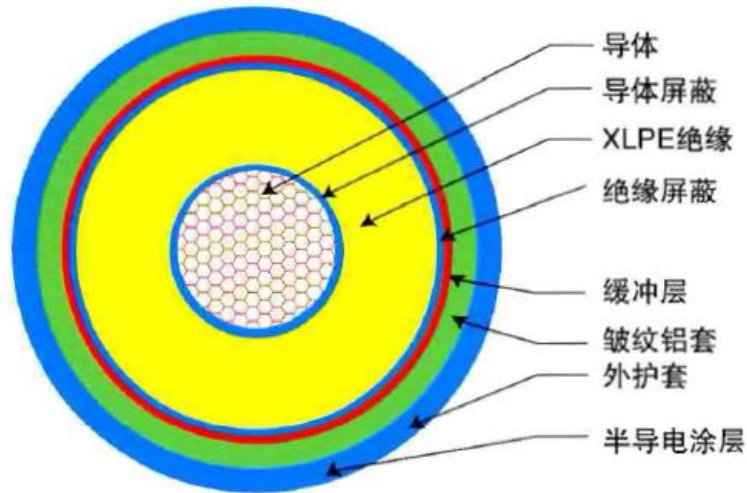


图 2.2-16 单芯陆缆断面图

表 2.2-3 单芯陆缆选型

连接箱变台数	容量	计算电流	电缆选型	折算载流量
3 台箱变	28.8	265	FF-ZC-YJLLW03-38/66-1×185	335.4
5 台箱变	48	442	FF-ZC-YJLLW03-38/66-1×300	448.5
6 台箱变	57.6	530	FF-ZC-YJLLW03-38/66-1×500	569.4
7 台箱变	67.2	619	FF-ZC-YJLLW03-38/66-1×630	677.82

(4) 66kV 海缆

66kV 海底电缆初拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆。根据导体载流量和回路容量，本工程选择海缆截面为 3×630 ，具体电缆型号见下图及下表。

表 2.2-4 海缆选型表

回路数	容量	计算电流	电缆选型	海床下载流量
第 1 回路	64	590	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681
第 2 回路	67.2	620	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681
第 3 回路	67.2	620	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681
第 4 回路	67.2	620	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681
第 5 回路	67.2	620	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681
第 6 回路	67.2	620	HYJQF41-F 38/66kV $3 \times 630 + 2 \times 48$	681

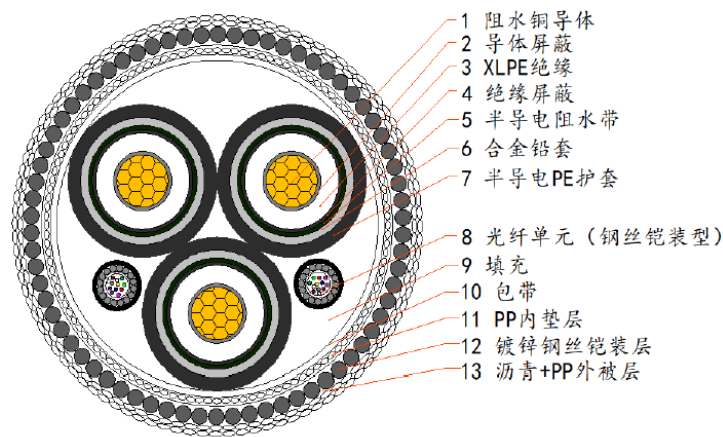


图 2.2-17 海缆断面图

2.2.3 电气工程

2.2.3.1 电气一次

本项目配套建设一座陆上 500kV 升压站，站内主变规划容量 $3 \times 400\text{MVA} + 1 \times 220\text{MVA}$ ，本期全部建成，电压等级：500/66/35kV； $3 \times 400\text{MVA}$ 分别为华电、国电、国华项目，220MVA 为中电建项目；4 台主变同步建设。规划建设 1 回 500kV 出线接入昌黎 500kV 站，本期全部建成；本项目（国华 400MW）规划建设 6 回光伏集电线路，本期建成。最终接入方案以接入系统设计和电网批复为准。

1) 电气主接线

500kV 电气主接线：规划采用双母线接线方案，本期全部建成。

66kV 电气主接线：规划 220MVA 主变下采用单母线接线型式，400MVA 主变下采用扩大单元接线型式，本期全部建成。

35kV 电气主接线：规划 220MVA 主变下采用单母线接线型式，400MVA 主变下采用扩大单元接线型式，本期全部建成。

380/220V 站用电接线：采用单母线分段接线，共装设 2 台 35kV 干式站用变压器，电源取自陆上升压站 500kV 三相三绕组变压器 35kV 侧，1 台 10kV 干式备用变压器，引自站外 10kV 电源。

2) 中性点接地方式

500kV 侧主变高压绕组中性点采用直接接地型式。

66kV 侧系统中性点采用低电阻接地。

35kV 侧系统中性点采用不接地方式。

0.38kV 侧系统中性点采用直接接地方式。

3) 无功补偿

本期主变低压侧安装每台 220MVA 主变下配置 2x30MvarSVG 型无功补偿装置，每台 400MVA 主变下配置 4x30MvarSVG 型无功补偿装置，最终接入方案以接入系统设计和电网批复为准。

2.2.3.2 电气二次

本工程监控系统设备配置和功能按照“无人值班（少人值守）”的运行管理方式设计，按运行人员定期或不定期巡视的方式运行。升压站配置两套独立的综合自动化系统，分别为光伏发电监控系统及升压站微机监控系统。两套系统网络结构相对独立，均采用计算机监控系统、分层分布式结构。

光伏监控系统监控范围为海上光伏阵列逆变升压单元，可实现就地对单个发电单元的监控功能，在升压站对所有发电单元的集中监控功能；升压站监控系统监控范围为全站电气设备以及交直流电源、火灾报警等公用设备，实现各配电装置处对主设备的就地监控，在主控室对站内主设备进行集中监控。两套监控系统间可实现数据交换功能，具备按上级调度/集控要求采集与传送遥测、遥信数据，接受调度/集控部门下达的遥控指令、AGC/AVC 调节指令、一次调频功能投退指令等功能。

2.2.3.3 集电线路

本工程本期 66kV 共 6 回集电线路，每回集电线路连接 7 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王皇路的海陆缆转换点，其间海缆采用冲埋和定向钻的方式敷设于海底；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 抗冰减浪设计

在外围设置防冰防浪措施后，海冰荷载将由防冰防浪设施承担，支架桩基仅承担较小的浮冰和波浪力作用，可以有效控制支架桩基直径和桩长。本工程采用半透水式防冰防浪墙。如下图所示，底部由三排防冰排桩组成，上部为钢桁架式

防浪墙。

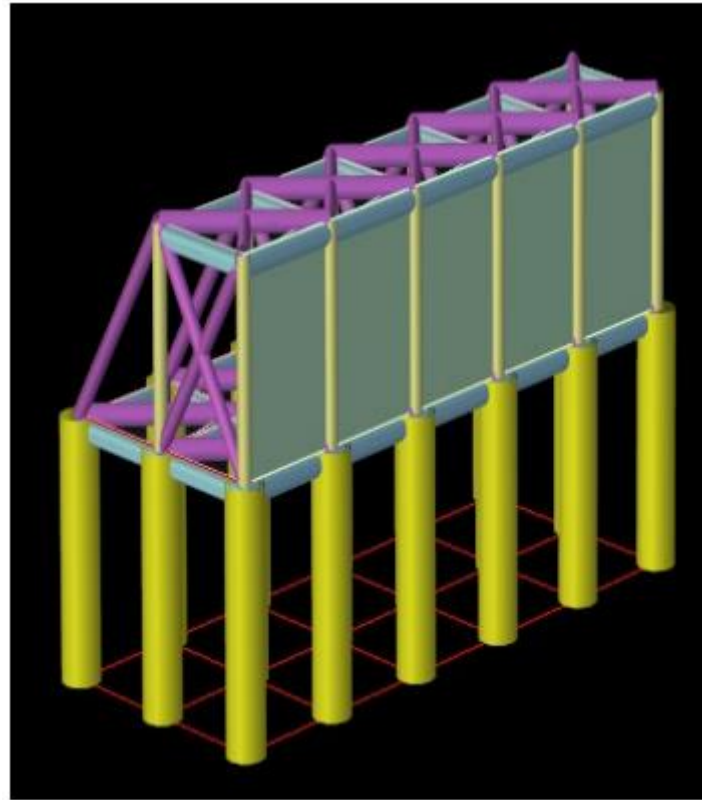


图 2.2-18 半透水式防冰防浪墙

防冰排桩布置三排，采用直径 1200mm 和 1000mm 的 PHC 桩，桩间距为 3.6m，桩长 25m。桩顶标高为海冰作用的最高点，以避免海冰作用于上部防浪钢结构。

防浪墙位于桩顶，由钢桁架和迎水面板组成。防浪墙顶高允许大浪越过，经计算越浪后波浪高度下降为 1.5m。同时下部透水排桩可以将波高小于 1.5m 的波浪放过。这样防冰防浪墙避免承担过大的波浪力。

防冰减浪设施布置应考虑与周边邻近海光项目协调布置，在项目集群外围设置防冰减浪设置，各项目间分摊项目建设和运维费用，可以进一步降低海光投资。

2.2.4.2 防腐蚀设计

(1) 光伏阵列支架及基础防腐设计

本工程建设海边潮间带，盐雾具有强腐蚀性，工程中要所有光伏阵列支架优先采用防腐性能更好的镀镁铝锌材料。其他钢结构均采用内外面热镀锌来进行防腐。镀锌（镁）厚度 $\geq 85 \mu\text{m}$ 。冷弯薄壁型钢，防腐耐久年限不得小于 25 年。主梁壁厚不小于 2.5mm，次梁壁厚不小于 2.0mm。支架镀锌层破损或施工现场有焊

接时，应及时采用富锌涂料进行补涂，漆膜厚度不小于 160um。其他防腐蚀措施需满足《光伏电站设计规范》GB50797-2012 及其他国家规范规定要求。

（2）桩基础防腐设计

根据地质勘查报告，拟建场址区的地下水类型为海水，地下水的升降受海水潮汐控制，涨潮时海水淹没地面，退潮时水位接近地表，海水对砼结构具有中腐蚀性；对混凝土结构中的钢筋在长期浸水环境中具弱腐蚀性，在干湿交替环境下具强腐蚀性。

支架基桩采用高强预应力混凝土管桩加一体成型混凝土桩尖，确保管桩内部封闭，防止沉桩后海水进入管桩内部。桩身可采用普通硅酸盐水泥混凝土制作，混凝土中掺入抗硫酸盐外加剂及钢筋阻锈剂，混凝土为抗渗混凝土。

（3）组串式光伏并网逆变器防腐设计

组串式光伏并网逆变器机箱主体可采用广泛应用于户外结构件的高强度，优异的耐腐蚀性铝合金材料+喷塑户外粉（户外聚酯树脂），外部紧固件选用耐腐蚀性最强的 316 不锈钢，提高紧固件的耐腐蚀性，防止出现紧固件的锈蚀，而影响维护。所有 PCB 板采用三防漆喷涂。

2.2.4.3 过电压保护及接地

海上光伏项目过电压保护和绝缘配合根据《光伏电站防雷技术要求》GB/T32512-2016 和《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》（GB/T 50064-2014）等国内规范规定的绝缘配合原则进行设计，配置适当的过电压保护装置，选择过电压水平、设备绝缘水平和保护装置特性参数之间的绝缘配合裕度满足规范的要求。

1、直击雷保护

海上光伏区内不设置独立避雷针，利用光伏金属边框与光伏支架进行防直击雷；升压站采用架构避雷针和独立避雷针作为户外设备的防直击雷的保护措施，实现全站户外设备的防直击雷保护，对于避雷针未保护的建筑物采用在屋顶女儿墙装设避雷带进行直击雷保护。

2、配电装置的侵入雷电波保护

（1）主变压器的雷电过电压保护：本工程选用三相双绕组电力变压器，500kV 侧采用双母线接线，在主变 500kV 高压侧进线间隔、主变 35kV 进线处均

设置 1 组氧化锌避雷器以保护主变压器。

(2) 500kV 配电装置雷电过电压保护：根据 GB/T 50064-2014《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》中要求，在每回 500kV 出线侧装设 1 组氧化锌避雷器。

(3) 35kV 和 66kV 配电装置雷电过电压保护：在 35kV 和 66kV 进出线、35kV 和 66kV 母线上各装设 1 组氧化锌避雷器。

3、工频过电压保护

待接入系统设计完成后，复核计算 500kV 线路的工频过电压是否在允许范围内。

4、操作过电压和谐振过电压保护

待接入系统设计完成后，复核计算相关工况的操作过电压，校验并避免出现谐振过电压。

5、接地

接地设计严格按照《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T 50065)的相关要求执行，充分利用各个自然接地体，根据现场实际情况及土壤电阻率敷设人工接地网，以满足接地电阻的要求。

海上高桩光伏区，通过将每排支架跨接成一个整体后，再两端将接地引下线和接地块抛入海底，然后利用电缆通道将每排支架再次进行连接，增加可靠性，再将光伏金属边框、光伏支架就近与环形接地网和水平接地极可靠连接，可满足光伏区的接地要求。接地电阻不大于 4 欧姆。光伏场区采用 60×6 的镀锡铜排作为水平接地体，利用基础 HC 管桩内钢筋作为自然接地体。光伏组件边框通过 BVR-1×6mm² 连接成一体，组串式逆变器采用 BVR 绝缘导线接地，接地线截面不小于相线的一半。

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 3×500MVA+1×300MVA，本期规模 1×500MVA，电压等级：500/66/35kV。规划建设 2 回 500kV 出线接入电网，本期建成 1 回；8 回光伏集电线路。

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。

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。

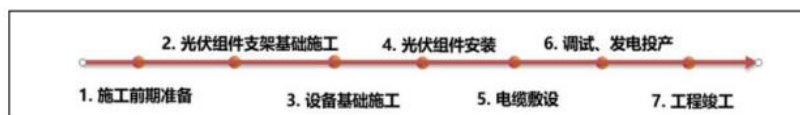


图 2.3-1 施工流程图

2.3.2 施工方法

2.3.2.1 光伏基础及组件安装施工

1、PHC 桩基础施工

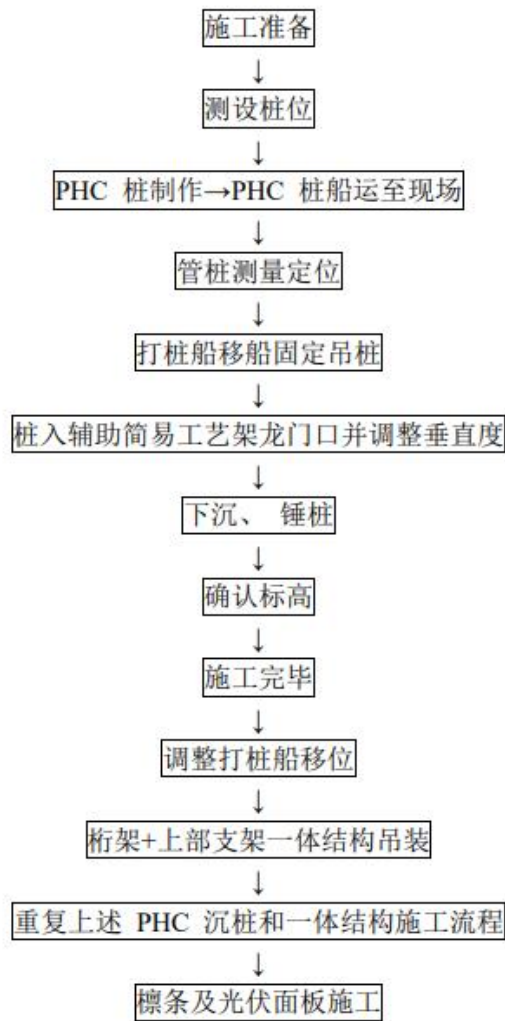


图 2.3-2 PHC 桩基础主要流程图

2、接桩方案：

本项目光伏支架基础 PHC 加强管桩桩长 25m，常规桩基长度为 12~15m，因此需进行 1 次接桩。本项目共使用 PHC 加强管桩数量巨大，若采用现场边接边打施工工艺，将严重影响桩基施工效率，且海上施工条件较为复杂，在海上进行接桩无法保障接桩质量。因此，为保障项目施工进度及接桩质量，拟将桩基运送至加工单位附近码头，经监理验收通过后，由桩基施工单位进行接桩，接桩完成后通过水路运送至施工场地进行打桩；或在加工厂内单根桩基加工完后，通过水路运送至施工场地进行打桩。

本项目 PHC 桩基连接处拟采用机械连接+焊接连接+混凝土注浆的连接方式。

3、施工准备

施工前，首先进行测量放线工作。根据设计施工图纸计算出的管桩桩位坐标，

通过将桩位布置图导入 GPSRTK 设备中，测设出拟施工管桩桩位坐标。管桩施工前，须上报计算出的桩位坐标与相关单位进行复核工作。测量放点时须预先设置好管桩管径大小，管径中心点必须与管桩桩位坐标重合。

4、PHC 桩基吊运与堆存

接桩完成后按照落驳图进行管桩装运，装船时应依照沉桩作业顺序确定管桩装船顺序，即按照“后打的先装，先打的后装”的顺序依次装船。运桩驳船两侧须加设支撑，避免运送时管桩滚动，管桩各叠层接触面应加垫垫木，且各层垫木应位于同一垂直面。驳船出发前，应依照相关作业质量要求对 PHC 管桩规格尺寸、外观质量、轴线偏差及焊接质量、堆放顺序等实施检查，确保其均能满足落驳图的相关要求。

本工程所用 PHC 桩基通过运输船直接运输到海上施工现场，通过运输驳上配置的起重机械将管桩起吊运输到打桩船上进行堆存。桩在吊运过程中应轻吊轻放，桩采用二个吊点，保持平稳，避免碰撞。预制桩堆放场地应平整坚实，按桩的规格、长度及施工流水作业顺序分别堆放。

PHC 桩基运输采用 2000t 级及以上无动力运输驳进行运输，配置锚艇和拖轮。浅水区采用乘潮进场作业方式，同时运输驳船应具备坐滩功能。

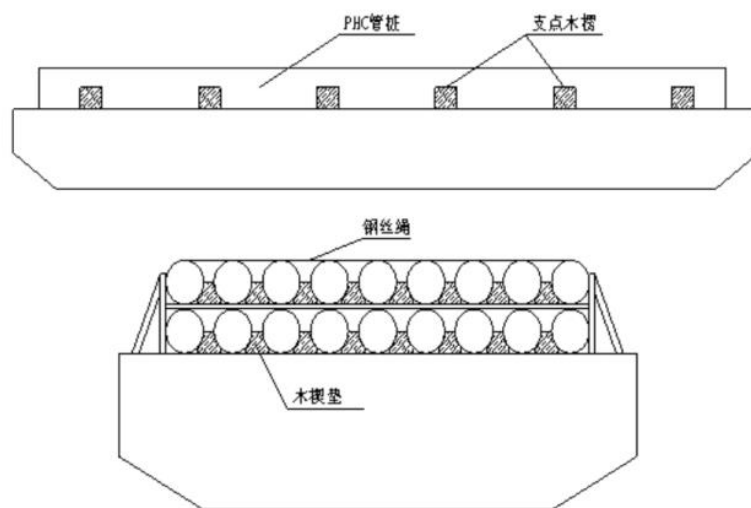


图 2.3-3 船舶运输示意图

5、PHC 桩基沉桩方案

沉桩作业前，必须对打桩水域水下地形进行扫海探摸，对妨碍打桩的障碍物予以清除。PHC 桩运至施工现场后应及时做好复检记录，并报请监理工程师验收。本项目采用两根 PHC 管桩连接形成光伏支架基础，拟采用单榀桁架吊装方

案，对桩的定位精度较高，拟采用简易抱桩架作为沉桩精度控制措施进行沉桩施工。光伏基础沉桩拟投入多组沉桩设备，每组设备包括 1 艘桩架船或浮式全回转起重船（起重能力 50t 以上）和 2 艘运桩驳（2000t 级）。施工由拖轮和抛锚艇进行配合作业。施工前施工船舶应到施工区域海况适应性进行现场试验，确保施工安全。交叉作业船舶应提前进行沟通。

本项目本阶段基础拟推荐采用桩架船或浮式全回转起重船进行沉桩施工，按施工区域进行桩基流水作业。

施工船舶定位采用 DGPS 定位定向仪等设备，船舶定位软件采用“海洋工程施工船舶管理系统”，以图形化的方式实时显示船舶的位置和各种背景底图，可以接收多种设备的数据，采用网络的方式对数据进行集成和共享，实现多终端的界面显示。

打桩船进桩基附近后，船首锚缆抛交叉锚，降低对已安装光伏区的影响，船尾落锚点选择光伏支架的中间开阔位置，避开桩基影响。

桩架船沉桩施工时拟利用桩架船将 PHC 桩吊起，插入辅助抱桩架套管内，将其沉至设计标高（定位架套管旁设有导向标杆和高程控制杆）。以此方式完成单根桩的沉桩，桩架船再移位至下一根桩的位置。

全回转起重船施工作业前需通过适应性改造，在全回转起重船上单舷侧根据桩基行间距安装 5~6 个定位架，定位架采用焊接固定。定位架采用双层形式，每层设置 4 个千斤顶，用于调整 PHC 管桩的垂直度（具体改造方案应根据施工船只参数及相关部门要求）。全回转起重船抛交叉锚定位完成后，装有 PHC 管桩的运输船直接靠泊至打桩船无安装定位架的船侧，无需抛锚，通过系缆固定船位。对于浅水区基础施工，采用可坐滩式浮式起重船施工，选择合适窗口期乘潮施工。

PHC 管桩翻身完成后，旋转进入抱桩器拢口，通过抱箍、配合测量，控制桩基垂直度，入泥稳住、且垂直度满足要求后脱钩。然后起吊振动锤，套锤沉桩至设计标高。沉桩过程用经纬仪及时跟踪观测桩身状态，发现偏斜及时调整校正，使误差控制在允许范围内。沉桩后，应立即对桩顶标高进行复测验收。对于标高不满足要求的，应复振或割平至符合设计要求为止。

6、上部支架施工方案

单榀桁架+支架结构拟采用起重能力 50t 及以上的浮式起重船进行海上安装，

即在沉桩完成施工的部分，利用该起重船立即进行该部位的一体化结构安装。单樑桁架+支架结构利用 1000t 级及以上无动力运输驳进行运输，配置锚艇和拖轮。安装前，设备运输驳停靠在起重船侧面，完成系缆固定。利用起重船将单樑桁架吊起，调整好方位，使单樑桁架中心对准 2 根桩基，缓慢下放，工人通过小型船只到达桩位处，进行支腿的焊接固定；焊接完成后应及时进行补防腐施工。起重船摘钩条件，当 2 个支腿全部搁置在桩顶连接后方可摘钩，随后起重船移位至下一作业位置进行后续工作。

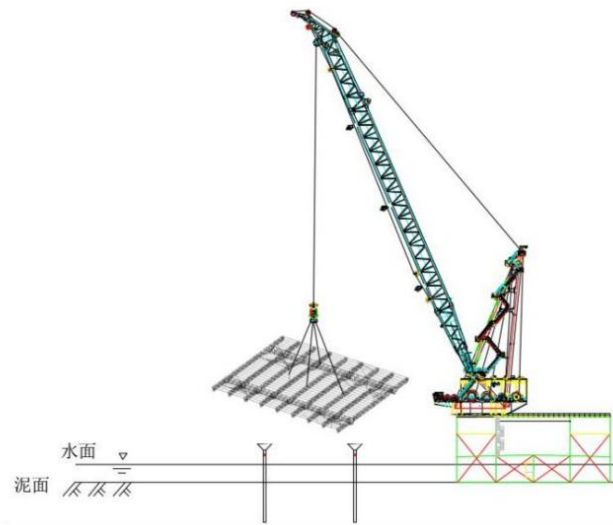


图 2.3-4 桁架安装示意图

7、光伏组件方案

上部支架光伏板的安装采用传统的光伏安装方案。利用施工完成后的 PHC 桩和桁架，在两排桩和两樑桁架之间搭设简易的安装平台或辅助施工工装，人工进行上部支架钢结构和光伏板的安装。人员海上作业应做好充分的安全保障工作并满足相关部门的要求。

2.3.2.2 光伏场区设备安装

基础采用高强度预应力混凝土管桩，初步设计为直径 600mm 的 PHC 管桩和 D800 的钢管桩。上部采用钢结构平台，钢结构构件需采用热镀锌处理。

箱变平台桩基础与光伏支架桩基础一起施工，施工工艺与光伏组件桩基施工工艺相同。因紧靠施工栈桥，箱变平台待钢栈桥施工完成后开始施工，平台材料采用人工推车通过栈桥运输至箱变平台位置，人工进行平台安装施工。

单个箱变重约 12t 左右，箱逆变一体机设备陆运至岸边转运码头后，采用汽

车吊吊至运输驳船运输至安装现场，采用驳船加 55T 履带吊进行吊装。

2.3.2.3 电缆敷设

本项目海缆敷设主要包括光伏场址与养殖区登陆点之间的 66kV 海底电缆；养殖区登陆点与海陆转换点之间的 66kV 海底电缆。具体施工工艺如下：

1、光伏场址与养殖区登陆点之间电缆敷设

光伏场址与养殖区登陆点之间的海底电缆敷设具体施工工艺如下：

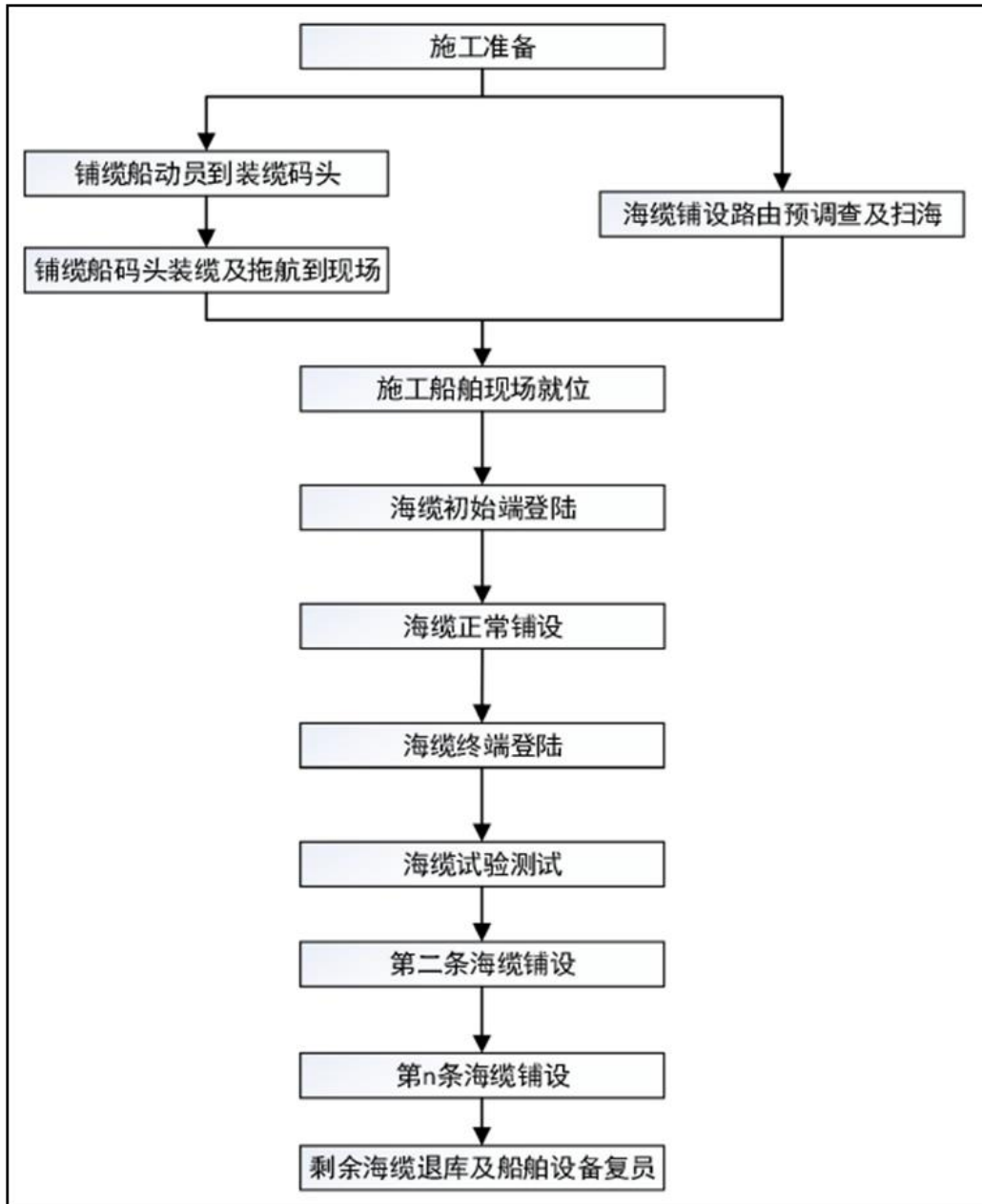


图 2.3-5 海缆施工流程示意图

(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 2.0m 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）电缆登陆敷设施工

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、养殖区登陆点与海陆转换点之间

海缆穿越围堰区并于汇集点处汇集，汇集点处设置 4 座海陆缆转换井(每个项目一座)，每座海陆缆转换井大小为 15m*3m*3.5m;与海陆缆转换井内转换为陆缆，围堰区内采用敷设方案: 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，出鱼塘后直埋至陆上升压站。

定向钻的施工工艺流程如下：

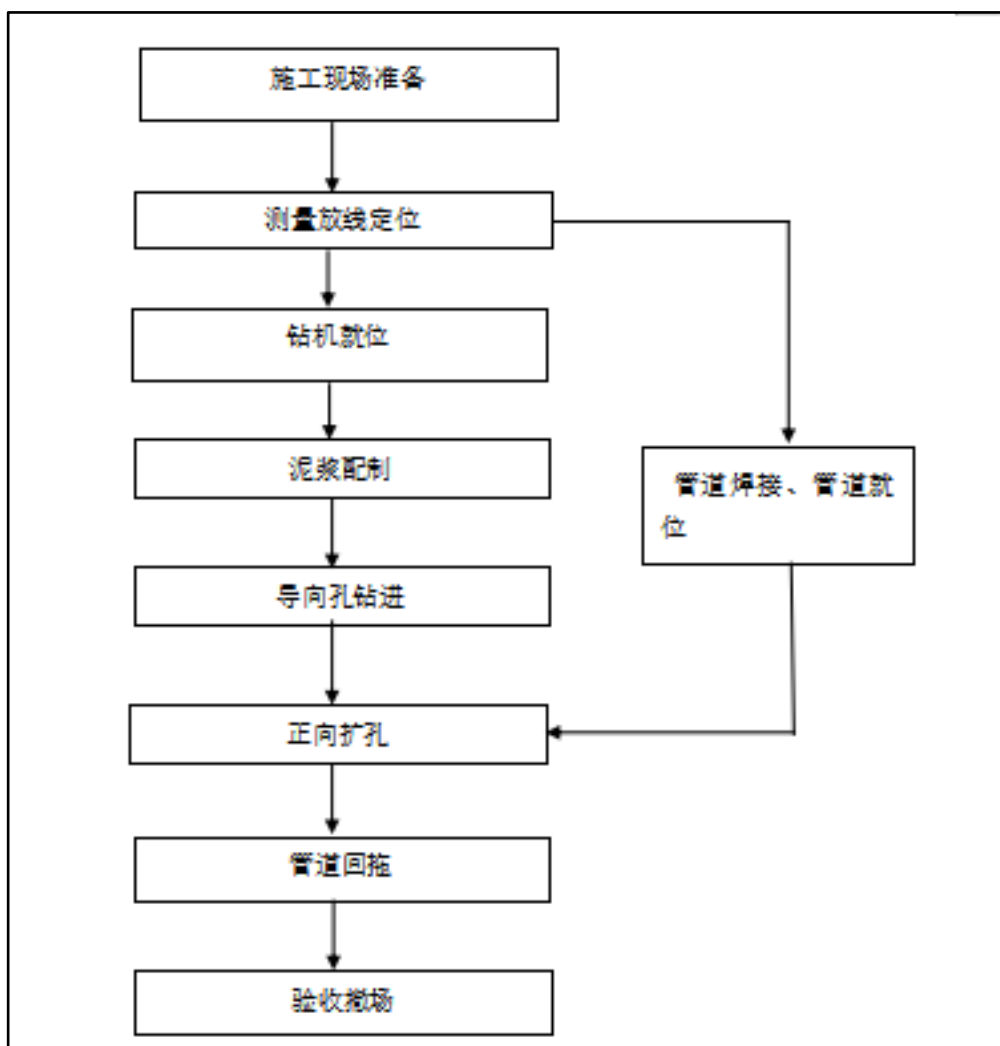


图 2.3-6 定向钻施工流程图示意图

(1) 设备选择、测量放线及场地准备

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，拟定出土点，入土点，放出钻机安装位置线，测量（核对）出入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。

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。

（2）钻机就位和调试

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。

按照地质情况，确定配制方案（砂质粉土和流沙土）。根据地质情况，确定泥浆配比后进行钻机试钻，钻机安装后，进行试运转以检测各部位运行情况。

（3）钻孔导向、扩孔及管道回拖

需根据实际的埋深确定相应的导向设备，越深要求越高。

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。

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。

（4）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。

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，海缆地埋段场区 6m 深区域至养殖区右端位于泥面以下，采用埋设犁挖沟作业，埋设犁

经过该区域后，海底沉积物将管沟掩埋，而不需要填埋工作，因此不涉及土石方的开挖及回填。

本项目路由段采用定向钻施工船，无余出土方。

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

本工程建设总工期为 12 个月。

表 2.3-1 施工进度表

第n月 施工单元	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
施工 前期准备												

陆上 升压站施工		■										
光伏组件支 架基础施工		■	■	■	■							
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 600 人，平均时段月投入劳动力为 450 人。

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 2.3-2 主要施工机械设备表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	施工用途
PHC桩+桁架光伏施工机械设备表					
1	桩架船	可坐底/	艘	1	钢管桩沉桩
2	全回转起重船	可坐底, 起重能力50t及以上	艘	1	钢管桩沉桩
3	运桩驳	2000t	艘	2	钢管桩运输
4	运输驳	2000t	艘	2	桁架及支架运输
5	运输驳	2000t	艘	1	光伏板运输
6	拖轮	800HP	艘	2	拖航
7	抛锚艇	1000HP	艘	2	抛锚
8	交通船	/	艘	2	人员交通
9	柴油发电型电焊机	10kW	艘	1	施工配合
10	柴油发电机	30kW	艘	1	施工配合
11	打桩锤	振动锤	个	2	沉桩作业

电缆敷设					
1	带埋设机的铺缆船	800t载缆量及以上	艘	1	660kV海底电缆铺设
2	电缆运输船	配置小吊机	艘	5	中、低压电缆运输
3	卷扬机		台	2	电缆牵引
4	机动绞磨机	30kn, 5.7kW	台	5	电缆牵引
5	电缆输送机		台	10	
6	抛锚艇		艘	2	铺缆船抛锚
7	两栖挖掘机		辆	4	电缆沟开挖及土方回填施工
8	交通艇		艘	1	
9	补给船		艘	1	

2.4 项目用海需求

国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目建设 400MW 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 26 年 (含施工期 1 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 447.1221 公顷，其中透水构筑物用海面积为 424.7249 公顷，海底电缆管道用海面积为 22.3972 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 20.1m，不新增岸线。

表 2.4-1 项目界址点坐标表

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（2019年本）》（2021年修正）中在“第一类 鼓励类”中的“五、新能源”中，包含以下项目类别：

“1、太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成技术开发应用、逆变控制系统开发制造

2、氢能、风电与光伏发电互补系统技术开发与应用

3、太阳能建筑一体化组件设计与制造

4、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

5、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

6、生物质直燃、气化发电技术开发与设备制造

7、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、锅炉和炉具制造

8、以农作物秸秆、畜禽粪便、生活垃圾、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

9、沼气发电机组、沼气净化设备、沼气管道供气、装罐成套设备制造

10、海洋能、地热能利用技术开发与设备制造

11、5MW及以上海上风电机组技术开发与设备制造

12、海上风电场建设与设备及海底电缆制造

13、能源路由、能源交易等能源互联网技术与设备

14、高效制氢、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

15、移动新能源技术开发及应用

16、传统能源与新能源发电互补技术开发及应用”

本项目建设属于上述目录中的第 1 条“太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成开发应用、逆变控制系统开发制造”。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，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 项目建设是实现秦皇岛市碳达峰、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，是以习近平总书记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。”

本工程建成后年均上网电量为 754596MWh，降低了化石能源的消费，减少 CO₂ 排放量。此外，每年还可减少大量的灰渣及烟尘排放，节约用水，并减少相应的废水排放。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，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。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 400MW，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工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

项目建设国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目,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。

本项目建筑材料由周边市场供应,带动当地企业的发展,预计拉动区域经济产值约 70000 万元,项目施工和运营预计就业人数 750 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 299995.88 万元,总投资收益率 2.92%,投资回收期 13.96 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 0.0~10.0m 之间，申请用海面积为 447.1221hm²，拟规划装机容量交流侧 500MW。项目区域太阳总辐射年总量 1468.2kWh/m²，属于太阳能资源很丰富区域，水平面总辐射稳定度 $GHRs=2.17/5.76=0.38$ ，水平面总辐射稳定度等级为稳定；直射比 0.501，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。

(4) 海域立体开发利用的必要性

1) 本项目是响应国家立体分层设权的需要

根据《中华人民共和国海域使用管理法》(以下简称“海域法”)第 2 条规定

“本法所称海域，是指中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，表明水面、水体、海床和底土均可作为独立的经济资源进行开发利用；同时“海域法”第23条规定，“海域使用权人有依法保护和合理使用海域的义务；海域使用权人对不妨害其依法使用海域的非排他性用海活动，不得阻挠。”已从海域使用范围界定、海域功能开发利用以及集约节约用海的重要精神等方面对立体化确权作出了指示，对海域空间的充分利用、海洋资源的综合开发具有重要的现实指导意义。

2023年11月13日，自然资源部发布了《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）提出，随着海洋经济快速发展，用海需求持续增加，海域空间资源稀缺性日益凸显。开展海域立体分层设权是完善海域资源资产产权制度、丰富海域使用权权能的重要举措，也是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的必然选择，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。“通知”明确了可以立体分层设权的用海活动“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、**养殖**、温（冷）排水、**海底电缆管道**、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。完全改变海域自然属性的填海，排他性较强或具有安全生产需要的海砂开采等开发活动不予立体分层设权。”

综上，本项目立体分层设权是响应国家政策，落实党中央、国务院关于自然资源资产产权制度改革及要素市场化配置综合改革的决策部署，规范海域立体开发活动用海管理的需要。

2) 本项目立体分层设权是解决所在海域养殖占用情况的需要

本项目位于昌黎县海域内，经过多年的发展，该海域已形成了以扇贝筏式养殖为主的海上养殖业。场址区域与现状扇贝筏式养殖有重叠，海底电缆管道穿越围海养殖区，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书》，承诺将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。根据《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目与渔业生产融合专题报告》，“渔光互补”多层次养殖模式示在设计好光伏与水产养殖面积比例的情况下，是切实可行的。为保障养殖户的权属利益，本项目光伏厂区仅申请水面层，海底管缆仅申请底土层，不占用养殖空间水体层，属于典型的可以立体设权的用海活动，极大的提高了项目所在海域的利用效率。

综上，从产业政策、与毗邻用海活动的兼容性的角度，海域立体开发利用是必要的。

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 20 余公里，宽约 13 公里，高 30 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 4.88 万亩。其中，沿海滩涂 3.27 万亩，占 67.01%；内陆滩涂 1.62 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 3.54 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 504 种，其中石河南岛就观测到 409 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 409 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。

截至 2022 年底，秦皇岛市港口已形成码头岸线 15.6 公里，陆域面积 13.7 平方公里；拥有各类生产性泊位 73 个，综合通过能力 2.48 亿吨，其中煤炭专业化泊位 20 个，通过能力 1.8 亿吨；集装箱泊位 3 个，通过能力 75 万标箱。公用航道 8 条，总里程 46 公里；锚地 4 块，总面积 221.3 平方公里。

随着港口规模的扩大，秦皇岛市港口吞吐量也节节攀升。2001 年全港吞吐量突破 1 亿吨大关，2006 年再上一个台阶达到 2 亿吨；2011 年全港完成货物吞吐量 2.88 亿吨，其中煤炭完成 2.54 亿吨，均为历史最高。2022 年，秦皇岛市港口完成货物吞吐量 1.93 亿吨，其中煤炭完成 1.7 亿吨，集装箱完成 63 万标箱。今年上半年，秦皇岛市港口完成货物吞吐量 9489 万吨，其中煤炭完成 8553 吨，集装箱完成 29 万标箱。

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、鲈类、鲳类、鲱类、鲷类、鳎类等。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**km，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、蓝点鲅、牙鲆、黄鲫、孔鳐、油鱼子、黄盖鲈等为多，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 14 种，矿产地 33 处，其中黑色金属 7 处，有色金属 3 处，化工非金属 8 处，建材非金属 9 处，矿泉水 3 处，地下水 3 处。包括铁矿 6 处，探明铁资源量 $4.8289 \times 10^7\text{t}$ ；煤（泥煤、草煤）8 处，资源量 $3.672 \times 10^4\text{t}$ ；建筑用石 2 处，估算资源量 5000 万吨；石英砂，资源量 $155821 \times 10^7\text{m}^3$ 。

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：

①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 太阳能资源概况

本节资料引自《国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目可行性研究报告》（中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，2024 年 5 月）。

3.1.8.1 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。

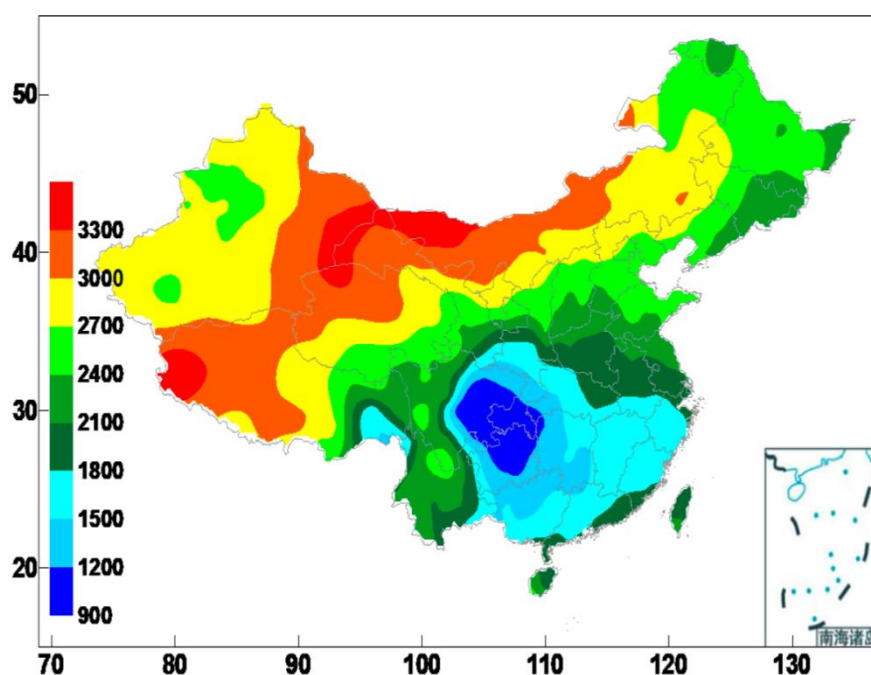
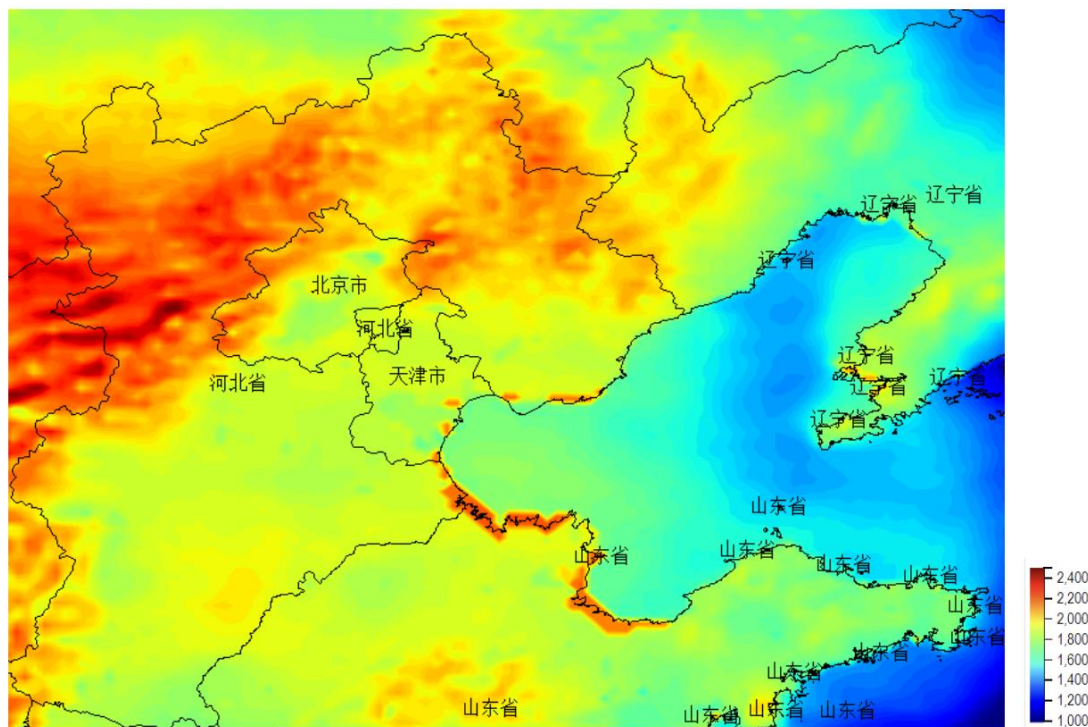


图 3.1-1 我国年平均太阳辐射总量分布

3.1.8.2 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

5600~5891MJ/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。



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 800MJ/m² 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 5040~6300MJ/m² 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 1450~1550kWh/m² 左右，太阳能资源较为丰富，开发利用价值良好。本项目位于河北省秦皇岛市昌黎县东南方向 30km，水深约为 4.0m~7.0m。由河北省太阳能辐射总量分布图可知，该区域水平面年太阳辐射总量约为 1450~1550kWh/m² 左右，太阳能资源较为丰富，开发利用价值良好。

3.1.9 太阳能资源分析

本节资料引自《国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目可行性研究报告》（中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，2024 年 5 月）。

3.1.9.1 太阳能资源对比分析

本项目各种辐射数据库数据推算数据进行对比，根据对比结果，选取合适的

辐射数据对场区太阳能资源进行评估。

(1) Meteonorm 辐射数据

Meteonorm 是一款瑞士公司为太阳能行业制作的辐射数据库，数据源采用气象站数据，在缺少气象站的地区则采用数学模型进行插值计算。并且可以生成逐时辐射数据。由于其覆盖地域广、分辨率高、兼容性好、数据准确性较为可靠，Meteonorm 在世界范围内得到广泛的应用。本软件数据涵盖了约 8325 个气象站的气象实测数据，包括总辐射量、直接辐射量、温度、降水量、湿度、风速等。对于没有辐射数据的地点，本软件可以利用项目站址处周边一个或多个具有辐射数据的气象站，采取 1992 年国际能源署公布谢氏权值插值公式进行推算，谢氏权值插值公式能够根据参考气象站的辐照数据推算代表气象站的辐照数据，（还可推算出代表气象站的温度、降水量等其他气象参数），并对推算出的数据根据纬度和地形条件进行修正。

表 3.1-1 场址区 Meteonorm 太阳辐射数据统计表

经 Meteonorm 辐射数据库推算，本项目光伏场区年均太阳辐射约为 1412.1kWh/m^2 ，位于年辐射量 $1400\text{kWh/m}^2\sim 1750\text{kWh/m}^2$ 之间。根据《太阳能资源评估方法》（GB/T37526-2019），场址属于太阳能资源很丰富带，太阳能辐射等级为 B 级。

(2) Solargis 辐射数据

Solargis 是太阳能评估和规划交互式工具，利用卫星遥感数据、GIS（地理信息系统）技术和先进的科学算法得到高分辨率太阳能资源及气候要素数据库，涉及范围已涵盖欧洲、非洲和亚洲。上述参数在中国范围内分辨率可达到 250 米。日内瓦大学认为市场上最优秀的太阳能资源前期工具。查取此软件项目场址的辐射数据如下表所示：

表 3.1-2 场址区 Solargis 太阳辐射数据统计表

经 Solargis 辐射数据库推算，本光伏电站场址区域年均太阳辐射约为 1468.2kWh/m^2 ，位于年辐射量 $1400\text{kWh/m}^2\sim 1750\text{kWh/m}^2$ 之间。根据《太阳能资源评估方法》（GB/T37526-2019），场址属于太阳能资源很丰富带，太阳能辐射等级为 B 级。

(3) NASA 辐射数据

NASA 是美国航空航天局的简称，借助先进的卫星观测和数据处理技术，NASA 启动的 SSE 项目建立了全球地表气象数据库，其数据从 1983 年开始成立至今不断更新补充，因此可提供全球各地 1195 个地点的最新多年平均地表气象数据。NASA 数据也是太阳能软件 RETScreen 的数据源。其优点是使用方便，数据多样，覆盖全球。根据 NASA 计算结果，项目所在地辐射数据如下表所示。

表 3.1-3 场址区 NASA 太阳辐射数据统计表

经 NASA 辐射数据库推算，本光伏电站场址区域年均太阳辐射约为 1539kWh/m²，位于年辐射量 1400kWh/m²~1750kWh/m² 之间。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019)，场址属于太阳能资源很丰富带，太阳能辐射等级为 B 级。

(4) 乐亭气象站辐射数据

本次收集到的辐射数据资料主要包括乐亭气象站 28 年(1993 年-2020 年)逐月实测水平面月总辐射量，对其进行整理统计，结果如下。

经统计，乐亭气象站 28 年水平面年均总辐射量为 5286.36MJ/m²，即 1468.4kWh/m² 左右。

表 3.1-4 乐亭气象站统计水平面月总辐射量表 (MJ/m²)

通过对 Meteonorm、Solargis、NASA 辐射数据库与乐亭气象站实测辐射数据进行对比，光伏场区水平面年辐射量分别为 1412.1kWh/m²、1469.3kWh/m²、1539kWh/m²、1468.4kWh/m²。逐月辐射量直方图如下图所示：

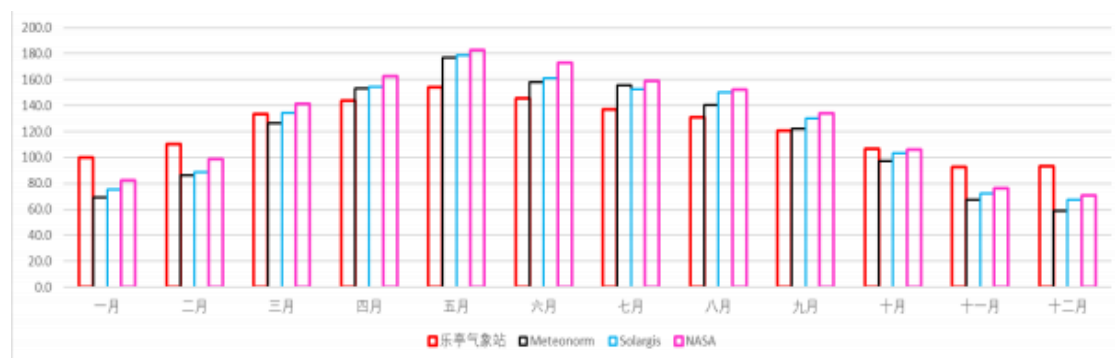


图 3.1-3 不同辐射数据对比直方图

通过对比，从水平面年辐射总量来看，Meteonorm、Solargis、NASA 三种数据分别为 1412.1kWh/m²、1468.2kWh/m²、1539kWh/m²，乐亭气象站实测辐射数据为 1468.4kWh/m²。可以看出 Meteonorm 辐射数据与 Solargis 辐射数据与乐亭气象站较为接近，其中 Solargis 辐射数据与气象站实测辐射数据基本一致。NASA 辐射数据偏差较大，可能由于该辐射数据库分辨率较大造成的。通过对比可以看

出 Solargis 数据与气象站实测数据最为接近，由于气象站为直接辐射、散射辐射等数据，所以采用 Solargis 辐射数据对光伏场区太阳能资源进行评估。

3.1.9.2 太阳能资源分析

(1) 太阳能资源总量及丰富程度等级

根据 Solargis 辐射数据推算结果，本项目场址区域总辐射数据统计如下：

表 3.1-5 场址区太阳辐射数据统计表

经 Solargis 辐射数据推算，光伏场区年总辐射量为 1468.2kWh/m^2 ，根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019)，该场区属于太阳能资源很丰富带，太阳能辐射等级为 B 类地区。

表 3.1-6 太阳能年水平面总辐照量 (GHR) 等级表

(2) 太阳能资源稳定度分析

光伏场区年均日辐射量为 $4.02\text{kWh/m}^2/\text{日}$ ，逐月平均日水平面总辐射量最大为 $5.76\text{kWh/m}^2/\text{日}$ ，最小 $2.17\text{kWh/m}^2/\text{日}$ 。水平面总辐射稳定度 $\text{GHRS}=2.17/5.76=0.38$ 。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019)，水平面总辐射稳定度等级为稳定，属于 B 类。

表 3.1-7 中国水平面总辐射稳定度等级划分表

(3) 太阳能资源直射比分析

场址区域水平面总辐射、散射量和直射量统计如下：

表 3.1-8 场址区域水平面总辐射、散射量和直射量

根据上表，光伏场区年水平面总辐射量为 1468.2kWh/m^2 ，年水平面散射辐射量为 732.7kWh/m^2 ，年水平面直射辐射量为 735.5kWh/m^2 ，光伏场区直射比 $\text{DHRR}=735.5/1468.2=0.501$ 。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019)，场址区域直射比等级为高，属于 B 类，直接辐射较多。

表 3.1-9 中国太阳能资源直射比等级划分表

3.1.9.3 太阳能资源评价

经 Solargis 辐射数据推算，光伏场区年总辐射量为 1468.2kWh/m^2 ，根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019)，该场区属于太阳能资源很丰富带，太阳能辐射等级为 B 类地区。

光伏场区年均日辐射量为 $4.02\text{kWh/m}^2/\text{日}$ ，逐月平均日水平面总辐射量最大为 $5.76\text{kWh/m}^2/\text{日}$ ，最小 $2.17\text{kWh/m}^2/\text{日}$ 。水平面总辐射稳定度

$GHRs=2.17/5.76=0.38$ 。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019),水平面总辐射稳定度等级为稳定,属于B类。

光伏场区年水平面总辐射量为 1468.2kWh/m^2 ,年水平面散射辐射量为 732.7kWh/m^2 ,年水平面直射辐射量为 735.5kWh/m^2 ,光伏场区直射比 $DHRR=735.5/1468.2=0.501$ 。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T37526-2019),场址区域直射比等级为高,属于B类,直接辐射较多。

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:

年平均气温 10.6°C

年平均最高气温 15.5°C

年平均最低气温 6.3°C

年极端最高气温 40.0°C

年极端最低气温 -26.0°C

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:

年平均降水量 645.9mm

年最大降水量 1273.5mm

年最小降水量 347.7mm

年平均降水天数 71.3 天

小雨的年平均降雨日数：54.7 天

中雨的年平均降雨日数：9.25 天

大雨的年平均降雨日数：4.98 天

暴雨的年平均降雨日数：2.33 天

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

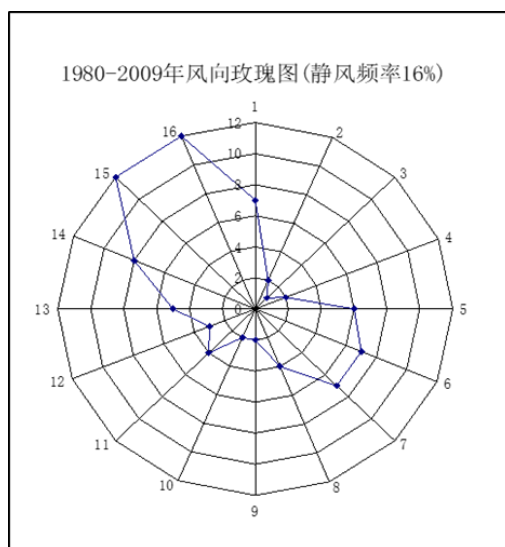


图 3.2-1 所在区域风玫瑰图

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 潮位特征值

略

3.2.2.2 波浪

略

3.2.2.3 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

图 3.2-2 水文动力调查站位分布图潮汐

3.2.2.4 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 695.1m。

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 0-18m。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 2~3m 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 10~12m，水深较陡，海底坡降在 2‰~3‰之间。

本项目所在区域水深范围为 6m~13m 之间。

图 3.2-3 渤海海域地形图

图 3.2-4 水深地形图

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 3.2-5 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。

（1）青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司调查资料

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。具体站位见下表及下图。

表 3.2-4 沉积物粒度站位坐标

图 3.2-6 沉积物粒度站位

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。

表 3.2-5 沉积物性质

注：“B3’、4’、F3”为平行样。

（2）大连市现代海洋牧场研究调查资料

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。

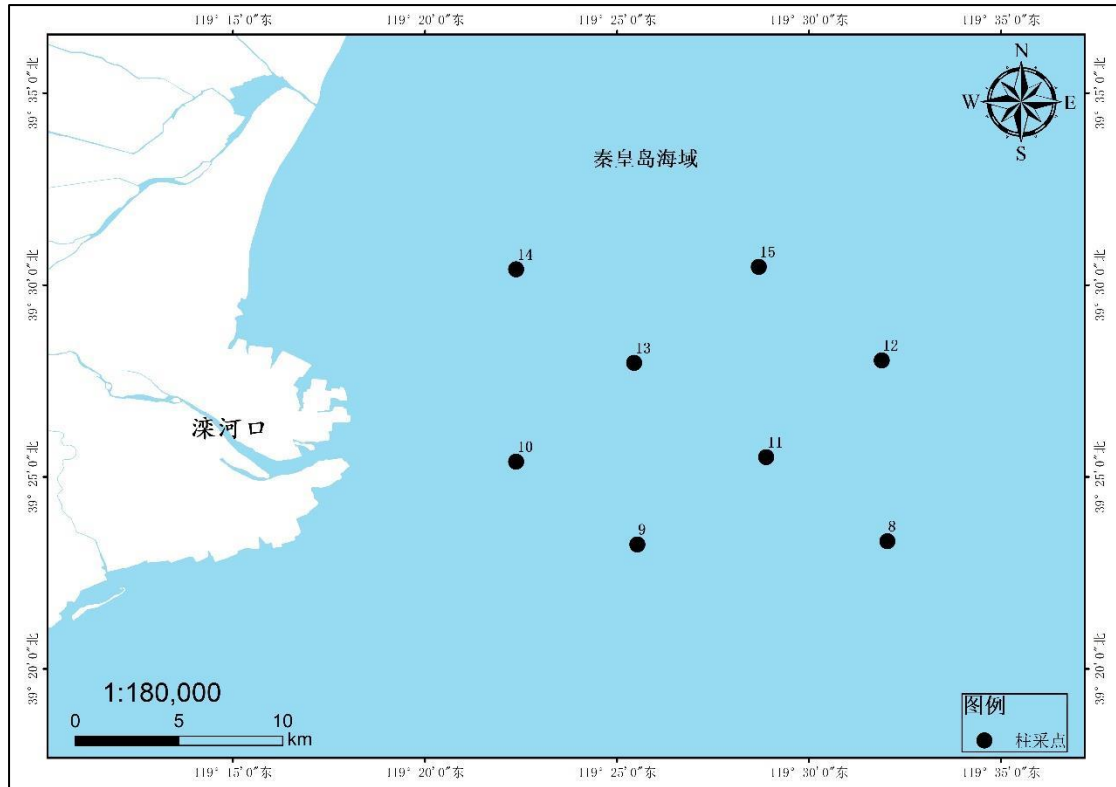


图 3.2-7 调查站位图

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。

表 3.2-6 沉积物性质

3.2.4 工程地质概况

本节内容引自《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目可行性研究报告》，中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，2024 年 5 月。

3.2.4.1 区域地质构造及地震稳定性评价

一、区域地层岩性

前新生界地层分布：在规划区及其附近前新生界基底为中生界、古生界和前震旦系。中生界为中、上侏罗统和下白垩统，广泛分布于凹陷内。古生界和前寒武系主要分布于砂垒凸起和石臼凸起部位。

古、新近系地层分布：近场区古、新近系地层分布广泛，尤以黄骅凹陷内地层发育全面。

第四系地层分布：本区地处滦河冲积扇的前部。自新生代以来，在古老的基底岩石上部堆积了巨厚的松散层，主要是晚更新世（Q3）及全新世（Q4）海相、

陆相及海陆交互相沉积层，岩性多为淤泥质土、粉土、粉砂、细砂及黏性土，其下伏基底岩石为震旦系以来至侏罗系地层。

根据本区已有资料，本区域第四系各时代地层的底界深度为：全新统(Q4)：13~30m；

上更新统(Q3)：126~148m；中更新统(Q2)：270~454m；下更新统(Q1)：387~586m。

二、区域地质构造

本区的一级构造单元为中朝准地台，二级构造单元为华北断坳，其构造及块体总体延伸方向为 NNE-NE 方向。古近纪地壳活动剧烈，产生了数十个断陷盆地，之间以隆起相隔。新构造分区属渤中坳陷与黄骅凹陷接触带。西部为属黄骅凹陷北段的南堡凹陷，北为老爷庙构造带和高一柳构造带，东接马头营凸起和石臼坨凹陷，南邻沙垒田凸起，西邻北塘凹陷，是渐新世以来持续沉降的凹陷区。自西向东，其二级构造有北堡构造带、林雀堡次凹、老堡~蛤坨构造带、曹妃甸次凹、高南次凹和车北构造带。

自中元古代至中生代末，本区经历了多次沉积与隆起剥蚀作用，致使在前蓟县系结晶基底之上除分布有厚度不大的下~中罗系陆相碎屑岩外，其它前新生界盖层大部缺失。渐新世以来由于剧烈地断陷作用而沉积巨厚(5000~8000 米)，其中尤以渐新统沙河街组的河、湖相沉积特别发育，厚达 1500~4500 米。

区内正断层特别发育，以北东和北东东向为主，其次为北西向，由断层控制的断块组成的潜山、垒、堑、断阶和掀斜构造是主要构造形式，挤压褶皱极为少见。

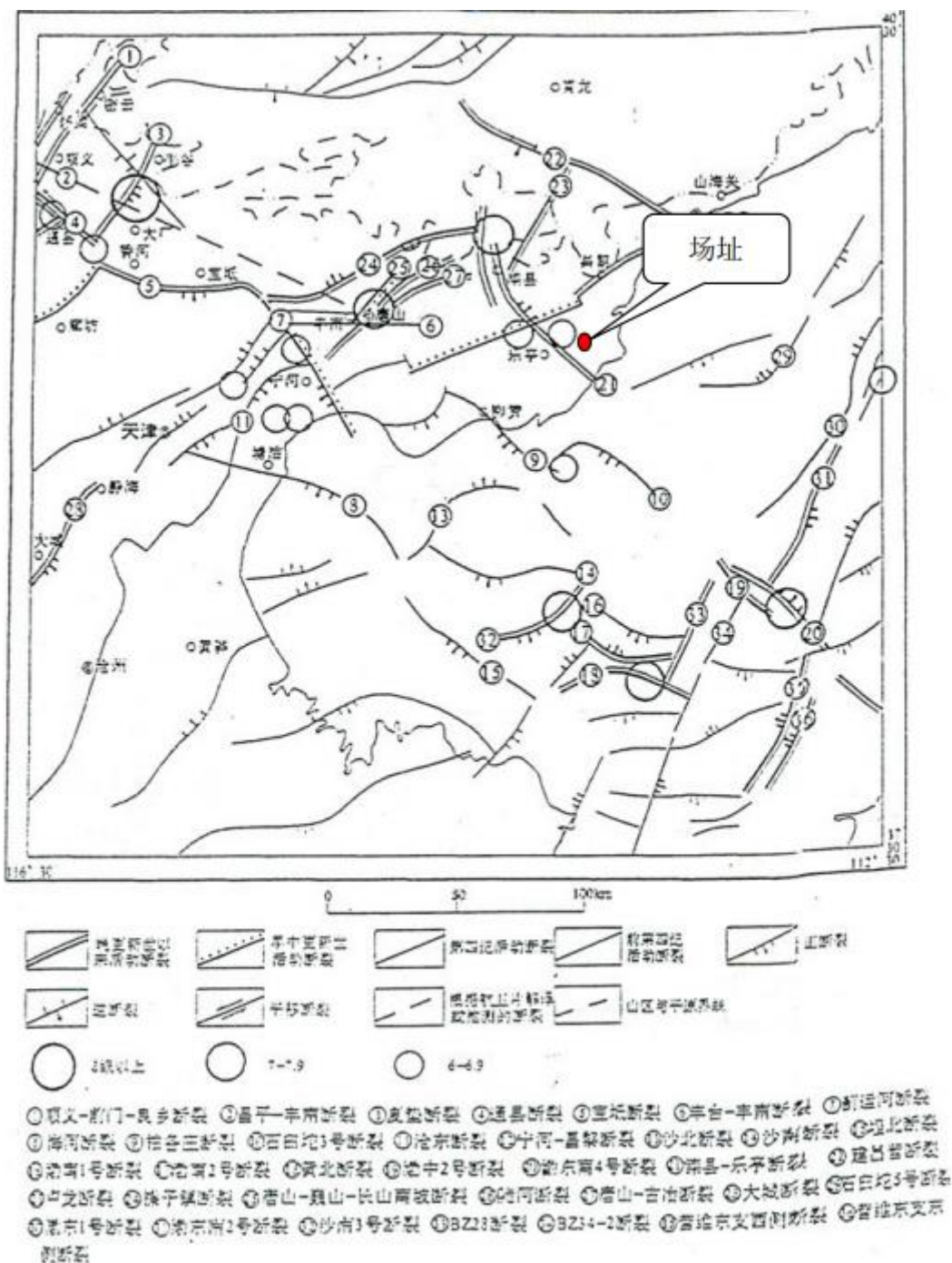


图 3.2-8 区域地震带划分示意图

本工程区域附近主要断裂构造特征和活动性论述如下：

海河断裂(8)：长度约 85km，走向 NWW，倾向 SE，倾角 70 度，断裂性质属于正断层，最新活动时代为 Q₃，该断裂在 1815 年发生 5 级地震。穿过天津市区，一直延伸到渤海湾西部海井附近。该断裂在海域构成沙垒田凸起边界，是歧口凹陷及沙南凹陷的分界断裂在陆地为潘庄凸起与白塘口凹陷、双窑凸起和塘沽鼻状隆起与板桥、歧口凹陷的分界断裂。海河断裂主断层倾向南，上部倾角约

70°,向下逐渐变缓,为张性正断层。人工地震资料显示,海河断裂新近系底部垂直断距为50~120m,上断点断至第四系中部,断距20~40m。沿断裂1815年在葛沽发生了5.0级地震并有现代微震活动,1963年至1967年有两次4.0级和若干3级地震,1998-1999年也发生过数次2~3级左右的微震。

柏各庄断裂(9):北起唐海县城以北,向东南经柳赞延入海区,总体北西走向,倾向南西,倾角30~50°,为断面上陡下缓呈铲形的正断裂,长约35km。柏各庄断裂开始发育于中生代,主要形成于早第三纪,客观存在与北东向西南庄断裂一起控制了南堡凹陷的北界。根据石油地质勘探资料,表明柏各庄断裂进入第三系而未达第四系,是一条晚第三纪有过活动的断裂。

石臼坨3号断裂(10):长度约95km,走向NW-EW,倾向S,断裂性质属于正断层,该断裂被横向断层切割成倾向不一,活动性不同的两段,西段倾向北,最新活动时代为晚更新世中晚期。东段倾向于南,最新活动时代为全新世中晚期。该断裂历时上发生过1568年6级地震。

宁河-昌黎断裂(12):断裂西起宁河,经昌黎后延入渤海。断裂产生于前震旦纪,中生代又有强烈活动。其东南盘下降,堆积了很厚的中生代碎屑岩系,西北盘上升,缺失中生代地层。新活动强烈,东盘在第三纪强烈下沉,形成厚达4000m左右的堆积盆地,西北侧仍然上升,缺失第三纪的沉积。根据钻孔资料,第四纪时断裂东盘降、西盘升,落差可达400多米。在断裂带的北西盘上,有一平行该断裂的北东东向的河流纵比降转折带,与断裂的北西盘上升、南东盘下降一致。另外,自新石器时代开始,由北往南分布有五个时期的古海岸线,它们大致平行于断裂。新石器时代古海岸线分布在断裂带北侧,其余各时期海岸线均分布在南侧,这可能与宁河-吕黎断裂带活动有关。

沙北断裂(13):此断裂又称曹妃甸断裂,是沙坨田凸起的北缘断裂,呈向北凸出的弧形分布,倾向北,断面为平面状形态,长约45km。沙北断裂在早第三纪时对下第三系沉积无明显控制作用,但从中新世起活动明显,上第三系馆陶组上段底面的断距有50~150m,向上已断进第四系。据此沙北断裂是一条第四纪活动断裂,全新世以来活动不明显。根据有关资料,该断裂所在区域,历史上没发生过大于5级的地震,在未来发生6级以上地震的可能性不大。

沙南断裂(14):长度60km,走向EW,倾向S,断裂性质属于正断层,活动

时代为 Q₁₋₂。

滦县-乐亭断裂 (21): 该断裂控制了山海关块隆和唐山块陷的活动。长期以来,前者上升,后者下降。断面走向北西、倾向北东,为高角度逆冲断层。在马城与野鸡坨之间由四条平行的断层组成。该断裂形成于前古生代,新生代强烈活动,在滦县以西有一系列北北西走向的断层残山。断裂东侧发育上升海岸,出现高达 20~40m 的砂丘以及海蚀穴、陆连岛,西侧发育下降海岸,出现三角洲、湿地。断裂两侧分布着三个历史时期的滦河冲积扇,它们是滦县-乐亭断裂新活动的结果。更新世晚期,断裂西侧下沉,滦河西迁,形成早期冲积扇,12000 年至 3000 年前,断裂东侧下沉,滦河东迁,形成中期的冲积扇,3000 年前至今又变为东侧升、西侧降,滦河西迁,形成晚期的冲积扇。滦河的多次迁移,反映了断裂两侧的多次升降运动。现今,位于断裂西侧的乐亭县王滩镇海边两个小村子,因为海岸的不断下沉,不得不在 1959 年搬迁,村子的原址已被海水淹没,说明滦县-乐亭断裂的西侧仍处于下沉当中。

建昌营断裂 (22): 该断裂又称建昌营-秦皇岛断裂,断裂总体走向 NW280°,倾向 SW,倾角 50°~70°,破碎带宽度 25~40m。断裂为逆断层,从断面看擦痕有明显的挤压扭动特征,断裂曾有先正后逆,先张后压扭的过程。该断裂多期活动。

卢龙断裂 (23): 卢龙断裂总体 NE 走向,南端起点位于滦县附近,沿青龙河发育,倾向 SE,延伸长度超过 40km,沿断裂温泉十分发育。在滦河河心岛周王山出露的卢龙断裂,破碎带宽度约 30m,发育断层角砾岩,地貌上呈垭口式负地貌。1976 年唐山地震后,卢龙附近发生过 4 次 5~5.7 级地震,并且其震源机制解中的一组节面与卢龙断裂的走向基本一致,说明这些余震为卢龙断裂活动的结果。

石臼坨 5 号断裂 (29): 长度约 50km,走向 EW-NE,倾向 N,倾角 60-80 度,断裂性质属于正断层,最新活动时代为 Q₃。

渤海 1 号断裂 (30): 长度约 22km,走向 NE,倾向 NW,断裂性质属于右旋正断层,最新活动时代为 Q₃。

渤海 2 号断裂 (31): 长度约 25km,走向 NNE,倾向 N,倾角 60-80 度,断裂性质属于右旋正断层,最新活动时代为 Q₃。

三、区域地震

拟建工程区所属的区域位于华北断坳东部,燕山台褶带南部的华北断陷区内。地处郯庐地震构造带西部渤海与华北平原地震构造带北段东部边缘交界

处，位于 NW~NWW 向张家口~蓬莱地震构造带与郯城-庐江断裂带交汇区域，华北平原地震构造带北段发生 1679 年三河~平谷 8 级地震、1976 年唐山 7.8 级大地震。东部郯庐地震构造带海域历史上曾发生过 1888 年渤海 7.5 级地震和 1969 年渤海 7.4 级地震。

工程建设地震破坏主要来自外场区的强震破坏，遭遇外场地震烈度 $M \geq 6$ 度总计 10 次，影响最大的是 1976 年唐山 7.8 级地震。

四、场址稳定性评价

综上所述，根据区域地质资料，拟建场地周边临近范围内无发震断裂通过，场地范围及临近区域内无全新世活断裂通过，场地属于相对稳定地块，为可进行建设的一般场地，适宜进行工程建设，但区域远场地震对场区存在潜在影响，在设计时需考虑其对构筑物的影响。

3.2.4.2 工程地质条件

一、地形地貌

拟建场区海域宽阔，未见岛屿、礁石分布，场地范围内海床面总体上较平缓，总体特征是向离岸方向海床泥面高程逐渐降低，并向东南缓慢倾斜。场区水深约 0m~12m，本光伏场区地貌类型为滦河入海口水下三角洲地貌。

二、地层岩性特征及物理力学指标

根据本次勘测并结合区域地质资料综合分析，拟建场地地层主要为第四系冲积相及海相的沉积层，岩性主要为粉土、粉质黏土及砂土。根据本次勘测，将场地海底面以下 0.00~40.00m 深度范围内的地层，依岩性及物理力学性质自上而下分为六大层，分别叙述如下：

①填土 (Q_4^{ml})：土质不均，主要由粉细砂及混凝土块及砖块等组成，为人工修筑的防浪堤坝，填筑时间小于 20 年，主要分布在靠近岸边的区域，层厚 1.10~3.00，层底深度 1.10~3.00m，层底高程 -1.05~0.10。

②粉细砂 (Q_4^{al})：褐黄色~灰黄色，湿~很湿，松散~稍密状态，主要由长石、石英组成含少量云母，磨圆度高，分选性好，主要分布在西侧靠近岸边的区域，层厚 2.00~5.40，层底深度 5.00~7.50m，层底高程 -5.70~-3.05。

③淤泥质粉质黏土 (Q_4^m)：灰色~灰黑色，很湿，软塑~流塑状态，土体孔隙大，含有机质，有臭味，含砂粒及粉土颗粒，韧性及干强度低，层厚 0.90~8.70，

层底深度 0.90~16.60m，层底高程-14.89~-9.30。

③₁ 粉细砂 (Q₄^m): 灰色~灰黑色，湿，中密，主要由长石、石英、云母组成，磨圆度高，分选性好，多含黏粒，有臭味，含有机质，偶见贝壳碎片。本层仅在西侧 K7 勘探点揭露，揭露层厚 3.60m，揭露层底深度 8.60m，层底高程-6.65m。

④粉细砂 (Q₄^m): 灰色，湿~很湿，密实状态，主要由长石、石英、云母组成，磨圆度高，分选性好，多含黏粒，局部有黏性土、粉土团块，偶见贝壳碎片，局部地段可达中砂，层厚 1.50~18.60，层底深度 4.70~28.50m，层底高程-29.07~-16.39m。

④₁ 粉质黏土 (Q₄^m): 灰色~灰黑色，软塑~可塑，土质不均多含有砂粒及粉土颗粒，局部夹粉土及粉细砂薄层，韧性及干强度一般，仅在个别勘探点出现，层厚 1.20~2.50，层底深度 5.90~10.50m，层底高程-19.28~-17.59m。

⑤粉质黏土 (Q₄^m): 灰色~灰黑色，可塑状态，土质不均多含有砂粒及粉土颗粒，局部夹粉土及粉细砂薄层，韧性及干强度一般，在场地内广泛分布，层厚 0.60~6.10m，层底深度 16.50~33.10m，层底高程-44.33~-24.70m。

⑤₁ 粉土 (Q₄^m): 灰色~灰黑色，湿~很湿，密实，土质不均，含有砂粒及黏土颗粒，多有粉质黏土及粉细砂团块及薄层，摇震反应明显，层厚 1.20~6.30m，层底深度 15.20~35.00m，层底高程-46.23~-25.82m。

⑤₂ 粉细砂 (Q₄^m): 灰色，湿~很湿，密实状态，主要由长石、石英、云母组成，磨圆度高，分选性好，多含黏粒，局部有黏性土、粉土团块，偶见砾石，层厚 1.00~12.40m，层底深度 18.60~40.00m，层底高程-41.63~-29.58m。

⑥粉细砂 (Q₃^m): 灰色，湿~很湿，密实状态，主要由长石、石英、云母组成，磨圆度高，分选性好，多含黏粒，局部有黏性土、粉土团块，偶见砾石，最大揭露厚度 14.10m。

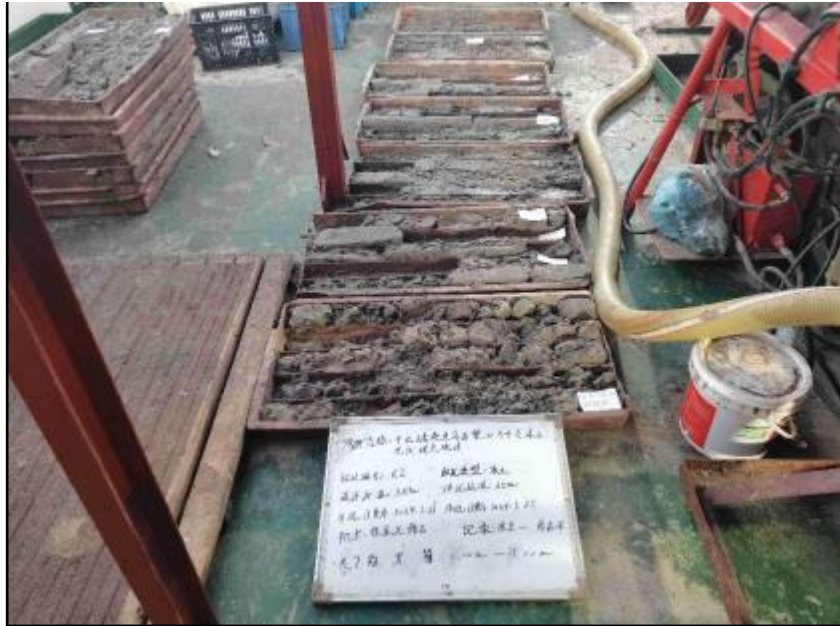


图 3.2-9 岩芯照片

3.2.4.3 水、土腐蚀性评价

根据本次勘测地基土离子含量分析成果见表 2.2-1。

表 3.2-7 地基土的腐蚀性评价一览表

土样编号	取样深度 (m)	pH值	主要离子含量 (mg/kg)				腐蚀性等级	
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	混凝土结构 (II类)	混凝土中钢筋 (长期浸水)
K2-1-1	2.40-2.60	8.85	23	28	3449	194	微	中
K2-3	7.00-7.20	9.02	62	70	2041	181	微	中
K2-6-1	12.40-12.60	8.76	85	42	4053	786	弱	中
K2-9	19.00-19.20	9.26	46	23	1668	242	微	中
K2-13-1	26.40-26.60	8.83	70	33	2089	499	弱	中
K2-14-1	28.00-28.20	8.97	54	23	1952	311	微	中
K8-扰 1	2.15-2.45	8.85	123	56	2579	418	微	中
K8-扰 4	16.15-16.45	8.86	69	74	2005	531	弱	中
K8-1-1	7.40-7.60	8.32	62	98	5208	49	微	强
K8-5-1	23.00-23.20	8.65	116	66	3143	692	弱	中
K12-1-1	2.00-2.20	8.56	46	75	6334	86	微	强
K12-2	4.00-4.20	9.60	35	21	1837	247	微	中
K12-6-1	15.00-15.20	9.10	46	14	2259	534	弱	中
K12-7-1	17.40-17.60	8.84	85	42	4244	776	弱	中
K12-10-1	23.40-23.60	8.81	77	28	1716	222	微	中
K12-11-1	25.00-25.20	8.48	46	14	2172	270	微	中
K12-12	28.00-28.20	8.10	138	47	2274	275	微	中
K12-14-1	31.00-31.20	8.49	135	68	3483	586	弱	中

K12-16-1	38.00-38.20	8.91	70	61	3851	659	弱	中
----------	-------------	------	----	----	------	-----	---	---

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2010)(2009年版)中规定,综合考虑,在II类环境下,场地土对混凝土结构具有弱腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性。场地土对钢结构的腐蚀性可按强腐蚀考虑。

根据本次勘测取得的海水离子含量分析成果见下表。

表 3.2-8 水的腐蚀性评价一览表

水样编号	pH值	主要离子含量 (mg/L)				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	总矿化度
水1	7.75	351.8	1131.7	17524.1	2765.3	31449.1
水2	7.79	351.8	1122.4	16987.0	2820.3	31597.3

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2010)(2009年版)中规定,综合考虑,在II类环境下,水对混凝土结构具有中腐蚀性,长期浸水条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性,干湿交替条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性。

根据《海上风力发电场勘测标准》(GB 51395-2019),水对钢结构具有中腐蚀性。

3.2.4.4 建筑场地类别及地震动参数

一、场地土类型及建筑场地类别

拟建场地内地层主要为粉土、粉质黏土及砂土,场地覆盖层厚度大于50m。依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)要求,考虑到拟建场地区域的地形地貌和地层岩性特点,综合判定拟建场地属对建筑抗震不利地段。

本次勘测进行了钻孔波速试验,场地20m以浅的地层等效剪切波速介于158~188m/s之间,平均值171.3m/s,依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版),判定线路沿线地基土类型为中软土,建筑场地类别III类。

表 3.2-9 等效剪切波速度计算结果

钻孔编号	等效剪切波速 (m/s)	平均值 (m/s)
K4	158	171.3
K8	168	
K11	188	

二、地震动参数



图 3.2-10 中国地震动峰值加速度区划图



图 3.2-11 地震动反应谱特征周期区划图

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)及《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2015图A.1,图B.1)(见图8-1,图8-2),拟建场地在II类场地条件下,50年超越概率10%的地震动峰值加速度为0.10g,地震动反应谱特征周期值为0.45s,按III类场地修正后50年超越概率10%的地震动峰值加速度为0.125g,地震动反应谱特征周期值为0.65s,抗震设防烈度为7度,

设计地震分组为第三组。

三、场地地震效应

根据本次勘测拟建场地抗震设防烈度为 7 度，场地存在地表水，地下水位埋深按 0m 考虑，20m 以上存在饱和的粉土及砂土，因此需对场地进行地震液化评价。

依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 4.3.4 条，在地面下 20.0m 深度范围内，液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}}$$

N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值，本场地取 7 (0.10g)；

d_s ——饱和土标准贯入点深度 (m)；

d_w ——地下水位 (m)，本场地取 0.0m；

ρ_c ——黏粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，应采用 3；

β ——调整系数，设计地震第一组取 0.80，第二组取 0.95，第三组取 1.05。

本场地为第三组，取 1.05。计算结果见下表。

表 3.2-10 液化计算表

勘探点 编号	标贯点 深度 d_s (m)	地层 编号	水位 d_w (m)	黏粒 含量 ρ_c	标贯击数		结果	I_{lei}	I_e	液化等级
					临界值 N_{cr}	实测值 N_i				
K1	1.80	①	0.00	3	6.97	7	不液化	0.00	不液化	
	3.30		0.00	3	9.17	14	不液化			
	4.80	②	0.00	3	10.86	18	不液化			
	6.30		0.00	3	12.23	23	不液化			
	12.30	④	0.00	3	16.05	24	不液化			
	13.80		0.00	3	16.76	29	不液化			
	15.30		0.00	3	17.41	38	不液化			
	16.80		0.00	3	18.00	49	不液化			
	18.30		0.00	3	18.55	60	不液化			
19.80	0.00		3	19.06	71	不液化				
19.80	0.00		3	19.06	71	不液化				
K3	1.80	④	0.00	3	6.97	33	不液化	0.00	不液化	
	3.30		0.00	3	9.17	46	不液化			
	4.80		0.00	3	10.86	49	不液化			
	6.30		0.00	3	12.23	57	不液化			
	7.80		0.00	3	13.39	25	不液化			

勘探点 编号	标贯点 深度 d_s (m)	地层 编号	水位 d_w (m)	黏粒 含量 ρ_c	标贯击数		结果	I_{ei}	I_{le}	液化等级
					临界值 N_{cr}	实测值 N_i				
	9.30		0.00	3	14.39	52	不液化			
	10.80		0.00	3	15.27	53	不液化			
	12.30		0.00	3	16.05	44	不液化			
	13.80		0.00	3	16.76	46	不液化			
	15.30	⑤ ₁	0.00	9.7	9.68	24	不液化			
	16.80		0.00	16.6	-	31	不液化			
	18.30		0.00	11.3	-	38	不液化			
	19.80	⑤ ₂	0.00	3	19.06	45	不液化			
	K5	3.30	④	0.00	3	9.17	19	不液化		
6.30		④	0.00	3	12.23	50	不液化			
7.80			0.00	3	13.39	60	不液化			
9.30			0.00	3	14.39	65	不液化			
10.80			0.00	3	15.27	75	不液化			
12.30			0.00	3	16.05	83	不液化			
13.80			0.00	3	16.76	88	不液化			
15.30			0.00	3	17.41	93	不液化			
18.3		⑤ ₁	0.00	11.1	-	28	不液化			
19.8			0.00	9.5	10.71	35	不液化			
K7	1.80	①	0.00	3	6.97	8	不液化	5.92	轻微液化	
	3.30	②	0.00	3	9.17	4	液化			
	4.80		0.00	3	10.86	16	不液化			
	6.30	③ ₁	0.00	3	12.23	20	不液化			
	7.80		0.00	3	13.39	22	不液化			
	16.80	④	0.00	3	18.00	26	不液化			
	18.30		0.00	3	18.55	36	不液化			
	19.80		0.00	3	19.06	85	不液化			
K8	2.30	②	0.00	3	7.77	5	液化	10.43	中等液化	
	4.30		0.00	3	10.33	9	液化			
	6.30		0.00	3	12.23	13	不液化			
	16.30	④	0.00	3	17.81	28	不液化			
	18.30		0.00	3	18.55	45	不液化			
K10	3.30	④	0.00	3	9.17	34	不液化	0.00	不液化	
	4.80		0.00	3	10.86	46	不液化			
	6.30		0.00	3	12.23	51	不液化			
	7.80		0.00	8	8.20	48	不液化			
	10.80	④	0.00	3	15.27	35	不液化			

勘探点 编号	标贯点 深度 d_s (m)	地层 编号	水位 d_w (m)	黏粒 含量 ρ_c	标贯击数		结果	I_{ei}	I_{le}	液化等级
					临界值 N_{cr}	实测值 N_i				
	12.30		0.00	3	16.05	42	不液化			
	13.80		0.00	3	16.76	38	不液化			
	15.30		0.00	3	17.41	40	不液化			
K11	3.30	④	0.00	3	9.17	11	不液化		0.00	不液化
	4.80		0.00	3	10.86	31	不液化			
	6.30		0.00	3	12.23	38	不液化			
	7.80		0.00	3	13.39	44	不液化			
	9.30		0.00	3	14.39	45	不液化			
	10.80		0.00	3	15.27	48	不液化			
	12.30		0.00	3	16.05	60	不液化			
	13.80		0.00	3	16.76	68	不液化			
	18.30	⑤ ₁	0.00	27.1	-	38	不液化			

根据对场地内 7 个勘探点 20m 深度范围内饱和砂土及粉土进行液化判别，场地液化等级在不同区域存在一定差异。其中 K7、K8 勘探点存在液化，液化等级轻微~中等，其余勘探点不液化。区域内液化土层主要为②层粉细砂，液化深度多在 5.00m 以上。

综上所述，场地内西侧靠近岸边，存在②层粉细砂的区域液化等级可按轻微~中等液化考虑；东侧水深较大，不存在②层粉细砂的区域按不液化考虑。

场地内③层淤泥质粉质黏土承载力 80kPa，可不考虑软土震陷的影响。

3.2.4.5 不良地质作用

根据区域资料及本次勘测，场址区海底较为平坦，地势从西向东缓倾，无海底崩塌、滑坡发育，无采空区问题，不压覆国家已探明的矿产资源，无古河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物，未发现礁石、沉船等水下障碍物。

3.2.4.6 地基土评价及地基方案建议

一、地基土评价

①填土：土质不均，主要由粉细砂及混凝土块及砖块等组成，填筑时间小于 20 年，承载力特征值 80-100kPa，工程性质差。

②粉细砂：松散~稍密状态，属于中压缩性土，平均标贯修正击数为 11.9 击，承载力特征值 110kPa，工程性质较差。

③淤泥质粉质黏土：软塑~流塑状态，土体孔隙大，含有机质，属于高压缩性土，

平均标贯修正击数为 2.6 击，承载力特征值 80kPa，工程性质差。

③₁ 粉细砂：中密，仅在西侧 K7 勘探点揭露，属于中压缩性土，平均标贯修正击数为 18.6 击，承载力特征值 140kPa，工程性较好。

④粉细砂（Q₄^m）：密实状态，属低压缩性土，平均标贯修正击数为 30.7 击，承载力特征值 200kPa，工程性质良好，可作为建构筑物基础及桩基持力层。

④₁ 粉质黏土（Q₄^m）：软塑~可塑，属中压缩性土，平均标贯修正击数为 5.6 击，承载力特征值 120kPa，工程性质一般。

⑤粉质黏土（Q₄^m）：可塑状态，属中压缩性土，平均标贯修正击数为 12.3 击，承载力特征值 140kPa，工程性质较好。

⑤₁ 粉土（Q₄^m）：密实，属中压缩性土，平均标贯修正击数为 24.3 击，承载力特征值 160kPa，工程性质较好。

⑤₂ 粉细砂（Q₄^m）：密实状态，属低压缩性土，平均标贯修正击数为 41.8 击，承载力特征值 280kPa，工程性质良好，可作为建构筑物基础及桩基持力层。

⑥粉细砂（Q₄^m）：密实状态，属低压缩性土，平均标贯修正击数为 42.7 击，承载力特征值 280kPa，工程性质良好，可作为建构筑物基础及桩基持力层。

二、地基方案建议

由于项目场地位于海上，水深可达 12.0m，因此光伏组件及设备需要在海上搭建平台，无法采用天然地基，建议采用桩基础，设计可结合施工条件及场地条件采用钢管桩、灌注桩等适宜的桩基形式。

场地内 40m 深度范围内存在多层砂土，实测标贯击数大多在 30 击以上，其中④层粉细砂及⑥层粉细砂局部标贯击数超过 50 击，会对钢管桩的贯入造成一定困难，设计及施工应予以提前考虑，并参考试桩结果，选择合适采用适宜的桩型及施工工艺。必要时也可考虑采用灌注桩。如采用灌注桩则应考虑适宜的护壁形式，防止砂土塌孔及淤泥质粉质黏土缩孔。

三、桩基参数及单桩承载力估算

依据《建筑桩基技术规范》（JGJ94—2008）及地区经验，结合土层物理力学指标，各地层桩基设计参数见下表。

表 3.2-11 各地层桩基设计参数表

	贯入桩	泥浆护壁灌注桩
--	-----	---------

地层岩性	极限侧摩阻力标准值 q _{sik} (kPa)	极限端阻力 标准值 q _{pk} (kPa)	极限侧摩阻力 标准值 q _{sik} (kPa)	极限端阻力 标准值 q _{pk} (kPa)
①填土	-	-	-	-
②粉细砂	25	-	22	-
③淤泥质粉质黏土	20	-	20	-
③ ₁ 粉细砂	50	-	46	-
④粉细砂	70	3500	65	1000
④ ₁ 粉质黏土	65	2200	60	700
⑤粉质黏土	70	2800	65	1000
⑤ ₁ 粉土	65	2800	60	1000
⑤ ₂ 粉细砂	75	3800	72	1000
⑥粉细砂	80	4000	76	1100

针对拟采用的钢管桩，以部分勘探点为例，依据《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)，估算单桩承载力特征值及单桩复合地基承载力特征值。

利用物理力学指标估算单桩竖向承载力特征值公式如下：

$$Q_{uk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$$

式中：Q_{uk}—单桩竖向极限承载力标准值 (kN)；u—桩的周长 (m)；

l_i—桩穿越第 i 层土的厚度 (m)；

q_{sik}—桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值 (kPa)；q_{pk}—桩的极限端阻力标准值 (kPa)；

A_p—桩端面积 (m²)。

桩径按 1.0m，设计入土桩长按 15.00m，计算结果见下表。

表 3.2-12 钢管桩单桩承载力估算一览表

勘探点编号	有效桩长 (m)	桩径 (m)	桩端持力层	进入持力层深度 (m)	单桩竖向极限承载力标准值 (kN)	单桩竖向承载力特征值 (kN)	平均单桩竖向承载力特征值 (kN)
K2	15.0	1.0	⑤粉质黏土	3.10	4475	2237	2659
K6	15.0	1.0	④粉细砂	14.00	5888	2944	
K9	15.0	1.0	④粉细砂	13.10	5746	2873	
K11	15.0	1.0	⑤ ₁ 粉土	1.10	5164	2582	

从估算结果来看，拟建场地采用 1.0m 直径，入土 15.00m 的钢管桩，单桩承载力特征值 2237~2944kPa，平均 2659kPa。在设计时可以根据不同区域的地层特点

及水深环境，合理选择桩长和桩径。最终结果应以试桩结果为依据。

3.2.4.7 施工风险及环境岩土工程

由于本工程位于海上，施工单位进行施工时除考虑场地工程地质环境影响外，还应考虑水深、水流、潮汐、风浪、海冰等海洋环境因素对施工安全及施工质量的影响。施工前应针对海洋工程特点及场地条件，按相关法律法规及规程规范制定详细的施工计划及施工方案。

由于岩土参数分布、勘探孔分布和取样的随机性，地层变位的不确定性及人类对工程环境的认知局限，岩土工程中地基或者岩土环境几乎不可能完全探知。因此，不确定性分析和风险分析在基坑施工管理中是十分重要的，应加强风险识别、风险估计和评价、风险决策，树立风险意识，建立风险的全过程监控机制，实现风险决策的科学化和信息化，建立灵敏、迅速的反馈机制。

海上施工作业应特别注意施工废料、噪声和振动对海洋生态环境的影响。作业时，应采选择环保的施工方法、减少施工噪声和振动、妥善处理有毒有害物质及施工废弃物，以减少对海洋环境的影响。同时，还应加强施工管理，确保施工活动的合规性和环保性。

3.2.4.8 结论及建议

(1) 拟建场地区域及附近无活动断裂，地质构造稳定，场地附近无滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用，不存在土洞、埋藏的河道、沟浜、孤石等，适宜进行工程建设。

(2) 拟建场区海域宽阔，未见岛屿、礁石分布，场地范围内海床面总体上较平缓，总体特征是向离岸方向海床泥面高程逐渐降低，并向东南缓慢倾斜。40m深度范围内地层主要为第四系冲积相及海相的沉积层，岩性主要为粉土、粉质黏土及砂土。

(3) 场址区域地下水主要为第四系孔隙潜水，受海水影响较大。场地有黏性土，渗透性差，为相对隔水层，分布其间或其下伏的砂性土层孔隙水一般具有承压性。场区孔隙水主要含水层为砂性土层，各层有一定程度连通。地表水主要为海水，深度约0~12.0m不等。

(4) 在II类环境下，场地土对混凝土结构具有弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性，对钢结构具有强腐蚀；水对混凝土结构具有中腐蚀性，

长期浸水条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋具有弱腐蚀性，干湿交替条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性，对钢结构具有中腐蚀。

(5) 场地土类型为中软土，建筑场地类别为Ⅲ类，属于对建筑抗震不利地段。按Ⅲ类场地修正后 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.125g，地震动反应谱特征周期值为 0.65s，抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第三组。

(6) 场地内主要液化土层为②层粉细砂。因此场地内西侧靠近岸边，存在②层粉细砂的区域液化等级可按轻微~中等液化考虑；东侧水深较大，不存在②层粉细砂的区域按不液化考虑。可不考虑软土震陷的影响。

(7) 根据场地条件，建议采用桩基础，设计可结合施工条件及场地条件采用钢管桩、灌注桩等适宜的桩基形式。如采用钢管桩，应注意密实砂层在贯入过程中可能产生难以贯入的情况，设计及施工应予以提前考虑，并参考试桩结果，选择合适采用适宜的桩型及施工工艺。若采用灌注桩则应考虑适宜的护壁形式，防止砂土塌孔及淤泥质粉质黏土缩孔。

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 3.2-13 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	71	356	350 (蓝色)

		压			
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。

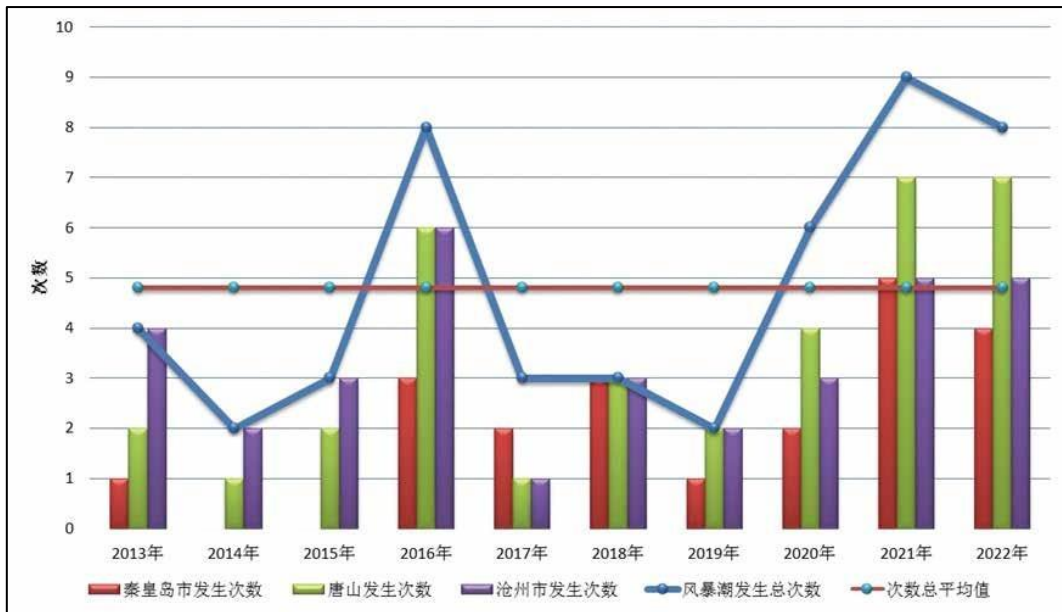


图 3.2-12 2013~2022 年河北省风暴潮发生次数统计图

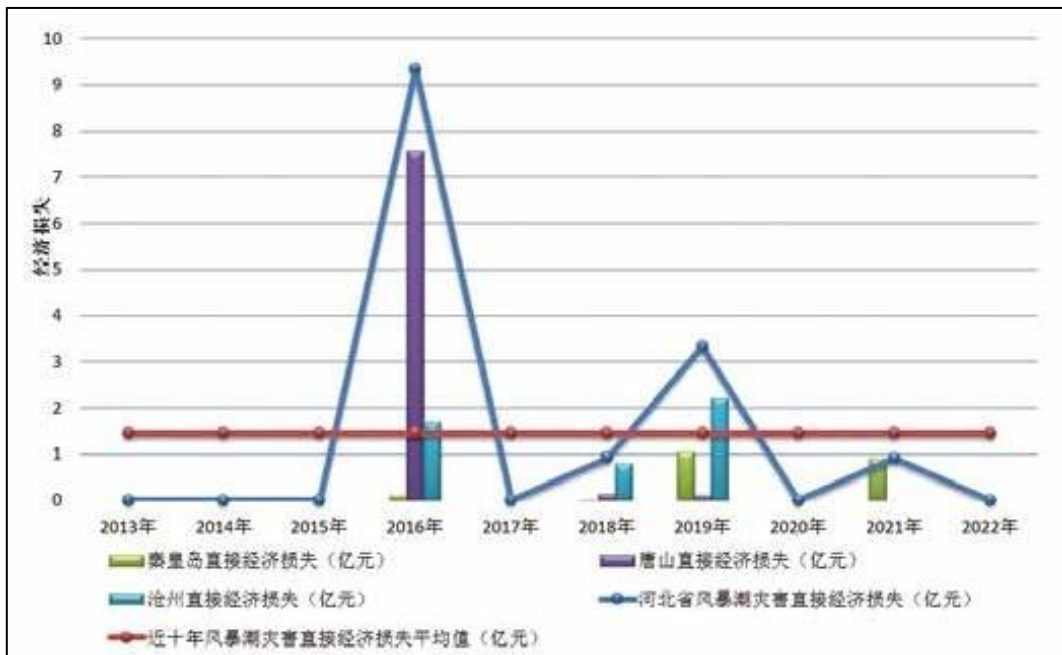


图 3.2-13 2013~2022 年河北省风暴潮造成直接经济损失统计图

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。

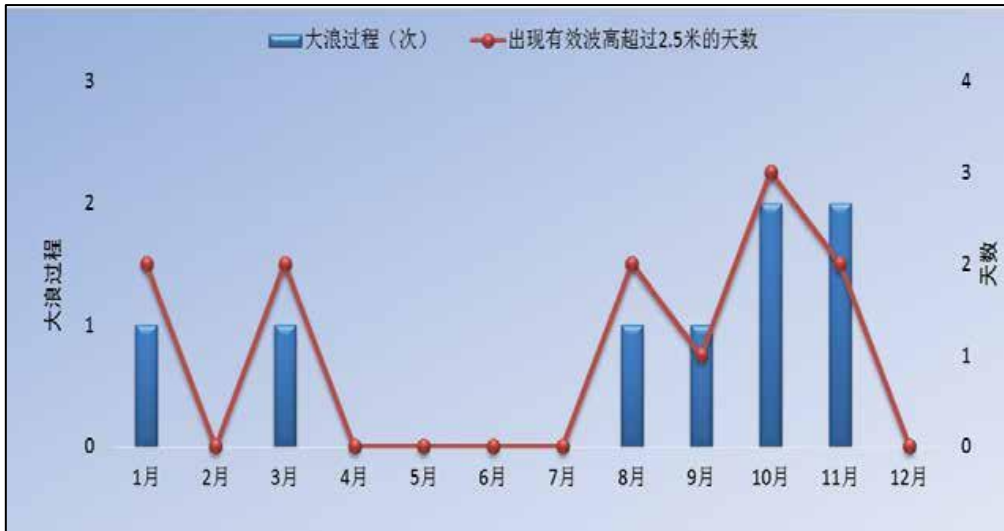


图 3.2-14 2022 年各月大浪过程统计图

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 3.2-15 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。

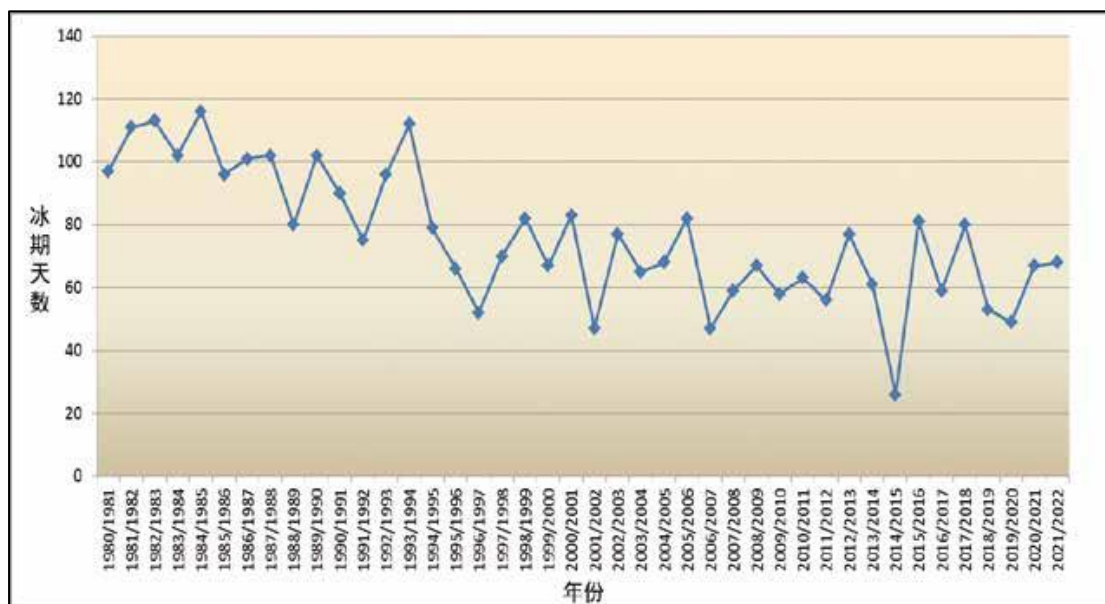


图 3.2-16 1980 年以来秦皇岛海域冰期变化

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 3.2-14 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。

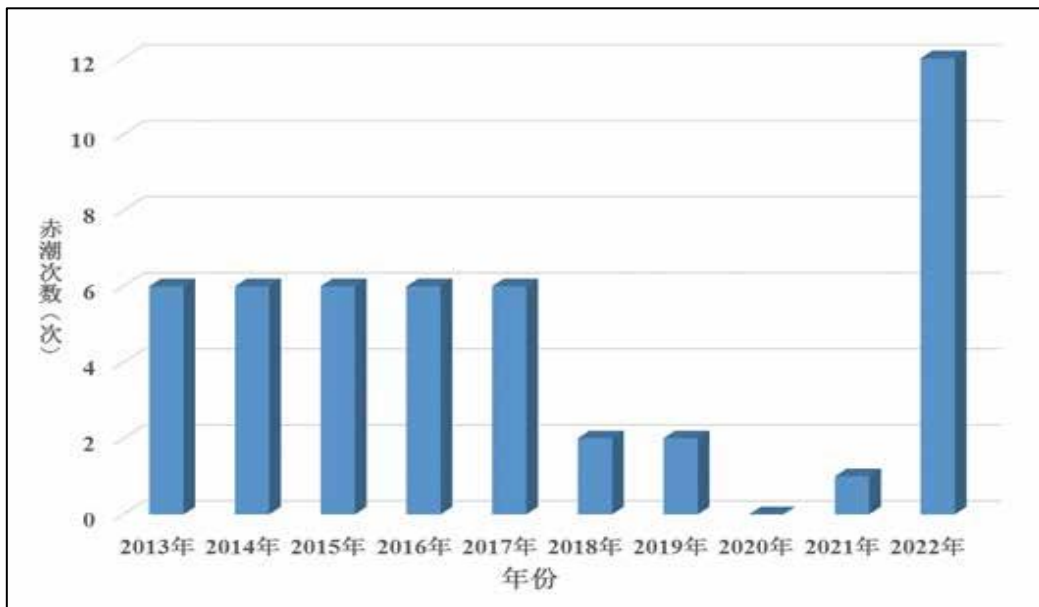


图 3.2-17 2013~2022 年河北省近岸海域赤潮发生次数

表 3.2-15 赤潮统计情况

序号	发现时间	消亡时间	发生海域	面积 (km ²)	赤潮藻种
1	4月27日	4月29日	秦皇岛金山嘴至山海关附近海域	48	夜光藻
2	5月9日	5月10日	秦皇岛洋河口附近海域	1.5	夜光藻
3	5月13日	5月15日	秦皇岛山海关以东、北戴河附近	17	夜光藻
4	6月17日	6月18日	秦皇岛东山浴场至秦皇岛港九公司码头附近海域	0.6	夜光藻
5	6月20日	6月26日	秦皇岛西港花园至北戴河近岸部分海域	1	夜光藻

序号	发现时间	消亡时间	发生海域	面积 (km ²)	赤潮藻种
6	7月1日	7月4日	秦皇岛海监码头港池内部	0.2	红色中缢虫、夜光藻
7	7月4日	7月6日	秦皇岛东山浴场附近海域	15	红色中缢虫
8	7月31日	8月5日	秦皇岛近岸海域	150	中肋骨条藻、丹麦细柱藻、尖刺伪菱形藻
9	8月4日	8月5日	唐山曹妃甸附近海域	50.9	具刺膝沟藻、尖刺伪菱形藻
10	8月9日	8月18日	秦皇岛近岸海域	150	锥状斯克里普藻、尖叶原甲藻、尖刺伪菱形藻、丹麦细柱藻
11	8月11日	8月24日	唐山曹妃甸和沧州黄骅附近海域	41	叉角藻
12	8月20日	9月20日	秦皇岛近岸海域	348	叉角藻

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 3.2-1 2020年秦皇岛市监测岸段海岸侵蚀和下蚀调查结果

岸段名称	监测岸线长	最大侵蚀距	平均侵蚀距	最大下蚀高	平均下蚀高
------	-------	-------	-------	-------	-------

	度 (km)	离 (m)	离 (m)	度 (cm)	度 (cm)
秦皇岛山海关区 老龙头东侧岸段	2.15	-55.0	-33.6	-169	-59
秦皇岛海港区 东山浴场	1.07	8.62	-3.10	0.00	-25
秦皇岛海港区 金梦海湾-浅水湾	7.45	15.1	0.13	20	-6.00
秦皇岛北戴河区 老虎石浴场	0.54	-35.1	-31.1	-91	-31
秦皇岛北戴河新 区天马浴场	3.21	13.1	-131	26	-12

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 2024 年 3 月《W03011/2024》(河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队海洋监测中心)

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。调查站位见下图及下表

表 3.2-16 调查站位及调查项目

图 3.2-18 监测站点分布图调查项目

3.2.6.2 调查项目

水温、盐度、pH 值、溶解氧、COD、悬浮物、无机氮、活性磷酸盐、石油类、氰化物、硫化物、挥发酚、重金属(Hg、As、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr)。

3.2.6.3 调查方法

现场样品采集、贮存与运输等要求按照《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)等相关要求进行;样品的分析方法应遵照 GB17378.4-2007《海洋监测规范》中的有关条文执行。

样品的分析方法应遵照 GB17378.4-2007《海洋监测规范》中的有关条文执行。海水水质分析方法见下表。

表 3.2-17 海水水质分析方法

3.2.6.4 评价标准及方法

1.评价标准

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)中的水质标准要求进行评价,具体见下表。

表 3.2-18 海水水质标准(单位:mg/L, pH 除外)

综上所述,本项目水质现状执行标准见下表。

表 3.2-19 水质现状评价标准表

2.评价方法

略

表 3.2-20 富营养化等级判定原则

3.2.6.5 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 3.2-21 海水水质监测结果表

表 3.2-22 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《W03015/2024》（河北省地质矿产勘查开发局第八地质大队海洋监测中心）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

（1）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。

（2）监测时间和监测站位

监测时间为2024年3月，引用的沉积物调查站位共12个（2、4、5、6、7、10、11、12、13、15、18、20）。

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 3.2-23 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

1.评价标准

评价标准采用《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）一类标准。根据《海洋

沉积物质量》(GB18668-2002)中第一至三类沉积物标准见下表。

表 3.2-24 沉积物评价标准

2.评价方法

略

3.2.7.5 调查结果

2024年3月沉积物质量现状调查结果见下表。

表 3.2-25 2024年3月沉积物质量现状调查结果

3.2.7.6 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省地质矿产勘查开发局第八地质大队海洋监测中心(报告编号：W03018/2024)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

略

3.2.8.3 评价标准与方法

略

表 3.2-26 《海洋生物质量》(GB18421-2001)生物体内污染物评价标准

表 3.2-27 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 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 3.2-28 2024年3月生物质量调查结果(鲜重) 单位(mg/kg)

3.2.8.5 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 3.2-29 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、底栖生物和潮间带底栖生物。

3.2.9.3 分析方法

表 3.2-30 监测项目及分析方法

3.2.9.4 评价方法

略

3.2.9.5 调查结果

1、叶绿素a

调查海域各站叶绿素a含量变化范围为(3.38~10.30) $\mu\text{g/L}$ ，平均值3.38 $\mu\text{g/L}$ ，最高值出现在调查海域的4号站，最低值出现在调查海域的15号站。调查海域叶绿素a平面分布整体呈现远离航道站位数值相对偏低。

2、浮游植物

(1) 种类组成

调查海域共出现浮游植物22种，隶属于硅藻、甲藻两个植物门，其中，硅藻门21种，占浮游植物出现种数的95.45%，密度约占浮游植物总密度的99.99%；甲藻门1种，占浮游植物出现种数的4.55%，密度仅占浮游植物总密度0.01%。

表 3.2-31 2024年3月浮游植物种类名录

(2) 密度分布

调查海域浮游植物密度变化范围在(8.78~47.87) $\times 10^6$ 个/ m^3 之间，平均密

度为 20.30×10^6 个/ m^3 ，最低值出现在调查海域的 15 号站，最高值出现在调查海域 2 号站。浮游植物平面分布呈现近岸区域较高、外部海域相对较低的态势。

(3) 群落及优势种分布特征

各站位浮游植物多样性、均匀度、丰度等群落指数见下表。从表可以看出，2024 年 3 月各站位浮游植物多样性指数在 1.34~2.51 之间，平均指数为 1.92，均匀度在 0.37~0.66 之间；丰度在 0.47~0.66 之间。

表 3.2-32 2024 年 3 月浮游植物群落特征指数

(4) 小结

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。

3、浮游动物调查结果

(1) 种类组成

2024 年 3 月份调查结果显示，调查海域共出现浮游动物 19 种，其中桡足类 8 种，占 42.11%；浮游幼虫 6 种，占 31.58%；腔肠动物 2 种，占 10.53%；原生动物、毛颚动物和涟虫目各 1 种，分别占 5.26%。

表 3.2-33 2024 年 3 月浮游动物种名录

(2) 浮游动物密度和生物量

调查海域各站位浮游动物密度范围在 30~141 个/ m^3 之间，平均丰度为 83.08 个/ m^3 。丰度最低值出现在 4 号站位，丰度最高值出现在 5 号站位。调查海域各站位浮游动物生物量范围在 23~87 mg/ m^3 之间，平均生物量值为 45.5 mg/ m^3 。生物量最低值出现在 10 号站位，生物量最高值出现在 5 号站位。

(3) 浮游动物生物多样性

通过对生物多样性指数、均匀度和丰富度指数的计算得出：本次调查浮游动物群落多样性指数在 1.37~2.51 之间，平均值为 1.88。丰富度指数在 0.70~1.63 之间，平均值为 1.21。均匀度指数在 0.46~0.76 之间，平均值为 0.61。

表 3.2-34 浮游动物群落特征指数

(4) 小结

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 (*Noctilucidae 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*)。个体平均密度分别为 47.58 个/m³、3.42 个/m³、13.58 个/m³、2.67 个/m³、10.58 个/m³。

4、底栖生物调查结果

(1) 种类组成

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。其中，环节动物出现的种类数最多，共出现 12 种，占底栖生物种类组成的 57.14%；节肢动物出现 4 种，占底栖生物种类组成的 19.05%；软体动物出现 3 种，占底栖生物种类组成的 14.29%；脊索动物纽形动物各出现 1 种，占底栖生物种类组成的 4.76%。

表 3.2-35 底栖生物物种名录

(2) 生物量组成与分布

调查海域底栖生物生物量变化范围在 (0.01~17.41) g/m² 之间，平均为 1.62g/m²。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%。其次，节肢动物占第二位，为总生物量的 28.63%。底栖生物生物量在调查海域 4 号站出现高值，为 17.41g/m²，其他站位 1、18、12 相对较多，分别为 16.15g/m²、8.89g/m²、6.11g/m²，5、13 号相对较少。

(3) 密度组成与分布

调查海域底栖生物生物密度变化范围在 (7-347) 个/m² 之间，平均为 20.50 个/m²。调查海域底栖生物密度组成以脊索动物占优势，占总密度的 58.66%。其次，环节动物占第二位，为总密度的 21.95%。底栖生物生物密度分布特点为调查海域 4、1 号站底栖生物密度较大。调查海域底栖生物优势种为青岛文昌鱼、纽虫、双毛鳃虫。

(4) 群落特征

各站位底栖生物多样性等群落指数见下表。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；均匀度指数在 0.00~0.89 之间；丰度指数在

0.00~1.00 之间。

表 3.2-36 2024 年春季调查海域底栖生物群落特征指数

(5) 小结

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。

5、潮间带生物

(1) 种类组成

调查海域共鉴定出潮间带生物 2 个门类 3 种潮间带生物，其中环节动物 2 种，软体动物 1 种。调查海域潮间带生物的种类组成比例为环节动物占 66.67%，软体动物占 33.33%。

表 3.2-37 2024 年春季潮间带生物种类名录

(2) 生物量组成与分布

调查海域潮间带生物站位平均生物量为 2.23 g/m^2 ，其中环节动物平均生物量为 62.65 g/m^2 ，占平均生物量的 99.10%，其次软体动物为 0.02 g/m^2 ，占平均生物量的 0.90%。4 个断面潮间带生物量分布：C4 断面最高为 17.65 g/m^2 ；其次 C3 断面，为 5.26 g/m^2 ；C2 断面为 2.28 g/m^2 ；C1 断面最低，为 1.63 g/m^2 。

表 3.2-38 2024 年春季调查海域潮间带底栖生物生物量 (g/m^2) 组成

(3) 密度组成与分布

调查海域潮间带生物的平均站位密度为 10 个/m^2 ，其中环节动物平均生物密度为 9 个/m^2 ，占平均个体密度的 90%；其次是软体动物，为 1 个/m^2 ，占平均个体密度的 10%。4 个断面潮间带密度分布：C4 断面最高为 60 个/m^2 ；C3 断面为 22 个/m^2 ；C2 断面为 17 个/m^2 ；C1 断面为 16 个/m^2 。

表 3.2-39 2024 年春季调查海域潮间带底栖生物生物密度 (个/m^2) 组成

(4) 群落特征

各断面潮间带生物多样性指数在 0~0.31 之间，平均指数为 0.21。本次调查中，调查海域潮间带生物平均多样性指数小于 2，该海域潮间带生物群落结构稍

差。调查海域潮间带生物优势种为亚洲锡鳞虫。

表 3.2-40 2024 年春季潮间带生物群落特征指数

(5) 小结

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，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，调查海域潮间带生物优势种为亚洲锡鳞虫。

6、小结

(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/m³、 5.16×10^5 个/m³、 1.35×10^5 个/m³、 1.50×10^5 个/m³，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 (*Noctiluca scintillans*)、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 鱼卵仔鱼调查结果

未捕获鱼卵和仔鱼。

3.2.10.4 游泳动物调查结果

(1) 种类组成

本次调查共捕获游泳动物 42 种，隶属于 36 科 40 属。其中鱼类 11 种，占 26%；软体动物 10 种，占 24%；虾类 7 种，占 17%；蟹类 6 种，占 14%；棘皮动物和环节动物各 3 种，分别占 7%；腕足动物和刺胞动物各 1 种，分别占 2%。

表 3.2-41 调查海域游泳动物种类组成

(2) 游泳动物分布

调查期间，游泳动物生物密度和生物量如图所示。12 个站位海域游泳动物生物密度范围在 70ind/h~1508ind/h，平均游泳动物生物密度为 405ind/h。其中 11 号站位生物密度值最低，5 号站位生物密度值最高；12 个站位海域游泳动物生物量范围在 626.90g/h~14692.98g/h，平均游泳动物生物量在 3904.57g/h。其中 13 号站位生物量值最低，5 号站位生物量值最高。

表 3.2-42 调查水域游泳动物密度及生物量组成

(3) 分类百分比组成及各站位渔获量

1) 鱼类

①分类百分比组成

调查共捕获鱼类 11 种，隶属于 8 科 10 属，其中鲈形目最多，有 6 种，占

55%。其他鼠鱧目、鰈形目、鰻形目、鲑形目、鮡形目各 1 种，分别占 9%。

表 3.2-43 鱼类种类组成及重量尾数百分比

②各站位渔获量

调查期间，鱼类生物量和生物密度如下表所示，12 个站位的鱼类生物量范围为 139.66g/h~1005.64g/h，平均生物量为 473.84g/h，其中 18 号站位生物量值最低，12 号站位生物量值最高。12 个站位鱼类生物密度范围为 10ind/h~74ind/h，平均生物密度为 33.67ind/h，其中 11 号站位鱼类生物密度最低，12 号站位生物密度最高。

表 3.2-44 调查海域鱼类密度及生物量组成

2) 虾类

①分类百分比组成

共捕获虾类 7 种，隶属于 2 目 5 科 6 属，其中十足目 6 种，占 86%。口足目 1 种，占 14%。

表 3.2-45 虾类种类组成及重量尾数百分比

②各站位渔获量

调查期间，虾类密度和生物量如下表所示，12 个站位虾类生物量范围为 13.48g/h~835.34g/h，平均生物量值为 109.53g/h。11 号站位生物量值最低，4 号站位生物量值最高。12 个站位虾类密度范围为 4ind/h~68ind/h，平均密度值为 26.50ind/h。其中 6 号站位密度值最低，15 号站位密度值最高。

表 3.2-46 调查海域虾类密度及生物量组成

3) 蟹类

①分类百分比组成

共捕获蟹类 6 种，隶属于 1 目 6 科 6 属，各科均为 1 种，分别占 16.7%。

表 3.2-47 蟹类种类组成及重量尾数百分比

②各站位渔获量

调查期间，蟹类生物密度和生物量如下图所示，12 个站位蟹类生物密度范围为 2ind/h~48ind/h，平均蟹类生物密度范围 21.17ind/h，13 号站位生物密度最低，20 号站位生物密度值最高。12 个站位蟹类生物量范围为 0.54g/h~244.94g/h，平均蟹类生物量值为 60.40g/h，13 号站位生物量值最低，15

号站位生物量值最高。

表 3.2-48 调查海域蟹类密度及生物量组成

4) 腹足类

①分类百分比组成

调查共捕获腹足类 7 种，隶属于 6 目 6 科 7 属，新腹足目 2 种，占 29%。其余腹足目、中腹足目、狭舌目、后腮目等各 1 种，分别占 14%。

表 3.2-49 腹足类种类组成及重量尾数百分比

②各站位渔获量

调查期间，腹足类生物密度和生物量组成如下表所示，12 个站位腹足类生物密度范围为 0ind/h~178ind/h，平均值为 24ind/h。其中 4、11、18 号站位没有捕获腹足类生物，5 号站位生物密度值最高。12 个站位腹足类生物量范围为 0~1348.22g/h，平均值为 130.85g/h。其中 4、11、18 号站位没有捕获腹足类生物，5 号站位生物量值最高。

表 3.2-50 调查水域腹足类密度及生物量组成

5) 优势种

本次调查优势种有 3 种，分别为砂海星、澳洲鳞沙蚕、矛尾虾虎鱼。其中砂海星生物量为 25994.78g/h，生物密度为 2012ind/h，站位出现率为 100%；澳洲鳞沙蚕生物量为 7394.22g/h，生物密度为 982ind/h，站位出现率为 91.67%；矛尾虾虎鱼生物量为 2776.68g/h，生物密度为 240ind/h，站位出现率为 59.41%。

表 3.2-51 调查海域游泳动物种类组成

6) 资源密度

①各站位资源密度

12 个站位尾数资源密度范围为 9459~203784ind/km²，平均尾数资源密度为 54752ind/km²，11 号站位尾数资源密度最低，5 号站位尾数资源密度最高。12 个站位生物量资源密度范围为 85~1986ind/km²，平均生物量资源密度为 528ind/km²，13 号站位生物量资源密度最低，5 号站位生物量资源密度最高。

表 3.2-52 调查水域游泳动物资源密度

②各种类资源密度

本次调查的渔业资源密度采用面积法进行估算，鱼类尾数资源密度为

54595ind/km²，生物量资源密度为 768.39kg/km²；虾类尾数资源密度为 42973ind/km²，生物量资源密度为 177.62kg/km²；蟹类尾数资源密度为 34324ind/km²，生物量资源密度为 97.94kg/km²；腹足类尾数资源密度为 38919ind/km²，生物量资源密度为 212.19kg/km²。

表 3.2-53 各种类游泳动物资源密度

3.2.11 鸟类资源生态现状调查与评价

本节内容引用《国华投资秦皇岛昌黎 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）。

3.2.11.1 调查样线布设

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，在项目实施区域共布设 3 条海上调查样线。

3.2.11.2 调查情况

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，其中海上调查样线在秦皇岛市昌黎县东南部海域，陆上调查样线驾车至登陆点临近的昌黎南侧岸上，调查过程中一边观测一边填写《鸟类外业观测记录表》进行记录，并选取适当时机和位置进行现场鸟类照片拍摄。

3.2.11.3 调查结果

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 60 种，分别隶属于 10 目 21 科。按目统计，其中以鸻形目种类最多，雁形目次之，分别为 27 种、10 种，各占整个日常监测区域鸟类总种数的 45.0% 和 16.7%，为优势目；按科统计其中以鹬科种类最多，为 11 种，鸭科次之，为 10 种，各占整个日常调查区域鸟类总种数的 18.3% 和 16.7%，为优势科，计有 10 科为单种科。

调查累计发现鸟类共计 4716 只，其中红嘴鸥数量最多为 993 只，麻雀次之，为 506 只，分别占调查区域鸟类总种数的 21.1% 和 10.7%，为优势种。凤头鸕鷀、赤麻鸭、绿头鸭数量也较多，分别为 270 只、291 只和 242 只。具体见下表。

表 3.2-54 调查区域鸟类种群组成表

表 3.2-55 调查区域鸟类种群组成表

3.2.12 生态系统分布

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、滦河河口湿地以及昌黎海域国家级水产种质资源保护区。本项目海底电缆管道部分位于河北省“三区三线”划定的生态保护红线区内，如下图所示。

(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。本项目电缆位于昌黎黄金海岸国家级自然保护区的实验区内，场区西侧紧邻昌黎黄金海岸国家级自然保护区，具体见图 3.2-60。

(2) 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，具体见图 3.2-61。

(3) 滦河河口湿地

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，位于本项目西侧紧邻滦河河口湿地。

图 3.2-19 滦河口湿地保护区

图 3.2-20 项目位置与河北省“三区三线”划定成果叠加图

图 3.2-21 项目位置与昌黎黄金海岸保护区位置叠加图

图 3.2-22 昌黎海域国家级水产种质资源保护区位置图

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 6.0km，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 20.1m，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及6米等深线以上湿地，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

一、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。

二、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 424.7249hm² 计算，占用年限按 20 年。本项目所处海域水深约 6m~13m，本次水深以 9m 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

(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 2m~10m，本次水深以 6m 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

(3) 小结

经计算，本项目海洋生物损失量为游泳动物**kg，鱼卵**粒，仔稚鱼**尾。

表 4.2-5 项目建设生态损失量总表

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 854.9 万元。

表 4.2-6 本项目造成的生物资源损害价值一览表

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 水文动力模型简介

略

4.3.1.2 计算域和网格设置

略

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

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

大潮期间大海域潮流场现状见图 4.3-12, 分析采用计算区域渤海湾昌黎外侧海域 (北纬**, 东经**) 的相应潮位时刻。

大潮期间涨急时 (图 4.3-12 (a)), 模拟计算域内辽东湾涨潮流整体由 NE 向 SW 流, 其中部海域流速介于 30cm~40cm/s 之间, 最大流速位于东侧近岸, 最大可达 50cm/s; 莱州湾潮流整体由 NE 向 SW 流, 其中部海域流速介于 15cm~35cm/s 之间; 渤海湾中部海域流速普遍介于 15cm~25cm/s, 流速相对较小; 昌黎东侧海域涨潮流向整体由 NE 向 SW 流, 基本为平行于岸线的沿岸流, 流速主要介于 15cm~45cm/s 之间, 潮流最大流速位于乐亭至昌黎段海岬处 SE 侧的近岸海域,

最大可达 75cm/s，涨潮流在曹妃甸港区附近转向 NW，绕过曹妃甸港区南侧海域后最大流速约 50cm/s。

图 4.3-12 (a) 大海域潮流场（涨急时，大潮期）

大潮期间落急时（图 4.3-12 (b)），模拟计算域内辽东湾落潮流整体流速较小，其中部海域流速介于 5cm~15cm/s 之间，最大流速位于东侧近岸，最大约 20cm/s；莱州湾潮流整体由 SW 向 NE 流，其中部海域流速介于 15cm~35cm/s 之间；南长岛西侧海域潮流场在登州水道处沿近岸由 NW 向 SE 流，登州水道处流速最大，最大可达 100cm/s；渤海湾中部海域流速普遍介于 30cm~60cm/s；昌黎东侧海域附近，落潮流向整体由 SW 向 NE 流，基本为平行于岸线的沿岸流，流速主要介于 15cm~55cm/s 之间。

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

项目光伏场区位于乐亭至昌黎段海岬的东侧近岸海域，光伏场区向海侧延伸长度约 7km。图 4.3-13 和图 4.3-14 分别为项目建设前和建设后的周边涨急时潮流场，图 4.3-15 和图 4.3-16 分别为项目建设前和建设后的周边落急时潮流场。分析采用计算区域渤海海域的大潮期的潮位时刻。

涨急时刻，项目建设前，项目周边海域潮流流向受水深地形和附近昌黎、乐亭现状岸线的影响，潮流方向基本为平行于岸线的沿岸流，涨潮流向整体由 NE 向 SW 流，并在乐亭至昌黎段海岬附近发生绕流，海岬东侧近岸海域涨潮流偏转为由 N 向 S 流，而后绕过岬角继续向 SW 流，最大流速位于海岬 SE 侧的近岸海域，最大可达 76cm/s；光伏场区范围内的潮流流速主要介于 40cm~55cm/s 之间，流向基本为由 N 向 S 流，在此范围内，外海侧的流速整体高于近岸侧。项目光伏场区建设完成后，除项目附近小范围流场发生变化外，涨急时刻项目周边海域的潮流场与项目建设前基本相同。

落急时刻，项目建设前，项目周边海域潮流流向受水深地形和乐亭现状岸线的影响，潮流方向基本为平行于岸线的沿岸流，落潮流向整体由 SW 向 NE 流，并在乐亭至昌黎段海岬附近发生绕流，海岬东侧近岸海域涨潮流偏转为由 S 向 N 流，而后绕过岬角继续向 NE 流，最大流速位于海岬 SE 侧的近岸海域，最大可

达 72cm/s；光伏场区范围内的潮流流速主要介于 12cm~38cm/s 之间，流向基本为由 S 向 N 流，在此范围内，外海侧的流速整体高于近岸侧。项目光伏场区建设完成后，除项目附近小范围流场发生变化外，落急时刻项目周边海域的潮流场与项目建设前基本相同。

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：

1) 光伏场区的桩基群一定程度上阻碍了潮流的运动，对水体起到一定的掩护作用，潮流经过光伏场区时发生绕流，在垂直于主流流向的场区两侧（场区的 W 侧和 E 侧）潮流流速增大；同时，主流向上的桩基结构两侧（东北和西南侧）一定范围内动能减小、流速减小。

2) 桩基结构间形成了“局部缩小流道”，过水断面减小，N-S 向潮流通过光伏场区的桩基群，在每个桩基结构垂直于主流流向两侧（桩基的 W 侧和 E 侧）局部形成绕流，流速增大。

涨急时刻，光伏场区范围内的潮流流向基本为由 N 向 S 流，潮流经过光伏场区附近时受到桩基群的阻碍作用发生绕流，并在光伏场区的 W 侧和 E 侧流速增大，其中，光伏场区 E 侧 2500m 海域范围内，流速整体增大约 5~20cm/s，光伏场区 W 侧海域流速整体增大约 5~10cm/s；受桩基群掩护的影响，潮流在靠近桩基结构附近的 S 侧水动力减弱明显，影响向 S 侧逐渐消除，最大影响范围至场

区 S 侧的 6500m，其中，外海侧的流速减小程度更大，流速最大减小约 22cm/s。自 N 向 S 流的涨潮流通过光伏场区桩基结构间的缩小流道，在桩基结构的 W 侧和 E 侧流速略有增大。

落急时刻，光伏场区范围内的潮流流向基本为由 S 向 N 流，潮流经过光伏场区附近时受到桩基群的阻碍作用发生绕流，并在光伏场区的 W 侧和 E 侧流速增大，其中，光伏场区 E 侧 3500m 海域范围内，流速整体增大约 5~15cm/s，光伏场区 W 侧海域的流速整体增大约 5~22cm/s；受桩基群掩护的影响，潮流在靠近桩基结构附近的 N 侧水动力减弱明显，影响向 N 侧逐渐消除，最大影响范围至场区 N 侧的 6000m，其中，外海侧的流速减小程度相对较大。自 S 向 N 流的落潮流通过光伏场区桩基结构间的缩小流道，结构的 W 侧和 E 侧流速略有增大。

综上所述，项目光伏场区的建设对大海域潮流基本无影响，但对其附近小范围的潮流场将造成一定影响，但其影响范围小（约 6500m 范围内）、影响程度不大，总体来说项目建设对潮流的影响是可以接受的。

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。淤泥质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行的纵向运动。

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

1) 沉积物类型、粒度特征参数

根据该区附近近期表层沉积物的调查资料确定。

2) 风的资料输入

根据工程区附近海域风资料的统计结果，将全年的大风引起的波浪与潮流共同作用于地形地貌冲淤模拟中，从而模拟和预测项目建设对海域地形地貌冲淤环

境的影响。

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 4.3-3 含沙量验证点坐标

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

对比工程前后年冲淤效果图可知，大范围海域冲淤变化趋势基本一致，通过对项目建设前后的冲淤变化分析可知（见图4.3-24）：

（1）项目海上光伏场区周边4000m范围内存在冲淤变化，其余位置冲淤环境无明显变化。这是由于项目建设内容主要为桩基结构，且桩基最大直径为1.7m，项目结构尺度相对较小，对潮流场的影响范围较小，项目周边4000m范围外的海域输沙保持相对平衡。

（2）光伏场区的W和E两侧呈现宽度约1500m的冲刷带，W侧年冲刷量范围约为1.0~5.6cm，E侧年冲刷量范围约为1.0~8.8cm。这是由于光伏场区的桩基群一定程度上阻碍了潮流的运动，对水体起到一定的掩护作用，N-S向潮流经过光伏场区时发生绕流，在垂直于主潮流向的场区两侧，即场区的W和E两侧，潮流流速增大，水体的剪切应力增大，促使泥沙起动和输移，同时，E侧（外海侧）水动力相对较强，泥沙更容易起动和输移，冲刷程度相对较大。

(3) 光伏场区的 S 侧呈现宽度约 4000m 的淤积带，但淤积程度不大，年淤积厚度整体小于 2.5cm。这是由于光伏场区的桩基群对水体起到掩护作用，结合项目建设前后海域全潮平均流速对比图（图 4.3-22 (c)），项目建设后场区 S 侧的流速减小程度相对较大，水体挟沙能力在此处明显减弱，泥沙易在此处落淤。

(4) 光伏场区内，沿主潮流方向（N-S 向）在桩基结构两侧呈淤积状态。这是由于受到桩基结构的掩护作用，沿主潮流向桩基结构两侧的流速减小、潮流动力作用减弱，水体挟沙能力减弱致使泥沙沉降、淤积。其中，越靠近桩基结构位置，掩流效果越好，泥沙越容易淤积。

(5) 光伏场区内桩基结构间形成沿主潮流方向（N-S 向）的冲刷带，最大年冲刷量约为 6.5cm。这是由于潮流通过桩基结构间形成的“局部缩小流道”，过水断面减小，潮流在桩基结构的 W 侧和 E 侧两侧位置形成绕流运动，流速增大，促使泥沙起动和输移，呈冲刷状态。

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

本项目施工过程基本不涉及人为外带运输而来的悬浮泥沙，施工过程产生的悬沙均为原本的水底泥沙悬浮物。根据项目施工组织计划安排和施工工艺，项目悬浮物主要由敷缆船海缆埋设和海上光伏支架基础桩基贯入两种施工方式产生，选取部分代表点进行模拟、预测和分析。

结合项目施工作业顺序和项目平面布置，选取海底电缆和海上光伏场区作为悬沙发生区，将海缆铺设施工和海上光伏桩基施工的典型特征点作为悬沙发生点。为使计算简化且不失合理性，将每个源点视为定点连续源，悬沙发生点位置见图 4.3-25。

图 4.3-25 工程施工悬沙发生点

4.3.3.2 悬浮泥沙源强

根据项目工期安排，海缆埋设和桩基贯入两种施工形式同时发生，因此分别对海缆埋设悬浮泥沙源强和桩基贯入悬浮泥沙源强进行计算。

(1) 海缆埋设悬浮泥沙源强

根据工程分析，本工程海底电缆通过在铺缆船船尾将海底电缆装入电缆挖沟犁头内，通过埋设机控制敷设在泥面下约 2m 深处，铺缆船铺缆时形成断面，开沟与铺缆同时进行。海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，项目海缆的正常铺设速度控制在 3m/min，即平均铺缆速度考虑为 3m/min，因此，单条海底电缆铺设正常施工土方量为 2.4m³/min。

根据该区附近近期表层沉积物的调查资料，得到泥沙干容重约为 1414kg/m³，由于工程区表层沉积物为粉砂质黏土，具有较强的絮凝作用，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 15% 计。

因此，单条海缆施工的悬浮物源强为 $1414 \times 2.4 \times 15\% / 60 = 8.4840 \text{kg/s}$ 。故，海缆敷设施工的悬浮物源强为 8.4840kg/s。

(2) 桩基贯入悬浮泥沙源强

海上光伏方阵基础均采用预制桩基材料贯入施工，本工程桩基基础施工引起的悬浮泥沙扩散主要源于打桩时产生的悬浮泥沙，根据经验公式，对工程钢管桩打入时产生的悬浮物泥沙量进行计算：

$$M = \pi \times [(0.25 \times D^2 - (0.5 \times D - d)^2] \times h \times \rho \times n \quad (4-31)$$

式中：

M：为打桩作业悬浮物发生量（kg）；

D：钢管桩直径，根据施工方案，项目桩基直径最大为 Φ1700mm；

d：钢管桩厚度，钢管桩壁厚取为 18mm；

h：桩基深度，桩基结构入泥深度取 14m；

ρ：覆盖层泥沙密度，本项目泥沙密度取 2040kg/m³；

n：泥沙起悬比，取 5%。

项目海上桩基式光伏单个桩基打桩作业悬浮物发生量为：

$$3.14 \times [(0.25 \times 1.7^2 - (0.5 \times 1.7 - 0.018)^2)] \times 14 \times 2040 \times 5\% = 135.7552 \text{kg}$$

根据施工设计和施工进度安排，每个桩打桩施工时间约 1h，每个光伏方阵布置 6 根桩基基础，打桩作业悬浮泥沙源强计算如下。

本项目单个光伏方阵桩基打桩作业悬浮物最大发生量：

$$S_Q = 135.7552 / 1 / 3600 * 6 = 0.2263 \text{kg/s};$$

综上，项目每回海缆敷设施工的悬浮物源强为 8.4840kg/s，单个光伏方阵桩基打桩悬浮物源强为 0.2263 kg/s。

(3) 泥沙沉降速度

根据《海岸工程环境》(常瑞芳)，单颗粒泥沙的计算方法如下：

① 细泥沙， $D < 0.1 \text{mm}$ ，采用斯托克斯公式计算单颗粒泥沙的沉速：

$$\omega = \frac{1}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \frac{D^2}{\nu}$$

(4-32)

② 中泥沙， $D = 0.15 \sim 1.5 \text{mm}$ ，采用冈恰诺夫沉降过渡区的经验公式，即

$$\omega = 6.77 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} D + \frac{\rho_s - \rho}{1.92 \rho} \left(\frac{T}{26} - 1 \right)$$

(4-33)

③ 对 $D = 0.1 \sim 0.15 \text{mm}$ 之间的细泥沙，采用以上两式计算的沉速直线内插。

④ 粗泥沙， $D > 1.5 \text{mm}$ ，采用冈恰诺夫紊流区的沉降公式，即

$$\omega = 1.057 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D}$$

(4-34)

其中， ρ_s —— 沙的密度，取 2040 kg/m^3 ；

ρ —— 水的密度，取 1000 kg/m^3 ；

g —— 重力加速度，取 9.81 m/s^2 ；

D —— 泥沙的粒径；

ν —— 粘滞系数， $\nu = 1.792 \times 10^{-6} \exp(-0.042 T^{0.87})$ ，平均温度取值

约 14.30°C 。

泥沙群体平均沉速公式：

$$\omega = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^N \Delta P_i \cdot \omega_i$$

(4-35)

其中， ω ——泥沙群体的平均沉速；

ω_i ——粒径为 D_i 的泥沙的沉速；

ΔP_i ——粒径 D_i 的泥沙所占的重量百分数。

根据项目附近表层沉积物粒度分析资料数据，本区表层沉积物质以粉砂质砂分布为主，泥沙中值粒径范围约在 0.0164~0.3470mm 之间，各站位的平均中值粒径为 0.1733mm，根据计算得到模拟时泥沙沉降速度为 0.0098m/s。

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 1.39km，最大扩散范围 6.0643km²；大于 20mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 1.18km，最大扩散范围 3.9413km²；大于 50mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.92km，最大扩散范围 2.4953km²；大于 100mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.72km，最大扩散范围 2.0333km²；大于 150mg/L 增量浓度悬浮泥沙的最大扩散距离约 0.61km，最大扩散范围 1.7689km²。

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

4.3.1 海洋沉积物环境影响分析

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。

4.3.2 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。

4.3.2.1 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。

4.3.2.2 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。

4.3.3 项目用海对鸟类及生境影响分析

4.3.3.1 施工期对鸟类的影响分析

本项目施工期对鸟类主要影响因素有：桩基础施工、光伏电池板安装、船舶运输等施工活动。各种施工机械如施工和运输船舶、光伏电池板整体吊装、海上电缆开挖等施工活动所产生噪声、干扰，会对施工区及周边的水鸟产生一定的影响。

本项目距离海岸距离约 6.0km，项目建设期间的噪音、灯光以及产生的废物等对周边鸟类的觅食存在着一定的影响，但该影响主要体现在近海区域，而本项目建设期间所影响到的陆地区域多位于人工开发的环境中，鸟类的绝对数量并不太高，所以建设期间对鸟类觅食的影响非常小。另一方面，建设期间将会暂时性对海洋底栖生物和鱼类造成影响，进而影响鸟类的食物链，影响鸟类的正常觅食。建设期间，如果选在鸟类迁徙季节夜间施工，施工灯光还有可能会对途经该区域的迁徙鸟类的迁徙活动造成影响。建议项目方尽量避免在鸟类迁徙季节的夜间施工。

工程施工期可能会干扰繁殖于工程区滩涂湿地的鸟类，导致其放弃原有繁殖地，选择其他区域进行繁殖，但工程区内进行繁殖的个体数量有限，因此造成的影响也较小。

4.3.3.2 运营期对鸟类的影响分析

项目建成后，本项目对鸟类的影响将仅局限于光伏发电场所在海域，不占用鸟类栖息地和繁殖地。因此，本项目不会对鸟类的栖息和繁殖造成影响。根据世界自然保护联盟（The International Union for Conservation of Nature, 简称为 IUCN）发布的《减轻与太阳能和风能开发相关的生物多样性影响：项目开发指南》

（Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: guidelines for project developers），光伏发电场对鸟类的影响主要有：1）占用鸟类栖息地，导致栖息地丧失；2）导致鸟类撞击太阳能电池板致残或致死；3）导致鸟类撞击输电电路致残或致死；4）让部分鸟类误以为太阳能电池板为水面，诱

发降落撞击；5）污染（灰尘、光、噪声、固体和液体废弃物）等对鸟类间接造成影响。具体到本项目中，对鸟类的影响主要体现在让部分鸟类误以为太阳能电池板为水面，诱发降落撞击，可能对部分鸟类的迁徙造成影响。

（1）项目建成后对鸟类觅食的影响

建成后，本项目对鸟类的影响将主要局限于海洋生境中，项目占用的海域，使得部分鸟类的原有觅食地面积变小，会对部分鸟类的正常觅食活动产生一定影响。另外，项目建成后可能会影响项目周围区域的海洋生物群落，比如鱼、虾、蟹等生物的种类和种群数量可能会受到影响。

此外，项目建成后，将会为部分鸟类提供海上停歇平台，可能在某种程度上会起到招引鸟类的作用，吸引部分鸥类在光伏设备上停歇。由于本项目距离海岸仅 1.38km，部分飞行能力较强的涉禽可能也会飞到本项目的光伏发电设施上停歇，并依托光伏设备捕食。

（2）对鸟类迁徙的影响

光伏发电对鸟类迁徙影响的研究目前并未得到太多的关注，与风力发电设备不同，光伏发电高度通常较低，不会对迁徙中飞行的鸟类造成撞击风险。但也有学者认为，在陆地光伏发电场中，大面积的连续性光伏电池板会让部分迁徙鸟类（主要是雁鸭类）误认为水面，从而吸引这些鸟类降落，造成一定的撞击风险，但目前尚无具体研究证实这一观点。

河北省整体处于全球 8 条鸟类迁徙路径中的东亚—澳大利西亚迁徙路线上，有大量的鸟类会途经此地往返于亚洲和北美洲北部地区的繁殖地和东亚、澳大利亚等地的越冬地。秦皇岛沿海地区是重要的雁鸭类、鹤类以及鸕鹚类的越冬地和迁徙停歇地，该区域在春季（3-5 月）和秋季（9-11 月）会有大量鸟类迁徙途经此地。

本项目为光伏发电设施，存在一定可能性让部分迁徙的鸟类将其误认为水面降落，涉及的鸟类主要有部分雁鸭类、鸕鹚和鸕鹚等。但考虑到目前还缺乏相关研究参考，我们建议项目运营方在光伏发电设施上设置一些醒目标识，让鸟类主动规避，降低被误认为水面的概率。

（3）对鸟类繁殖的影响

鸟类繁殖是指鸟类繁衍后代的一系列过程，包括筑巢、产卵、孵卵和育雏等

环节。本项目建成后，运营区域位于海上，不占用和影响鸟类的繁殖地，没有鸟类在此繁殖，对鸟类繁殖没有影响。

4.3.3.3 对鸟类资源影响综合评估结论

本项目光伏电场和海缆的施工未占用鸟类繁殖地，对邻近鸟类的繁殖没有影响。海缆铺设和登陆会占用部分滩涂，对部分鸟类的觅食可能有短期影响，但填埋结束后，生境会恢复原貌，不会造成长期影响。

项目建成后对鸟类迁徙的影响微乎其微，但不能完全排除部分鸟类，尤其是雁鸭类误把太阳能电池板当做水面降落时产生的撞击风险，建议在漂浮设备四周增加明显标识物，同时在太阳能电池板连接处增加醒目的彩色贴条，打断颜色的整体连续性，对附近飞行的鸟类起到提示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨，避免误撞。

综上，虽然本项目所在区域位于东亚—澳大利西亚候鸟迁徙路线上且距离昌黎黄金海岸国家级自然保护区较近，鸟类多样性较高，但项目仅对部分海洋性鸟类的觅食有所影响，对鸟类的繁殖无影响，对鸟类的迁徙行为无明确影响。通过制定严格的施工及运营方案，可以进一步有效降低本项目对鸟类觅食的潜在影响。因此，在严格落实相关保护措施的情况下，从对鸟类影响的角度来评估，本项目是可行的。

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 13 宗开放式养殖用海。

5.1.2.3 航道

本项目论证范围内主要有滦河口渔船的习惯性航道。

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。

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 13 宗开放式养殖用海。

相邻的已确权用海项目的权属情况见以下图表。

图 5.1-2 项目周边权属现状图
表 5.1-1 本项目相邻的海域权属现状一览表

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。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开放式养殖区共 13 宗，悬浮泥沙扩散影响到的养殖区共有 15 宗。

表 5.2-1 本项目相邻的海域权属现状一览表
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 对习惯性航道的影晌

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、国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目和河北华电昌黎 500MW 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

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书》，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、国电电力昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目和河北华电昌黎 500MW 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。根据河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区管理中心出具的《关于对<秦皇岛市发展和改革委员会关于商请出具秦皇岛市 180 万千瓦海上光伏示范试点项目支持意见等事宜的函>的复函》（冀黄金海岸函〔2024〕8 号）（见附件 7），原则同意秦皇岛市 180 万千瓦海上光伏示范试点项目部分电缆路由穿越河北昌黎黄金海岸国家级自然保护区滦河口实验区。

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	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	自然保护区	取得主管部门	项目光伏电场紧邻保护区，外输电缆需穿越自然保护区	完成协调

	自然保护区主 管部门		意见		
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

项目拟用海域内无国防设施，项目所属海域没有军事机密或军事禁区，不涉及军事设施和军事训练区。本项目附近存在一处实弹射击安全管制区，为保障本项目实施顺利，建设单位已就该实弹射击安全管制区与军方进行了协调，军方基本同意项目选址和建设。

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《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 447.1221hm²。

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《河北省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的符合性分析

《河北省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》对沿海地区生态修复区定位于河北东部沿海，涉及秦皇岛、唐山、沧州3市11个县（市、区）的海岸带、海岛和管辖海域，是环渤海生态防护带重要组成部分，面积1.40万平方千米，占全省国土总面积的7.14%，其中陆域0.68万平方千米，海域0.72万平方千米。

针对沿海地区生态修复区主要生态问题，《规划》指出“秦皇岛—唐山海岸带修复与生物多样性保护。以自然恢复为主、人工修复为辅的生态修复策略，实施秦皇岛-唐山海岸带修复与生物多样性保护工程，主要涉及秦皇岛市北戴河区、抚宁区、海港区、山海关区、昌黎县，唐山市曹妃甸区、乐亭县、滦南县等8个县（区）。加强曹妃甸龙岛、溯河河口等海域海草床生态系统保护和修复。推进河海联动统筹治理，加强河口和海湾整治修复，疏通石河口、洋河口、沙河口、双龙河、溯河、小青河等河口及其邻近海域湿地水系，实施退养还湿（海）、盐沼植被修复和鸟类栖息地修复工程。实施金沙湾及大蒲河河口、北戴河西海滩及黄金海岸侵蚀岸线等岸线岸滩整治修复，推进秦皇岛海堤、滦南南堡场等海堤生态化建设，筑牢陆海过渡绿色生态屏障。强化海岛生态治理，推动石河南岛、祥云岛海岛生态修复，治理修复侵蚀退化海岛，构建生态岸线。重点开展曹妃甸退养还湿、潮间带底质清淤和受损岸线修复，改善海域生态环境和景观。**推进滦河口-北戴河海域生物多样性的长期监测监控，加强水产种质资源及生物多样性保护，建立健全海洋生物多样性监测评估网络体系。**加强浅海生态养护，实施滦南湿地等生物栖息地保护修复，强化外来物种入侵调查监测预警。开展秦皇岛赤潮监测预警和应急处置能力建设，有效降低灾害影响范围。开展土地综合整治，优化乡村用地结构布局，改善人居环境。”

符合性分析：本项目为海上光伏项目，位于滦河口北侧，项目不在种质资源保护区，不会对其产生不利影响；项目用海设有环境监测方案，定期对养殖区海域生态、渔业资源等进行跟踪监测，监测海域的生物多样性，因此，项目用海符合《河北省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》要求。

图 6.3-1 项目位置与河北省国土空间生态修复重点工程叠加图

6.3.2 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。其中光伏厂区选址位于昌黎县养殖区内，根据《昌黎县开放式养殖区海域使用论证报告书（报批稿）》，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 0m~10m，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。

海底电缆管道位于生态保护区，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）。

6.3.3 与三区三线划定成果符合性分析

根据国土空间规划，三区是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。其中，城镇空间是指以承载城镇经济、社会、政治、文化、生态等要素为主的功能空间；农业空间是指以农业生产、农村生活为主的功能空间；生态空间是指以提供生态系统服务或生态产品为主的功能空间。三线分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。其中，生态保护红线是指在生态空间范围内具有特殊重要生态功能，必须强制性严格保护的陆域、水域、海域等区域。永久基本农田是指按照一定时

期人口和经济社会发展对农产品的需求，依据国土空间规划确定的不能擅自占用或改变用途的耕地。城镇开发边界是指在一定时期内因城镇发展需要，可以集中进行城镇开发建设，重点完善城镇功能的区域边界，设计城市、建制镇以及各类开发区等。

根据《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）：“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。”

按照《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》（自然资办函〔2022〕2207号）及省市主管部门要求，河北省“三区三线”划定成果已正式启用，并作为用海报批依据。

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，海底电缆管道均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。

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）：“（一）规范管控对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。

……

6.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、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造。”

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，项目建设符合河北省“三区三线”划定成果的相关管控要求。

图 6.3-2 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

国华投资秦皇岛昌黎 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经济效益，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/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》(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，建议选择合理的施工措施。

(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滦河口东北侧海域，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 用海平面布置合理性分析

7.2.1 项目组成单元及布置原则

一、组成单元

本项目拟建设规划容量为 400MW 的海上光伏项目，光伏基础为固定式钢桁架方案，本项目直流侧总装机容量 520.506MWp，交流侧总装机容量 400MW，容配比约为 1.3013。由 41 个 9.6MW 光伏发电单元和 1 个 6.4MW 光伏发电单元组成，采用 743580 块峰值功率为 700Wp 的光伏组件、1250 台 320kW 组串式逆变器。光伏区内的电缆全部采用单芯 66kV 陆缆，东西走向的电缆利用桥架敷设于光伏平台内，南北走向的电缆采用桥架+桁架的敷设方案，南北方向跨平台采用钢梁架接。本工程场内集电线路通过 66kV 海底电缆直接登陆至新建的陆上 500kV 升压站。

二、平面布置原则

1、光伏场址布置原则：

- (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、路由布置原则：

- (1) 选择在工程地质稳定、水下地形平坦的沉积区；
- (2) 避开地震多发带、断裂构造带、海底沉积环境不稳定及不良地质区；

(3) 避开海底地形急剧起伏变化的地区，尽量避开岛礁、暗礁、粗粒沉积物分布区和大片连续基岩裸露区；

(4) 避开强底层流区，选择弱流区；

(5) 避开易使电缆受到腐蚀和严重污染海域及高腐蚀化学物质的海区；

(6) 尽量不穿越或靠近现有的海底电缆管线；

(7) 避开海底自然障碍物和人工障碍物；

(8) 尽可能避开海洋功能备选性窄的海区；

(9) 尽可能避让生态保护区，无法避让的尽量优化路线，减小生态保护区内的路由；

(10) 尽可能避让避开国家级自然保护区，无法避让的选取实验区铺设路由；

(11) 尽量避开海洋经济开发活跃区和军事区；

(12) 统筹考虑海上光伏示范试点项目总体布局，规划海底管线廊道，顺应集约节约用海原则。

7.2.2 光伏厂区平面布置合理性分析

7.2.2.1 平面布置方案

本项目共采用 1250 个钢平台，其中大支架 20 个，小支架 1230 个。根据不同分区划分，光伏组件最低端离水面距离分别为 6.36m、7.20m、8.04m、8.87m。

光伏支架采用固定式钢桁架，大支架光伏组件按照 12（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 648 块，平台平面尺寸为 32.63m×71.62m；小支架光伏组件按照 11（行）×54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 594 块，平台平面尺寸为 29.88m×71.62m。组件倾角均为 15°，支架正南布置，光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，钢平台（12*54）南北向间距为 16.5m，钢平台（11*54）南北向间距为 15.1m。2 种钢平台东西向间距均为 2.5m。

发电单元间布置检修通道，通道宽度 20m。逆变器安装在光伏支架上或浮体上，箱变布置在每个光伏发电单元中心区域，以减小电缆量和线损，电缆桥架尽量岩并预留检修通道边设置，方便电缆敷设及检修。

7.2.2.2 光伏厂区平面布置合理性

(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 15 度倾角进行安装，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 15 度更合理。

(3) 光伏方阵间距合理性

光伏方阵间距取 2.5m 合适，是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 400MW 光伏发电的需求。

7.2.3 66kV 海缆平面布置合理性

根据《国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目调查、勘测路由选择依据的详细说明》，本项目路由比选方案如下：

7.2.3.1 预选 66kV 路由方案

从登陆点自然条件、地理位置和周边用海协调等方面考虑，确定本项目登陆点位于王家铺村北侧王皇路上，距海上光伏电场的直线距离约为 5.899km，距离陆上升压站直线距离约 3.255km 处。海缆登陆后通过海陆转换井转为陆缆采用地埋线路接入陆上升压站。

因此，只比选从光伏场区到登陆点之间的 66kV 路由。

根据海缆路由预选的原则，统筹考虑周边光伏项目，确定围海养殖区统一规划海底管线廊道和沿养殖围堰分别铺设电缆两个预选方案，两个方案的登陆点和路由走向各不相同，现简要介绍如下：

(1) 路由方案 1（围海养殖区统一规划海底管线廊道）

根据光伏电场的位置及预选登陆点的位置，本方案采用 6 回 66kV 海缆自海上光伏场区接出后 A9（A10），向西北方向延伸 1837m 到达围堰养殖区后设置拐点 A7（A8），然后每 3 回海缆汇集至 1 处定向钻拉管施工位置，向西采用定向钻的方式穿越围堰区，在穿越围堰区时需要避让养殖大棚区域，为避让养殖大棚区域设置拐点 A3（A4）和拐 A5（A6），最终到达登陆点 A1（A2），路由单回路全长约 5.962km。

(2) 路由方案 2（沿养殖围堰分别铺设电缆）

根据光伏电场的位置及预选登陆点的位置，本方案采用 6 回 66kV 海缆自海上光伏场区接出后 B28（C26、D27），直接向西延伸 1509m 到达围堰区后设置拐点 B27（C25、D26），然后每 2 回海缆汇集至 1 处在围堰区内沿养殖鱼塘田埂进行敷设，顺田埂走向设置路由拐点，最终抵达登陆点，共分 3 回路，养殖围堰区路由单回路长分别约 5.608km、5.267km、5.451km。路由总长度分别约为 7.117 km、6.776 km、6.958km。

图 7.2-1 预选 66kV 路由方案 1 拐点示意图

图 7.2-2 预选 66kV 路由方案 2 拐点示意图

7.2.3.2 路由比选

一、自然环境条件比选

(1) 区域地质环境

根据区域地质资料分析，场区地表多被第四系海相沉积物所覆盖，场区及附近区域无大的活动性断裂与发震构造分布，总体上处于一个相对稳定的地块区内。

2 个方案的预选路由位置跨度不大，区域地质环境基本一致。

(2) 海底地形地貌

拟建场区位于渤海海域中的辽东湾西南侧，南部为渤海湾海域，西侧及西北侧属汤河、洋河、大石河等区域河流的冲洪积扇。拟建场区海域宽阔，未见岛屿、礁石分布，场地范围内海床面总体上较平缓，总体特征是向离岸方向海床泥面高程

逐渐降低，并向东南缓慢倾斜。场区水深约 0m~12m，本光伏场区地貌类型为滦河入海口水下三角洲地貌。

2 个方案的预选路由位置跨度不大，海底地形地貌环境基本一致。

(3) 气象与水文环境

区域年平均气温为 10.6℃，年平均降水量为 645.9mm，年平均风速 2.2m/s，场址区域直射比等级为高，属于 B 类，直接辐射较多。本海域海流以潮流为主，潮流性质属不规则半日潮流，潮流运动形式以往复流为主，海流表现为较强的往复性流动，海流主流向均为偏 SW 为涨潮流向，偏 NE 向为落潮流向。

2 个 66kV 路由比选方案在自然环境条件方面无较大差异。

二、规划符合性比选

(1) 国土空间规划及海岸带综合保护与利用规划符合性比选

本项目光伏场区位置位于开发利用空间，2 个预选 66kV 路由方案均需要穿越生态红线区。

(2) 海洋生态保护红线

2 个方案均需要穿越生态保护红线，其中方案 1 采用定向钻拉管下穿的方式，方案 2 采用沿养殖围堰田埂埋地敷设的穿越方式。

(3) 其他相关规划符合性比选

本项目 2 个路由方案均符合国家相关产业政策、“十四五”可再生能源发展规划等其它相关规划的要求。

因此，规划符合性比选方面，方案 1 对于生态保护红线扰动较小。

三、海洋开发活动协调比选

预选路由方案 1 需协调 15 个利益相关者/部门，方案 2 需协调 37 个利益相关者/部门，因此，从海洋开发活动协调角度，两个方案基本一致。

四、建设投资和经济性比选

预选路由方案 1 与方案 2 海缆长度及造价比较详见下表。比较可知：方案 2 施工方式简单，造价低，具有经济优势。

表 7.2-1 2 个预选路由 220kV 海缆长度及经济性比较表

序号	项目	单位	方案1	方案2
1	海缆长度（含裕度）	km	36.3	45.1
2	海缆初期建设费用 （含敷设费用）	万元	33350	13300

序号	项目	单位	方案1	方案2
四	差额	万元	20050	基准

五、综合结论

综合以上各方面论述,将影响路由方案比选的主要因素和比选结果列于下表中。综合比选结果,推荐方案1作为路由勘测的预选路由,路由区工程地质稳定、避开了海洋经济开发活跃区和军事区,四家光伏电场采用统一地点、统一方式登陆,符合集约节约用海原则,运行维护管理方便。

表 7.2-2 影响路由比选的主要因素评价表

影响因素		重要性程度		优势方案		备注
		重要	一般	方案1	方案2	
登陆点	登陆点条件	●		√	√	2个方案一致
	自然岸线节约利用	●		√	√	2个方案一致
	登陆点周边用海协调	●		√	√	2个方案一致
路由区	区域地质环境		●	√	√	2个方案一致
	断裂和地震	●		√	√	2个方案一致
	海底地形地貌		●	√	√	2个方案一致
	气象和水文环境		●	√	√	2个方案一致
	国土空间规划符合性	●		√	√	2个方案一致
	相关规划符合性		●	√	√	2个方案一致
	生态保护红线符合性	●		√		方案1优于方案2
	路由区利益相关者协调难易程度	●		√	√	2个方案一致
	路由经济性评价		●		√	方案2优于方案1
集约节约用海	●		√		方案1优于方案2	

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 20.1 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，每 3 回海缆穿越围海养殖区时合并为 1 回路，每回海缆登陆点处间距为 10m，最外缘海缆再单侧外扩 10m 与周围光伏海缆外扩 10m 相交，因此取毗邻项目电缆与本项目电缆的中心线，确定海缆穿越海岸线长度约为 20.1m，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

光伏阵列方位角确定为 0° ，固定式支架桩基基础倾角为 15° ，大支架光伏组件按照 12（行） \times 54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 648 块，平台平面尺寸为 32.63m \times 71.62m；小支架光伏组件按照 11（行） \times 54（列）的布置方式组成一个支架单元，共计 594 块，平台平面尺寸为 29.88m \times 71.62m。组件倾角均为 15° ，支架正南布置，光伏阵列南北向间距根据光伏不遮挡考虑，钢平台（12 \times 54）南北向间距为 16.5m，钢平台（11 \times 54）南北向间距为 15.1m。2 种钢平台东西向间距均为 2.5m。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。

通过光伏阵列布置，单个光伏发电单元占地面积排序为：双轴跟踪支架>平单轴支架>固定可调支架>固定支架。对于节约用地来说，固定式支架更集约节约用海。

(2) 66kV 海缆面积合理性分析

本项目海缆登陆点位于秦皇岛市昌黎县王家铺村北约 800 米处的海陆缆转换点附近，海上光伏区通过 6 回三芯 66kV 交流海底电缆登陆至黎县大滩村东约 300 米处的集控中心，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 and 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场区外边界外扩 10m 保护带为界；海缆西侧以新修测海岸线为界，北侧以电缆线向南侧外扩 10m 保护带为界，为遵循集约节约用海原则，南侧与中电建秦皇岛昌黎 30 万千瓦海上光伏试点项目拟铺设 66kV 海缆间隔 1m 并行铺设。

根据《海籍调查规范》(HY/T 124-2009) 及本项目建设的要求，本项目面积测算采用 CGCS2000 坐标系，高斯-克吕格投影方式，中央子午线为 119.5° E。绘图采用 AutoCAD 软件成图，面积量算直接采用该软件面积量算功能，其算法与坐标解析法原理一致。即对于有 n 个界址点的宗海内部单元，根据界址点的平面直角坐标 x_i 、 y_i (i 为界址点序号)，计算各宗海的面积 S (m^2) 并转换为公顷，面积计算公式为：

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

式中， S 为宗海面积 (m^2)， x_i 、 y_i 为第 i 个界址点坐标 (m)。

根据《海籍调查规范》的要求计算，本项目申请用海面积为 447.1221 hm^2 。其中，光伏场区用海单元总面积 424.7249 hm^2 ，海底电缆用海单元总面积 22.3972 hm^2 。

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。

根据《海籍调查规范》的相关要求：

平面控制：CGCS2000 坐标系；

高程基准：1985 国家高程基准；

深度基准：当地理论最低潮面；

投影方式：高斯-克吕格；

中央子午线：119.5° E。

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 海域立体开发利用的可行性

7.6.1 不同用海活动之间的兼容性

本项目海域使用类型为电力工业用海，用海方式涵盖透水构筑物及海底电缆管道，根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），“在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”

首先是从集约节约用海角度考虑，光伏平台、海底电缆和养殖的用海空间层不同，立体分层设权可以增加海域的利用空间；其次，项目位于昌黎县开放式养殖整体用海范围内，立体分层确权可保障渔民的养殖权益；同时，本项目建设单位委托技术单位编制了《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目与渔业生产融合专题报告》，为渔光互补提供了融合方案，为未来渔民的发展提供了技术支撑。因此用海活动可以兼容。

7.6.2 用海空间范围合理性

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南》，本项目透水构筑物参考“42宗海立体空间范围界定 可再生能源用海：海上光伏的用海立体空间层为水面，高程范围为海平面至光伏板最大上缘高程（实际设计或使用高程）。”确定光伏厂区的用海空间层为海平面至平台最大上缘高程。

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南》“4.2 宗海立体空间范围界定 海底电缆管道用海：海底电缆管道的用海立体空间层为海床或底土高程范围为电缆管道设施下缘高程至实际设计或使用高程”。电缆管道申请用海起点位于海床，管道埋深 2.0m，由此可以确定本项目位于底土层，因此本项目申请使用底土层是合理。根据《海底管道系统规范》（CCS 2021）“3.7.10 交叉设计 3.7.10.1 应避免管道和/或电缆之间的直接接触，保持至少 0.3m 的垂直间距。否则，应采用沙袋、垫被、掩埋或其它永久性隔离措施。”因此本项目申请用海的立体空间为管径外扩 0.3m 的垂直间距，确权范围为-1.7m~-6.3m（1985 高程基准）。

7.6.3 不同用海主体及周边利益相关者协调可行性。

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》，昌黎县人民政府将积极与海域使用权人及流转后的海域使用权人沟通协商，以立体分层设权方式开展海上光伏项目用海审批，具有较好的协调性。

7.6.4 小结

本项目立体分层设权占用的活动主要为开放式养殖，不同用海活动之间可以兼容；平台的用海空间层为海平面至平台最大上缘高程，确权范围为-1.7m~-6.3m（1985 高程基准），用海空间范围符合规范要求、满足项目实际需求；目前昌黎县人民政府已出具承诺书，昌黎县人民政府将积极与海域使用权人及流转后的海域使用权人沟通协商，利益相关者具有较好的协调性。

综上所述，本项目采用立体设权的方式申请用海是可行的。

7.7 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1年，因此，本项目申请用海年限26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 运营期生态环境监测计划

主要对项目及周边区域的海水水质、海洋沉积物、海洋生态、水动力环境、地形地貌与冲淤环境、鸟类进行监测，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、铜、铅、镉、锌、汞、砷。

海底沉积物：铜、铅、锌、镉、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。

(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、海洋生态、水动力环境、冲淤环境：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。

鸟类：每年四季进行 4 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

图 8.1-1 监测站位分布生态保护修复措施

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

项目计划在近岸海域开展增殖放流活动。

修复项目名称	建设地点	建设内容	实施进度	投资概算 (万元)	投资测算 依据
海洋生物资源恢复	修复地点	采用增殖放流方式逐步恢复海洋生物资源	项目建成后 1-2 年	841.56	生物资源损失量
跟踪监测及效果评估	昌黎海域国家级水产种质资源保护区	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	监测次数
总计				854.9	

（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 8.1-2 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 8.1-2 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	国华（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，海底电缆管道均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] 《秦皇岛市 2023 年国民经济和社会发展统计公报》，秦皇岛市统计局，2024 年 3 月；
- [2] 《2018 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2019 年 5 月；
- [3] 《2019 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2020 年 5 月；
- [4] 《2020 年北海区海洋灾害公报》，自然资源部北海局，2021 年 4 月；
- [5] 《国华投资秦皇岛昌黎 50 万千瓦海上光伏试点项目可行性研究报告》，中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，2024 年 5 月。

现状调查资料

- [1] 《河北省唐山市乐亭县至秦皇岛市昌黎县海域海洋水文动力环境观测报告》，青岛卓建海洋工程勘测技术有限公司，2023 年 04 月；
- [2] 《国华投资秦皇岛昌黎 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 2 月；
- [3] 《国华投资秦皇岛昌黎 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（河北省海洋地质资源调查中心），2024 年 5 月。

现场踏勘记录表

项目名称	国华投资秦皇岛昌黎 500MW 海上光伏试点项目			
序号	勘查概况			
1	勘查人员	陈锐、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 style="text-align: center;">项目电缆登陆点及海岸线</p>		
2	勘查人员	陈锐、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



路由登陆围海养殖区

3	勘查人员	陈锐、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

勘察内容
简述



穿越围海养殖

勘察结论

经现场踏勘，项目场区周边为开放式养殖活动，路由周边为围海养殖活动，项目区域未开工。

项目负责人

陈锐