



烟台海上浮式光伏试验检验中心项目

海域使用论证报告书

(送审稿)

青岛博研海洋环境科技有限公司



2022年12月



论证单位: 青岛博研海洋环境科技有限公司

通讯地址: 山东省青岛市高新区华中路 66 号基金谷 19 号楼

邮政编码: 266100

联系电话: 0532-68012399

传真电话: 0532-68012399

电子信箱: 77418028@qq.com

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	3706132023000026		
论证报告所属项目名称	烟台海上浮式光伏试验检验中心项目		
一、编制单位基本情况			
单位名称	青岛博研海洋环境科技有限公司		
统一社会信用代码	9137021255080250XP		
法定代表人	张伟		
联系人	滕芝		
联系人手机	18653282746		
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
王慧娟	BH000561	论证项目负责人	王慧娟
王慧娟	BH000561	1. 概述 2. 项目用海基本情况 6. 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析 7. 项目用海合理性分析 9. 结论与建议	王慧娟
王晓霞	BH000869	3. 项目所在海域概况 4. 项目用海资源环境影响分析 5. 海域开发利用协调分析 8. 海域使用对策措施	王晓霞
<p>本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。</p> <p style="text-align: right;">承诺主体(公章): </p> <p style="text-align: right;">2022年 12月 22日</p>			

目 录

1 概述	1
1.1 论证工作来由	1
1.2 论证依据	1
1.3 论证工作等级和范围	6
1.4 论证重点	7
2 项目用海基本情况	8
2.1 建设项目名称、性质、规模及地理位置	8
2.2 项目概况	10
2.3 施工方案、工程量及计划进度	17
2.4 运营工艺	19
2.5 项目申请用海情况	25
2.6 项目用海必要性	26
3 项目所在海域概况	28
3.1 自然环境概况	28
3.2 海洋生态概况	36
3.3 自然资源概况	36
3.4 开发利用现状	43
4 项目用海资源环境影响分析	49
4.1 项目用海环境影响分析	49
4.2 项目用海生态影响分析	66
4.3 项目用海资源影响分析	68
4.4 项目用海风险分析	72
5 海域开发利用协调分析	78
5.1 项目用海对海域开发活动的影响	78
5.2 利益相关者界定	80
5.3 相关利益协调分析	80

5.4 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析	80
6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析	81
6.1 项目用海与海洋功能区划符合性分析	81
6.2 项目用海与相关规划符合性分析	88
6.3 与相关产业规划符合性分析	91
6.4 产业政策符合性	92
7 项目用海合理性分析	94
7.1 用海选址合理性分析	94
7.2 用海方式和平面布置合理性分析	97
7.3 用海面积合理性分析	100
7.4 用海期限合理性分析	103
8 海域使用对策措施	104
8.1 区划实施对策措施	104
8.2 开发协调对策措施	104
8.3 风险防范对策措施	104
8.4 监督管理对策措施	108
8.5 生态用海	112
9 结论与建议	114
9.1 结论	114
9.2 建议	117
资料来源说明	118
现场踏勘记录表	119
附件	120

1 概述

1.1 论证工作来由

山东省海上光伏“十四五”期间规划用海面积 1933 平方公里，装机容量规模 4260 万千瓦，其中漂浮式 2835 万千瓦。海上浮式光伏是新事物、新技术，需要从水池试验转到海上进行实地验证，然而目前国内尚无正式的海上浮式光伏试验和检验中心。烟台地理位置优越，通过在烟台设立试验检验机构并验证走向市场，将进一步助力科研成果从水池试验到海上实测验证，完成最后“一公里”科研成果转化及实现多款产品同台验证。

另一方面，为全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，山东省政府加快推进建设完善的现代海洋产业体系、优化海水养殖结构和布局，积极探索以近浅海海洋牧场和深远海养殖为重点的现代化海洋渔业发展新模式。

为响应政府号召，中集集光海洋科技（烟台）有限公司积极推进海上光伏与海洋牧场建设，拟在烟台四十里湾海域、离岸位置约为 4km 海域打造海上光伏试验场。项目利用海上漂浮式光伏发电系统作为主要发电单元，在海上平台集成混合式储能系统作为能量和功率的电源调控单元，柴油发电机组作为平台备用电源。项目通过新能源微电网系统与人工鱼礁海洋生态修复结合，探索水上发电、水下渔业资源恢复的“渔光互补”模式，达到改善和修复海域生态环境、推动渔业产品升级、促进光伏产业健康发展的目的。

本项目拟建的烟台海上浮式光伏试验检验中心项目位于海岸线向海一侧，根据《中华人民共和国海域使用管理法》等相关规定，用海项目需进行海域使用论证工作。为此，中集集光海洋科技（烟台）有限公司委托我单位进行工程的海域使用论证工作。

本报告根据《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22 号）的要求，进行现场调查和收集近期观测资料，从自然环境、社会经济和海洋功能区划等方面综合分析该项目用海的可行性。

1.2 论证依据

本项目海域使用论证报告的编制依据主要有国家和部门法律、规范，其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定，地区发展规划，工程前期研究成果、报告等。

1.2.1 法律法规

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人大常委会，主席令第 61 号，2001 年 10 月发布，2002 年 1 月实施；

(2) 《中华人民共和国环境保护法》，全国人大常委会，主席令第九号，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 实施；

(3) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年修正），全国人大常委会，主席令第 81 号，2017 年 11 月 4 日修订，2017 年 11 月 5 实施；

(4) 《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人大常委会，2021 年 4 月 29 日修订，2021 年 9 月 1 日实施；；

(5) 《中华人民共和国可再生能源法》，全国人大常委会，2009 年 12 月 26 日修订，2010 年 4 月 1 日施行；

(6) 《中华人民共和国渔业法》，全国人大常委会，主席令第 25 号，2013 年 12 月 28 日第四次修正，2013 年 12 月 28 日实施；

(7) 《中华人民共和国渔业法实施细则》，中华人民共和国国务院，2020 年 3 月 27 日修订；

(8) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，国务院令第 507 号，2018 年 3 月 19 日修订施行；

(9) 《防治海洋工程污染建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院办公厅，2018 年 3 月 19 日修订实施；

(10) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》，国务院办公厅，国办发[2002]36 号，2002 年 7 月 6 日实施；

(11) 《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 日实施；

(12) 《海域使用权登记办法》，国家海洋局，国海发[2006]28 号，2007 年 1 月 1 日实施；

(13) 《海域使用论证管理规定》，国家海洋局，国海发[2008]4 号，2008 年 3 月 1 日起施行；

(14) 《海洋功能区划管理规定》，国家海洋局，国海发[2007]18 号，2007 年 8 月 1 日实施；

(15) 《中华人民共和国民法典》，全国人民代表大会，2020 年 5 月 28 日颁

布，2021年1月1日实施；

(16) 《山东省海域使用管理条例》，山东省人大常委会，山东省人大常委会公告第10号，2004年1月1日实施，2015年修订；

(17) 《山东省海洋环境保护条例》，山东省人大常委会，2018年11月30日实施；

(18) 《山东省海域使用论证管理暂行办法》，2004年7月；

(19) 《山东省人民政府关于海域使用管理有关问题的通知》，山东省人民政府，鲁政发[2002]69号，2002年10月9日实施；

(20) 《山东省海域使用金征收标准》的通知（鲁财综〔2021〕6号），山东省财政厅山东省自然资源厅，2021年4月4日实施；

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

(22) 《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》，国家发展改革委，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第49号，2021年12月27日实施；

(23) 《风暴潮、海浪、海啸和海冰灾害应急预案》，国家海洋局，2012年7月发布，2012年7月实施；

(24) 《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》，中华人民共和国国务院，2012年10月；

(25) 《山东省海洋主体功能区规划》，山东省人民政府，2017年8月25日；

(26) 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》，山东省人民政府，2013年12月；

(27) 《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》（修订版），山东省生态环境委员会，2022年4月；

(27) 《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》（修订版），山东省生态环境委员会，2022年12月1日实施；

(29) 《烟台市海洋功能区划（2013-2020年）》，烟台市人民政府，2015年11月；

(30) 《山东省“十四五”海洋牧场建设规划（2021-2025年）》；

(31) 《山东省能源发展“十四五”规划》，山东省人民政府，2021年8月。

(32) 《国家能源局关于 2021 年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》，国能发新能〔2021〕25 号，国家能源局，2021 年 5 月 11 日；

(33) 《电力设施保护条例》，中华人民共和国国务院，1987 年 9 月 15 日发布，1998 年 1 月 7 日第一次修订，2011 年 1 月 8 日第二次修订；

(34) 《关于推进海上光伏发电海域使用立体使用的通知》，鲁海函〔2022〕155 号，山东省海洋局，2022 年 9 月 28 日；

(35) 《关于印发<烟台市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）>的通知》，烟政字〔2020〕12 号，烟台市人民政府，2020 年 4 月 8 日；

(36) 《烟台市人民政府关于印发烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要的通知》，烟政发〔2021〕6 号，烟台市人民政府，2021 年 6 月 12 日。

1.2.2 技术标准和规范

(1) 《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007），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 日实施；

(2) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007），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 日实施；

(3) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），中华人民共和国国家海洋局，2009 年 5 月 1 日实施；

(4) 《海水水质标准》（GB 3097-1997），国家环境保护局，1998 年 7 月 1 日实施；

(5) 《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002），中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2002 年 10 月 1 日实施；

(6) 《海洋生物质量》（GB 18421-2001），中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2002 年 3 月 1 日实施；

(7) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程（第二分册）》，国家海洋局，1997 年实施；

(8) 《海域使用论证技术导则》（国海发〔2010〕22 号），国家海洋局，2010 年 8 月 20 日实施；

(9) 《海域使用分类》〔HY/T123-2009〕，国家海洋局，2009 年 5 月 1 日起执行；

- (10) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，中华人民共和国农业部，2008年3月1日实施；
- (11) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002年4月30日实施；
- (12) 《海洋及相关产业分类》(GB/T 20794-2006)，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，2007年5月1日实施；
- (13) 《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)，中华人民共和国自然资源部，2018年7月3日发布，2018年11月1日实施；
- (14) 《近岸海域环境监测技术规范》(HJ 442-2020)，中华人民共和国环境保护部，2021年3月1日实施；
- (15) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，海洋出版社，1986年3月；
- (16) 《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)，中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局联合发布，2012年11月1日实施；
- (17) 《水上光伏发电系统设计规范》(T-CPIA0017-2019)，羲和电力有限公司、中国电子技术标准化研究院、北京鉴衡认证中心有限公司、中国三峡新能源有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、诺斯曼能源科技(北京)股份有限公司、通威股份有限公司、北京大学南京创新研究院、远东电缆有限公司、河北能源工程设计有限公司新能源院，2019年9月27日发布，2019年10月15日实施；
- (18) 《漂浮式水上光伏发电系统施工规范》(Q/CTG-281-2019)，中国长江三峡集团有限公司，2019年12月30日发布，2020年1月1日实施；
- (19) 《漂浮式光伏发电系统验收规范》(T/CPIA0018-2019)，北京鉴衡认证中心有限公司、中国电子技术标准化研究院、羲和电力有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、宿州诺亚坚舟光伏科技有限公司，2019年9月27日发布，2019年10月15日实施；
- (20) 《海洋牧场分类》(SC/T9000-2017)，中华人民共和国农业部，2017年6月22日发布，2017年9月1日实施；
- (21) 《海洋牧场建设技术指南》(GB/T40946-2021)，国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会，2021年11月26日发布，2022年6月1日实施。

1.2.3 项目基础资料

(1) 《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目实施方案》，山东港通工程管理咨询有限公司，2022年12月；

(2) 《新海上光伏厂址岩土工程勘察报告》，山东省烟台地质工程勘察院，2022年8月；

(3) 委托书，中集集光海洋科技（烟台）有限公司，2022年12月。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

本项目用海类型为特殊用海（一级类）中的科研教学用海（二级类），项目用海总面积 59.3968hm²，其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海面积分别为 1.2420hm²、20.7480hm²、2.0800hm²，用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），自然增殖用海面积为 35.3268hm²，用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）。

根据工程的用海方式、规模和所在海域特征，参照《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22号），本项目人工鱼礁透水构筑物用海面积 2.0800hm²，小于 50 公顷，海域使用论证等级为二级；海基平台和光伏平台透水构筑物用海面积 21.9900hm²，介于（10~30）公顷，海域使用论证等级为二级；开放式养殖用海面积为 35.3268hm²，小于 700 公顷，海域使用论证等级为三级。根据就高不就低的原则，确定本项目用海的海域使用论证等级为二级，判定依据见表 1.3-1。

表 1.3-1 工程海域使用论证等级判定依据

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
构筑物用海	透水构筑物用海	人工鱼礁类透水构筑物用海	用海面积 < 50 公顷	所有海域	二
		其他透水构筑物用海	构筑物总长度(400~2000)m; 用海总面积(10~30)公顷	其他海域	二
开放式用海	开放式养殖用海		用海面积 < 700 公顷	所有海域	三

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22号），论证范围依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，二级论证向外扩展 8km。

根据以上分析，确定论证范围为以项目用海外缘线为起点向平行岸线、垂直岸

线各延伸 8km，向南延伸至海岸线，论证范围面积约 202.2km²。论证范围见图 1.3-1 和表 1.3-2。

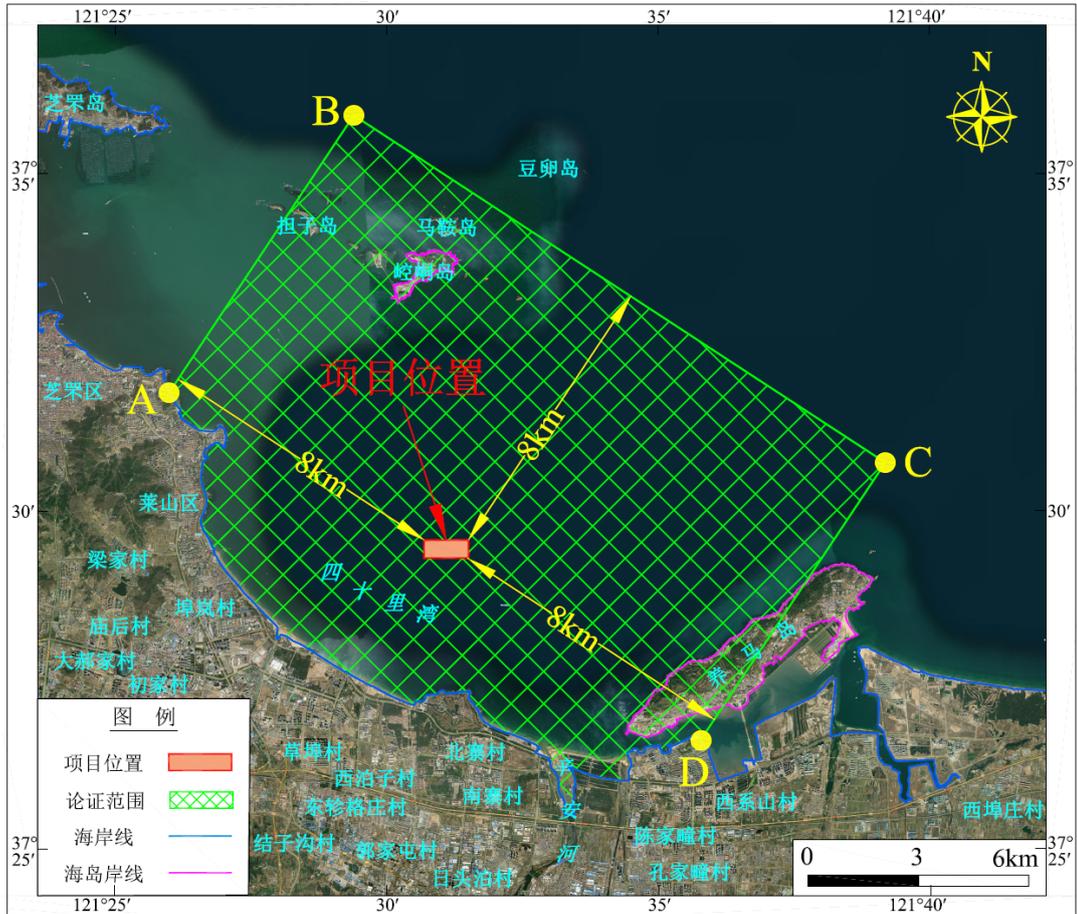


图 1.3-1 论证范围图

表 1.3-2 论证范围控制点（坐标系：CGCS2000）

论证范围控制点	北纬	东经
A		
B		
C		
D		

1.4 论证重点

依据项目用海类型、用海方式和用海规模，结合海域资源环境现状、周边利益相关者等特点，确定本项目海域使用论证工作的论证重点为：

- (1) 项目用海必要性分析；
- (2) 项目选址的合理性分析；
- (3) 用海方式和布置合理性分析；
- (4) 资源环境影响分析；
- (5) 海洋功能区划及相关规划的符合性分析。

2 项目用海基本情况

2.1 建设项目名称、性质、规模及地理位置

(1) 项目名称

烟台海上浮式光伏试验检验中心项目。

(2) 项目性质

新建项目。

(3) 项目与投资规模

项目位于烟台市高新区北寨村以北、四十里湾海域，主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，发电就近用于海基平台试验、监测使用。项目分两期建设，一期建设海上光伏试验区，配置 400KW 海上浮式光伏实验平台和海基平台，二期建设海上光伏利用试验区，配置 7.2MW 海上浮式光伏平台。同时在项目区进行海洋生态修复，在二期光伏平台重力锚上方投放人工鱼礁 4.16 万空方，并利用项目区开放式海域进行海洋生物底播增殖。项目总投资 18794.91 万元，工期 24 个月。

本项目用海类型为特殊用海（一级类）中的科研教学用海（二级类），项目用海总面积 59.3968hm²，其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海面积分别为 1.2420hm²、20.7480hm²、2.0800hm²，用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），自然增殖用海面积为 35.3268hm²，用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式），申请用海期限为 20 年。

(4) 建设单位

本项目建设单位为中集集光海洋科技（烟台）有限公司，是由烟台中集来福士海洋科技集团与烟台高新建设投资开发有限公司共同组建。

(5) 地理位置

项目位于烟台市高新区北寨村以北、四十里湾海域，地理坐标范围为

地理位置见图 2.1-1。



图 2.1-1a 工程地理位置图（行政图）

图 2.1-1b 工程地理位置图（海图）

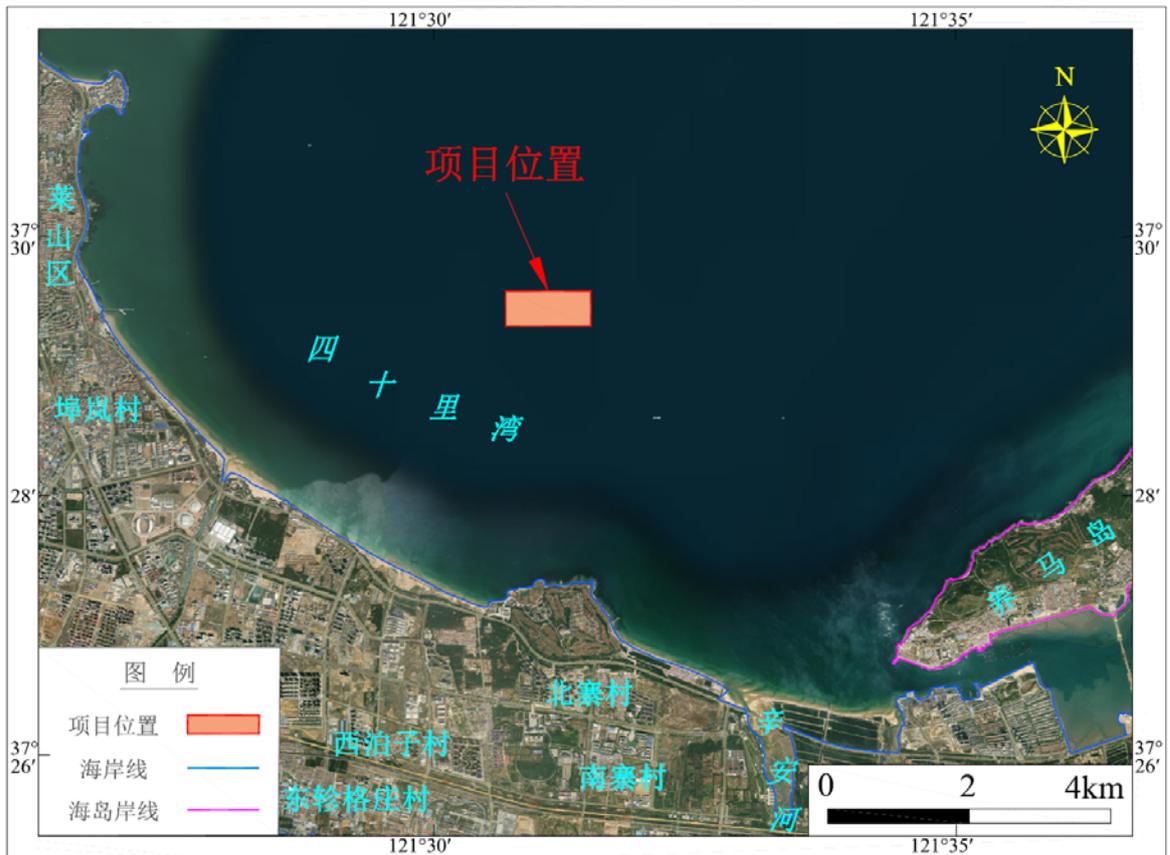


图 2.1-1c 工程地理位置图（卫片图）

2.2 项目概况

2.2.1 平面布置

(1) 建设内容

项目位于烟台市高新区北寨村以北、四十里湾海域，主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，按照功能划分两期建设。

1) 一期光伏海上试验区

① 海上光伏试验平台

规划建设 400KW 海上光伏发电装置，建设内容包括：400KW 海上浮式光伏试验平台。

② 海基平台

建设海上管控平台，采用中集来福士建造的 H206 半潜式平台进行改造，甲板尺度为 80m×70m，作为光伏发电在线监测及电能利用试验承载平台，配置光伏试验设施及海上微电网供电系统本地智能调控管理与在线监控系统，为各类参数提供试验数据。

③ 陆基管控中心

对现有陆基实验室进行改造，打造数据集成、分析、试验于一体的陆基管控中心。

④ 海上光伏监测检验系统及能力建设

依托海基平台和陆基中心，实现海上光伏系统的整体集成监测以及零部件厂家和实验室亟需的海上试验开展。通过搭建监测系统和配套监测仪器等实现海上光伏产品从单品到集成建设过程中的一个检验控制，最终为海上安全施工、运维、运营提供坚实的安全保障。

2) 二期光伏海上利用试验区

① 海上光伏平台

建设 7.2MW 海上浮式光伏平台、结合一期海基管控平台配置 10MW10KV 箱变、开展海上光伏发电利用试验、配置海上试验运维船 1 艘。

② 人工鱼礁海洋生态修复

利用光伏试验平台海底锚固系统兼顾人工鱼礁功能以及项目区开放式海域，进行海洋生物增殖，人工鱼礁空方量为 4.16 万方。

③ 海上光伏利用能力试验能力建设

对一期海基平台和陆基中心进行改造升级，实现海上光伏系统的整体利用海上试验。通过对光伏发电电力应用开展试验，包括渔光互补发电电能用于海水淡化、海洋补氧制氢等进行试验，搭建监测系统和配套监测仪器等实现海上光伏发电利用完整产业链，最终为海上光伏的利用创造广阔空间。

(2) 总平面布置

项目区东西长度为 1200m，南北长度为 495m，按照总体布置如下：

在项目区西侧布置一期海上光伏试验区，东西长度为 200m，南北长度为 495m，配置海上光伏试验平台和海基平台。布置 400KW 海上浮式光伏实验平台 1 组，平台锚固采用重力锚方式；在光伏试验平台南侧建设 80m×70m 海基平台，平台采用坐底式多功能试验平台。一期具备对光伏板开展海上试验、管护的功能。

在项目区东侧布置二期海上光伏利用试验区，东西长度为 1000m，南北长度为 495m，配置 7.2MW 海上浮式光伏平台。采用分块发电，共布置 18 个 400KW 发电子方阵，各方阵之间留有一定间距，总装机容量 7.2MW，通过浮式电缆系统连接至一期海基平台；在光伏平台重力锚上方抛设构件礁进行压覆和兼顾人工鱼礁功能。

利用项目区内的开放式海域进行海洋生物底播增殖。

图 2.2-1a 项目总平面布置图

图 2.2-1b 海上光伏试验平台建设效果图

(3) 海上光伏试验平台

项目共布置 19 个海上浮式光伏实验平台，单个光伏实验平台装机容量 400KW，总装机容量 7.6MW。单个光伏实验平台尺寸 52.25m×52.25m，由 4 个浮体光伏单元组成，单个浮体尺寸 25m×25m，采用 2×2 阵列，浮体之间用钢缆连接，平台下部采用 8 个重力锚沉于水底，缆绳牵引的锚固方法，平台上面铺设光伏电板，最终构成光伏发电方阵。

海上光伏试验平台主要用于各种海上光伏零部件的试验及测试，零部件安装到该平台后的集成测试，可安装多厂家不同类型的产品进行同平台、同海况、同方法的测试。

(4) 海基平台

海基平台采用中集来福士建造的 SSCV-H206 半潜起重生活平台，对其改造为坐底式海上光伏试验海基平台后进行利用，平台尺寸为 80m×70m，下部浮箱尺寸为 118m×70m。SSCV-H206 是烟台中集来福士自主研发、自行建造的半潜式起重/生活

平台，船级社为 ABS，该平台目前位于烟台市套子湾西侧海域。海上平台材质为钢质，平台上配备清洁卫生间、船员间、休息室、直升机电板、救生艇、污水处理间、淡水舱、锚泊系统、机修间等设施。平台现状中部为载货区域，西侧布置 1100t 吊，东侧布置过桥、机舱和生活区。

项目对 SSCV-H206 平台进行改造，保留东侧的过桥和机舱，利用现有生活区作为试验、管理、办公用房；对中部载货区进行改造，利用现有承重甲板区布置变电站，离网管理系统、发电机、储能设备用房，集成式海水淡化试验设备，海水制氢试验、利用设备，光伏配件存储仓库，光伏组件维保堆场，维修甲板区等，并保留 25t 甲板吊；拆除西侧的 1100t 吊，改造为规划试验设备存储区。改造后其主要功能包括：试验人员住宿、柴油发电机组、储能系统、微电网系统、监测监控系统及试验仪器的布放、试验在线监测、海水淡化及存储、海水制氢试验、氢能利用试验等。经来福士改造安装后，能够满足最大 500 人的海上试验、工作、安装规模要求，可为海上光伏试验观测、环境监测等活动提供专业技术支持，且具备宽广的开发利用空间。

图 2.2-2a 海基平台上部现状平面布置图

图 2.2-2b 海基平台上部改造利用平面布置图

图 2.2-2c 海基平台上部改造后平面布置图

图 2.2-2d 海基平台上部甲板图

图 2.2-2e 海基平台下部浮箱图

(5) 海洋资源修复

在二期光伏平台重力锚上方抛设 2m 厚构件礁进行压覆和兼顾人工鱼礁功能，单个重力锚以锚点为中心抛设 40m×40m（两侧为 30m×40m）见方的多孔隙混凝土方形构件礁礁斑，礁体规格采取 0.6m×0.6m×0.4m。人工鱼礁采用人工构件礁，共计投放 4.16 万空方，放养品种为海参、鲍鱼等。同时利用项目区内的开放式海域进行底播增殖，底播品种为本土贝类。

项目通过投放人工鱼礁与底播增殖，在开展海上光伏试验的同时，兼顾海洋生态环境修复功能，探索水上发电、水下生态系统繁荣的“渔光互补”模式。

图 2.2-3 项目人工鱼礁平面布置图

(6) 光伏线缆

本项目规划变电站位于项目区西南角，海基平台东侧，太阳能电池组件经逆变后接入变电站，升压至 10KV，利用铅护套 YJQ41-3 站位于海域西南角型号电缆出线接入海基平台进行海上电力利用试验。电缆方案采用海上浮式电缆方式，长度 4km。

图 2.2-4 海上浮式电缆平面布置图

2.2.2 主要结构形式

本项目主体工程建设内容包括海上浮式光伏试验平台、海基平台、人工鱼礁等。

2.2.2.1 海上浮式光伏试验平台

本项目拟定在水面建设 19 个海上浮式光伏实验平台，采用分块发电，集中至箱变处升压利用的模式，单个光伏实验平台装机容量 400KW，总装机容量 7.6MW。一期建设 1 个光伏平台；二期建设 18 个光伏平台，在一期试验成果基础上对采用的光伏组件、逆变器等在海上条件下可靠性进行综合评定，并对可靠产品进行规模化设置，所采用的的光伏系统设计与一期试验结果相匹配。

浮式光伏平台由 4 个浮体组成，采用 2×2 阵列，浮体之间用钢缆挨个连接，平台下部采用重力锚沉于水底，缆绳牵引的锚固方法，平台上面铺设光伏电板，最终构成光伏发电方阵。

浮式平台高度约 4.5m，气隙 3m，下部为浮体材料平台，采用钢结构框架+浮体及配种材料分组加工制作，保证在海上足够的抗风浪强度及耐久性，浮体上部设置光伏平台，平台由中心向两侧设置 5%坡度。

图 2.2-5a 海上光伏试验平台结构平面图

图 2.2-5b 海上光伏试验平台结构立面图

(1) 光伏组件

本项目海上光伏组件为漂浮式组合组件，发电就近用于海基平台试验、监测使用。综合考虑目前商业化的各种太阳能电池组件的产业形式、技术成熟度、运行可靠性、未来技术发展趋势等，并结合电站周围的自然环境、施工条件、交通运输的状况，本项目推荐采用 535Wp-575Wp 大功率单晶硅组件，最终光伏组件选型应根据试验需求及招标情况确定。

以采用 560WP 组件为例，单个浮体尺寸 2278mm×1134mm×30mm，共计光伏组件 180 块，100.8KW，四个浮体组成一组海上光伏试验平台，共计需要 720 块光组件。

(2) 逆变器

项目场址区地形整体平坦，朝向统一，属于 II 类太阳能资源区，光伏逆变器作为光伏电站发电的核心设备，其选型应综合考量发电量、初始投资和后期运维成本与难度。本项目光伏发电系统中逆变器的配置容量与光伏方阵安装容量相匹配，每台逆变器的直流输入功率按照不大于其允许的直流输入功率设计，考虑逆变器允许范围之内进行合理超配。

综合以上因素，本项目选用 225KW 组串式逆变器，每个光伏平台配备一台逆变器。

(3) 箱式变电站

配置 10MW10KV 箱变，具备倒送电功能，变电站结合海基平台建设，采用一体式集成设备安装组成。变压器参数为：电压比 10 中变压器选用箱式变压器，变，接线组别 Y/d11，短路阻抗 $U_d=6.5\%$ 。

(4) 海缆

按照 7.6MW 的总装机容量进行铺设海缆，满足光伏组件串联及汇入变电站条件，完成浮式光伏平台逆变器后的设计、海上浮式电缆铺设、试验等，最终完成海基平台光伏发电利用试验，满足运营条件。直流汇流电缆型号为 PV1-F1*4mm²，采用铠装电缆型式保护。送出电缆采用 YJLV22-26/10KV-3*150 可满足要求。

水面移动式光伏电站漂浮电缆采用防水抗拉拖拽高低压漂浮线缆，导体采用多股超细精绞无氧铜丝，符合 VDE0295CLASS 6 类标准，绝缘采用特殊防水高密度材料，屏蔽采用镀锡铜丝纺织屏蔽，密度 85%以上，护套采用聚氨酯（PUR），浮块采用分布式浮力模块，浮体外侧为密封外壳，由聚氨酯泡沫和钢制罐体组成。

海上电缆采用浮式结构，无需进行海底敷设，平台间架设电缆索链，长度大于平台间最大间距，索链与下部不锈钢波纹管通过抱箍@1000 连接，不锈钢波纹管穿电缆，两端设喇叭口，上端伸至汇流箱下端 300mm 处，下端伸海平面以下不小于 2000mm。

图 2.2-6 浮式电缆结构示意图

(5) 光伏方阵接线方案

本项目光伏发电系统电气接线方案如下：本发电系统采用 560Wp 单晶硅双面双玻组件，装机容量为 7.6MWp，共设 19 个光伏平台。单个平台装机容量为 0.4MW，采用 720 块组件，每个平台组件汇入一台逆变器，经逆变器逆变后接入平台变电站升压至 10kV。每 6 个发电单元一回进线，10kV 配电室共 1 回 10kV 进线，1 回出线。10kV 侧采用浮式电缆接至海基平台进行电力应用试验。光伏组件方阵的运行方式采用海上浮式型式。本工程电缆选型采用变截面方式，使得组件至逆变器、逆变器至箱变的电缆压降保持基本一致，减少不平衡电流的影响，并且压降控制在一定范围内，严格控制交直流电缆损耗。

(6) 年发电量

本项目安装 560Wp 单晶光伏组件，总的装机容量为 7.6MWp。根据计算，本项目首年上网发电量为 1045 万 kWh，20 年平均上网发电量为 989.52 万 kWh。首年利用小时数为 1040 小时，20 年平均利用小时数 990 小时。

2.2.2.2 海基平台

海基平台利用中集来福士建造的 SSCV-H206 半潜起重生活平台对其改造后进行利用，将半潜式生活平台改造为坐底式海上光伏试验海基平台，改造需取得 CCS 特检及适应性改造证书。

改造后的海基平台为有人值守坐底式平台，采用坐底式四边形钢结构形式，由立柱、上下环、沉垫、斜支撑等组成，配备生活区平台及机械区平台，通过水下监测、起吊、维修等设备，实现渔光互补试验的自动化、智能化和无污染化。

改造后平台结构部分的设计使用寿命为 20 年，主结构用钢板、T 型材除特殊说明外均为 AH36 级钢，球扁钢材料为 AH36，生活区结构用板及角钢为 A 级钢。使用表面涂层和牺牲阳极的阴极保护方式作为防腐蚀手段。防腐蚀处理等工作均在预制场内完成。

表 2.2-1 海基平台设计参数表

甲板模块	
浮筒	
载货甲板面积	
拖航吃水	
操作吃水	
自存吃水	
空船重量	
排水量 (23m 吃水)	

图 2.2-7 海基平台立面图

图 2.2-8 海基平台现状甲板俯视图

2.2.2.3 人工鱼礁

二期海上光伏试验平台锚固采用重力锚，锚点上堆放块构件礁形成人工鱼礁，放养的海参苗、鲍鱼等生物将附着在这些鱼礁上生长栖息，从而为海洋生物创造一个天然的生长环境。

本项目人工鱼礁兼顾重力锚覆重功能，由于工程区地质条件为淤泥和淤泥质粉质粘土，承载力较低，因此综合选取重量较轻的人工构件礁方案，礁体高度为 2m，预留足够的沉降量。

图 2.2-9 人工鱼礁结构示意图

2.2.3 配套工程

(1) 陆基中心

陆基中心依托中集来福士 3D 试验室改造，无需新建，仅对闲置房间进行改造和设施配套即可。本项目不采用光缆进行海陆基平台连接，通过海上光伏网络系统，实现浮式光伏试验远程监控及控制、数据收集分析、远程操作等功能。

中集来福士 3D 试验室位于烟台市高新区科技大道北侧、海天路东侧的烟台来福士海工研究院，与项目相距 5.2km。

图 2.2-10a 陆基中心位置示意图

图 2.2-10b 陆基中心效果图

(2) 海上试验与运维船

项目配备 1 艘试验运维船，乘员 10 人，配有 1 间面积 10m² 的试验控制室、面积不少于 30 m² 的甲板，另外还配有 1t 旋转吊机、船顶部有围栏及通道，可供 2 人进行海上光伏板的拆卸运维等工作，满载吃水不超过 1.2m，水上高度不超过 3.5m，船宽不超过 8m，具有侧推功能，航速按照普通客船设计及配置。试验运维船日常停靠于项目西北侧 14.5km 处的中集来福士舾装码头，工作时临时停靠海基平台处。

(3) 依托码头

本项目施工期作业船舶、运营期海上试验与运维船利用项目西北侧 14.5km 处的中集来福士舾装码头作为依托码头（图 2.2-11）。

图 2.2-11 依托码头位置示意图

2.3 施工方案、工程量及计划进度

2.3.1 施工方案

2.3.1.1 施工条件

(1) 交通条件

项目区紧邻烟台至威海近岸航道，水深条件良好，平台及其他所需材料均可由水上运输，能够满足工程建设需要。

(2) 配套设施条件

本工程的给排水、供电、通讯等配套设施均可就近从陆上接引，能够满足项目所需。

(3) 施工条件

本工程施工作业所需的材料可就近采购。项目周边地区具有多家经验丰富的施工队伍可供选择，可以保证本项目建设的顺利实施。

(4) 依托码头

本项目利用西北侧 14.5km 处的中集来福士舾装码头作为施工依托码头。

2.3.1.2 施工顺序

本项目分两期建设，施工流程如下：

一期海上光伏试验检验平台→海基平台→海上光伏监测检验系统及能力建设→二期海上光伏试验检验平台→海上光伏利用试验设施→海洋生物底播增殖→竣工验收

2.3.1.3 施工方法

(1) 漂浮式光伏平台

1) 施工顺序

浮式光伏平台施工顺序为：浮式平台加工→上部光伏安装→海上托运→定位安装→抛锚及压覆→电缆安装→日常看护与管理。

2) 施工工艺

①浮式平台加工制作

浮式平台采用陆上加工制作的方式，由中集来福士船厂进行钢结构及浮体结构的加工制作，采用分段加工、拼装、喷涂涂层、安装光伏的工艺流程。

②浮式平台下水

漂浮式光伏平台采用平板车运输至码头，在码头前沿由起重机吊运至运输船舶，

然后运至指定位置。

图 2.3-1 漂浮式光伏平台吊装下水示意图

③海上拖航

拖航前进行拖航计算，并向 CCS 送审，审核通过后向海事部门申请海上拖航运输并取得适航证，单个浮体平台结构重量约 50 吨，尺寸 25m×25m，吊装时做好对油漆的保护，待 4 个光伏单元连接在一起后，使用 3000hp 拖轮湿拖至安装点位，拖航前与运输船船方确定连接、拖船、保险等事项。

图 2.3-2 海上拖航示意图

④海上安装

I、重力锚的安装

海上浮式光伏平台采用八点锚泊的方式系泊，单个锚点采用重力锚型式，单个重量 1t，在制作完毕后通过干拖或湿拖到指定锚泊点，然后在吊机的辅助下沉淀到海底，再添加构件礁形成重力锚同时可以兼做鱼礁，安装完毕后锚入泥深度约 2m。

II、海上浮式光伏平台的海上安装和系泊

根据已安装好的混凝土重力锚，水下缆绳连接到混凝土重力锚上，缆绳上头采用 PE 浮球飘在海面上。基准浮体平台到达安装点位后，先用一艘船靠住基准平台，另外一艘船缓缓的推着预组的平台向系泊位置靠近，然后从 PE 浮球上把缆绳解开，连接到浮体平台，进行缆绳的调整直至各个点满足系泊设计，完成海上浮体的安装，并连接好海缆实现发电。

图 2.3-3 浮式光伏平台安装到位后示意图

(2) 海基平台

1) 施工顺序

海基平台施工顺序为：海基平台改造加工→上部试验设施安装→海上拖运→定位安装→抛锚→日常看护与管理。

2) 施工工艺

①海基平台改造

海基平台运至中集来福士船厂进行改造，改造采用舾装泊位进行拆除及部分加固改造流程。

②海基平台运输

海基平台由 4 条 3000hp 拖轮辅助从平台停泊点拖航至安装海域。

拖航及拖轮：4 条辅助拖轮协助精准到位，作业船长及作业人员就位，主拖轮和 3 条辅助拖轮配合精准定位。主拖轮拖带平台至就位附近海域，主拖轮抛锚。主拖轮拖带抵达指定位置进行解拖工作。完成解拖后，主拖轮绞收主拖缆与短缆（三角板）连接处至艉部作业区，船艉保持与平台合适距离，主拖轮人员解掉主拖缆，辅助平台定位。

③海基平台锚固

平台吊运至指定海域后，由抛锚船抛设锚缆，由平台自带锚定系统进行收紧固定。

图 2.3-4 海基平台浮运安装图

2.3.2 工程量与土石方平衡

本项目主要建设海基平台、7.6MW 海上浮式光伏实验平台及 4.16 万空方人工鱼礁，其中海基平台采用坐底式四边形钢结构形式，海上浮式光伏试验平台采用钢结构框架+浮体结构，人工鱼礁采用人工构件礁结构。

项目无需开挖，不产生土石方。项目建设使用钢材总量约 1800 吨，人工礁体混凝土用量 1.25 万方，所需材料均从当地进行采购。

2.3.3 施工进度安排

从施工过程、工程数量、作业时间以及作业受自然条件的影响程度等方面分析，本项目的总工期安排 24 个月。

2.4 运营工艺

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，分两期建设，一期建设海上光伏试验区，二期建设海上光伏利用试验区。项目落成后将为各类海上浮式光伏技术方案提供长期实海况验证，验证离网情况下渔光互补微电网供电系统的能源控制策略优化，参与制定行业标准，为山东省及沿海各省海上光伏开发提供技术检验。

一期以 4 个浮体配置 400kW 海上浮式光伏实验平台及 80m×70m 坐底式海基平台（集成混合式储能系统、柴油备用发电机组、微电网能源控制系统），完成数据在线监测平台，验证 4 个浮体并取得相关检验资质。

二期建设海上光伏利用试验区，配置 7.2MW 海上浮式光伏平台，采用重力锚上覆人工鱼礁锚固，兼顾海洋资源修复的人工鱼礁功能，依托一期海基平台建设变电站、光伏发电利用试验设施等，开展浮体、光伏板规模化利用试验及检验功能，验证海上浮式离网光伏系统与海洋生态修复、海水淡化、海水制氢相关设备的适应性：

①通过试验场搭建海上光伏试验检验中心，取得国家相关资质，并对外提供检验检测服务；②通过浮式光伏试验平台的运营，检验浮体、系泊等系统的功能及可靠性；③打造海洋新装备、新设备、零部件等集成测试，以及海上运输、安装施工及试验保障的专业团队；④采用“渔光互补”，探索水上发电，水下增殖的综合开发模式；⑤制定行业标准，建设成国家级海上光伏装备质量检验检测中心。

（1）光伏发电微电网利用设施

本项目光伏试验所产生的电能采用离网方式运用，为保障能够提供持续稳定的电力供给，根据一期光伏装机容量 400KW，配套设置微电网利用系统，包括储能系统、柴油发电机组、微电网控制系统等，主体架构如图 2.4-1 所示。

项目利用海上漂浮式光伏发电系统作为主要发电单元，在海基平台集成混合式储能系统作为能量和功率的电源调控单元，柴油发电机组作为平台备用电源。通过微电网能源控制系统，充分协调-源-网-荷-储之间的用电平衡，同步实现整个渔光互补型微电网试验中心能源数字化，做到本地智能运维，远程监控，无人值守的智慧管理运维目标。

通过充分利用海上光伏资源与柴油发电机的结合可以很好的实现海上光伏发电稳定利用。本光伏电网系统配备储能系统，柴油发电机仅在连续无阳光情况下开机使用。同时后期可根据试验组件的增加，可在现有的光伏微电网系统上进行扩展满足试验需求。光伏微电网系统集成能源互联网技术、大数据分析、智能集控等多种高新技术于一体，不但可以解决海上实验平台的供电需求也可实现渔光互补、海水制氢、海水淡化等多种利用场景后续用电特点的要求。

图 2.4-1 微电网系统架构

（2）在线监控监测系统

全部数据通过海缆进行信息传输，在海上试验场内搭建无线路由网络、传感器以实现无线传输，试验数据可与移动的试验船、陆基中心进行实时交换及控制。试验场内配套水下监测系统、水上电子围栏报警系统、试验平台各种传感器等设备设施，建设一套自身供电系统。该系统优先使用试验场光伏发电，在夜间除利用自身储能电力外将从变电站取电。监测检验仪表传感器-日照、温度、电流、电压、风、浪、流、应力、系泊力、冲刷等监测，最终形成一套网络控制及管理系统。

（3）海上光伏监测检验系统

海上浮式光伏试验场依托海基平台和陆基中心，实现海上光伏系统的整体集成

监测以及零部件厂家和实验室不能做的海上试验的开展。通过搭建监测系统和配套监测仪器等实现海上光伏产品从单品到集成建设过程中的一个检验控制，最终为海上安全施工、运维、运营提供坚实的安全保障。

海基平台主要包括监控在线监测系统和数据收集，陆基中心主要进行数据分析和试验检验。

1) 单品监测实验

海上光伏配件单品实验包含但不仅限于此，将根据海况需求制定相关检验内容、检验标准、配套实验设备，确定试验方法和实验人员。

表 2.4-1 海上光伏单品检测项目表（部分）

序号	监测项目	监测数量/时间	备注
1	耐电压		
2	耐盐雾		
3	耐水气		
4	耐水压		
5	强度监测		
6	弯曲变形		
7	拉力		
8	碰撞		
9	密封检验		
10	腐蚀检验		
11	扭力监测		

2) 海上光伏集成监测项目内容

海上光伏集成监测系统通过长期布放监测仪表仪器，监测时间不少于 3 个月，监测周期内将经历不同风浪，包括不少于 10 天的 7 级以上恶劣海况，主要监测总体稳性、上浪、水面结合处腐蚀、海底生物变化状态、海床面变化、系泊力、关键浮体结构强度变化、不同风浪级别下对发电数据的影响、模拟系泊缆断裂失效条件下安全应对方案等实验，实验包含但不仅限于次，还将根据海况需求制定相应的检验内容、检验标准、配套实验设备，并制定相应的试验方法和安排相关实验人员。

表 2.4-2 海上光伏集成检测项目表（部分）

序号	监测项目	监测内容	备注
1	总体稳性		
2	总体发电系统监测		
3	上浪气隙监测		
4	水气结合处腐蚀测试		
5	海床面变化测试		
6	系泊力监测		
7	位移监测		
8	光伏顶部整体载荷监测		

9	渔业增殖变化观测		
10	光伏板水下观测		
11	安全模拟观测		
12	运维模拟监测		

3) 实时在线观测及监测监控系统建设

搭建监测检验控制系统，为后期电力开发商的安全运营、山东省能源局掌握实时数据情况提供参考依据。该基础系统建成后将安装在陆基控制中心，进行部分在线监测，其它试验如破坏性试验还需要单独到海上试验场内进行模拟。

(4) 海上光伏利用试验装置

1) 渔光互补

针对本项目海上光伏发电试验场所产生电力由于长距离海底电缆并网至陆地会产生一定的电力损耗，因此建议就近开展海上光伏发电利用试验。项目区在开展光伏试验的同时，海底开展人工鱼礁及底播增殖，监测海上光伏安装后周围水质、海洋生物变化状态，探索水上发电、水下增殖的“渔光互补”综合开发模式。项目周边邻近海域开展深水网箱养殖等渔业生产活动，随着项目发电量的增加和光伏试验的深化，后期可考虑为周边养殖作业船舶和船载设备供电，实现渔光互补的最优效果。

2) 海水淡化试验

本项目在海基平台设置集成式海水淡化试验设备，采用海上光伏发电所产生的电能开展海水淡化试验，海水淡化取水口位于平台下方，产生淡水可用于本项目光伏板的清洗、船舶加水、平台工作人员生活用水等。

海水淡化技术常见的有蒸馏法和膜法两大类。蒸馏法有多级闪蒸法、多效蒸馏法和压汽蒸馏法；膜法有电渗析法及反渗透法。尽管多级闪蒸法、多效蒸馏法的出水水质较反渗透法好，具有技术上的优势，但相同处理量的多级闪蒸、多效蒸馏法投资比反渗透法高出 20%~100%，并且需要当地提供热源，除了极大型装置外，平台上的小规模供水应用实践比较少见。反渗透技术具有投资少、操作方便、能耗低、建设周期短、占地面积小等优点，具备光伏发电和风力发电的海上平台均可采用反渗透淡化装置，并且可实现设备一体化（组装成集装箱式），故本项目采用反渗透法进行海水淡化试验。以采用“超滤+反渗透”海水淡化工艺一体机为例，工艺如下：

图 2.4-2 海水淡化工艺示意图

3) 海水补氧制氢试验

本项目在海基平台设置海水制氢、氢能利用试验设备，采用海上光伏发电所产生的电能开展海水补氧制氢试验。

随着碳达峰、碳中和目标的逐步临近，利用清洁能源的需求日益紧迫，氢能源作为清洁能源未来将在船舶交通等方面应用场景越来越广泛，因此开展海上光伏发电制氢属于清洁能源逐级深化利用，提高了清洁能源的可持续利用能力，在制氢的同时产生的氧气可通过试验方式在邻近海域排放，缓解四十里湾海域每年的海洋缺氧期，提升海水溶解氧含量，丰富周边海域海洋生物资源，是一举多得的长久之策。

长期以来，电解水制氢在经济层面上被认为是不可行的，无论是从电力消耗还是从水资源消耗角度出发，其都无法与现有化石燃料制氢方法相比。然而，随着海上光伏及风电等绿色能源的快速增长，寻求可持续的发展方式已刻不容缓。结合目前可再生能源与海水淡化技术的实际发展，可以认为可再生能源结合海水淡化后电解和海水化学资源利用是理想的投资方案之一，海水直接电解技术虽是最理想的制氢方案，但其工业化推广目前仍处于试验阶段。

海上光伏仍处于发展阶段，光伏发电还无法做到平价上网，再加上可再生能源制氢相较于传统制氢成本偏高，氢能产业现大部分处于国家补贴的政策下。由于绿氢从政治、能源转型等层面而言整体价值较高，且随着制氢设备国产化及规模化的逐步提高，未来制造成本的降低必将会推动海上风电、光伏制氢平台的发展。因此本项目利用独立式微网海上光伏场结合海水制氢开展海上绿色能源离网应用及储能一体化试验，为海上孤立电能的应用开展试验及示范具有广阔的发展空间。

现阶段海水制氢主要工艺流程为：使用海水提升泵进入平台直接进行海水淡化及循环水冷却，淡化后的海水部分用于循环水补充，部分采用反渗透（Reverse Osmosis, RO）+电渗析（Electro Deionization, EDI）的处理方式对其去离子化后通过压力型质子交换膜（Proton Exchange Membrane, PEM）电解水制氢系统发生分解反应产生氢气和氧气，氧气不回收直接排空，氢气经分离、除氧、干燥后进入氢气压缩机，加压后进入氢气储罐。

本项目为海水制氢设备试验及离网海上电能利用试验项目，非试验设备产业化项目，由实验设备运转所产生的产品将依次向上下游逐步梯次试验，试验产生的产物主要为就地消纳、利用，通过全过程试验解决海上离网绿色电能的利用、存储等一系列的技术难点，为浮式光伏产业化开拓实践路线。

（5）海上浮式光伏试验平台运维方案

浮式平台海面以上高度约 4.5m，气隙 3m，吃水 1.5m，通过小艇+升降机，人员可以自由进出，进行光伏板的清洗、保养、更换及其它运维工作。

图 2.4-3 海上浮式光伏试验平台运维示意图

(6) 海洋生态修复

本项目在二期海上光伏试验平台重力锚上方抛设构件礁进行压覆和兼顾人工鱼礁功能，同时利用项目区内的开放式海域进行海洋生物底播增殖。海洋生物增殖工艺为：苗种投放→日常看护与管理。

1) 底播增殖种类的选择

结合烟台北部海域海洋环境特征，选择以黄海区，尤其是山东半岛北部的潮间带泥沙及沙泥质海底常见种类、具有重要的生态价值的本土贝类、海参、鲍鱼等海洋生物。

2) 苗种选择

苗种规格不宜太小，防止因环境变化和被捕食造成成活率低。另外应当选择健康苗种，杜绝将不健康或带病原的苗种投放到海区中，以免引起疾病的流行和传染。

3) 适时投放苗种

根据投放种类的适应温度和天然水温的变化、气候条件来确定投放时间。一般选择 5-6 月份或 10 月份投苗。

4) 播苗方法

播苗选择在天气晴好，潮流平稳时进行。播苗前，需由潜水员清除增殖区内海星等敌害生物，并做好增殖区内分区标志。投苗方法以水下底播为主，即潜水工人与船上人员同时作业，参苗均匀撒播海底。播苗时由潜水员潜入海底，从上流头开始，迎流播苗，边播边退，将幼苗按要求密度撒播于增殖海区内，这样能有效保证播苗的均匀准确，效果也较为理想。

需注意的是，在苗种在播种前，需进行敌害清除工作，本项目通过潜水员在透明度较大的晴朗天气里，把潜入海底的敌害生物一一拣除。

5) 苗种投放量控制

根据海区环境容量及不同投放种类的生长周期，确定每年投放的苗种数量。

(7) 后期运营方案

海上光伏试验检验中心通过搭建在线监测控制系统，逐步将覆盖范围从烟台推

向全省、全国，提供浮式光伏零部件产品的海上监测、破坏性试验；提供总体集成后的海上光伏装备试验；提供模拟各种突发状况集成装备的测试；提供未来全省海上光伏场的全程在线监测、预报和技改等。

1) 海上光伏监测系统基础部分免费开放给各海上光伏场

搭建山东省海上光伏在线监测系统，系统的基础部分将免费提供给各海上光伏场业主使用。本基础部分可监测发电效率、海上光伏场内运营基础参数、浮体运营状态等，也可供山东省能源局及海上安全应急部门使用。

2) 海上试验产品和装备集中监测

为了确保海上光伏场的安全运营，防止碰撞及海上事故的发生，未进行海上试验的海上光伏装备统一集中到有安全保障的海上试验场进行试验检验，试验检验后再到其他海域内进行运营但需要搭建好远程监测监控系统，实现全省统一监管。

3) 海上试验场监测检验运营团队

海上试验场监测检验团队由专业的测试人员和科研院所专业人员组成。前期有送检团队和科研人员共同完成试验监测方案，正式试验实施时交给海上专业的试验人员进行，确保各个环节公开透明，以及试验监测的准确性和安全性。

2.5 项目申请用海情况

(1) 项目申请用海面积

1) 用海面积、类型及方式

建设单位于 2022 年 12 月向海洋主管部门提出用海申请。初期申请用海总面积 59.3968hm²，其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海面积分别为 1.2420hm²、20.7480hm²、2.0800hm²，用海方式一级方式为构筑物，二级方式为透水构筑物，自然增殖用海面积为 35.3268hm²，用海方式一级方式为开放式，二级方式为开放式养殖。项目用海类型一级类为特殊用海，二级类为科研教学用海。本项目初期申请用海宗海图详见图 2.5-1。

2) 坐标点界定

界址点坐标采用 CGCS2000 坐标系，中央经度为 121°30'。

(2) 占用岸线情况

本项目不占用海岸线，建成后不形成新的有效人工岸线。

(3) 项目申请用海期限

本项目属于公益用海，项目的光伏组件、海基平台结构设计使用年限为 20 年，

因此，本项目申请用海期限为 20 年。

图 2.5-1a 项目初期申请宗海位置图

图 2.5-1b 项目初期申请宗海界址图

2.6 项目用海必要性

2.6.1 项目建设必要性

(1) 项目建设是建设资源节约型社会的必然选择

2022 年 9 月 28 日，山东省海洋局印发《关于推进海上光伏发电海域使用立体使用的通知》（鲁海函〔2022〕155 号），鼓励各市因地制宜探索利用已确权的养殖用海、盐田用海区域，科学布局光伏发电项目。提高海域资源利用效率、支持海上光伏发电产业发展。继地面电站和屋顶光伏后，漂浮式光伏将成为光伏产业的“第三大支柱”，海上光伏是其主要应用场景。一方面，这些年来内陆非耕地基本上都得到了开发，光伏用地日趋紧张，而海域面积宽广，开发的空間相当可观；另一方面，海上日照充足且无遮挡，布局光伏有天然的环境优势。光伏入海是贯彻落实科学发展观，构建社会主义和谐社会的重大举措；是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择；是推进经济结构调整，转变增长方式的必由之路；是提高人民生活质量，维护中华民族长远利益的必然要求。随着经济发展步伐的加快，山东省用电负荷增加很快，电力供应紧张，供需矛盾突出，煤炭、石油、水力资源等能源相对匮乏，利用海上太阳能资源进行发电是未来能源发展的必然趋势。项目建设可起到积极的示范作用，有助于推动海上光伏产业的发展，为地区经济可持续发展做出一定贡献。

(2) 项目建设是促进我国光伏产业健康发展的需要

根据相关资料显示，我国可利用海域超 300 万平方公里，理论上可发展近 7 亿千瓦（700GW）海上光伏。2022 年 3 月，国家科学技术部发布《“十四五”国家重点研发计划“可再生能源技术”重点专项》，明确将“近海漂浮式光伏发电关键技术及核心部件”列为“十四五”重点研发计划，海上光伏市场正在进一步拓展。

海上光伏作为新能源发展新的重要领域，发展潜力大、综合效益高、生态环境友好，是助力山东省及沿海省实现“碳达峰、碳中和”的最主要措施之一。山东省在“十四五”规划中明确提出，将建设千万千瓦海上浮式基地。此次海上试验中心是山东省光伏产业走向“深蓝”的标杆性项目之一，项目落成后将为各类海上浮式光伏技术方案提供长期实海况验证，参与制定行业标准，为山东省及沿海各省海上光伏开发提供技术检验。

总之，本项目的建设可推动漂浮式海上光伏走向“深蓝”，形成规模化，加快推动可再生能源发展，加速我国“双碳目标”的尽早实现。

（3）项目建设是实现新能源产业和现代渔业发展双赢的重要举措

山东是能耗大省和碳排放大省，在碳达峰、碳中和行动中面临重大挑战机遇。站在新的历史起点上，山东将准确把握新发展阶段，全面贯彻新发展理念，服务构建新发展格局，紧扣绿色低碳高质量发展主题，深入推进能源生产和消费方式变革，严格落实能耗“双控”，坚决遏制“两高”项目盲目发展，加力提速发展新能源，补齐能源基础设施建设短板，加快构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，为我省“三个走在前”提供有力支撑。

本项目通光开展海上光伏发电与海洋生态修复相结合的试点研究，积极探索三产融合型海洋牧场综合体发展的新途径，利用周边海域水面上层空间，推动建设漂浮式太阳能光伏发电项目，实现水上发电、水下渔业资源恢复的“渔光互补”模式，促进一二三产业融合发展，加快海洋渔业转型升级。在促进海洋渔业资源恢复的同时，使大规模太阳能发电成为可能。“光伏渔业”的开发，对于渔业结构的调整、升级和“三农”问题的解决也有重要作用。

综上所述，项目建设是建设资源节约型社会的必然选择，是满足经济可持续发展、促进清洁能源转换的需要，同时是实现新能源产业和现代渔业发展双赢的重要举措，项目建设是必要的。

2.6.2 项目用海必要性

项目位于烟台市四十里湾海域，所在海域地理位置优越，年均日照 2673 小时，多年平均太阳总辐射量在 1400kwh/m² 以上，太阳能资源很丰富。项目建设海上浮式光伏试验检验中心，实现海上浮式光伏从水池试验转到海上实地验证，为各类海上浮式光伏技术方案提供长期实海况验证和技术检验。项目水上采用海上浮式光伏平台进行发电，水下开展海洋生态修复，探索水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发利用模式，可推动海上光伏与海洋牧场融合发展。本项目由海上光伏试验平台、海基平台、人工鱼礁、自然增殖区等组成，均需占用一定面积的海域。因此，项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 自然环境概况

3.1.1 地理位置

本项目位于烟台高新区东侧、养马岛西侧的四十里湾海域。烟台高新区环境优美，依山环海，海岸线长 21 公里，最高海拔 401 米，集山、海、岸线于浑然一体，属中纬度温带海洋性季风气候，年平均气温 12 集，年平均降水量在 700 多毫米，年均日照 2673 小时，年相对湿度为 64%；千亩天然海水浴场的海域水质洁净，沙细滩平，海水无任何污染，是烟台市最洁净的海域之一。

3.1.2 气象条件

该区南向大陆，属北温带季风型海洋性气候，受海洋影响，夏季凉爽冬季偏冷。

(1) 气温

项目位于芝罘岛东南侧约 12km，芝罘岛海洋站累年平均气温为 11.8 累；1 月是全年气温最低月，多年 1 月平均气温为-2.2 温，累年极端最低气温-13.1 最（1981 年 2 月 26 日）；最热月份出现在 8 月，多年月平均气温 24.3 月，累年极端最高气温为 36.0 端（1981 年 6 月 16 日）；日最高气温>30；的日数年平均 25.1 天，>35.0 平的日数年平均 0.8 天，<-10.0 均的日数年平均 1.6 天。

项目位于养马岛西北侧约 6.2km 处，养马岛多年平均气温 11.8 年，与烟台市区相比，夏季气温低于市区 1~3 台，冬季高于市区 1~3 高。7 月份平均气温最高，极端高温 38.2 气（1988 年 6 月 13 日）；1 月份平均气温最低，最低-19.6 温（1976 年 12 月 29 日）。

表 3.1-1 1999 年-2001 年养马岛月平均气温（℃）

月份年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
1999													
2000													
2001													

(2) 降水

多年平均降水量 650mm，降水集中在 7、8 月份，约 320mm，占全年的 50%；4、5 月份为少雨季节。年最大降水量 1149.1mm（1975 年）；年最小降水量 257.1mm（1986 年）。

(3) 雾

本区主要是辐射雾，次为平流雾，多发生在春夏季，秋季较少，历年平均雾日数 28 天，能见度小于 1000m 的大雾平均每年出现 18 天。

(4) 风

每逢冬夏，受不同性质的气团控制，会形成明显的季风。据 1956~2007 年 52 年实测资料分析，春末和夏季多偏南风，以 SW 向频率最多，约占 9%，其次为 SSW 向和 SWW 向各约占 8%；秋末和冬季多偏北风，且平均风速较大，N 向频率 6%，NNW 向为 5%，最大风速为 35.2m/s。全年静止风频率为 17%。

表 3.1-2 风资料统计表

风 向	N	NNE	NE	EEN	E	EES	ES	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WWN	WN	NNW	0
最大风速 (m/s)																	
平均风速 (m/s)																	
频率 (%)																	

图 3.1-1 风玫瑰图

(5) 相对湿度

年平均相对湿度 70%，最大相对湿度 95%，最小为 0。

3.1.3 水文

(1) 潮位

①基准面及换算关系

当地理论深度基准面在 1985 国家高程基准面以下 1.41m。

图 3.1-2 基准面换算关系

②潮汐类型

潮汐类型指标为 $0.35 < 0.5$ ，属于正规半日潮型。涨潮平均历时 6 小时 9 分，比烟台港区平均晚 3 分钟；落潮平均 6 小时 14 分，比烟台港区平均晚 6 分钟。一年之后，冬至前后潮汐较大，夏至前后潮汐较小。

③潮位特征值（以 1985 国家高程基准面为基准，以下同）

根据烟台港 1960 年~1992 年共 33 年实测潮位资料进行相关分析和统计分析，

特征潮位和设计潮位如下：

历年最高潮位 2.00m；
 历年最低潮位 -2.28m；
 平均高潮位 0.93m；
 平均低潮位 -0.73m；
 平均潮差 1.66m；
 最大潮差 2.90m。

④设计水位

设计高水位： 1.34m（高潮累积频率 10%）；
 设计低水位： -1.13m（低潮累积频率 90%）；
 极端高水位： 2.12m（50 年一遇）；
 极端低水位： -2.4m（50 年一遇）；
 施工水位： 0.09m。

（2）波浪

本地区所在地没有进行过波浪观测，由于烟台芝罘岛海洋站的地理位置、地形与水深条件，以及 NW-NE 向的海面开敞程度与工程海区的外海波浪基本相同，因此采用芝罘岛海洋站多年的波浪实测资料来分析本地区的波浪特征。

表 3.1-3 芝罘岛海洋站波浪重现期值

重现期	50 年	
	H _{1/10} (m)	T (s)
NW		
NNW		

近岸海域常浪向为 NNW 向、N 向和 NW 向，频率分别为 22.33%、19.3%和 16.3%；强浪向为 N 向，次强浪向为 NNE 向。从不同浪级出现频率看，本海区出现频率最多的为 0.5-1.3m 的轻浪，出现率为 53.47%；1.3-2.5m 的中浪次之，为 40.57%；2.5-4.0m 的大浪出现率为 5.74%；大于 4.0m 的巨浪出现率为 0.03%，相当于每年大约有 1 天出现大于 4.0m 的波浪。本区的平均波高为 0.5m。

近岸海域风浪、涌浪频率之比为 99/27，平均周期为 1.6s，平均波高为 0.5m，历年最大周期为 18.0s（1989 年 9 月 15 日），历年最大波高为 6.0m（1990 年 9 月 2 日）。

其中 100 年一遇的最大波高极值 NE 向最大为 5.15m，其次为 N 向，5.00m，再次为 NNW 向，4.98m，最小为 WSW 向和 W 向，1.55m；50 年一遇的最大波高极值

NE 向最大，为 5.00m，其次为 N 向和 NNW 向，4.87m，再次为 NNE 向，4.62m，最小为 W 向，1.45m；1 年一遇的最大波高极值 NE 向最大，2.52m，其次为 NNW 向 2.37m，再次为 NNE 向 2.32m，最小为 W 向，0.57m。100 年一遇有效波高最大为 NE 向 3.09m，其次为 N 向 3.00m，再次为 NNW 向 2.99m，最小值为 WSW 和 W 向，0.93m；50 年一遇的有效波高极值最大为 NE 向 3.00m，其次为 N 和 NNW 向，2.92m，再次为 NNE 向 2.77m，最小为 W 向 0.87m；1 年一遇有效波高最大为 N 向 1.51m，其次为 NNW 向，1.42m，再次为 NNE 向，1.39m，最小为 W 向 0.34m。重现期越长的波浪对项目海域各点位影响越大。N 向的轻浪（有效波高 0.5~1.25m）出现频率最大，为 14.4089%；平均周期为 5~6s 的轻浪（有效波高 0.5~1.25m）频率最大，为 24.66%。

（3）潮流

潮流运动形式以旋转流为主，涨、落潮流速分别介于 2.4~29.9cm/s、1.3~19.2cm/s 之间。从流速的平面分布看，涨潮期最大流速为 29.9cm/s，流向为 114.6°，落潮期最大流速为 19.2cm/s，流向为 76.6°。涨潮最小流速为 2.4cm/s，流向为 234.5°，落潮最小流速值为 1.3cm/s，流向为 321.0°。从涨落潮流速看，涨潮流速均大于落潮流速。

（4）工程泥沙

本节内容引自《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目实施方案》（山东港通工程管理咨询有限公司，2022 年 12 月）

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。

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

为了进一步分析四十里湾长期冲淤变化，模拟了四十里湾五年的冲淤变化，四十里湾内以淤积为主，部分区域发生微侵蚀，淤积区 5 年最大淤积量可达 9cm；四十里湾外侧近岸区域以侵蚀为主，5 年最大侵蚀量约 16cm；向外发生微淤积，5 年淤积量一般小于 2cm。

图 3.1-3 四十里湾附近 5 年冲淤图

3.1.4 地形地貌

3.1.4.1 地质地貌

场区及周边上部出露地层以新生界第四系全新统旭口组和临沂组为主。旭口组岩性为灰黄-土黄色中细砂、含砾中细砂，夹有海相生物小贝壳碎片；临沂组岩性为土黄色含细砾砂质粘土。下伏基岩为古元古界荆山群野头组和禄格庄组。其中野头组的下部为斜长透辉岩、黑云斜长片麻岩、黑云片岩、黑云变粒岩、大理岩、斜长角闪岩；上部为方解大理岩、白云质大理岩、蛇纹大理岩夹薄层透辉岩。禄格庄组下部为石榴砂线黑云片岩夹薄层斜长透辉岩；上部为白云质大理岩、蛇纹大理岩。其间夹有零星辉绿岩和煌斑岩脉侵入体。

场地所处地貌类型为滨海沉积地貌，海底地势相对较平坦。四十里湾西有鱼台嘴、东有土城子山两个突出岬角，岸线常年保持稳定，推移质和悬移质泥沙对岸线冲淤的影响较小。

3.1.4.2 水深地形

工程位于烟台四十里湾外侧海域，项目拟建海上光伏场区内现状高程在-9.5m~-10.5m之间，水深地形图见图 3.1-4。

图 3.1-4 工程周边水深地形图

3.1.4.3 工程地质

本节内容引自《新海上光伏厂址岩土工程勘察报告》（山东省烟台地质工程勘察院，2022年8月）。

（1）场区岩土工程地质条件及评价分析

场区揭露地层较简单，经钻探揭露岩土层自上而下可分为3层：①层淤泥质粉质黏土(Q_{4^m})；②层细砂(Q_{4^m})；③层中砂(Q_{4^{sp}})其岩土特征分述如下：

①淤泥质粉质黏土(Q_{4^m})

灰黑色,流塑~软塑,干强度及韧性低等,手搓呈细长条,切面稍有光泽,局部含有粉土夹层。场区普遍分布,厚度:7.40~7.50m,平均 7.45m;层底标高:-17.90~-17.60m,平均-17.75m;层底埋深:7.40~7.50m,平均 7.45m。

该层共进行现场标准贯入试验 6 次,实测锤击数 1~3 击(见表 11 及标准贯入试验成果统计表)。结合本地区工作经验,综合确定该层地基容许承载力 $f=60\text{kPa}$ 。

②层粉砂(Q_{4^m})

灰绿色~灰黄色,中密,饱和,主要成分为石英、长石,分选性较好,磨圆度一般,砂

质不纯含少量黏性土。场区普遍分布，厚度:2.90~3.50m,平均 3.20m；层底标高:-21.10~-20.80m,平均-20.95m；层底埋深:10.30~11.00m,平均 10.65m。

该层共进行现场标准贯入试验 2 次，实测锤击数 17~19 击（见表 12 及标准贯入试验成果统计表）。该层共扰动样 2 件，结合经验和点荷载试验结果综合确定该层地基容许承载力 $f=130\text{kPa}$ 。

表 3.1-4 物理力学指标统计表

项目	最小值 X_{\min}	最大值 X_{\max}	平均值 X_m	数据个数 n
N (击)				
N' (击)				

③层中砂(Q_4^{apl})

褐黄色,中密,饱和,主要成分为石英、长石,分选性较好,磨圆度一般,砂质不纯含少量黏性土。该层未穿透，最大揭露厚度 9.7m。

该层共进行现场标准贯入试验 4 次，实测锤击数 22~27 击（见表 13 及标准贯入试验成果统计表）。该层共扰动样 4 件，结合经验和点荷载试验结果综合确定该层地基容许承载力 $f=220\text{kPa}$ 。

表 3.1-5 物理力学指标统计表

项目	最小值 X_{\min}	最大值 X_{\max}	平均值 X_m	数据个数 n
N (击)				
N' (击)				

(2) 场地稳定性及适应性

根据区域地质调查和本次勘察结果表明，场区主要由①层淤泥质粉质黏土（ Q_4m ）、②细砂（ Q_4m ）、③中砂（ Q_4apl ）组成。

①层淤泥质粉质黏土,流塑~软塑，为场区软弱层，物理力学性质不均，不宜作为地基基础持力层

②层细砂，物理力学性质一般，承载力一般；

③层中砂，物理力学性质一般，承载力一般，可作为一般构筑物的地基基础持力层；

场地内无活动断层通过，也不存在大的活动断裂构造，总体评价场地地基是稳定的，但设计时应考虑风暴潮影响。

图 3.1-5 钻孔平面布置图

图 3.1-6 工程地质剖面图

图 3.1-7a 钻孔柱状图

图 3.1-7b 钻孔柱状图

3.1.5 地震

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）和《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），莱山区抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第二组；牟平区抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组。

3.1.6 自然灾害

（1）寒潮

据多年资料统计，烟台市每年 11 月至翌年 3 月为寒潮出现季节，平均每年 3.2 次，受寒潮影响本海区出现偏 N 向大风，风速可达 9~10 级，且有偏 N 向的大浪，持续时间可达 3~4d。

（2）台风

台风（含热带风暴，下同）主要出现在夏季和初秋，统计 1982-2001 年资料，影响烟台的台风共有 36 次，未出现台风的年份占总年份的 25%，台风最多的年份是 1961 年为 5 次，一般年份为 1.3 次。台风中心穿过半岛的多出现在 7、8 月份，8~12 级狂风暴雨并形成风暴潮，危害很大。台风边缘穿过半岛的时间一般在 7 月下旬~10 月上旬。

（3）风暴潮

风暴潮是一种灾害性的自然现象，它是由台风、热带风暴、温带气旋、强寒潮等天气系统的强风暴雨或气压骤变引起的海面异常升降现象。风暴潮多见于夏秋季节，它的特点是来势猛、速度快。

山东省沿海是风暴潮多发区域，影响我省的风暴潮除台风风暴潮外，还有温带风暴潮。据统计 1898~1997 年的近百年时间内，影响山东沿海的台风近 130 个，平均每次 1.3 个，7~9 月份占总个数的 80%左右，其中 8 月份最集中。在山东登陆的年平均次数为 0.2 次/年，一般情况下，主要是受台风外围或近中心影响。

依据有关资料统计，烟台沿海地区 40 年内发生轻度以上风暴潮灾害 64 次，除 11 次为台风风暴潮灾害外，其余绝大多数为发生在渤海沿岸的温带系统风暴潮灾害。

（4）海冰

正常年份无海冰出现，近 20 年间仅有 6 年冰情出现，6 年中，海冰多出现于 1 月上旬至 2 月下旬；一般年份由于冰期短，冰量少，消失快，特大冰情时冰厚为 5~

15cm。

(5) 赤潮

赤潮是近海水域中一些浮游生物爆发性繁殖或高密度聚集而引起水色异常和水质恶化的一种自然现象。赤潮发生会造成海域大面积缺氧，导致水生动植物大量死亡。近年来，烟台市沿海海域赤潮时有发生，给养殖和捕捞生产造成巨大的经济损失。1998年烟台市区北部沿海发生了大范围的赤潮现象，面积达200km²，造成养殖生产经济损失达1.07亿元。

3.1.7 水文动力环境现状调查

海流资料引用《山东海洋现代渔业四十里湾海洋牧场项目变更海域使用论证报告书》（送审稿2022年8月）中的中国海洋大学于2019年8月大潮期间进行的单周日海流同步观测资料，观测时间为2019年8月3日9:00（阴历七月初三）至8月4日10:00（阴历七月初四）。

调查资料显示：涨潮流流向主要集中在偏东南向，落潮流流向主要集中在西北向。各站各层潮流性质主要为半日潮流，各站潮流运动形式以往复流为主。大潮期各站位表层、中层和底层平均最大流速均出现在1#站，其中表层平均最大流速为16.6cm/s，流向为326.8°；中层平均最大流速为15.4cm/s，流向为341.6°；底层平均最大流速为11.5cm/s，流向为346.0°。各站位表层和中层可能最大流速均出现在1#站，表层最大可能流速为25.1cm/s，流向为325.2°；中层可能最大流速为23.3cm/s，流向为334.3°。底层可能最大流速出现在2#，为14.8cm/s，流向为320.1°。大潮期表层、中层、底层的平均最大运移距离均出现在1#站，其中表层平均最大运移距离为2346.5m，方向为326.8°；中层平均最大运移距离为2168.5m，方向为341.6°；底层平均最大运移距离为1619.4m，方向为346.0°。各站位表层和中层可能最大运移距离出现在1#站，表层最大可能运移距离为4339.6m，方向为325.3°；中层最大可能运移距离为3754.4m，方向为331.1°；底层可能最大运移距离出现在2#，为2460.5m，方向为314.2°。余流值在1.1~12.8cm/s之间，2#站表层余流流速最大，为12.8cm/s，流向为80.8°，2#站底层余流流速最小，为1.1cm/s，流向为23.2°。

3.1.8 海水水质现状调查

青岛博研海洋环境科技有限公司委托青岛海科检测有限公司于2022年9月1日至2022年9月3日在项目所在海域进行现状调查，调查布设12个海水水质站位。

2022年9月海水水质调查中，各站位各评价因子均符合所在功能区的质量标准，

调查海域整体海水质量良好。

3.1.9 海洋沉积物现状调查

青岛博研海洋环境科技有限公司委托青岛海科检测有限公司于 2022 年 9 月 1 日至 2022 年 9 月 3 日在项目所在海域进行现状调查，调查布设 8 个沉积物站位。

2022 年 9 月调查中，各站位各评价因子均符合所在功能区质量标准，不存在超标现象，调查海域整体沉积物质量良好。

3.1.10 海洋生物体质量现状调查

青岛博研海洋环境科技有限公司委托青岛海科检测有限公司于 2022 年 9 月 1 日至 2022 年 9 月 3 日在项目所在海域进行现状调查，调查布设 9 个生物体残留站位。

2022 年 9 月调查海域海洋生物体中各测站各生物体各评价因子均符合所在功能区要求。生物体质量评价结果表明监测海域生物体内污染物残留水平较低，海域内生物体质量较好。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 海洋生态调查

青岛博研海洋环境科技有限公司委托青岛海科检测有限公司于 2022 年 9 月 1 日至 2022 年 9 月 3 日在项目所在海域进行现状调查，调查布设 8 个生物站位、2 条潮间带断面。

2022 年 9 月调查海域表层叶绿素 a 含量范围在 $0.543\mu\text{g/L}$ ~ $7.91\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 $3.19\mu\text{g/L}$ 。共采到浮游植物 38 种，浮游动物 30 种，底栖生物 49 种，潮间带生物 17 种。

3.2.1 渔业资源调查

青岛博研海洋环境科技有限公司委托青岛海科检测有限公司于 2022 年 9 月 1 日至 2022 年 9 月 3 日在项目所在海域进行现状调查，调查布设 9 个渔业资源站位。

2022 年 9 月共采集到 1 种鱼卵，采集到 1 种仔稚鱼样品，游泳动物种类 32 种，调查海域游泳动物尾数密度和重量密度均值分别为 $2.22\times 10^5 \text{ ind./km}^2$ 和 3611.53 kg/km^2 。

3.3 自然资源概况

项目所在海域海洋资源主要有港口资源、渔业资源、旅游资源、养殖资源、海岛资源等。

(1) 港口资源

项目附近港口航运资源主要是牟平港和养马岛中心渔港。

图 3.3-1 项目周边渔港分布图

牟平港位于烟台市东部养马岛南岸与大陆岸线之间，水域宽度在 250~300m 之间。牟平港区向南连接滨海路和烟威高速公路，南距牟平区中心约 6km，西距烟台市芝罘区 26km，水路至烟台港 10.7nmile，至威海港 25nmile，至大连港 103nmile。牟平港码头总长 198m，拥有 5000 吨级泊位 2 个，库场面积 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ ，油库总储量 $8.5 \times 10^4 \text{m}^3$ ，16 吨门机 3 座。牟平港区地理坐标为：37°26'30"N/121°34'47"E，主要从事汽柴油、石油液化气等液体化工品的中转、贮存以及砂石、粮食、煤炭等散杂货的进出口业务，服务范围为烟台市和威海市部分地区。根据全区发展规划，今后将结合城市发展需要逐步调整取消液体散货运输功能，全力发展游艇、游船等旅游客运。

养马岛中心渔港通过环岛公路和跨海大桥与大陆相连，陆路距离牟平城区 7.5km，距离烟台莱山机场 20km，距离烟台火车站和烟台港 30km，车行时间均在 30 分钟以内；渔港水路西距烟台港 10 n mile，东距威海港 25n mile，北距旅顺 89nmile，具有良好的水陆交通条件。目前山东养马岛中心渔港码头长度 1008m，泊位 18 个，其中能够停靠大型远洋作业渔船和渔政执法船舶的深水码头达到 460m。防波堤长度 110m，护岸 226m，港池有效防护面积 $70 \times 10^4 \text{m}^2$ ，港口陆域面积 $22 \times 10^4 \text{m}^2$ ，渔港防灾减灾能力达到五十年一遇以上。能够为 1200 艘大中小渔船提供服务，年水产品卸港量 $8 \times 10^4 \text{t}$ 。

(2) 渔业资源

四十里湾是我国著名的烟威渔场。根据调查，具有捕捞价值的水产品近百余种，其中重要经济种类 30 余种，但除蓝点马鲛外，大多数种类已形不成鱼汛。主要经济种类包括蓝点马鲛、带鱼、太平洋鲱、黄姑鱼、黄鲫、梭鱼、青鳞鱼、孔鳐、叫姑鱼、木叶鲷、高眼鲷、黄盖鲷、牙鲆、银鲳、海鳗、鲈鱼、多鳞鱠、小黄鱼、日本鲭等鱼类，中国对虾、鹰爪虾、脊尾褐虾、脊尾白虾、口虾蛄、三疣梭子蟹、日本蟳等虾蟹类，乌贼等头足类，栉孔扇贝、皱纹盘鲍、菲律宾蛤仔、紫石房蛤、竹蛏等贝类以及海参等。四十里湾也是我国北方的一个重要浅海养殖海区，它三面邻陆，一面向海，为一耳状半封闭式海湾。主要养殖对象有贻贝、栉孔扇贝、海湾扇贝和海带。主要贝类资源分布如下：

1) 紫石房蛤 (*Saxidomus purpuratus*(Sowerby))

软体动物门双壳纲帘蛤目帘蛤科石房蛤属俗名天鹅蛋，是一种大型经济贝类，保护区及其附近海域名贵海产品之一。贝壳大型，贝壳极坚厚，壳体略呈卵圆形。壳高（53-79mm）约为壳长（79-103mm）的 3/4，壳宽（37-50mm）约为壳长的 1/2。成贝壳长 6-8 厘米、重 70-85 克，最大者体壳长 12 厘米、重 400 克。壳顶突出，位于背缘，靠近前方，到前端的距离约为全长的 2/5。小月面不明显，楯面完全被外韧带覆盖。外韧带极强大，突出壳面甚高，黑褐色。壳前缘圆形，后缘略呈截形，腹缘稍凸，呈弧形。左右两壳等大，闭壳时前端腹面留一狭缝，为足的出口，后端有一较宽的开口，为水管的开口。壳表面凸，无放射肋，但有粗的生长线，呈同心环形排列。壳表面为黄褐色，顶端略带铁锈色；壳内面为暗紫色并泛珍珠光泽，具珍珠光泽（图）。铰合部宽大，右壳具枚主齿和枚前侧齿，左壳有主齿枚。外套痕迹明显，外套窦大而深，前端呈圆形。前后闭壳肌痕明显。

长岛沿海 4-15m 浅海均有分布，尤以烟台市芝罘区崆峒岛、牟平区养马岛周围海域为多，大连也有。生活于低潮线附近水质清晰、潮流畅通的浅海沙砾及泥质海底，经常埋栖于砂泥中 10-25cm，而将水管稍露海底表面进行水流交换和摄食。个体大，肉质丰满，味道鲜美，是蛤类上品。我国已在进行人工养殖。贝壳可做工艺品原料。

牟平区对此蛤的开发利用较早，始于 20 世纪 60 年代。因资源稀少，采捕也较困难，年采捕量仅 3-5t。1981 年以来，山东省水产学校、烟台市水产研究所同牟平区海珍品试验场合作进行了紫石房蛤人工育苗试验，已取得初步成功。近几年浅海采捕过度，资源量减少，应加以限制和保护。



图 3.3-2 紫石房蛤（左）菲律宾蛤仔（右）

2) 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)

帘蛤科，俗名砂蛤、杂色蛤、蛤仔、蚬子、砂蚬子、蛤蜊、花蛤。是一种分布

较为广泛的海产小型埋栖性双壳经济贝类，栖息于泥沙质的潮间带中低潮区和潮下带浅水区。壳坚厚、卵圆形、极膨胀、壳高、壳长比例不一，小目面宽，呈椭圆形或略成梭形，韧带长且极突出，贝壳前缘稍圆，后缘略呈截形栖息在潮流畅通，风浪较小，有流水注入的砂泥底质的内湾滩涂的中、底潮区、广温、广盐，主要食料为硅藻、重轻藻等，雌雄异体，一年成熟。中国南北沿海均有出产。舟山海域亦有发现。其中辽宁、山东产量较大。栖息在低潮带及数米深的泥沙海底。其个体虽小，但味道鲜美，肉可鲜食，亦可加工成蛤干，五香蛤仔，是价廉味美的大众化食品。活蛤也是出口创汇的水产品。产品大量出口日本等东南亚国家。与缢蛏、牡蛎和泥蚶一起被称为中国传统的四大养殖贝类。

主要分布在玉岱山南北及黄海游乐城附近，面积 800 亩，平均密度 10ind/m²，最高 22ind/m²，黄海游乐城附近，与看护及管理有关，年可捕量 20t，是一种优势品种，应加以保护和底播增养殖。

3) 魁蚶 (*Anadara uropygimelana*)

俗名：焦边毛蚶、大毛蛤、赤贝、血贝。大型蚶，壳高达 8 厘米，长 9 厘米，宽 8 厘米。壳质坚实且厚，斜卵圆形，极膨胀。左右两壳近相等。背缘直，两侧呈钝角，前端及腹面边缘圆，后端延伸。壳面有放射肋 42-48 条，以条者居多。放射肋较扁平，无明显结节或突起。同心生长轮脉在腹缘略呈鳞片状。壳面白色，被棕色绒毛状壳皮，有的肋沟呈黑褐色，内面灰白色，其壳缘有毛、边缘具齿。铰合部直，铰合齿约 70 枚。栖息在泥沙底质的浅海区，主要分布在玉岱山附近的海域，面积亩，资源存养量，近年年底播增养殖效果明显，年捕量 80-100t，仍需加以限制。



图 3.3-3 魁蚶（左）长竹蛏（右）

4) 长竹蛏 (*Solen strictus*)

中国大陆称作长竹蛏，台湾称作竹蛏，是帘蛤目竹蛏科竹蛏属的一种。贝壳长，达 14 厘米，一般壳长为壳高的 4-5 倍。亮口缘与腹缘平行，只在腹缘中部稍向内凹。壳顶位于壳的最前端，壳前缘截形，后端圆。两壳合抱呈竹筒状，前后两端开口。

壳质薄脆。壳表光滑，被黄褐色壳皮，有时有淡红色彩带。生长线明显，沿后缘及腹缘方向排列带。铰合部小，两壳各具主齿一枚。长竹蛭与大竹蛭近似，其主要区别是贝壳极延长，壳长为壳高的 6-7 倍，壳薄，两壳相等。长竹蛭个体肥大，足部肌肉特别发达，味极鲜美，入药有滋补、通乳功效，是我国重要的经济贝类。

常栖息在潮间带至浅海砂泥底，3-5m 浅海滩涂，营穴居生活，主要分布在黄海游乐城及马山寨附近海域面积 20000-30000 亩，资源量 1000t，繁殖能力较强，资源有增加的趋势，但个体较少，近几年是社会采捕的主要对象，年采捕量 600t，应划区域采捕，进行轮捕，以充分保护资源。

5) 海参 (*Stichopus japonicus*)

体呈圆筒状，长 20-40cm。前端口周生有 20 个触手。背面有 4-6 行肉刺，腹面有 3 行管足。体色黄褐、黑褐、绿褐、纯白或灰白等。喜栖水流缓稳、海藻丰富的细沙海底和岩礁底。夏季水温高时行夏眠。环境不适时有排脏现象。再生力很强，损伤或被切割后都能再生。海参是我国 20 多种食用海参中质量最好的一种，烟台是最重要的产地之一。四十里湾海域是烟台海参的主要产区。



图 3.3-4 海参

6) 砂海螂 (*Mya arenaria* Linnaeus)

味道鲜美，经济价值价高，俗称刺蛤。栖息以泥沙底质的浅海区，是保护区海域的一种大型埋栖型双壳类，平均密度 6ind/m²，最大 20ind/m²，资源量 80t，近几年有增加趋势。



图 3.3-5 砂海螂 (左) 单环刺螠 (右)

7) 单环刺螠 (*Urechis unicinctus*)

单环刺螠俗名海肠、海肠子，属于螠虫动物门、螠纲、无管螠目、刺螠科。体粗大，长约 100-300mm，宽约 25-27mm，体表满布大小不等的粒状突起，吻圆锥形；腹刚毛 1 对，粗大；肛门周围有一圈 9-13 条褐色尾刚毛。分布于俄罗斯、日本、朝鲜和我国黄渤海沿岸，是我国北方沿海泥沙岸潮间带下区及潮下带浅水区底栖生物的常见种。

它个体肥大肉味鲜美体壁肌富含蛋白质和多种人体必需氨基酸。自古以来在我国、日本和朝鲜沿海均作为名贵的海鲜食品，有较高的经济价值。人们的传统做法只食用其体壁，而废弃内脏，菜肴俗称海肠子。但有研究发现，单环刺螠废弃内脏蛋白质含量为 18.25%，脂肪含量为 0.12%，总糖含量为 4.09%，而且含有丰富的 Ca、Mg、Fe、Zn 等元素；也含有丰富的 EPA、DHA 和 DPA。因此，对单环刺螠废弃内脏也有开发利用价值。

烟台四十里湾是单环刺螠的主要分布区之一。但由于近几年由于捕捞强度过大，野生资源已显不足。现今，我国也陆续开展了单环刺螠人工培育苗种的生产性研究。

8) 中国蛤蜊 (*Macrarchinensis Philippi*)

属于软体动物门，双壳纲，帘蛤目、马珂蛤科，俗称沙蛤、飞蛤。壳质坚厚，略呈三角形，壳长一般不超过 6 厘米，壳高为长的 3/4，壳长为宽的 2 倍左右两壳相等。壳顶位于背缘偏前方，略高出背缘，两壳顶距离很近，但不接触。壳表面黄绿色或黄褐色，并具深浅交替的放射状彩纹。壳顶常呈剥蚀状，白色。生长线明显，呈四线形，在壳顶处细密，三边缘逐渐增粗。内韧带黄褐色。左右壳各具主齿 2 枚，左壳前后各 1 枚片状侧齿，右壳前后各枚双片侧齿。壳内面白色或带蓝紫色，外套痕明显，外套囊深而钝。

栖息以泥沙底质的浅海区，是保护区海域的一种大型埋栖型双壳类，平均密度 40ind/m²，最大 80ind/m²，资源量 120t，由于大量的采捕，近几年有减少的趋势。共捕获生物种类 67 种，在总渔获量中鱼类占 48.15%，无脊椎动物占 51.85%，其中占总渔获数量 1%以上的种类 14 种，依次为鹰爪虾、蛄、鰕虎鱼、鱻鱼、口虾蛄、中华绒螯蟹、黑鲷、鲆、鲽、乌贼、梭鱼、鲷、鲈鱼、蓝点马鲛等，这些种类共占渔获数量的 95.40%。

(3) 旅游资源

烟台市滨海旅游资源丰富多样。滩平沙细，水浅浪静的优质砂质海岸分布广阔，

形成众多天然沙滩浴场。庙岛群岛、崆峒列岛等海岛海岸海蚀地貌形态奇特、景象万千，岛上山青水秀、景色怡人，周边海域水产资源鲜美，海岛旅游产业发展前景广阔。

沿海岸带遍布的蓬莱历史文化、烟台山开埠文化、庙岛妈祖、秦始皇东巡、徐福东渡、盛唐海市等海洋文化旅游资源底蕴深厚。自然和人文、观光和度假等多种旅游资源融为一体，形成了千里黄金海岸旅游长廊。著名风景区有：蓬莱国家风景名胜區、庙岛群岛国家地质公园、长岛烽山国家森林公园以及开发区金沙滩、海阳万米沙滩、养马岛、蓬莱阁等省级旅游度假区。

工程区附近拥有在全国首屈一指的山、海、岛、泉、河资源。其中，面积 13.5km² 的养马岛是省级旅游度假区和国家“养马岛是省级旅游景区，岛上有神奇的“一岛三滩”自然景观，岛东金沙滩是天然海水浴场，岛北礁石滩是观涛赏景的好去处，岛南黑泥滩是拾贝捉蟹的海趣园。岛上丘陵起伏、草木葱茏，岛前海域开阔、风平浪静，岛后悬崖峭壁、群礁嶙峋，风逐浪涌、惊涛拍岸，有天马广场、跨海大桥、体育休闲公园、赛马场等多处景观和娱乐设施；工程区附近有两处按国际标准建设的 18 洞的海滨高尔夫球场，其中烟台东海宏伟娱乐有限公司所属的球场坐落于滨海黑松林中，设有功能齐备的会馆，每年吸引游客 5 万人次。

境内有沁水河、鱼鸟河、汉河、夹河等多条河流，其中沁水河、鱼鸟河流经牟平城区，为城区增添了灵性与魅力；城区北部养马岛前海区域和金山港湾区域总面积达 50km² 的滨海地区，是尚未开发的黄金海岸，今后将以世界级国际滨海度假区为目标，着力打造与三亚南方国家海岸相媲美的国际性休闲度假平台—中国北方国家海岸。

(4) 海岛资源

项目附近海域有三个岛屿，分别是养马岛、头孤岛、崆峒岛等。

养马岛，素有“中国北方商务休闲第一岛”之称。地处黄海之中，总面积约 13.52km²，距烟台市区 30km。岛上丘陵起伏，草木葱茏，山光海色，秀丽如画，海岛呈东北西南走向，地势南缓北峭，岛前海面宽阔，风平浪静，岛后群礁嶙峋，惊涛拍岸；东端碧水金沙，优良浴场。西端水深浪小，天然良港。岛上气候宜人，冬无严寒，夏无酷暑，年平均气温 11.8℃，素有“东方夏威夷”之美称。岛四周盛产海参、扇贝、鲍鱼、对虾、牡蛎、天鹅蛋等海产品，久负盛名。

崆峒岛，位于山东芝罘东北 9.5 公里海域处，周围多礁石、浅滩，海产丰富，是烟台市区第一大海岛，主岛面积 0.84 平方公里，是烟台市著名的海上风景区。岛上生态环境优美，林木繁多，奇礁怪石随处可见，山光水色浑然一体。这里冬暖夏凉，夏季气温低于市区 5℃，是人们嬉海游玩的绝好去处，游人可以从空中、海上欣赏美丽的海岛风光，还可远眺崆峒岛的日出。岛的周围环绕着十几个岛屿，主要有头孤岛、二孤岛、三孤岛、马岛等。

3.4 开发利用现状

3.4.1 社会经济概况

根据《2021 年烟台市高新区国民经济和社会发展统计公报》，烟台市高新区 2021 年各行业发展情况如下：

(1) 综合

经烟台市统计局统一核算并反馈，全年全区实现生产总值（GDP）初步核算数为 73.49 亿元，按可比价格计算，比上年增长 8.0%。其中，第一产业增加值 5.82 亿元，增长 6.1%；第二产业增加值 20.35 亿元，增长 3.5%；第三产业增加值 47.33 亿元，增长 10.2%。三次产业构成 7.9：27.7：64.4。年末户籍人口 5.34 万人，全年出生人口 647 人，出生率为 12.47‰；人口自然增长率为 5.84‰。全年城镇新增就业 2288 人，年末城镇登记失业率为 1.6%

(2) 农业牧渔业

全年农林牧渔业增加值 5.96 亿元，比上年增长 5.6%；农林牧渔服务业增加值 0.14 亿元，下降 10.7%。

(3) 工业和建筑业

全年全部工业增加值 16.93 亿元，增长 5.4%。规模以上工业增加值增长 8.1%。全年规模以上工业企业实现利润比上年增长 15.9%。全年全社会建筑业增加值 3.42 亿元，下降 4.8%。完成建筑业总产值 18.6 亿元，增长 6.9%；竣工产值 7.71 亿元，下降 14.7%；房屋施工面积 13.9 万平方米，增长 124.2%；房屋竣工面积 2.4 万平方米，增长 100%

(4) 服务业

服务业增加值占地区生产总值（GDP）比重为 64.4%，比上年提高 1.29 个百分点。全年批发和零售业增加值 4.24 亿元，比上年增长 9.3%；交通运输、仓储和邮政业增加值 4.52 亿元，增长 20.9%；住宿和餐饮业增加值 0.43 亿元，增长 37.7%；金

融业增加值 2.3 亿元，增长 3.7%；房地产业增加值 10.73 亿元，增长 9.8%。全年规模以上服务业企业实现营业收入 38.0 亿元，比上年增长 35.7%。

(5) 用电

全年全社会用电量 4.04 亿千瓦时，增长 9.9%。第一产业用电 91 万千瓦时，下降 7.6%；第二产业用电 1.8 亿千瓦时，增长 14.2%，其中工业用电 1.64 亿千瓦时，增长 16.3%；第三产业用电 1.42 亿千瓦时，增长 3.1%；城乡居民生活用电 0.82 亿千瓦时，增长 13.8%。

3.4.2 海域开发利用现状

3.4.2.1 所在海域开发利用现状

项目周边海域的主要开发利用活动包括：烟台莱山国家级海洋公园、烟台崆峒列岛自然保护区、崆峒列岛刺参国家级水产种质资源保护区、担子岛紫石房蛤种质资源保护区等保护区；港口与航道；开放式养殖；旅游基础设施等。具体开发利用现状分布见图 3.4-1 和表 3.4-1。

表 3.4-1 项目周边海域开发利用现状表

图 3.4-1 项目周边海域开发利用现状图（大范围）

(1) 保护区

1) 烟台崆峒列岛省级海洋自然保护区

崆峒列岛省级自然保护区，

。

烟台崆峒列岛是我国北方具有特色的岛屿，具有典型的海洋自然景观，岛屿生态系统与海洋生态系统复杂，生物多样性丰富。列岛周围海域是紫石房蛤、刺参和皱纹盘鲍等野生种质资源的集中产地，岛上分布有蝮蛇种群。区内生物的遗传、物种和生态系统都具有保护价值。建立省级自然保护区，对生物多样性尤其是野生种质资源保护，维护区域生态平衡，具有重要意义。要求按自然保护区管理的有关规定，加强保护区管理机构建设，制定并实施自然保护区建设规划，正确处理生态环境保护与开发、旅游的关系，促进当地经济、社会与环境的协调发展。

2) 烟台莱山国家级海洋公园

烟台莱山国家级海洋公园位于烟台市东部区，区内拥有各种人文和历史景观、典型海洋生态系统，，按功能划分为重点保护区、生态与资源恢复区、适度利用区。保护区功能分区见图 3.4-2。

图 3.4-2 烟台莱山国家级海洋公园功能分区图

①功能分区

A、重点保护区

重点保护区面积为 [REDACTED]，严格保护该区域内的海洋生态系统，珍贵的野生刺参、皱纹盘鲍、紫石房蛤等珍贵的海珍品种质库，维持与改善海区周边环境，使区域内自然资源得到有效保护和修复。

B、生态与资源恢复区

生态与资源恢复区面积为 [REDACTED]，作为缓冲带，将以自然恢复为主，人工修复为辅，恢复和保护该区域自然生态系统与生物多样性。

C、适度利用区

适度利用区面积为 [REDACTED]。在确保海洋生态系统安全的前提下，允许适度利用海洋资源。通过科学规划合理布局，在满足保护需求的前提下，开展生态旅游、开发海上娱乐、海洋文化等生态旅游产品，实现资源利用价值最大化。

莱山国家级海洋公园尊重自然、崇尚人文，是集滨海风光、古迹遗址、生态旅游、国防教育、海洋生物资源养护为一体的大型综合性滨海旅游景区。通过对人为活动进行严格的管理和控制，可以有效的减轻近岸海域生态环境的压力和生态风险，提升近岸海洋生态景观效果。

3) 崆峒列岛国家级水产种质资源保护区

崆峒列岛刺参国家级水产种质资源保护区 [REDACTED]。核心区特别保护期为全年。保护区位于烟台市芝罘区境内，在山东半岛中部烟台市中心区的东北方的崆峒列岛海域。保护区西南为烟台港避风锚地，南接烟台港东水道，北、东濒临黄海烟威渔场，西临烟台港北出口航道，东部近接牟平区海域。主要保护对象为刺参及其产卵场。

图 3.4-3 崆峒列岛国家级水产种质资源保护区功能分区图

(2) 港口航道

①牟平港

牟平港区现有 5000 吨级泊位 2 个，库场面积 $5 \times 10^4 \text{m}^2$ ，油库总储量 $8.5 \times 10^4 \text{m}^3$ ，16 吨门机 3 座，以当地液体化工品运输为主，主要从事油品的中转、储存以及粮食、煤炭、建材等散杂货的进出口业务，集装卸、储存、运输等多功能于一体，年吞吐

能力 3000 万吨，主要为烟台市及威海市部分地区服务。发展形成专业化的液体散货运输功能。牟平港航道区位于养马岛西部，水深 6m，航道宽 1700m，乘潮水深满足 5000 吨级船舶需要，码头扩建航道需疏浚。牟平港锚地区位于牟平港北面紧靠烟威航路与牟平港区航道交汇处的东南部。锚地水深 14m，锚着力好，距港口、航道近。

②养马岛中心渔港

养马岛中心渔港位于养马岛西端，西靠烟台市区，东接威海，北与大连隔海相望。目前养马岛中心渔港码头长度 1008m，泊位 18 个，其中能够停靠大型远洋作业渔船和渔政执法船舶的深水码头达到 460m。防波堤长度 110m，护岸 226m，港池有效防护面积 $70 \times 10^4 \text{m}^2$ ，港口陆域面积 $22 \times 10^4 \text{m}^2$ ，渔港防灾减灾能力达到五十年一遇以上。能够停靠大中小渔船 1200 艘，年水产品卸港量 8 万吨，是一个集靠泊、避风、装卸、旅游休闲观光为一体的综合公益性港口。

③航道

项目周边的航道主要包括：烟威航道、养马岛航道。

烟威航道为烟台和威海之间的主航道，总长 25.8 海里，烟台港至威海港航路是连接烟台港至威海港、成山角水域的重要通道，是外贸船舶进出烟台港的必经航路。该航路距岸距离远，船舶交通流量大，航路南侧为传统海产养殖区，船舶驶入海产养殖区、触碰（养殖）事故时有发生。2022 年 8 月，烟台港至威海港航路近日设置完成 11 座虚拟航标，将有效规范船舶航行行为，减少和避免因船舶偏离航路而导致的触碰养殖事故，对保障船舶航行安全、维护海上通航秩序起到积极作用。养马岛航道位于养马岛西侧，是牟平港进出的主要通道。

（3）海水养殖

项目论证范围内的海水养殖主要分布于项目西侧及东侧，为开放式筏式养殖和人工鱼礁用海，其中项目东侧、烟威航道南侧、养马岛北部养殖区分布较密，均为开放式筏式养殖区，海域辽阔，水质清澈，营养盐丰富，沙泥底质为主，主要养殖品种有扇贝、贻贝、海带、魁蚶、刺参、红螺。烟威近岸航道以南，养马岛港航道以东 20m 等深线以内海域为马岛东浅海养殖区，已部分使用（含定置网场），水体交换能力强，营养盐丰富，初级生产力较高，泥沙底质，适合贝、藻类筏式养殖。

（4）滨海旅游

养马岛度假旅游区包括养马岛全岛，1984 年，养马岛被列为山东省重点旅游开发区，1991 年又被国家定为 84 个旅游景点之一。1995 年 1 月被山东省政府正式批

准为省级旅游度假区。2009年1月份被国家旅游局A级景区评审委员会评定为国家“AAA”级旅游风景区。现建成融体育、娱乐与海滨度假于一体的综合性旅游胜地。已建设各类宾馆、休养中心40多座，赛马场、海滨浴场、海上世界、御笔苑等大中型综合娱乐景区点13处。岛上有神奇的“一岛三滩”自然景观，岛东金沙滩是天然海水浴场，岛北礁石滩是观涛赏景的好去处，岛南黑泥滩是拾贝捉蟹的海趣园。岛上有养马岛休闲体育公园内的18洞高尔夫球场和养马岛深海温泉。多年来，养马岛度假区立足本地实际，坚持以招商引资为突破口，推动了旅游业的快速发展，形成了以海滨娱乐、度假休养为主，辅以观光浏览秦汉文化的综合性旅游度假胜地，每年吸引着几十万人次的中外游客来岛观光、旅游。

3.4.2.2 项目周边海域开发利用现状

项目周边的开发利用活动主要为烟台高新区四十里湾海洋牧场项目（E，0.10km）、烟台莱山区逛荡河口海域生态修复示范工程人工鱼礁项目（W，1.60km）、烟台清泉海洋科技有限公司海洋牧场项目（NW，1.60km）、烟台莱山国家级海洋公园（SW，2.55km）、马山寨国际游艇码头俱乐部填海工程（S，3.40km）、烟威航道（NE，4.10km）、养马岛航道（E，2.50km）等。项目附近海域的开发利用现状图见图3.4-4。

图 3.4-4 项目周边海域开发利用现状图（小范围）

3.4.4 海域使用权属现状

根据对项目周边海域的开发利用现状调查可知，项目周边无其他紧邻确权用海，距离项目较近的是东侧0.1km的烟台高新区四十里湾海洋牧场项目、西北侧1.6km处的烟台清泉海洋科技有限公司海洋牧场项目、西侧1.6km的烟台莱山区逛荡河口海域生态修复示范工程人工鱼礁项目，工程周边权属分布见图3.4-5。

距离本项目最近的烟台高新区四十里湾海洋牧场项目（不动产权证见图3.4-6）海域使用权人为烟台集新海洋科技有限公司，海域使用权限为[REDACTED]。烟台高新区四十里湾海洋牧场项目开展海上现代海洋牧场建设，主要建设内容包括：深水养殖网箱[REDACTED]，底播贝类增殖[REDACTED]以及配套设施建设等。工程投资总额为[REDACTED]。项目整体总面积[REDACTED]。[REDACTED]用海方式为开放式养殖，具体用途为网箱养殖、底播养殖，网箱养殖养殖许氏平鲉、斑石鲷、大泷六线鱼等适宜当地海洋环境

的名贵鱼种，底播养殖开发贝类底播增养殖魁蚶，增强海洋底栖生物密度，恢复区域海洋生态系统。

图 3.4-5 权属分布图

图 3.4-6 烟台高新区四十里湾海洋牧场项目不动产权证及宗海图

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 项目用海环境影响分析

4.1.1 水文动力环境影响预测评价

4.1.1.1 水动力模型简介

采用丹麦水力学研究所研制的平面二维数值模型 MIKE21FM 来研究工程海域的潮流场运动及海域污染物扩散影响，该模型采用非结构三角网格剖分计算域，三角网格能较好的拟合陆边界，网格设计灵活且可随意控制网格疏密，该软件具有算法可靠、计算稳定、界面友好、前后处理功能强大等优点，已在全球 70 多个国家得到应用，有上百例成功算例，计算结果可靠，为国际所公认。MIKE21FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

(1) 模型控制方程

质量守恒方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0$$

动量方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_x \frac{\partial u}{\partial y} \right) - fv + \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + fu + \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{C_z^2 H} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

式中：——水位；

h——静水深；

H——总水深， $H=h+$ ；

u、v——分别为 x、y 方向垂向平均流速；

g——重力加速度；

f——科氏力参数（ $f = 2\omega \sin \varphi$ ， φ 为计算海域所处地理纬度）；

C_z ——谢才系数， $C_z = \frac{1}{n} H^{\frac{1}{6}}$ ，n 为曼宁系数；

ε_x 、 ε_y ——x、y 方向水平涡动粘滞系数。

(2) 定解条件

初始条件：

$$\begin{cases} \zeta(x, y, t)|_{t=t_0} = \zeta(x, y, t_0) = 0 \\ u(x, y, t)|_{t=t_0} = v(x, y, t)|_{t=t_0} = 0 \end{cases}$$

边界条件:

固定边界取法向流速为零, 即 $\vec{V} \cdot \vec{n} = 0$; 在潮滩区采用东边界处理; 水边界采

用预报潮位控制: $\zeta = A_0 + \sum_{i=1}^{11} H_i F_i \cos[\sigma_i t - (v_0 + u)_i + g_i]$, A_0 为平均海面, F_i 、 $(v_0 + u)_i$ 为天文要素, H_i 、 g_i 为某分潮调和常数, 即振幅与迟角。

4.1.1.2 计算域和网格设置

(1) 计算域设置

本项目所建立的海域数学模型计算域范围见图 4.1-1, 即为图中 A(辽宁登沙河)、B(山东鸡鸣岛) 两点以及岸线围成的北黄海及渤海海域, 计算域坐标范围为北纬 $37^{\circ}04'14.22'' \sim 40^{\circ}58'08.25''$, 东经 $117^{\circ}29'33.27'' \sim 122^{\circ}41'36.62''$ 。需要说明的是, 鸡鸣岛南侧有一潮流水道与大陆相隔, 水道宽约 1.8km, 最大水深约 10.4m, 5m 以深的水道宽约 0.6km, 鸡鸣岛南侧水道中的涨落潮通量不大, 对整个渤黄海的潮流场没有明显影响。因此, 在鸡鸣岛南侧不再单独设置开边界。

模拟采用三角网格, 用动边界的方法对干、湿网格进行处理。整个模拟区域内由 13118 个节点和 23784 个三角单元组成, 最小空间步长约为 20m。数值模拟计算海域网格分布见图 4.1-1。为了能清楚了解本工程附近海域的潮流状况, 将本工程附近海域进行局部加密。加密区域见图 4.1-1 和图 4.1-2 中 C、D、E、F、G 五点及岸线围成的海域。本工程建设内容为海上光伏平台和海基平台, 并在二期光伏平台重力锚上方抛设 2m 厚构件礁进行压覆和兼顾人工鱼礁功能, 因此项目建设对海域水动力的影响主要是重力锚上方人工鱼礁的建设, 二期光伏平台重力锚上方抛设 2m 厚构件礁, 报告中对重力锚上人工鱼礁建设前后的水动力环境进行模拟分析。

(2) 水深和岸界

水深: 选取中国人民解放军海军航海保证部制作的 1: 100 万海图(10011 号), 15 万(11370 号、11570 号、11710 号、11770、11840 号、11910 号、11932 号) 海图以及工程附近海域水深地形测量资料。

岸界: 采用以上海图中岸界、908 山东省海岸线勘测资料以及工程附近海岸线勘测资料。

(3) 大海域模型水边界输入

开边界：引用辽宁登沙河（A 点）、山东鸡鸣岛（B 点）多年潮位观测资料调和求得的 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 六个主要分潮调和常数值输入计算。

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \{f_i H_i \cos[\sigma_i t + (V_{oi} + V_i) - G_i]\}$$

这里， f_i 、 σ_i 是第 i 个分潮（这里共取六个分潮： M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 ）的交点因子和角速度； H_i 和 G_i 是调和常数，分别为分潮的振幅和迟角； $V_{oi}+V_i$ 是分潮的幅角。

（4）计算时间步长和底床糙率

模型计算时间步长根据 CFL 条件进行动态调整，确保模型计算稳定进行，最小时间步长 0.8s。底床糙率通过曼宁系数进行控制，曼尼系数 n 取 $60\sim 80\text{m}^{1/3}/\text{s}$ 。

（5）水平涡动粘滞系数

采用考虑亚尺度网格效应的 Smagorinsky (1963) 公式计算水平涡粘系数，表达式如下：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中： c_s 为常数， l 为特征混合长度，由 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ， $(i, j=1, 2)$ 计算得到。

图 4.1-1 数值模拟计算域网格分布及潮位验证点位置图

图 4.1-2 加密区域网格分布图

4.1.1.3 潮流数值模型及验证

（1）潮位验证

利用大连港、龙口、羊头洼、蓬莱、鲅鱼圈、渤中、北隍城、大清河口、芝罘岛、天津港、威海、小清河口、养马岛、崆峒岛等 14 个潮位站历史观测资料经调和与分析后，选用 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 、 M_4 、 MS_4 六个分潮的调和常数预报出大潮期的潮位与计算结果进行验证，同时，采用工程周边海域 C_1 、 C_2 两个站位的大潮期（2017 年 8 月 7 日~8 日）实测潮位资料与计算结果进行对比验证。模拟区内潮位验证点见图 4.1-1 和表 4.1-1，潮位验证曲线见图 4.1-3a~图 4.1-3p。

表 4.1-1 潮位和潮流验证点坐标

验证点	北纬	东经	验证点类型	验证点	北纬	东经	验证点类型
大连港			潮位	龙口			潮位
羊头洼			潮位	蓬莱			潮位
鲅鱼圈			潮位	渤中			潮位
大清河口			潮位	北隍城			潮位
天津港			潮位	芝罘岛			潮位
小清河口			潮位	威海			潮位
养马岛			潮位	崆峒岛			潮位
C1			潮位	C2			潮位
L1			潮流	L3			潮流
L5			潮流	L6			潮流
21#			潮流	CL-1			潮流
24#			潮流	CL-4			潮流
25#			潮流	1#			潮流
2#			潮流	3#			潮流
4#			潮流	Y1			潮流
Y2			潮流	Y3			潮流
Y4			潮流				

图 4.1-3 潮位验证曲线

(2) 潮流验证

潮流验证采用中国海洋大学于 2017 年 8 月 7 日~8 日（大潮）牟平北侧海域 4 个站位（Y1-Y4）、2010 年 9 月 24 日~25 日（大潮）蓬莱海域 3 个站位、2003 年 9 月 12 日~13 日（大潮）套子湾海域 2 个站位和 2011 年 7 月 16~17 日（大潮）烟台港西港区周边海域 4 个站位 25 小时单周日海流同步连续观测数据，中国海洋大学 2004 年 10 月 15 日—10 月 16 日（1#站位）、2003 年 5 月 2 日-3 日（2#站位）的实测海流资料和国家海洋局北海监测中心 2010 年 5 月 14 日至 5 月 15 日（3#站位 和 4#站位）实测海流资料。利用潮流模型分别模拟计算域不同时间段的潮流场，提取对应时间、对应站位的流速流向与实测潮流进行对比，潮流验证点位置见图 4.1-4 和表 4.1-1，潮流验证曲线见图 4.1-5a~图 4.1-5q。

图 4.1-4 潮流验证点位置图

图 4.1-q 潮流流向、流速验证曲线

以上潮位和潮流验证结果表明，相应验证点上潮位和潮流模拟结果与实测潮位和潮流资料基本吻合，能够较好地反映工程周边海域潮流状况。

4.1.1.4 潮流计算结果分析

(1) 大海域潮流场数值模拟

大海域潮流场数值模拟结果分析如下，分析中潮位时刻采用工程周边海域潮位时刻。

图 4.1-6 是大海域大潮期间西向急流时刻潮流场，计算域内辽东湾潮流整体由 SW 向 NE 流，中部海域流速介于 30~45cm/s 之间；渤海湾潮流整体由 NE 向 SW 流，其中部海域流速介于 10~25cm/s；莱州湾潮流整体由 SW 向 N 流，其中部海域流速介于 30~55cm/s 之间；渤海中部海域潮流整体由 S 向 N 流，流速介于 10~30cm/s 之间。

图 4.1-7 是大海域大潮期间东向急流时刻潮流场，计算域内辽东湾潮流整体由 NE 向 SW，中部海域流速介于 20~35cm/s 之间；渤海湾潮流整体由 E 向 W 流，其中部海域流速介于 20~30cm/s；莱州湾潮流整体由 NE 向 SW 流，其中部海域流速介于 30~60cm/s 之间；渤海中部海域潮流整体由 NE 向 SW 流，流速介于 15~25cm/s 之间。

图 4.1-6 大海域计算潮流场（西北向急流时刻，大潮期）

图 4.1-7 大海域计算潮流场（东南向急流时刻，大潮期）

(2) 项目海域潮流场现状数值模拟

1) 工程周边海域大潮期间潮流场现状模拟结果分析

图 4.1-8 是工程海域大潮期间西北向急流时刻潮流场现状，四十里湾外侧海域整体由 SE 向 NW 流，在养马岛位置转向西南向流入四十里湾海域，进而又转为向西北向流，该海域流速一般介于 2~12cm/s 之间；在拟建工程海域由 SE 向 NW 流，本项目所在海域西北向急流时刻流速较小，普遍小于 10cm/s。

图 4.1-9 是工程海域大潮期间东南向急流时刻潮流场现状，四十里湾外侧海域整体由 NW 向 SE 流，进入四十里湾海域，在养马岛处向东北向流流出四十里湾海域，该海域流速一般介于 1~10cm/s 之间；在拟建工程海域由 NW 向 SE 向逐渐转至 E 向，本项目所在海域东南向急流时刻流速较小，普遍小于 10cm/s。

图 4.1-8a 工程周边海域现状潮流场（西北向急流时刻，大潮期）

图 6.1-8b 工程周边海域现状潮流场（西北向急流时刻，大潮期）

图 4.1-9a 工程周边海域现状潮流场（东南向急流时刻，大潮期）

图 4.1-9b 工程周边海域现状潮流场（东南向急流时刻，大潮期）

2) 工程建成后周边海域大潮期间潮流场模拟结果分析

工程建成后周边海域大潮期间潮流场图见图 4.1-10~图 4.1-11。本工程建设内容为海上光伏平台和人工鱼礁礁体，大潮期间工程海域西北向、东南向急流时刻整体趋势与项目建设前基本一致，工程周边小范围海域发生微变化。

图 4.1-10a 工程建成后周边海域潮流场（西北向急流时刻，大潮期）

图 4.1-10b 工程建成后周边海域潮流场（西北向急流时刻，大潮期）

图 4.1-11a 工程建成后周边海域潮流场（东南向急流时刻，大潮期）

图 4.1-11b 工程建成后周边海域潮流场（东南向急流时刻，大潮期）

4.1.1.5 对周边海域潮流场的影响分析

根据《千里岩岛西部人工鱼礁建设对周边海域水动力影响的数值模拟》（崔恩莘，张永强等，2021年2月），研究表明，潮流场的流速增大区主要在工程区域南北部，减少区在工程区域内部及东西部，并均有一定的影响范围，工程建设产生的阻流效果在工程内部区域可达 0.4m/s。

为了清楚反映本项目工程建设前后对周边海域潮流场的影响，将工程建设前后大潮典型时刻西北向急流时刻和东南向急流时刻潮流场进行对比，得到工程建设前后西北向急流时刻和东南向急流时刻的流速变化值和变化率，分别见图 4.1-12~图 4.1-15。

1) 工程建成后周边海域落潮流变化

工程建设前后西北向急流时刻流速对比结果表明（图 4.1-12~图 4.1-13），受人工鱼礁礁体布放的影响，人工鱼礁北侧流速呈减小趋势，减小量普遍小于 5cm/s。项目建设引起的西北向急流时刻流速变化在项目范围西北侧 1.05km、东侧 0.2km、南侧 0.26km 以外海域流速变化率小于 10%。

2) 工程建设后周边海域涨潮流变化

工程建设前后东南向急流时刻流速对比结果表明（图 4.1-14~图 4.1-15），受人工鱼礁礁体布放的影响，人工鱼礁南侧流速呈减小趋势，减小量普遍小于 2.5cm/s，受人工鱼礁布放影响，人工鱼礁间水道变窄，水体交换变大，流速变大，主要影响在鱼礁南侧位置，增加量普遍小于 2.5cm/s。项目建设引起的东南向急流时刻流速变化在项目范围西侧 0.17km、东侧 0.67km、南侧 0.95km 以外海域流速变化率小于 10%。

3) 小结

综合以上分析结果，工程建设前后对周围海域潮流场的影响较小，受人工鱼礁礁体布放的影响，流速呈减小趋势，减小量小于 5cm/s。项目用海范围西侧 0.17km、西北侧 1.05km、东侧 0.67km、南侧 0.95km 以外海域流速变化率小于 10%。

图 4.1-12 工程建设前后西北向急流时刻流速变化值

图 4.1-13 工程建设前后西北向急流时刻流速变化率

图 4.1-14 工程建设前后东南向急流时刻流速变化值

图 4.1-15 工程建设前后东南向急流时刻流速变化率

4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

4.1.2.1 泥沙运移趋势

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。通过沿岸输砂计算分析工程建成后附近海域岸滩冲淤变化，进而分析其对周边环境的影响。

4.1.2.1.1 海岸带泥沙运动规律

(1) 泥沙来源

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

(2) 泥沙运移形态

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

(3) 根据《最近五十年来烟台市区北部海岸地貌演变》（张雨晨，2022年5月），近50年来，烟台市区北部岸线受人类活动影响强烈，总体呈向海推进趋势；1978-1990年岸线平均淤进速率为2.47m/a，1990-2001年，岸线平均淤进速率提升至6.05m/a，2001-2021年，岸线平均淤进速率减缓至4.70m/a，但淤积强度仍较高。造成该现象的原因是人类高强度的填海造陆、兴修港口、围海养殖。城市化的发展改变了原有的岸线形态，个别岸段在十年时间尺度上显著淤进，岸线变化明显，原有的自然岸线变得复杂曲折。

烟台市区北部海岸的整体沉积动力环境较弱，其自然岸段缓慢淤积或轻微侵蚀的现象同样反映了这一特征。而烟台市区北部海岸线在近 50 年来显著向海推进，其海岸地貌的演化与人类活动造成的影响密切相关。烟台市区北部海岸地貌的形成是特定条件下，潮流、波浪、泥沙和人类活动共同作用的产物，主要造成影响的自然因素包括底质沉积环境与海洋动力，主要人为影响因素则包括填海造陆、围海养殖和海岸工程的兴建。

4.1.2.1.2 影响海底泥沙冲淤变化的动力因素

海底泥沙冲淤变化是在波浪和海流等动力因素综合作用下的结果。

(1) 波浪的作用

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

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

(2) 海流的作用

在淤泥质海岸，潮流是输沙的主要动力，在波浪较弱的海岸区，潮流可能是掀沙的主要因素，潮流携带泥沙入港和航道后。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。

4.1.2.2 地形地貌冲淤数值模拟

研究利用沉积物取样分析、海流观测等方法，结合水深地形、工程地质、风速资料，运用 MIKE21 模型模拟潮流、波浪（施加风）作用条件下工程周围海域海底地形的演化。

4.1.2.2.1 泥沙运动控制方程

MIKE21FM 采用标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散，在时间上，采用显式迎风差分格式离散动量方程与输运方程。

泥沙控制方程为：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S$$

式中：

——水深平均悬浮泥沙浓度 (g/m^3)；

u, v ——水深平均流速 (m/s)；

D_x, D_y ——分散系数 (m^2/s)；

h ——水深 (m)；

S ——沉积/侵蚀源汇项 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$)；

Q_L ——单位水平区域内点源排放量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)；

C_L ——点源排放浓度 (g/m^3)。

4.1.2.2.2 沉积物沉积和侵蚀计算公式

(1) 粘性土沉积和侵蚀

1) 沉积速率

根据 Krone (1962)等提出的方法计算粘性土沉积，公式如下：

$$S_D = w_s c_b p_d$$

式中：

S_D ——沉积速率；

w_s ——沉降速度 (m/s)；

c_b ——底层悬浮泥沙浓度 (kg/m^3)；

p_d ——沉降概率；

沉降速度计算公式：

$$w_s = \begin{cases} kc^\gamma, & c \leq 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ w_{s,r} \left(1 - \frac{c}{c_{gel}} \right)^{w_{s,n}}, & c > 10 \text{ kg} / \text{m}^3 \end{cases}$$

式中：

c ——体积浓度；

k ——系数，取值介于 1~2 之间；

——沉降速度系数；

——组分能量常数；

c_{gel} ——泥沙絮凝点。

沉降概率公式：

$$P_1 = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, & \tau_b \leq \tau_{cd} \\ 0, & \tau_b > \tau_{cd} \end{cases}$$

τ_b ——海底剪应力 (N/m²) ;

τ_{cd} ——沉积临界剪应力 (N/m²) 。

2) 泥沙浓度分布

泥沙浓度分布计算包括 2 种方法:

① Teeter 公式

$$c_b = \bar{c}\beta$$

式中:

$$\beta = 1 + \frac{P_e}{1.25 + 4.75 p_b^{2.5}}$$

$$P_e = \frac{w_s h}{D_z} = \frac{6w_s}{kU_f}$$

k——Von Karman 常数 (0.4) ;

U_f ——摩擦速度, $\sqrt{\tau_b / \rho}$ 。

② Rouse 公式

$$-\varepsilon \frac{dC}{dz} = w_s C \quad \varepsilon = kU_f z \left(1 - \frac{z}{h}\right) \quad C = C_a \left[\frac{a}{h-a} \frac{h-z}{z} \right]^R, a \leq z \leq h$$

$$R = \frac{w_s}{kU_f}$$

底层悬浮泥沙浓度公式:

$$c_b = \frac{\bar{c}}{RC}$$

式中:

ε ——扩散系数;

C——悬浮泥沙浓度;

z——垂向笛卡尔坐标。

h——水深;

C_a ——深度基准面处的悬浮泥沙浓度;

a——深度基准面；

\bar{c} ——水深平均浓度；

R——Rouse 参数。

3) 底床侵蚀

根据底床密实程度，侵蚀计算可以分为 2 种方式：

①密实、固结底床侵蚀计算公式

$$S_E = E \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{ce}$$

式中：

E——底床侵蚀度 (kg/m²/s)；

τ_b ——底床剪切力 (N/m²)；

τ_{ce} ——侵蚀临界剪切力 (N/m²)；

n——侵蚀能力。

②软、部分固结底床侵蚀计算公式

$$S_E = E \exp[\alpha(\tau_b - \tau_{ce})^{1/2}] \tau_b > \tau_{ce}$$

α ——参考系数。

(2) 非粘性土沉积和侵蚀

1) 无量纲颗粒参数的确定

根据 Van Rijn (1984)等提出的方法计算非粘性土再悬浮，公式如下：

$$d^* = d_{50} \left[\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right]^{1/3}$$

式中：

S——颗粒比重；

G——重力加速度；

ν ——粘滞系数；

d_{50} ——中值粒径。

2) 底床临界起动流速

泥沙悬浮的判定通过实际摩擦流速 U_f 和临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 的比较得以实现。其主要通过两种方式，一种是利用泥沙运移阶段参数 T；另一种是利用临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值。

①泥沙运移阶段参数 T

$$T = \begin{cases} \left(\frac{U_f}{U_{f,cr}} \right) - 1, U_f > U_{f,cr} \\ 0, U_f \leq U_{f,cr} \end{cases}$$

$$U_f = \sqrt{ghI} = \frac{\sqrt{g}}{C_z} |\vec{V}|$$

式中：

I——能量梯度；

C_z ——谢才系数 ($m^{1/2}/s$) ($=18\ln(4h/d_{90})$) ；

$|\vec{V}|$ ——流速 (m/s) 。

②临界摩擦流速 $U_{f,cr}$ 和沉降速度的比值

$$\frac{U_{f,cr}}{w_s} = \begin{cases} \frac{4}{d^*}, 1 < d^* \leq 10 \\ 0.4, d^* > 10 \end{cases}$$

3) 沉降速度

非粘性土沉降速度公式：

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd^2}{18\nu}, d \leq 100 \mu m \\ \frac{10\nu}{d} \left\{ \left[1 + \frac{0.01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}, 100 < d \leq 1000 \mu m \\ 1.1[(s-1)gd]^{0.5}, d_b > 1000 \mu m \end{cases}$$

式中：

d——非粘性土颗粒粒径；

s——非粘性土密度；

ν ——粘滞度；

g——重力加速度。

4) 悬移质运移

悬移质泥沙平衡浓度计算公式：

$$\bar{c}_e = \frac{q_s}{\bar{u}h} \quad q_s = \int_a^h c \cdot dy \quad a = k_s = 2d_{50}$$

式中：

\bar{u} ——水深平均流速 (m/s) ；

q_s ——悬移质运移量 (kg/m/s) ;

c ——距离底床 y (m) 处的悬浮泥沙浓度 (kg/m³) ;

u ——距离底床 y (m) 处的流速 (m/s) ;

h ——水深 (m) ;

a ——底床分层厚度 (m) ;

k_s ——等效粗糙高度 (m) ;

d_{50} ——中值粒径。

5) 非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布主要取决于湍流扩散系数 和沉降速度 。

①湍流扩散系数计算公式为:

$$\varepsilon_s = \beta \Phi \varepsilon_f$$

$$\beta = \begin{cases} 1 + \left(\frac{w_s}{U_f} \right)^2, & \frac{w_s}{U_f} < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq \frac{w_s}{U_f} < 0.25 \\ \text{不悬浮} & , \frac{w_s}{U_f} \geq 2.5 \end{cases}$$

式中:

β ——扩散因子;

Φ ——阻尼系数。

②非粘性土浓度分布

非粘性土浓度分布由 Peclet 系数 P_e 确定:

$$P_e = \frac{C_{rc}}{C_{rd}}$$

式中:

C_{rc} ——Courant 对流系数 ($= w_s \Delta t / h$) ;

C_{rd} ——Courant 扩散系数 ($= \varepsilon_f \Delta t / h^2$) ;

ε_f ——水深平均流体扩散系数。

6) 非粘性土沉积

$$S_d = - \left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s} \right), \bar{c}_e < \bar{c}$$

$$t_s = \frac{h_s}{w_s}$$

$$\bar{c}_e = 10^6 \cdot F \cdot C_a \cdot s$$

$$F = c / c_a$$

式中：

\bar{c}_e ——平衡浓度；

s——相对密度，取 2.65。

7) 非粘性土侵蚀

$$S_e = -\left(\frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{t_s}\right), \bar{c}_e > \bar{c}$$

4.1.2.2.3 输入参数确定

(1) 沉积物类型、粒度特征参数

根据该区近期和历史表层沉积物调查资料。

(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、径流共同作用于地形地貌冲淤模拟中，从而模拟和预测工程建设对海域地形地貌冲淤环境的影响。

4.1.2.2.4 地形地貌与冲淤数值模拟结果

(1) 工程周边海域地形地貌冲淤现状数值模拟

地形地貌冲淤现状数值模拟结果表明（图 4.1-16），成图范围内外海海域主要呈淤积状态，淤积量一般小于 0.005m/a；项目所在海域水深约为 11m，水动力条件比较稳定，冲淤环境变化不大，主要呈微淤积状态，淤积量普遍小于 0.002m/a。

(2) 工程建成后周边海域冲淤环境预测

工程建成后周边海域地形地貌冲淤数值模拟结果表明（图 4.1-17），由于工程拟建光伏平台下部采用重力锚固定，重力锚上部及周边对方鱼礁块体组成人工鱼礁群，进行海洋生态修复活动，礁体均采用透水式结构，工程周边海域整体冲淤趋势与工程建设前变化不大。拟建工程所处海域由于受到礁体的阻隔水动力条件减弱，流速减小，同时礁体对波浪具有一定的减缓作用，从而使人工鱼礁附近冲淤环境发生了微变化，工程后拟建人工鱼礁区淤积量普遍小于 0.002m/a。

图 4.1-16 工程周边海域年冲淤厚度图（现状）

图 4.1-17 工程周边海域年冲淤厚度图（工程建成后）

4.1.2.2.5 对周边海域地形地貌冲淤环境的影响分析

将工程建设前后地形地貌冲淤结果进行对比可以看出（图 4.1-18），工程建设对区域地形地貌环境的改变主要表现在：由于工程重力锚周边采用水下安放人工鱼礁进行海洋生态修复活动，礁体均采用透水式结构，工程周边海域整体冲淤趋势与工程建设前基本没变化。拟建工程所处海域由于受到礁体的阻隔水动力条件减弱，流速略减小，工程所在位置由于工程前冲淤环境相对稳定，项目所在海域冲淤环境发生的变化很小，淤积量变化甚小，变化量普遍小于 0.01cm/a。因此，工程建设对地形地貌冲淤环境的影响很小。

图 4.1-18 工程建设前后地形地貌年冲淤环境变化效果图

4.1.3 水质环境影响预测与评价

4.1.3.1 施工期水质环境影响分析

4.1.3.1.1 施工期悬浮泥沙扩散影响预测分析

(1) 水质预测模型

潮流是海域污染物进行稀释扩散的主要动力因素，在获得可靠的潮流场基础上，通过添加水质预测模块（平面二维非恒定的对流—扩散模型），可进行水质预测计算。

1) 二维水质对流扩散控制方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) - Fc + s$$

式中， c 为污染物浓度； u 、 v 分别为 x 、 y 向流速分量； D_x 、 D_y 为 x 、 y 向分散系数； s 为污染物排放源强， $s=Q_s C_s$ ，式中 Q_s 为单位面积内点源排放量， C_s 为污染物排放浓度（ kg/m^3 ）； F 为衰减系数， $F = p\omega$ ， p 为沉降概率， ω 为沉降速度。

2) 边界条件

岸边界条件：浓度通量为零；

开边界条件：

入流： $c|_{\Gamma} = c_0$ ，式中 Γ 为水边界， c_0 为边界浓度，模型仅计算增量影响，取 $c_0=0$ 。

出流： $\frac{\partial c}{\partial t} + V_n \frac{\partial c}{\partial n} = 0$ ，式中 V_n 边界法向流速， n 为法向。

3) 初始条件

$$c(x, y)|_{t=0} = 0。$$

(2) 悬浮泥沙源强及发生点位置

1) 悬浮泥沙发生点位置

本工程施工过程中产生悬浮泥沙的施工环节主要是人工鱼礁施工时的吊放礁体和重力锚的自重下沉，其中重力锚自重下沉的悬浮泥沙源强甚小，不再进行预测计算。根据施工位置和特点，模拟中选取部分代表点进行模拟、预测和评价，泥沙发生点位置见图 4.1-19。

图 4.1-19 悬浮泥沙发生点位置图

2) 入海悬浮泥沙源强

工程吊放预制件点源的悬浮泥沙平均源强约为 0.45kg/s。

(3) 预测悬浮泥沙浓度增量分布

工程大潮施工期间悬浮泥沙预测结果表明(图 4.1-20)，工程施工产生的 10mg/L 浓度悬浮泥沙向 E 最大扩散距离约 0.40km，向 W 最大扩散距离约 0.29km，向 N 最大扩散距离约 0.15km，向 S 最大扩散距离约 0.20km。施工期间产生的悬浮泥沙超二类水质标准 (>10mg/L 浓度范围) 面积 122.8875hm²，大于 20mg/L 浓度范围为 69.2951hm²，大于 50mg/L 浓度范围为 41.5598hm²，大于 100mg/L 浓度范围为 28.0821hm²。

图 4.1-20 施工产生的悬浮泥沙最大扩散范围图

表 4.1-2 施工产生的悬浮泥沙包络面积一览表(扣除人工鱼礁占用面积)

悬浮泥沙浓度 (mg/L)	包络面积 (hm ²)
10	122.8875
20	69.2951
50	41.5598
100	28.0821
150	—

4.1.3.1.2 施工期其他水污染影响分析

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。

4.1.3.2 运营期水质环境影响分析

本项目主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施,并利用光伏试验平台海底锚固系统兼顾人工鱼礁功能,在项目区进行海洋生态修复,进行海洋生物底播增殖放流 2 公顷。项目运营期产生污水的环节主要有工作人员、运维船舶人员产生的生活污水,运维船中产生的船舱油污水,光伏板冲洗水,海水淡化和海水分解补氧制氢产生的浓盐水。

运营期工作人员、运维船舶人员产生的生活污水均统一收集处理,不直接外排;运维船产生的舱底油污水统一收集后,交由有资质单位进行处理,不向海洋排放。项目运营期需定期对太阳能板进行冲洗,冲洗水主要来自项目海基平台海水淡化产生的淡水,冲洗水中主要为空气中自然飘落的灰尘、鸟粪等少量悬浮物,不会对海水水质产生明显影响。

运营期海水淡化产生的淡水可用于光伏板的清洗、海基平台上部的用水等;海水淡化和海水制氢仅在试验时进行,试验频次等不固定,且产生量较少,其产生的浓盐水经过与生活污水稀释后送至海基平台的集成式污水处理站进行处理,污水处理后水质标准可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准,在平台进行回收利用,包括平台生活利用等,不直接排海。

运营期产生的生活垃圾分类均在收集后交由市政环卫部门处理;在项目运行期会进行相关试验,试验期可能会需要根据试验内容更换光伏板,拆除的废旧光伏板则由厂家回收。

因此,运营期间采取严格的环保措施,对海水水质影响较小,工程运营期不会对海水水质造成明显影响。

4.1.4 海洋沉积物环境影响分析

(1) 施工期对海洋沉积物环境影响分析

工程施工期间,施工人员产生的生活垃圾和污水均收集后送陆域妥善处理,不向海域排放,施工单位制定了严格的管理制度,施工期间严格限制向海域排放废水、丢弃垃圾等;工程施工期对海洋沉积物的影响主要来自施工过程。

施工期主要为重力锚下沉、人工鱼礁吊放时搅动海底沉积物,除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外,没有其它污染物混入,不会对海底沉积物质量造成不利影响。

综上所述,工程施工期不会对海洋沉积物产生明显影响。

(2) 运营期对海洋沉积物环境影响分析

本项目主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，分两期建设，一期配置 400KW 海上浮式光伏实验平台；二期配置 7.2MW 海上浮式光伏平台。在项目区进行海洋生态修复，建设内容为投放人工鱼礁共计 4.16 万空方，并利用项目区开放式海域进行海洋生物底播增殖，实现水上发电、水下增殖的“渔光互补”模式。试验船舶、海基平台、陆基管控中心增设垃圾筒、垃圾箱等基础设施，对产生的各种垃圾进行收集统一处理，运营期间不向海洋内丢弃垃圾，不会对工程周边的沉积物环境造成明显影响。

综上所述，工程的建设不会对海洋沉积物环境产生明显影响。

4.2 项目用海生态影响分析

4.2.1 施工期对海洋生态环境的影响分析

4.2.1.1 对浮游生物的影响

悬浮泥沙对浮游生物的影响主要为施工过程中产生的悬浮泥沙将导致水体的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的繁殖生长。此外还表现在对浮游动物的生长率、摄食率的影响等。长江口航道疏浚悬浮泥沙对水生生物毒性效应的试验结果表明：当悬浮泥沙浓度达到 9mg/L 时，将影响浮游动物的存活率和浮游植物光合作用。崂山深水港环评工作中，东海水产所曾做过疏浚泥沙对海洋生态系统的影响实验，实验结果表明虽然疏浚泥沙对海洋生态系统无显著影响，但却会引起浮游动植物生物量有所下降。东海水产所对长江口疏浚泥沙所做的不同暴露时间动态悬沙对微绿球藻（*N. oculata*）和牟氏角毛藻（*CMueller*）的生长影响试验结果，进行统计回归分析，结果表明海水中的悬沙浓度的增加对浮游植物的生长有明显的抑制作用。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%。

施工期间会产生少量的悬浮泥沙，由于本海域施工期间悬浮泥沙影响范围较小并且施工时限较短，对水质环境及浮游生物等产生影响程度有限。浮游生物是鱼虾蟹贝类幼体的重要饵料，在重力锚下沉、礁体投放施工期间，渔船作业掀起的泥沙会使水体中悬浮物含量增加，导致海水透明度和光照下降，在一定程度上影响水体中浮游生物的生长与繁殖。但此种作业产生泥沙的最大扩散距离较小，施工作业停止后，悬浮物含量将恢复。所以，本项目施工对海域的浮游生物的影响不大。

4.2.1.2 对游泳生物的影响

悬浮物含量增高，游泳生物是海洋生物中的一大类群，海洋鱼类是其典型代表，它们往往具有发达的运动器官和很强的运动能力，从而具有回避污染的效应。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3-4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。工程不会产生悬浮物含量高浓度区，不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响使该区域内的生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。随着施工的开始，游泳生物的种类和数量会逐渐得到恢复。因此，施工期间产生的悬浮物不会对游泳生物造成较大的影响。

4.2.1.3 对底栖生物的影响

(1) 悬沙沉降对底栖生物的影响

施工过程产生的悬浮泥沙扩散会使周围海域水质变浑浊，影响底栖生物的呼吸和摄食；降低海水中溶解氧的含量，影响对海水中溶解氧要求比较高的生物；泥沙的沉降会掩埋底栖生物，改变它们的栖息环境。随着施工结束，悬浮泥沙对底栖生物的影响将逐渐消失。

(2) 礁体投放对底栖生物的影响

重力锚及人工鱼礁施工过程需要投放大量石块，石块投放将占用部分海域，此部分范围之内的底栖生物将被掩埋，被掩埋的生物部分逃离或窒息死亡。因此，重力锚和人工鱼礁施工对底栖生物造成一定影响。

4.2.1.4 施工船舶含油污水对海域生态环境的影响

本工程施工船舶所产生的含油污水、机械维修产生的油污水不排入工程区附近海域，收集后岸上接收统一送资质单位处理，因此只要严格施工管理，一般不会发生污染，施工船舶含油污水不会对海域生态环境产生不良影响。

4.2.2 运营期对海洋生态环境的影响分析

(1) 占用海域对海洋生态环境的影响

工程建成后，重力锚及人工鱼礁块体将对海域产生永久性的占用，将长期占用该区域海洋生物的生存空间，导致海洋生物的永久性损失，但由于重力锚及人工鱼礁块体面积较小，占用海域面积不大，造成的生物损失有限。

(2) 污染物排放对海洋生态环境的影响

工程运营期间，产生的垃圾和生活污水均不向海域排放，避免对水质造成影响。因此，项目运营期间只要严格管理，不会对海域生态环境产生明显不良影响。

（3）项目区礁体建设对海洋生态环境的影响

礁体所形成的上升流、加速流、滞缓流、涡流等多样流的环境，可以促进水体交换，不仅能形成理想的营养盐转运环境，还能提供不同的水流条件供鱼类选择，从而达到改善海洋生物栖息环境，增殖渔业资源的效果；礁体的镂空结构可以作为幼鱼的隐蔽庇护场所，大大降低幼鱼被凶猛鱼类捕食的厄运，提高幼鱼的存活率；此外礁体表面上附着生物的大量生长，可以净化水质、减轻海水富营养化程度。总之，通过人工鱼礁建设，人为营造动、植物良好的生态环境，为底播增殖生物提供适宜的繁殖、生长、索饵等栖息场所，达到修复渔业资源和改善生态环境的目的。

（4）其他因素对海洋生态环境的影响

项目光伏板建成后，由于光伏组件的遮光效应对水温变化及浮游植物的光合作用有一定的影响，根据项目平面布置，光伏组件下部仍可形成一定的透光区，且项目光伏板桩基高出水面一定高度，因此，项目对浮游植物的影响有限。

项目对游泳动物的影响一方面是由于其建设导致浮游植物这一饵料的减少，进而造成生物量的减少，二是由于水温的改变导致海洋生物的正常生长发育受影响，但根据相关研究文献，光伏板能够为游泳动物提供一定的庇护场所，有利于游泳动物的聚集，同时鱼礁块体及重力锚能为贝类提供一定的附着基，形成鱼礁式栖息场所，对生物资源有一定有利影响。

综上所述，项目建设对生态有一定影响，但影响尚可接受，项目建设一定程度也有利于生物资源的聚集。

4.3 项目用海资源影响分析

4.3.1 岸线资源占用情况

本项目位于烟台市高新区四十里湾海域，项目建设不占用海岸线，距离海岸线最近约 3.67km。

4.3.2 对海岛资源影响分析

项目周边分布数个海岛，主要有养马岛、崆峒岛等，项目不占用海岛及海岛岸线，项目建设不会对周边海域水动力及冲淤环境产生明显影响，不会对周边海岛岸线形态产生影响，因此，项目不会对海岛资源产生不利影响。

4.3.3 对港口航运资源的影响

项目附近港口航运资源主要是牟平港和养马岛中心渔港，航道主要为烟台至威海近岸航路和养马岛航道。

项目施工期平台、重力锚、礁体块的装运依托中集来福士舾装码头，位于本项目西北侧约 14.5km，运营期依托中集来福士码头、海基平台靠泊码头。项目施工期及运营期船舶行驶过程中不会经过航道，不会影响航道及其他港口的正常使用。

4.3.4 对渔业资源的影响

施工期间对渔业资源的影响主要是平台下方重力锚、人工鱼礁占用对渔业资源造成一定程度的损失以及机械作业等惊扰周边海洋生物。随着施工的结束，施工的影响逐渐消失，海洋生物会逐渐得到恢复。因此，项目的建设对周边海域渔业资源的影响较小。

运营期间，禁止向海域内排污和乱丢垃圾，以免对水质造成不利影响，项目运营对周边海域渔业资源的不利影响较小；本项目光伏试验平台采用重力锚上覆人工鱼礁锚固，兼顾海洋资源修复，并进行海洋生物底播增殖。通过人工鱼礁建设，人为营造动、植物良好的生态环境，为底播增殖生物提供适宜的繁殖、生长、索饵等栖息场所，进行海洋生物底播增殖，提升海域渔业资源密度，达到修复渔业资源和改善生态环境的目的，对渔业资源具有有利影响。

4.3.5 生物资源损失量

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）进行生态损失量计算。

（1）评估方法

1) 悬沙造成的生物资源损失

污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

本工程施工期间产生的悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于 15 天，因此按一次性平均受损量评估。

悬浮泥沙对海洋生物资源损害，按下式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克

(kg);

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2 ）、个平方千米（个/ km^2 ）、千克平方千米（ kg/km^2 ）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；生物资源损失率取值参见表 4.3-1。

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

表 4.3-1 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

注：
 1.本表列出污染物 i 的超标倍数(B_i)，指超《渔业水质标准》或超 II 类《海水水质标准》的倍数，对标准中未列的污染物，可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定；当多种污染物同时存在，以超标准倍数最大的污染物为评价依据。
 2.损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡，以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
 3.本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类，毒性试验数据作相应调整。
 4.本表对 pH、溶解氧参数不适用。

2) 占用水域造成的生物资源损失

工程建设需要，占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失。各种类生物资源损害量评估按公式下式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/ km^2]、尾（个）每立方千米[尾（个）/ km^3]、千克每平方千米（ kg/km^2 ）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（ km^2 ）或立方千米（ km^3 ）。

(2) 项目用海区域生物资源密度

本项目建设地点位于烟台四十里湾外海海域，生物损失主要由海基平台、重力锚、人工鱼礁透水构筑物用海和悬浮泥沙扩散造成。透水构筑物用海主要造成底栖

生物生物量的损失，对其它生物的影响综合到悬浮泥沙影响损失评估中；水体中悬浮泥沙扩散主要造成浮游植物、浮游动物、鱼卵、仔稚鱼、渔业资源成体的生物量损失。

浮游植物、浮游动物和底栖生物的生物资源密度根据 2022 年 9 月的调查结果，生物资源密度统计结果见表 4.1-2。

表 4.1-2 工程附近海域生物资源密度

类别	生物资源密度	
	单位	密度
浮游植物	个/m ³	
浮游动物	mg/m ³	
底栖生物	g/m ²	
鱼卵	粒/m ³	
仔稚鱼	尾/m ³	
渔业资源幼体	kg/km ²	
渔业资源成体	kg/km ²	

(3) 损失评价结果

1) 人工鱼礁、重力锚占用用海造成的海洋生物损失

本工程海基平台底部、人工鱼礁和重力锚的实际用海面积为 2.05hm²，造成的底栖生物损失量为 0.19t（表 4.1-3）。

表 4.1-3 透水构筑物用海造成的生物资源损害评估

种类	资源密度	受损面积	损失量
底栖生物		2.05hm ²	

2) 悬浮泥沙扩散造成的海洋生物资源损失

施工期间产生的悬浮泥沙超二类水质标准（>10mg/L 浓度范围）面积为 122.8875hm²，大于 20mg/L 浓度范围的面积为 69.2951hm²，大于 50mg/L 浓度范围为 41.5598hm²，大于 100mg/L 浓度范围为 28.0821hm²。悬浮泥沙浓度增量在区域存在时间少于 15 天，因此按一次性平均受损量评估，根据表 4.1-1 生物损失按各超标倍数对应的平均生物损失率计算，大于 9 倍时按 50%计。

表 4.1-4 计算参数值

项目	类型	悬浮泥沙扩散范围带划分			
		10~20mg/L	20~50mg/L	50~100mg/L	>100mg/L
面积 (km ²)	/	0.535924	0.277353	0.134777	0.280821
损失率 (%)	浮游动物	5	20	40	50
	浮游植物	5	20	40	50
	鱼卵与仔稚鱼	5	17.5	40	50
	渔业资源幼体	1	5	15	20
	渔业资源成体	1	5	15	20

注：悬浮物增量 10~50mg/L 浓度范围面积为>10mg/L 浓度范围面积减去>50mg/L 浓度范围面积；悬浮物增量 50~100mg/L 浓度范围面积为>50mg/L 浓度范围面积减去>100mg/L 浓度范围面积。

悬浮泥沙扩散影响海域内平均水深按照 10m 计算。水体中悬浮泥沙扩散造成的生物损失量见表 4.1-5。

表 4.1-5 悬浮泥沙造成的生物资源损害评估表

种类	资源密度	损失率 (%)	受损面积 (km ²)	水深 (m)	损失量	总计
浮游植物	156.19×10 ⁵ 个/m ³	5	0.535924	10		
		20	0.277353			
		40	0.134777			
		50	0.280821			
浮游动物	209.70 mg/m ³	5	0.535924	10		
		20	0.277353			
		40	0.134777			
		50	0.280821			
鱼卵	0.22 粒/m ³	5	0.535924	10		
		17.5	0.277353			
		40	0.134777			
		50	0.280821			
仔稚鱼	0.04 尾/m ³	5	0.535924	10		
		17.5	0.277353			
		40	0.134777			
		50	0.280821			
渔业资源幼体	29.60kg/km ²	1	0.535924	/		
		5	0.277353			
		15	0.134777			
		20	0.280821			
渔业资源成体	2575.63kg/km ²	1	0.535924	/		
		5	0.277353			
		15	0.134777			
		20	0.280821			

3) 生态损失评价结果

工程建设共造成造成的底栖生物损失量为 0.19t，浮游植物损失量为 4.32×10¹² 个，浮游动物损失量为 2.57t，底栖生物损失量为 0.33t，鱼卵损失量为 5.94×10⁵ 粒，仔稚鱼损失量为 11.87×10⁵ 尾，渔业资源幼体损失量为 36.37kg，渔业资源成体损失量为 3165.13kg。

4.4 项目用海风险分析

4.4.1 风险识别

项目事故风险是指由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害的程度。

项目事故风险一般来自两个方面。一方面是用海项目自身引起的突发或缓发环境事件（如火灾、船舶溢油事故等）对海域资源、环境造成的危害；另一方面是由于海洋灾害（如风暴潮、海冰等）导致海域使用项目发生破坏、事故等造成的对海

域的危害。

本项目用海主要风险有：①船舶碰撞溢油事故；②风暴潮；③赤潮事故；④海上造礁作业事故，⑤水质恶化。

4.4.2 风险事故分析

4.4.2.1 船舶碰撞溢油事故

海上轮船溢油事故率即溢油事故发生的概率，是指在特定的时间内，事故可能出现的次数。从我国 1997~2002 年船舶溢油事故的统计情况来看，6 年间沿海船舶、码头共发生 1t 以上溢油事故 178 起，其中操作性事故 145 起，占总事故数的 82%，事故性事故 33 起，占总事故数的 18%。按溢油量计算，145 起操作性事故的溢油量为 648t，平均每起 4.47t，占总溢油量的 8%；33 起事故性事故的溢油量为 7735t，平均每起 234t，占总溢油量的 92%。

对我国近 14 年内发生的 452 起较大溢油事故调查分析表明，虽然发生溢油事故的原因有多种多样，但是最主要的原因是船舶突遇恶劣天气，风大、流急、浪高，加之轮机失控，造成船舶触礁和搁浅，引发重大溢油事故发生。特别是在河口、港湾、沿海等近岸水域，由于海底地形复杂多变，船舶溢油事故发生的频率较外海大得多。我国 452 起较大溢油事故的统计分析，因碰撞和搁浅而导致的船舶溢油事故比例高达 55.3%，绝大部分都发生在近岸海域，相应的溢油量占总溢油量的 43.6%，船舶溢油事故对海域的水质、生态环境污染危害很大。

本项目施工期及运营期均涉及船舶使用，因操作不当，或配合失误，或因水文气象条件不良等原因，造成船舶碰撞，造成船体损坏，燃油及船舱内油污水泄漏等，并对周边环境造成影响。尽管事故发生频率较工程中其它事故发生频率相对较低，但一旦发生，后果十分严重，一定要引起足够的重视。

4.4.2.2 风暴潮

依据《中国海洋灾害四十年资料汇编》（1949-1990）所载资料统计，烟台沿海地区 40 年内发生轻度以上风暴潮灾害 64 次，除 11 次为台风风暴潮灾害外，其余绝大多数为发生在渤海沿岸的温带系统风暴潮灾害。

风暴潮是黄渤海一种危害较大的海洋灾害，也是项目海域的主要海洋灾害。较重风暴潮灾害发生时，海溢纵深一般可达十数里，特重者可达 50~60 里，造成经济损失数十亿元。虽然烟台发生风成增水的几率相对较少，但由于造成的灾害损失不可低估。2007 年 3 月 3 日至 3 月 5 日，受北方强冷空气和黄海气旋的共同影响，渤

海湾、莱州湾发生了一次强温带风暴潮过程，烟台遭受近 40 年来最大风暴潮袭击，虽然各地紧急启动了“防风暴潮预案”，但由于风大浪急、潮位太高，全市沿海渔业损失严重，部分渔船损坏、许多海坝和虾池被冲毁，海洋灾害直接经济损失达 40.65 亿元。

当发生风暴潮时，可能造成船舶受损或搁浅，巨浪狂风可能损毁重力锚、人工鱼礁体、光伏平台、海基平台等基础设施，造成礁体的破坏及人工鱼礁区水质、生态环境的恶化。

4.4.2.3 赤潮事故

赤潮又称红潮，国际上也称其为“有害藻类”或“红色幽灵”。是在特定的环境条件下，海水中某些浮游植物、原生动物或细菌爆发性增殖或高度聚集而引起水体变色的一种有害生态现象。近年来，赤潮发生的时间越来越早，频率越来越高，受灾面积越来越大，持续时间越来越长，严重影响了海产品的生产和海洋环境的质量，经济损失惨重，不仅对海域天然种群和水产养殖业造成了严重损失也已危及人类健康。

4.4.2.4 海上造礁作业事故

人工鱼礁在投放过程中有可能发生事故，因为方形钢筋混凝土构件礁有可能在海底出现移动、翻倒、倾倒、碰撞等情况而导致鱼礁失落或损毁。在投放过程中要动用起重设备，当在起吊、放下和左右转动时礁体会摆动，有时会发生碰撞和下坠事故。此外，投放的构件礁质量和尺寸要合乎要求，否则容易散架解体或降低使用寿命；投礁时避免把礁体投在松散淤泥质海底，避免鱼礁快速沉埋失效。因此，造礁作业要严格按照相关的规范进行操作和管理，尽量避免工程事故的发生。

海洋工程都存在作业的事故风险问题。人工鱼礁工程可能发生的工程事故类型很多，比如未按预定地点投放，或投放后造成交通事故，以及在投放过程中出现船舶碰撞等安全责任事故等，都会对海域资源环境及周边海域开发活动造成不利影响。

4.4.2.5 水质恶化

项目运营期间增殖品种产生的代谢污染物直接排入海湾，导致海水水质指标达不到预定标准，排入外侧海域后而造成周围海域水体水质污染，对区域海水水质、海洋生态环境带来威胁，可能造成海洋生物病害、死亡等。夏季太阳辐射增强，水温升高，藻类过度繁殖并大量死亡，微生物分解有机物，耗氧量大，造成海水缺氧，对增殖品种的生存造成威胁。近年来烟威北部渔场夏季多次出现海水缺氧现象，对

周边渔业资源业造成了巨大的损失。

4.4.3 风险事故影响分析与评价

4.4.3.1 溢油事故后果分析

项目所在海域养殖活动较多，施工期及运营期间，可能存在施工船舶与过往船舶之间发生碰撞的风险。碰撞将造成船体损坏，使燃油及船舱内油污水泄漏入海。油污染危害是由石油的化学组成、特性及其在水体里存在的形式所决定的。在石油不同组份中，低沸点的芳香族烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香烃则是长效毒性。一旦发生船舶碰撞溢油后，会造成巨大的人身、经济和社会损失。较轻的碰撞，可能会对船体造成损害，较严重的碰撞，会导致翻船、船体起火、溢油等后果，进而可能引起人员伤亡和财物损失。溢油入海后，在风、浪、流的作用下，油膜很难形成一片，往往是破碎分成若干小片油膜；分散于水中的油，也往往破碎成大大小小的水团。破碎的油膜和分散的大小水团，随风和潮流涨落，往往附着、黏附在岸礁、滩涂泥沙、牡蛎条石上，对海域水质、底质、生态及景观造成污染。溢油事故对海洋生态环境的影响如下：

（1）对浮游生物的影响

浮游生物运动能力较弱，由于身体柔弱，身体多生毛、刺，更易黏附石油，因而对石油产品污染更为敏感。据有关文献，一些海洋浮游植物的石油急性中毒致死浓度范围为 0.1~10mg/L，一般为 1mg/L；浮游动物为 0.1~15mg/L。浮游生物往往是整个海洋生态系统的营养和物质基础，海上溢油事故会使相关海域整个生态系统的食物链网遭受毁灭性破坏。

大型海藻，如褐藻等表面有一层藻胶膜，能防油类的污染，而小型藻类没有这种防油结构，易因受污染而大量死亡。溢油能阻碍藻幼苗的光合作用，进而妨碍浮游植物的繁殖，对海藻幼苗的毒性更大，有可能改变或破坏海洋正常的生态环境。因此，一旦发生船舶溢油事故，工程区域及附近的海藻场和海带养殖场将受到一定的危害。

（2）对鱼虾贝类的影响

油膜和油块能粘住鱼卵和幼鱼，油污染对幼鱼和鱼卵的危害很大。海水含石油浓度 0.01mg/L 时就会发臭，在这种污染海区生活 24 小时以上的鱼贝就会因粘上油而发臭。海水中含石油浓度 0.1mg/L 时，所有卵出的幼鱼都有缺陷，并只能存活 1~2 天。石油对海虾的幼体来说，其“半致死浓度”为 1mg/L，这种毒性限度随不同生物

种而异。

(3) 对底栖生物的危害

据有关资料，底栖动物栖息在海底，石油会堵塞其呼吸通道，而且水体中石油氧化分解时会消耗溶解氧，使底层海水溶解氧含量更低，导致很多底栖动物窒息死亡。

(4) 对海水养殖业的影响

船舶事故燃油溢漏入海，一旦浮油飘到海岸或海滩，便堆积在高潮线附近、岩石坑里或洼地里，黏着在岸边的岸石表面，粘裹在卵石、碎石和砂子上。黏度小的石油，能渗入海滩上层的砂子里，形成厚厚的油-砂混合层，影响海滨的景观，恶化海岸的自然环境和破坏生态，对海产养殖业造成严重损失。

根据现场调查，工程周边海域水产养殖较密集，养殖品种包括牡蛎、海参、鲍鱼等，一旦发生溢油事故，将会对周边海域养殖业产生较大的影响。

(5) 溢油对浅水域及岸线的影响

浅水域通常是海洋生物活动最集中的场所，如贝类、海参、幼崽鱼、海藻等栖息在该区域。该类水域对溢油污染异常敏感，一旦发生溢油往往造成不良社会影响。如果使用溢油分散剂，造成的危害会更大。因此，当溢油污染波及到该类水域时，决策者的首选对策应是如何避免污染，而不是等待污染后再采取清除措施，更不适合使用分散剂。

溢油对岸线沙滩的污染威胁，直接影响到旅游业。靠海滨浴场、沙滩发展的旅游业是有季节性的，在溢油发生的初始阶段首先要考虑这一问题，以便及时地采取措施，把溢油对旅游业的影响控制到最低程度。

本项目使用的船舶所载油量一般较少，进出作业船舶都有严格的管理制度要求，另外船体航速一般较低，发生溢油的可能性较小。但是建设单位对此应引起足够重视，采取相应的预防措施，加强管理，杜绝船舶碰撞事故的发生。

4.4.3.2 风暴潮事故后果分析

项目施工期间，当台风或风暴潮发生时，狂风夹着巨浪引起水位暴涨，影响项目施工，狂风巨浪可能会造成施工船舶受损或搁浅，机械设施受损等事故；巨浪狂风可能损毁正在建设的光伏平台、海基平台、人工鱼礁体等基础设施，巨浪可能造成构筑物坍塌、位移或沉陷、侧翻等，影响附近海域的正常经营活动。

项目运营期间，如遇强增水和巨浪，有可能致使重力锚、礁体出现移动、翻倒、

倾倒、碰撞等，而导致重力锚、礁体失落或损毁，对周围海洋生态环境造成影响。也可能对运营期实验平台工作人员和看护工作造成不利影响。狂风巨浪卷起海床泥沙和其他沉积物，致使水体恶化，造成海底增殖生物流失或大量死亡，造成巨大经济损失。

4.4.3.3 赤潮风险后果分析

海洋是一种生物与环境、生物与生物之间相互依存、相互制约的复杂生态系统。生态系统中的物质循环、能量流动是处于相对稳定、动态平衡的。当赤潮发生时，这种平衡将遭到干扰和破坏。使一些海洋生物不能正常生长、发育和繁殖，导致一些生物逃避甚至死亡，破坏了原有的生态平衡。

赤潮的发生对海洋渔业和水产资源将造成以下破坏：①破坏渔场的饵料基础，造成渔业减产；②赤潮生物异常繁殖，尤其是当赤潮生物死亡分解时，大量消耗氧气，可造成环境严重缺氧，导致鱼、虾、贝窒息死亡。此外，由于海水缺氧而产生的 HS 和 CH₄，对鱼、虾、贝也有致命的毒效；③赤潮生物吸附于鱼类、贝类的鳃上而使其窒息死亡；④很多赤潮生物，尤其是甲藻门的种类，体内或代谢产物中，含有生物毒素，能直接毒死鱼、虾、贝类等。

4.4.3.4 海上造礁作业事故后果分析

人工鱼礁在建造和投放过程中都有可能发生事故：起重设备在起吊、放下和左右转动时礁体会摆动，有时会发生碰撞和下坠事故，使人工鱼礁不能按既定位置投放，造成礁体散落、遗失，丧失生态功效；也可能随水流漂移出施工区域，影响到运输船舶和其他船舶的正常作业；施工区域周边，船舶类型和数量较多，在投放鱼礁过程中可能出现船舶碰撞等安全责任事故等。这些都会对海域资源环境及周边海域开发造成不利影响。

4.4.3.5 水质恶化事故后果分析

项目海域水体若受到污染，会对渔业资源造成损害、甚至引起水产品的大量死亡，从而导致项目海域的生态系统受到破坏。海域内受污染水体可能进入外侧海域，这种连锁事件会使区域生态环境受到影响。在气候、天气及水生生物等综合因素作用下，存在水质恶化而引发海域发生赤潮的风险。赤潮生物异常繁殖，尤其是当赤潮生物死亡分解时，大量消耗氧气，可造成环境严重缺氧，导致鱼、虾、贝窒息死亡。此外，由于海水缺氧而产生的 HS 和 CH₄，对鱼、虾、贝也有致命的毒效。

5 海域开发利用协调分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

工程所在海域开发利用活动主要包括：海洋公园、保护区、养殖区、航道等。本项目对周边海域开发利用活动产生的影响主要为项目施工期礁体投放产生的悬浮泥沙的影响，本项目悬浮泥沙最大扩散范围与海域开发利用现状的叠置图见图 5.1-1。

图 5.1-1 悬浮泥沙最大扩散范围与海域开发利用现状的叠置图

5.1.1 对保护区的影响分析

本项目周边海域的保护区主要为烟台莱山国家级海洋公园，主要保护对象为海水水质和生态，与其最近距离为 2.55km。本项目主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，并利用光伏试验平台海底锚固系统兼顾人工鱼礁功能，进行海洋生态修复。

项目光伏平台及海基平台下部采用重力锚形式固定，根据数值模拟结果，项目建设对周边水动力环境、地形地貌冲淤环境影响较小，施工期悬浮泥沙不会扩散至保护区，并且项目施工期较短，悬浮泥沙随施工结束而消失。运营期受试验活动及看护的影响，会产生少量生活垃圾和生活污水等，在试验船舶、海基平台、陆基管控中心增设垃圾筒、垃圾箱等基础设施，对产生的各种垃圾进行收集统一处理，不向海洋内排放，不会对水质环境产生明显影响；运营期进行海洋生态修复，利用海水中天然饵料，不投饵料及药物，对水质环境没有影响。因此，工程运营期不会对周边海水水质造成明显影响。

因此，项目建设对周边海域水质、生态环境影响较小，不会对保护区产生不利影响。

5.1.2 对港口与航道影响分析

(1) 港口

本项目用海范围距离最近的港口为牟平港和养马岛中心渔港，牟平港位于项目东南侧 7.32km 处，养马岛中心渔港位于项目东南侧 6.8km 处，本项目距离上述两个港口均较远，项目建设海上光伏试验平台，施工期及运营期均依托本项目西北侧 14.5km 处的中集来福士舾装码头，本项目建设不会对周边港口产生不利影响。

(2) 航道

本项目用海范围距离最近的航道为东侧 2.5km 的养马岛航道，项目施工期内产生少量悬浮泥沙，根据预测结果施工产生的悬浮泥沙不会扩散至航道范围内，不会影响航道水深；项目建设对海域水动力和地形地貌影响仅局限于工程周边，不会造成航道淤积；因此，项目建设不会对养马岛航道产生明显影响。根据《山东省航道管理规定》，任何单位和个人不得在港区水域和沿海航道两侧外 500 米以内设置渔网、网簖或从事水产养殖、种植捕捞等作业；项目与航道最近距离为 2.5km，符合《山东省航道管理规定》要求。

距离烟威航道较远，项目建设不会改变航道的水深条件。

5.1.3 对养殖区影响分析

本项目距离最近的养殖区为项目东侧 0.1km 处的烟台高新区四十里湾海洋牧场、项目西侧及西北侧的烟台莱山区逛荡河口海域生态修复示范工程人工鱼礁项目（W，1.60km）、烟台清泉海洋科技有限公司海洋牧场项目（NW，1.60km）。

项目施工期及运营期往来船舶不会经过周边养殖区，不会对其产生干扰影响，施工期主要进行礁体投放、重力锚安装，在礁体投放过程中，会有少量悬浮泥沙产生，根据数值模拟结果，产生的悬浮泥沙会扩散至烟台高新区四十里湾海洋牧场，由于项目施工期较短，悬浮泥沙随施工结束而消失，项目施工应避免周边养殖项目的养殖期，避免对其养殖活动产生影响。

项目在原有重力锚的上部进行人工鱼礁建设，礁体所形成的上升流、加速流、滞缓流、涡流等多样流的环境，可以促进水体交换，不仅能形成理想的营养盐转运环境，还能提供不同的水流条件供鱼类选择，从而达到改善海洋生物栖息环境，增殖渔业资源的效果，项目建设降低了海域的养殖密度，有利于改善海域水质环境，对周边的养殖项目是有利的。

本项目周边规划建设及现有深水网箱养殖、底播养殖等多种海上养殖模式，随着项目发电量的增加和光伏试验的深化，后期可考虑为周边养殖作业船舶和船载设备供电，实现渔光互补的最优效果。

综合以上分析，项目建设不会对周边的养殖区养殖活动产生明显影响，同时项目建设人工鱼礁区能够改善海域生态环境，对海域养殖业发展是有有利的。

5.1.4 对旅游基础设施的影响分析

本项目主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，在项目区进行海洋生态修复，建设内容为投放人工鱼礁共计 4.16 万空方，进行海洋生物底播增殖放

流 2 公顷，周边的旅游基础设施用海为项目南侧 3.4km 处的马山寨国际游艇码头俱乐部填海工程，项目与其距离较远，不会对其产生明显不利影响。

5.2 利益相关者界定

根据 5.1 节分析，项目用海对海洋公园、保护区、养殖区、海洋交通运输业、等均不会产生明显影响，但根据数值模拟结果，项目施工期产生的 10mg/l 悬浮泥沙可能会扩散至东侧的烟台高新区四十里湾海洋牧场，会对养殖品种产生一定影响，将该项目海域使用权人列为利益相关者。本工程利益相关者界定表见表 5.2-1。

表 5.2-1 利益相关者一览表

利益相关者名称	权属人/管理部门	影响内容	是否为利益相关者
烟台高新区四十里湾海洋牧场	烟台集新海洋科技有限公司	干扰影响、悬浮泥沙影响	是

表 5.2-1 利益相关者分布图

5.3 相关利益协调分析

本项目施工期产生的 10mg/L 悬浮泥沙可能会扩散至东侧的烟台高新区四十里湾海洋牧场，会对养殖品种产生一定影响，目前本项目建设单位已与其协商，同意本项目的建设，并签署同意建设的协议（附件 3）。

5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

项目建设有利于海域海洋整体功能的更好发挥和地区经济的发展，对使用海域的海洋资源与环境影响很小，项目用海对国家的海洋权益没有影响。本项目不涉及军事用海，据调查，工程附近海域没有军港和其他军事设施，项目的建设和运营不会对国防安全和军事活动造成不利影响。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析

6.1 项目用海与海洋功能区划符合性分析

6.1.1 与《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》的符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目位于烟台-牟平农渔业区（A1-15）。项目周边海洋功能区主要为农渔业区、港口航运区、旅游休闲娱乐区、海洋保护区、特殊利用区。项目周边海洋功能区与项目的距离见表 6.2-1，本项目邻近海域的功能区划登记表见表 6.2-2。项目所在海域及周边海域的功能区的分布见图 6.2-1。

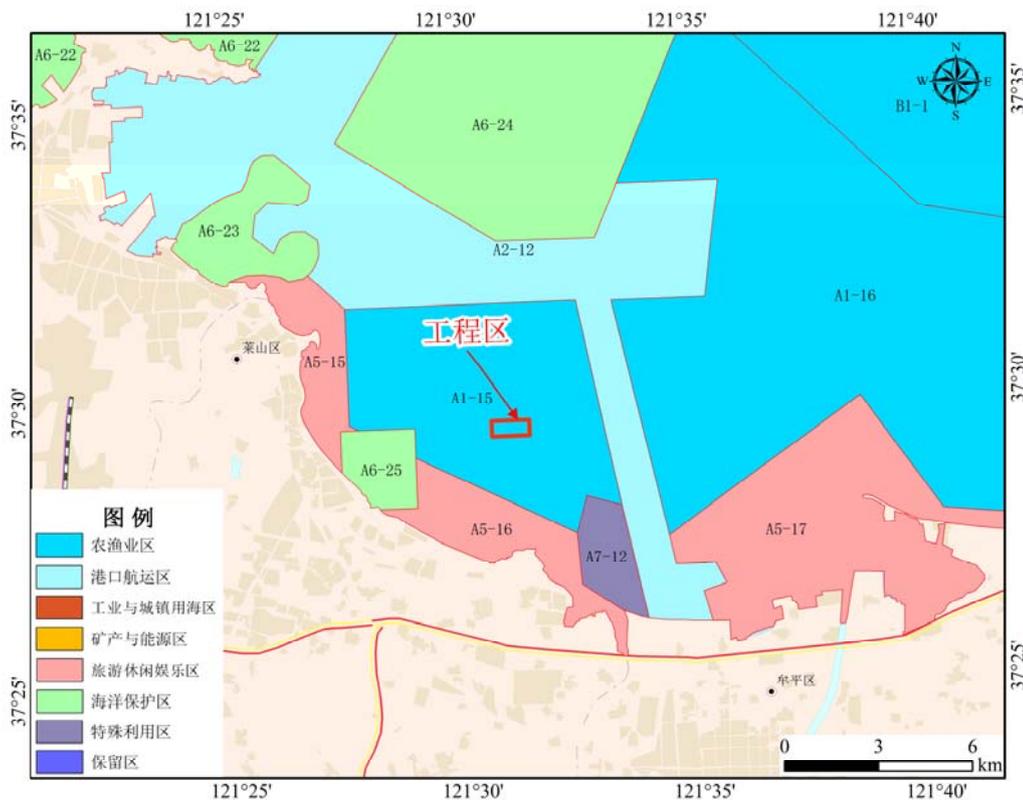


图 6.1-1 项目在《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》中的位置图

表 6.1-1 项目与周边海洋功能区的位置关系

代码	功能区名称	方位	距离 (km)	功能区类型
A1-15	烟台-牟平农渔业区			
A1-16	牟平-威海农渔业区			
A2-12	烟台港口航运区			
A5-15	莱山滨海旅游休闲娱乐区			
A5-16	莱山东滨海旅游休闲娱乐区			
A5-17	养马岛旅游休闲娱乐区			
A6-23	烟台山生态海洋保护区			
A6-24	烟台崆峒列岛海洋保护区			
A6-25	烟台逛荡河口海洋保护区			
A7-12	辛安河口特殊利用区			

(1) 与所在海洋功能区符合性分析

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》，烟台-牟平农渔业区（A1-15）的用途管制为“本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源养护，控制捕捞强度”；用海方式要求为“严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海”；生态保护重点目标为“传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等”；环境保护要求为“加强海域污染防治和监测。渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准”。

①用途管制符合性分析

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，水上采用海上浮式光伏平台进行发电，水下进行海洋生态修复，探索水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发利用模式，建成后可推动海上光伏与海洋牧场融合发展，符合所在功能区“基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能”的用途管制要求；本项目位于四十里湾海域，不在船舶习惯航路上，不占用锚地、航道及两侧缓冲区，符合所在功能区“在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖”的用途管制要求；本项目在开展光伏试验的同时，海底开展海洋生态修复，仅进行投苗与日常管理，监测海上光伏安装后周围水质、海洋生物变化状态，不进行捕捞作业，符合所在功能区“加强渔业资源养护，控制捕捞强度”的用途管制要求。

另外，根据《山东省海洋功能区划 2011-2020 年（文本）》，“允许非基本功能类型用海项目与洋区的兼容发展…涉及公共利益、国防安全、交通运输安全、海洋能源（包括再生能源）、**海洋新兴产业**及生态安全的用海应在不影响海域基本功能与环境保护要求的条件下优先保障”。本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，用于海上浮式光伏的试验和检验，积极推进海上光伏与海洋牧场建设，是当前国家重点鼓励和扶持的海洋新能源和高效节能减排、环保领域，项目建设不影响所在功能区海域基本功能与环境保护要求，属于优先保障的海洋新兴产业。

②用海方式符合性分析

本项目主要建设海基平台、光伏平台和人工鱼礁，用海方式均为透水构筑物，自然增殖海域用海方式为开放式养殖，不会明显改变海域自然属性，符合所在功能区“严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海”的用海方式要求。

③生态保护重点目标影响分析

本项目采用水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发模式建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展海上光伏试验的同时，进行海洋生态修复，有利于修复海域生态环境、养护海洋渔业资源，项目施工及运营期间的投苗等作业，均避开传统渔业资源的产卵期和洄游季节。项目建设透水式海基平台、漂浮式光伏试验平台及人工鱼礁，透水构筑物的用海方式不会影响传统渔业资源的索饵行为，且项目区人工鱼礁可为海洋生物提供栖息及觅食场所，对渔业资源是有利的。因此，项目建设不会对所在功能区生态保护重点目标“传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等”产生不利影响，符合生态保护重点目标的要求。

④环境保护要求符合性分析

项目施工期产生的废水和固废均不向海域排放，运营期定期对太阳能板进行冲洗，冲洗水中污染物质主要为环境空气自然灰尘等悬浮物，海基平台工作人员和试验运维船产生的污水和固废均妥善处理，不向海域内排放，不会对海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生明显影响，同时，太阳能是清洁的、可再生的能源，开发太阳能符合国家环保、节能政策，海上光伏的开发建设可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护生态环境，项目用海符合所在功能区环境保护要求。

(2) 对周边海洋功能区的影响分析

项目周边海洋功能区主要为牟平-威海农渔业区（A1-16）、烟台港口航运区（A2-12）、莱山滨海旅游休闲娱乐区（A5-15）、莱山东滨海旅游休闲娱乐区（A5-16）、养马岛旅游休闲娱乐区（A5-17）、烟台山生态海洋保护区（A6-23）、烟台崆峒列岛海洋保护区（A6-24）、烟台逛荡河口海洋保护区（A6-25）、辛安河口特殊利用区（A7-12），各功能区的用途管制、用海方式、生态重点保护目标与环境保护要求见表 6.2-2。

本项目距离以上功能区 1.5km 以上，项目建设不占用周边功能区，不会对其用途管制造成明显影响；项目建设不会改变周边功能区的自然属性，不会对其用海方式产生不利影响；项目施工期间产生的悬浮泥沙未扩散至周边功能区内，项目施工及运营期间，不向海域内排放污水和固废，对周边功能区的水质环境和生态环境无影响，因此，项目建设不会对周边功能区的生态保护重点目标及环境保护产生明显影响。

综上所述，项目建设符合所在功能区烟台-牟平农渔业区（A1-15）相关要求，不会对周边海洋功能区的产生明显影响，同时项目属于优先保障的海洋新兴产业类项目，项目用海符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。

表 6.1-2 项目周边海域海洋功能区划登记表（《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》）

6.1.2 与《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》的符合性分析

根据《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》，本项目位于四十里湾养殖区（A1-15-1）。该功能区的用途管制要求为：“本区域基本功能为养殖功能，兼容增殖、文体休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。允许人工鱼礁建设。加强渔业资源养护，控制捕捞强度”；用海方式为：“严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海”；生态保护重点目标：“传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等”；环境保护要求：“加强海域污染防治和监测。渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准”。

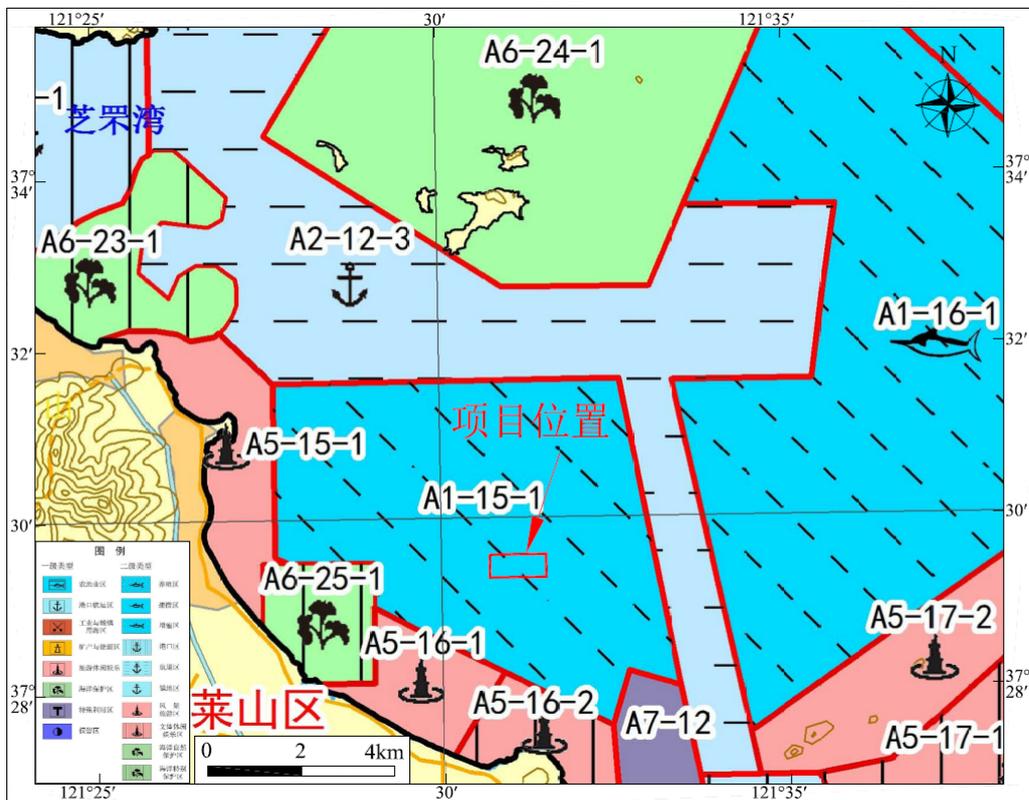


图 6.1-2 项目在《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》中的位置图

(1) 用途管制要求符合性分析

本项目在四十里湾海域建设海上浮式光伏试验检验中心，水上采用海上浮式光伏平台进行发电，水下进行海洋生态修复，探索水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发利用模式，建成后可推动海上光伏与海洋牧场融合发展，符合所在功能区“基本功能为养殖功能，兼容增殖、文体休闲娱乐等功能。允许人工鱼礁建设”的用途管制要求；本项目不在船舶习惯航路上，不占用锚地、航道及两侧缓冲区，符合

所在功能区“在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖”的用途管制要求；本项目在开展光伏试验的同时，海底开展海洋生态修复，仅进行投苗与日常管理，监测海上光伏安装后周围水质、海洋生物变化状态，不进行捕捞作业，符合所在功能区“加强渔业资源养护，控制捕捞强度”的用途管制要求。

（2）用海方式符合性分析

本项目主要建设海基平台、光伏平台和人工鱼礁，用海方式均为透水构筑物，自然增殖海域用海方式为开放式养殖，项目用海方式对海域自然属性影响较小，符合所在功能区“严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海”的用海方式要求。

（3）生态保护重点目标符合性分析

本项目采用水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发模式建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展海上光伏试验的同时，进行海洋生态修复，有利于修复海域生态环境、养护海洋渔业资源，项目施工及运营期间的投苗等作业，均避开传统渔业资源的产卵期和洄游季节。项目建设透水式海基平台、漂浮式光伏试验平台及人工鱼礁，透水构筑物的用海方式不会影响传统渔业资源的索饵行为，且项目区人工鱼礁可为海洋生物提供栖息及觅食场所，对渔业资源是有利的。因此，项目建设不会对所在功能区生态保护重点目标“传统渔业资源的产卵场、索饵场、洄游通道等”产生不利影响，符合生态保护重点目标的要求。

（4）环境保护要求符合性分析

本项目施工期产生的生活污水、生活垃圾、船舶含油污水等均妥善处理，不外排，运营期定期对太阳能板进行冲洗，冲洗水中污染物质主要为环境空气自然灰尘等悬浮物，海基平台工作人员和试验运维船产生的污水和固废均妥善处理，不排海，不会对功能区内海水水质、海底沉积物、海洋生态环境产生影响，同时，太阳能是清洁的、可再生的能源，开发太阳能符合国家环保、节能政策，海上光伏的开发建设可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护生态环境，符合所在功能区环境保护要求。

综上所述，项目建设符合《烟台市海洋功能区划（2013-2020年）》。

表 6.1-3 项目所在海洋功能区划登记表（《烟台市海洋功能区划（2013-2020年）》）

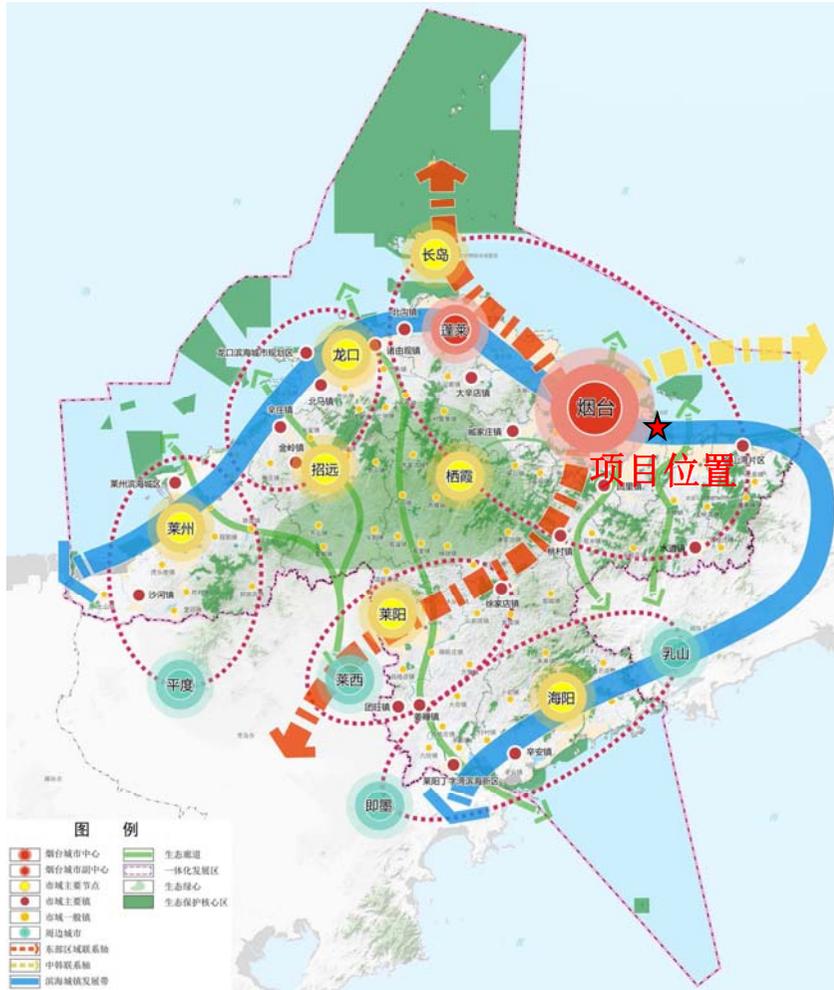
6.1.3 与《烟台市国土空间总体规划（2019-2035年）》的符合性分析

根据 2021 年 9 月烟台市自然资源和规划局发布的《烟台市国土空间总体规划（2019-2035 年）（征求意见稿）》（公众版），烟台市规划构建“一主一副、双向互济；一带两轴，海陆统筹；一片多极、生态保育”的市域国土空间总体结构，构建“两带、四区、多点”的市域农业空间结构。项目位于市域国土空间总体规划中的滨海城镇发展带(图 6.1-3a)和市域农业空间规划的海水增养殖区(图 6.1-3b)。

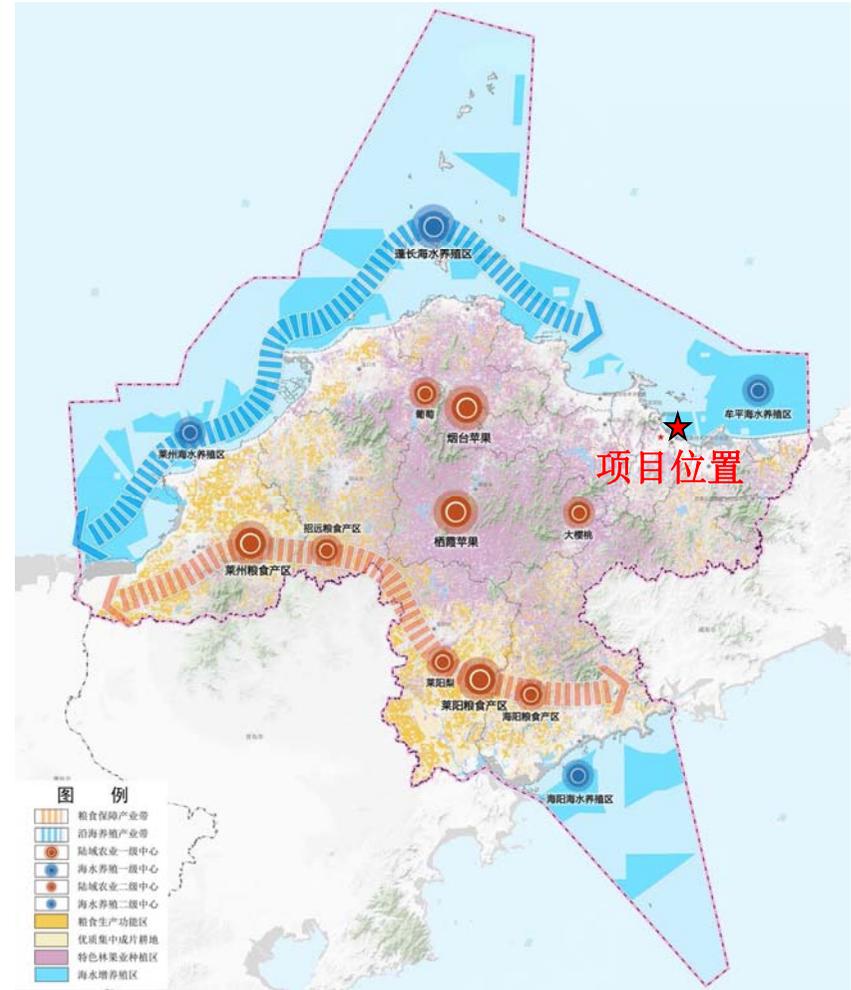
烟台市国土空间总体规划（2019-2035 年）（征求意见稿）》（公众版）中城市性质定位为“一带一路战略支点、环渤海湾区新高地、国家海洋经济大市与制造业强市、国家历史文化名城、**国家清洁能源示范城市**、宜业宜居宜游的品质之城”；规划中提出：“全面推进低碳发展。转变产业发展模式和能源利用结构，促进碳排放减量”。

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，项目建设有利于推动海上漂浮式光伏新技术的开发，为烟台市建设国家清洁能源示范城市提供试验数据和技术支撑，助力“碳达峰”、“碳中和”目标的实现，推动滨海城镇发展带的建设。项目在开展光伏试验的同时，海底开展海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体生态开发利用模式，有助于烟台市海水增养殖区的发展。

因此，项目建设符合《烟台市国土空间总体规划（2019-2035 年）（征求意见稿）》（公众版）。



市域国土空间总体格局规划图



市域农业空间规划图

图 6.1-3 项目在《烟台市国土空间总体规划（2019-2035 年）（征求意见稿）》中的位置图

6.2 项目用海与相关规划符合性分析

6.2.1 与《山东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

根据《山东省海洋主体功能区规划》，本项目所在烟台市莱山区海域为优化开发区域。项目所在海域发展定位如下：优化升级烟台市区海岸景观，美化滨海生态人居环境。优化烟台芝罘湾港区的功能，重点规划建设烟台港西港区，完善港口综合服务和集疏运体系，逐步建成东北亚国际航运物流枢纽。提升海工重大技术装备自主创新水平，形成海工装备产业聚集区。优化开发海域和海岛旅游，发掘烟台开埠文化等海洋文化品牌，培育发展海洋文化游。加快海上运动设施建设，打造综合性海洋体育中心和海上运动产业基地。实施以增殖放流、人工鱼礁和藻场建设为重点的海洋牧场建设工程，打造国际性海洋水产品集散地。海域内岛屿重点发展现代渔业、海岛旅游等。保护海洋文化历史风貌，做好崆峒列岛、烟台山、芝罘岛群等保护区、海洋公园及滨海沙滩浴场的保护与管理，维护烟台市区近岸海域的海洋生态环境。

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展光伏试验的同时，海底开展海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发利用模式，可推动海上光伏与海洋牧场融合发展，有利于所在海域海洋牧场建设。因此，项目建设符合《山东省海洋主体功能区规划》。

6.2.2 与“三区三线”的符合性分析

根据《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》，目前“三区三线”划定成果已经获得批复。项目位于山东省烟台市高新区四十里湾海域，不占用“三区三线”中的生态保护红线区（图 6.2-1）。

本项目建设采用透水构筑物和开放式养殖形式，对周边海域水动力环境和冲淤环境的影响程度和范围均较小，施工期间产生的 10mg/L 浓度悬浮泥沙最大扩散距离 0.40km，未扩散至周边生态保护红线区，施工及运营期间污染物均妥善处置，不向海域内排放，不会对周边生态保护红线区产生明显影响。

图 6.2-1 项目与高新区生态保护红线叠置图

6.2.3 与《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》符合性分析

根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》，项目位于烟台-牟平

盐业养殖区（SD115B II），执行海水水质标准中 II 类标准，项目在《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》中的位置见图 6.2-2。

项目施工期产生的废水和垃圾均不向海域排放，施工悬浮泥沙的影响将随着施工结束而消失，运营期定期对太阳能板进行冲洗，冲洗水中污染物质主要为环境空气中自然飘落的灰尘等产生的悬浮物，海基平台工作人员和试验运维船产生的污水和固废均妥善处置，不向海域内排放，不会对海水水质产生明显影响，同时，太阳能是清洁的、可再生的能源，开发太阳能符合国家环保、节能政策，海上光伏的开发建设可有效减少常规能源尤其是煤炭资源的消耗，保护环境，因此，项目建设不会明显增加所在海域海水水质负担，符合《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》。

图 6.2-2 项目在《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》中的位置图

6.2.4 与《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》的符合性分析

《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》（修订版）中指出：“推进绿色能源发展。加快构建清洁低碳的现代能源体系…探索推进“海上风电+海洋牧场”综合利用新模式，支持海洋清洁能源与深远海养殖、海洋观测等融合发展。积极有序发展沿海核电”。

本项目位于烟台市四十里湾海域，所在海域太阳能资源丰富，项目利用太阳能资源建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展海上光伏试验的同时，进行海洋生态修复，同时建立在线监控监测系统，将海洋清洁能源与深远海养殖、海洋观测等融合发展，为海洋新能源的开发提供科研数据和技术支撑，有利于推动绿色能源的发展。因此，项目建设符合《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》（修订版）。

6.2.5 与《山东省“十四五”海洋经济发展规划》的符合性分析

《山东省“十四五”海洋经济发展规划》中指出：“发展壮大海洋新兴产业-海洋新能源。加强海洋能资源高效利用技术装备研发和工程示范，支持海上风电、潮汐能等海洋能规模化、商业化发展，打造海洋新能源示范引领高地…探索推进“海上风电+海洋牧场”、海上风电与海洋能综合利用等新技术、新模式，积极推广“渔光互补”模式，支持海洋清洁能源与海水淡化、深远海养殖、海洋观测等融合发展。探索开展多种能源集成的海上“能源岛”建设”。

本项目主要建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展海上光伏试验的同时，进行海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”模式，并以此为试点，积

极向全省推广。项目同时建立在线监控监测系统和海水淡化设施，将海洋清洁能源与海水淡化、深远海养殖、海洋观测等融合发展。因此，项目建设符合《山东省“十四五”海洋经济发展规划》。

6.2.6 与《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》在“强化基础设施战略支撑”中指出：“构建新型能源供应保障体系。以推动能源资源配置更加合理、利用率大幅提高、数字化加快发展为目标，推进能源供给侧结构性改革，培育能源生产消费新业态新模式。把清洁绿色能源作为主攻方向，大力发展可再生能源、核电，加快天然气产供储销基地建设，开展海阳核能综合利用示范，增强能源自主保障能力。加快发展非化石能源，大力提升风电、光伏发电规模。到 2025 年，清洁能源装机容量突破 1200 万千瓦，发电量突破 350 亿千瓦时，天然气供应量突破 200 亿立方”。

本项目在烟台市四十里湾海域建设海上浮式光伏试验检验中心，利用太阳能资源进行漂浮式光伏的试验检验，建立在线监控监测系统，为海洋新能源的开发提供科研数据和技术支撑，有利于提高清洁能源发电比例，推动烟台市能源资源配置，加快烟台市清洁绿色能源的发展。因此，项目建设符合《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

6.2.7 与《烟台市海洋生态环境保护条例》的符合性分析

《烟台市海洋生态环境保护条例》第六条“鼓励、支持海洋生态环境保护、海洋资源综合利用的科学研究和先进适用技术的推广应用，开展海洋生态环境保护的对外合作与交流，促进海洋生态环境保护产业的发展。鼓励、支持单位和个人开展海洋生态环境保护公益活动”；第十六条“在海岸线向海一侧规划建设海上构筑物，应当严格控制并进行科学论证评估，不得影响海洋空间资源管控或者破坏景观和风貌”。

本项目在烟台市四十里湾海域建设海上浮式光伏试验检验中心，位于海岸线向海一侧，属于公益性项目，项目进行太阳能资源综合利用的科学研究，并利用下部空间进行海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体生态开发利用模式，并以此为试点，积极向全省推广。项目用海经过科学论证评估，不影响对海洋空间资源管控，不破坏海洋景观和风貌，项目建设符合《烟台市海洋生态环境保

护条例》。

6.3 与相关产业规划符合性分析

6.3.1 与《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》的符合性分析

2021年2月22日，国务院印发了《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》（国发〔2021〕4号），指出“推动能源体系绿色低碳转型……提升可再生能源利用比例，大力推动风电、光伏发电发展，因地制宜发展水能、地热能、海洋能、氢能、生物质能、光热发电”。

本项目开展海上浮式光伏试验检验，有利于推动海上漂浮式光伏新技术的发展，符合《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》。

6.3.2 与《高新区养殖水域滩涂规划（2020-2030年）》的符合性分析

根据《高新区养殖水域滩涂规划（2020-2030年）》，本项目位于四十里湾养殖区（代码：3-1-1-1）。该区管理要求：按照《渔业法》、《水产养殖质量安全管理规定》、农渔发〔2016〕39号、《烟台市海洋功能区划（2013-2020年）》、《烟台市区海域使用规划（2013-2020年）》等进行管理。加强海洋环境质量监测，保证海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准，发展生态化、规模化、现代化海水养殖。

根据2022年9月现状调查结果，项目邻近海域现状海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均能够满足所在功能区的标准要求。本项目项目施工期产生的废水和固废均不向海域排放，运营期定期对太阳能板进行冲洗，冲洗水中污染物质主要为环境空气自然灰尘等悬浮物，海基平台工作人员和试验运维船产生的污水和固废均妥善处置，不向海域内排放，不会对海水水质、海底沉积物和海洋生物质量产生明显影响，不会使环境指标进一步恶化。另外，本项目利用海上光伏下层水域开展海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体生态模式，满足“发展生态化、规模化、现代化海水养殖”要求。

图 6.3-1 项目在《高新区养殖水域滩涂规划（2020-2030年）》中的位置图

6.3.3 与《山东省“十四五”海洋牧场建设规划（2021-2025年）》的符合性分析

根据《山东省海洋牧场建设规划（2021-2025年）》，到2025年，在黄河口近海、芙蓉岛、庙岛湾、砣矶岛、南北隍城岛、大小钦岛、芝罘岛、四十里湾、套子

湾、初村北部海域、山东湾、阴山湾一泊于、西霞口、爱伦湾、苏山岛、五垒岛湾、乳山外海、崂山湾、大公岛、朝连岛、灵山岛、竹岔岛、田横岛、斋堂岛、海州湾、刘家湾等海域建设投礁型海洋牧场 3000 公顷，新增人工鱼礁 70 万空方，礁区生境达到吸引和涵养海洋生物的稳定状态，积累总结牡蛎礁建设技术和经验。

本项目位于四十里湾海域，属于海洋牧场建设规划中的半岛东北部海域海珍品底播区海域，采用“渔光互补”方式进行底播增殖及海上光伏试验，投礁 4.16 万空方，因此，项目符合《山东省“十四五”海洋牧场建设规划（2021-2025 年）》。

图 6.3-2 项目在《山东省“十四五”海洋牧场建设规划（2021-2025 年）》中的位置图

6.3.4 与能源发展规划的符合性分析

《山东省能源中长期发展规划》指出：坚持集中式、分布式相结合...结合高效农业区、产业园区建设，积极推进分布式光伏发电，建设一批分布式光伏发电规模化应用示范区和风光、农光、渔光等综合利用示范区。到 2020 年，全省光伏发电装机 1000 万千瓦，其中光伏电站 800 万千瓦，分布式光伏发电 200 万千瓦；到 2030 年，全省光伏发电装机 2500 万千瓦，其中光伏电站 1700 万千瓦，分布式光伏发电 800 万千瓦。

《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》指出：根据太阳能资源禀赋、场地条件、电网接入和消纳条件，坚持集中式、分布式并举，科学推进光伏电站建设，大力发展分布式光伏发电。力争到 2020 年，全省光伏发电装机容量达到 1000 万千瓦；到 2030 年，全省光伏发电装机容量达到 2500 万千瓦。充分利用塌陷地、荒地、盐碱地等资源...结合高效农业区建设以及设施农业、渔业、养殖业等，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。到 2020 年、2030 年，光伏电站装机容量分别达到 800 万千瓦、1700 万千瓦。

本项目在烟台市四十里湾海域建设海上浮式光伏试验检验中心，水上采用海上浮式光伏平台进行发电，水下进行海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体开发利用模式，符合山东省大力发展渔光互补“光伏+”项目建设的产业发展规划，有利于推动海上光伏基地的建设。项目建设符合《山东省能源中长期发展规划》和《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》。

6.4 产业政策符合性

本项目主要建设海上浮式光伏试验检验中心，在开展海上光伏试验的同时，进

行人工鱼礁与开放式底播增殖。根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》的规定，海上光伏试验属于第一类“鼓励类”中第五项“新能源”中1条“太阳能光伏发电系统集成技术开发应用”；人工鱼礁属于第一类“鼓励类”中第一项“农林业”中12条“远洋渔业、人工鱼礁、渔政渔港工程”。项目为鼓励类项目，符合国家产业政策。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 社会经济条件适宜性

(1) 区位条件适宜性

烟台高新技术产业开发区是国务院批准的国家高新技术产业开发区，是首批中国亚太经济合作组织科技工业园区和全国第一家中俄高新技术产业化合作示范基地。烟台高新区抢抓建设山东半岛蓝色经济区、烟台东部海洋经济新区等重大历史机遇，瞄准创建国内一流国际化蓝色经济创新型特色园区，深入实施产业立区、科技兴区、人才强区三大战略，倾力打造战略性新兴产业高地、自主创新高地和创新创业人才高地，迅速崛起成为发展蓝色经济的专业化、特色化示范园区，成为烟台东部新区建设的核心增长极和发展主战场。

随着近年来经济的迅猛发展，烟台高新区用电负荷增长较快，本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，是促进我国光伏产业健康发展的需要，是实现新能源产业和现代渔业发展双赢的重要举措，有助于推动烟台高新区“倾力打造战略性新兴产业高地、自主创新高地和创新创业人才高地”等战略目标的实现，项目选址此处区位优势条件优越。

(2) 社会条件适宜性

1) 交通

烟台高新区毗邻烟台市行政中心，地理位置优越，交通便捷，距火车站和港口 15 公里，距烟台空港 6 公里，烟台—青岛、烟台—威海及烟台绕城高速公路贯穿该区，可直接与全国各大城市及世界 100 多个国家实现航空、海上和陆路通商。

2) 施工条件

本项目交通便利，项目所需的混凝土构件可在周边预制厂加工或购买，施工期间的供水、供电可就近接引。项目区水文、气象条件良好，有利于项目施工。

项目周边地区拥有多家具有相应工程资质、经验丰富并且配备大型专用施工设备的施工企业，完全具备承建本项目的的能力。这为本项目的施工创造了良好的条件。

综上所述，项目所在区域的区位优势条件优越、社会条件良好，具有优越的施工条件及供水、供电等基础设施，基础设施条件能够满足项目建设的需要，项目选址此处合理。

7.1.2 选址区域的自然环境条件

(1) 太阳能能源

我国是世界上太阳能最富的地区之一，山东省的太阳能资源的水平面年总辐射量在 1400~1550kWh/m² 之间，属于太阳能资源 II 类区“很丰富带”。从地域分布来看，胶东半岛北部、鲁东南、鲁北为太阳能资源较丰富区，年可利用量达到或超过 1400kWh/m²，蓬莱地区最大为 1537kWh/m²；鲁中、鲁西、鲁西南为太阳能资源较贫乏区，年可利用量不足 1400kWh/m²，尤以鲁西南最低，其中成武地区最低仅为 1267kWh/m²。

烟台地区具有丰富的太阳能资源。从年日照时数的分布来看，半岛的中东部和鲁北大部分地区在 2600~2800h 蓬莱以 2807h 居全省之首，烟台市多年平均太阳总辐射量在 1400kWh/m² 以上，属于“资源很丰富”地区。

表 7.1-1 山东省各市多年分季平均日照时数统计表

目前，山东省正在开展太阳总辐射观测的台站仅有 3 个，分别是济南、烟台福山、莒县辐射观测站，其中，济南和烟台观测站为国家二级站，莒县为三级站。烟台观测站历年太阳总辐射最低值在 1966 年为 3859MJ/m²，最高值出现在 1968 年为 5777MJ/m²，1990 年代以前，烟台太阳总辐射变化平稳，1990 年代以后，烟台大部分年份太阳总辐射值均在 5000MJ/m² 以上。根据烟台站多年各月平均日辐射量的统计情况，RW=0.39，项目地太阳能资源稳定程度为“稳定”。综合考虑全年太阳能辐射、全年辐射分布两个因素，从烟台地区太阳能资源利用角度来说，本项目选址是可行的。

(2) 水文气象条件

本项目位于四十里湾海域，该区南向大陆，属北温带季风型海洋性气候，受海洋影响，夏季凉爽冬季偏冷；该海域属于正规半日潮型，潮流运动形式以旋转流为主；根据对芝罘岛海洋站多年波要素的统计，芝罘岛外海常浪向为 NW、N 向，频率为 7.6%和 7.4%，次强常浪为 NNE、NNW，本区外海强浪向为 N、NW，次强浪向为 NE；场地所处地貌类型为滨海沉积地貌，海底地势相对较平坦。四十里湾西有鱼台嘴、东有土城子山两个突出岬角，岸线常年保持稳定。

根据 2019 年 8 月海流调查结果，项目周边海域最大涨潮流速为 38.4cm/s，最大落潮流速为 45.5cm/s，符合《水上光伏发电系统设计规范》（T/CPIA 0017-2019）中“水上漂浮光伏发电系统设计的站址宜选取水流速度小于 1m/s 的水域”的要求，周

边海域的水文气象条件适宜项目的建设和后期运营。

（3）地质条件

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）和《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），莱山区抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度值为0.10g，设计地震分组为第二组；牟平区抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度值为0.10g，设计地震分组为第一组。场地内及周边不存在滑坡、危岩、泥石流等不良地质作用，场地稳定性较好。拟建场地内不存在埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物。本项目光伏选址地质条件适宜。项目选址区地质条件符合《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）的“4.0.6 选择站址时，应避免危岩、泥石流、岩溶发育、滑坡的地段和发震断裂地带等地质灾害易发区”“4.0.8 光伏电站宜建在地震烈度为9度及以下地区”要求。项目选址区地质条件适宜。

（4）水深、航道及海洋灾害条件

项目选址于四十里湾海域，项目区海域水深基本位于9m~11m之间；项目区分布多条航道，北侧为烟威航道，东侧为养马岛航道，周边临近习惯性航道，为保证船舶航行路线安全，本项目场址范围考虑与习惯性航道之间的最小安全距离为1.5km，与烟威航道和养马岛航道分别相距4.1km和2.5km；项目区与北侧禁渔禁锚区之间的最小安全距离为3.4km。依据有关资料统计，烟台沿海地区40年内发生轻度以上风暴潮灾害64次，除11次为台风风暴潮灾害外，其余绝大多数为发生在渤海沿岸的温带系统风暴潮灾害。

项目选址于四十里湾海域，水深条件适宜，与航道及禁锚区保持安全距离，台风不频繁，可实现海上浮式光伏科研成果从理论图纸到海上实测验证，完成最后“一公里”科研成果转化，符合《水上光伏发电系统设计规范》（T/CPIA 0017-2019）中“不宜选址在远海域、航道上以及台风频繁地区、易干旱露底水域”的要求。

（5）生态环境适宜性

项目区海域生态环境状况良好，基础生产力与生物群落结构正常，海域生态系统尚处于良好的循环状态。根据区域环境调查结果，项目用海区无珍稀濒危海洋生物；另外本项目光伏试验平台采用重力锚上覆人工鱼礁锚固，兼顾人工渔礁功能用于海洋生物增殖和聚鱼功效，实现水上发电、水下增殖的“渔光互补”模式，项目建设对海洋生态环境的不利影响较小。

7.1.3 与周边海洋开发活动的适宜性

项目选址于烟台四十里湾海域，距离项目较近的用海活动主要为航道、养殖等。项目选址对周边养殖的影响较小，与航道及禁锚区保持安全距离，功能上不冲突，保证了建设项目的用海和环境安全，项目选址与周边用海活动相适宜。

7.1.4 用海选址方案比选

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，实现海上浮式光伏科研成果从理论图纸到海上实测验证，完成最后“一公里”科研成果转化，推动光伏向深海海域发展，本项目选址于水深 10m 附近，水深条件良好；考虑周边烟威航道、养马岛航道、习惯性航道及禁渔禁锚区的分布，本项目选址于四十里湾中部海域，与周边航道均保持 1.5km 以上的安全距离，与禁渔禁锚区的最小安全距离为 3.4km，综合分析，项目选址合理，无选址比选方案。

图 7.1-1 项目选址示意图

7.1.5 小结

项目选址于四十里湾海域，选址具有良好的社会经济条件和自然环境条件，与周边用海活动相适宜，周边海域太阳能资源丰富，水深条件适宜，与航道及禁渔禁锚区保持安全距离，台风不频繁，符合《水上光伏发电系统设计规范》中相关选址要求，综上所述，项目选址合理。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 用海方式合理性分析

7.2.1.1 用海方式合理性分析

本项目用海类型为特殊用海（一级类）中的科研教学用海（二级类），其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），自然增殖的用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）。

（1）海基平台、光伏平台和人工鱼礁用海方式合理性分析

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，海基平台为有人值守坐底式平台，采用坐底式四边形钢结构形式，由立柱、上下环、沉垫、斜支撑等组成，主结构用钢板、T 型材组成；光伏平台采用钢结构框架+浮体及配种材料分组加工制作；海上光伏试验平台锚固采用重力锚，锚点上堆放块构件礁形成人工鱼礁；海基平台、光伏平台和人工鱼礁三部分均采用透水构筑物的结构，能够减小对水动力环境的影响和对海底环境的覆盖，减少对海洋环境的影响，用海方式为透水构筑物，用海方式合

理。

(2) 自然增殖用海方式合理性分析

在海基平台、光伏平台和人工鱼礁周边区域设置自然增殖区，仅进行苗种投放，开展自然增殖，不进行投饵喂养、捕捞收获等活动，不改变海域的自然属性，对周边海洋环境无影响，用海方式为开放式养殖，用海方式合理。

7.2.1.2 用海方式与区域环境适宜性分析

(1) 用海方式符合区域自然条件

项目所在海区场地稳定性较好，海基平台为坐底式平台，光伏平台为浮式平台，平台锚固采用重力锚，锚点上堆放块构件礁形成人工鱼礁，可避免不良地质作用带来的不良影响，且本身不需要较大承载力，适宜工程建设。

(2) 工程用海方式与周边用海活动相适应

海基平台、光伏平台和人工鱼礁三部分均采用透水构筑物的结构，施工强度较小，产生的环境影响很小，项目与周边的航道及禁渔禁锚区保持安全距离，对周边用海活动影响较小。

(3) 工程用海方式对区域海洋环境的影响

海基平台、光伏平台和人工鱼礁三部分均采用透水构筑物的结构，其用海方式对区域水动力环境、冲淤环境及生态环境影响较小；自然增殖区不会改变该海域的自然属性，随着示范项目投产，生态系统将逐渐恢复稳定，生态资源量将逐渐恢复，实现渔光互补，本项目用海方式对区域海洋环境影响较小。

综上所述，项目用海方式与该区自然条件、海洋环境以及用海活动等方面相适应，本项目用海方式合理。

7.2.2 用海平面布置合理性分析

7.2.2.1 整体布局合理性分析

本项目光伏区选址于四十里湾海域，其中西侧布置一期海上光伏试验区，东西长度为 200m，南北长度为 495m，配置 1 座 400KW 海上光伏试验平台和 1 座海基平台；东侧布置二期海上光伏利用试验区，东西长度为 1000m，南北长度为 495m，共布置 18 个 400KW 发电子方阵，总装机容量 7.2MW。

项目整体呈矩形布置，一二期分区布置，布置整齐，整体布局合理。

7.2.2.2 各功能区平面布置合理性分析

(1) 海基平台平面布置的合理性

在光伏试验平台南侧建设 80m×70m 海基平台，平台采用中集来福士建造的 SSCV-H206 半潜起重生活平台，对其改造为坐底式海上光伏试验海基平台后进行利用，集试验监测、休憩、试验平台维护于一体，满足海上一站式试验活动，其主要功能包括试验人员住宿、柴油发电机组、储能系统、微电网系统、监测监控系统及试验仪器的布放、试验在线监测、海水淡化及存储、海水制氢试验、氢能利用试验等。

改造后的海基平台保留东侧的过桥和机舱，并将现有生活区改造为试验、管理、办公用房，最大限度的利用现有平台设施。对中部载货区进行改造，变电站和离网管理系统、发电机、储能设备用房布置于北侧，便于北侧和东侧光伏平台通过浮式电缆的集中汇入；光伏配件存储仓库，光伏组件维保堆场，维修甲板区集中布置在西侧和南侧，并靠近起重设备，可减少运输距离，利于光伏配件的存储、维修；利用剩余区域布置海水制氢试验、利用设备和海水淡化试验设备，用于海水制氢和海水淡化试验的开展。同时拆除西侧的 1100t 吊，改造为规划试验设备存储区，可用于后期项目发展需求。海基平台平面布置可满足项目功能需求，平面布置合理。

（2）光伏平台平面布置的合理性

参考《光伏电站设计规范》（GB 50797-2012），光伏方阵应根据站区地形、设备特点和施工条件等因素合理布置。大、中型地面光伏电站的光伏方阵宜采用单元模块化的布置方式。

本项目光伏装机容量 7.6MW，其中一期布置 400KW 海上浮式光伏实验平台 1 组，光伏实验平台尺寸 52.25m×52.25m，由 4 个浮体光伏单元组成，单个浮体尺寸 25m×25m，呈 2×2 阵列，采用大功率单晶硅组件，浮体之间用钢缆连接，平台下部采用 8 个重力锚沉于水底，锚链长度介于 48m~60m 之间；二期共布置 18 个 400KW 光伏实验平台，呈 3 行 6 列规则布置，考虑重力锚的分布，光伏平台东西向间隔 100m，南北向间隔 109m，分别经浮式电缆汇总外输至海基平台，分区布置既方便光伏电缆的敷设，又便于光伏场区的分区管理。

（3）人工鱼礁平面布置的合理性

二期海上光伏试验平台锚固采用重力锚，利用光伏区 3 行光伏平台间南北临近锚点上堆放块构件礁形成 14 组人工鱼礁，单个重力锚以锚点为中心抛设多孔隙混凝土方形构件礁礁斑，其中左右两侧共 4 组人工鱼礁尺寸为 30m×40m，其余 10 组人工鱼礁尺寸为 40m×40m。

本项目鱼礁横向间距约 110m，纵向间距约为 120m，鱼礁的布设符合《山东省人工鱼礁建设技术规程》（试行）中“单位鱼礁按间隔 100~200m 排列在一起成为鱼礁群”的规定。鱼礁群的布设方向与海流方向交叉，能够便于充分利用水流，形成较大的过水断面，促进礁群内营养物质交换作用，并且能够阻碍潮流运动而产生特殊的涡流流场，而滞留更多的鱼类。本项目通过重力锚礁体对海流的阻挡，形成局域上升流，提高鱼礁区的聚鱼效果，有利于实现修复渔业资源和保护环境的目标，能够获得良好的经济效益

（4）自然增殖区平面布置的合理性

本项目鱼礁以横向 110m、纵向间距为 120m 进行排列，横向、纵向间距的设置符合《山东省渔业资源修复行动计划人工鱼礁项目技术规程》（试行）中关于单位鱼礁间距尺寸（100~200m）的要求。本项目人工鱼礁建成后主要增殖放流海参、鲍鱼等恋礁型生物，同时由于人工鱼礁的聚鱼效果，鱼礁区周边形成生物资源富集区，本项目在光伏平台及海基平台周边设置自然增殖区，自然增殖区最外边界尺寸为 1200m×495m，自然增殖区平面布置合理。

7.2.3 平面布置方案比选

本项目一期布置光伏试验平台 1 组和海基平台 1 座，二期布置光伏试验平台 18 组，呈 3 行 6 列规则布置，并利用光伏平台的重力锚形成人工鱼礁，整个项目布置单元功能明确，各单元布置合理，不再进行平面布置比选分析。

7.3 用海面积合理性分析

7.3.1 用海面积、类型及方式

本项目用海类型为特殊用海（一级类）中的科研教学用海（二级类），项目用海总面积 59.3968hm²，其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海面积分别为 1.2420hm²、20.7480hm²、2.0800hm²，用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），自然增殖用海面积为 35.3268hm²，用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式）。工程不占用海岸线，建成后不形成有效的人工岸线。

7.3.2 用海面积计算

7.3.2.1 用海面积的计算方法

根据《中华人民共和国海域使用管理法》的有关规定，依据《海籍调查规范》对工程用海位置和用海面积进行了测量和计算。依据现场测量数据及该项目的平面布置，采用解析法计算出各项目用海面积及拐点的坐标，绘制该项目的宗海图。

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 121.5°。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)。

7.3.2.2 用海面积的界定依据

根据《海籍调查规范》(HY/T124-2009)，透水构筑物用海范围的界定方法为：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。

海基平台：根据《海籍调查规范》(HY/T124-2009)，引桥、平台等透水构筑物用海，以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界，本项目海基平台以构筑物外缘线外扩 10m 为界。

人工鱼礁：根据《海籍调查规范》(HY/T124-2009)，以废船、堆石、人工块体及其它投置物形成的人工鱼礁用海，以被投置的海底人工礁体外缘顶点的连线或主管部门批准的范围为界。本项目人工鱼礁以海底人工礁体外缘顶点的连线为界。

光伏平台：由于本项目建设的光伏平台为浮式结构，平台周边利用 8 条锚链固定，不同于一般的透水平台界址确定方式，综合考虑项目自身特点，最终参考了《海籍调查规范》(HY/T124-2009) 中多点伸展系泊方式的储油轮用海的界址界定方法来确定单个平台的界址范围，具体方法为：以平台垂直投影的外切矩形向四周平行外扩 0.5 倍平台长度为界，确定各平台界址范围。

自然增殖：以实际使用边界为界。

表 7.3-1 工程申请用海界址点坐标列表 (CGCS2000)

图 7.3-3a 项目宗海位置图

图 7.3-3b 项目宗海界址图

7.3.3 用海面积合理性分析

(1) 海基平台用海面积的合理性

海基平台采用中集来福士建造的 SSCV-H206 半潜起重生活平台，对其改造为坐底式海上光伏试验海基平台后进行利用，平台尺寸为 80m×70m，下部浮箱尺寸为

118m×70m。依据《海籍调查规范》（HY/T124-2009），以透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线外扩 10m 距离为界，本项目海基平台的宗海以平台外缘线外扩 10m 为界，宗海范围为 138m×90m，用海面积为 1.2420hm²。

（2）光伏平台用海面积的合理性

本项目拟建设装机容量 7.6MW 的海上漂浮光伏发电项目，共布置 400KW 海上浮式光伏实验平台 19 组，每组光伏实验平台尺寸 52.25m×52.25m，参考了《海籍调查规范》（HY/T124-2009）中多点伸展系泊方式的储油轮用海的界址界定方法来确定单个平台的界址范围，具体方法为：以平台垂直投影的外切矩形向四周平行外扩 0.5 倍平台长度为界，由此确定每组光伏平台的宗海边界为 104.5m×104.5m，单个平台面积为 1.0920hm²。本项目共布置 19 组光伏平台，光伏平台的用海面积共为 20.7480hm²。

（3）人工鱼礁用海面积的合理性

本项目海上光伏试验平台锚固采用重力锚，利用二期光伏区 3 行光伏平台间南北临近锚点上堆放块构件礁形成 14 组人工鱼礁，单个重力锚以锚点为中心抛设多孔隙混凝土方形构件礁礁斑，其中左右两侧共 4 组人工鱼礁尺寸为 30m×40m，单个鱼礁面积为 0.1200hm²；其余 10 组人工鱼礁尺寸为 40m×40m，单个鱼礁面积为 0.1600hm²；共形成人工鱼礁面积为 2.0800hm²。

（4）自然增殖用海面积的合理性

本项目鱼礁以横向 110m、纵向间距为 120m 进行排列，横向、纵向间距的设置符合《山东省渔业资源修复行动计划人工鱼礁项目技术规程》（试行）中关于单位鱼礁间距尺寸（100~200m）的要求，鱼礁区周边形成生物资源富集区，本项目在光伏平台及海基平台周边设置自然增殖区，自然增殖区最外边界尺寸为 1200m×495m，自然增殖区用海面积为 35.3268hm²。

综上所述，项目用海总面积 59.3968hm²，能够满足建设海上光伏发电示范项目的的需求，宗海界定符合《海籍调查规范》（HY/T124-2009），项目用海面积合理。

7.3.4 占用岸线的合理性

本项目位于四十里湾中部海域，不占用海岸线。

7.3.5 减少面积的可能性分析

项目根据设计装机容量，按照《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）等相关设计规范设计，计算了光伏组件单元，用海面积符合相关设计规范及实际需要，

项目用海在满足使用要求的基础上，用海面积合理，不宜进一步减小。

7.4 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”。

项目建设海上浮式光伏试验检验中心，项目性质为公益性用海，项目组件的设计寿命为 20 年，综合考虑申请用海期限为 20 年，满足项目使用需求的同时符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定。因此项目用海期限合理。

8 海域使用对策措施

8.1 区划实施对策措施

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目位于“烟台-牟平农渔业区（A1-15）”，本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》烟台-牟平农渔业区（A1-15）的用途管制要求。

在项目实施过程中需严格遵守相关法律法规，并做到以下几点：

（1）海域使用权人不得擅自改变经批准的海域使用位置、用途、用海方式、面积和使用期限。

（2）该工程建设过程对潮间带海洋生物栖息地造成破坏，应当尽可能防止超出施工范围。

（3）进行跟踪监测，监督施工期、营运期项目采取的环保措施，保障海洋功能区的海域使用管理要求、海洋环境保护要求。

8.2 开发协调对策措施

本项目施工期产生的 10mg/L 悬浮泥沙可能会扩散至东侧的烟台高新区四十里湾海洋牧场，会对养殖品种产生一定影响，目前本项目建设单位已与其协商，同意本项目的建设，并签署同意建设的协议（附件3）。

8.3 风险防范对策措施

8.3.1 溢油事故的防范与应急措施

8.3.1.1 船舶碰撞及溢油事故的防范措施

建设单位应制定船舶碰撞溢油应急预案，并与相关单位就溢油事故应急设施等达成协议。

（1）成立以应急指挥部为中心的应急组织指挥体系，应急指挥部由总指挥、副总指挥、装卸队、调度组、保卫处等有关负责人员共同组成，负责船舶碰撞溢油事故的防范、应急和善后。

（2）溢油事故发生后，应立即报告应急指挥部，应急指挥部接到事故报告后，应立即下达指令启动应急程序，采取措施控制事态发展，减少事故损失。同时应及时向烟台海事局报告，取得专业指导和支持。

（3）船舶碰撞事故防范及应急措施

1) 施工单位和施工船舶必须合理安排施工作业面，严格控制船舶作业范围，严

禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区和随意穿越其他作业区，在人工鱼礁场周边设置明显的标识，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告，提醒过往船舶及时避让，避免发生碰撞或搁浅事故。

2) 根据文、气象条件，合理安排工期，避免在大风或风暴潮等恶劣天气下施工，保证作业安全，避免发生船舶碰撞；及时向海上安全监督部门通报施工计划，协调周边过往船只，确保安全生产和顺利通航。

3) 施工安全作业区应设置警戒灯浮和警戒守护船舶，在施工期间加强值班瞭望，施工船还应按规定在显见处设置相应信号信息，应严格按照操作规程进行操作。

4) 施工作业船舶在发生紧急事件时，应立即采取必要的措施，同时向主管部门报告，调动溢油应急防治队伍和应急防治船舶、设备、器材和必要的后勤支援，组织实施溢油应急救助行动。根据事态发展状况，结合事故现场水文、气象条件，采取围油栏围挡和吸附材料（吸油毡）吸油等措施，必要时可在海事部门同意的前提下，使用消油剂消除油污，控制油污进一步扩散蔓延。

5) 安排技术力量，对溢油及周围水域、沿岸进行应急监测，对有可能受到威胁的环境敏感区预先采取防范措施。

6) 运营期采用海上试验与运维船进行管理与维修，建设单位应加强船舶管理，防止油污水泄漏，出现泄漏事故应及时进行堵漏和处理，并将事故向渔业管理部门上报。

（4）溢油回收处理

回收的油污应送至专业处理单位进行油水分离处置，吸油毡等废弃物应作为危险固体废弃物进行管理，统一送危废资质单位进行处理。

8.3.1.2 溢油事故的应急措施

溢油事故一旦发生，将对海洋生态环境和生物资源造成严重危害，如若处理不及时还会发生爆炸，危及人身财产安全。为保护工程海域生态环境和生物资源，保障生命财产安全，最大程度降低溢油事故的危害，应建立溢油事故应急计划。

1) 施工期一旦发生事故，施工单位应及时通知当地海事局并进行现场处置。确定溢油事故现场的准确地点和溢油原因（包括船名、船型、碰撞/搁浅、溢油种类、溢油事故的规模），现场进行必要的处置工作。按照海事局的部署和要求，做好相应的工作，为溢油事故处置做好必要的配合。调动溢油应急防治队伍和应急防治船舶、设备、器材和必要的后勤支援，组织实施溢油应急救助行动。根据事态发展状

况，结合事故现场水文、气象条件，采取围油栏围挡和吸附材料（吸油毡）吸油等措施，必要时可在海事部门同意的前提下，使用消油剂消除油污，控制油污进一步扩散蔓延。

2) 安排技术力量对溢油及周围水域、沿岸进行应急监测，对有可能受到威胁的环境敏感区预先采取防范措施，并定时（一般为 10 分钟）向上级报告溢油漂流向。

3) 回收的油污应送至专业处理单位进行油水分离处置，吸油毡等废弃物应作为危险固体废弃物进行管理，统一送危废资质单位进行处理。

4) 溢油事故结束后应及时做好善后处理工作，并总结事故原因。

5) 运营期间，公司应加强所用渔船人员和设施的管理，做好安全预防工作，对船体定期维护保养。由于渔船船体很小，仅携带少量燃料柴油，渔船在海上作业期间一般不会出现大量溢油事故，可能会出现油污水泄漏，建议船只配备一定的吸油海绵，出现泄漏情况及时进行堵漏并及时返回陆地进行处置和维修。

6) 运营期间加强对航道过往船舶的观察，一旦发现出现泄漏事故应立即向渔业主管部门和海事主管部门进行上报，将泄漏时间、地点、泄漏物质等内容进行说明，并采取措施消除海上溢油。

8.3.2 风暴潮事故的防范与应急措施

项目风暴潮事故防范应急措施主要是运营期的防范与应急措施，为切实做好运营期防风暴潮工作，确保在风暴潮来临及其它紧急情况下能采取及时有效的措施，最大限度地减少海上突发性事件所造成的人员财产损失，特制定本应急预案。

(1) 防护体系

1) 项目要按照“谁主管，谁负责”的原则，把责任措施落到实处。发生重大事故和险情，主要负责必须亲临现场，组织协调抢险救助工作。要坚决克服麻痹松懈思想，杜绝不负责任现象。

2) 主要职责：主要负责人负责预案的检查、指导及协调工作和预案的现场落实工作。按照“安全第一，预防为主”的方针，在预防上多下功夫。

(2) 具体方案

1) 风暴潮来临前，平台中作业者应停止作业并撤离，本项目建设单位的防风暴潮工作应立即进入戒备状态，主要负责人要迅速进入防风暴潮工作岗位。重点抓好以下方面的工作：

- ①做好各项防护措施，工程区的物资如需转移应立即实施；
- ②成立应急抢险救助队伍，备足工具和抢险物料。

2) 风暴潮过后，应立即组织力量修复受损的项目结构设施，及时恢复生产。同时，立即组织有关人员进行事故调查和善后处理工作，并尽快将损失情况和事故调查处理情况及时上报。

项目运营期间应注意天气的变化，强风过后，要及时检查抢修，扶植被埋没的固着器材，修整受损设施。

8.3.3 赤潮的防范与应急措施

减少赤潮对增殖放流区的危害，首要任务是改善项目增殖放流区水质状况，降低工程区赤潮的发生频率。其次，在项目区发生赤潮时采取科学的应急处理措施。

(1) 科学进行增殖放流管理，保护项目区的海水水质。

(2) 加强监测，积极开展赤潮防治。加强对增殖放流区水质和赤潮生物的监测工作，及时有效地开展项目内增殖放流区域的赤潮灾害预防、控制和治理。监测部门要深入开展项目区赤潮灾害监测，及时发布赤潮信息，以多样的信息传递方式，将赤潮监测信息发给项目管理单位和个人，做好赤潮防范、减少损失。

(3) 采取措施，减少赤潮危害。

(4) 选择合适的赤潮灾害消除方法，如化学消除法、高岭土沉降法、围隔栅法、气幕法和回吸法等物理、化学或生物法消除赤潮；

(5) 对大面积的海上赤潮可以采取撒布粘土法(1~2kg/m)。一方面，可以吸附水体中大量的碘，从而降低其富营养化程度。另一方面，利用其吸附作用直接杀死赤潮生物，控制其蔓延，降低危害程度。此外粘土还能阻止部分光线进入水体，进入沉积物表面的粘土还可以阻止沉积物中磷的再释放；另一种方法是大量繁殖桡足类和双壳贝等捕食赤潮生物，减轻灾害。

8.3.4 海上造礁作业事故的防范与应急措施

(1) 通过实地调查详细了解当地海域自然环境状况，保证投礁海域的底质、海流、潮流、波浪等水文、气象状况满足人工鱼礁的选址要求。

(2) 预制构件礁体的设计尺寸需合乎要求，同时保证礁体质量，防止礁体散架和使用寿命低等问题发生。

(3) 人工鱼礁在建造和投放过程中要按照实施规程，防止发生碰撞和下坠事故。规程具体步骤如下：

①粗定位。船舶到达现场后，在施工范围内先进行锚泊，使用定位仪定点抛锚并系上浮标，基本圈定投放范围。

②使用 GPS 卫星定位仪，确定人工鱼礁区中心点的坐标，指挥起重船安放人工鱼礁，控制人工鱼礁的平面精度在 3m 以内。

③为了加快投放速度，避免潜水员水下解钩的繁琐操作，可以在陆地装驳时，安装自动脱钩装置，提高投放速度。

④在施工图上标出每一投放点的经纬度，进行精确的定位。

⑤按图纸设计要求逐个定位投放鱼礁，起锚时先起锚头，避免锚缆缠络到已安放好的人工鱼礁。

⑥安全施工，慢起轻放，严防礁体碰撞，六级以上风力时停止作业，严格按照拖轮作业技术要求进行。

(4) 本项目施工期时由于构件礁体较大，海上作业风险大，一定要制定作业规程，规范安全设备，加强施工人员的安全意识，尤其潜水人员，一定要具有专业水准，下水前做好细致检查，配备一切防护用品。调协专职安全员，加强巡查和专项检查，防患于未然。

(5) 项目周边渔船较多，施工期间，应严格控制施工船舶作业范围，禁止施工船随意更换作业区和随意穿越其他作业区，严禁违规进入航道，避免施工船舶与过往船舶发生碰撞。

8.3.5 水质恶化的防范与应急措施

(1) 科学制定增殖放流计划，合理确定项目自然增殖渔业资源种类、密度，优化海域生态环境，增强项目海域生物种群应对外界环境扰动的能力。

(2) 加强项目海域的水质监测工作，应委托有资质的监测单位定期对增殖放流区水质、沉积物等进行监测，并对外侧海域水质监测工作协同开展，数据共享。

(3) 局部海域若发生水体污染，应马上查找污染源，及时采取补救措施，将污染面积控制在最小范围并采取措施有效处理。

(4) 夏季高温时期应重点关注海水溶解氧含量，必要时采取加密监测的措施，结合在线监测浮标、海洋环保志愿者测报数据，及时掌握区域水质环境状况。

8.4 监督管理对策措施

8.4.1 海域使用跟踪和监控

(1) 海域使用面积跟踪和监控

1) 建设单位要确实按照批准的用海范围界址、面积实施工程用海，严禁超范围用海和随意改变用海活动范围的现象，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，施工期应定期不定期检查工程建设是否遵循海域使用界限。在施工过程中，应严格按照批复的界址、面积和用途施工，认真执行国家有关技术标准和规范；避免施工船舶对其它船舶的安全产生不利影响。

2) 要加强对施工机械的路线和活动范围等的跟踪和监控，不得影响其它用海，严禁超范围施工。

3) 在工程完工后，应立即进行海籍测量，再一次确认海域使用范围和界限，并确定海域使用用途，对于没有按照要求进行用海的，应责令其停止作业活动。海域使用权人不得擅自改变经批准的海域使用位置、用途、面积和使用期限，并接受监督管理。

(2) 施工方式、工程进展跟踪和监控

为使施工过程中产生的悬浮泥沙对周边海洋功能区的影响减小到最低的程度，应采取以下监控措施：

1) 定期进行悬浮物浓度，敦促施工单位严格管理，精心施工，以控制悬浮物的浓度。

2) 应明确和限制作业机械的活动范围，使其按照规定的路线运输和作业，以控制悬浮物扩散范围。

(3) 海域使用用途的跟踪和监控

需严格按照设计方案进行施工作业，同时在建成后按照海洋功能区划、生态环境保护规划等的相关要求进行海域使用，并确定海域使用用途。

根据《海域使用管理法》，“海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能区划的前提下，报原批准用海的人民政府批准”。海洋行政主管部门应对本工程海域使用的性质进行监督检查。

(4) 海域使用管理

1) 根据法律法规和海洋行政主管部门的要求，定期或不定期向主管机关报告海域使用情况和所使用海域自然资源、自然条件和环境状况，当所使用海域的自然资源和自然条件发生重大变化时，应及时报告海洋行政主管部门。

2) 根据《中华人民共和国海域使用管理法》和《山东省海域使用金征收标准》等有关法律法规和文件的规定，按时缴纳海域使用金。并根据《海域使用权登记办

法》的通知要求，在规定时间内到县级以上人民政府海洋行政主管部门办理使用海域，并报有批准权的人民政府批准。

3) 应积极配合海洋行政主管部门的监督管理。同时，确定联络人定期与海洋行政主管部门进行联系沟通，及时提交有关审批文件和你单位的监管记录。

①工程施工前 15 日内，将施工计划报告海洋行政主管部门审查、备案。提供海域使用论证报告、施工计划书、各类施工合同。

②工程开工后，每两个月向海洋行政主管部门提交一次工程进度报告、监理记录。施工过程中若变更承包单位或施工单位应当及时告知海洋行政主管部门。工程进度报告信息必须真实准确，其中应详细记录工程进度及建设单位的意见、建议。

8.4.2 海域使用过程中的环境监控措施

8.4.2.1 环境监测措施

在施工过程中，建设单位应优化施工工艺，在保证项目建设满足功能需要的同时兼具环保和美观；采取切实有效措施，减少悬浮物对海洋环境的影响，保护海洋环境；施工和运营期间加强管理，严禁向近岸海域排污。

在该项目启动和用海过程中，主管部门应核查本项目用海位置和面积，并对该项目审批后的用海情况进行全程监督管理，避免该工程影响其它海洋功能区的开发利用；作为项目单位，在用海期间，如发现所使用海域的自然资源和自然条件发生重大变化时，应及时报告海洋行政主管部门，以维护国家海域所有权和周边海洋产业海域使用者的合法权益。

项目施工前，应认真研究有关的地质勘察、海流、水深等资料，优化施工方案。对可能发生不利影响因素的范围与程度进行评估，制定监测与应对措施，必要时与施工管理部门协商，将施工进度及作业面等作相应的变通。工程施工过程中，会造成悬浮物增加与扩散，从而造成海水水质污染，因此应对附近水域定期进行水质监测。对环境监测反馈的信息进行科学分析，为海洋行政主管部门提供管理决策依据。

相关措施：

①加强管理，严禁向近岸海域排污；

②定期对工程所在海域进行监测，及时掌握用海状况，以便及时采取有效措施改善环境；

③避免工程的施工机械对其它用海安全产生不利的影晌；

④ 突发性事故将造成水质严重污染，这一潜在危害应当引起重视；

⑤ 建设单位应制定防风暴潮等用海风险的应急预案。

因此，应在管理上制定严格的措施，高度警惕，力争杜绝事故的发生。

8.4.2.2 环境监测计划

(1) 施工前跟踪监测

1) 监测项目

水文、水质、沉积物、生态。

2) 监测内容

①水文：水色、透明度、悬浮物；

②水质：pH、COD、DO、石油类、无机氮、活性磷酸盐、SS、重金属等；

③沉积物：石油类、有机碳、硫化物、重金属等；

④生态：叶绿素 a 含量、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

3) 监测频率

建设项目开始施工前选择大潮和小潮期进行一次环境质量现状调查。

4) 监测站位

根据项目特点和周边海域特点，在工程周边海域设置 12 个水文、12 个水质、6 个沉积物以及 6 个生态监测站位。监测站位见图 8.4-1。

(2) 施工期跟踪监测

1) 监测项目

同施工前监测

2) 监测内容

同施工前监测

3) 监测频率

①水质

施工期每个潮汐年进行丰水期、平水期、枯水期的大、小潮监测。

②水文

施工期每个季节的大、小潮各进行一次监测。

③沉积物

施工期每年监测一次。

④生态

施工期每年监测一次。

4) 监测站位

同施工前监测站位。

(3) 施工结束后的后评估监测

1) 监测项目

同施工前监测

2) 监测内容

同施工前监测

3) 监测频率

施工结束后进行一次水文、水质、沉积物、生态监测。

4) 监测站位

同施工前监测。

图 8.4-1 环境监测计划站位布置图

8.5 生态用海

近年来，烟台市高新区处于经济加速发展、海洋产业加快的关键时期，资源、能源消耗持续增加，势必对近海海洋资源和生态环境造成一定压力。实施生态建设用海，通过采取正确的海洋污染防治政策及设计方案，能够一定程度缓解海洋开发与保护的矛盾，减轻项目建设对海洋属性的改变及生态环境的影响，使该海域保持良好的状态，从而进一步满足后续各种海洋开发利用活动的要求。项目用海应符合生态用海的相关要求，本项目生态用海措施主要从以下几个方面进行控制：

(1) 尽量减少占用岸线和海域

本项目在烟台市四十里湾海域建设海上浮式光伏试验检验中心，光伏组件位于海域范围，水上利用太阳能资源进行光伏发电，水下进行海洋生态修复，形成水上发电、水下增殖的“渔光互补”立体生态开发模式，充分体现了集约节约用海；太阳能板采用漂浮式光伏组件，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；为减少海上线缆的长度，节约用海，海上试验检验中心与陆基中心之间不采用光缆进行海陆基平台连接，而是通过海上光伏网络系统连接，充分体现集约节约用海。

项目各部分用海面积符合相关设计规范及实际需要，用海在满足使用要求的基础上，尽量节约用海面积以及海域资源，减少占用海域面积和岸线资源，以减少对海域自然现状的改变。

（2）用海方案减少对周边环境的影响

项目海基平台、光伏平台和人工鱼礁均采用透水构筑物的结构，自然增殖区不进行苗种投放、投饵喂养活动，施工和运营期间污染物均妥善处理，不向海域内排放，对周边海域水文动力环境、地形地貌冲淤环境以及生态环境的自然属性影响较小。项目建设对区域海洋生态系统服务功能、生态服务价值等均不会造成明显影响。

（3）污染防治对策措施

工程在低潮时施工，减少悬浮泥沙产生量；严禁向海域内排放污水和垃圾；施工物料为人工鱼礁预制件以及太阳能板，不涉及土石方作业，对环境空气无影响；采用性能良好、低噪声的机械设备，减少机械作业对海洋生态环境的影响。运营期利用太阳能进行发电，光伏板清洗时产生少量废水，主要成分为环境空气中自然飘落的灰尘等产生的悬浮物，悬浮物浓度含量相对较低，海基平台工作人员和试验运维船产生的污水和固废均妥善处理，不向海域内排放，不会对水质环境产生明显影响；报废及损坏的设备均有厂家进行回收。建设单位做好各项风险防范措施，最大程度的降低项目用海风险可能对水环境造成的污染。工程实施从污染防治方面最大程度的降低了对海洋生态环境的影响。

本项目建设海上浮式光伏试验检验中心，光伏发电是一种清洁的能源，既不直接消耗资源，同时又不释放污染物，也不产生温室气体破坏大气环境，有利于保护周围环境，是一种绿色可再生能源，符合生态用海的理念。

（4）规划及政策符合性

项目用海符合《山东省海洋主体功能区规划》，符合《山东省海洋功能区规划（2011-2020年）》烟台-牟平农渔业区（A1-15）的管控要求，不会对周边海洋功能区的产生明显影响，不占用生态红线，不会对《山东省黄海海洋生态红线划定方案（2016-2020年）》产生明显影响，属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》的鼓励类，项目用海符合产业政策要求以及相关规划的管控要求。

综上所述，项目用海符合生态用海的相关要求。

9 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

项目位于烟台市高新区北寨村以北、四十里湾海域，主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，发电就近用于海基平台试验、监测使用。项目分两期建设，一期建设海上光伏试验区，配置 400KW 海上浮式光伏实验平台和海基平台，二期建设海上光伏利用试验区，配置 7.2MW 海上浮式光伏平台。同时在项目区进行海洋生态修复，在二期光伏平台重力锚上方投放人工鱼礁 4.16 万空方，并利用项目区开放式海域进行海洋生物底播增殖。项目总投资 18794.91 万元，工期 24 个月。

本项目用海类型为特殊用海（一级类）中的科研教学用海（二级类），项目用海总面积 59.3968hm²，其中海基平台、光伏平台和人工鱼礁的用海面积分别为 1.2420hm²、20.7480hm²、2.0800hm²，用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式），自然增殖用海面积为 35.3268hm²，用海方式为开放式（一级方式）中的开放式养殖（二级方式），申请用海期限为 20 年。

9.1.2 项目用海必要性结论

项目建设是建设资源节约型社会的必然选择，是满足经济可持续发展、促进清洁能源转换的需要，同时是实现新能源产业和现代渔业发展双赢的重要举措，项目建设是必要的。

项目建设海上浮式光伏试验检验中心，可推动海上光伏与海洋牧场融合发展，实现海上浮式光伏从水池试验转到海上实地验证，为各类海上浮式光伏技术方案提供长期实海况验证和技术检验，项目用海是必要的。

9.1.3 环境现状分析与评价结论

（1）海水水质现状

2022 年 9 月海水水质评价结果表明，各站位各评价因子均符合所在功能区的质量标准，调查海域整体海水质量良好。

（2）沉积物质量现状

2021 年 9 月沉积物质量评价结果表明，各站位各评价因子均符合所在功能区质量标准，不存在超标现象，调查海域整体沉积物质量良好。

（3）海洋生物质量调查结果

2022 年 9 月生物体调查结果显示，调查海域海洋生物体中各测站各生物体各评价因子均符合所在功能区要求。生物体质量评价结果表明监测海域生物体内污染物

残留水平较低，海域内生物体质量较好。

(4) 海洋生态调查结果

2022年9月调查海域表层叶绿素 a 含量范围在 0.543 $\mu\text{g/L}$ ~7.91 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 3.19 $\mu\text{g/L}$ 。共采到浮游植物 38 种，浮游动物 30 种，底栖生物 49 种，潮间带生物 17 种。

(5) 渔业资源调查结果

2022年9月共采集到 1 种鱼卵，采集到 1 种仔稚鱼样品，游泳动物种类 32 种，调查海域游泳动物尾数密度和重量密度均值分别为 2.22 $\times 10^5$ ind./ km^2 和 3611.53 kg/km^2 。

9.1.4 项目用海资源环境影响分析结论

(1) 对工程海域流场的影响

工程建设前后对周围海域潮流场的影响较小，项目用海范围西侧 0.17km、西北侧 1.05km、东侧 0.67km、南侧 0.95km 以外海域流速变化率小于 10%。

(2) 对海域冲淤变化的影响

工程所在位置由于工程前冲淤环境相对稳定，项目所在海域冲淤环境发生的变化很小，淤积量略增加，变化量普遍小于 0.01m/a。工程建设对地形地貌冲淤环境的影响很小。

(3) 对海域水质环境的影响

工程大潮施工期间悬浮泥沙预测结果表明，工程施工产生的 10mg/L 浓度悬浮泥沙向 E 最大扩散距离约 0.40km，向 W 最大扩散距离约 0.29km，向 N 最大扩散距离约 0.15km，向 S 最大扩散距离约 0.20km。

(4) 对海洋沉积物环境的影响

工程施工期间，作业人员和机械产生的垃圾和污水均收集后送陆域妥善处理，施工期人工鱼礁吊放时搅动海底沉积物，除对海底沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，没有其它污染物混入，不会对海底沉积物质量造成不利影响。

本项目主要建设 7.6MW 海上光伏发电装置及其相关配套设施，对运营期产生的各种垃圾进行收集统一处理，不会对工程周边的沉积物环境造成明显影响。

(5) 对海域生态环境的影响

工程建设共造成造成的底栖生物损失量为 0.19t，浮游植物损失量为 4.32 $\times 10^{12}$ 个，浮游动物损失量为 2.57t，底栖生物损失量为 0.33t，鱼卵损失量为 5.94 $\times 10^5$ 粒，仔稚鱼损失量为 11.87 $\times 10^5$ 尾，渔业资源幼体损失量为 36.37kg，渔业资源成体损失

量为 3165.13kg。

(6) 对资源的影响

本项目位于烟台市高新区四十里湾海域，项目建设不占用海岸线，距离海岸线最近约 3.67km。

9.1.5 项目用海风险分析结论

项目施工期和营运期存在：①船舶碰撞溢油事故；②风暴潮；③赤潮事故；④海上造礁作业事故；⑤水质恶化等风险；建设单位用海期间制定切实可行的风险防范措施和应急预案，一旦事故发生，立即启动应急预案，采取相应措施，将事故的影响降低到最小程度。

9.1.6 海域开发利用协调分析结论

本项目施工期产生的 10mg/L 悬浮泥沙可能会扩散至东侧的烟台高新区四十里湾海洋牧场，会对养殖品种产生一定影响，目前本项目建设单位已与其协商，同意本项目的建设，并签署同意建设的协议。

9.1.7 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

根据《山东省海洋功能区划（2011~2020年）》，项目位于烟台-牟平农渔业区（A1-15），符合所在功能区“基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能”的用途管制要求，项目涉及海洋新兴产业，属于优先保障类项目，项目用海符合《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》。项目用海符合《山东省海洋主体功能区规划》《山东省“十四五”海洋经济发展规划》《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》《烟台市海洋功能区划（2013-2020年）》《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《高新区养殖水域滩涂规划（2020-2030年）》《山东省“十四五”海洋牧场建设规划（2021-2025年）》《山东省能源中长期发展规划》《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030年）》等相关规划，项目不占用“三区三线”中的生态保护红线区。

9.1.8 项目用海合理性分析结论

项目选址位于烟台市四十里湾中部海域，项目区位条件优越，太阳能资源丰富，水深条件、地质条件和生态环境适宜，与航道及禁渔禁锚区保持安全距离，台风不频繁，项目选址合理。

项目海基平台、光伏平台和人工鱼礁均采用透水构筑物形式，自然增殖采用开放式养殖的用海方式，对海洋生态环境影响较小，与周边海洋开发活动相适宜，项目用海方式合理。

项目区西侧布置一期海上光伏试验区，设 1 组海上光伏试验平台和 1 座海基平台，东侧布置二期海上光伏利用试验区，设 18 组光伏试验平台，呈 3 行 6 列规则布置，并利用光伏平台的重力锚形成人工鱼礁，整个项目布置单元功能明确，各单元布置合理。因此，项目平面布置合理。

项目布置在满足项目 7.6MW 光伏发电和《光伏电站设计规范》（GB50797-2012）等的要求的前提下，做到用海面积最少，符合节约用海和切合实际的原则，用海面积量算符合《海籍调查规范》，由此确定项目申请用海面积 59.3968hm²，用海面积合理。

本项目为公益性用海，根据工程设计和使用寿命，本项目申请用海期限为 20 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定。项目用海期限合理。

9.1.9 项目用海可行性结论

项目符合国家产业政策，符合《山东省海洋功能区划（2011-2020 年）》和《烟台市海洋功能区划（2013-2020 年）》，符合《山东省黄海海洋生态红线划定方案（2015-2020 年）》等相关规划。本项目用海选址合理，用海方式及平面布置合理，用海面积及用海期限合理，与周边海洋开发活动相适宜，只要采取积极的防护措施和必要的风险防范措施，科学施工，加强管理，对海洋环境、资源的影响较小，因此，该项目用海可行。

9.2 建议

（1）在工程施工前，施工单位应认真设计科学的施工工艺，使工程完全在已批准的海域使用范围内进行，确保本项目施工的科学、合理性。

（2）如遇到大风大浪天气，应停止作业，以尽可能减轻施工作业所引起的附近水域悬浮物浓度增量，减少对海洋生物资源和毗邻海洋功能区的影响。

（3）工程施工期间应加强环保管理和海域使用监察工作，进行毗邻海域海洋环境要素的监视、监测工作，避免危及周边海域。

（4）严格按照既定的施工工艺进行施工作业，建立切实可行的安全措施，最大限度减小施工对海域环境的影响。

（5）项目建设期及运营期应加强与周边用海项目的协调，尽量减少对周边项目的影响，避免由于船舶及人员调度不当产生纠纷。

（6）礁体吊放施工应避开周边渔业资源的繁殖期，避免对海洋生态环境和养殖活动产生影响。

资料来源说明

- [1] 《新海上光伏厂址岩土工程勘察报告》，山东省烟台地质工程勘察院，2022年8月；
- [2] 《山东海洋现代渔业四十里湾海洋牧场项目海域使用论证报告书》（送审稿），烟台云沣生态环境产业发展股份有限公司，2022年8月；
- [3] 《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目实施方案》，山东港通工程管理咨询有限公司，2022年12月。

现场踏勘记录表

现场勘查记录表

项目名称	烟台海上浮式光伏试验检验中心项目		
勘查人员	张海	勘查责任单位	青岛博研海洋环境科技有限公司
勘查时间	2022年12月	勘查地点	烟台四十里湾海域
勘查内容简述	<p>报告编制单位于2022年12月在项目所在地收集社会经济状况、海洋资源与生态环境资料、地形地貌勘察资料等基本资料，并调查了项目用海周围海域使用情况，对可能的利益相关者和毗邻用海者进行了调查确认以及照片拍摄。在项目周边海域进行现场勘测，用GPS信标差分测量系统对项目特征拐点进行测量。</p>		
现场照片	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>现场照片</p> <p>经度: 121.620257 纬度: 37.530236 地址: 中华人民共和国 和国 海拔: 8.7米 备注: Y3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>现场照片</p> <p>经度: 121.856148 纬度: 36.858657 地址: 中华人民共和国 和国 海拔: 4.8米 备注: Y3</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">四十里湾海域</p>		
项目负责人签字	张海	技术负责人签字	张伟

附件

附件 1 委托书

委托书

青岛博研海洋环境科技有限公司：

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国海域使用管理法》等有关法律法规，兹委托贵单位承担“烟台海上浮式光伏试验检验中心项目”环境影响评价和海域使用论证工作，请按照有关法律、法规、技术规范等编制项目报告。

中集集光海洋科技(烟台)有限公司



附件 2 技术审查意见

**《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目海域使用论证报告书》
内部技术审查意见**

根据《海域使用论证技术导则》（国海发[2010]22 号）的要求，以及我单位的内审规定等要求和规定，组织了 2 名专家形成内审组，对《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目海域使用论证报告书》进行了技术审查。

审查意见及修改说明如下：

序号	意见内容	处理意见	修改说明
1	梳理论证工作来由	采纳	1.1 节修改了相关内容
2	法律法规中删除《关于调整海域、无居民海岛使用金征收标准的通知》	采纳	1.2.1 节删除了相关内容
3	2.1 节项目与投资规模中梳理建设内容，明确海洋牧场的具体位置	采纳	2.1 节修改了相关内容
4	2.2.1 节明确人工鱼礁的材质、空方量、增殖放流品种，以及海缆长度	采纳	2.2.1 节修改了相关内容
5	2.2.2.4 节补充一期人工鱼礁的建设方案	采纳	2.2.2.4 节补充了相关内容
6	补充完善项目周边港口现状相关内容	采纳	3.3 节补充了周边港口现状的具体内容
7	补充说明项目运营期水污染物的去向等	采纳	4.1.3.4 节补充了运营期水污染物进行回收处理
8	补充项目地勘资料钻孔平面图及剖面图	采纳	3.1.4.3 节补充了地勘资料钻孔平面图及剖面图
9	补充完善项目周边航道的内容介绍	采纳	3.4.3.1 节完善了航道的相关内容
10	完善项目区海底泥沙变化的原因	采纳	4.1.2.1 节进行了该内容的完善
11	核实项目生态损失计算	采纳	4.3.5 节核实并修改了生态损失计算
12	完善项目开发协调对策措施	采纳	8.2 节完善了开发协调对策措施分析
13	完善运营期对生态环境的影响分析	采纳	4.2.2 节完善了运营期对生态环境的影响分析

内审组又对修改情况进行了确认，符合相关规定，现已通过单位内部审查。同意项目组将《烟台海上浮式光伏试验检验中心项目海域使用论证报告书》提交送审。

技术负责人（签字）：



2022 年 12 月

附件 3 利益协调文件