

项目编号：30-62-23-17

连云港市一带一路海水综合利用项目  
取排水口设置论证报告

建设单位：江苏方洋水务有限公司

编制单位：天科院环境科技发展（天津）有限公司

二〇二三年九月

# 目 录

前 言 .....	1
1 总则 .....	1
1.1 编制依据 .....	1
1.2 执行标准 .....	3
2 取排水口拟选方案 .....	6
2.1 连云港石化产业基地概况 .....	6
2.2 取排水规模确定 .....	11
2.3 取排水口分析 .....	13
2.4 取排水口方案 .....	17
2.5 造水成本分析 .....	23
2.6 论证区域盐度温度分布情况 .....	25
3 区域环境概况 .....	31
3.1 地理位置 .....	31
3.2 自然环境概况 .....	31
3.3 海洋环境质量现状调查与评价 .....	38
3.4 环境保护目标 .....	91
3.5 海洋开发活动 .....	97
4 拟选取排水口方案水动力条件比选 .....	100
4.1 潮流特性 .....	100
4.2 波浪特性 .....	120
5 拟选取排水口方案水体环境分析比选 .....	131
5.1 盐度及温度扩散能力 .....	131
5.2 余氯扩散能力 .....	144
5.3 排放口污染物扩散能力分析 .....	148
6 海洋生态环境影响分析 .....	150
6.1 取水卷吸作用对海洋生物的影响 .....	150
6.2 温排水对海洋生态环境的影响 .....	150
6.3 浓盐水对海洋生态环境的影响 .....	153

6.4	余氯排放对海洋生态环境的影响.....	157
6.5	港内排水对水体藻类爆发产生的潜在影响.....	158
7	浓盐水对水工建筑物的影响分析.....	160
7.1	先达公司天津南港工业区海水淡化及综合利用一体化.....	161
7.2	青岛董家口海水淡化项目.....	163
8	与相关规划和功能区划符合性分析.....	165
8.1	相关功能区划分析.....	165
8.2	相关规划分析.....	172
9	相关专项论证.....	187
9.1	连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究....	187
9.2	连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究.....	188
9.3	连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告.....	190
9.4	连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证.....	191
10	风险事故防范和应急措施.....	193
10.1	水体环境恶化藻类爆发应急措施.....	193
10.2	化工泊位化学品泄漏应急措施.....	195
11	取排水口选划方案综合比选.....	196
11.1	水动力条件比选.....	196
11.2	水体环境分析比选.....	198
11.3	相关规划和功能区符合性比选.....	199
11.4	与环境保护目标的关系.....	202
11.5	相关海洋工程.....	202
11.6	经济性分析比选.....	204
11.7	小结.....	205
12	海洋环境跟踪监测计划.....	208
13	综合结论.....	210
	附件.....	213
	附件 1：连云港市一带一路海水综合利用项目可研评估会专家组意见.....	213
	附件 2：连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究报	

告专家评审会评审意见 .....	214
附件 3：连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究报告专家评审意见 ....	217
附件 4：连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告专家评审意见 .....	219
附件 5：连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告专家咨询意见 ....	221
附件 6：连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会 1 .....	224
附件 7：连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会 2 .....	228

## 前言

连云港石化产业基地位于江苏省连云港市徐圩新区，是国内近年来快速发展的大型沿海石化产业基地。在国家石化产业规划布局方案中，连云港石化产业基地是重点规划布局的新建石化产业基地之一，成为国家新一轮石化产业布局调整和结构优化升级战略的重要承载地。近年来，连云港石化产业基地建设加快推进，已有一批已建、在建的石化、化工项目，还有多个已签约项目，对水资源的需求逐渐增大。

徐圩新区内用水由方洋水务统一供给，取水水源为善后河地表水，主要依靠徐圩新区送水工程调引的江淮水供给，现状用水主要为已建虹港石化、斯尔邦石化、虹洋热电、在建企业施工用水、生活用水等。根据基地内盛虹炼化、虹洋热电等企业及炼化二期地块未来的用水需求，近期（至 2025 年）基地脱盐水需求量约 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，远期脱盐水需求量约 22 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。前期已经建设完成 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的脱盐水厂，远期仍有 12 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的脱盐水缺口。

新区仅有善后河单一水源地，在夏季农灌高峰期易出现水资源不足及水质污染的情况。海水可直接作为工业冷却水使用，随着海水淡化技术的不断完善，淡化成本的进一步降低，海水淡化是解决水资源不足问题的重要途径。通过海水淡化项目，既解决新区水资源短缺问题，又开辟第二水源，与已建的脱盐水厂形成互联互通格局，提高园区企业高品质用水的保证率。

化工企业冷却用水需求量大，加之基地水资源紧张，用海水代替地表水作为冷却用水，可大大节省基地新鲜水取用量。实施海水冷却不产生白烟，实现冷却过程消白。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要和 2035 年远景目标纲要》及《海水淡化利用发展行动计划（2021-2025）》提出推动海水淡化规模化利用。沿海地区鼓励优先利用海水，结合工业园区及高耗水新改扩建项目的淡水资源利用需求，因地制宜推动建设一批大型海水淡化工程和海水循环冷却工程，推广沿海缺水地区工业园区利用海水淡化水作为锅炉补给水和工艺用水。

为响应水利部、国家发展改革委 2023 年 6 月联合印发的《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》中“对沿海地区工业园区和高耗水产业应科学配置海水淡化水，扩大工业园区海水淡化水利用规模，建设海水淡化水利用示范工业园

区，依法严控具备条件但未充分利用海水淡化水的高耗水项目和工业园区新增取水许可”，江苏方洋水务有限公司（以下简称方洋水务）拟实施连云港市一带一路海水综合利用项目，该项目包含海水淡化和海水冷却两部分内容。

为此，方洋水务委托天科院环境科技发展（天津）有限公司开展连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口选划工作。接受委托后，天科院环境科技发展（天津）有限公司通过资料收集，并对徐圩新区近岸海域水动力条件、区域产业规划与功能区划符合性、水体环境、海洋生态环境影响、技术经济性等多因素综合分析，采用科学的多目标决策方法进行选址，最终给出连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口选划的明确结论与建议。

# 1 总则

## 1.1 编制依据

### 1.1.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（全国人大常委会，中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日）；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月4日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修正）；
- (3) 《中华人民共和国水法》（2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议修正）；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日修正，2018年1月1日起施行）；
- (5) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002年10月28日颁布，2018年12月19日最新修正）；
- (6) 《中华人民共和国航道法》（2016年7月2日修正）；
- (7) 《中华人民共和国港口法》（2018年12月29日修正）；
- (8) 《中华人民共和国海域使用管理法》（全国人大常委会，中华人民共和国主席令第六十一号，2002年1月1日）；
- (9) 《近岸海域环境功能区管理办法》（国家环保总局第8号令，1999年12月10日）；
- (10) 《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》（中华人民共和国国务院令 第507号，2018年3月19日修订）；
- (11) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（国务院第475号令，2019年3月19日修订）；
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第253号令，2017年7月16日修正）；
- (13) 《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》（1990年8月1日）；
- (14) 《国务院办公厅关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》（国办

函〔2022〕17号）；

- (15) 《水利部国家发展改革委关于加强非常规水源配置利用的指导意见》（水节约〔2023〕206号）

### 1.1.2技术规范

- (1) 《污水排海管道工程技术规范》（GB/T 19570-2017）；
- (2) 《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB18486-2001）；
- (3) 《海洋调查规范》（GB 12763-2007）；
- (4) 《海洋监测规范》（GB 17378-2007）；
- (5) 《海洋生物资源损失评估规范》（DB32/T 4423-2022）；
- (6) 《近岸海域环境监测规范》（HJ442-2008）；
- (7) 《近岸海域环境监测点位布设技术规范》（HJ 730-2014）；
- (8) 《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T231-2021），中华人民共和国交通运输部 2021 年 7 月 1 日发布；
- (9) 《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》（JTS/T231-2-2010），中华人民共和国交通运输部 2010 年 5 月 24 日发布；
- (10) 《海港总体设计规范》（JTS165-2013）；
- (11) 《航道保护范围划定技术规定》（JTS124-2019）。

### 1.1.3论证依据

#### 1.1.3.1相关功能区划

- (1) 《江苏省近岸海域环境功能区划方案》（苏环委〔2001〕7号）；
- (2) 《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》（国函[2012]16号）；
- (3) 《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）；
- (4) 《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2207号）。

#### 1.1.3.2相关规划

- (1) 《江苏沿海地区发展规划》；
- (2) 《连云港市国土空间总体规划（2020-2035年）》（中间成果稿）；
- (3) 《连云港港徐圩港区总体规划（修订）》（2017年）；

- (4) 《连云港港徐圩港区总体规划（修订）环境影响报告书》；
- (5) 《江苏省海岸带利用和保护规划》（）；
- (6) 《连云港石化产业基地总体发展规划（修编）》（2021年）；

### 1.1.4其他资料

- (1) 《连云港市一带一路海水综合利用项目可行性研究报告》（自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所，2023年2月）；
- (2) 《连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究报告》，交通运输部天津水运工程科学研究所。2023年3月）；
- (3) 《连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究报告》（交通运输部天津水运工程科学研究所，2023年5月）；
- (4) 《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》（交通运输部天津水运工程科学研究所，2023年5月）；
- (5) 《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》（武汉明泽航运技术有限公司，2023年7月）。

## 1.2执行标准

### 1.2.1环境质量标准

- (1) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (2) 涉及到（1）未列出的部分特征因子参照执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中“集中式生活饮用水地表水源地特定项目限值标准”；

表 1.2-1 海水水质标准（除水温、pH外，其余单位：mg/L）

项目		第一类	第二类	第三类	第四类
COD	≤	2	3	4	5
无机氮	≤	0.2	0.3	0.4	0.5
活性磷酸盐	≤	0.015	0.03		0.045
汞	≤	0.00005	0.0002		0.0005
铅	≤	0.001	0.005	0.01	0.05
锌	≤	0.02	0.05	0.1	0.5
石油类	≤	0.05		0.3	0.5
阴离子表面活性剂 (以LAS计)	≤	0.03	0.1		

(3) 《海洋工程环境影响评价技术导则》GBT 19485-2014。

## 1.2.2 排放标准

(1) 《海水淡化浓盐水排放要求》(HY/T 0289-2020)

根据排放要求：海水淡化浓盐水宜与冷却海水，达到排放标准的污水等混合排放；其他种类废水，污水等不应与海水淡化浓盐水混合排放。本工程为海水淡化浓盐水及工业循环冷却海水混合排放，符合《海水淡化浓盐水排放要求》(HY/T 0289-2020)的排放条件。

(2) 《海水冷却水排放要求》(GB/T39361-2020)

(3) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

(4) 《污水海洋处置工程污染控制标准》(GB 18486-2001) 污水海洋处工程主要水污染物排放浓度限值

表 1.2-2 《海水淡化浓盐水排放要求》(HY/T 0289-2020)

指标	单位	限值
温差	°C	≦10 (与海水淡化进水相比)
pH	-	6.5-8.5
铁	mg/L	≦0.3
铝	mg/L	≦0.05
总磷	mg/L	≦0.5
铜	mg/L	≦0.2
铬	mg/L	≦0.05
镍	mg/L	≦0.02

表 1.2-3 《海水冷却水排放要求》(GB/T39361-2020)

水质指标	单位	限值	监控位置
悬浮物	mg/L	≦30	企业海水冷却水排放口或岸边竖井
		人为增加量≦20(有本底值的情况下执行)	
水温	°C	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地9°C <sup>a</sup> (10°C <sup>b</sup> )，冬季不超过当时当地12°C <sup>a</sup> (16°C <sup>b</sup> )	企业海水冷却水排放口或岸边竖井
		人为造成的海水温降不超过当时当地5°C <sup>c</sup>	
		人为造成的海水温升或温降。夏季不超过当时当地4°C，冬季不超过当时当地3°C	混合区边缘
pH 值	-	6.0~9.0, 同时不超出该水域正常变动范围的0.5pH 单位	企业海水冷却水排放口或岸边竖井
化学需氧量(CODMn)	mg/L	≦7	
		人为增加量≦2(有本底值的情况下执行)	
无机氮(以N计)	mg/L	≦1.0	

水质指标	单位	限值	监控位置
总余氯 d	mg/L	<0.1	
总铬 e	mg/L	≦0.5	
六价铬 e	mg/L	≦0.05	
铜 f	mg/L	≦0.1	
锌	mg/L	≦0.5	
总磷（以 P 计）	mg/L	≦0.5	
		人为增加量 ≦0.05（有本底值的情况下执行）	
石油类 g	mg/L	<0.1	
急性毒性 （HgCl <sub>2</sub> 毒性当量）	mg/L	0.07	

注：第 1~3、6、13 项适用于海水直流冷却水排放水质，第 1~13 项适用于海水循环冷却水排放水质。

a 适用于火电和其他行业。

b 适用于核电机组。

c 适用于以海水作为气化液化天然气（LNG）热源的行业。

d 在投加氯基杀生剂时检测总余氯。

e 在投加铬酸盐类缓蚀剂时检测总铬和六价铬的含量。

f 在投加含铜化学品和 / 或含有铜材质的冷却水系统中检测铜含量。

g 适用于炼油企业。

表 1.2-4 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

污染物	最高允许排放浓度 (mg/L)	污染物	最高允许排放浓度 (mg/L)
化学需氧量	60	总汞	0.05
石油类	5	总铅	1
磷酸盐（以 P 计）	0.5	总锌	2
可吸附有机卤化物 (AOX)（以 Cl 计）	1	苯	0.1
丙烯腈	2	甲苯	0.1
邻，间，对-二甲苯	0.4		

表 1.2-5 《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB 18486-2001）污水海洋处工程主要水污染物排放浓度限值

污染物	最高允许排放浓度 (mg/L)	污染物	最高允许排放浓度 (mg/L)
化学需氧量(CODCr)≤	300	总锌≤	5
石油类≤	12	总汞≤	0.05
总氮≤	40	总铅≤	1
无机氮≤	30	苯系物≤	2.5
总磷≤	8	丙烯腈≤	4

## 2 取排水口拟选方案

### 2.1 连云港石化产业基地概况

连云港市位于江苏省东北部，东濒黄海，与朝鲜、韩国、日本隔海相望；北与山东郯城、临沭、莒南、日照等县市接壤；西与徐州、新沂市、宿迁毗邻；南与淮安市、盐城市相连。位于东经  $118^{\circ} 24' \sim 119^{\circ} 48'$  和北纬  $34^{\circ} \sim 35^{\circ} 07'$  之间，古称郁洲、海州。东距韩国釜山港 522 海里、日本长崎港 587 海里，西至徐州 223 公里、乌鲁木齐 3626 公里，南距上海港 383 海里、香港 1106 海里，北至大连港 342 海里、青岛港 107 海里。

连云港市位于中国沿海经济带和陆桥经济带的交汇处，是“一带一路”交汇点城市、新亚欧大陆桥的东方桥梁头堡，南连长三角，北接渤海湾，隔海东临东北亚，又通过陇海铁路西连中西部地区以至中亚，是连接南北、沟通东西的纽带，在我国区域经济协调发展具有重要战略地位。

徐圩新区位于连云港市城区东南部，是国务院批准设立的国家东中西区域合作示范区的先导区，是江苏省委、省政府实施江苏沿海开发战略的重要载体，南连长三角，北接渤海湾，与日本、韩国隔海相望，是“一带一路”沿线地区最便捷的出海通道。徐圩新区发展临港产业，既能利用国内外多种资源，承接国内外产业转移，又有广阔的现实市场空间和发展潜力。临港用地发展空间大，良好的交通区位将促进徐圩新区全面承载连云港的“南北挂钩”纽带和东中西互动平台作用。

连云港石化产业基地位于连云港市徐圩新区南部，本次规划范围北起徐圩湖南、疏港大道红线南退 550 米，南至驳盐河及南复堆河北岸，东临复堆河西岸，西至西安路和德邦厂区西边界，规划面积 61.34 平方公里。

根据基地产业发展规划，结合基地现状，综合规划区地理位置、自然条件、环境保护、安全卫生及生产运营对周边生态环境的影响程度，将基地规划为盛虹炼化项目区、二期炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园、化工新材料和精细化工区、物流仓储区及多点辐射的公用工程设施。

## 2.1.1 规划概况

《连云港石化产业基地总体发展规划修编》规划时限为 2020-2030 年，分为两期进行实施，其中：近期：2020-2025 年；远期：2026-2030 年。

连云港石化产业基地总体上规划为“一环串联、三轴带动、六区协同、多点辐射”的空间结构。

“一环”即依托疏港大道、海滨大道、徐仲公路和复堆河路形成规划区外围交通生态廊道。

“三轴”即依托省道 226（G228）、馗山路和苏海路打造三条产业空间轴。

“六区”即盛虹炼化项目区、二期炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园、化工新材料和精细化工区，各片区内部以用地有效集聚为原则，保持内部小组团的完整，利于开发的弹性和可持续性。

“多点”即“一体化”配套服务的公用工程及辅助设施。包括物流仓储区、工业水厂、污水处理、固废处理、变电站、消防站等。

以提升产业竞争力为核心，稳步推进炼化一体化产业，加快发展多元化原料加工产业，大力发展石化深加工产业。形成以大型炼化一体化和多元化料加工产业为支撑、以化工新材料和精细化工高端产业集群为特色的产业结构，打造规模、质量、效益协调发展的高端石化产业体系。承接江苏省石化产业转移，打造推动长江三角洲、江苏沿海地区、新亚欧大陆桥沿线区域相关产业发展的能源及石化原材料产业基地。

## 2.1.2 石化基地水资源概况

### 2.1.2.1 水资源现状

连云港市全市有大型水库 3 座、中型水库 8 座、小型水库 156 座，总库容达 12.5 亿  $m^3$ 。各种类型的机电排灌站 1413 处，装机容量 70711kW，提水总规模 1053  $m^3/s$ 。地下水井约 3630 眼，供水能力 9027 万  $m^3$ ，其中深层井为 451 眼，供水能力 6500 万  $m^3$ ；浅层地下水井合计 3179 眼，其中配套井 1489 眼，开采能力 2527 万  $m^3$ 。

连云港市用水主要依靠调引江淮水，现状调引江淮水进入连云港市的口门主要有四个，即淮沭新河调水线的吴场水利枢纽和新沂河南偏泓、盐河殷渡及通榆

河北延送水工程。

连云港市区主要供水河道为蔷薇河、善后河，其中蔷薇河主要供云台山以北区域用水，主要包括连云港市主城区、东部城区、连云港港口及近郊农业用水，供水面积约 485km<sup>2</sup>；善后河主要供善北区域农灌及徐圩新区用水，供水面积约 715 km<sup>2</sup>。

徐圩新区送水工程分送水工程和蓄水工程两部分，近期向徐圩新区送水规模为 10 m<sup>3</sup>/s，远期规模为 15 m<sup>3</sup>/s；蓄水工程近期规模为 1211 万 m<sup>3</sup>，远期规模为 1633 万 m<sup>3</sup>。

### 2.1.2.2 连云港石化产业基地需水量预测

根据《连云港石化产业基地总体发展规划修编》，基地总工业用水量约 97 万 m<sup>3</sup>/d，其中已建及在建项目工业用水量为 69.9 万 m<sup>3</sup>/d，规划工业用水量为 27.1 万 m<sup>3</sup>/d，见表 2.1-1。

规划按基地生产污水整体回用率达到 70%，生产废水整体回用率达到 70% 计算，基地可回收利用的再生水量约 26.61 万 m<sup>3</sup>/d。则考虑再生水回用后基地工业用水量为 70.39 万 m<sup>3</sup>/d。

表 2.1-1 用水量预测表（单位：万 m<sup>3</sup>/d）

序号	项目	用水量
一	<b>已建项目</b>	
1	虹港石化一期	3.84
2	斯尔邦一期	5.71
3	虹洋热电	2.41
二	<b>在建拟建项目</b>	
1	盛虹炼化一体化	13.93
2	虹港二期	4.62
3	斯尔邦二期	4.93
4	卫星石化	14.76
5	丙烷脱氢项目	2.02
6	中化瑞恒一期 (含瑞兆科)	2.83
7	圣奥化学	0.45
8	德邦化工	3.25
9	公用工程岛一期	3.02

序号	项目	用水量
10	公用工程岛二期	1.75
11	虹洋热电二期	6.37
	已建在建及拟建项目合计	69.88
三	规划项目	
1	炼化项目区	13.44
2	多元化原料加工区未利用地	5.70
3	化工新材料和精细化工项目区	7.98
	规划项目合计	27.12
	总计	97.00

《连云港石化产业基地总体发展规划（修编）水资源论证报告书》对规划修编的需水量进行再次论证，至 2025 年，基地总需水 76.78 万 m<sup>3</sup>/d，产生污水 27.23 万 m<sup>3</sup>/d，再生水可利用量 19.06 万 m<sup>3</sup>/d，扣除再生利用量后，基地总需新水 57.72 万 m<sup>3</sup>/d，总排水 8.17 万 m<sup>3</sup>/d；至规划期末 2030 年，基地总需水 94.66 万 m<sup>3</sup>/d，产生污水 33.57 万 m<sup>3</sup>/d，再生水可利用量 23.5 万 m<sup>3</sup>/d，扣除再生利用量后，基地总需新水 71.16 万 m<sup>3</sup>/d，总排水 10.07 万 m<sup>3</sup>/d。

#### 2.1.2.3 连云港石化产业基地供水设施配套情况

连云港石化产业基地位于连云港市徐圩新区，用水由方洋水务徐圩水厂统一供给，取水水源为善后河地表水，主要依靠徐圩新区送水工程调引的江淮水供给，现状用水主要为已建虹港石化、斯尔邦石化、连云港石化、中化瑞恒在建企业施工用水、生活用水等。

方洋水务徐圩水厂紧邻石化产业基地，位于烧香支河西侧，疏港大道北，取水口位于善后河左岸，善后新闸闸上约 1000m 处。现状产能为 9 万 m<sup>3</sup>/d，其中深度处理自来水生产能力为 4.5 万 m<sup>3</sup>/d。

方洋水务徐圩第二水厂位于石化九路东，隰山路北，靠近石化基地中心区域，其中已建一期规模为 20 万 m<sup>3</sup>/d，二期工业水供水 20 万 m<sup>3</sup>/d、三期一阶段脱盐水供水规模 10 万 m<sup>3</sup>/d，在建三期二阶段工业水供水规模 15 万 m<sup>3</sup>/d。

#### 2.1.2.4 连云港石化产业基地水资源开发利用情况

连云港石化产业基地用水量增长较快，根据方洋水务供水资料统计，2015 年徐圩新区总用水量 5.3 万 m<sup>3</sup>/d，至 2020 年用水量增至 11.4 万 m<sup>3</sup>/d，2021 年用

水量增至 17.6 万 m<sup>3</sup>/d, 2022 年用水量增至 25.5 万 m<sup>3</sup>/d, 2023 年用水量增至 51.1 万 m<sup>3</sup>/d。

表 2.1-2 2023 年连云港石化产业基地各企业用水量

序号	企业	用水种类	用水量 (吨/天)
1	盛虹炼化(连云港)有限公司	工业水	61703
		脱盐水	45493
2	江苏斯尔邦石化有限公司	工业水	37067
3	江苏虹港石化有限公司	原水	8170
		工业水	54320
4	连云港石化有限公司	工业水	88686
5	江苏嘉宏新材料有限公司	工业水	17873
6	江苏瑞恒新材料科技有限公司	工业水	16786
7	中化连云港石化仓储有限公司	工业水	7369
8	连云港虹洋热电有限公司	原水	129
9		工业水	109809
10		脱盐水	29885
11	连云港中星能源有限公司	工业水	23880
12	中国石化集团石油商业储备有限公司连云港商储分公司	自来水	560
13	江苏赛科化学有限公司	自来水	416
14	江苏思派新能源科技有限公司	自来水	854
15	连云港鹏辰特种新材料有限公司	自来水	829
16	江苏瑞兆科电子材料有限公司	自来水	265
17	连云港圣奥化学科技有限公司	自来水	1382
18	江苏虹景新材料有限公司	自来水	988
19	江苏虹威化工有限公司	自来水	393
20	江苏洋井化工仓储有限公司	自来水	1302
21	奥升德功能材料(连云港)有限公司	自来水	301

序号	企业	用水种类	用水量 (吨/天)
22	江苏德邦兴华化工科技有限公司	自来水	2550
	合计		511010

### 2.1.2.5 连云港石化产业基地水资源制约情况

新区仅有善后河单一水源地，在夏季农灌高峰期易出现水资源不足及水质污染的情况。徐圩新区新鲜水主要取自善后河，而善后河的原水氯离子含量高，这造成企业内部循环水厂浓缩倍数低于国家规范要求，用水量大幅增加。另外，在夏季农业灌溉高峰期，原水 COD 升高，导致园区脱盐水厂及企业化学水制水设施的膜需频繁清洗，降低脱盐水制水率，降低化工企业用水效率。

根据《省水利厅办公室关于连云港石化产业基地总体发展规划(修编)水资源论证报告书的审查意见》（苏水办资[2020]11号），2025年和2030年新水配置量分别为1.92亿立方米和2.31亿立方米（57.6万吨/天和69.3万吨/天），但是目前基地内各企业节水评价单独批复的新鲜水用量累计已达71.5万吨/天，后续拟入驻企业新鲜水用量预计20万吨/天，合计91.5万吨/天，超出省水利厅批复的基地水资源论证报告总量32%。

徐圩新区地处沿海，海水资源充足，且目前国家陆续出台多项政策鼓励海水资源的使用。同时，《省水利厅办公室关于连云港石化产业基地总体发展规划(修编)水资源论证报告书的审查意见》（苏水办资[2020]11号）也提出石化产业基地海水淡化配置要求，2030年石化产业基地海水淡化供0.06亿立方米（1.8万吨/天）。面对基地水资源供给不足且原水水质较差的现状，为保障新区用水安全，建议加大石化基地海水资源配置量，开辟海水作为第二水源，与已建的脱盐水厂形成互联互通格局，推动基地新建项目利用海水资源代替淡水资源，提供高品质脱盐水替代低品质工业水，提高园区企业高品质用水的保证率。

## 2.2 取排水规模确定

### （1）需求梳理

连云港市一带一路海水综合利用项目主要为保障连云港石化产业基地未来脱盐水使用需求，以及炼化二期拟入驻项目的冷却水需求，经初步调研，海水淡化及冷却需求如下：

一是海水淡化需求，根据盛虹炼化、虹洋热电、虹威化工和虹景新材料等公

司提出的使用需求，到 2025 年园区共需提供 15 万吨/天的脱盐水，考虑到炼化二期未来的脱盐水需求约 7 万吨/天，石化基地远期脱盐水总需求量约 22 万吨/天。前期，方洋水务规划建设了 10 万吨/天的脱盐水厂，未来仍有 12 万吨/天的脱盐水供水缺口。

二是海水冷却需求，经初步调研，炼化二期地块冷却水量约为 1900 万吨/天，考虑海水取水规模受温度场、盐度场等因素制约，因此需结合相关数值模拟结果确定项目规模。

## **(2) 初步确定取排水点位**

通过经济性比选，初步确定项目取水口设置于徐圩港区一港池，排水口设置于徐圩港区二港池。

## **(3) 根据相关规划和标准要求倒推海水综合利用规模**

一是海水淡化规模，根据需求分析，确定海水淡化取水规模 35 万吨/天，生产产品水 12 万吨/天，同时产生浓水 23 万吨/天。

二是海水冷却规模，根据《核电厂温排水环境影响评价技术规范》（NB/T 20299-2014），要求夏季温排水造成的取水温升 $\leq 1.5^{\circ}\text{C}$ ；根据《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020）、《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB18486-2001），要求的混合区（夏季海水温升 $\geq 4^{\circ}\text{C}$ 范围） $< 0.48 \text{ km}^2$ 。为满足上述要求，方洋水务委托天科院开展了《连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究》，通过倒推，当温排水量为 80 万吨/天时，在夏季最不利工况下，温排水造成的取水口温升 $< 0.5^{\circ}\text{C}$ ，排水口温升 $\geq 4^{\circ}\text{C}$ 的混合区范围为  $0.47 \text{ km}^2$ ，刚好符合相关规范和标准要求。

综上，连云港市一带一路海水综合利用项目海水取水及输送规模 115 万吨/天，其中海水冷却规模 80 万吨/天，产生温排水 80 万吨/天；海水淡化进水规模 35 万吨/天，产出产品水 12 万吨/天给园区企业使用，同时产生浓水 23 万吨/天。项目产生的温排水和浓水混合排放，排水规模共计 103 万吨/天。

因此，确定海水淡化总规模为 12 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，用于冷却的海水规模为 80 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。取水量包括两部分内容：冷却水取水量及海水淡化取水量，总取水量分两种工况：

1) 春秋冬季工况：海水总取水量 80 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，全部用于炼化二期地块企业冷却，冷却后产生的温排水 35 万  $\text{m}^3/\text{d}$  进入海水淡化设施，剩余 45 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的温

排水会同海水淡化厂产生 23 万 m<sup>3</sup>/d 浓水混合外排，外排水量共计 68 万 m<sup>3</sup>/d。海水淡化厂 12 万 m<sup>3</sup>/d 产品水供给企业使用。

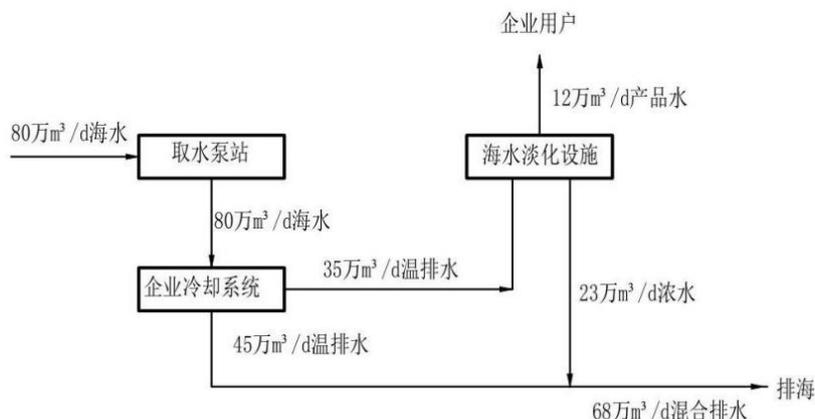


表 2.2-1 总取水量春夏秋冬季工况

2) 夏季工况：海水总取水量 115 万 m<sup>3</sup>/d，分成两部分：一是海水淡化工程取水量 35 万 m<sup>3</sup>/d（因夏季海水底温 28℃，冷却后出水约 38℃，无法作为海水淡化的进水），产生 12 万 m<sup>3</sup>/d 产品水供给企业，同时产生 23 万 m<sup>3</sup>/d 浓水；二是炼化二期地块冷却海水取水量 80 万 m<sup>3</sup>/d，产生的温排水，会同 23 万 m<sup>3</sup>/d 浓水混合外排，外排水量共计 103 万 m<sup>3</sup>/d。

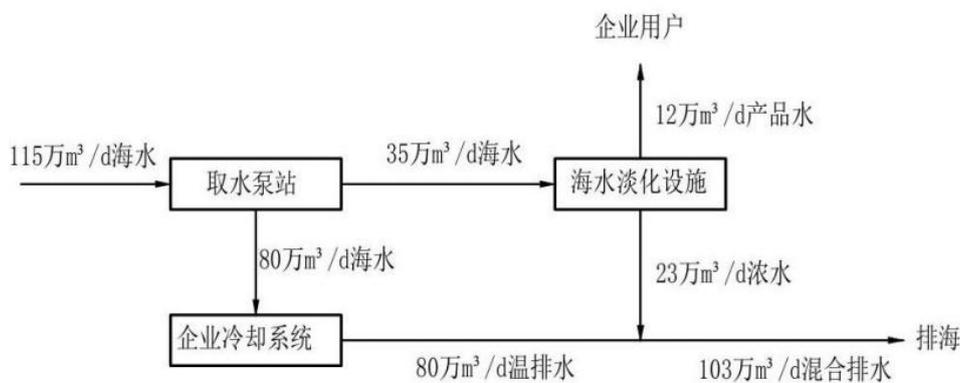


表 2.2-2 总取水量夏季工况

## 2.3 取排水口分析

### 2.3.1 取水口分析

海水取水方式多种多样，不同的取水系统适用于不同的地区及淡化工艺。因此，需要根据实际情况来进行海水取水工程的设计。海水取水的难点主要为：潮位差、风浪、腐蚀性、微生物细菌和贝类生长。海水取水方式根据当地的实际情

况，以较经济的方式获取水量充足、水质较佳且稳定的海水。

综合各方面考虑，由于本工程取水量较大，所处海域海床平坦，深水区离岸较远的情况，因此取水采用浅海取水方式。取水主体部分设置在近岸海域，利用海水在重力流作用下通过取水管道流入集水井，取水较安全。

连云港徐圩海域地处故黄河浅滩，其泥沙沉积年份短，泥沙活跃。近多年来，连云港岸滩呈持续弱冲刷状态。在波浪、潮流共同作用下，被冲刷的大量泥沙向海州湾湾顶运移。

取水口位置的选择，通常需结合以下原则：

(1) 海岸取水口的位置宜选择在地质构造稳定、地形开阔、便于施工、海水水质好、漂浮物少、海生物活动少、有天然掩护、海浪和海流作用小、泥沙来源少、沿岸泥沙流弱、深水线靠近岸边的地段。不应选择在岩壁陡峭，有断层、滑坡及岩溶发育的岸段。在沿岸泥沙流活跃，潮流过急易产生严重冲刷的地段，岸边缓流区、死水区及回流区易于泥沙淤积的地段，以及海岸养殖业水域附近地段也不宜建取水口。

(2) 选择取水口的位置应注意沿岸泥沙运动的强度及方向，避免在沿岸纵向泥沙运行较强的海岸建取水口。当不可避免时，应采取相应的工程措施。

(3) 在淤泥质海岸，由于海滩平缓，取水工程难度较大，在取水工程选择时应尽量避免。

(4) 当取水与港池结合时，将会给港池增加纳潮量，因而增加淤积量。需要结合当地条件对增加的淤积量进行估算，并对取水与港池结合的可行性进行分析。

(5) 取水口位置的选择既要保护海生动物，又要防止海生动物对供水系统的危害。海湾的某些区域由于水文、地质等特点，成为某种鱼虾的集中产卵区或索饵区，而在邻近区域可能并非鱼虾密集的产卵区或索饵区。在取水口选择时，要进行海生动物的调查，选择合理的取水地点，使取水的卷载效应尽可能地降低。

(6) 对于重要工程取水口的布置和防浪、防沙、防冰设施应结合具体条件进行物理模型试验，进行验证和优化。

(7) 徐圩港区泥沙环境较为恶劣，近岸含沙量较大，近岸取水受泥沙影响较大。徐圩港区建设后，港内受到良好掩护，其含沙量大大降低，港内取水有利

于保障取水安全。

鉴于上述理由，综合考虑岸滩地质条件、地形条件、施工和运行条件、海水水质、潮型和潮位变化、近岸水深、海生物等各种因素，同时避免近岸取水受泥沙的直接影响，确保取水安全，利用徐圩港区的良好掩护，在拟选岸段徐圩港区内设置了三个取水口，分别为 A、B 和 C。取水口位置见图 2.3-1 和表 2.3-1。

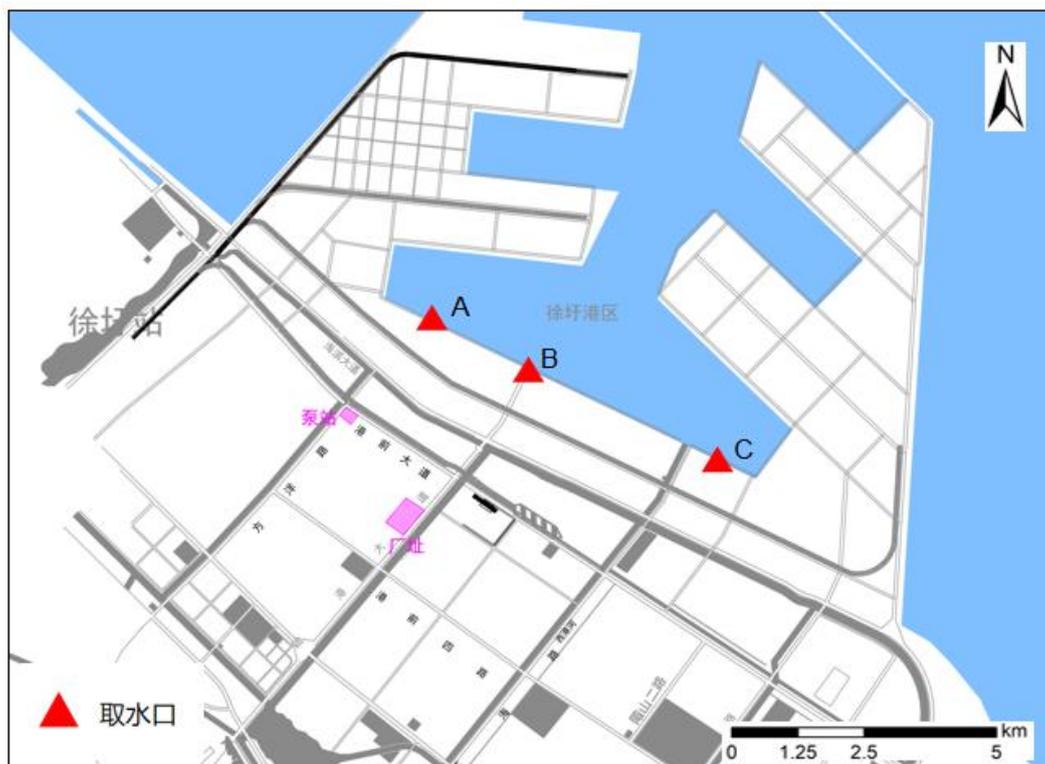


图 2.3-1 初选取水口位置图

表 2.3-1 拟选取水口位置

序号	拟选取水口	东经	北纬
1	A	119° 33' 28.11"	34° 36' 29.58"
2	B	119° 35' 12.9"	34° 35' 47.15"
3	C	119° 36' 18.51"	34° 35' 25.55"

### 2.3.2排水口分析

在取水口选址方案的基础上，根据《污水排海管道工程技术规范》（GB/T 19570-2017）和《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB 18486-2001）相关技术要求：

(1) 根据徐圩港区平面布局，在港池内布置了相应的取水口，因此为了避免温水排放对港池水体温度的影响，温排口周边可能存在温排水扩散回流对取水水温的影响，因此温排口应尽可能远离取水口，以确保温水排放不会对取水口水

体温度产生明显的影响；

(2) 有利于污染物向外海输移扩散的海域，并避开由岬角等特定地形引起的涡流及波浪破碎带；

(3) 不影响鱼类洄游通道，不影响混合区外邻近功能区的使用功能；

(4) 污染物排放量满足环境容量要求，位于海湾内的排放点混合区不得超过  $0.48\text{km}^2$ ，位于开阔河口的排放点混合区不得超过  $3\text{km}^2$ ；

根据《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB 18486-2001）中规定了污水海洋处置工程中混合区范围的规定如下：

若污水排往开敞海域或面积  $\geq 600\text{km}^2$  (以理论深度基准面为准) 的海湾及广阔河口，允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。

若污水排往  $< 600\text{km}^2$  的海湾，混合区面积必须小于按以下两种方法计算所得允许值 ( $A_a$ ) 中的小者：

$$\textcircled{1} \quad A_a = 2400 (L + 200) \quad (\text{m}^2)$$

式中：L-扩散器长度(m)

$$\textcircled{2} \quad A_a = \frac{A_0}{200} \times 10^6 \quad (\text{m}^2)$$

式中： $A_a$ -计算至湾口位置的海湾面积 ( $\text{m}^2$ )

当排水口设置在徐圩港区西防波堤外海湾沿岸时，海湾面积约为  $70.75\text{km}^2 < 600\text{km}^2$ ，本工程排口无扩散器  $L=0$ ，因此允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ ；当排水口设置在徐圩港区港内时，海湾面积约为  $61.20\text{km}^2 < 600\text{km}^2$ ，因此允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ ；当排水口设置在徐圩港区东防波堤外开敞海域沿岸时，允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。

(5) 不得导致纳污水域混合区以外生物群落结构退化和改变；

(6) 污水海洋处置不得导致有毒物质在纳污水域沉积物或生物体中富集到有害的程度。

鉴于上述理由，为避免排水口周边可能存在的温排水扩散回流对取水水温的影响，同时对取排水口进行全面合理的选划，分别在徐圩港区西防波堤外、徐圩港区港内以及徐圩港区东防波堤外的拟选岸段上设置了五个排水口，分别为 1#、2#、3#、4#和 5#排水口。

根据生态环境部《关于连云港港徐圩港区 30 万吨级原油码头工程环境影响报告书的批复》（环审〔2022〕159 号），要求在徐圩港区西防波堤规划三港池根部建设宽 60 米明渠过水通道工程，确保港池水体有效交换。因此考虑三港池可能水体交换条件较好，排水口位置比选增加了三港池排口方案，为 6#排口。排放口位置见图 2.3-2 和表 2.3-2。

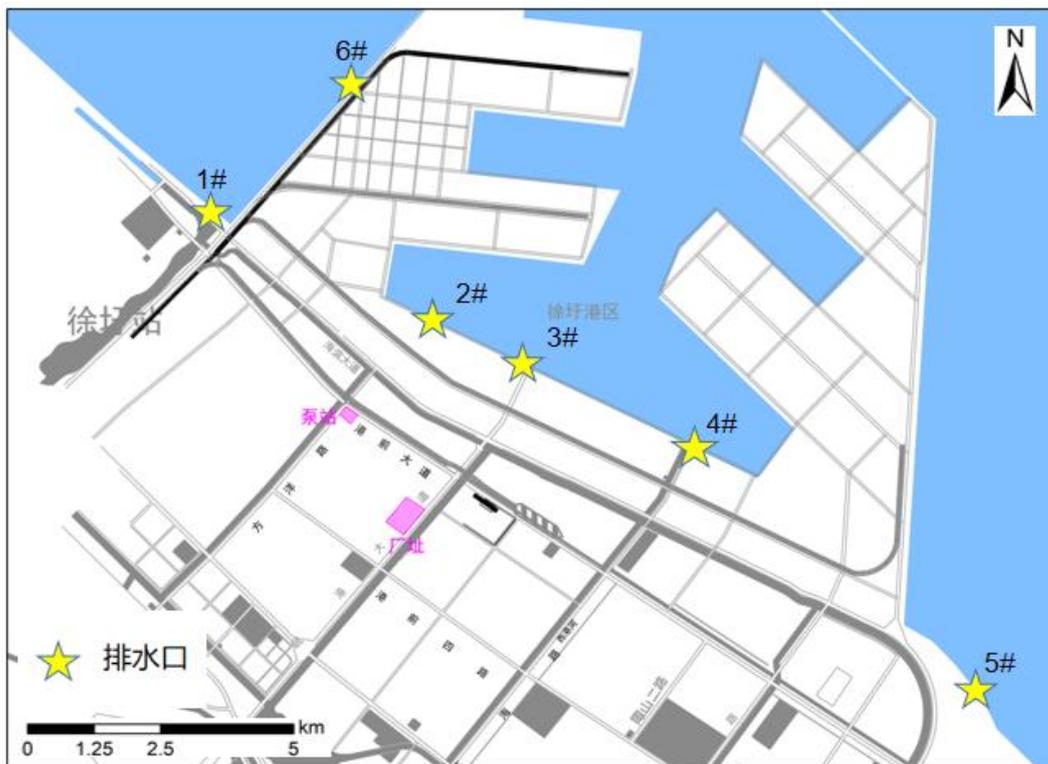


图 2.3-3 初选排水口位置图

表 2.3-2 拟选排水口位置

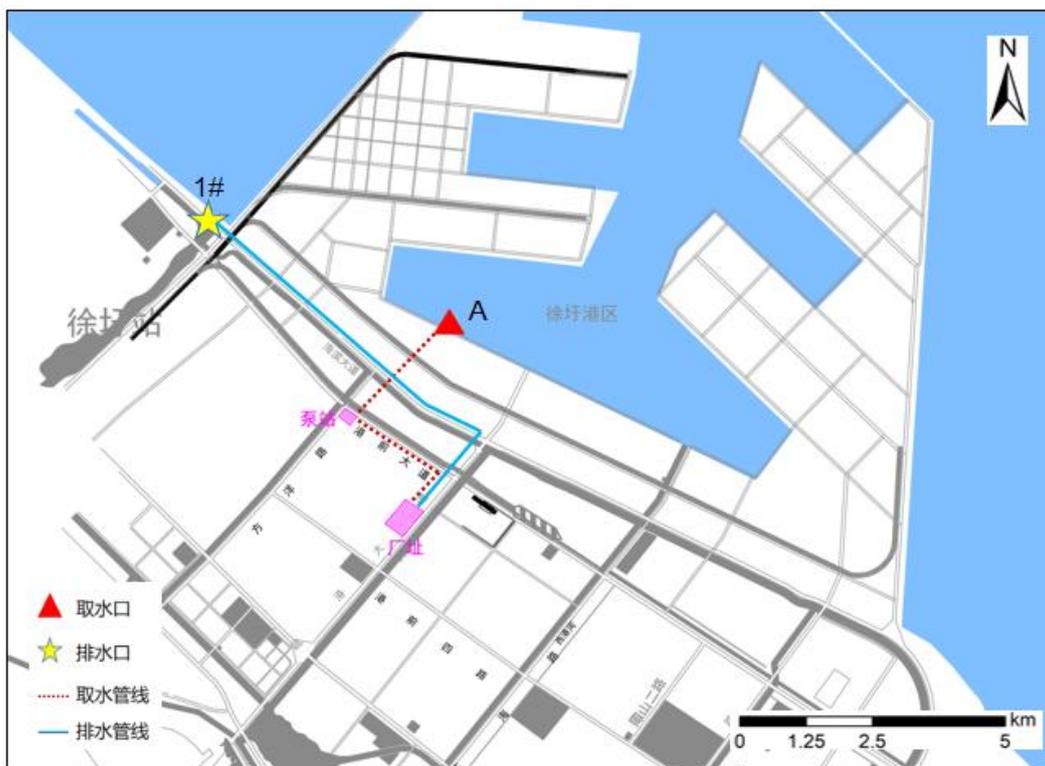
序号	拟选排水口	东经	北纬
1	1#	119° 31' 20.76"	34° 37' 23.35"
2	2#	119° 33' 28.11"	34° 36' 29.58"
3	3#	119° 35' 12.9"	34° 35' 47.15"
4	4#	119° 36' 17"	34° 35' 25"
5	5#	119° 38' 41.96"	34° 33' 20.4"
6	6#	119° 32' 48.47"	34° 38' 28.56"

## 2.4取排水口方案

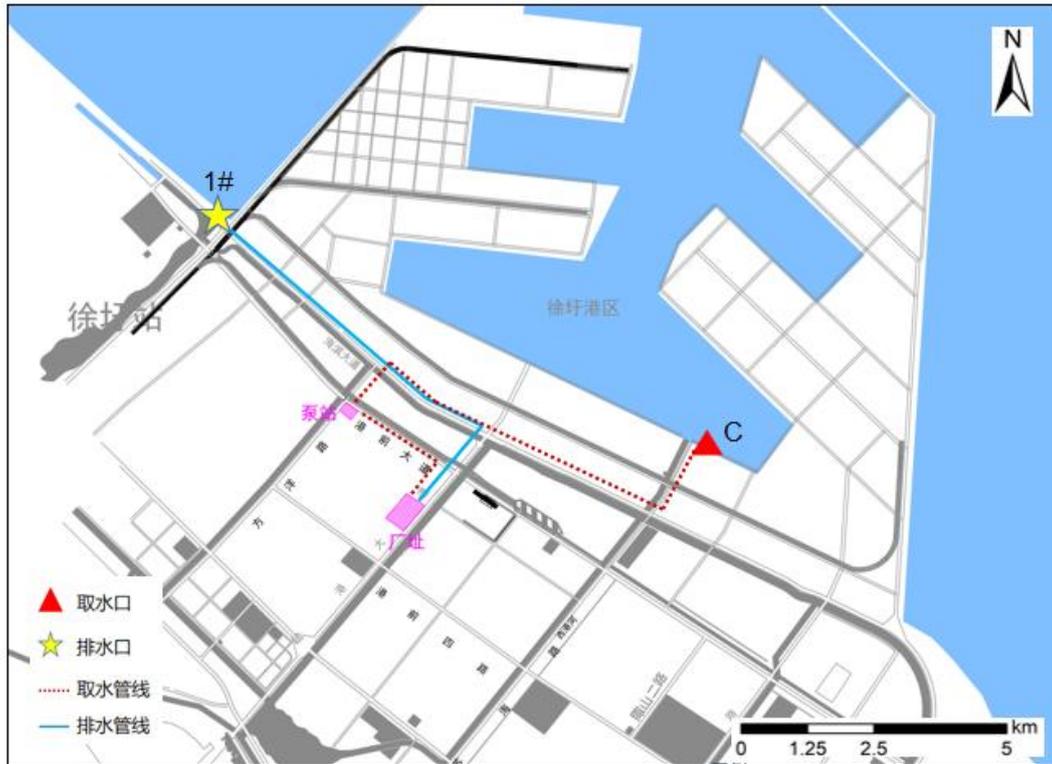
取、排水位置方案选取时，主要考虑了排水口位置，同时兼顾取水布置。根据 2.3 节拟选的 3 个取水口和 6 个排水口，对取排水位置进行组合，初步得到 19 种方案。由于排水口周边可能存在的排水扩散回流会对取水水温和盐度的造成一定影响，因此对方案进行了初步判断，排除了排水口与取水口距离过近的情况。

最终通过初步排除后，获得 9 个拟选方案。

考虑港区西侧排水方案、港内排水方案、港区东侧排水方案和三港池西侧堤外排水方案，将 9 个比选方案分成四大类。各对比方案取排水设置如图 2.4-1~图 2.4-3 所示。

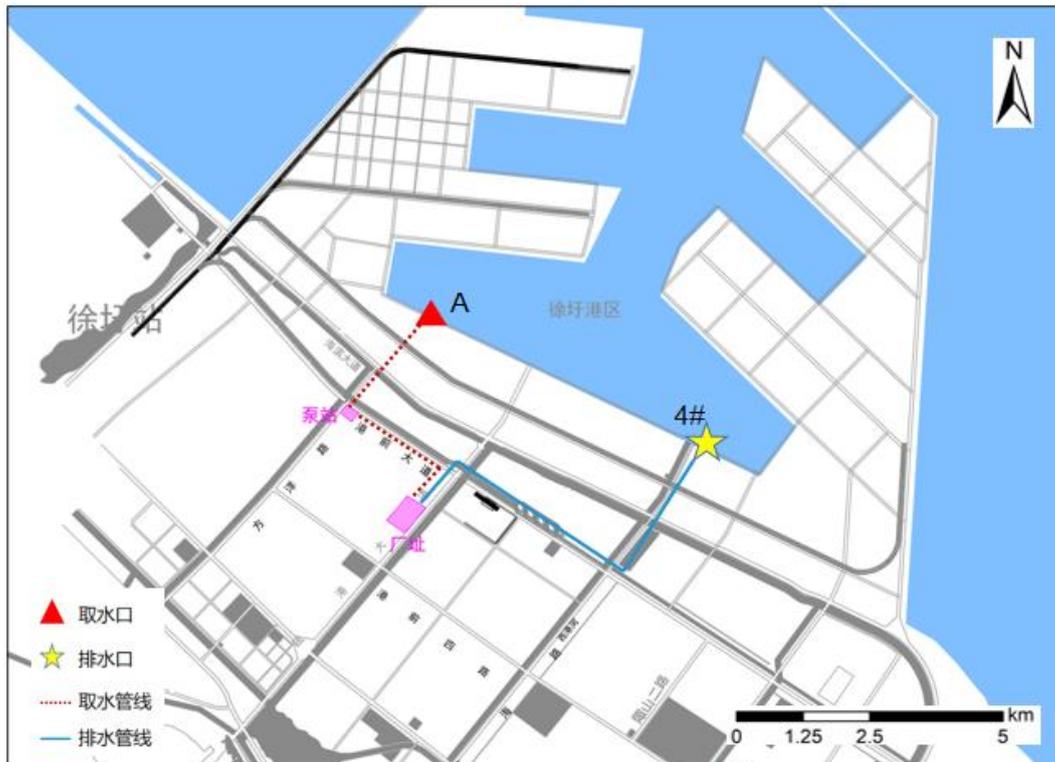


(a) 方案 1

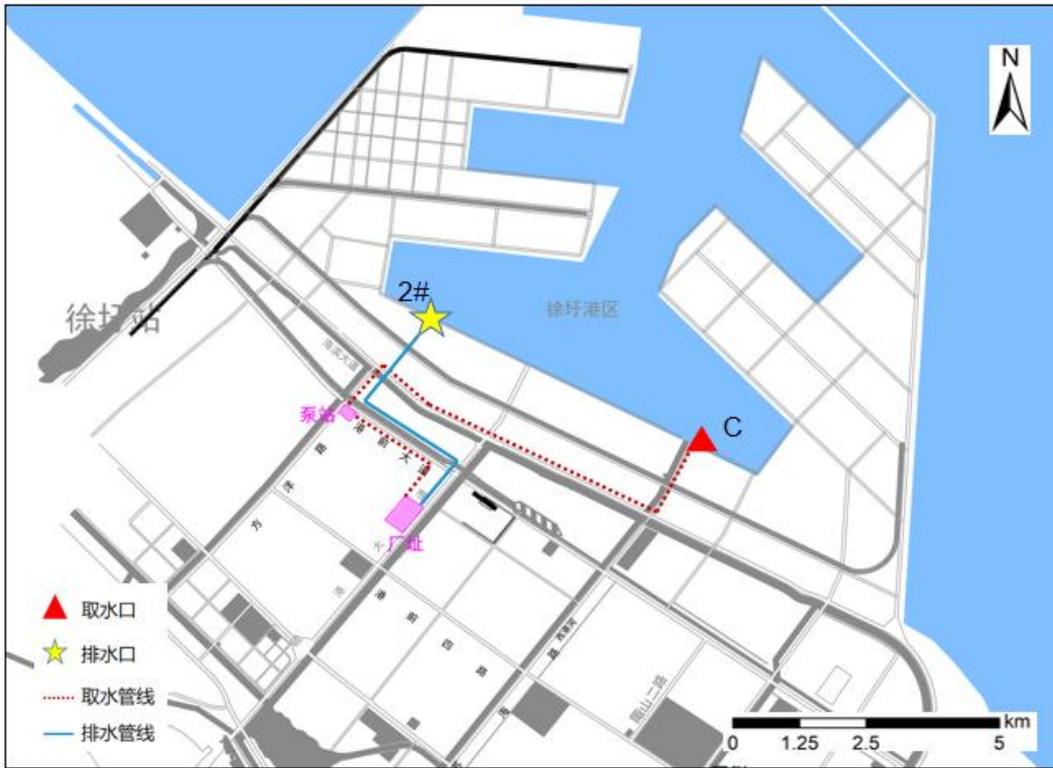


(b) 方案 2

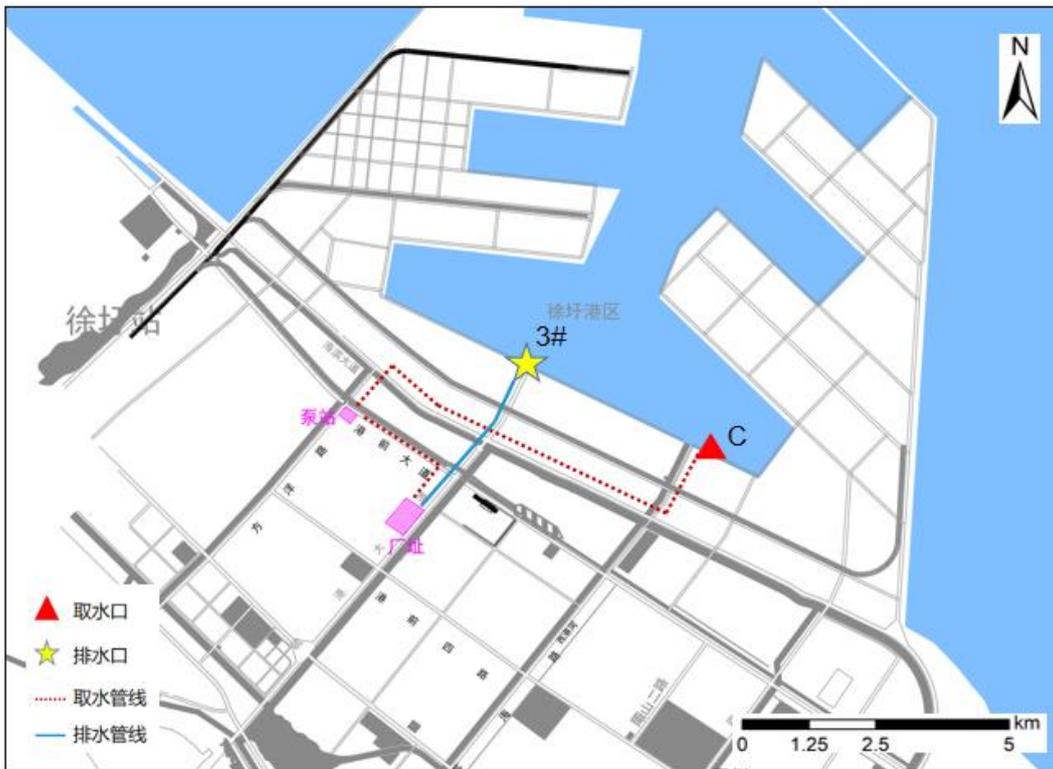
图 2.4-1 港区西侧排水口方案位置示意



(a) 方案 3



(b) 方案 4



(c) 方案 5

图 2.4-2 港区内排水口方案位置示意

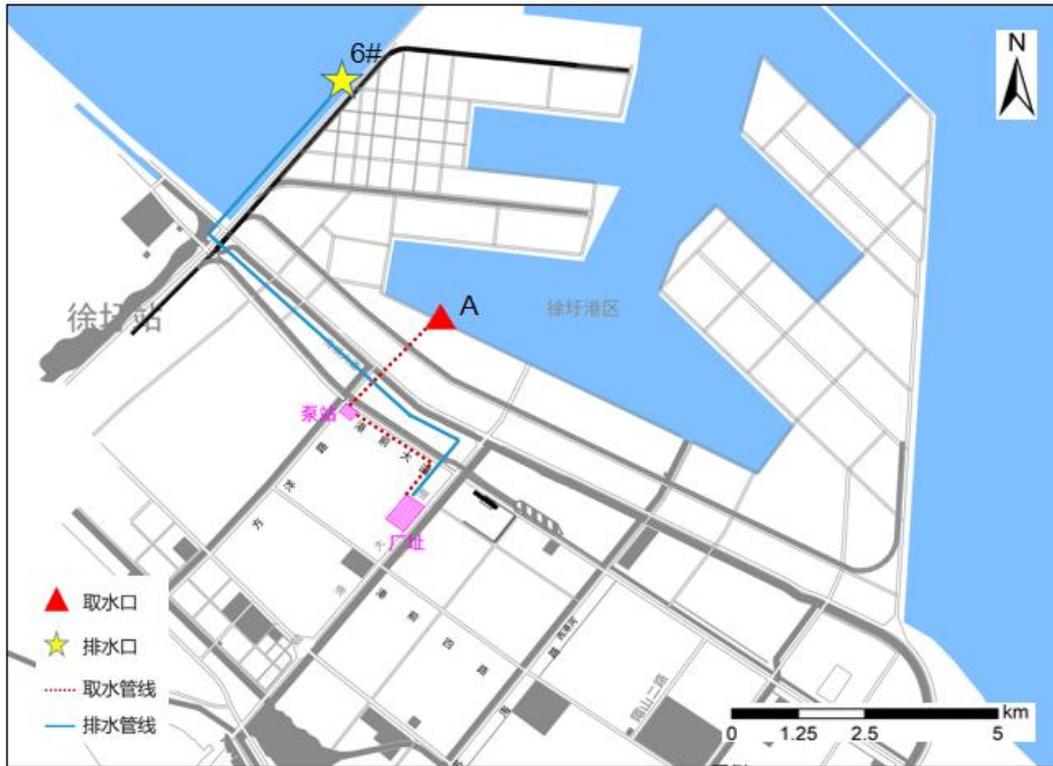


(a) 方案 6

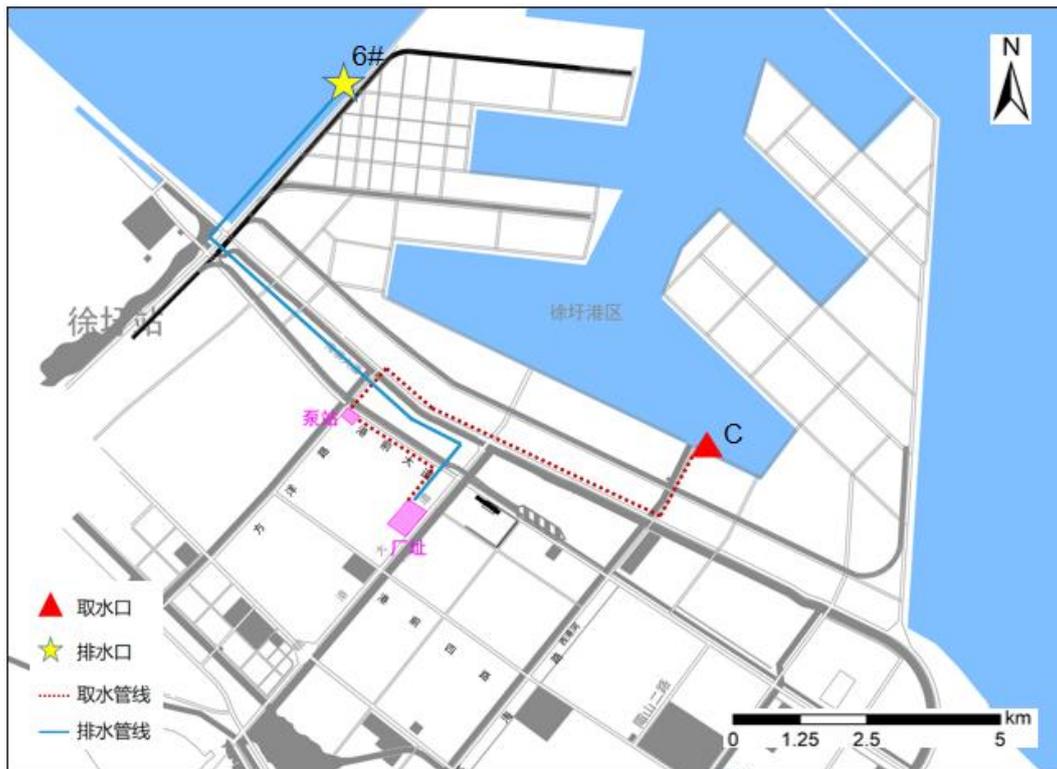


(b) 方案 7

图 2.4-3 港区东侧排水口方案位置示意



(a) 方案 8



(b) 方案 9

图 2.4-4 三港池西侧堤外排水口方案位置示意

## 2.5 造水成本分析

本工程取排水具有连续性长期性，排水口排放的高温高盐海水可能会对取水口取水水质产生一定的影响。鉴于这一因素，为预防取水水质的温度盐度受排水水质的影响，在评估造水成本时考虑了运营期取水高温高盐情况下，化学药品和能源的消耗及水处理等额外的运行成本。

### (1) 化学药品消耗

海水取水部分药剂主要有杀菌剂及杀贝剂等。

化学药品主要有：混凝剂、絮凝剂、杀菌剂、还原剂、阻垢剂、酸、碱等

表 2.5-1 药剂种类及年用量

序号	药品名称	有效成分含量	药剂描述	总加药量 (吨)	一期加药量 (吨)	二期增加 (吨)
-	冷却海水取水					
1	NaClO	10%	液体	5197.56	5197.56	0
2	杀贝剂	100%	液体	308.00	308.00	0
二	海水淡化					
1	NaClO (连续)	10%	液体	1736.63	1157.75	578.88
2	杀贝剂	100%	液体	17.28	11.52	5.76
3	PAC (FeCl <sub>3</sub> )	28%	固体粉末	1263.41	842.28	421.14
4	PAM	100%	固体粉末	59.93	39.95	19.98
5	HCl	30%	液体	112.94	75.29	37.65
6	NaOH	100%	固体粉末	15.58	10.39	5.19
7	NaHSO <sub>3</sub>	100%	固体粉末	506.40	337.60	168.80
8	阻垢剂	100%	液体	405.12	270.08	135.04

### (2) 能源消耗

电价采用方洋水务提供的 2022 年度 1 月~9 月的平均电度电费：0.6927 元/kWh。

容量电费 30 元/kVA·月。

一期冷却海水吨水耗电量 0.054kWh，用电容量 630 kVA。

冷却海水耗电包括冷却海水取水泵耗电，不包括夏季淡化厂原海水取水泵用电。

厂区海水淡化工程一期吨水耗电 4.33kWh，二期吨水耗电 4.28 kWh，用电容量 25515kVA。

厂区电耗包含淡化厂厂区内工艺、照明等耗电，也包括外围原海水取水、产品水输

送等工艺耗电。

### (3) 设备材料更换费用

膜法装置运行一段时间后需要更换的材料有：超滤膜、反渗透膜、过滤器滤芯等，其中超滤膜更换周期按 5 年计，反渗透膜的更换周期按 3 年计，保安过滤器滤芯的更换周期按 4 个月计。

### (4) 污水处理费用

进水按照全年平均 SS 为 20ppm 进行测算，吨泥处理价格暂按 400 元/吨，考虑药剂费用及运输费用。

### (5) 化验费

日检，单次 17 个指标，点位海水+淡水，单次费用 1145 元。

### (6) 职工工资福利费用

一期取水泵站定员 20 人，淡化厂定员 44 人，二期淡化厂增加定员 11 人，根据 2021 年连云港城镇单位就业人员统计公报，电力、热力、燃气及水生产和供应业为 174516 元，本项目按照人均 18 万元测算。

### (7) 修理费

日常检修维护费用取其固定资产原值的 2.0%。

### (8) 其他费用

主要包括日常管理、差旅、税金等，按照供水行业的计算标准，参照已建海水淡化经验，取 1-7 项的 6%。

### (9) 固定资产折旧及摊销费

厂房建筑折旧年限按照 20 年考虑，设备材料等折旧年限按照 15 年考虑，残值 5%。

### (10) 财务费用

主要是工程投入运行后长期及短期贷款还款利息费用。

表 2.5-2 成本费用表 (单位: 万元)

序号	名称	一期			二期增加	合计
		海水和淡水 输送	海水淡化	小计	海水淡化	
1	药剂费用 (含税 13%)	600.61	1170.89	1771.50	552.92	2324.42
2	材料更换费用 (含税 13%)		2183.99	2183.99	1091.99	3275.98
3	电力消耗 (含税 13%)	941.16	8045.09	8986.25	1695.75	10682.00
4	污泥处理费 (含税 13%)		270.228	270.23	127.61	397.84

5	化验费	11.55	26.235	37.79		37.79
6	工资及福利	360.00	792.00	1152.00	198.00	1350.00
7	修理费	1034.06	1687.16	2721.22	314.46	3035.68
8	折旧及摊销费	2598.36	4239.44	6837.80	734.91	7572.71
9	财务费用	639.94	1044.12	1684.06	266.36	1950.42
10	其他费用	390.40	636.97	1027.38	238.84	1266.22
	总成本(含税)	6576.09	20096.12	26672.21	5220.84	31893.05

## 2.6 论证区域盐度温度分布情况

### 2.6.1 温度分布情况

国家海洋科学数据中心国家科技资源共享服务平台提供的中国温盐观测数据,本工程所在海域水温常年在  $3.5^{\circ}\text{C}\sim 31^{\circ}\text{C}$  之间。8 月份为水温最高月份,一般在  $26^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$  之间,个别日期能达到 30 度以上,最高不超过  $31^{\circ}\text{C}$ 。本工程夏季取得的原海水通过炼化二期地块企业的冷却系统,温升约为  $10^{\circ}\text{C}$ ,因此本项目温排水温度在  $13.5\text{--}41^{\circ}\text{C}$  之间。

### 2.6.2 盐度分布情况

盐度在近海的分布与变化,往往与海流、径流、风等诸多因素的影响有关,因而在不同水域会存在一定的差异。了解工程海域的盐度状况,对于掌握工程海域的海水环境和设计与施工均有重要的意义。

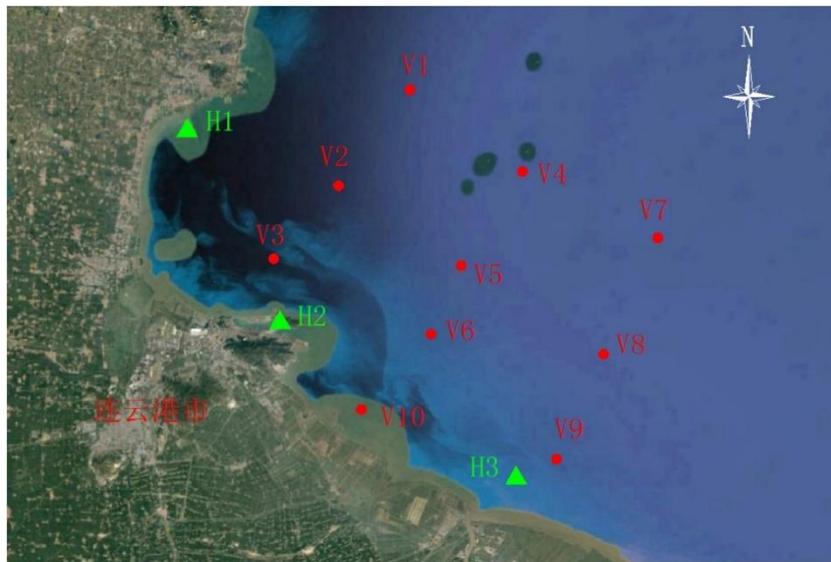


图 2.6-1 观测站位图

根据《炼化一体化项目海洋水文调查报告(2018年)》对工程附近海域海洋水文全潮测验期间 V1~V10 测站进行的逐时分层海水盐度观测,由盐度及潮位过程线可以看出,海水盐度随潮汐变化,表现出涨潮时升高,落潮时降低的变化特征。

#### 2.6.2.1 实测盐度的周日变幅

通过对施测海域各测站的实测盐度进行统计,得到实测盐度特征值(见表 2.6-1),

以及对施测海域最大、最小盐度发生的时间与测站进行了统计（见表 2.6-2）。

(1) 施测海域海水盐度，大潮期间各测站最大盐度为 30.53（V7 测站、2018 年 09 月 10 日 12:00、0.2H~0.6H），最小盐度为 22.26（V9 测站、2019 年 09 月 10 日 10:00、表层），盐度极端变化量 8.27。平均盐度分布在 25.15~30.29 之间。

(2) 施测海域小潮期间各测站最大盐度为 30.58（V7 测站、2018 年 09 月 17 日 14:00、0.6H~底层），最小盐度为 24.92（V3 测站、2018 年 09 月 18 日 07:00、表层），盐度极端变化量 5.66。平均盐度分布在 26.07~30.44 之间。

综上所述，施测海域各测站盐度的周日变化大、小潮分别在 0.21~4.94 之间、0.18~1.94 之间。盐度的周日变化幅度大潮大于小潮。

表 2.6-1 施测海域各测站海水盐度特征值

潮型	测站特征值	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
		大潮	最大	29.46	29.01	26.10	30.12	29.39	29.11	30.53	30.23
最小	29.08		26.29	23.93	29.27	28.39	26.16	30.04	29.98	22.26	26.32
平均	29.27		28.04	25.15	29.66	29.06	27.77	30.29	30.09	25.45	26.66
小潮	最大	29.50	28.56	26.90	29.77	29.62	28.98	30.58	30.14	27.94	28.37
	最小	28.96	26.93	24.92	29.14	28.72	27.63	30.28	29.77	25.99	26.94
	平均	29.33	27.72	26.07	29.46	29.20	28.39	30.44	29.96	27.02	27.58

表 2.6-2 施测海域各测站盐度垂向分布特征值

潮型	层次	最大盐度	发生时刻	测站	最小盐度	发生时刻	测站
大潮	表层	30.51	09 月 10 日 12:00	V7	22.26	09 月 10 日 10:00	V9
	0.2H	30.53	09 月 10 日 12:00	V7	22.65	09 月 09 日 11:00	V9
	0.4H	30.53	09 月 10 日 12:00	V7	22.98	09 月 09 日 11:00	V9
	0.6H	30.53	09 月 10 日 12:00	V7	23.62	09 月 09 日 11:00	V9
	0.8H	30.52	09 月 10 日 12:00	V7	23.79	09 月 10 日 10:00	V9
	底层	30.51	09 月 10 日 12:00	V7	23.84	09 月 10 日 10:00	V9
小潮	表层	30.54	09 月 17 日 15:00	V7	24.92	09 月 18 日 07:00	V3
	0.2H	30.55	09 月 17 日 15:00	V7	24.95	09 月 18 日 07:00	V3
	0.4H	30.55	09 月 17 日 15:00	V7	24.97	09 月 17 日 19:00	V3
	0.6H	30.58	09 月 17 日 14:00	V7	25.05	09 月 17 日 18:00	V3
	0.8H	30.58	09 月 17 日 14:00	V7	25.53	09 月 17 日 18:00	V3
	底层	30.58	09 月 17 日 14:00	V7	26.04	09 月 17 日 17:00	V9

### 2.6.2.2 垂线平均盐度的周日变幅

通过对施测海域各测站的盐度进行统计，得到大、小潮海水盐度特征值（见表 2.6-3~表 2.6-4）。

表 2.6-3 水文测验各测站海水盐度特征值（大潮）

潮型	测站	特征值	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
大潮	V1	最大	29.33	29.40	29.41	29.43	29.45	29.46	29.42
		最小	29.08	29.10	29.13	29.14	29.16	29.16	29.14

	平均	29.20	29.22	29.26	29.29	29.31	29.31	29.27
	盐度差	0.25	0.30	0.28	0.29	0.30	0.30	0.28
V2	最大	28.17	28.50	28.94	29.00	29.00	29.01	28.78
	最小	26.29	26.57	26.88	27.30	28.02	28.11	27.32
	平均	27.32	27.55	27.97	28.29	28.53	28.58	28.06
	盐度差	1.88	1.93	2.06	1.70	0.98	0.90	1.46
V3	最大	25.95	25.95	26.02	26.08	26.10	26.09	25.96
	最小	23.93	23.93	23.95	24.32	24.59	24.67	24.27
	平均	24.90	24.95	25.04	25.22	25.39	25.42	25.15
	盐度差	2.02	2.02	2.07	1.75	1.50	1.43	1.69
V4	最大	29.83	29.93	30.04	30.11	30.12	30.12	30.01
	最小	29.27	29.28	29.30	29.34	29.37	29.37	29.33
	平均	29.50	29.52	29.62	29.74	29.78	29.79	29.66
	盐度差	0.56	0.65	0.74	0.77	0.75	0.76	0.68
V5	最大	29.35	29.38	29.39	29.39	29.39	29.38	29.37
	最小	28.39	28.44	28.58	28.71	28.88	28.88	28.67
	平均	28.96	28.99	29.03	29.10	29.14	29.14	29.06
	盐度差	0.96	0.94	0.81	0.68	0.51	0.50	0.70
V6	最大	28.90	28.95	28.95	29.09	29.11	29.11	28.95
	最小	26.16	26.19	26.38	26.58	27.06	27.11	26.64
	平均	27.44	27.48	27.67	27.89	28.05	28.10	27.77
	盐度差	2.74	2.76	2.57	2.51	2.05	2.00	2.31
V7	最大	30.51	30.53	30.53	30.53	30.52	30.51	30.52
	最小	30.04	30.06	30.11	30.11	30.11	30.11	30.10
	平均	30.25	30.27	30.29	30.30	30.31	30.31	30.29
	盐度差	0.47	0.47	0.42	0.42	0.41	0.40	0.42
V8	最大	30.22	30.23	30.23	30.23	30.23	30.23	30.23
	最小	29.98	30.01	30.01	30.01	30.01	30.01	30.01
	平均	30.07	30.09	30.09	30.09	30.09	30.09	30.09
	盐度差	0.24	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22
V9	最大	27.20	27.26	27.26	27.24	27.31	27.30	27.23
	最小	22.26	22.65	22.98	23.62	23.79	23.84	23.32
	平均	25.00	25.36	25.45	25.58	25.66	25.68	25.48
	盐度差	4.94	4.61	4.28	3.62	3.51	3.46	3.91
V10	最大	26.99	—	—	27.01	—	27.01	27.00
	最小	26.32	—	—	26.34	—	26.33	26.34
	平均	26.62	—	—	26.67	—	26.69	26.66
	盐度差	0.67	—	—	0.67	—	0.68	0.66

表 2.6-4 水文测验各测站海水盐度特征值（小潮）

潮型	测站	特征值	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
小潮	V1	最大	29.41	29.46	29.46	29.47	29.49	29.50	29.45
		最小	28.96	29.00	29.10	29.25	29.27	29.28	29.20
		平均	29.21	29.25	29.31	29.38	29.41	29.42	29.33
		盐度差	0.45	0.46	0.36	0.23	0.23	0.22	0.26
	V2	最大	27.45	27.46	27.57	28.51	28.56	28.56	27.96

	最小	26.93	27.10	27.11	27.16	27.83	28.08	27.37	
	平均	27.21	27.28	27.33	27.86	28.28	28.34	27.71	
	盐度差	0.52	0.36	0.46	1.35	0.73	0.49	0.59	
V3	最大	26.54	26.54	26.67	26.85	26.90	26.89	26.60	
	最小	24.92	24.95	24.97	25.05	25.53	26.25	25.25	
	平均	25.52	25.59	25.83	26.27	26.55	26.65	26.06	
	盐度差	1.62	1.60	1.70	1.80	1.37	0.64	1.36	
	V4	最大	29.55	29.55	29.58	29.68	29.76	29.77	29.58
		最小	29.14	29.23	29.27	29.30	29.32	29.37	29.30
平均		29.37	29.40	29.43	29.47	29.52	29.54	29.46	
	盐度差	0.41	0.33	0.30	0.38	0.44	0.40	0.29	
	V5	最大	29.30	29.34	29.37	29.44	29.60	29.62	29.43
		最小	28.72	28.78	28.79	28.90	29.06	29.08	28.90
平均		29.09	29.16	29.17	29.21	29.28	29.29	29.20	
	盐度差	0.58	0.56	0.58	0.54	0.54	0.54	0.53	
	V6	最大	28.50	28.51	28.51	28.96	28.98	28.97	28.71
		最小	27.63	27.74	28.21	28.22	28.29	28.29	28.22
平均		28.21	28.27	28.36	28.45	28.52	28.53	28.39	
	盐度差	0.87	0.77	0.30	0.74	0.69	0.68	0.49	
	V7	最大	30.54	30.55	30.55	30.58	30.58	30.58	30.55
		最小	30.28	30.30	30.35	30.37	30.40	30.40	30.36
平均		30.38	30.40	30.43	30.46	30.48	30.48	30.44	
	盐度差	0.26	0.25	0.20	0.21	0.18	0.18	0.19	
	V8	最大	30.13	30.13	30.14	30.14	30.14	30.14	30.13
		最小	29.77	29.78	29.78	29.79	29.79	29.79	29.79
平均		29.94	29.95	29.96	29.97	29.97	29.97	29.96	
	盐度差	0.35	0.34	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	
	V9	最大	27.66	27.67	27.68	27.94	27.94	27.94	27.72
		最小	25.99	26.00	26.00	26.01	26.01	26.04	26.01
平均		26.90	26.94	26.96	27.04	27.12	27.15	27.02	
	盐度差	1.68	1.67	1.68	1.94	1.93	1.91	1.71	
	V10	最大	28.33	—	—	28.37	—	28.36	28.36
		最小	26.94	—	—	26.94	—	26.99	26.95
平均		27.45	—	—	27.57	—	27.72	27.56	
	盐度差	1.40	—	—	1.43	—	1.37	1.41	

本次水文全潮观测期间，垂线平均海水盐度，大潮分布在 23.32~30.52 之间，小潮分布在 25.25~30.55 之间。大、小潮平均盐度分别为 28.15、28.51。各测站垂线平均最大盐度，大、小潮分别为 30.52、30.55；都出现在外海海域 V7 测站。由施测海域各测站大、小潮垂线平均盐度分布图（图 2.6-2）可以看出，施测海域近岸海域各测站大潮盐度小于小潮盐度，其余测站大、小潮盐度差距不明显。

### 2.6.2.3 盐度的分布特征

(1) 盐度的平面分布特征：

通过对施测海域各测站垂线平均盐度分布图（图 2.6-2）可以看出，施测海域海水平均盐度，以外海海域 V7 测站最大，为 30.36；近岸海域 V3 测站最小，为 25.61；其余测站在 26.25~30.02 之间。施测海域海水盐度，由各测站来看，呈近岸小，远岸大，东部大于西部的分布特征。按区域来看，施测海域平均盐度，由工程前沿海域→外海海域逐渐减小，分别为 29.01、29.74。

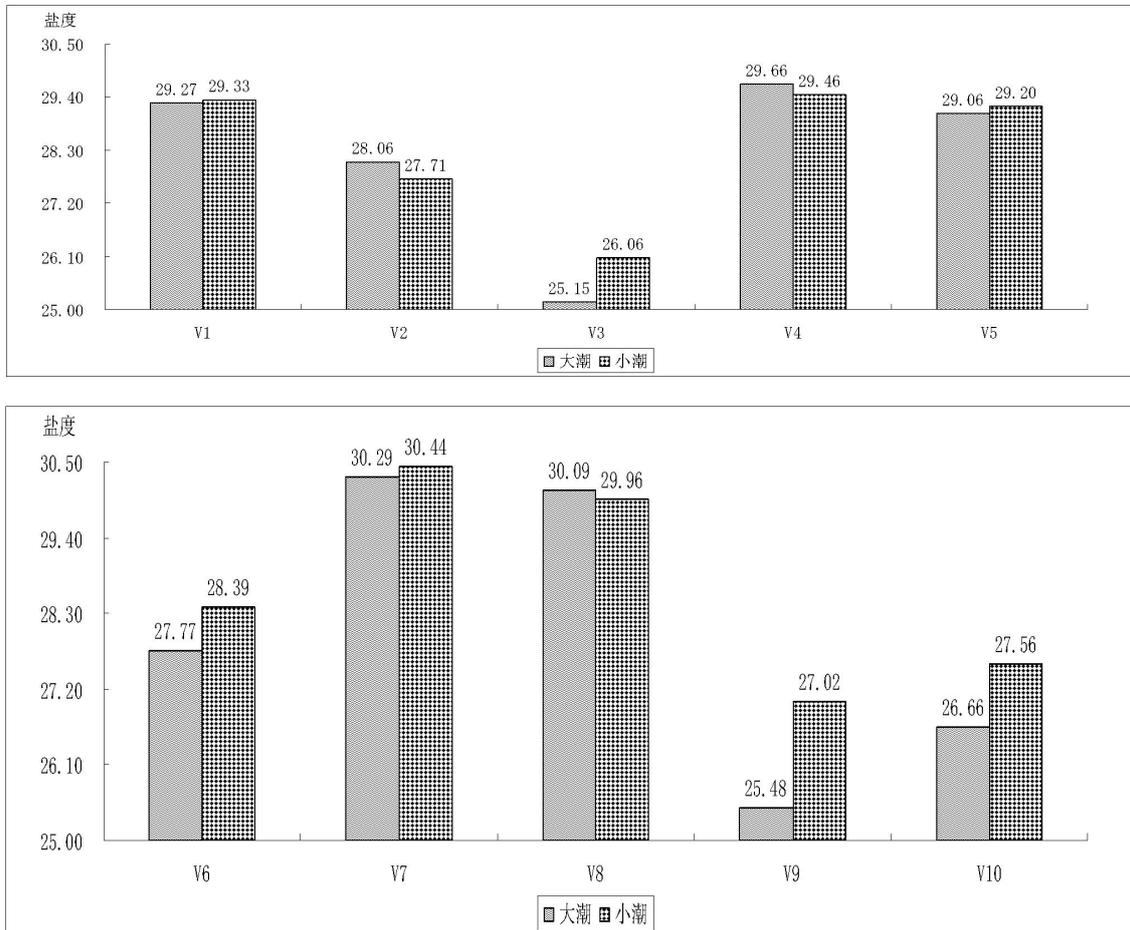


图 2.6-2 各测站垂线平均盐度平面分布图

(2) 盐度的垂直分布特征：

从施测海域各测站平均盐度垂向分布图（图 2.6-3）可以看出。施测海域海水盐度垂直分布，总趋势自表层至底层逐层增大。大潮期间 V2、V3、V6、V9 四个测站盐度的垂向梯度较大，其余测站盐度的垂向梯度基本相当。小潮期间 V2、V3 两个测站盐度的垂向梯度较大，其余测站盐度的垂向梯度基本相当。

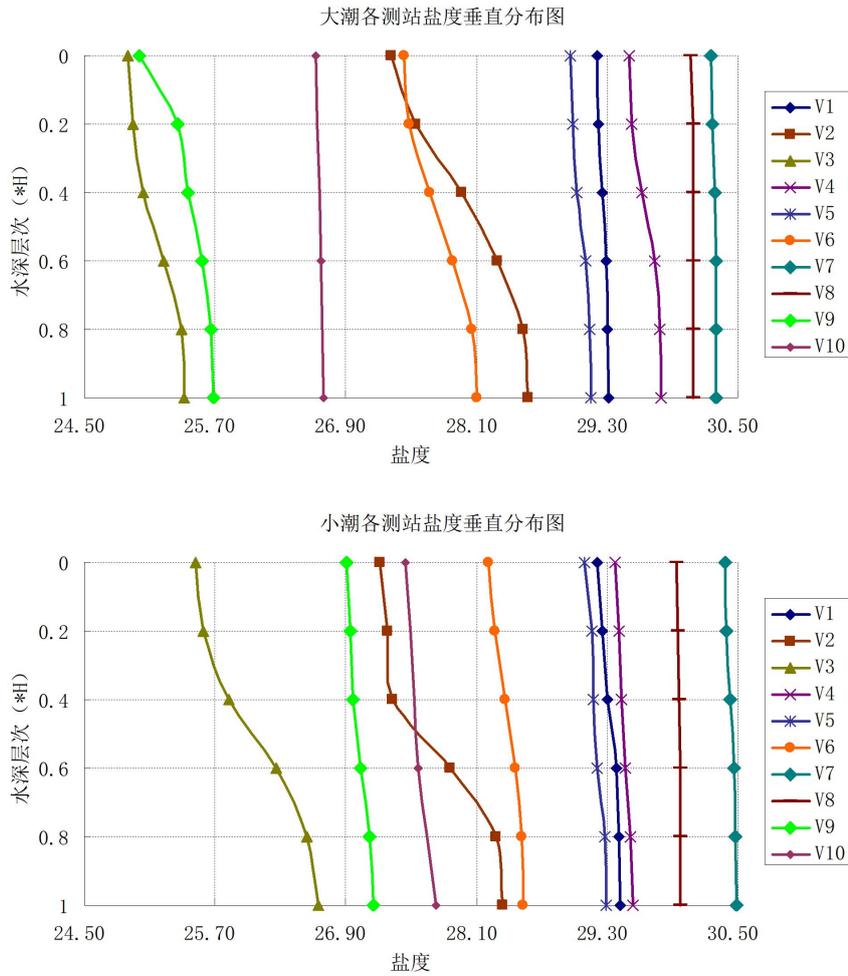


图 2.6-3 各测站垂线平均盐度垂向分布图

综上，工程所在海域海水盐度呈现近岸小，远岸大，东部大于西部的分布特征。海水盐度随潮汐变化，表现出涨潮时升高，落潮时降低的变化特征。盐度分布在 25.25~30.55 之间，盐度的周日变化幅度在 0.18~4.94 之间。

### 3 区域环境概况

#### 3.1 地理位置

连云港市地处我国沿海中部的黄海之滨，位于江苏省东北部，处于横贯我国大陆东西的陇海铁路东端，介于东经 118° 24' ~119° 48' ，北纬 33° 59' ~35° 07' 之间，东濒黄海，北接山东，南连长江和淮河，与朝鲜、韩国、日本隔海相望。具有海运、陆运相结合的优势，为全国 8 大港口和 45 个重要交通枢纽之一，海滨旅游城市，也是江苏省“徐连经济带”和“海上苏东”发展战略中具有特殊地位和作用的中心城市，是江苏沿海经济带的重要组成部分。

连云港市下辖东海县、灌云县、灌南县三县和海州、连云、赣榆三区，总面积 7615km<sup>2</sup>，其中平原(不包括水域)面积 5407km<sup>2</sup>，占 71.0%；山岭岗地(不包括水域)面积 1727km<sup>2</sup>，占 22.7%；水域面积 481km<sup>2</sup>，占 6.3%。

连云港石化产业基地位于徐圩新区，属连云港市区范围，徐圩新区及石化基地原为徐圩盐场，主要由盐田、海水水库等组成，盐田和水面占区域面积的 85%左右。

#### 3.2 自然环境概况

##### 3.2.1 气象

徐圩港区区域处于暖温带南缘，属季风型气候。冬季受北方高压南下的季风侵袭，以寒冷少雨天气为主；夏季受来自海洋的东南季风控制，天气炎热多雨；春秋两季处于南北季风交替时期，形成四季分明、差异明显、干、湿、冷、暖天气多变的气候特征。降雨的季节性变化较明显，多集中于夏秋两季的 6~9 月份，占年降雨量的 70%左右，冬季降雨量仅占 5%左右。连云港市气象站站近 30 年(含西连岛、新浦、燕尾港，1971-2000 年)、徐圩盐场气象点近 20 年（含台南盐场、徐圩盐场，1988-2009 年）统计资料如下：

##### (1) 气温、降水、风况

本地属于东亚温带季风气候，月平均气温 8 月最高，为 1 月最低。

表 3.2-1 区域气象资料统计表

地点项目	西连岛	新浦 (市气象站)	燕尾港	台南盐场 (板桥)	徐圩盐场
年平均气温(°C)	14.5	14.1	14.4	14.3	14.5
极端最高气温(°C)	37.5	38.8	38.9	39.9	37.5
极端最低气温(°C)	-11	-13.3	-10.7	-12.2	-13.9
相对湿度 (%)	70	71	74	70.5	75.4

地点项目	西连岛	新浦 (市气象站)	燕尾港	台南盐场 (板桥)	徐圩盐场
最大日降水量(mm)	432.2	264.4	377.5	200.1	--
降水量(mm)	875.1	883.6	879.6	892.7	971.6
年平均蒸发量(mm)	1829.4	1584.6	1625.6	1492.5	--
年平均日照(h)	2452.5	2330.6	2406.5	--	--
最大风速(m/s)	29	18	25.6	20.3	28
平均风速	5.3	2.7	4.6	2.9	3.4
主导风向及频率	ESE,10%	ESE,11%	NNE,10%	ENE,18%	ENE,18%

## (2) 灾害性天气

台风：连云港受台风影响不太严重，基本为台风边缘影响。多年统计资料表明影响连云港市的台风平均每年 1.5 次。

寒潮：连云港地区的寒潮影响每年为 3-5 次，寒潮带来大风和降温。50 年代最低气温曾有过-18.1℃的记载，近年来最低气温在-13.3℃。

暴雨：连云港地区经常受江淮气旋和黄河气旋的双重影响，常有暴雨出现，并伴随雷雨大风。

## 3.2.2 水文

### (1) 基准面关系

本工程潮位、水深及高程基准面均采用理论最低潮面（即为连云港零点），当地各基准面关系见下图 3.2-1：

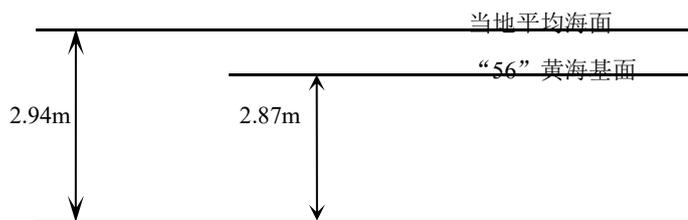


图 3.2-1 连云港理论最低潮面（连云港验潮零点）

### (2) 潮汐、水位

#### ① 潮汐性质

海州湾潮汐受南黄海旋转潮波系统控制，无潮点位于本海区东南，地理坐标概位 34°N，122°E。

本海区潮汐性质属非正规半日浅海潮，在每个潮汐日内出现两次高潮和两次低潮，两高两低非常接近，日潮不等现象不显著。本海区潮汐强度中等，平均潮差约为 3.64m；落潮历时大于涨潮历时，平均落潮历时 6 小时 48 分，平均涨潮历时 5 小时 38 分。

## ②潮位特征值

据连云港庙岭潮位站 1996~2000 年潮位观测资料统计（西大堤建成后），本港区潮位特征值如下：

多年最高高潮位	6.48m (1997.8.19)
多年最低低潮位	-0.38m (1999.2.3)
平均海平面	2.97m
年平均高潮位	4.84m
年平均低潮位	1.18m
多年最大潮差	6.11m
多年最小潮差	1.40m
平均潮差	3.69m

## ③设计水位

设计高水位	5.40m (高潮累积频率 10%)
设计低水位	0.49m (低潮累积频率 90%)
极端高水位	6.53m (五十年一遇高潮位)
极端低水位	-0.57m (五十年一遇低潮位)

## (3) 波浪

### ①波况

根据连云港大西山海洋站(地理位置 34° 47' N; 119° 26' E)多年测波资料和羊山岛测波站(地理位置 34° 42' N、119° 29' E)短期测波数据，本海区波况见表 3.2-2。两站的常、强浪向均为 NNE~ NE 向，实测波型多为风浪及和风浪与涌浪组成的混合浪；冬、春季以 W、NNE 向为主，夏、秋季以 E~ESE 向居多。本海区实测最大波高  $H_{max}$  为 4.6m（波向 NNE）是由寒潮大风造成的风涌混合浪。波玫瑰图见图 3.2-2。

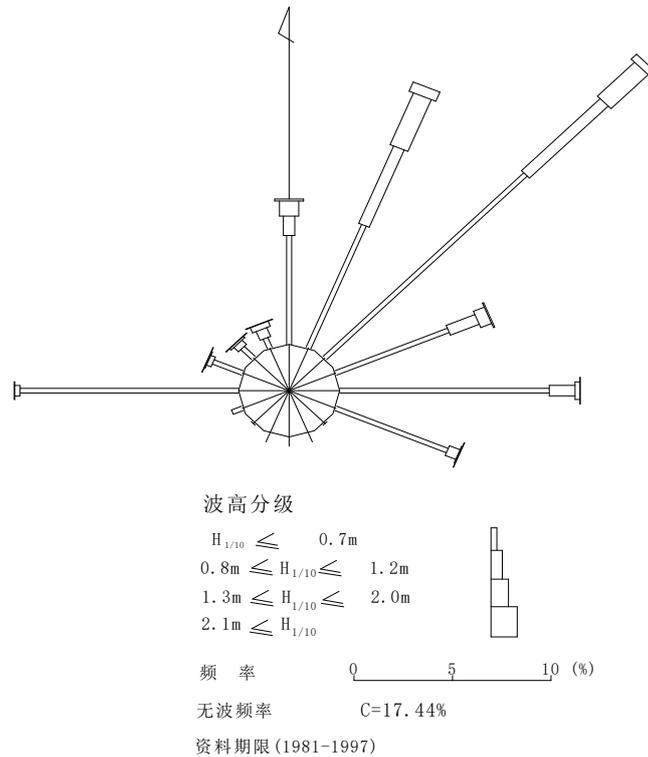


图 3.2-2 大西山海洋站波浪玫瑰图

表 3.2-2 各站波浪特征值统计表

测站 项目	连云港大西山海洋站 (1981~1997)	羊山岛海洋站 (1997.4~1998.2)
常浪向	NE	NE
频率 (%)	21	23.2
次常浪向	NNE	E
频率 (%)	14.2	12.66
强浪向	NNE	ENE
实测最大波高 $H_{1/10}$ (m)	4.3(对应波周期 T 为 6.6s)	2.3
次强浪向	NE	NNE
实测最大波高 $H_{1/10}$ (m)	4.2(对应波周期 T 为 6.1s)	1.8
各向全年平均波高(m)	1.1	0.7
风浪涌浪之比	3/1	
波高 $H_{1/10} \leq 0.5\text{m}$ 的出现频率	65%	70.35%
波高 $H_{1/10} \leq 0.9\text{m}$ 的出现频率	84.1%	89.69%
波高 $H_{1/10} \geq 1.0\text{m}$ 的出现频率	15.9%	10.3%

2007年9月18日台风期间,连云港3m水深测点实测最大波高  $H_{\max}$  为 4.48m,  $H_{1/3}$  波高 2.73m,该测点全部样本的平均周期为 4.79s;5m水深测点实测最大波高  $H_{\max}$  为 4.43m,  $H_{1/3}$  波高 2.95m,该测点全部样本的平均周期为 4.07s。

### ②设计波要素

根据大西山海洋站的长期测波资料、羊山岛的短期测波资料及气象站的风速资料推算出外海设计波要素,经浅水折射、绕射并考虑缓坡地形引起的底摩擦衰减,推算的徐圩港区设计波要素(五十年一遇,设计高水位时)如表 3.2-3。

表 3.2-3 徐圩港区设计波要素表

位置		50 年一遇				2 年一遇			
		H <sub>1%</sub> 最大波高		波向	T (s)	H <sub>1%</sub> 最大波高		波向	T (s)
		极端高水位	设计高水位			极端高水位	设计高水位		
南翼徐圩港区	-6.0~7.0m	5.7	5.5	E	8.76	3.7	3.6	NE	7.29
								E	6.96
	-5m	5.4	5.2	E	8.76	3.6	3.5	E	6.96

### 3.2.3 地形地貌

连云港海岸位于北部近 NE~SW 走向的山东半岛南部基岩海岸和南部近 NW~SE 走向的废黄河三角洲北翼淤泥质海岸之间，不但是岸线和水下地形的转折岸段，也是海岸性质的过渡岸段。徐圩新区南部泥沙淤积较为严重，岸滩冲淤已趋于平衡状态。

### 3.2.4 地质

本区域勘察所揭露的孔深 28.2m 深度范围内，各层土均属第四系全新统（Q4）冲洪积物。土层主要由淤泥、粘性土、砂性土组成。按土的成因、结构和特征，地基土自上而下分为 7 个工程地质层，并细分为 11 个亚层：

①层淤泥：灰色，流塑，光滑，土质均匀，局部间夹粉砂薄层。场区普遍分布，厚度：5.90~25.50m，平均 11.67m；层底标高：-28.28~-10.87m，平均-14.27m；层底埋深：5.90~25.50m，平均 11.67m。物理力学指标推荐值  $W=62.0\%$ ， $\gamma=15.7\text{kN/m}^3$ ， $e=1.792$ ， $IL=1.30$ ， $a_{1-2}=1.60\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=1.72\text{MPa}$ ， $C_q=13.0\text{KPa}$ ， $\Phi_q=11.5$  度， $C_{uu}=9\text{KPa}$ ， $\Phi_{uu}=1.5$  度， $C_{cu}=9.39\text{KPa}$ ， $\Phi_{cu}=12.55$  度，十字板  $C_{cu}=11.8\text{KPa}$ ， $C_{cu}'=3.4\text{KPa}$ ， $St=3.77$ 。该层压缩性极高，灵敏度中等，工程地质性质差。

②-1 层粉质粘土夹粘土：黄褐色-灰黄色，可塑，含铁锰质氧化物，局部含钙核直径 0.5cm 约 5%，夹少量粉土薄层，土质较均匀，切面较光滑，韧性高，干强度高。场区普遍分布，厚度：0.70~5.60m，平均 1.87m；层底标高：-18.38~-13.49m，平均-15.40m；层底埋深：11.00~16.00m，平均 12.82m。物理力学指标推荐值  $W=30.7\%$ ， $\gamma=18.6\text{kN/m}^3$ ， $e=0.883$ ， $IL=0.50$ ， $C_q=28.0\text{KPa}$ ， $\Phi_q=18.3$  度， $a_{1-2}=0.35\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=5.22\text{MPa}$ 。该层压缩性中，工程地质性质一般。

②-2 层砂质粉土：灰黄色，中密-密实，湿，夹粉质粘土或粉砂薄层，切面较粗糙，韧性低，干强度低，摇振反应迅速。场区 XK1~XK5 孔及 XK16 孔有分布，厚度：1.30~3.30m，平均 1.83m；层底标高：-16.79~-15.50m，平均-16.03m；层底埋深：13.10~15.80m，平均 14.43m。物理力学指标推荐值  $W=24.6\%$ ， $\gamma=19.3\text{kN/m}^3$ ， $e=0.668$ ， $IL=0.51$ ， $a_{1-2}=0.22\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=8.10\text{MPa}$ ，标贯击数  $N=13.0$  击。工程地质性质一般。

③层粉质粘土：灰黄色，软塑-可塑，局部夹粘土或粉土薄层，土质较均匀，切面稍光滑，韧性中等，干强度中等。场区普遍分布，厚度:0.80~4.40m，平均 2.49m；层底标高：-20.24~-17.38m，平均-18.58m；层底埋深：13.75~18.40m，平均 16.01m。物理力学指标推荐值  $W=25.6\%$ ， $\gamma=19.1\text{kN/m}^3$ ， $e=0.761$ ， $IL=0.52$ ， $Cq=30.0\text{KPa}$ ， $\Phi q=19.9$ 度， $a_{1-2}=0.33\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=5.4\text{MPa}$ ，标贯击数  $N=14.8$  击。该层压缩性高-中，工程地质性质一般。

④-1 层粘质粉土：灰黄色-灰色，中密-密实，湿，局部夹粉质粘土或粉砂薄层，土质不均匀，切面较粗糙，韧性低，干强度低，摇振反应迅速。场区 XK2、XK7、XK8、XK12 孔缺失，厚度：1.00~3.45m，平均 1.88m；层底标高：-22.17~-18.78m，平均-20.28m；层底埋深：16.40~19.70m，平均 17.75m。物理力学指标推荐值  $W=25.7\%$ ， $\gamma=19.1\text{kN/m}^3$ ， $e=0.748$ ， $IL=0.65$ ， $a_{1-2}=0.23\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=8.04\text{MPa}$ ，标贯击数  $N=13.5$  击。该层压缩性中等，工程地质性质一般-较好。

④-2 层粉砂：灰黄色-灰色，中密-密实，饱和，级配差，局部夹粉质粘土薄层，土质不均匀。场区 XK2、XK7、XK8 ~XK13 孔有分布，厚度:0.70~7.00m，平均 2.46m；层底标高：-23.98~-19.68m，平均-21.28m；层底埋深：17.40~20.10m，平均 18.47m。物理力学指标推荐值  $W=23.9\%$ ， $\gamma=19.3\text{kN/m}^3$ ， $e=0.686$ ， $a_{1-2}=0.11\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=15.52\text{MPa}$ ，标贯击数  $N=18.0$  击。该层压缩性低，工程地质性质较好。

⑤-1 层粉质粘土夹粘土：浅灰色，局部黑灰色，软塑，含腐殖质团块，夹零星粉砂团块，土质较均匀，韧性中等，干强度中等。场区普遍分布，厚度：1.20~6.00m，平均 3.38m；层底标高：-27.24~-21.50m，平均-24.09m；层底埋深：19.00~23.40m，平均 21.58m。物理力学指标推荐值  $W=34.7\%$ ， $\gamma=18.1\text{kN/m}^3$ ， $e=0.950$ ， $IL=0.81$ ， $Cq=20.0\text{KPa}$ ， $\Phi q=13.7$ 度， $a_{1-2}=0.52\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=3.81\text{MPa}$ 。该层压缩性高，工程地质性质较差。

⑤-2 层粉质粘土：黄灰色，可塑，局部软塑，夹粉土薄层，土质不均匀，韧性中等，干强度中等。场区 XK3~XK7、XK14 ~XK16 孔有分布，厚度：0.90~5.00m，平均 2.68m；层底标高：-27.83~-24.18m，平均-25.97m；层底埋深：22.30~24.60m，平均 23.34m。物理力学指标推荐值  $W=28.2\%$ ， $\gamma=18.9\text{kN/m}^3$ ， $e=0.850$ ， $IL=0.45$ ， $Cq=26.0\text{KPa}$ ， $\Phi q=18.4$ 度， $a_{1-2}=0.37\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=5.54\text{MPa}$ 。该层压缩性高-中，工程地质性质一般-稍好。

⑥层粘质粉土：灰黄色-青灰色，中密-密实，湿，土质不均匀，切面较粗糙，韧性

低，干强度低，摇震反应迅速。场区 XK8~XK10、XK13 ~XK14 孔有分布，该层未穿透，最大控制深度 2.3 米。物理力学指标推荐值  $W=27.7\%$ ， $\gamma=18.8\text{kN/m}^3$ ， $e=0.704$ ， $a_{1-2}=0.23\text{MPa}$ ， $E_s=7.84\text{MPa}$ 。该层压缩性中等，工程地质性质一般-较好。

⑥-1 层粉砂：灰黄色-青灰色，中密，饱和，级配差，土质不均匀。为⑥层粘质粉土夹层，场区 XK2、XK10 孔有分布，该层未穿透，物理力学指标推荐值  $W=22.4\%$ ， $\gamma=19.2\text{kN/m}^3$ ， $e=0.685$ ， $a_{1-2}=0.15\text{MPa}$ ， $E_s=11.71\text{MPa}$ ，标贯击数  $N=18.6$  击。该层压缩性中-低，工程地质性质较好。

⑦层粉质粘土：灰黄色，可塑-软塑，土质较均匀，韧性中等。该层未穿透，最大控制深度 3.0 米。物理力学指标推荐值  $W=32.4\%$ ， $\gamma=18.2\text{kN/m}^3$ ， $e=0.900$ ， $IL=0.73$ ， $C_q=23\text{KPa}$ ， $\Phi_q=15$  度， $a_{1-2}=0.42\text{MPa}$ ， $E_s=4.58\text{MPa}$ 。该层压缩性稍高，工程地质性质一般-稍差。

场区位于连云港云台山旗台嘴以东海域，全新世以来沉积①层淤泥，分布稳定，厚度大。该层土具含水量高、孔隙比大、压缩性高、灵敏度高、力学强度极低、固结时间长、弱透水性（，属不良工程地质层。在附加荷载作用下易产生沉降、不均匀沉降及侧向滑移，不能作为地基基础持力层。根据连云港成熟的地区经验，建议选择爆破排淤填石法进行处理。

场区揭露的⑤-1 层粘土为海相沉积物，具有软土特性，分布较稳定，厚度较大。该土层含水量高，孔隙比大，具中等偏高压缩性、力学强度低，渗透性差，土体受扰动后强度急剧降低，工程地质性能差，具软土特征，为不良工程地质层。

### 3.2.5 地震

本区位于一级大地构造单元秦岭造山带武当—大别隆起区的东延部分—苏胶隆起之上。场区处于连云港—朐山倒转向斜的北西翼轴部昂起端，构造格局主要表现为倾向南东的单斜构造。基岩为古老而坚硬的变质岩系，总厚度在 5000m 以上，新生代以来地壳较为稳定，区域稳定性条件较好。

据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2001）：连云港市抗震设防烈度 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第三组。

### 3.3 海洋环境质量现状调查与评价

#### 3.3.1 水文动力环境

##### 3.3.1.1 概述

为了解工程附近海域水动力环境现状，天津水运工程勘察设计院于 2018 年 08 月 06 日~2018 年 09 月 21 日期间，在连云港港徐圩港区工程附近海域开展了大、小潮水文全潮测验，观测内容包括潮位、流速、流向、含沙量、盐度以及悬沙颗粒分析取样等。

##### (1) 潮位观测

①本次观测共设 3 个临时验潮站，站名分别为 H1~H3 站。

表 3.3-1 水文全潮测验验潮站坐标表

站号	WGS-84 坐标		备注
	北纬	东经	
H1	35° 02.359'	119° 17.075'	赣榆港区
H2	34° 45.429'	119° 27.087'	西连岛
H3	34° 31.781'	119° 52.288'	开山岛

②观测时间为潮位是 2018 年 9 月 4 日-9 月 20 日，其中包含了水文全潮测验大、小潮时间段。

##### (2) 水文全潮测验

①根据技术要求，共布设了 10 个水文观测站 V1~V10，进行大、小潮周日全潮同步观测。

②本次观测大、小潮水文全潮测验均按计划时间方案如期顺利进行，实际施测时间如下：

大潮：2018 年 9 月 9-10 日。

小潮：2018 年 9 月 17 日-18 日。

表 3.3-2 水文全潮测验水文测站坐标表 (WGS-84 坐标)

测站	计划站位		大潮		小潮	
	北纬	东经	北纬	东经	北纬	东经
V1	35° 05.953'	119° 40.929'	35° 05.952'	119° 40.926'	35° 05.957'	119° 40.927'
V2	34° 57.974'	119° 33.198'	34° 57.512'	119° 33.328'	34° 57.514'	119° 33.326'
V3	34° 51.029'	119° 26.511'	34° 51.063'	119° 26.392'	34° 51.053'	119° 26.390'
V4	34° 59.680'	119° 53.511'	34° 58.750'	119° 52.989'	34° 58.754'	119° 52.982'
V5	34° 50.710'	119° 46.409'	34° 50.463'	119° 46.403'	34° 50.464'	119° 46.400'
V6	34° 44.454'	119° 43.195'	34° 44.452'	119° 43.205'	34° 44.459'	119° 43.198'
V7	34° 52.882'	120° 07.452'	34° 52.879'	120° 07.460'	34° 52.885'	120° 07.458'
V8	34° 42.637'	120° 01.646'	34° 42.645'	120° 01.641'	34° 42.632'	120° 01.643'
V9	35° 05.953'	119° 40.929'	35° 05.952'	119° 40.926'	35° 05.957'	119° 40.927'
V10	34° 57.974'	119° 33.198'	34° 57.512'	119° 33.328'	34° 57.514'	119° 33.326'

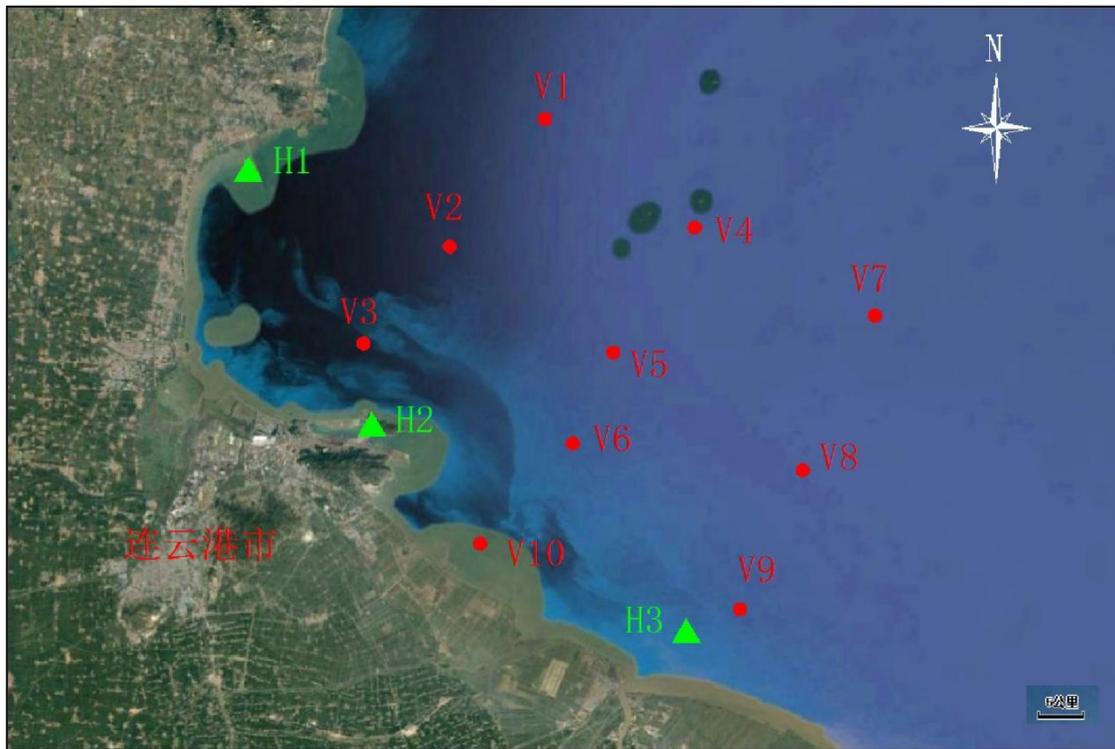


图 3.3-1 测站位置分布示意图

### (3) 悬沙颗粒取样

悬沙颗粒取样选择在 V1~V10 测站与全潮水文同步进行，分别在涨、落急及涨、落憩流时段进行悬沙颗粒分析样品采集工作。

#### 3.3.1.2 潮位

##### (1) 高、低潮

①潮位基面关系：H1（赣榆港区）站采用当地理论最低潮面（1985 国家高程基准下 2.97 米、下同）；H2（西连岛）站采用当地理论最低潮面（1985 国家高程基准下 2.81 米、下同）；H3（开山岛）站采用当地理论最低潮面（1985 国家高程基准下 2.61 米、下同）。因 H1~H3 站采用各自的潮位基准面，故仅在涨、落潮历时及潮差中进行总体讨论，施测海域高、低潮位统计表见表 3.3-3-表 3.3-5。

②平均高潮位：观测海域 H1（赣榆港区）站在大、小潮期间，分别为 595cm、454cm；H2（西连岛）站在大、小潮期间，分别为 569cm、435cm；H3（开山岛）站在大、小潮期间，分别为 517cm、404cm。

③平均低潮位：观测海域 H1（赣榆港区）站在大、小潮期间，分别为 97cm、200cm；H2（西连岛）站在大、小潮期间，分别为 87cm、184cm；H3（开山岛）站在大、小潮期间，分别为 113cm、185cm。

④高、低潮发生时间：观测海域三个测站大、小潮期间，高、低潮发生时间，H1（赣榆港区）站最早发生，H2（西连岛）站和H3（开山岛）站比H1（赣榆港区）站略有延迟。全潮期间高潮发生时刻，H2站、H3站比H1站晚约6分钟、34分钟；低潮发生时刻，H2站、H3站比H1站晚约11分钟、29分钟。

表 3.3-3 观测期间施测海域 H1（赣榆港区）站高、低潮位统计表  
潮时（h:min）、潮高（cm）

站名	潮型	低潮		高潮		低潮		高潮		低潮		高潮	
		潮时	潮高	潮时	潮高								
H1 (赣榆港区)	大潮	12:05	134	17:10	581	00:30	51	05:50	609	12:55	106		
	小潮			11:00	459	18:15	165	00:35	461	06:45	234		

表 3.3-4 观测期间施测海域 H2（西连岛）站高、低潮位统计表  
潮时（h:min）、潮高（cm）

站名	潮型	低潮		高潮		低潮		高潮		低潮		高潮	
		潮时	潮高	潮时	潮高								
H2 (西连岛)	大潮	12:15	124	17:20	553	00:45	41	06:05	584	13:05	97		
	小潮			11:00	438	18:30	150	00:35	443	06:50	218		

表 3.3-5 观测期间施测海域 H3（开山岛）站高、低潮位统计表  
潮时（h:min）、潮高（cm）

站名	潮型	低潮		高潮		低潮		高潮		低潮		高潮	
		潮时	潮高	潮时	潮高								
H3 (开山岛)	大潮	12:25	149	17:45	503	00:50	67	06:35	531	13:15	123		
	小潮			11:30	412	19:00	152	01:00	410	07:25	217		

## (2) 涨、落潮历时及潮差

本次测验实测大、小潮涨落潮历时和潮差统计结果见表 3.3-6。

①涨、落潮历时，同潮型各站差别，大、小潮差别相近有限，大潮最大为 25 分钟，小潮最大为 20 分钟；同站不同潮型差别较大，最大值 1 小时 15 分。观测海域大、小潮期间实测涨、落潮平均历时，大潮分别为 5 小时 19 分和 7 小时 05 分；小潮分别为 5 小时 45 分和 6 小时 50 分，大、小潮涨潮平均历时小于落潮平均历时，涨、落潮平均历时差为 1 小时 26 分。

②潮差变化，同潮型各站差别，大潮差别大于小潮差别，但量值有限，大潮最大为 95cm，小潮最大为 38cm；同站不同潮型差别较大，最大值为 349cm。观测海域大、小潮期间实测涨、落潮平均潮差，大潮分别为 466 cm 和 479cm；小潮分别为 239cm 和 248cm，大、小潮涨潮平均潮差略小于落潮平均潮差，相差为 11cm。

③全潮期间涨落潮历时，大、小潮涨潮历时小于落潮历时，H1 站~H3 站，涨、落潮平均历时差别随潮型变化，大潮大于小潮。

全潮期间涨落潮平均潮差，大、小潮涨潮平均潮差略小于落潮平均潮差，大、小潮涨落潮平均潮差分别为 353cm、364cm。

表 3.3-6 观测期间施测海域涨、落潮历时和潮差统计表

潮型	站名	历时 (h:min)						潮差 (cm)						
		第一次涨落潮		第二次涨落潮		平均		第一次涨落潮		第二次涨落潮		平均		涨落潮
		涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	平均
大潮	H1(赣榆港区)	5:05	7:20	5:20	7:05	5:12	7:12	447	530	558	503	503	517	510
	H2(西连岛)	5:05	7:25	5:20	7:00	5:12	7:12	429	512	543	487	486	500	493
	H3(开山岛)	5:20	7:05	5:45	6:40	5:32	6:52	354	436	464	408	409	422	416
小潮	H1(赣榆港区)	6:20	7:15	5:25	6:10	5:52	6:42	296	294	209	227	253	261	257
	H2(西连岛)	6:05	7:30	5:25	6:15	5:45	6:52	293	288	206	225	250	257	253
	H3(开山岛)	6:00	7:30	5:20	6:25	5:40	6:57	258	260	174	193	216	227	221
平均值		5:39	7:20	5:25	6:35	5:32	6:58	346	387	359	341	353	364	358

(3) 短期潮汐调和与分析

通过对本次测验三个临时验潮站 2018 年 09 月 05 日 00:00~2018 年 09 月 19 日 23:00 的潮位数据 (15 日整), 采用最小二乘法分别进行潮汐调和与分析, 求出 11 个分潮的调和常数。调和常数表及统计特征值见表 3.3-7~表 3.3-8。

表 3.3-7 各测站调和常数表

分 潮		H1 (赣榆港区)		H2 (西连岛)		H3 (开山岛)	
		H(cm)	g(°)	H(cm)	g(°)	H(cm)	g(°)
1	M <sub>2</sub>	178.01	171.5	173.72	176.6	147.27	188.8
2	S <sub>2</sub>	44.37	212.7	42.66	218.0	34.32	232.4
3	N <sub>2</sub>	34.08	144.7	33.26	149.8	28.20	162.0
4	K <sub>2</sub>	12.08	216.8	11.61	222.0	9.34	236.4
5	K <sub>1</sub>	37.03	6.2	37.36	8.2	35.30	11.7
6	O <sub>1</sub>	26.34	307.1	26.18	308.4	25.98	312.5
7	P <sub>1</sub>	12.25	2.5	12.37	4.5	11.68	7.9
8	Q <sub>1</sub>	5.04	282.3	5.01	283.6	4.97	287.7
9	M <sub>4</sub>	17.73	277.5	16.50	286.3	15.18	332.9
10	MS <sub>4</sub>	10.57	321.3	9.08	332.7	7.55	31.9
11	M <sub>6</sub>	4.69	8.5	3.29	28.2	4.74	115.4

表 3.3-8 各测站潮汐特征值

测站项目	H1 (赣榆港区)	H2 (西连岛)	H3 (开山岛)
潮汐性质 1 (H <sub>O1</sub> +H <sub>k1</sub> ) / (H <sub>M2</sub> +H <sub>S2</sub> )	0.36	0.37	0.42
潮汐性质 2 (H <sub>K1</sub> +H <sub>O1</sub> ) / H <sub>M2</sub>	0.28	0.29	0.34
半日分潮振幅比 (H <sub>S2</sub> /H <sub>M2</sub> )	0.25	0.25	0.23
日分潮振幅比 (H <sub>O1</sub> /H <sub>K1</sub> )	0.71	0.70	0.74
浅水分潮与主要半日分潮振幅比 (H <sub>M4</sub> /H <sub>M2</sub> )	0.10	0.09	0.10
半日、全日分潮迟角差: g (M <sub>2</sub> ) - (g (K <sub>1</sub> ) +g (O <sub>1</sub> ))	114.64°	110.18°	85.99°
半日和浅海分潮迟角差: 2g (M <sub>2</sub> ) -g (M <sub>4</sub> )	65.50°	66.90°	44.70°
浅海分潮振幅和 (H <sub>M4</sub> +H <sub>MS4</sub> +H <sub>M6</sub> )	32.99cm	28.87cm	27.47cm

潮汐按其性质可分为正规半日潮和不正规半日潮、正规全日潮和不正规全日潮, 潮汐性质以主要全日分潮与主要半日分潮的平均振幅比值 F 来判据:

$$F = \frac{H_{O_1} + H_{K_1}}{H_{M_2} + H_{S_2}}$$

式中的  $H_{O_1}$ 、 $H_{K_1}$ 、 $H_{M_2}$ 、 $H_{S_2}$  分别为主太阴日分潮、太阴太阳赤纬日分潮、主太阴半日分潮和主太阳半日分潮的平均振幅（cm）。

当  $F \leq 0.25$  时为正规半日潮

当  $0.25 < F \leq 1.50$  时为不正规半日混合潮

当  $1.50 < F \leq 3.00$  时为不正规全日混合潮

当  $3.00 < F$  时为正规全日潮

潮汐性质也可按下式计算标准判别：

$$F = \frac{H_{O_1} + H_{K_1}}{H_{M_2}}$$

当  $F \leq 0.5$  时为正规半日潮

当  $0.5 < F \leq 2.0$  时为不正规半日混合潮

当  $2.0 < F \leq 4.0$  时为不正规全日混合潮

当  $4.0 < F$  时为正规全日潮

式中的  $H_{O_1}$ 、 $H_{K_1}$ 、 $H_{M_2}$  分别为主太阴日分潮、太阴太阳赤纬日分潮、主太阴半日分潮的平均振幅（cm）。

采用式（1）计算的 F 值，H1（赣榆港区）站、H2（西连岛）站、H3（开山岛）站分别为 0.36、0.37、0.42，采用式（2）计算的结果如下：H1~H3 站的分别为 0.28、0.29、0.34；根据这两种判据，结果是一致的，可以定性施测海域的潮汐属正规半日潮。

接着分析浅水分潮对潮位变化的影响，即潮波在传播过程中的非线性作用的强弱。潮波进入浅水区后，高频的浅水分潮振幅增大，通常将浅水分潮振幅大到一定程度以后的潮汐称为“浅水半日潮”，判别的标准有两种，一是  $H_{M_4}/H_{M_2}$  值大于 0.04；二是浅水分潮振幅之和  $H_{M_4} + H_{M_4} + H_{M_6}$  大于 20cm。经计算， $H_{M_4}/H_{M_2}$  值 H1（赣榆港区）站、H2（西连岛）站、H3（开山岛）站分别为 0.10、0.09、和 0.10，均大于 0.04，按第一个标准，属浅水半日潮，但其浅水分潮振幅并不大，浅水分潮振幅之和  $H_{M_4} + H_{M_4} + H_{M_6}$  H1（赣榆港区）站、H2（西连岛）站、H3（开山岛）站分别为 32.99cm、28.88cm、27.47cm，

达到第二个标准，可以证实本次施测海域浅水分潮对潮位变化影响较大。

潮汐的日潮不等：潮汐的日潮不等现象，包括潮高日不等和涨、落潮历时日不等。

潮高日不等现象与月赤纬变化相关，当半日分潮振幅  $H_{S_2}/H_{M_2}$  的值大于 0.4 时，则潮高日不等现象明显。根据半日、全日分潮迟角差  $g_{M_2} - (g_{K_1} + g_{O_1})$  大小来判断潮高不等现象的类型，当此差值为  $0^\circ$ （或  $360^\circ$ ）、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  左右分别表示该处潮位呈现高潮日不等，低潮日不等，高潮和低潮均日不等的现象。H1（赣榆港区）站、H2（西连岛）站、H3（开山岛）站的  $H_{S_4}/H_{M_2}$  均小于 0.4，证实潮汐日潮不等现象不显著，与实测结果一致。

涨、落潮历时日不等现象是由于浅水分潮显著造成的，可以由浅水分潮与半日分潮振幅比  $H_{M_4}/H_{M_2}$  的值来判断，比值越大，差值越大。当半日和浅海分潮迟角差  $2g_{M_2} - g_{M_1}$  为  $90^\circ$  左右时，落潮历时大于涨潮历时，分潮迟角为  $270^\circ$  左右时，落潮历时小于涨潮历时。H1（赣榆港区）站、H2（西连岛）站、H3（开山岛）站的迟角差分别为  $66.50^\circ$ 、 $66.90^\circ$ 、 $44.70^\circ$ ，均在  $90^\circ$  左右，可以得到落潮历时大于涨潮历时，与实测结果一致。

### 3.3.1.3 潮流

#### (1) 流速、流向统计分析

将各个测站的流速绘制垂线平均流速流向及潮位过程线图，流向以真北方位计。相关潮位采用就近代表性原则匹配，即 V3、V6、V10 测站采用 H2（西连岛）站，V7～V9 测站采用 H3（开山岛）站，其余测站采用 H1（赣榆港区）站。

##### ① 潮位与潮位的相位关系

根据本次测验资料统计，各测站涨、落潮憩流发生时间与相邻就近验潮站的高、低潮时的时间差如表 3.3-9 所示。

统计结果表明，涨潮憩流时间，即初落时间，发生在高潮前 1 小时 12 分钟～高潮后 1 小时之间，平均发生在高潮后 06 分钟；落潮憩流时间，即初涨时间，发生在低潮前 1 小时 43 分钟～低潮后 45 分钟之间，平均发生在低潮前 14 分钟。各测站潮波都是介于驻波与前进波之间，兼有驻波与前进波的特征。

施测海域从憩流与高、低潮时间差来看，各测站基本由近岸到远岸逐渐增长，位于近岸海域水深较浅处的 V9 测站比其他测站先落和先涨，位于徐圩港区附近的 V10 测站总是最迟于其他测站。

表 3.3-9 观测海域各测站憩流相位时间差 单位：h:min

站名	涨憩（高潮后）			落憩（低潮后）		
	大潮	小潮	平均	大潮	小潮	平均
V1	1:00	0:56	0:58	0:19	0:45	0:32
V2	0:44	-0:10	0:17	0:26	0:17	0:21
V3	0:02	-0:02	0:00	-0:08	0:00	-0:04
V4	0:00	0:09	0:04	-0:05	0:07	0:00
V5	-0:06	-0:13	-0:09	-0:07	0:00	-0:03
V6	0:33	0:21	0:27	0:08	-0:06	0:00
V7	-0:59	-0:40	-0:50	-1:06	-1:00	-1:03
V8	-0:56	-1:11	-1:04	-0:49	-1:30	-1:09
V9	-1:12	-1:03	-1:07	-1:37	-1:43	-1:40
V10	2:19	2:33	2:26	0:37	0:44	0:40
平均值	0:08	0:03	0:06	-0:14	-0:14	-0:14

备注：表中“-”表示低潮前或高潮前

### ②潮流历时

受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响，不同水域的涨、落潮历时有所差异（见表 3.3-10~表 3.3-11）。

表 3.3-10 施测海域大潮涨、落潮潮流历时汇总统计表 单位：h:min

潮型	测站	涨潮	落潮	涨潮	落潮	平均值	
						涨潮	落潮
大潮	V1	5:22	7:08	6:37	6:06	5:59	6:37
	V2	5:03	6:58	6:01	6:41	5:32	6:49
	V3	5:04	7:30	5:32	6:30	5:18	7:00
	V4	5:01	7:00	5:28	7:00	5:14	7:00
	V5	5:03	6:59	5:17	7:11	5:10	7:05
	V6	5:30	6:57	6:01	6:45	5:45	6:51
	V7	5:18	7:02	6:06	6:32	5:42	6:47
	V8	5:32	7:43	5:16	6:38	5:24	7:10
	V9	5:29	5:59	6:29	6:29	5:59	6:14
	V10	7:03	5:27	6:55	5:38	6:59	5:32
平均		5:26	6:52	5:58	6:33	5:42	6:42

表 3.3-11 施测海域小潮涨、落潮潮流历时汇总统计表 单位：h:min

潮型	测站	涨潮	落潮	涨潮	落潮	平均值	
						涨潮	落潮
小潮	V1	6:48	7:02	5:34	6:13	6:11	6:37
	V2	6:33	7:59	4:52	6:32	5:42	7:15
	V3	6:30	7:27	5:06	6:26	5:48	6:56
	V4	6:16	7:14	5:27	6:00	5:51	6:37
	V5	5:59	7:41	5:29	6:31	5:44	7:06
	V6	7:02	7:09	5:32	5:16	6:17	6:12
	V7	6:31	6:58	5:31	6:29	6:01	6:43
	V8	6:03	6:32	5:31	6:56	5:47	6:44
	V9	7:05	5:57	5:20	6:35	6:12	6:16
	V10	7:44	6:19	7:36	3:44	7:40	5:01
平均		6:39	7:01	5:35	6:04	6:07	6:33

根据实测资料统计，施测海域涨、落潮流平均历时随潮型不同有所差异，大潮涨、落潮流平均历时分别为 5 小时 42 分和 6 小时 42 分，小潮涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 07 分和 6 小时 33 分。涨、落潮流平均历时分别为 6 小时 08 分和 6 小时 37 分，涨

潮流历时小于落潮流历时，平均历时差 29 分。

根据水文全潮各测站的涨、落潮流平均历时统计，不同测站，不同潮型，使之涨、落潮平均历时不尽相同，除 V10 测站外的其余测站，涨潮平均历时均小于落潮平均历时。其中近岸海域（V3、V6、V9~V10）测站，涨、落潮平均历时差最大出现在 V10 测站，为 1 小时 20 分。工程前沿海域（V2、V5、V8）测站，涨、落潮平均历时差最大出现在 V2 测站，为 1 小时 08 分。外海海域（V1、V4、V7）测站，涨、落潮平均历时差最大出现在 V4 测站，为 49 分。

### ③最大流速特征值

各测站涨、落潮段最大流速特征值如表 3.3-12~表 3.3-16 所示。

1) 垂线平均最大流速：各测站垂线平均最大流速，大潮为 1.45m/s，流向 219°，出现在近岸海域 V10 测站涨潮段；小潮为 0.65m/s，流向 304°，出现在近岸海域 V9 测站的涨潮段。

2) 实测最大流速：各层实测最大流速，大潮为 1.64m/s，流向 219°，出现在近岸海域 V10 测站涨潮段的表层；小潮为 0.79m/s，流向 304°，出现在近岸海域 V9 测站的涨潮段的表层。工程前沿海域最大流速涨、落潮分别为 1.04m/s 和 0.84m/s，分别出现在 V8 测站大潮期表层；外海海域最大流速涨、落潮分别为 1.15m/s 和 0.93m/s，分别出现在大潮期间 V7 测站的 0.2H 和表层。

3) 实测最大流速对应的流向：由表可知，因各测站所处具体位置受岸线与地形的影响不同，故实测最大流速所对应的流向也不尽相同；施测海域大潮期间各测站最大流速对应的流向多指向 SW~NW 之间；小潮期间 V2 测站最大流速对应的流向指向 NE，其余测站最大流速对应的流向多指向 SW~NW 之间。总体来看，施测海域强势流以西南~西北方向的涨潮流居多。

4) 实测最大流速的垂直分布：实测最大流速主要在表层~0.6H 出现，其余各层向下逐层减小，而至底层为最小的特征。一般来说，底层流速与表层流速之比，大、小潮平均分别为 0.66、0.71。

5) 实测最大流速随潮流的变化：由上述数据按潮流比较可知，各测站呈现大潮流速最大，小潮最小的规律，最大流速依月相的演变具有良好的规律。

表 3.3-12 施测海域大潮涨、落潮最大流速、流向统计表 单位：流速（m/s），流向（°）

测站	涨潮 I		落潮 I		涨潮 II		落潮 II		最大值			
									涨潮		落潮	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V1	0.65	227	0.53	55	0.90	228	0.53	80	0.90	228	0.53	55

V2	0.56	229	0.57	84	0.70	227	0.60	86	0.70	227	0.60	86
V3	0.52	227	0.40	74	0.61	222	0.45	56	0.61	222	0.45	56
V4	0.64	277	0.65	62	0.88	262	0.66	134	0.88	262	0.66	134
V5	0.72	278	0.52	64	0.87	267	0.57	68	0.87	267	0.57	68
V6	0.74	238	0.59	86	0.97	234	0.53	59	0.97	234	0.59	86
V7	0.89	291	0.77	111	1.02	298	0.84	119	1.02	298	0.84	119
V8	0.83	307	0.71	131	0.70	291	0.70	141	0.83	307	0.71	131
V9	1.03	293	1.01	110	1.00	295	1.08	121	1.03	293	1.08	121
V10	0.96	205	0.47	23	1.45	219	0.46	32	1.45	219	0.47	23
最大值	1.03	293	1.01	110	1.45	219	1.08	121	1.45	219	1.08	121

表 3.3-13 施测海域小潮涨、落潮最大流速、流向统计表 单位: 流速(m/s), 流向(°)

测站	涨潮 I		落潮 I		涨潮 II		落潮 II		最大值			
									涨潮		落潮	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V1	0.40	220	0.29	37	0.30	224	0.26	63	0.40	220	0.29	37
V2	0.33	232	0.33	39	0.27	220	0.32	85	0.33	232	0.33	39
V3	0.29	221	0.23	54	0.25	224	0.19	60	0.29	221	0.23	54
V4	0.47	245	0.32	83	0.35	246	0.39	97	0.47	245	0.39	97
V5	0.44	259	0.35	57	0.32	277	0.31	91	0.44	259	0.35	57
V6	0.42	240	0.31	86	0.32	227	0.32	100	0.42	240	0.32	100
V7	0.47	290	0.35	99	0.30	287	0.42	67	0.47	290	0.42	67
V8	0.50	309	0.40	104	0.40	298	0.41	111	0.50	309	0.41	111
V9	0.65	304	0.47	124	0.54	292	0.53	116	0.65	304	0.53	116
V10	0.49	208	0.23	9	0.31	226	0.09	19	0.49	208	0.23	9
最大值	0.65	304	0.47	124	0.54	292	0.53	116	0.65	304	0.53	116

表 3.3-14 各测站大潮潮段最大流速特征值统计表 单位: 流速(m/s), 流向(°)

项目测站	涨 潮					落 潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.96	229	0.6H	0.90	228	0.63	89	表层	0.53	55
V2	0.85	241	0.6H	0.70	227	0.70	85	0.2H	0.60	86
V3	0.75	231	表层	0.61	222	0.51	61	0.4H	0.45	56
V4	0.96	253	0.2H	0.88	262	0.82	59	0.2H	0.66	134
V5	0.94	270	0.2H	0.87	267	0.64	69	表层	0.57	68
V6	1.10	231	表层	0.97	234	0.66	88	0.2H	0.59	86
V7	1.15	298	0.2H	1.02	298	0.93	122	表层	0.84	119
V8	1.04	312	表层	0.83	307	0.84	146	表层	0.71	131
V9	1.27	298	表层	1.03	293	1.37	119	表层	1.08	121
V10	1.64	219	表层	1.45	219	0.57	25	表层	0.47	23
最大	1.64	219	表层	1.45	219	1.37	119	表层	1.08	121

表 3.3-15 各测站小潮潮段最大流速特征值统计表 单位: 流速 (m/s), 流向 (°)

项目测站	涨 潮					落 潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V1	0.47	223	0.6H	0.40	220	0.38	60	表层	0.29	37
V2	0.39	234	0.8H	0.33	232	0.43	34	0.4H	0.33	39
V3	0.35	218	0.8H	0.29	221	0.28	63	0.2H	0.23	54

V4	0.51	243	0.2H	0.47	245	0.43	94	0.4H	0.39	97
V5	0.48	243	0.2H	0.44	259	0.41	62	表层	0.35	57
V6	0.52	247	表层	0.42	240	0.40	81	0.8H	0.32	100
V7	0.60	293	0.2H	0.47	290	0.50	71	0.4H	0.42	67
V8	0.59	316	表层	0.50	309	0.49	116	表层	0.41	111
V9	0.79	304	表层	0.65	304	0.63	115	表层	0.53	116
V10	0.59	213	表层	0.49	208	0.30	14	表层	0.23	9
最大	0.79	304	表层	0.65	304	0.63	115	表层	0.53	116

表 3.3-16 各测站潮段最大流速垂线分布表 单位：流速 (m/s),流向 (°)

站号	潮段	层次	大潮		小潮	
			流速	流向	流速	流向
V1	涨潮	表层	0.95	226	0.38	225
		0.2H	0.94	226	0.36	218
		0.4H	0.94	229	0.45	217
		0.6H	0.96	229	0.47	223
		0.8	0.83	229	0.42	220
		底层	0.69	230	0.33	224
	落潮	表层	0.63	89	0.38	60
		0.2H	0.57	85	0.34	62
		0.4H	0.60	80	0.35	59
		0.6H	0.57	54	0.36	49
		0.8H	0.52	69	0.34	44
		底层	0.44	39	0.29	32
V2	涨潮	表层	0.61	231	0.32	229
		0.2H	0.71	223	0.36	224
		0.4H	0.80	227	0.31	234
		0.6H	0.85	241	0.38	215
		0.8H	0.72	239	0.39	234
		底层	0.61	253	0.32	222
	落潮	表层	0.68	87	0.39	90
		0.2H	0.70	85	0.36	87
		0.4H	0.67	85	0.43	34
		0.6H	0.62	88	0.43	39
		0.8H	0.50	80	0.33	50
		底层	0.41	87	0.24	89
V3	涨潮	表层	0.75	231	0.32	217
		0.2H	0.72	226	0.30	220
		0.4H	0.69	228	0.34	217
		0.6H	0.61	219	0.33	222
		0.8H	0.56	218	0.35	218
		底层	0.45	227	0.23	225
	落潮	表层	0.50	59	0.26	76
		0.2H	0.48	61	0.28	63
		0.4H	0.51	61	0.27	50
		0.6H	0.50	57	0.25	59
		0.8H	0.38	73	0.26	62
		底层	0.31	77	0.19	50
V4	涨潮	表层	0.87	275	0.46	248
		0.2H	0.96	253	0.51	243
V4	涨潮	0.4H	0.95	262	0.48	247
		0.6H	0.89	261	0.45	243

		0.8H	0.84	260	0.47	244
		底层	0.70	270	0.41	232
	落潮	表层	0.73	84	0.38	118
		0.2H	0.82	59	0.42	96
		0.4H	0.78	60	0.43	94
		0.6H	0.68	137	0.42	95
		0.8H	0.72	134	0.39	81
		底层	0.52	126	0.32	89
V5	涨潮	表层	0.92	268	0.43	272
		0.2H	0.94	270	0.48	243
		0.4H	0.93	267	0.45	260
		0.6H	0.88	278	0.45	261
		0.8H	0.81	272	0.47	254
		底层	0.70	264	0.38	247
	落潮	表层	0.64	69	0.41	62
		0.2H	0.60	69	0.36	57
		0.4H	0.58	72	0.37	58
		0.6H	0.63	69	0.35	64
		0.8H	0.54	111	0.37	73
		底层	0.49	90	0.28	93
V6	涨潮	表层	1.10	231	0.52	247
		0.2H	1.09	235	0.50	244
		0.4H	1.00	247	0.45	238
		0.6H	0.96	236	0.41	272
		0.8H	0.86	246	0.36	264
		底层	0.77	230	0.32	255
	落潮	表层	0.65	87	0.29	110
		0.2H	0.66	88	0.28	100
		0.4H	0.65	88	0.31	101
		0.6H	0.61	89	0.34	89
		0.8H	0.58	24	0.40	81
		底层	0.59	10	0.36	53
V7	涨潮	表层	1.14	291	0.38	297
		0.2H	1.15	298	0.60	293
		0.4H	1.11	297	0.56	293
		0.6H	1.05	298	0.50	279
		0.8H	0.95	298	0.44	292
		底层	0.73	298	0.31	284
	落潮	表层	0.93	122	0.39	84
V7	落潮	0.2H	0.93	119	0.48	71
		0.4H	0.85	113	0.50	71
		0.6H	0.86	117	0.42	66
		0.8H	0.84	120	0.38	63
		底层	0.65	104	0.27	57
V8	涨潮	表层	1.04	312	0.59	316
		0.2H	1.00	306	0.57	308
		0.4H	0.91	308	0.58	301
		0.6H	0.78	307	0.50	311
		0.8H	0.73	305	0.45	304
	底层	0.47	311	0.31	270	
	落潮	表层	0.84	146	0.49	116
		0.2H	0.80	123	0.49	114

		0.4H	0.80	140	0.43	112
		0.6H	0.72	115	0.45	106
		0.8H	0.67	131	0.40	110
		底层	0.49	118	0.29	114
V9	涨潮	表层	1.27	298	0.79	304
		0.2H	1.24	297	0.76	300
		0.4H	1.13	294	0.76	305
		0.6H	0.96	289	0.66	293
		0.8H	0.87	288	0.57	299
		底层	0.68	288	0.49	298
	落潮	表层	1.37	119	0.63	115
		0.2H	1.34	119	0.62	114
		0.4H	1.23	122	0.58	116
		0.6H	1.07	119	0.56	118
		0.8H	0.85	117	0.44	124
		底层	0.57	120	0.35	120
V10	涨潮	表层	1.64	219	0.59	213
		0.2H	—	—	—	—
		0.4H	—	—	—	—
		0.6H	1.40	220	0.50	205
		0.8H	—	—	—	—
		底层	1.16	219	0.34	204
	落潮	表层	0.57	25	0.30	14
		0.2H	—	—	—	—
		0.4H	—	—	—	—
		0.6H	0.45	21	0.25	11
		0.8H	—	—	—	—
		底层	0.37	31	0.19	23

## (2) 短期潮位特征值

根据施测海域 3 处临时验潮站 15 整天的资料统计,短期潮位特征值见下表 3.3-17-表 3.3-19。图 3.3-2~图 3.3-4 为各验潮站整点潮位过程线。

实测结果表明:

①H1(赣榆港区)站涨落潮平均潮差为 397cm, 平均高、低潮位分别为 533 cm、138cm。观测海域实测涨潮历时小于落潮历时, 分别为 5 小时 23 分和 7 小时 02 分, 涨、落潮历时差 1 小时 39 分。15 日平均海平面为 329 cm。

②H2(西连岛)站涨落潮平均潮差为 387cm, 平均高、低潮位分别为 511 cm、125cm。观测海域实测涨潮历时小于落潮历时, 分别为 5 小时 27 分和 6 小时 58 分, 涨、落潮历时差 1 小时 31 分。15 日平均海平面为 313 cm。

③H3(开山岛)站涨落潮平均潮差为 330cm, 平均高、低潮位分别为 469 cm、140cm。观测海域实测涨潮历时小于落潮历时, 分别为 5 小时 36 分和 6 小时 50 分, 涨、落潮历时差 1 小时 14 分。15 日平均海平面为 294 cm。

表 3.3-17 H1(赣榆港区)站潮位特征值单位: cm

验潮站 潮位特征值	H1(赣榆港区)
最高潮位	609
最低潮位	51
平均高潮位	533
平均低潮位	138
最大潮差	558
最小潮差	183
平均潮差	397
15日平均海平面	329
平均涨潮历时 (h:min)	5:23
平均落潮历时 (h:min)	7:02
统计时间	2018-09-05 0:00~2018-09-19 23:00
潮位基准面	当地理论最低潮面 (1985 高程基准下 2.97 米)

表 3.3-18 H2 (西连岛) 站潮位特征值单位: cm

验潮站 潮位特征值	H2(西连岛)
最高潮位	588
最低潮位	40
平均高潮位	511
平均低潮位	125
最大潮差	547
最小潮差	178
平均潮差	387
15日平均海平面	313
平均涨潮历时 (h:min)	5:27
平均落潮历时 (h:min)	6:58
统计时间	2018-09-05 0:00~2018-09-19 23:00
潮位基准面	当地理论最低潮面 (1985 高程基准下 2.81 米)

表 3.3-19 H3 (开山岛) 站潮位特征值单位: cm

验潮站潮位特征值	H3(开山岛)
最高潮位	533
最低潮位	66
平均高潮位	469
平均低潮位	140
最大潮差	467
最小潮差	149
平均潮差	330
15日平均海平面	294
平均涨潮历时 (h:min)	5:36
平均落潮历时 (h:min)	6:50
统计时间	2018-09-05 0:00~2018-09-19 23:00
潮位基准面	当地理论最低潮面 (1985 高程基准下 2.61 米)

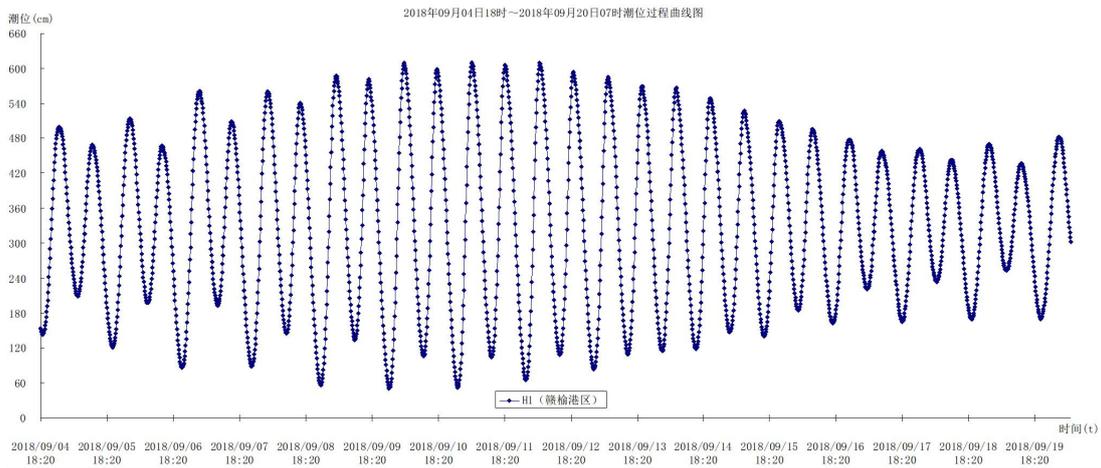


图 3.3-2 H1（赣榆港区）站整点潮位过程线图

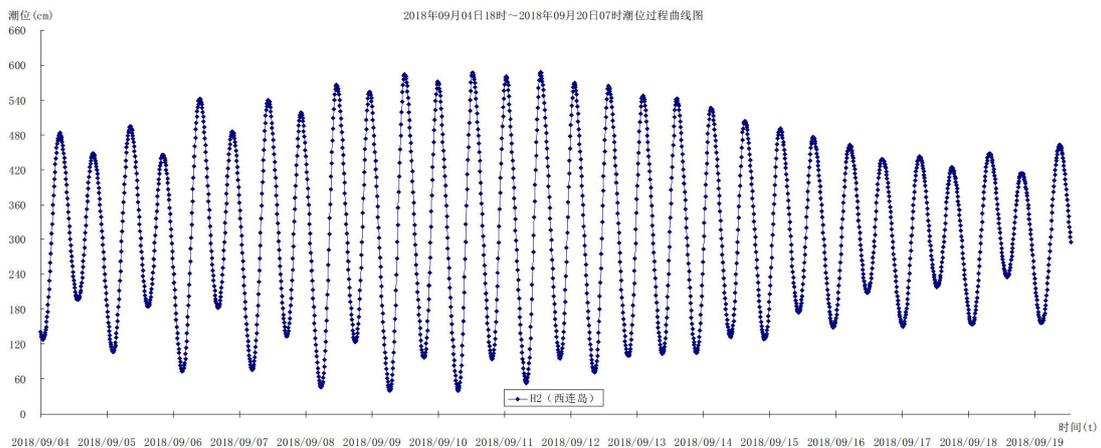


图 3.3-3 H2（西连岛）站整点潮位过程线图

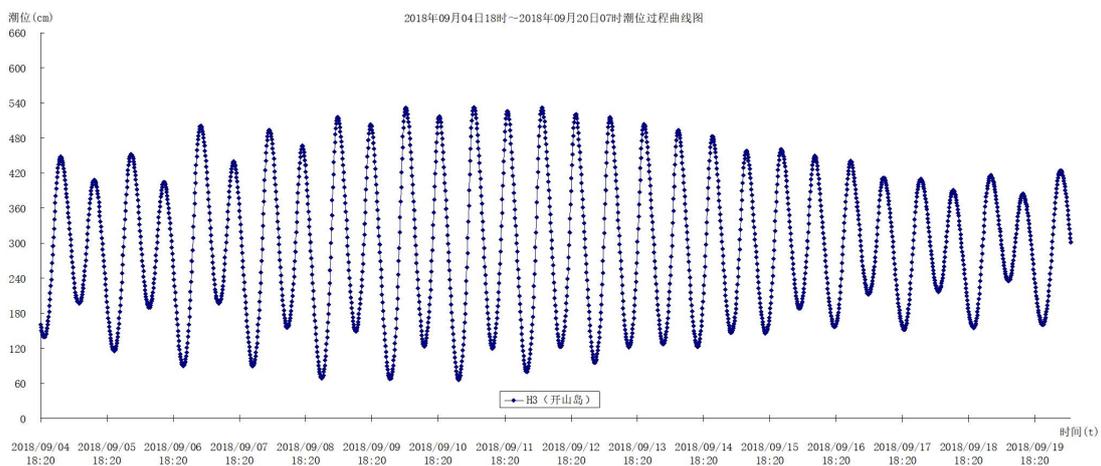


图 3.3-4 H3（开山岛）站整点潮位过程线图

### (3) 潮流准调和分

#### ① 潮流性质

潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，根据《海港水文规范》，海区的潮流性质按下式计算结果来判别：

$$F = \frac{W_{Q_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}}$$

当  $F \leq 0.5$  时为规则半日潮流；

当  $0.5 < F \leq 2.0$  时为不规则半日潮流；

当  $2.0 < F \leq 4.0$  时为不规则全日潮流；

当  $4.0 < F$  时为规则全日潮流。

式中的  $W_{Q_1}$ 、 $W_{K_1}$ 、 $W_{M_2}$  分别为主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流、主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s)。

计算结果，各测站的垂线平均的 F 值均在 0.18~0.40 之间，平均为 0.25。表明施测海域潮流类型为规则半日潮流。

表 3.3-20 各测站潮流示性系数 F 特征值表

站号	潮流示性系数						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
V1	0.31	0.29	0.26	0.37	0.34	0.38	0.25
V2	0.33	0.34	0.41	0.39	0.34	0.29	0.31
V3	0.19	0.16	0.28	0.15	0.27	0.21	0.18
V4	0.40	0.35	0.31	0.26	0.27	0.24	0.26
V5	0.22	0.23	0.27	0.30	0.26	0.31	0.24
V6	0.28	0.27	0.27	0.29	0.31	0.24	0.25
V7	0.26	0.37	0.27	0.23	0.18	0.17	0.23
V8	0.19	0.20	0.23	0.22	0.22	0.31	0.21
V9	0.20	0.19	0.23	0.22	0.27	0.32	0.22
V10	0.40	—	—	0.40	—	0.39	0.40

②潮流运动形式：

潮流运动形式一般可分为旋转流和往复流两种，在半日潮流占主导地位的测区，潮流运动可用 M2 分潮流的椭圆率 K 值来表述，K 值越大，潮流运动的旋转流形态就越强，反之则往复流性质越明显。潮流的旋转方向是以 K 值的正负来表征，正值为逆时针的左旋，负值为顺时针的右旋。

根据前述的分析，由于 V1~V10 潮流类型属于规则半日潮流性质，且半日分潮流中，M2 分潮最具有代表性，因此我们根据 M2 分潮流的椭圆旋转率 K 值来分析施测海域潮流的运动形式。根据 M2 分潮的 K 值可以看出：各测站的 K 值的绝对值均大于 0.25，且 K 值均为负值，则实测海域运动形式呈现旋转流特征，且潮流旋转方向均为顺时针的右旋。

表 3.3-21 各测站 M2 分潮 K 值

测站	K 值						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
V1	-0.35	-0.37	-0.36	-0.38	-0.42	-0.42	-0.38

V2	-0.39	-0.39	-0.38	-0.43	-0.51	-0.56	-0.44
V3	-0.31	-0.30	-0.34	-0.41	-0.49	-0.51	-0.38
V4	-0.54	-0.49	-0.53	-0.57	-0.61	-0.62	-0.55
V5	-0.46	-0.47	-0.51	-0.56	-0.60	-0.59	-0.53
V6	-0.56	-0.56	-0.62	-0.72	-0.72	-0.72	-0.65
V7	-0.40	-0.40	-0.41	-0.44	-0.45	-0.47	-0.42
V8	-0.52	-0.50	-0.50	-0.50	-0.52	-0.59	-0.51
V9	-0.31	-0.31	-0.37	-0.38	-0.40	-0.43	-0.36
V10	-0.02	—	—	-0.01	—	-0.02	-0.01

### ③余流:

余流是指海流中除天文引潮力作用所引起的潮流以外的海流。在近岸海域,一般情况下余流相对于潮流的量级较小,但在某些特定海域,余流影响不能被忽略。它主要受制于水文气象、地形等因素,因而不同天气条件、不同时间段的余流分布特征有所差异。全日周潮流和半日周潮流的矢端迹线为椭圆形状,余流则指向一定的方向。它一般包括漂流(风海流)、密度流、径流等,余流的流向常是泥沙运动和污染物质扩散运移的方向。

表 3.3-22 是本次测验各测站全潮期间的垂线平均及各层流速的余流计算结果表。垂线平均余流矢量图见图 3.3-5~图 3.3-6。

余流的变化主要受风场以及地形的支配。从计算结果来看:

1) 垂线平均余流,近岸海域在 2.3 cm/s~19.6 cm/s 之间;工程前沿海域在 2.8cm/s~9.4 cm/s 之间;外海海域在 1.3cm/s~6.6 cm/s 之间。各测站垂线平均余流最大值出现在大潮期间 V10 测站,达 19.6cm/s,方向为 208°。

2) 各层余流,近岸海域在 2.4 cm/s~22.3 cm/s 之间;工程前沿海域在 0.9cm/s~13.9 cm/s 之间;外海海域在 0.4cm/s~9.8 cm/s 之间。各测站各层余流最大值出现在大潮期间 V10 测站表层,达 22.3cm/s,方向为 210°。

3) 施测海域余流流速,以近岸海域最大,大、小潮平均余流为 6.0cm/s;其次是工程前沿海域,为 5.7 cm/s;外海海域最小,为 4.2cm/s。

4) 总体来看,施测海域余流与潮汐动力有明显关系,即随着潮型的变化,而逐渐减小。垂线平均余流方向大潮期间,V2~V3 测站、V7 测站为 SE,且平行于岸线方向,其余站垂直于岸线方向;小潮期间,V1~V3 测站为 SE,V5 为 NW,且平行于岸线方向,其余站垂直于岸线方向。

表 3.3-22 各测站余流计算结果一览表单位:流速 (cm/s),流向 (°)

站号	层次	大潮		小潮	
		流速	流向	流速	流向

V1	表层	9.4	196	4.8	106
	0.2H	8.4	199	2.7	112
	0.4H	5.7	177	2.9	127
	0.6H	3.9	188	2.1	173
	0.8H	2.3	201	1.9	254
	底层	1.5	268	0.8	312
	垂线平均	4.5	197	1.7	126
V2	表层	12.2	113	5.5	110
	0.2H	13.9	119	6.7	105
	0.4H	11.6	144	5.5	91
	0.6H	10.0	154	4.9	132
	0.8H	6.8	180	2.6	160
	底层	5.6	197	4.7	195
	垂线平均	9.3	143	4.3	122
V3	表层	4.4	116	5.6	108
	0.2H	4.9	122	4.6	100
	0.4H	5.4	124	5.5	122
	0.6H	6.6	122	3.9	155
	0.8H	5.1	133	4.2	174
	底层	3.4	146	4.4	181
	垂线平均	5.1	126	4.0	134
V4	表层	9.8	31	2.7	222
	0.2H	8.3	48	4.0	184
	0.4H	8.4	39	1.6	215
	0.6H	6.2	45	0.4	211
	0.8H	5.5	29	0.7	289
	底层	3.7	349	3.1	242
	垂线平均	6.6	44	1.3	220
V5	表层	11.5	355	2.3	340
	0.2H	9.2	9	1.3	338
	0.4H	10.4	3	0.9	1
	0.6H	12.1	355	3.3	331
	0.8H	8.3	4	5.1	332
	底层	6.7	347	4.3	303
	垂线平均	9.4	4	2.8	320
V6	表层	6.9	192	7.8	205
	0.2H	7.7	194	8.2	204
	0.4H	5.6	200	6.2	191
	0.6H	2.6	229	4.7	176
	0.8H	3.5	280	4.5	131
	底层	3.7	279	4.9	132
	垂线平均	4.2	217	5.2	183
V7	表层	3.8	154	4.4	39
	0.2H	5.4	141	8.4	359
	0.4H	5.0	133	6.0	1
	0.6H	4.7	134	1.8	313
	0.8H	4.4	121	1.4	234
	底层	3.2	135	3.0	198
	垂线平均	4.6	133	3.3	359
V8	表层	4.0	357	3.6	21
	0.2H	3.3	360	3.3	36
	0.4H	3.6	350	1.9	27

	0.6H	3.9	353	2.9	58
	0.8H	2.7	5	2.9	63
	底层	3.8	328	3.6	74
	垂线平均	3.4	353	3.1	53
V9	表层	3.8	121	5.1	209
	0.2H	3.8	120	4.8	212
	0.4H	2.9	83	3.5	224
	0.6H	4.1	63	3.4	218
	0.8H	4.4	358	3.6	215
	底层	2.4	329	3.1	267
	垂线平均	2.3	66	3.7	218
V10	表层	22.3	210	14.7	225
	0.2H	—	—	—	—
	0.4H	—	—	—	—
	0.6H	19.6	209	8.8	214
	0.8H	—	—	—	—
	底层	13.1	202	3.2	214
	垂线平均	19.6	208	9.7	218

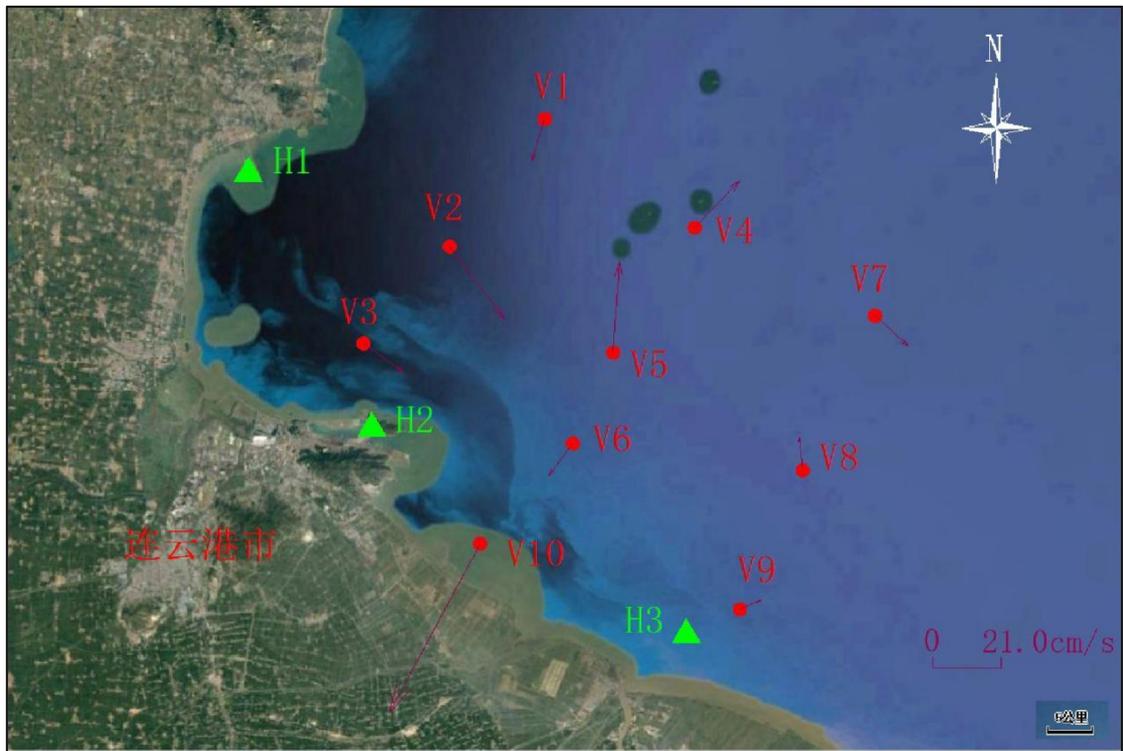


图 3.3-5 施测海域大潮垂线平均余流矢量图

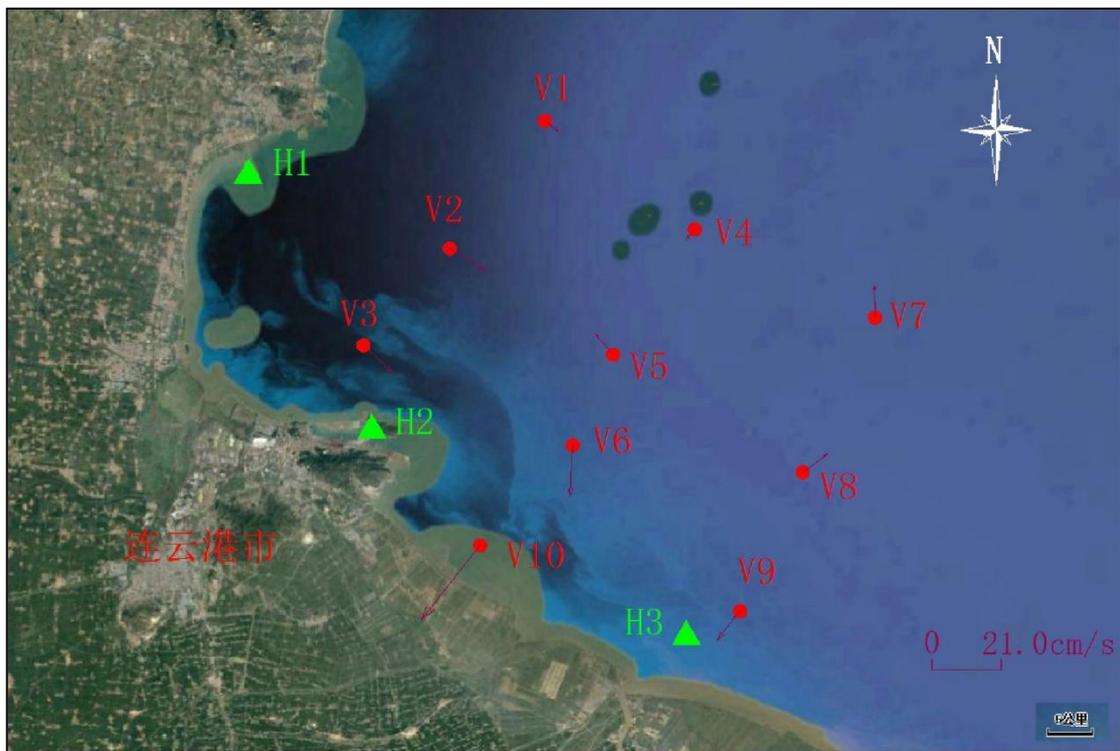


图 3.3-6 施测海域小潮垂线平均余流矢量图

#### 3.3.1.4 含沙量

本次水文全潮观测期间，观测含沙量采用 CTD 测沙。现场采用 CTD 以深度测量模式与测流同步进行测量。具体测量时，每小时整点将仪器匀速下放至海底，采集剖面数据一次，测量结束后再按与潮流分层一致的原则进行摘取分层数据。

##### (1) 潮段平均含沙量

本次水文全潮观测期间，大、小潮观测期的天气、海况条件相似，风浪掀沙对海区含沙量变化的影响差距不大。通过对本次测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其算术平均值得到各测站潮段平均含沙量。

①本次水文全潮观测期间，由含沙量及潮位过程线可以看出，含沙量随潮汐变化，表现出涨潮时升高，落潮时降低的变化特征。施测海域实测涨、落潮平均含沙量分别为  $0.047 \text{ kg/m}^3$  和  $0.037 \text{ kg/m}^3$ ，涨潮大于落潮。其中涨落潮平均含沙量，大、小潮分别为  $0.057 \text{ kg/m}^3$  和  $0.027 \text{ kg/m}^3$ ，水体含沙量浓度与潮汐动力有明显关系，即随着潮型的变化，而逐渐减小。

②本次水文全潮观测期间，大潮期间因潮水动力增强而含沙量较高，垂线平均含沙量在  $0.003 \text{ kg/m}^3 \sim 0.835 \text{ kg/m}^3$  之间。小潮期间则随潮动力的减弱而含沙量锐减，小潮垂线平均含沙量分布在  $0.002 \text{ kg/m}^3 \sim 0.287 \text{ kg/m}^3$  之间，故含沙量随月相的变化存在良好的规律。

③水体含沙浓度平面分布，以 V9 测站最高，其次是 V10、V6 测站，V1 测站最小。水体含沙量浓度，由各测站来看，呈近岸高，远岸低，东部大于西部的分布特征。按区域来看，由近岸海域→工程前沿海域→外海海域逐渐递减，分别为  $0.083\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.022\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.007\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 3.3-23 各测站潮段平均含沙量统计表 单位：含沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

站名	涨潮			落潮		
	大潮	小潮	平均值	大潮	小潮	平均值
V1	0.006	0.003	0.005	0.005	0.004	0.004
V2	0.017	0.016	0.016	0.013	0.010	0.012
V3	0.034	0.036	0.035	0.022	0.029	0.025
V4	0.014	0.005	0.009	0.012	0.005	0.008
V5	0.026	0.018	0.022	0.023	0.015	0.019
V6	0.051	0.030	0.041	0.043	0.030	0.036
V7	0.011	0.003	0.007	0.010	0.003	0.007
V8	0.031	0.040	0.035	0.022	0.033	0.027
V9	0.386	0.101	0.243	0.280	0.094	0.187
V10	0.075	0.039	0.057	0.058	0.027	0.043
平均值	0.065	0.029	0.047	0.049	0.025	0.037

### (2) 垂线平均最大含沙量

通过对本次测验各个测站的垂线平均含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站涨、落潮段的垂线平均最大含沙量。

施测海域各测站垂线平均最大含沙量，大、小潮涨潮段分别为  $0.835\text{g}/\text{m}^3$  和  $0.287\text{kg}/\text{m}^3$ ，落潮段分别为  $0.690\text{kg}/\text{m}^3$  和  $0.196\text{kg}/\text{m}^3$ 。垂线平均最大含沙量涨、落潮分别为  $0.835\text{kg}/\text{m}^3$  和  $0.690\text{kg}/\text{m}^3$ ，均出现在大潮期间近岸海域的 V9 测站。各测站垂线平均最大含沙量平面分布与潮段平均含沙量的平面分布一致。

表 3.3-24 各测站涨、落潮段垂线平均最大含沙量统计表 单位：含沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

站名	涨潮			落潮		
	大潮	小潮	最大值	大潮	小潮	最大值
V1	0.009	0.004	0.009	0.007	0.005	0.007
V2	0.023	0.024	0.024	0.023	0.016	0.023
V3	0.045	0.053	0.053	0.031	0.043	0.043
V4	0.019	0.009	0.019	0.025	0.009	0.025
V5	0.062	0.025	0.062	0.059	0.032	0.059
V6	0.077	0.048	0.077	0.052	0.047	0.052
V7	0.020	0.004	0.020	0.016	0.004	0.016
V8	0.059	0.060	0.060	0.029	0.045	0.045
V9	0.835	0.287	0.835	0.690	0.196	0.690
V10	0.148	0.064	0.148	0.178	0.043	0.178
最大值	0.835	0.287	0.835	0.690	0.196	0.690

### (3) 测点最大含沙量

通过对本次测验各个测站的各层实测的含沙量进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站测点的涨、落潮段最大含沙量（表 3.3-25~表 3.3-26 所示）。

测点最大含沙量，大、小潮均出现在近岸海域 V9 测站，大潮为  $1.414\text{kg/m}^3$ ，出现在 09 月 10 日 04:00 的底层，对应流速值为  $0.43\text{m/s}$ ，流向  $234^\circ$ ，处于涨潮时段；小潮为  $1.142\text{kg/m}^3$ ，出现 09 月 17 日 13:00 的底层，对应流速值为  $0.29\text{m/s}$ ，流向  $129^\circ$ ，处于落潮时段。

表 3.3-25 各测站大潮最大含沙量统计表 单位：含沙量( $\text{kg/m}^3$ )

项目 测站	涨 潮			落 潮		
	实测最大	垂线平均 最大	垂线平均	实测最大	垂线平均 最大	垂线平均
V1	0.026	0.009	0.006	0.019	0.007	0.005
V2	0.081	0.023	0.017	0.083	0.023	0.013
V3	0.098	0.045	0.034	0.052	0.031	0.022
V4	0.132	0.019	0.014	0.143	0.025	0.012
V5	0.168	0.062	0.026	0.153	0.059	0.023
V6	0.318	0.077	0.051	0.250	0.052	0.043
V7	0.046	0.020	0.011	0.038	0.016	0.010
V8	0.199	0.059	0.031	0.108	0.029	0.022
V9	1.414	0.835	0.386	1.294	0.690	0.280
V10	0.177	0.148	0.075	0.205	0.178	0.058
最大值	1.414	0.835	0.386	1.294	0.690	0.280

表 3.3-26 各测站小潮最大含沙量统计表 单位：含沙量( $\text{kg/m}^3$ )

项目 测站	涨 潮			落 潮		
	实测最大	垂线平均 最大	垂线平均	实测最大	垂线平均 最大	垂线平均
V1	0.010	0.004	0.003	0.011	0.005	0.004
V2	0.074	0.024	0.016	0.087	0.016	0.010
V3	0.186	0.053	0.036	0.172	0.043	0.029
V4	0.020	0.009	0.005	0.017	0.009	0.005
V5	0.092	0.025	0.018	0.083	0.032	0.015
V6	0.162	0.048	0.030	0.180	0.047	0.030
V7	0.008	0.004	0.003	0.009	0.004	0.003
V8	0.225	0.060	0.040	0.233	0.045	0.033
V9	1.072	0.287	0.101	1.142	0.196	0.094
V10	0.088	0.064	0.039	0.071	0.043	0.027
最大值	1.072	0.287	0.101	1.142	0.196	0.094

#### (4) 含沙量垂向分布

通过对施测海域各测站的各层实测的含沙量资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计得到各测站的涨、落潮段平均含沙量垂向分布和涨、落潮段最大含沙量垂向分布（如表 3.3-27~表 3.3-30 所示）。

统计结果表明：施测海域各测站垂线上含沙量呈现自表层至底层逐渐增大的分布，各分层含沙量（表层、 $0.6H$ 、底层）与表层含沙量之比自表至底如下：

涨潮段平均含沙量：涨潮，1.000、1.890 和 5.167；

落潮，1.000、1.846 和 6.052；

潮段最大含沙量：涨潮，1.000、1.879 和 4.523；

落潮，1.000、1.765 和 4.933。

总体来看，施测海域各测站潮段平均含沙量和潮段最大含沙量无论是涨潮段，还是落潮段，均呈现从表层到底层逐渐增大的分布状态。含沙量的垂向梯度，涨潮段小于落潮段。

表 3.3-27 各测站潮段平均含沙量垂向分布（大潮） 单位：含沙量(kg/m<sup>3</sup>)

站名	涨潮						落潮					
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
V1	0.003	0.003	0.004	0.006	0.008	0.015	0.003	0.003	0.004	0.004	0.007	0.011
V2	0.004	0.004	0.006	0.013	0.031	0.057	0.003	0.004	0.009	0.014	0.020	0.032
V3	0.013	0.016	0.023	0.038	0.051	0.068	0.014	0.015	0.016	0.021	0.030	0.037
V4	0.004	0.004	0.005	0.009	0.015	0.065	0.004	0.004	0.006	0.009	0.012	0.050
V5	0.012	0.013	0.018	0.026	0.033	0.071	0.011	0.014	0.018	0.020	0.029	0.055
V6	0.011	0.013	0.022	0.042	0.070	0.207	0.017	0.019	0.019	0.025	0.048	0.191
V7	0.005	0.006	0.009	0.010	0.014	0.023	0.006	0.007	0.008	0.010	0.014	0.020
V8	0.010	0.014	0.017	0.026	0.039	0.105	0.012	0.013	0.015	0.019	0.028	0.054
V9	0.205	0.223	0.301	0.409	0.520	0.744	0.101	0.116	0.167	0.275	0.433	0.720
V10	0.064	—	—	0.075	—	0.097	0.050	—	—	0.062	—	0.066
平均值	0.033	—	—	0.066	—	0.145	0.022	—	—	0.046	—	0.124
比值	1.000	—	—	1.982	—	4.392	1.000	—	—	2.077	—	5.608

表 3.3-28 各测站潮段平均含沙量垂向分布（小潮） 单位：含沙量(kg/m<sup>3</sup>)

站名	涨潮						落潮					
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
V1	0.002	0.002	0.002	0.003	0.006	0.007	0.003	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
V2	0.007	0.007	0.007	0.009	0.030	0.044	0.005	0.005	0.005	0.007	0.014	0.035
V3	0.009	0.009	0.012	0.024	0.064	0.130	0.011	0.011	0.013	0.020	0.040	0.108
V4	0.003	0.003	0.003	0.005	0.008	0.012	0.003	0.003	0.003	0.004	0.006	0.009
V5	0.007	0.008	0.009	0.012	0.030	0.052	0.010	0.010	0.011	0.012	0.021	0.037
V6	0.007	0.007	0.011	0.023	0.055	0.105	0.014	0.014	0.016	0.019	0.046	0.094
V7	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005
V8	0.017	0.019	0.021	0.030	0.057	0.130	0.015	0.016	0.019	0.023	0.041	0.120
V9	0.043	0.044	0.056	0.066	0.119	0.396	0.039	0.040	0.055	0.060	0.098	0.393
V10	0.033	—	—	0.039	—	0.048	0.023	—	—	0.024	—	0.037
平均值	0.013	—	—	0.022	—	0.093	0.012	—	—	0.018	—	0.084
比值	1.000	—	—	1.657	—	7.142	1.000	—	—	1.433	—	6.845

表 3.3-29 各测站潮段最大含沙量垂向分布（大潮） 单位：含沙量(kg/m<sup>3</sup>)

站名	涨潮						落潮					
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
V1	0.005	0.005	0.005	0.012	0.013	0.026	0.005	0.004	0.008	0.006	0.013	0.019
V2	0.007	0.008	0.008	0.029	0.043	0.081	0.005	0.013	0.019	0.025	0.036	0.083
V3	0.020	0.027	0.038	0.073	0.065	0.098	0.023	0.027	0.028	0.035	0.039	0.052
V4	0.006	0.007	0.009	0.017	0.032	0.132	0.008	0.007	0.011	0.017	0.021	0.143
V5	0.032	0.038	0.053	0.055	0.064	0.168	0.021	0.029	0.040	0.044	0.099	0.153
V6	0.023	0.026	0.040	0.077	0.118	0.318	0.032	0.030	0.028	0.046	0.079	0.250
V7	0.009	0.012	0.019	0.020	0.031	0.046	0.011	0.010	0.016	0.017	0.021	0.038
V8	0.017	0.024	0.026	0.047	0.099	0.199	0.022	0.024	0.026	0.031	0.040	0.108
V9	0.506	0.535	0.752	0.999	1.155	1.414	0.344	0.389	0.488	0.776	1.007	1.294
V10	0.137	—	—	0.143	—	0.177	0.125	—	—	0.203	—	0.205
平均值	0.076	—	—	0.147	—	0.266	0.060	—	—	0.120	—	0.235

比值	1.000	—	—	1.932	—	3.490	1.000	—	—	2.013	—	3.935
表 3.3-30 各测站潮段最大含沙量垂向分布（小潮） 单位：含沙量(kg/m <sup>3</sup> )												
站名	涨潮						落潮					
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层
V1	0.004	0.003	0.004	0.006	0.009	0.010	0.003	0.003	0.004	0.007	0.007	0.011
V2	0.017	0.014	0.016	0.017	0.052	0.074	0.008	0.009	0.008	0.011	0.023	0.087
V3	0.011	0.014	0.024	0.056	0.094	0.186	0.019	0.026	0.024	0.039	0.066	0.172
V4	0.004	0.003	0.004	0.010	0.015	0.020	0.004	0.005	0.004	0.008	0.016	0.017
V5	0.016	0.019	0.021	0.025	0.041	0.092	0.019	0.020	0.022	0.026	0.064	0.083
V6	0.010	0.009	0.023	0.055	0.087	0.162	0.024	0.022	0.025	0.030	0.083	0.180
V7	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005	0.008	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.009
V8	0.026	0.031	0.035	0.050	0.084	0.225	0.018	0.020	0.026	0.030	0.054	0.233
V9	0.100	0.108	0.197	0.202	0.412	1.072	0.067	0.063	0.096	0.095	0.192	1.142
V10	0.060	—	—	0.069	—	0.088	0.033	—	—	0.038	—	0.071
平均值	0.025	—	—	0.050	—	0.194	0.020	—	—	0.029	—	0.201
比值	1.000	—	—	1.972	—	7.717	1.000	—	—	1.455	—	10.126

### 3.3.2海水水质环境

为了解工程附近海域海水水质质量现状，上海鉴海环境检测技术有限公司于 2021 年春季（2021 年 3 月）对该海域进行海洋环境与生物生态现状调查，监测所在海域的水质、沉积物、生态及生物质量状况。布设了 36 个海水水质站位、24 个沉积物站位、24 个生物生态站位、24 个渔业资源站位以及 5 条潮间带断面。各监测站位具体位置详见图 3.3-7，表 3.3-31 所示。

上海鉴海环境检测技术有限公司于 2020 年秋季（2020 年 11 月）对该海域进行海洋环境与生物生态现状调查，监测所在海域的水质、沉积物、生态及生物质量状况。环境现状调查资料时效性满足要求。布设水质站位 42 个，沉积物站位 30 个，生物生态和生物质量站位 30 个，潮间带调查断面 5 条。从站位布设满足 1 级水质环境评价项目一般应设（5~8）个调查断面，每个调查断面应设置（4~6）个测站的要求。调查站位坐标及位置详见（见表 3.3-31，图 3.3-7）。

表 3.3-31 海洋环境现状调查站位表

站位	经度	纬度	2021 年 3 月	2020 年 11 月调查项目
1	119°40'7.14"东	35°4'16.70"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
2	119°33'21.48"东	34°57'18.28"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
3	119°28'2.95"东	34°52'3.91"北	水质	水质
4	119°22'56.67"东	34°46'50.34"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
5	119°47'26.26"东	34°59'15.86"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
6	119°41'46.54"东	34°53'6.22"北	水质	水质
7	119°35'32.24"东	34°47'15.07"北	水质	水质
8	119°29'49.53"东	34°41'20.34"北	水质	水质

## 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口设置论证报告

9	119°54'44.94"东	34°55'4.04"北	水质	水质
10	119°48'26.42"东	34°48'14.36"北	水质	水质
11	119°41'34.92"东	34°42'42.91"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
12	119°38'0.08"东	34°38'17.17"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
13	119°35'43.84"东	34°36'13.98"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
14	120° 1'6.66"东	34°51'6.62"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
15	119°55'37.48"东	34°43'52.83"北	水质	水质
16	119°48'43.39"东	34°37'48.48"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
17	119°44'59.25"东	34°34'40.69"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
18	120° 6'35.29"东	34°47'28.76"北	水质	水质
19	120° 1'42.90"东	34°40'16.85"北	水质	水质
20	119°55'55.56"东	34°34'46.79"北	水质	水质
21	119°49'54.23"东	34°29'33.47"北	水质	水质
22	120°13'39.87"东	34°42'36.87"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
23	120° 8'55.70"东	34°37'15.93"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
24	120° 3'35.28"东	34°31'25.41"北	水质	水质
25	119°59'18.82"东	34°27'29.01"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
26	119°37'12.70"东	34°44'46.27"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
27	119°34'9.43"东	34°41'24.37"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
28	119°36'33.05"东	34°39'24.12"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
29	119°38'29.32"东	34°43'2.51"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
30	119°36'44.66"东	34°35'34.23"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
31	119°44'50.55"东	34°39'57.74"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
32	119°41'7.21"东	34°37'13.56"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
33	119°39'41.19"东	34°33'19.85"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
34	119°39'44.72"东	34°31'40.03"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
35	119°42'18.20"东	34°32'19.82"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
36	119°42'23.17"东	34°40'40.11"北	水质、沉积物、生物生态、渔业资源	水质、沉积物、生态、生物质量
Z01	119°33'57.63"东	34°36'43.98"北	-	水质、沉积物、生态、生物质量
Z02	119°34'30.48"东	34°37'57.96"北	-	水质、沉积物、生态、

				生物质量
Z03	119°34'45.00"东	34°39'26.66"北	-	水质、沉积物、生态、生物质量
Z04	119°35'58.95"东	34°37'41.43"北	-	水质、沉积物、生态、生物质量
Z05	119°37'15.46"东	34°37'15.01"北	-	水质、沉积物、生态、生物质量
Z06	119°31'32.21"东	34°38'51.00"北	-	水质、沉积物、生态、生物质量
C1	119°28'42.33"东	34°39'17.77"北	潮间带生物	-
C2	119°34'58.39"东	34°34'50.98"北	潮间带生物	-
C3	119°43'31.45"东	34°31'7.43"北	潮间带生物	-
C4	119°50'48.44"东	34°27'39.83"北	潮间带生物	-
C5	119°27'5.50"东	34°46'12.60"北	潮间带生物	-

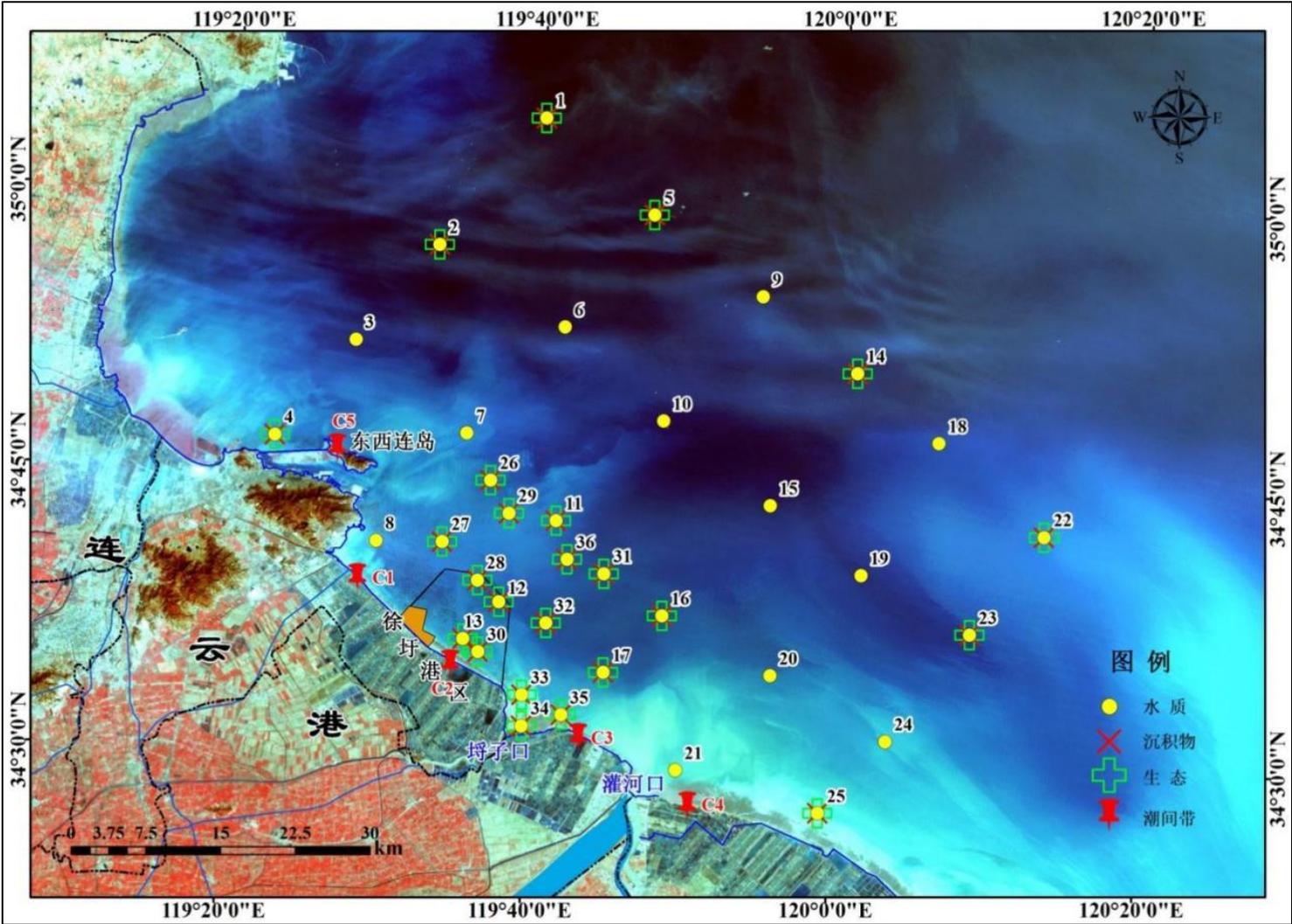


图 3.3-7 调查站位图 (2021 年春季)

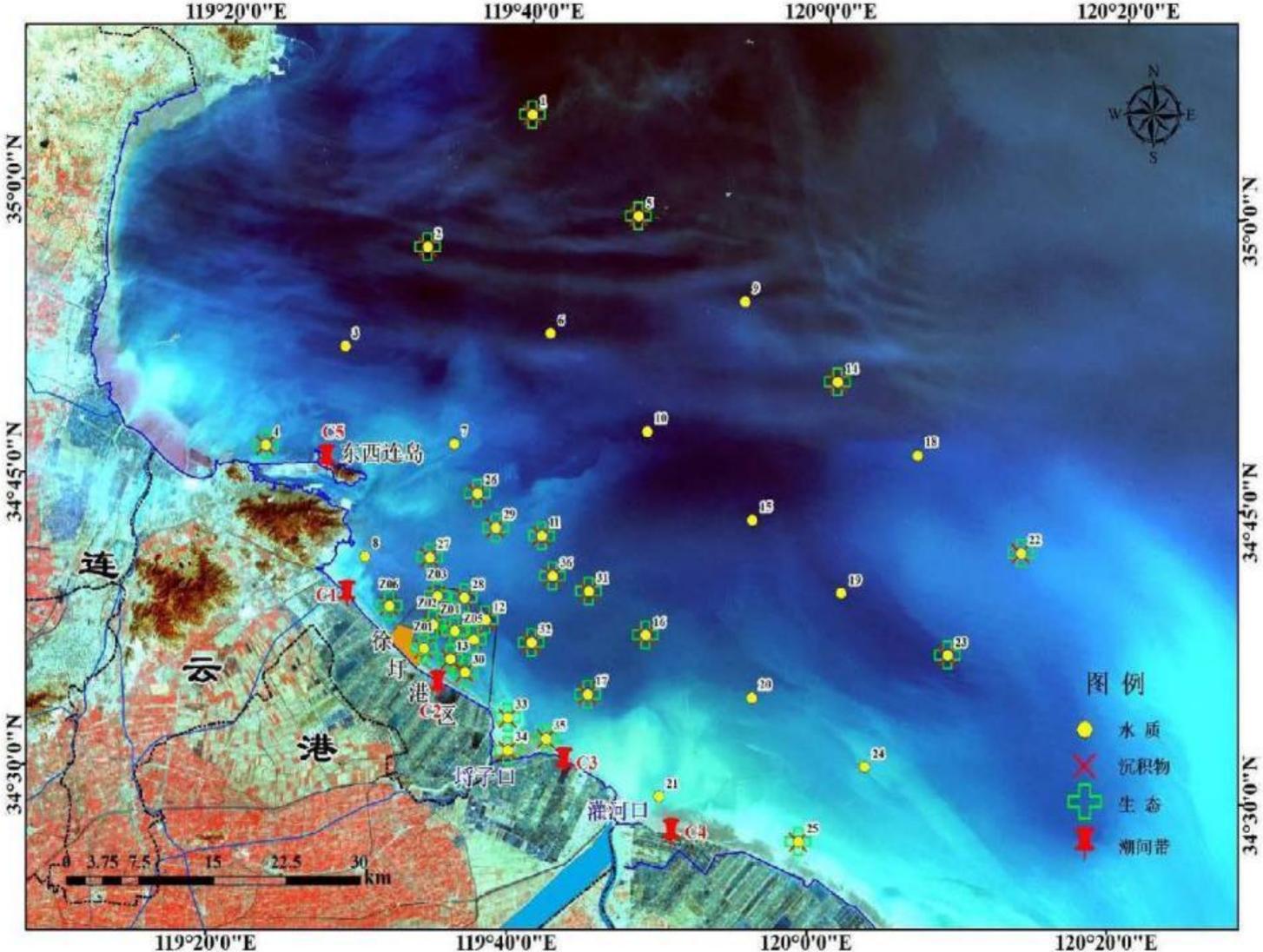


图 3.3-8 海洋环境调查站位图（2020 年秋季）

### 3.3.2.1 2021 年 3 月

#### 1、水环境质量现状调查

上海鉴海环境检测技术有限公司于 2021 年 3 月对工程海域进行了海洋环境质量现状调查，调查共布设 36 个水质现状调查站位。

常规因子：水温、盐度、pH 值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、砷。

监测分析方法（包括采样和现场与实验室分析）按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、海洋调查规范（GB12763-2007）相关技术规程进行。

①水质样品分析参照《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）、《海洋调查规范第 4 部分海水化学要素调查》（GB/T12763.4-2007）和《海洋监测技术规程第 1 部分：海水》（HY/T147.1-2013）等国家标准进行。

#### 2、水环境质量评价结果

##### (1) 评价因子

选择 pH 值、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷、硫化物和油类共 13 个因素作为评价因子。悬浮物质量评价是指人为活动造成的增加量，由于没有调查海域本底值，因此悬浮物项不作评价。

##### (2) 评价方法

水质采用单因子指数法进行质量评价，标准指数的计算公式如下：

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{i,s}$$

式中： $S_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的标准指数；

$C_{i,j}$ ——第  $i$  站评价因子  $j$  的测量值；

$C_{i,s}$ ——评价因子  $j$  的评价标准值。

海水 pH 评价指数计算按下式如下：

$$S_{pHj} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd}) \quad \text{当 } pH_j \leq 7.0 \text{ 时}$$

$$S_{pHj} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \quad \text{当 } pH_j > 7.0 \text{ 时}$$

式中： $S_{pHj}$ ：pH 在第  $j$  取样点的标准指数；

$pH_j$ ： $j$  取样点水样 pH 实测值；

$pH_{sd}$ ：评价标准规定的下限值；

$pH_{su}$ : 评价标准规定的上限值。

DO 评价指数按下式如下:

$$S_{DO_j} = DO_s / DO_j \quad \text{当 } DO_j \leq DO_f \text{ 时}$$

$$S_{DO_j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \quad \text{当 } DO_j > DO_f \text{ 时}$$

式中:

$S_{DO_j}$ : 饱和溶解氧在第  $j$  取样点的标准指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$DO_f$ : 饱和溶解氧浓度, mg/L, 对于入海河口、近岸海域:

$$DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$$

$DO_j$ : 溶解氧在  $j$  取样点的实测浓度值, mg/L;

$DO_s$ : 溶解氧的水质评价标准限值, mg/L;

$S$ : 实用盐度符号, 量纲为 1;

$T$ : 水温, °C。

污染指数  $\leq 1$  者, 认为该点位水质没有受到该因子污染;  $> 1$  者为水质受到该因子污染, 数据越大污染越重。

### (3) 评价结果

2021 年 3 月调查表明, 一类海区的 12 个站位中, 10 个站位 (2#、3#、5#、9#、14#、15#、18#、19#、22#、23#) 的无机氮超标, 超标率为 83.33%, 最大超标倍数为 0.97, 2 个站位 (10#、15#) 的活性磷酸盐超标, 超标率为 16.67%, 最大超标倍数为 2.33, 1 个站位的化学需氧量超标, 超标率为 8.33%, 最大超标倍数为 0.19, 9 个站位 (2#、3#、6#、9#、10#、14#、19#、22#、23#) 的汞超标, 超标率为 75%, 最大超标倍数为 0.82; 二类海区的 19 个站位中, 11 个站位 (7#、16#、17#、24#、26#、27#、29#、31#、32#、34#、36#) 的无机氮超标, 超标率为 57.89%, 最大超标倍数为 1.48, 1 个站位 (36#) 的活性磷酸盐超标, 超标率为 5.26%, 最大超标倍数为 1.27; 三类海区调查站位各项指标均满足相应标准要求; 四类海区的 4 个站位中, 3 个站位 (12#、13#、30#) 的无机氮超标, 超标率为 75%, 最大超标倍数为 0.5。

### 3.3.2.2 2020年11月

#### 1、水质质量现状调查

上海鉴海环境检测技术有限公司于2020年秋季（2020年11月）对工程海域进行了海洋环境质量现状调查，调查共布设42个水质现状调查站位。

水温、盐度、pH值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、砷、汞。

监测分析方法（包括采样和现场与实验室分析）按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、海洋调查规范（GB12763-2007）相关技术规程进行，具体监测分析方法同2021年3月。

#### 2、水质现状评价

##### （1）评价方法

选择pH值、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、铜、铅、锌、镉、汞、砷和油类共12个因素作为评价因子。悬浮物质量评价是指人为活动造成的增加量，由于没有调查海域本底值，因此悬浮物项不作评价。

##### （2）评价方法

采用单因子标准指数（Pi）法。

##### （3）评价结果

2020年11月调查表明，一类海区的12个站位中，7个站位（2#、6#、9#、10#、15#、19#、23#）的无机氮超标，超标率为58.33%，最大超标倍数为0.94，2个站位（1#、2#）的溶解氧超标，超标率为16.67%，最大超标倍数为0.55，2个站位（19、23#）的化学需氧量超标，超标率为16.67%，最大超标倍数为0.85，11个站位（2#、3#、5#、6#、9#、10#、14#、15#、18#、19#、23#）的活性磷酸盐超标，超标率为91.67%，最大超标倍数为2.27，6个站位（2#、6#、9#、14#、15#、23#）的铅超标，超标率为50%，最大超标倍数为0.40，12个站位（2#、3#、5#、6#、9#、10#、14#、15#、18#、19#、22#、23#）的锌超标，超标率为100%，最大超标倍数为1.02；二类海区的19个站位中，12个站位（4#、7#、11#、16#、17#、20#、25#、29#、31#、33#、35#、36#）的无机氮超标，超标率为63.16%，最大超标倍数为0.39，1个站位（7#）的化学需氧量超标，超标率为5.26%，最大超标倍数为0.04，6个站位（17#、21#、29#、32#、33#、34#）的活性磷酸盐

超标，超标率为 31.58%，最大超标倍数为 0.43；三类海区的 2 个站位中，1 个站位（Z06#）的活性磷酸盐超标，超标率为 50%，最大超标倍数为 0.43；四类海区的 9 个站位中，1 个站位（28#）的活性磷酸盐超标，超标率为 11.11%，最大超标倍数为 0.07。

### 3.3.3 海洋沉积物环境

#### 1、沉积物现状调查

##### (1) 监测站位

为了解工程附近海域海洋沉积物质量现状，上海鉴海环境检测技术有限公司于 2020 年秋季（2020 年 11 月）对该海域进行海洋沉积物现状调查，监测所在海域的沉积物状况。环境现状调查资料时效性满足要求。布设沉积物站位 30 个。

##### (2) 监测项目

总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物、有机碳。

##### (3) 分析方法

样品的采集、保存和分析方法均按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）中的相关规定进行。

沉积物检测方法参照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》（GB17378.5-2007）等规定进行。

##### (4) 调查结果

调查区海洋沉积物样品中各要素的分析测试结果列于表 3.3-32 中。

表 3.3-32 2020 年秋季海洋沉积物样品调查要素的分析结果

站位	硫化物	石油类	铜	锌	砷	镉	铅	铬	汞	有机碳
	(10 <sup>-6</sup> )									(10 <sup>-2</sup> )
1#	1.11	7.90	23.1	36.4	10.3	0.017	20.1	43.4	0.068	0.128
2#	1.57	8.31	34.4	53.6	5.12	0.027	12.2	41.4	0.069	0.126
4#	0.963	16.2	13.6	40.7	4.78	0.044	9.55	37.5	0.073	0.252
5#	0.522	12.0	19.7	34.3	5.32	0.015	14.8	25.9	0.046	0.114
11#	0.239	12.5	49.5	83.2	9.96	0.072	19.7	52.4	0.048	0.127
12#	1.24	16.4	39.8	85.1	10.6	0.034	20.4	59.9	0.055	0.151
13#	1.47	10.4	26.1	49.0	7.60	0.022	12.1	39.7	0.035	0.112
14#	1.32	9.31	21.1	30.1	6.94	0.017	15.2	27.0	0.015	0.090
16#	0.138	9.29	47.9	86.0	8.60	0.016	21.9	55.3	0.044	0.043
17#	1.69	13.1	22.2	43.9	5.12	0.016	12.2	39.5	0.028	0.127

22#	1.33	8.84	40.5	88.5	8.25	0.031	16.0	47.0	0.046	0.193
23#	0.258	10.1	26.5	51.5	5.34	0.047	15.1	40.6	0.059	0.183
25#	0.449	15.2	38.4	60.3	7.54	0.062	18.2	44.0	0.055	0.210
26#	0.243	7.64	22.4	45.3	2.04	0.012	8.91	44.8	0.043	0.101
27#	2.88	11.2	52.4	78.9	8.47	0.042	20.6	58.1	0.045	0.202
28#	1.93	8.27	48.9	62.7	7.37	0.014	18.9	55.5	0.045	0.036
29#	0.997	8.29	46.3	68.6	10.4	0.027	20.6	52.4	0.051	0.317
30#	0.295	13.5	50.5	73.4	4.35	0.046	18.4	67.1	0.045	0.168
31#	ND	8.55	18.7	42.8	7.49	0.033	11.0	32.3	0.048	0.104
32#	0.264	11.2	29.8	57.7	2.18	0.025	10.7	49.4	0.038	0.121
33#	0.605	14.1	52.0	74.4	6.89	0.059	25.4	55.8	0.033	0.237
34#	0.560	13.3	34.4	59.9	2.50	0.029	16.5	44.9	0.040	0.187
35#	0.288	13.5	44.6	98.5	1.59	0.054	19.4	61.4	0.044	0.184
36#	0.218	11.9	38.0	61.6	8.69	0.031	16.9	49.2	0.041	0.154
Z01	1.38	11.6	48.1	93.0	10.0	0.077	22.9	66.9	0.050	0.233
Z02	0.442	16.1	46.4	92.4	8.69	0.012	19.9	56.6	0.035	0.228
Z03	1.15	16.9	54.1	94.2	10.6	0.050	23.7	68.5	0.074	0.207
Z04	0.659	13.6	48.6	75.7	12.1	0.042	19.8	62.0	0.058	0.218
Z05	0.738	10.6	48.3	73.7	6.52	0.050	20.1	55.6	0.050	0.300
Z06	1.21	12.7	52.9	81.0	10.4	0.039	26.8	50.7	0.055	0.254
平均值	0.902	11.750	37.973	65.880	7.192	0.035	17.59 9	49.493	0.048	0.170
最大值	2.88	16.40	52.40	88.50	10.60	0.07	21.90	59.90	0.073	0.25
最小值	0.14	7.64	13.60	30.10	2.04	0.01	8.91	25.90	0.015	0.04

## 2、沉积物质量评价

### (1) 评价因子

海洋沉积物质量现状评价选择总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物、有机碳共 10 种要素作为评价因子。

### (2) 评价方法

采用标准指数法，其公式为：

$$P_{ij}=C_{ij}/S_{ij}$$

式中： $P_{ij}$ —i 污染物 j 点的标准指数；

$C_{ij}$ —i 污染物 j 点的实测浓度，mg/L；

$S_{ij}$ —i 污染物 j 点的标准浓度，mg/L。

污染指数 $\leq 1$ 者,认为该点位沉积物没有受到该因子污染; $>1$ 者为沉积物受到该因子污染,数据越大污染越重。

#### (4) 评价结果

从监测结果看,除铜之外,其他调查因子均符合所在功能区《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)中相应标准的要求。铜超标率为32%,最大超标倍数为0.5,超标站位数量为8个。个别站位出现铜超标的现象可能与陆源污染较多有关,一类海区中铜超标还可能是与本底值较高有关。

### 3.3.4 海洋生态环境

#### 3.3.4.1 2021年3月

上海鉴海环境检测技术有限公司于2021年春季(2021年3月)在工程附近海域进行了海洋生态环境现状调查,调查站位个数为24。

##### 一、调查方法

现场采样按照《海洋监测规范 第7部分:近海污染生态调查和生物监测》(GB17378.7-2007)、《海洋调查规范第6部分:海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)等的要求进行。

——叶绿素 a: 用采水器采样;

——浮游植物(水样): 用采水器采样;

——浮游植物(网样): 采用浅水 III 型浮游生物网自底至表进行垂直拖网,落网为0.5m/s,起网为0.5~0.8m/s;

——浮游动物(网样): 采用浅 I 型和 II 型浮游生物网从底至表层垂直拖网获取,落网为0.5m/s,起网为0.5~0.8m/s;

——底栖生物: 用采泥器(0.025m<sup>2</sup>)进行采集,每站采集4次,取4次总和为该站的生物量和栖息密度;

——潮间带生物: 每一断面的高、中、低3个潮区分别布设取样点,每一取样点随机取样25cm×25cm×30cm。高、中、低3个潮区分别采集3、3、3个样方,以孔径0.5mm的筛子筛出其中生物,并在各取样点周围采集定性标本。

##### 二、海洋生态环境评价方法

###### 1、叶绿素 a

叶绿素 a 含量采用 Jeffrey-Humphrey(1975)的改进公式计算:

$$\text{Chla} = 11.85 \times (E_{664} - E_{750}) - 1.54 \times (E_{647} - E_{750}) - 0.08 \times (E_{630} - E_{750}) v / VL$$

其中，Chla 为叶绿素 a 浓度， $\mu\text{g/L}$ ；v 为样品提取液体积，mL；V 为海水样品实际用量，L；L 为测定池光程，cm；E750、E664、E647、E630 分别为 750nm，664nm，647nm，630nm 波长处的吸光值。

## 2、优势度 (Y)

优势种的概念有两个方面，即一方面占有广泛的生态环境，可以利用较高的资源，有着广泛的适应性，在空间分布上表现为空间出现频率 ( $f_i$ ) 较高；另一方面，表现为个体数量 ( $n_i$ ) 庞大，丰度  $n_i/N$  较高。设： $f_i$ ——第 i 个种在各样方中的出现频率； $n_i$ ——群落中第 i 个物种在空间中的丰度；N——群落中所有物种的总丰度；综合优势种概念的两个方面，得出优势种优势度 (Y) 的计算公式：

$$Y = n_i / N \times f_i$$

本报告优势度  $Y \geq 0.02$  时为优势种。

## 3、多样性指数

本次调查的海洋生物生态群落评价包括群落多样性、群落均匀度、物种丰富度和群落单纯度四个方面。

香农威纳 (Shannon—Wiener) 物种多样性指数，计算公式如下：

$$H' = -P_i \log_2 P_i$$

式中： $H'$ ——种类多样性指数；S——样品中的种类总数； $P_i$ ——为第 i 种种的个体丰度 ( $n_i$ ) 与总丰度 (N) 的比值 ( $n_i/N$ )。一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数值降低。

Pielou 均匀度指数，计算公式如下：

$$J' = H' / \log_2 S$$

式中， $J'$ ——表示均匀度指数值； $H'$ ——表示物种多样性指数值；S——表示样品中总种数。

$J'$  值范围为 0~1 之间， $J'$  值大时，体现种间个体分布较均匀，群落结构较稳定；反之， $J'$  值小反映种间个体分布不均。由于污染环境的种间个体分布差别大，表现为  $J'$  值低，群落结构往往不稳定。

Margalef 丰富度指数，计算公式如下：

$$d=(S-1)/\log_2N$$

式中， $d$ ——表示丰富度指数值； $S$ ——表示样品中的总种数； $N$ ——表示群落中所有物种的总丰度。

单纯度指数，计算公式如下：

$$C=\text{SUM}(n_i/N)^2$$

式中， $C$ ——表示单纯度指数； $N$ ——表示群落中所有物种丰度或生物量； $n_i$ ——表示第  $i$  个物种的丰度或生物量。一般而言，健康的生态环境，种类丰富度高；污染环境，种类丰富度较低，单纯度指数较高。

### 三、调查结果与评价

#### 1、叶绿素-a 及初级生产力

2021 年春季表层海水叶绿素 a 均值为  $0.46\mu\text{g/L}$  ( $0.05\mu\text{g/L}\sim 0.97\mu\text{g/L}$ )；底层海水叶绿素 a 均值为  $0.31\mu\text{g/L}$  ( $0.10\mu\text{g/L}\sim 0.57\mu\text{g/L}$ )。

#### 2、浮游植物（水样）

##### (1) 浮游植物种类组成

2021 年春季共鉴定浮游植物(水样)2 门 40 种，其中硅藻门 37 种，占 92.50%；甲藻门 3 种，占 7.50%。

##### (2) 细胞丰度及平面分布

2021 年春季各站点浮游植物细胞丰度范围在  $0.17\times 10^4$  个/L $\sim 101.11\times 10^4$  个/L，平均  $19.40\times 10^4$  个/L，最高值出现在 26 站，最小值出现在 13 站。

##### (3) 优势种

2021 年春季浮游植物（水样）共有优势种 2 种，分别为中肋骨条藻和奇异菱形藻，共占总丰度的 95.52%，见表 3.3-33。

表 3.3-33 植物（水样）优势种优势度和丰度 ( $\times 10^4$  个/L)

优势种	优势度 Y	丰度	丰度 (%)
中肋骨条藻	0.69	428.30	91.97
奇异菱形藻	0.02	16.53	3.55

##### (4) 物种多样性指数

2021 年春季浮游植物（水样）多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 0.71 (0.12~2.38)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.36 (0.04~0.92)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 0.33 (0.08~1.00)，物种单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.76 (0.26~0.98)。多样性数据显示调查海域浮游

植物群落多样性指数一般、丰富度指数、均匀度指数较低，单纯度指数一般，群落稳定性一般。

### 3、浮游植物（III型网）调查结果

#### （1）浮游植物种类组成

2021年春季浮游植物（III型网）共鉴定浮游植物2门57种。其中硅藻门48种，占84.21%；甲藻门9种，占15.79%。各站浮游植物种类数在3~27之间，平均12种，显示调查海域各站点浮游植物的种类数一般。

#### （2）细胞丰度及平面分布

2021年春季各站点浮游植物（III型网）细胞丰度范围在 $0.09 \times 10^4$  ind./m<sup>3</sup>~ $50.52 \times 10^4$  ind./m<sup>3</sup>，平均 $7.66 \times 10^4$  ind./m<sup>3</sup>，最高值出现在25站，最小值出现5站。构成细胞丰度的主要种为奇异菱形藻、虹彩圆筛藻、夜光藻、中肋骨条藻和短楔形藻，几者占总丰度的65.26%。

#### （3）优势种

2021年春季该海域浮游植物（III型网）共有优势种5种，分别为奇异菱形藻、虹彩圆筛藻、夜光藻、中肋骨条藻和八幅辐环藻，共占总丰度的61.68%，见表3.3-34。

表 3.3-34 浮游植物（III型网）优势种优势度和丰度

优势种	优势度 Y	丰度 ( $\times 10^4$ ind./m <sup>3</sup> )	丰度 (%)
奇异菱形藻	0.18	52.34	28.47
虹彩圆筛藻	0.06	19.25	10.47
夜光藻	0.06	16.38	8.91
中肋骨条藻	0.02	19.93	10.84
八幅辐环藻	0.02	5.52	3.00

#### （4）物种多样性指数

2021年春季浮游植物（III型网）多样性指数 ( $H'$ ) 均值为2.28 (0.32~3.42)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为0.69 (0.14~1.00)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为0.71 (0.20~1.42)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为0.33 (0.12~0.92)。显示调查海域浮游植物群落多样性指数和均匀度指数一般，丰富度指数和单纯度指数均较低，群落稳定性一般。

### 4、浮游动物（I型网）

#### （1）种类组成

2021年春季浮游动物(I型网)共鉴定浮游动物6大类32种(不含7类浮游幼虫(体))。其中桡足类最多,计22种,占68.75%;水母类4种,占12.50%;糠虾类和磷虾类各计2种,分别占6.25%;被囊类和毛颚类各计1种,分别占3.13%。该调查海域各站浮游动物出现的种类数在4~14种之间,均值为7种,显示该海域浮游动物种类数一般。

#### (2) 浮游动物(I型网)总生物量、总丰度及平面分布

2021年春季浮游动物(I型网)各站点生物量分布较不均匀,波动在 $3.52\text{mg/m}^3\sim 475.15\text{mg/m}^3$ 之间,平均生物量为 $67.19\text{mg/m}^3$ 。11站位生物量最高,14站位生物量最低,总体上生物量水平一般。各测站浮游动物(I型网)的丰度范围为 $2.78\text{ind./m}^3\sim 725.76\text{ind./m}^3$ ,平均为 $81.38\text{ind./m}^3$ ,以11站最高,14站最低。

#### (3) 优势种

2021年春季浮游动物(I型网)共出现3个优势种,分别为小拟哲水蚤、小纺锤水蚤和拟长腹剑水蚤,共占总丰度的89.43%,优势度见表3.3-35。

表 3.3-35 浮游动物(I型网)优势种优势度特征(丰度单位:  $\text{ind./m}^3$ )

优势种	Y	丰度	丰度%
小拟哲水蚤	0.36	757.98	38.81
小纺锤水蚤	0.31	603.68	30.91
拟长腹剑水蚤	0.16	384.95	19.71

#### (4) 物种多样性指数

2021年春季调查海域浮游动物(I型网)多样性指数( $H'$ )均值为1.85(1.06~2.82),均匀度指数( $J'$ )均值为0.71(0.34~1.00),丰富度指数( $d$ )均值为1.38(0.66~3.39),单纯度指数( $C$ )均值为0.38(0.16~0.68)。该调查海域浮游动物群落多样性指数、均匀度指数和丰富度指数一般,单纯度指数较低,群落稳定性一般。

### 5、浮游动物(II型网)

#### (1) 种类组成

2021年春季浮游动物(II型网)共鉴定7类浮游动物28种(不含5类浮游幼虫(体))。其中桡足类最多,计18种,占64.29%;水母类计4种,占14.29%;毛颚类2种,占7.14%;被囊类、介形类、糠虾类和十足类各1种,分别占3.57%。

该调查海域各站浮游动物出现的种类数在 3~12 种之间，均值为 7 种，显示该海域浮游动物种类数一般。

### (2) 浮游动物 (II型网) 总生物量、总丰度及平面分布

2021 年春季浮游动物 (II型网) 生物量的分布较不均匀，波动在  $11.19\text{mg}/\text{m}^3$  ~  $1216.67\text{mg}/\text{m}^3$  之间，平均生物量为  $150.00\text{mg}/\text{m}^3$ 。4 站位生物量最高，14 站位生物量最低，总体上生物量水平一般。

丰度范围为  $24.62\text{ind.}/\text{m}^3$ ~ $3666.67\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均为  $448.10\text{ind.}/\text{m}^3$ 。以 4 站位最高，以 31 站位最低。

### (3) 优势种

2021 年春季浮游动物 (II型网) 共出现 4 个优势种，分别为小纺锤水蚤、无节幼虫、真刺唇角水蚤和小拟哲水蚤，共占总丰度的 90.88%。

表 3.3-36 徐圩港区 2021 年春季浮游动物 (II型网) 优势种优势度特征

优势种	Y	丰度 ( $\text{ind.}/\text{m}^3$ )	丰度%
小纺锤水蚤	0.34	4403.58	40.95
无节幼虫	0.17	2285.56	21.25
真刺唇角水蚤	0.16	1912.08	17.78
小拟哲水蚤	0.09	1172.54	10.90

### (4) 物种多样性指数

2021 年春季调查海域浮游动物 (II型网) 多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.50 (0.11~2.50)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.54 (0.07~0.89)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 0.81 (0.23~1.49)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.51 (0.22~0.98)。该调查海域浮游动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数和单纯度指数一般，群落稳定性一般。

## 6、底栖生物

### (1) 种类组成和分布

2021 年春季底泥采集样品共鉴定底栖生物 6 类 25 种。其中软体动物 13 种，占 52.00%；甲壳动物 4 种，占 16.00%；环节动物和鱼类各 3 种，分别占 12.00%；棘皮动物和昆虫动物各 1 种，分别占 4.00%。该调查海域各测站底栖生物出现的种类在 0~4 种之间，平均值为 2 种，显示该海域底栖生物种类数较低。

### (2) 底栖生物总生物量和总丰度

2021年春季调查各站位底栖生物生物量分布在  $0\text{g}/\text{m}^2\sim 875.300\text{g}/\text{m}^2$  之间, 平均生物量为  $66.600\text{g}/\text{m}^2$ 。12 站位生物量最高, 总体上生物量水平一般。调查海区各站点底栖生物的栖息密度范围为  $0\text{ind.}/\text{m}^2\sim 50.00\text{ind.}/\text{m}^2$ , 平均为  $22.08\text{ind.}/\text{m}^2$ , 以 1 站位和 4 站位最高。

### (3) 优势种

2021年春季底栖生物共出现 1 个优势种, 为日本鼓虾, 共占总栖息密度的 24.53%。

### (4) 物种多样性指数

2021年春季调查海域底栖生物多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 0.79 (0.00~2.00), 均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.98 (0.87~1.00), 丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 0.20 (0.00~0.56), 单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.66 (0.25~1.00)。该调查海域整体底栖生物群落多样性指数、丰富度指数较低, 均匀度指数较高, 单纯度指数一般, 群落稳定性较差。

## 7、潮间带生物

### (1) 种类组成

2021年春季潮间带生物采集样品 (定量) 共鉴定生物 2 类 11 种, 其中软体动物 7 种, 占 63.64%; 甲壳动物 4 种, 占 36.36%。该调查区域各潮区生物出现的种类在 1~3 种之间, 均值为 2 种, 潮间带生物种类数较低。

### (2) 潮间带生物总生物量、总丰度及平面分布

2021年春季调查各断面潮区生物量分布在  $0.040\text{g}/\text{m}^2\sim 49.760\text{g}/\text{m}^2$  之间, 断面 C1 平均生物量  $17.613\text{g}/\text{m}^2$ , 断面 C2 平均生物量  $3.200\text{g}/\text{m}^2$ , 断面 C3 平均生物量  $1.227\text{g}/\text{m}^2$ , 断面 C4 平均生物量  $7.467\text{g}/\text{m}^2$ , 断面 C5 平均生物量  $1.907\text{g}/\text{m}^2$ , 总平均生物量为  $6.283\text{g}/\text{m}^2$ 。断面 C1 中潮区生物量最高, 断面 C3 中潮区生物量最低。

调查各断面潮区生物的栖息密度范围为  $4.00\text{ind.}/\text{m}^2\sim 16.00\text{ind.}/\text{m}^2$ , 断面 C1 平均栖息密度  $12.00\text{ind.}/\text{m}^2$ , 断面 C2 平均栖息密度  $5.33\text{ind.}/\text{m}^2$ , 断面 C3 平均栖息密度  $5.33\text{ind.}/\text{m}^2$ , 断面 C4 平均栖息密度  $9.33\text{ind.}/\text{m}^2$ , 断面 C5 平均栖息密度  $10.67\text{ind.}/\text{m}^2$ , 总平均栖息密度为  $8.53\text{ind.}/\text{m}^2$ 。断面 C1 高潮区和中潮区生物栖息密度最高, 断面 C2 高潮区和中潮区、C3 中潮区和低潮区、C4 中潮区生物栖息密度最低。

### (3) 优势种

2021年春季潮间带生物共出现3个优势种，分别为光滑河蓝蛤、绒毛细足蟹和中华长眼寄居蟹，共占总丰度的62.50%。

### (4) 多样性指数

2021年春季潮间带各断面各潮区生物调查多样性指数 ( $H'$ ) 均值为0.64 (0.00~1.50)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为0.95 (0.92~1.00)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为0.21 (0.00~0.50)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为0.70 (0.38~1.00)。该调查海域整体潮间带生物群落多样性和丰富度指数较低，均匀度指数较高，单纯度指数一般，群落稳定性较差。

#### 3.3.4.2 2020年11月

上海鉴海环境检测技术有限公司于2020年秋季(2020年11月)在工程附近海域进行了海洋生态环境现状调查，调查站位个数为30。

##### 1、叶绿素-a

2020年秋季调查海域表层叶绿素a均值为1.79 $\mu\text{g/L}$  (1.08 $\mu\text{g/L}$ ~3.24 $\mu\text{g/L}$ )；底层叶绿素a均值为1.02 $\mu\text{g/L}$  (0.75 $\mu\text{g/L}$ ~1.30 $\mu\text{g/L}$ )。表层初级生产力均值为39.74 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$  (23.94 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ~71.88 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ )；底层初级生产力均值为22.72 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$  (16.73 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ~28.76 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ )。

##### 2、浮游植物

###### (1) 种类组成和生态类型

2020年秋季共鉴定浮游植物(水样)1门11种，全为硅藻门。各站浮游植物种类数在3~5之间，平均4种，显示调查海域各站点浮游植物的种类数一般。

表 3.3-37 浮游植物(水样)种类组成(丰度单位:  $10^4$ 个/L)

类群	物种数	物种数%	丰度	丰度%
硅藻门	47	88.68	178.13	97.70
甲藻门	6	11.32	4.19	2.30
合计	53	100.00	182.32	100.00

2020年秋季浮游植物(III型网)共鉴定浮游植物2门87种。其中硅藻门81种，占93.10%；甲藻门6种，占6.90%(如表3.3-38)。各站浮游植物种类数在3~30之间，平均14种，显示调查海域各站点浮游植物的种类数较高。

表 3.3-38 浮游植物(III型网)种类组成(丰度单位:  $\times 10^4$  ind./ $\text{m}^3$ )

类群	物种数	物种数%	丰度	丰度%
----	-----	------	----	-----

硅藻门	81	93.10	375.59	99.13
甲藻门	6	6.90	3.30	0.87
合计	87	--	378.89	--

## (2) 细胞密度和分布

2020年秋季各站点浮游植物(水样)细胞丰度范围在540个/L~ $676.42 \times 10^3$ 个/L,平均 $60.77 \times 10^3$ 个/L,最高值出现在Z05站,最小值出现在2站。构成细胞丰度的主要种为虹彩圆筛藻,占总丰度的63.18%。

2020年秋季各站点浮游植物(III型网)细胞丰度范围在 $0.02 \times 10^5 \text{ind./m}^3 \sim 5.52 \times 10^5 \text{ind./m}^3$ ,平均 $1.26 \times 10^5 \text{ind./m}^3$ ,最高值出现在1站,最小值出现在Z04站。构成细胞丰度的主要种为虹彩圆筛藻、格氏圆筛藻和中肋骨条藻,几者占总丰度的35.32%。

## (3) 生物多样性分析

2020年秋季浮游植物(水样)物种单纯度指数(C)均值为0.56(0.23~0.93);多样性指数(H')均值为1.38(0.31~2.62);均匀度指数(J')均值为0.49(0.12~0.88);丰富度指数(d)均值为0.85(0.36~1.40)。多样性数据显示调查海域浮游植物群落多样性指数较高、均匀度均较高,丰富度和单纯度指数较低,群落稳定性一般。

2020年秋季浮游植物(III型网)单纯度指数(C)均值为0.26(0.08-0.68);多样性指数(H')均值为2.57(1.05-3.95);均匀度指数(J')均值为0.74(0.41-0.98);丰富度指数(d)均值为0.79(0.16-1.65)。显示调查海域浮游植物群落多样性指数和丰富度指数较高,均匀度指数一般,单纯度指数较低,群落稳定性较高。

## (4) 优势种类

2020年秋季浮游植物(水样)优势种1种,为虹彩圆筛藻,占总丰度的63.18%。

2020年秋季该海域浮游植物(III型网)共有优势种9种,分别为虹彩圆筛藻、格氏圆筛藻、中肋骨条藻、并基角毛藻、覆瓦根管藻、星脐圆筛藻、布氏双尾藻、菱形海线藻和琼氏圆筛藻,共占总丰度的66.02%。

## 3、浮游动物

### (1) 种类组成

2020年秋季浮游动物(I型网)共鉴定浮游动物6大类24种(不含1类浮游幼虫)。其中桡足类最多,计13种,占54.17%;水母类6种,占25.00%;多

毛类 1 种，占 4.17%；糠虾类 1 种，占 4.17%；磷虾类 1 种，占 4.17%；毛颚类 2 种，占 8.33%。该监测海域各站浮游动物出现的种类数在 3~13 种之间，均值为 7 种，显示该海域浮游动物种类数一般。

2020 年秋季浮游动物（II 型网）共鉴定 8 大类浮游动物 25 种（不含 2 类浮游幼虫（体））。其中桡足类最多，计 13 种，占 52.00%；鳃足类 1 种，占 4.00%；水母类 5 种，占 20.00%；毛颚类 2 种，占 8.00%；磷虾类 1 种，占 4.00%；糠虾类 1 种，占 4.00%；端足类 1 种，占 4.00%；多毛类 1 种，占 4.00%。该监测海域各站浮游动物出现的种类数在 3~14 种之间，均值为 8 种，显示该海域浮游动物种类数一般。

### （2）密度与生物量平面分布

2020 年秋季浮游动物（I 型网）各站点生物量分布较不均匀，波动在  $3.63\text{mg}/\text{m}^3\sim 2379.25\text{mg}/\text{m}^3$  之间，平均生物量为  $209.51\text{mg}/\text{m}^3$ 。高生物量分布在 Z02 站，总体上生物量水平一般。监测海区浮游动物（I 型网）主要由桡足类大量聚集而成。各测站浮游动物（I 型网）的丰度范围为  $1.88\text{ind.}/\text{m}^3\sim 1222.50\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均为  $109.04\text{ind.}/\text{m}^3$ ，以 Z02 最高。浮游动物生物量与丰度站位之间波动较大。

2020 年秋季浮游动物（II 型网）生物量的分布不均匀，波动在  $20.54\text{mg}/\text{m}^3\sim 3358.13\text{mg}/\text{m}^3$  之间，平均生物量为  $564.45\text{mg}/\text{m}^3$ 。高生物量分布在 13 和 Z03 站，总体上生物量水平一般。监测海区浮游动物（II 型网）主要由桡足类（小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤和近缘大眼水蚤）大量聚集形成。丰度范围为  $16.07\text{ind.}/\text{m}^3\sim 4281.25\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均为  $620.07\text{ind.}/\text{m}^3$ 。以 13 和 Z03 最高。生物量和丰度大体上分布一致。

### （3）生物多样性分析

2020 年秋季浮游动物（I 型网）调查水域单纯度指数（C）均值为 0.41（0.13~0.78），多样性指数（H'）均值为 1.81（0.72~3.11），均匀度指数（J'）均值为 0.67（0.29~1.00），丰富度指数（d）均值为 0.55（1.23~2.21）（图 3.4-13）。该海域整体浮游动物（I 型网）群落多样性指数较高，丰富度指数、均匀度指数和单纯度指数一般，群落稳定性一般。

2020 年秋季浮游动物（II 型网）调查水域单纯度指数（C）均值为 0.56（0.23~0.93），多样性指数（H'）均值为 1.38（0.31~2.62），均匀度指数（J'）

均值为 0.49 (0.12~0.88)，丰富度指数 (d) 均值为 0.85 (0.36~1.40)。该调查海域浮游动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数和单纯度指数一般，群落稳定性一般。

#### (4) 优势种类

2020 年秋季浮游动物 (I 型网) 共出现 5 个优势种，分别为小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤、真刺唇角水蚤、近缘大眼水蚤和凶型猛箭虫，共占总丰度的 87.65%。

2020 年秋季浮游动物 (II 型网) 共出现 3 个优势种，分别为小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤和近缘大眼水蚤，共占总丰度的 90.18%。

### 4、底栖生物

#### (1) 种类组成

2020 年秋季底泥采集样品共鉴定底栖生物 7 门 19 种。其中软体动物最多，计 9 种，占 36.84%；环节和甲壳动物各 4 种，占 21.05%；棘皮动物 1 种，占 5.26%；曳鳃动物 1 种，占 5.26%；蠕虫动物 1 种，占 5.26%；鱼类 1 种，占 5.26%。该监测海域各测站底栖生物出现的种类在 0~3 种之间，该海域底栖生物种类数较低。

#### (2) 栖息密度、生物量及平面分布

2020 年秋季本次监测各测站底栖生物生物量分布在  $0.00\text{g}/\text{m}^2$ ~ $185.10\text{g}/\text{m}^2$  之间，平均生物量为  $24.88\text{g}/\text{m}^2$ 。高生物量分布在 Z01 和 27 站位，总体上生物量水平较低。监测海区各站点底栖生物的栖息密度范围为  $0.00\text{ind.}/\text{m}^2$ ~ $80.00\text{ind.}/\text{m}^2$ ，平均为  $12.00\text{ind.}/\text{m}^2$ ，以 Z05 站位最高。该海域出现的底栖生物主要种类有梳鳃虫和绒毛细足蟹。

#### (3) 生物多样性分析

2020 年秋季底栖生物调查水域单纯度指数 (C) 均值为 0.56 (0.33~1.00)，多样性指数 (H') 均值为 0.24 (0.00~1.58)，均匀度指数 (J') 均值为 0.67 (0.19~1.00)，丰富度指数 (d) 均值为 0.06 (0.00~0.41)。该调查海域整体底栖生物群落单纯度指数和均匀度指数中等，多样性指数和丰富度指数较低，群落稳定性一般。

#### (4) 优势种类

2020 年秋季底栖生物共出现 1 个优势种，为梳鳃虫，占总栖息密度的 36.11%。

### 5、潮间带生物

#### (1) 种类组成

2020年秋季潮间带生物采集样品（定量）共鉴定生物4门22种，其中软体动物8种，占36.36%；环节动物7种，占31.82%；甲壳动物6种，占27.27%；腕足动物1种，占4.55%。该监测区域各潮区生物出现的种类在0-4种之间，均值为2种，显示该海域潮间带生物种类数较低。

### （2）栖息密度、生物量组成与分布

2020年秋季本次监测各断面潮区生物量分布在 $0.00\text{g}/\text{m}^2\sim 103.48\text{g}/\text{m}^2$ 之间，断面C1平均生物量为 $38.47\text{g}/\text{m}^2$ ，断面C2平均生物量为 $4.69\text{g}/\text{m}^2$ ，断面C3平均生物量为 $2.88\text{g}/\text{m}^2$ ，断面C4平均生物量为 $17.93\text{g}/\text{m}^2$ ，断面C5平均生物量为 $15.89\text{g}/\text{m}^2$ ，总平均生物量为 $15.97\text{g}/\text{m}^2$ 。C1高潮区生物量最高。

监测各断面潮区生物的栖息密度范围为 $0.00\text{ind.}/\text{m}^2\sim 56.00\text{ind.}/\text{m}^2$ ，断面C1平均栖息密度为 $32.00\text{ind.}/\text{m}^2$ ，断面C2平均栖息密度为 $33.33\text{ind.}/\text{m}^2$ ，断面C3平均栖息密度为 $9.33\text{ind.}/\text{m}^2$ ，断面C4平均栖息密度为 $17.33\text{ind.}/\text{m}^2$ ，断面C5平均栖息密度为 $14.67\text{ind.}/\text{m}^2$ ，总平均栖息密度为 $21.33\text{ind.}/\text{m}^2$ 。断面C2高潮区生物栖息密度最高。本次监测各断面主要生物为矾沙蚕、粗腿厚纹蟹和紫贻贝。

### （3）生物多样性分析

2020年秋季潮间带各断面各潮区生物调查单纯度指数（C）均值为0.45（0.31~0.76），多样性指数（H'）均值为0.98（0.59~1.81），均匀度指数（J'）均值为0.74（0.59~0.98），丰富度指数（d）均值为0.60（0.22~1.50）。该调查海域整体底栖生物群落多样性指数、单纯度指数和丰富度指数中等，均匀度指数较高，群落稳定性一般。

### （4）优势种

2020年秋季潮间带底栖生物共出现3个优势种，分别为矾沙蚕、粗腿厚纹蟹和紫贻贝，共占总丰度的46.25%。

## 3.3.5生物体质量

### 3.3.5.1 2021年3月

#### 1、调查时间与站位

上海鉴海环境检测技术有限公司于2021年春季（2021年3月）在工程附近海域进行了生物质量现状调查，调查站位个数为24。

#### 2、调查项目

海洋生物体质量调查主要调查鱼类、软体类、甲壳类、双壳贝类。调查指标包括：重金属（Cu、Pb、Cd、Zn、Hg、As）、石油烃。

生物质量分析项目及方法按照《海洋监测规范第6部分：生物体分析》（GB17378.6-2007）。

### 3、调查结果及分析

调查的样品中各调查项目的调查统计结果为：

铜：含量在 0.528mg/kg~1.60mg/kg 之间，平均值 1.04mg/kg；

铅：含量在 0.042mg/kg~0.336mg/kg 之间，平均值 0.118mg/kg；

锌：含量在 1.98mg/kg~12.5mg/kg 之间，平均值 4.82mg/kg；

镉：含量在 0.011mg/kg~0.153mg/kg 之间，平均值 0.035mg/kg；

汞：含量在 0.008mg/kg~0.022mg/kg 之间，平均值 0.015mg/kg；

砷：含量在未检出~0.435mg/kg 之间，平均值 0.261mg/kg；

石油烃：含量在 2.38mg/kg~6.94mg/kg 之间，平均值 4.35mg/kg。

调查样品评价结果：贝类中的铅含量超《海洋生物质量》（GB18421-2001）第一类标准值，其他站位样品中的项目含量均未超《海洋生物质量》（GB18421-2001）相应标准值或《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准。

#### 3.3.5.2 2020 年 11 月

##### 1、调查时间与站位

上海鉴海环境检测技术有限公司于 2020 年秋季（2020 年 11 月）在工程附近海域进行了生物质量现状调查，调查站位个数为 30。

##### 2、调查项目

海洋生物体质量调查主要调查贝类、鱼类、甲壳类、软体类。调查指标包括：重金属（铜、铅、汞、砷、锌、镉）、石油烃。

生物质量分析项目及方法按照《海洋监测规范第6部分：生物体分析》（GB17378.6-2007）。

##### 3、生物体质量现状评价

###### (1) 评价因子

选择铜、铅、汞、砷、锌、镉及石油烃共 7 种要素作为评价因子。

## (2) 评价标准

由于目前国家仅颁布了贝类生物评价国家标准,而其它生物种类的国家级评价标准欠缺,只能借鉴其它标准。贝类(双壳类)生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)规定的第一类标准值,甲壳类、鱼类、软体类体内污染物质(总汞、铜、铅、镉、锌)含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准。

## 4、调查结果及分析

调查的样品中各调查项目的调查统计结果为:

铜: 含量在 0.088mg/kg~0.267mg/kg 之间, 平均值 0.175mg/kg;

铅: 含量在 0.015mg/kg~0.112mg/kg 之间, 平均值 0.052mg/kg;

锌: 含量在 1.91mg/kg~12.1mg/kg 之间, 平均值 4.31mg/kg;

镉: 含量在 0.009mg/kg~0.018mg/kg 之间, 平均值 0.012mg/kg;

汞: 含量在 0.010mg/kg~0.019mg/kg 之间, 平均值 0.013mg/kg;

砷: 含量在 0.240mg/kg~0.413mg/kg 之间, 平均值 0.313mg/kg;

石油烃: 含量在 2.23mg/kg~6.95mg/kg 之间, 平均值 4.57mg/kg。

调查样品评价结果: 2020 年秋季, 监测海域鱼类、甲壳类和软体动物生物体质量各评价指标均满足《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(1986, 海洋出版社)中的海洋生物质量评价标准。双壳贝类生物体中, 除铅外, 其余各检项均满足第一类海洋生物质量标准。

## 3.3.6 渔业资源

### 3.3.6.1 2021 年 3 月

#### 1、调查站位

上海鉴海环境检测技术有限公司于 2021 年春季(2021 年 3 月)在工程附近海域进行了渔业资源现状调查, 调查站位个数为 24。站位布设见图 3.3-1。

#### 2、调查方法

鱼卵、仔稚鱼调查根据《海洋监测技术规程第 5 部分: 海洋生态》(HY/T 147.5-2013)的有关要求进行, 定量采用浅水 I 型浮游动物网, 每站自底层到表层进行垂直拖网 1 次, 所获样品经 5%甲醛固定, 带回实验室进行分析。

渔业资源调查使用单拖网[9.5m（宽）×2.0m（高）]，网目范围 2~3cm，每网拖曳约 1h，对渔获物进行分种类渔获重量和尾数统计，记录网产量，并对主要物种进行生物学测定。

### 3、评价方法

#### (1) 密度计算

渔业资源密度计算采用面积法。渔业资源密度计算执行中华人民共和国水产行业标准（SC/T9110-2007），各调查站资源密度（重量和尾数）的计算式为：

$$D=C/qa$$

式中： $D$ —渔业资源密度，单位为尾（或千克）每平方千米（尾/ $\text{km}^2$  或  $\text{kg}/\text{km}^2$ ）；

$C$ —平均每小时拖网渔获量，单位为尾（或千克）每网每小时（尾/网\* $h$  或  $\text{kg}/\text{网}*h$ ）；

$a$ —每小时网具取样面积，单位为平方千米每网每小时（ $\text{km}^2/\text{网}*h$ ）；

$q$ —网具捕获率，其中，低层鱼类、虾蟹类、头足类  $q$  取 0.5，近低层鱼类取 0.4，中上层鱼类取 0.3。

#### (2) 优势度（Y）

优势种的概念有两个方面，即一方面占有广泛的生态环境，可以利用较高的资源，有着广泛的适应性，在空间分布上表现为空间出现频率（ $f_i$ ）较高；另一方面，表现为个体数量（ $n_i$ ）庞大，丰度  $n_i/N$  较高。设： $f_i$ ——第  $i$  个种在各样方中的出现频率； $n_i$ ——群落中第  $i$  个物种在空间中的丰度； $N$ ——群落中所有物种的总丰度；综合优势种概念的两个方面，得出优势种优势度（ $Y$ ）的计算公式：

$$Y=n_i/N \times f_i$$

本报告优势度  $Y \geq 0.02$  时为优势种。

#### (3) 多样性指数计算

本次调查的海洋生物生态群落评价包括群落多样性、群落均匀度、物种丰富度和群落单纯度四个方面。

香农威纳（Shannon—Wiener）物种多样性指数，计算公式如下：

$$H' = -P_i \log_2 P_i$$

式中： $H'$ ——种类多样性指数； $S$ ——样品中的种类总数； $P_i$ ——为第  $i$  种种的个体丰度 ( $n_i$ ) 与总丰度 ( $N$ ) 的比值 ( $n_i/N$ )。一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数值降低。

Pielou 均匀度指数，计算公式如下：

$$J'=H'/\log_2 S$$

式中， $J'$ ——表示均匀度指数值； $H'$ ——表示物种多样性指数值； $S$ ——表示样品中总种数。

$J'$ 值范围为 0~1 之间， $J'$ 值大时，体现种间个体分布较均匀，群落结构较稳定；反之， $J'$ 值小反映种间个体分布不均。由于污染环境的种间个体分布差别大，表现为  $J'$ 值低，群落结构往往不稳定。

Margalef 丰富度指数，计算公式如下：

$$d=(S-1)/\log_2 N$$

式中， $d$ ——表示丰富度指数值； $S$ ——表示样品中的总种数； $N$ ——表示群落中所有物种的总丰度。

单纯度指数，计算公式如下：

$$C=\text{SUM}(n_i/N)^2$$

式中， $C$ ——表示单纯度指数； $N$ ——表示群落中所有物种丰度或生物量； $n_i$ ——表示第  $i$  个物种的丰度或生物量。一般而言，健康的生态环境，种类丰富度高；污染环境，种类丰富度较低，单纯度指数较高。

## 4、调查结果

### (1) 鱼卵、仔稚鱼

#### ①种类组成

2021 年春季该海域定性和定量调查采集到鱼卵 4 目 8 科 19 种，其中鯉科 7 种，占 36.84%；鲱科 4 种，占 21.05%；舌鰻科 2 种，占 10.53%；石首鱼科 2 种，占 10.53%；鱧科、鱈科、银汉鱼科和鮨科各 1 种，占 5.26%。

采集到仔稚鱼 3 目 9 科 11 种，其中鯉科和石首鱼科各 3 种，占 18.18%；鲱科、带鱼科、锦鰻科、鱧科、鰕鳃鱼科、鱈科、魴科各 1 种，占 9.09%。

#### ②生物密度

调查海域定量样品中鱼卵密度分布范围为  $0.000\text{ind}/\text{m}^3\sim 17.860\text{ind}/\text{m}^3$ ，均值为  $5.109\text{ind}/\text{m}^3$ ，其中 27 号站位最高，26 号站位未采到；调查海域仔稚鱼密度分布范围为  $0.000\text{ind}/\text{m}^3\sim 50.000\text{ind}/\text{m}^3$ ，均值为  $2.990\text{ind}/\text{m}^3$ ，其中 4 号站位最高，1 号站位、11 号站位、13 号站位、27 号站位、28 号站位、31 号站位和 35 号站位未采到。

调查海域定性样品中鱼卵全网数分布范围为  $1\text{ind}/\text{net}\sim 14\text{ind}/\text{net}$ ，均值为  $6.167\text{ind}/\text{net}$ ，其中 1 号站位最高；调查海域仔稚鱼全网数分布范围为  $0\text{ind}/\text{net}\sim 3\text{ind}/\text{net}$ ，均值为  $0.750\text{ind}/\text{net}$ ，其中 22 号站位最高，4 号站位、5 号站位、14 号站位、16 号站位、25 号站位、27 号站位、28 号站位、29 号站位、30 号站位、33 号站位、34 号站位和 35 号站位未采到。

## (2) 游泳动物

### ① 种类组成

2021 年春季调查海域共出现游泳动物 43 种。其中鱼类 25 种，占总种类的 58.14%；虾类 9 种，占 20.93%；蟹类 6 种，占 13.95%；头足类 3 种，占 6.98%。各站位间种类数为 12~20 种，平均值为 16 种。

总渔获重量中，鱼类占 31.47%，虾类占 63.89%，蟹类占 3.58%，头足类占 1.06%；总渔获尾数中，鱼类占 62.52%，虾类占 34.07%，蟹类占 2.07%，头足类占 1.35%。

2021 年春季总渔获物中，鱼类幼体比例为 59.40%，虾类为 53.84%，蟹类为 98.79%，头足类 100.00%。

表 3.3-39 徐圩港区 2021 年春季总渔获物类别幼体比例

类群	尾数 ind	幼体尾数 ind	幼体百分比
鱼类	10287	6110	59.40%
虾类	5932	3194	53.84%
蟹类	330	326	98.79%
头足类	104	104	100.00%
合计	16653	9734	58.45%

### ② 渔获重量和渔获尾数

2021 年春季调查海域游泳动物平均渔获重量密度为  $4.52\text{kg}/\text{h}$ ，范围为  $1.61\text{kg}/\text{h}\sim 9.56\text{kg}/\text{h}$ ，其中 32 号站位渔获重量密度最高，31 号站位渔获重量密度最低。

2021年春季调查海域游泳动物平均渔获数量密度为1388尾/h，范围为536尾/h~2792尾/h，其中1号站位渔获数量密度最高，11号站位渔获数量密度最低。

各类群的重量密度中虾类最高，为73.45kg/h；其次为鱼类，重量密度为30.21kg/h；蟹类3.65kg/h；头足类为1.08kg/h。

数量密度中，鱼类最高，为 $20.57 \times 10^3$ 尾/h；其次为虾类，数量密度为 $11.86 \times 10^3$ 尾/h；蟹类为 $0.66 \times 10^3$ 尾/h；头足类最低为 $0.21 \times 10^3$ 尾/h。见表3.3-40。

表 3.3-40 调查海域各类群重量、数量密度

类群	渔获重量密度 (kg/h)	渔获数量密度 ( $10^3$ ind./h)
鱼类	30.21	20.57
虾类	73.45	11.86
蟹类	3.65	0.66
头足类	1.08	0.21
总计	108.39	33.31

### ③优势种

2021年春季调查海域渔获物中鱼类优势种为尖海龙、矛尾鰕虎鱼、绯鯰、六丝钝尾鰕虎鱼和焦氏舌鳎(相对重要性指数IRI前五)；蟹类优势种为日本蟳；虾类优势种为口虾蛄和细巧仿对虾；头足类优势种为火枪乌贼。

### ④资源密度(重量、尾数)

2021年春季游泳动物重量密度范围在 $115.951 \text{kg}/\text{km}^2$ ~ $688.174 \text{kg}/\text{km}^2$ ，均值 $325.144 \text{kg}/\text{km}^2$ ，重量密度最大值出现在32站位，最小值出现在31站位。尾数资源密度范围在 $38.589 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ~ $201.008 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，均值 $99.910 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，尾数密度最大值出现在22站位，最小值出现在11站位。

按类群分，调查海域游泳动物各类群重量资源密度总计 $7803.451 \text{kg}/\text{km}^2$ ，虾类最高，头足类最低。尾数资源密度总计 $2397.840 \times 10^3$ 尾/ $\text{km}^2$ ，鱼类最高，头足类最低。见表3.3-41。

表 3.3-41 调查海域各类群渔业资源密度

类群	重量资源密度 ( $\text{kg}/\text{km}^2$ )	尾数资源密度 ( $\times 10^3$ 尾/ $\text{km}^2$ )
鱼类	2455.485	1499.064
虾类	4985.816	816.991
蟹类	279.277	49.532
头足类	82.873	32.253
总计	7803.451	2397.840

### ⑤主要物种生物学特征

鱼类平均体长为 91.55mm，虾类 52.86mm，蟹类平均甲宽为 24.43mm，头足类平均胴长为 32.83mm；鱼类平均体重 16.02g，虾类 3.02g，蟹类 5.41g，头足类 4.55g。

主要优势种生物学特征如下：尖海龙平均体长为 112.15mm，平均体重 0.31g，总重量为 2789.34g；矛尾鰕虎鱼平均体长为 80.58mm，平均体重 6.40g，总重量为 6072.02g；绯鱗平均体长为 91.48mm，平均体重 12.83g，总重量为 755.37g；六丝钝尾鰕虎鱼平均体长为 47.25mm，平均体重 1.51g，总重量为 273.00g；焦氏舌鰓平均体长为 83.32mm，平均体重 4.31g，总重量为 292.90g；日本蟳平均甲宽为 28.84mm，平均体重 7.80g，总重量为 1217.56g；口虾蛄平均体长为 87.20mm，平均体重 8.67g，总重量为 35952.52g；细巧仿对虾平均体长为 37.20mm，平均体重 0.51g，总重量为 544.45g；火枪乌贼平均胴长为 15.34mm，平均体重 1.03g，总重量为 58.54g。

#### ⑥生物多样性分析

2021 年春季调查海域游泳动物重量的多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.89 (2.41~3.32)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.64 (0.55~0.76)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 1.11 (0.86~1.34)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.21 (0.14~0.30)。调查海域游泳动物尾数的多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.66 (1.29~3.47)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.59 (0.27~0.74)，丰富度指数 ( $d$ ) 均值为 1.29 (1.05~1.58)，单纯度指数 ( $C$ ) 均值为 0.25 (0.15~0.64)。

### 3.3.6.2 2020 年 11 月

#### 1、调查站位

上海鉴海环境检测技术有限公司于 2020 年秋季 (2020 年 11 月) 在连云港徐圩海域共布设 30 个渔业资源现状调查站点。

#### 2、调查结果

##### (1) 鱼卵仔稚鱼

###### ①种类组成

2020 年秋季该海域定性和定量调查采集到鱼卵 1 目 1 科 1 种，为鲈形目鮨科花鲈。采集到仔稚鱼 1 目 1 科 1 种，为鲈形目鮨科花鲈。

###### ②生物密度

调查海域定量样品中仔稚鱼密度分布范围为 0.00~0.714ind/m<sup>3</sup>，均值为 0.024ind/m<sup>3</sup>，其中只有 23 号站位采到，其他站位未采到；调查海域定量样品中鱼卵未采到。

调查海域定性样品中鱼卵全网数分布范围为 0~1ind/net，均值为 0.033ind/net，其中只有 25 号站位采到，其他站位未采到；调查海域仔稚鱼全网数分布范围为 0~1ind/net，均值为 0.033ind/net，其中只有 2 号站位采到，其他站位未采到。

## (2) 渔业资源

### ① 种类组成及比例

2020 年秋季调查海域共出现游泳动物 44 种。其中鱼类 28 种，占总种类的 63.64%；虾类 8 种，占 18.18%；蟹类 5 种，占 11.36%；头足类 3 种，占 6.82%。各站位间种类数平均值为 10 种，其中 2#站位种类数最高，出现 20 种，4#、32#、35#站位种类数最低，出现 5 种，其余各站位种类数均在 5-20 种之间。

总渔获重量中，鱼类占 27.54%，虾类占 15.68%，蟹类占 48.74%，头足类占 8.03%；总渔获尾数中，鱼类占 22.48%，虾类占 39.49%，蟹类占 29.40%，头足类占 8.63%。

表 3.3-42 调查海域总渔获物类别百分比组成

类群	重量百分比	数量百分比
鱼类	27.54%	22.48%
虾类	27.54	39.49%
蟹类	48.74%	29.40%
头足类	8.03%	8.63%

2020 年总渔获物中，鱼类幼体比例为 43.88%，虾类为 31.22%，蟹类为 53.18%，头足类 63.81%。

表 3.3-43 调查海域总渔获物类别幼体比例

类群	尾数 ind	幼体尾数 ind	幼体百分比
鱼类	1094	480	43.88%
虾类	1922	600	31.22%
蟹类	1431	761	53.18%
头足类	420	268	63.81%
合计	4867	2109	43.33%

### ② 渔获重量和渔获尾数

2020 年秋季调查海域游泳动物平均渔获重量密度为 3.66 kg/h，范围为 1.37 kg/h~6.77 kg/h，其中 22 号站位渔获重量密度最高，Z05 号站位渔获重量密度最低。

2020年秋季调查海域游泳动物平均渔获数量密度为324尾/h，范围为160尾/h~930尾/h，其中2号站位渔获数量密度最高，17号站位渔获数量密度最低。

各类群的重量密度中蟹类最高，为53.45 kg/h；其次为鱼类，重量密度为30.21kg/h；虾类17.20 kg/h；头足类为8.81 kg/h。

数量密度中，虾类最高，为3844尾/h；其次为蟹类，数量密度为2862尾/h；鱼类2188尾/h；头足类最低为840尾/h。

表 3.3-44 调查海域各类群重量、数量密度指数

类群	渔获重量密度 (kg/h)	渔获数量密度 (ind./h)
鱼类	30.21	2188
虾类	17.20	3844
蟹类	53.45	2862
头足类	8.81	840
总计	109.67	9734

### ③优势种

2020年调查海域渔获物中鱼类优势种为焦氏舌鳎、矛尾鰕虎鱼、棘头梅童鱼、黄鲫和方氏云鳎（相对重要性指数IRI前五）；虾类优势种为口虾蛄、葛氏长臂虾（优势度 $Y \geq 0.02$ ）；蟹类优势种为三疣梭子蟹（优势度 $Y \geq 0.02$ ）；头足类优势种为火枪乌贼（优势度 $Y \geq 0.02$ ）。

### ④资源量、资源密度

根据所有调查站位的扫海面积，每个鱼类品种的捕获系数、渔获量、渔获尾数，确定各个鱼类品种重量资源量和资源尾数，累加作为鱼类总的资源量。虾类、蟹类也是如此，分别根据各个品种的捕捞系数、渔获量和渔获尾数确定各个品种的资源量和资源尾数。

2020年游泳动物重量和尾数资源密度均值分别为219.31kg/km<sup>2</sup>（281.94kg/km<sup>2</sup>~406.04kg/km<sup>2</sup>）和1.95×10<sup>4</sup> ind./km<sup>2</sup>（9.60×10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>~5.58×10<sup>4</sup> ind./km<sup>2</sup>）。重量密度最大值出现在22站位，最小值出现在Z05站位。尾数密度最大值出现在2站位，尾数密度最小值出现在17#站位。

表 3.3-45 调查海域各类群游泳动物资源密度

类群	重量资源密度 (kg/km <sup>2</sup> )	尾数资源密度 (尾/km <sup>2</sup> )
鱼类	1812.21	1.31×10 <sup>5</sup>
虾类	1031.83	2.31×10 <sup>5</sup>
蟹类	3206.72	1.72×10 <sup>5</sup>
头足类	528.65	5.04×10 <sup>4</sup>

总计	6579.41	$5.84 \times 10^5$
----	---------	--------------------

### ⑤多样性

整个调查海域游泳动物重量的多样性指数均值为 1.89，范围为 0.58~3.25；均匀度均值为 0.58，范围为 0.25~0.85；丰富度均值为 0.84，范围为 0.36~1.72；单纯度均值为 0.42，范围为 0.15~0.84。

整个调查海域游泳动物尾数的多样性指数均值为 2.38，范围为 1.68~3.18；均匀度均值为 0.75，范围为 0.51~0.99；丰富度均值为 1.23，范围为 0.54~2.26；单纯度均值为 0.27，范围为 0.12~0.50。

### ⑥生物学特征

鱼类平均体长为 107.73mm，虾类平均体长为 68.80mm，蟹类平均甲宽为 73.46mm，头足类平均胴长为 44.48mm；鱼类平均体重 15.85g，虾类 5.14g，蟹类 29.56g，头足类 18.82g。

主要优势种生物学特征如下：焦氏舌鳎平均体长为 125.79mm，平均体重 14.06g，总重量为 5221.48g；矛尾鰕虎鱼平均体长为 71.97mm，平均体重 4.24g，总重量为 999.34g；棘头梅童鱼平均体长为 89.17mm，平均体重 13.78g，总重量为 2446.64g；黄鲫平均体长为 103.61mm，平均体重 11.60g，总重量为 1451.94g；方氏云鳎平均体长为 131.22mm，平均体重 11.60g，总重量为 686.97g；口虾蛄平均体长为 115.95mm，平均体重 12.03g，总重量为 5989.09g；葛氏长臂虾平均体长为 45.36mm，平均体重 1.44g，总重量为 617.47g；三疣梭子蟹平均甲宽为 92.09mm，平均体重 33.58g，总重量为 26205.08g；火枪乌贼平均胴长为 41.44mm，平均体重 3.77g，总重量为 1744.12g。

## 3.4环境保护目标

### 3.4.1现状养殖区

拟选排放口所在海域有 6 宗已确权的围海养殖用海，见图 3.4-1。由于 1#、5#和 6#排口分别位于徐圩港区外东西两侧，排口位置距离围海养殖较近，会对围海养殖产生一定的影响。2#、3#和 4#排口位于徐圩港港区内，围海养殖区位于东西防波堤外，2#、3#和 4#排口距离围海养殖区相对较远，产生的影响较小。

方案 1 和 2 中排口 1#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式

养殖用海项目 1.4km;

方案 6 和 7 中排口 5#位置距离江苏海州湾发展集团有限公司底播养殖开放式养殖用海项目 0.3km、水产渔业技术指导站增殖护养 2.6km、江苏筑富实业投资有限公司高涂养殖 3.8km。

方案 8 和 9 中排口 6#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式养殖用海项目 0.5km。

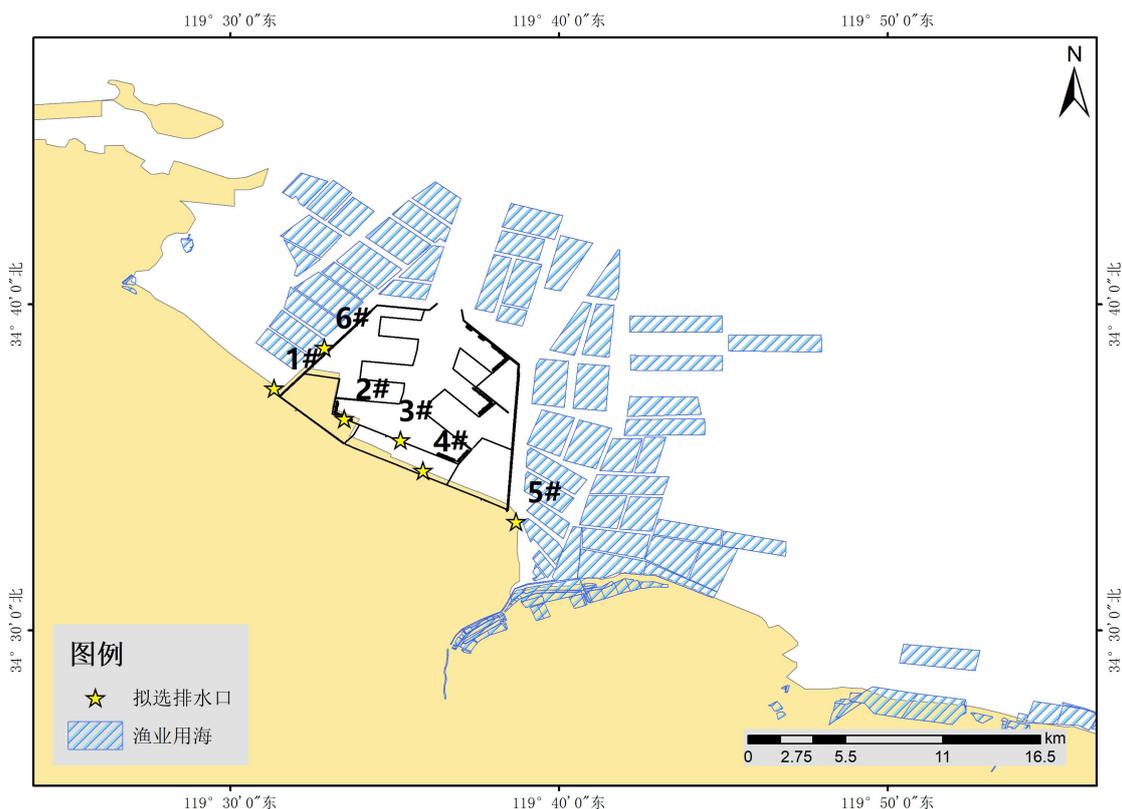


图 3.4-1 各比选方案与附近现状养殖区位置图

### 3.4.2 水产种质资源保护区

拟选排放口海域附近的水产种质资源保护区为海州湾中国对虾国家级水产种质资源保护区，见图 3.4-2。

排口 1#、2#、3#、4#、5#和 6#位于海州湾中国对虾国家级水产种质资源保护区南侧，与保护区距离分别为 42.5km、41.3km、40.5km、41.3km、41.1km 和 40.9km。

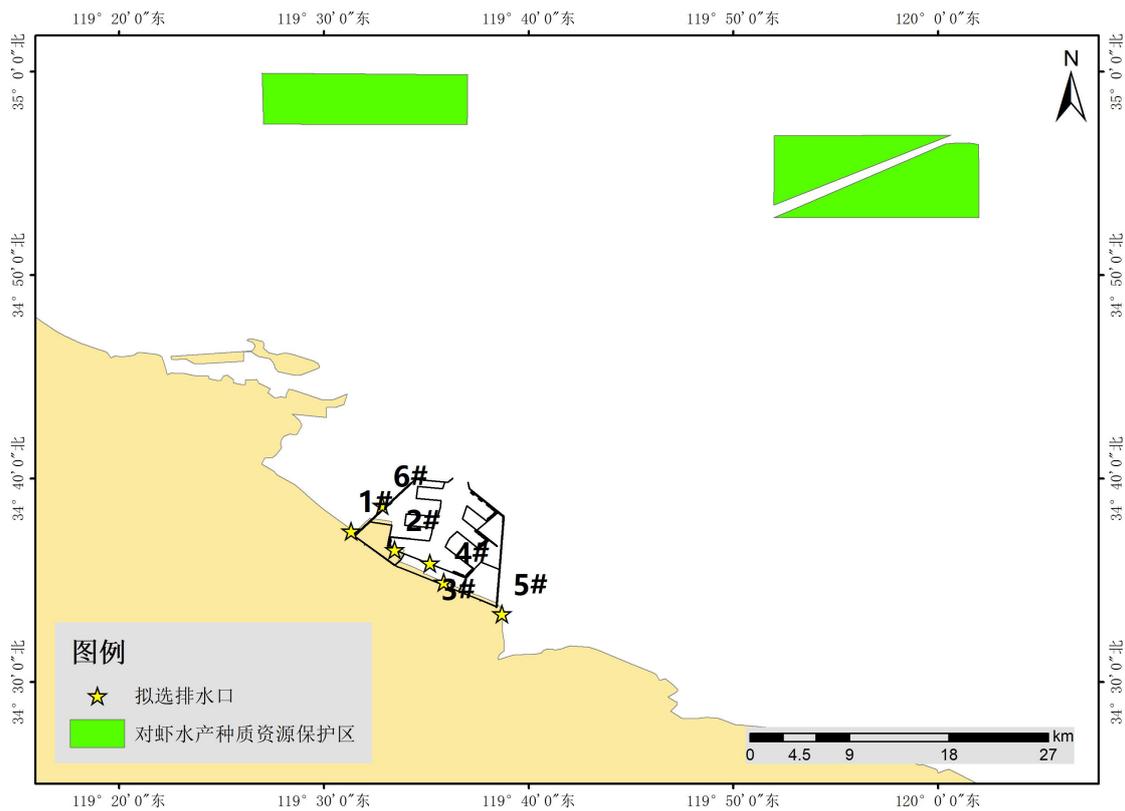


图 3.4-2 拟选排放口与水产种质资源保护区位置关系图

### 3.4.3 “三区三线”中划定生态保护区

拟选排放口所在海域附近存在“三区三线”中划定的生态保护区，见图 3.4-3。排口 1#、2#、3#、4#、5#和 6#位于生态保护区西侧，与保护区距离分别为 31.6km、27.3km、24.8km、24.1km、18.4km 和 30.3km。

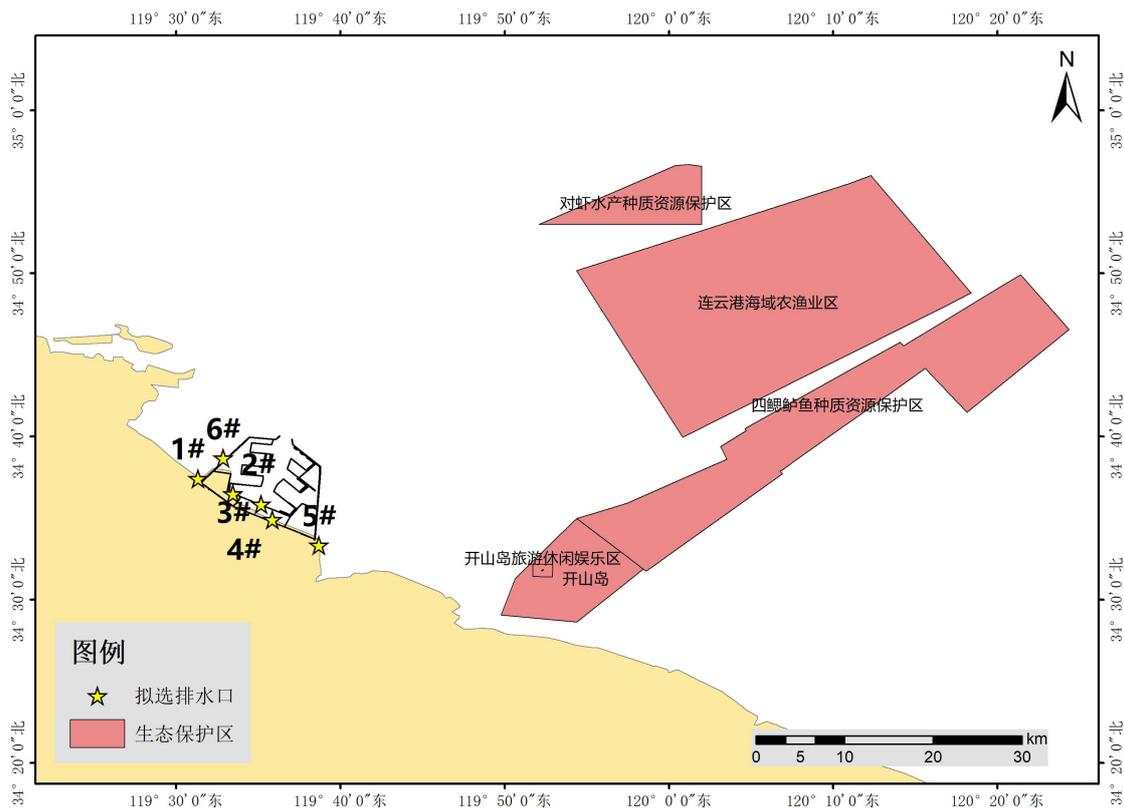


图 3.4-3 拟选排放口与“三区三线”位置关系图

### 3.4.4对周边环境保护目标影响分析

考虑上述敏感目标与项目位置及各评价范围的位置关系，确定本次评价的环境保护目标见表 3.4-1 和图 3.4-4。

表 3.4-1 环境保护目标

	类别	名称	保护对象	相对位置	备注
1	水产种质资源保护区	海州湾中国对虾国家级水产种质资源保护区	对虾及其他列入保护的水产种质资源	N	原农业部颁布第一批国家级水产种质资源保护区，江苏省生态空间保护区域，生态红线保护规划区域
2	生态保护红线	达山岛领海基点特别保护区	邻海基点	N	与江苏省生态空间管控区域中的连云港云台山风景名胜区部分重合
3		车牛山岛	海岛生态系统及自然地形、地貌、景观	N	与江苏省生态空间管控区域中的连云港云台山风景名胜区和海洋功能区划的前三岛鸟类特别保护区部分重合
4		达山岛	海岛生态系统及自然地形、地	N	与江苏省生态空间管控区域中的连云港云台山风景名胜区和海洋功能

			貌、景观		区划的前三岛鸟类特别保护区部分重合
5		对虾水产种质资源保护区（1）	对虾及其他列入保护的水产种质资源	NW	与江苏省生态空间管控区域中的江苏省海州湾海洋牧场和海州湾重要渔业水域部分重合
6		对虾水产种质资源保护区（2）	对虾及其他列入保护的水产种质资源	N	与江苏省生态空间管控区域中的海州湾重要渔业水域部分重合
7		前三岛增养殖区	海岛生态环境和迁徙鸟类等	N	/
8		平岛等特别保护海岛	海岛生态系统及自然地形、地貌、景观	N	与江苏省生态空间管控区域的连云港云台山风景名胜区和海洋功能区划的前三岛鸟类特别保护区部分重合
9		开山岛海蚀地貌保护区	典型海洋自然景观和历史文化古迹	E	位于生态红线中的开山岛旅游休闲娱乐区区域内
10		前三岛鸟类特别保护区 达山岛	海岛生态环境和迁徙鸟类	N	位于生态红线中的达山岛等特别保护海岛区域内，和连云港云台山风景名胜区部分区域重合
11		前三岛鸟类特别保护区 车牛山岛	海岛生态环境和迁徙鸟类	N	位于生态红线中的车牛山岛等特别保护海岛区域内，和连云港云台山风景名胜区部分区域重合
12		前三岛鸟类特别保护区 平岛	海岛生态环境和迁徙鸟类	N	位于生态红线中的平岛等特别保护海岛区域内，和连云港云台山风景名胜区部分区域重合
13		达山岛领海基点特别保护区	海洋生态	N	位于生态红线中的达山岛领海基点特别保护区区域内
14	取排水口	田湾核电站取排水口	水质	E	/
15	渔业区	徐圩海域现状养殖	紫菜、海带养殖	SW	主要为紫菜、海带养殖
16		灌云海域现状养殖	紫菜、海带养殖	S	主要为紫菜、海带养殖

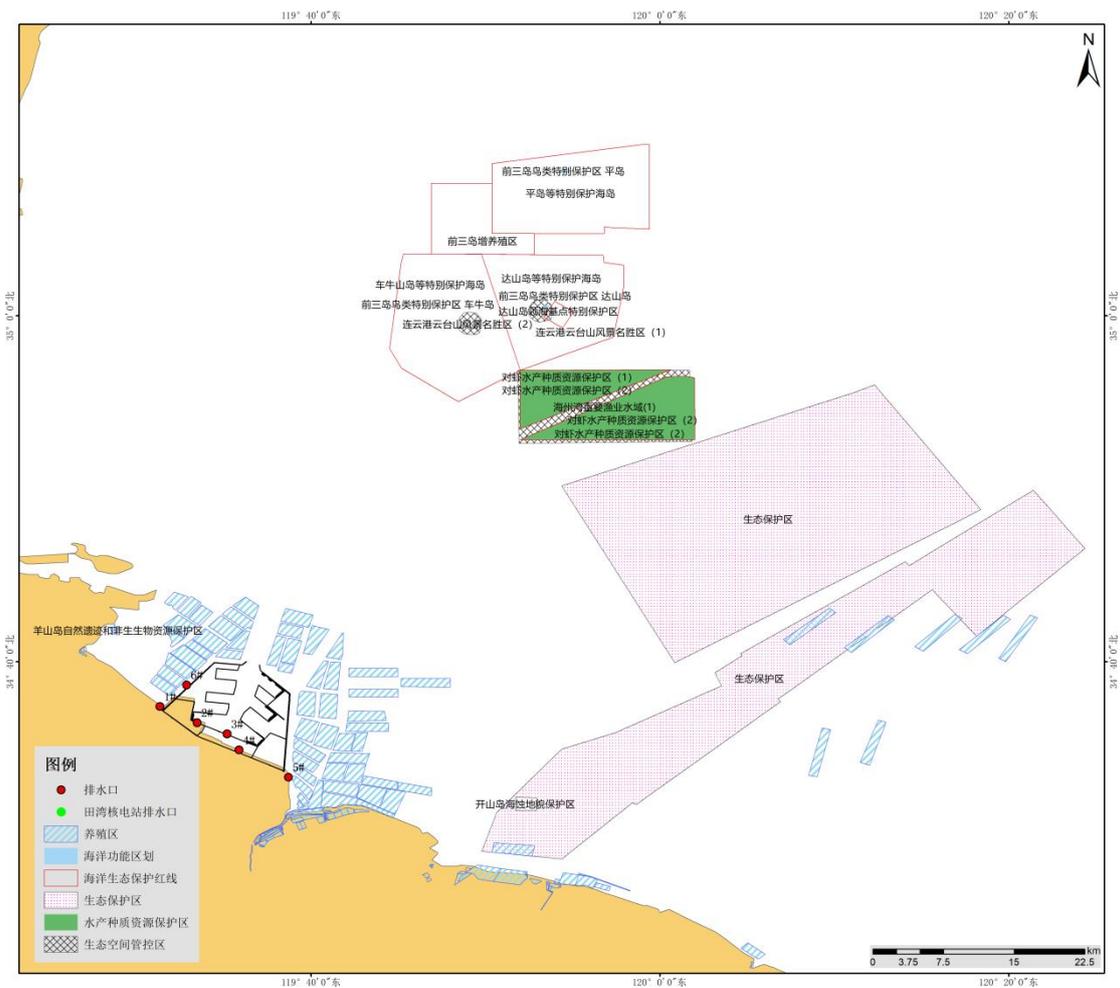


图 3.4-4 评价范围及保护目标

## 3.5海洋开发活动

### 3.5.1渔业活动

拟选排放口所在海域有 6 宗已确权的围海养殖用海。由于 1#、5#和 6#排口分别位于徐圩港区外东西两侧，排口位置距离围海养殖较近，会对围海养殖产生一定的影响。2#、3#和 4#排口位于徐圩港港区内，围海养殖区位于东西防波堤外，2#、3#和 4#排口距离围海养殖区相对较远，产生的影响较小。

方案 1 和 2、方案 6 和 7 及方案 8 和 9 中 1#、5#和 6#排口位置距离连云港市开放式养殖用海项目较近，最近的距离约 0.5km。

### 3.5.2徐圩港区现有码头工程

连云港港徐圩港区采用双堤环抱式总体布局，形成六个港池，规划形成液体散货泊位区、干散货泊位区、通用泊位区、集装箱泊位区及支持保障系统区等码头功能区，截至 2022 年底，徐圩港区已建成投产的各类生产性泊位共计 21 个，设计货物通过能力 7131 万吨。到 2024 年底，徐圩港区还将有 1 个 30 万吨级原油泊位和 6 个 5~10 万吨级泊位建成投产，届时徐圩港区码头泊位将达到 28 个，总设计货物通过能力将达到 10733 万吨。

连云港港徐圩港区一港池二期工程建设 1 个 10 万吨级通用泊位，一港池三期工程建设 2 个 10 万吨级通用泊位，二港池多用途泊位一期工程建设 1 个 5 万吨级多用途泊位，二港池多用途泊位二期工程 1 个 3 万吨级和 1 个 5 万吨级多用途泊位。

四港池内 43#、44#、45#为卫星石化建设 3 个 5~10 万吨级液体散货泊位，已投产。46#、47#为石化基地公共码头建设的 2 个 5 万吨级液体散货泊位，目前正在建设。48#、49#为中化国际建设的 5 万吨级液体散货泊位，目前正在建设。

六港池内为液体散货泊位区，71#泊位为盛虹 30 万吨级原油码头，目前已建成。66#、67#、68#、69#为盛虹 5 万吨级液体散货泊位，目前已建成。64#泊位、65#泊位为连云港虹洋港口储运有限公司 1 个 10 万吨级液体散货泊位和 1 个 8 万吨级液体散货泊位，目前正在建设。

### 3.5.3连云港港 30 万吨级航道二期工程

连云港港 30 万吨级航道工程呈“人”字形布置，由连云港区航道、徐圩港

区航道和推荐航线组成，按 30 万吨级规模设计。

### (1) 一期工程

连云港港 30 万吨级航道一期工程包括连云港区 25 万吨级散货船单向航道和徐圩港区 10 万吨级散货船单向航道，其中连云港区航道为 25 万吨级散货船乘潮单向航道，乘潮历时 4 小时 90%保证率；徐圩港区航道 10 万吨级散货船乘潮单向航道，乘潮历时 3 小时 90%保证率。工程于 2013 年 9 月投入试运行，于 2015 年 2 月通过了原环境保护部组织的竣工环保验收（环验[2015]70 号）。

### (2) 二期工程

连云港港 30 万吨级航道二期工程，由外航道内段、外航道外段、徐圩航道和推荐航线组成，其中外航道内段连接连云港区，徐圩航道连接徐圩港区，外航道外段及推荐航线为两港区共用航道。二期工程中，徐圩港区航道为 30 万吨级散货船、30 万吨级油船单向航道，满足本工程 30 万吨级油船进出港要求。该工程于 2015 年 9 月获得原环境保护部批复（环审[2015]202 号），目前二期工程正在施工建设阶段。

## 3.5.4 徐圩新区达标尾水排海工程

拟选排放口所在海域附近已有的排海工程为徐圩新区达标尾水排海工程。徐圩新区达标尾水排海工程设计规模为 11.83 万吨/天，其中包含污水处理厂 6 万吨/天和基地循环冷却水 5.83 万吨/天，主要接纳徐圩新区石化产业基地东港污水处理厂处理后排放的达标尾水。其中管道全长 26.08km，包括约 3.8km 陆域管线（现状地面以下埋深 1.20m）和 22.28km 海域管线（含 300m 扩散器母管）。

拟选排放口 5#所在海域附近已有的徐圩新区达标尾水排海工程，拟选排口距离徐圩新区达标尾水排海工程排水口 21.21km。

## 3.5.5 田湾核电站取排水工程

田湾核电站是一座滨海电厂，采用直流循环海水冷却方式，以海州湾为最终热阱。田湾核电站厂址所在海域属黄海北部的海州湾。排水口附近区域呈半圆形向东开放。取水口水域在羊山岛南，水域比较开阔，水深比排水口附近略深，更有利于海水置换交流。田湾核电站从排水口到湾口外海，水深达到 20m 左右。排水口附近海域仅为 2m 深，而且是淤泥分布区，呈半圆形状态，并且北岸为海

水封闭区域，相对来说不利于海水置换，故而提供冷却的海水相对要少一些，温排水影响区域也就会相应增加。

本工程拟选西侧排水方案 1、2、7 和 8 距离田湾核电站较近约 7.79km。

## 4 拟选取排水口方案水动力条件比选

### 4.1 潮流特性

#### 4.1.1 潮流数学模型的建立及验证

##### 4.1.1.1 计算范围

为拟合复杂岸线和航道、堤线等细致建筑物边界，潮流数学模型中采用无结构三角形网格对计算域进行剖分，并采用大范围与局部模型嵌套方式进行计算，以消除模型范围过小带来的边界传入误差。图 4.1-1 为网格嵌套范围，其中大范围北至文登市，南至南通市；局部模型北至青岛市附近，南至盐城市附近，东西向约 230km，南北向约 260km。局部模型所需潮位边界由大范围模型提供。



图 4.1-1 模型计算范围示意图

图 4.1-2 示意了局部模型的网格剖分情况，其中用以最终模拟工程方案的局部模型最小空间步长为 10m，能够保证模型计算时充足的网格分辨率。图 4.1-3 示意了局部模型的计算地形，图 4.1-4 示意了徐圩港区局部地形。

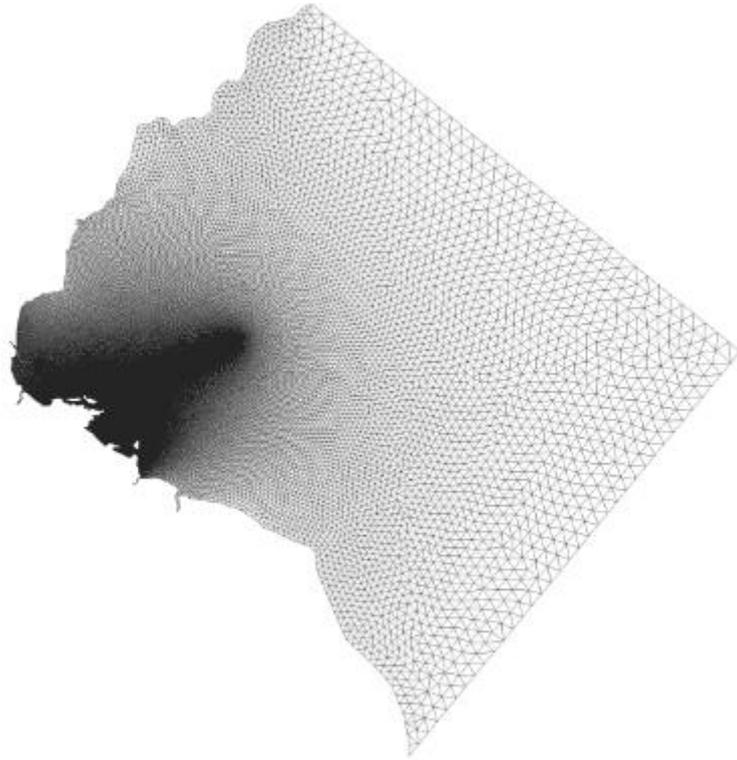


图 4.1-2 局部模型网格剖分示意

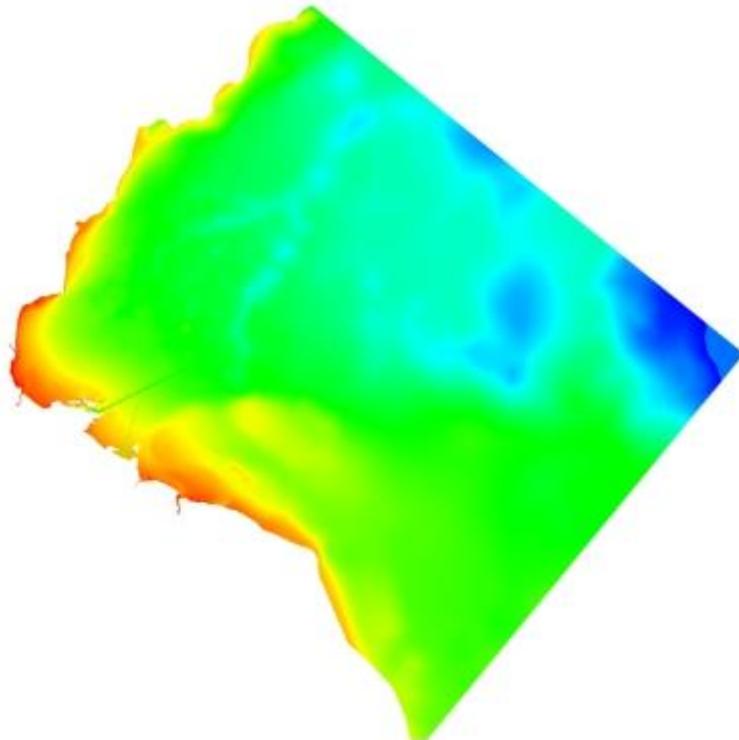


图 4.1-3 局部模型地形（理论基面）

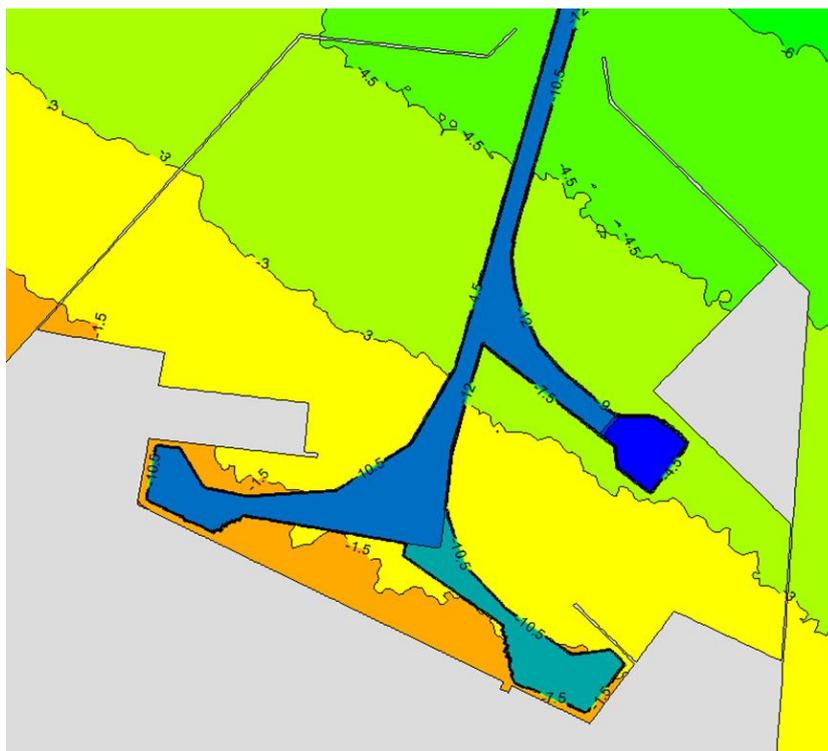


图 4.1-4 徐圩港区地形图

#### 4.1.1.2 潮流数学模型

潮流计算采用 Mike21 系列软件中的三角形网格水动力模块（FM 模块）。该软件由丹麦水工所开发，可应用于海岸、河口区域的水动力模拟。FM 模块（Flexible Mesh）采用无结构三角形网格，在处理潮流动边界、复杂工程建筑物边界等方面具有强大的功能，且计算稳定性良好，已在国内外许多工程项目研究中得到了广泛应用，其模拟结果具有较高的承认度。

控制方程采用经 Navier-Stokes 方程沿深积分的二维浅水方程组，并将紊流作用以涡粘系数的形式参数化，基本方程形式见下式。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} =$$

$$f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} =$$

$$-f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S$$

其中： $h$  和  $d$  分别表示水面高度和静水深， $x$  和  $y$  分别表示横轴和纵轴坐标， $t$  为时间， $g$  为重力加速度， $u$  和  $v$  分别为沿和方向的深度平均流速， $K$  为柯氏力系数， $\rho$  为流体密度， $\rho_0$  为参考密度， $S$  为点源流量， $u_s$  为点源流速， $\tau$  为应力项，包括粘性应力、紊流应力和对流等，根据水深平均的流速梯度计算。

底部应力由下式计算：

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b|$$

其中  $c_f$  为拖曳力系数，可由 Strickler 系数  $C$  计算； $\vec{u}_b$  为底部流速矢量。

$$c_f = \frac{g}{C^2}$$

风应力计算公式为

$$\tau_s = \rho_a c_d |\vec{u}_w| \vec{u}_w$$

其中  $\rho_a$  是空气密度， $c_d$  是空气拖曳力系数， $u_w$  是海面上 10m 高处的风速。

水平涡粘性系数  $E$  采用 Smagorinsky 亚网格尺度模型求解，可以较好地描述各种涡的形成，即涡粘系数取为：

$$E = C_s^2 A \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

其中  $C_s$  为可调系数，取为 0.28， $A$  为网格面积； $S_{ij}$  与速度梯度相关，即：

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), (i, j = 1, 2)$$

控制方程采用有限体积法显式求解，并采用干湿网格判断法对露滩进现象模拟。局部模型的边界条件由大范围黄渤海潮波模型提供，其中大范围模型考虑 8 个主要分潮（S2、N2、K2、K1、O1、P1、Q1、M2）。

#### 4.1.1.3 模型验证

2018 年 9 月工程水域附近开展了大、小潮的全潮水文观测，共布设了 3 个潮位观测站以及 10 条水文垂线（V1~V10），得到了潮位、流速及流向数值，大潮过程为：2018 年 9 月 9 日 11: 00~10 日 14: 00；小潮过程为：2018 年 9 月 17 日 10: 00~18 日 14: 00。测站布置如图 3.3-1 所示。

本节采用上述水文实测资料对潮流模型进行了验证，比较了计算值和实测值的差异。图 4.1-5~图 4.1-7 分别给出了 2018 年 9 月大、小潮期间的潮位、流速

流向验证曲线。

由计算值和实测值的比较可知，各测站的计算潮位、垂线平均流速、流向在连续变化过程中均与实测值接近，工程水域内绝大多数测点的验证结果符合《水运工程模拟试验技术规范》要求。验证情况表明，所建潮流数学模型无论从数值和相位上均与原型水体运动达到很好的相似性，可用于对当地潮流运动规律的模拟中，所预测结果具有良好的可信度。

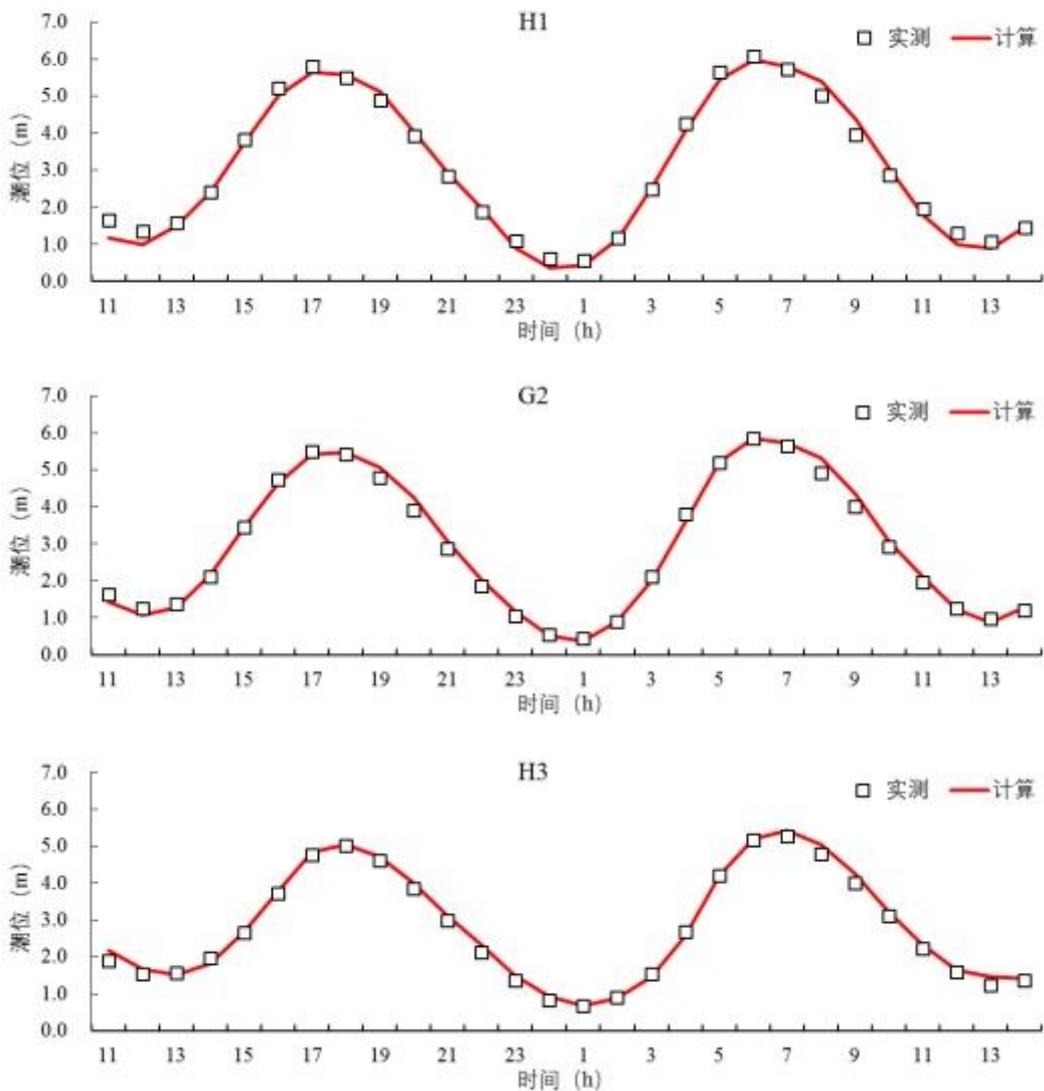
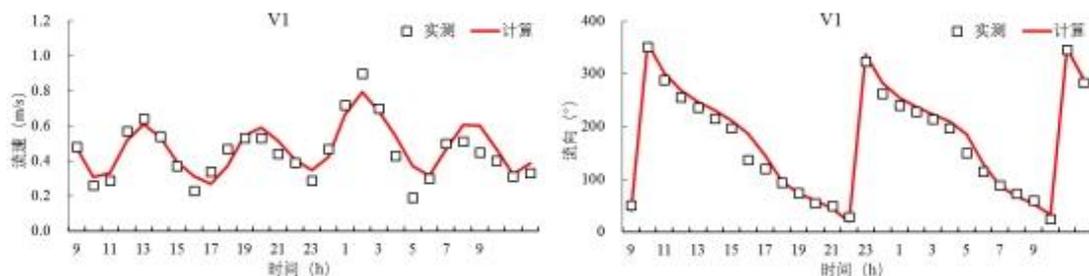
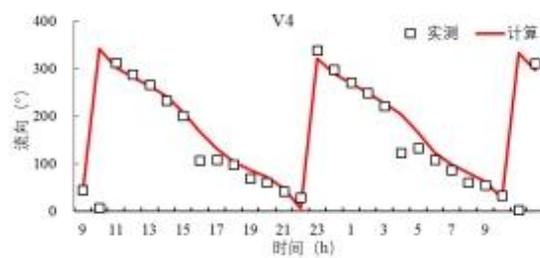
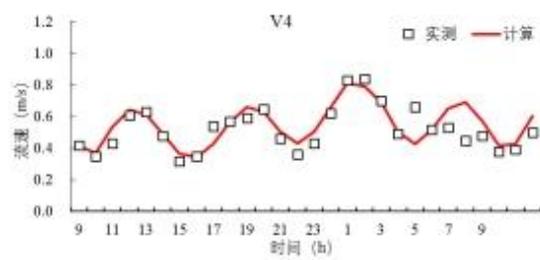
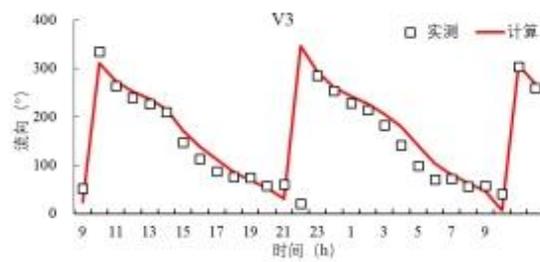
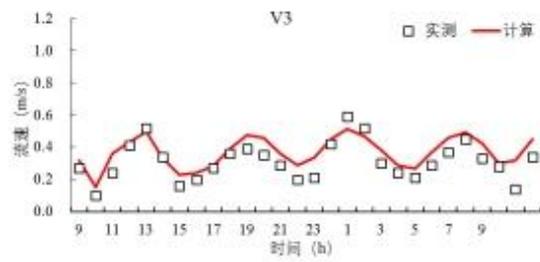
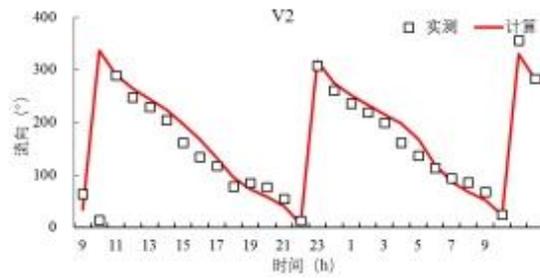
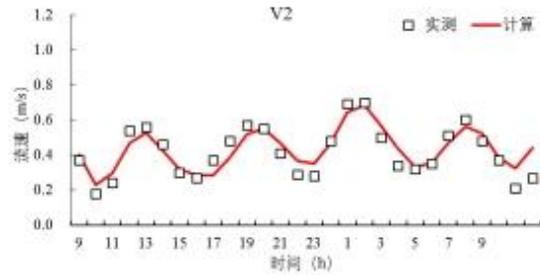
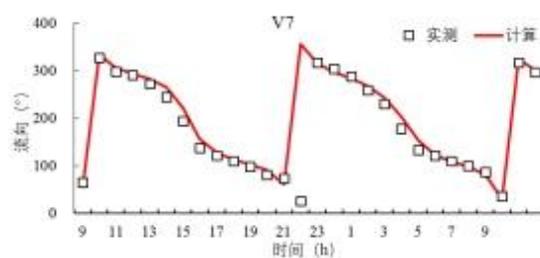
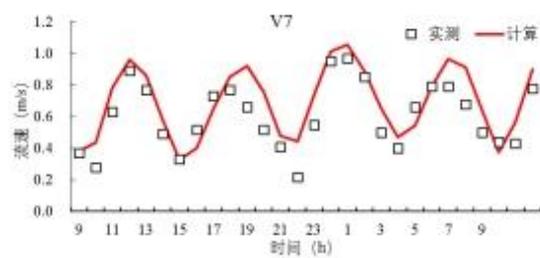
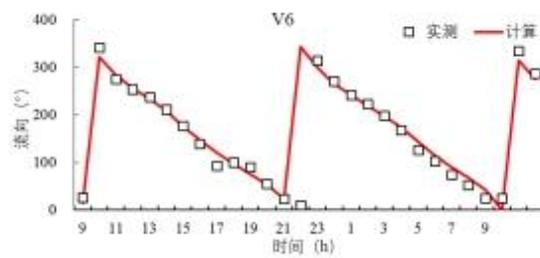
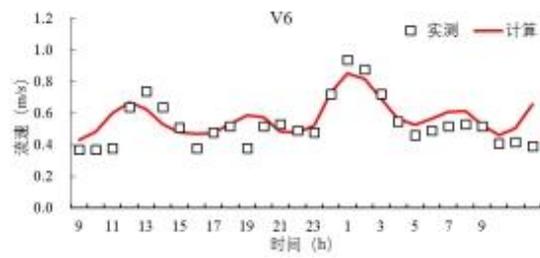
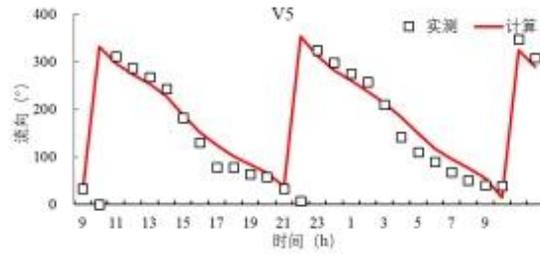
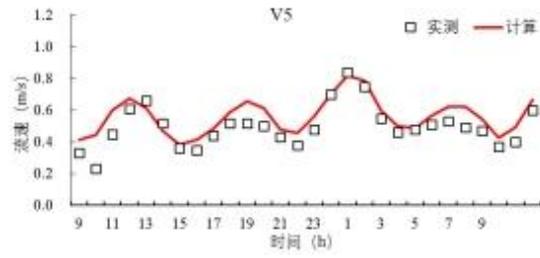


图 4.1-5 大潮潮位验证情况







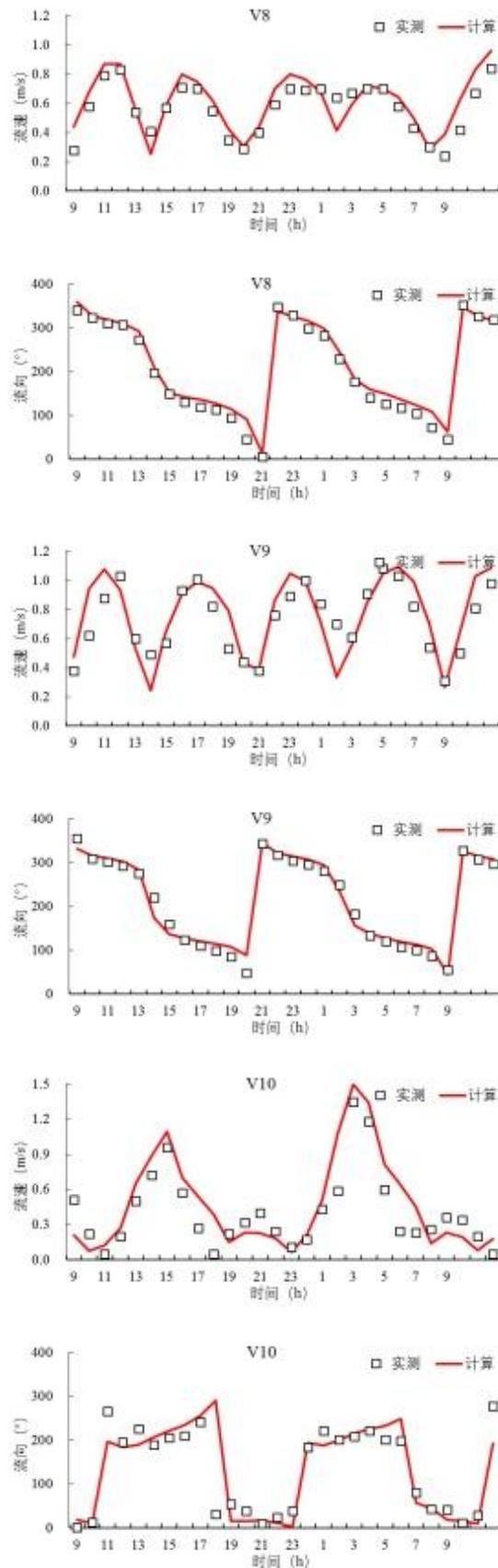


图 4.1-6 大潮流速流向验证情况

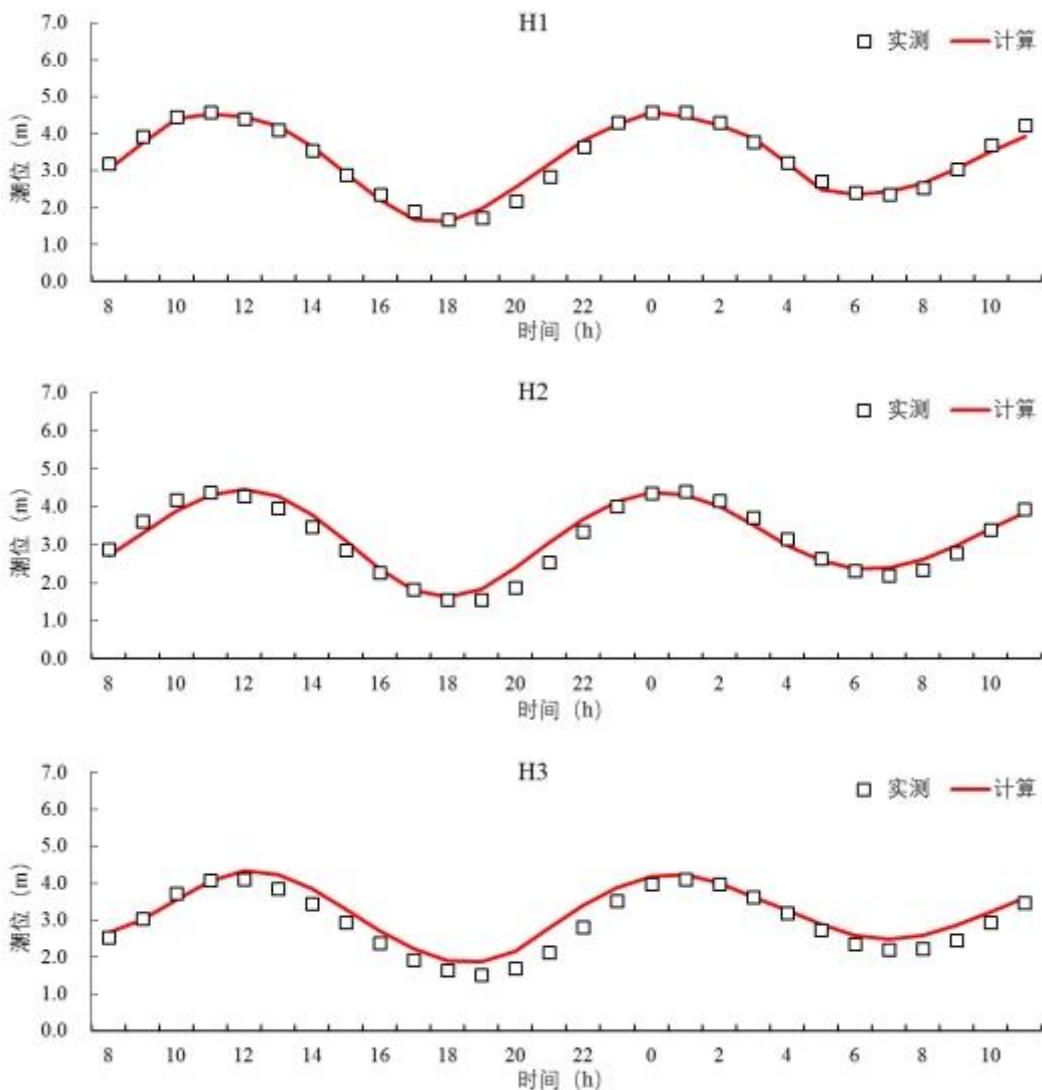
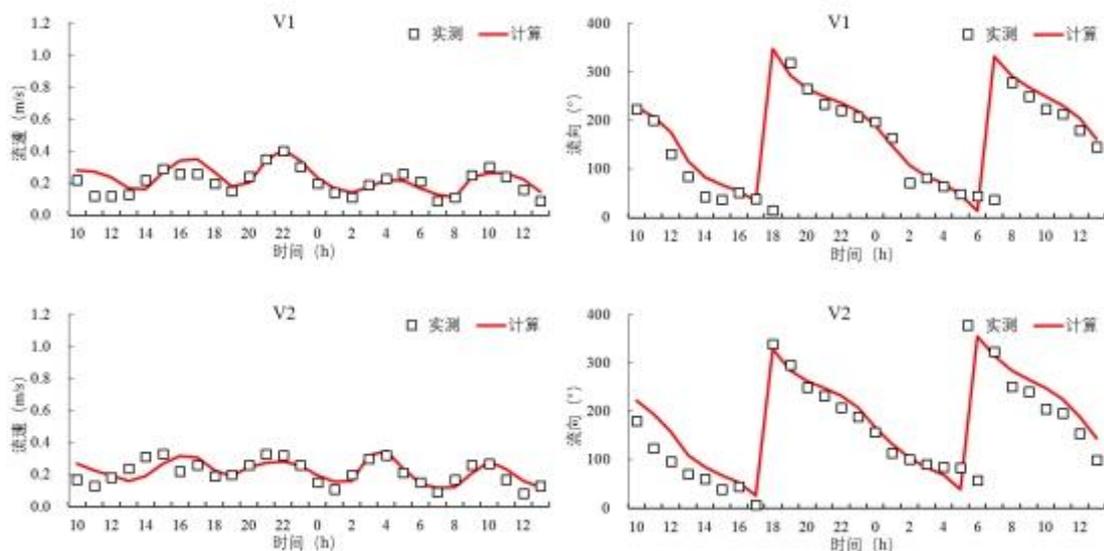
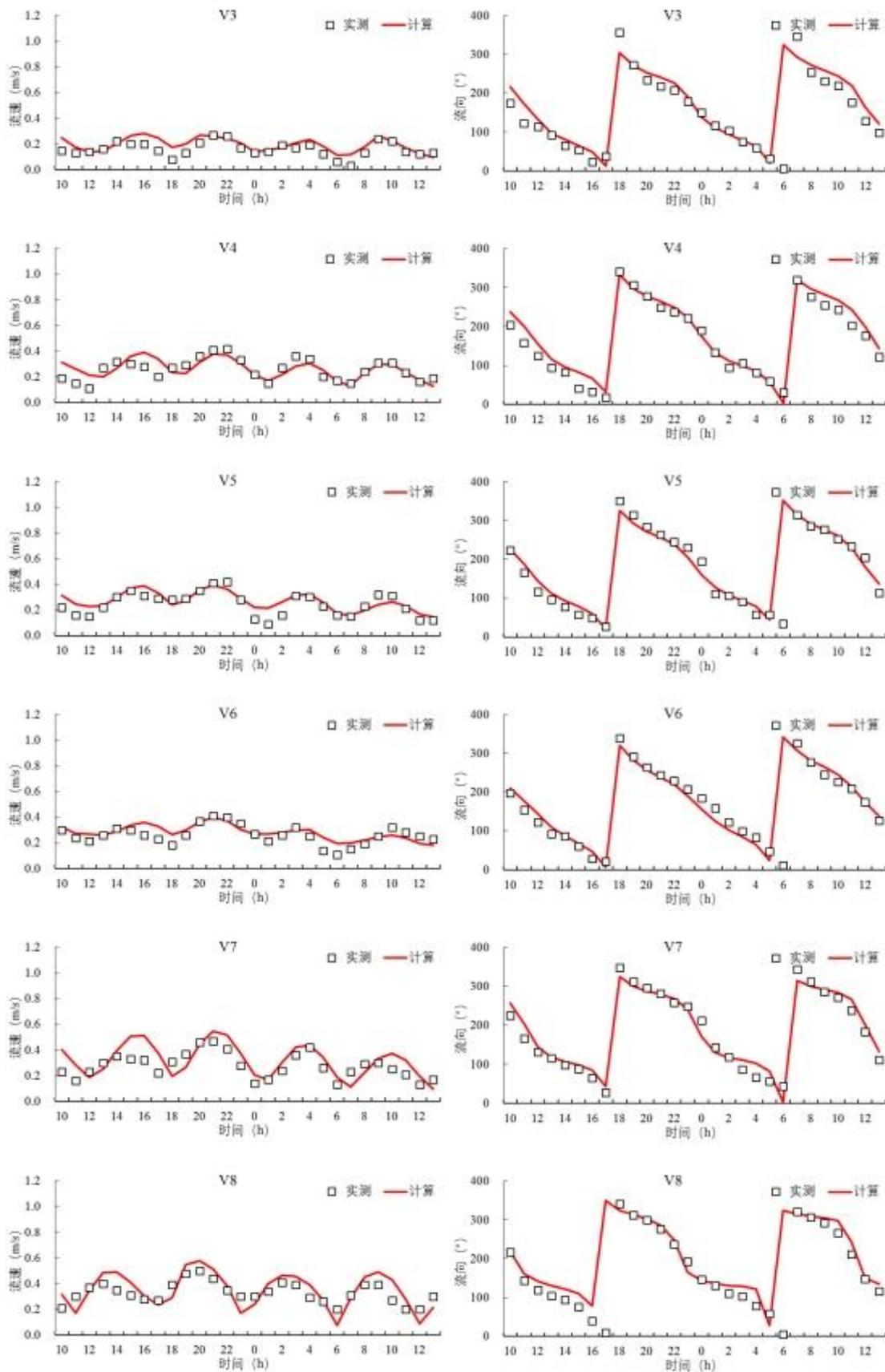


图 4.1-7 小潮潮位验证情况





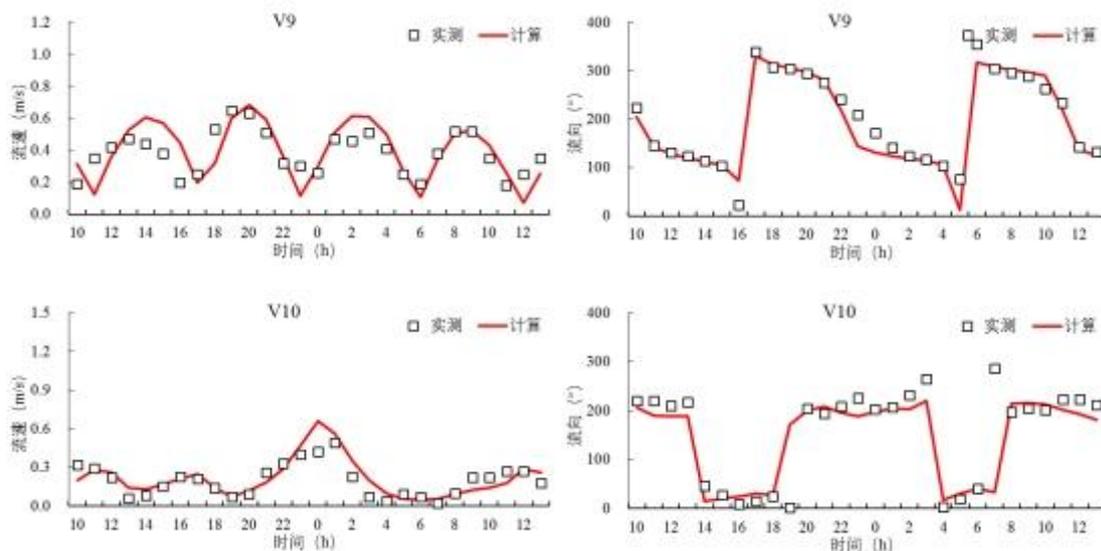


图 4.1-8 小潮流速流向验证情况

## 4.1.2 现状流场

### 4.1.2.1 大范围流场运动规律

图 4.1-8~图 4.1-10 以大潮为例，分别给出了方案实施前后以及总规布局徐圩港区大范围的流场图，经分析，得到以下结论：

(1) 从工程海域大范围流场来看，涨潮时，外海潮流基本以 NE~SW 方向进入海州湾；落潮时，潮流则基本以 SW~NE 向退出海州湾；潮流的流向与等深线或岸线的交角较大。

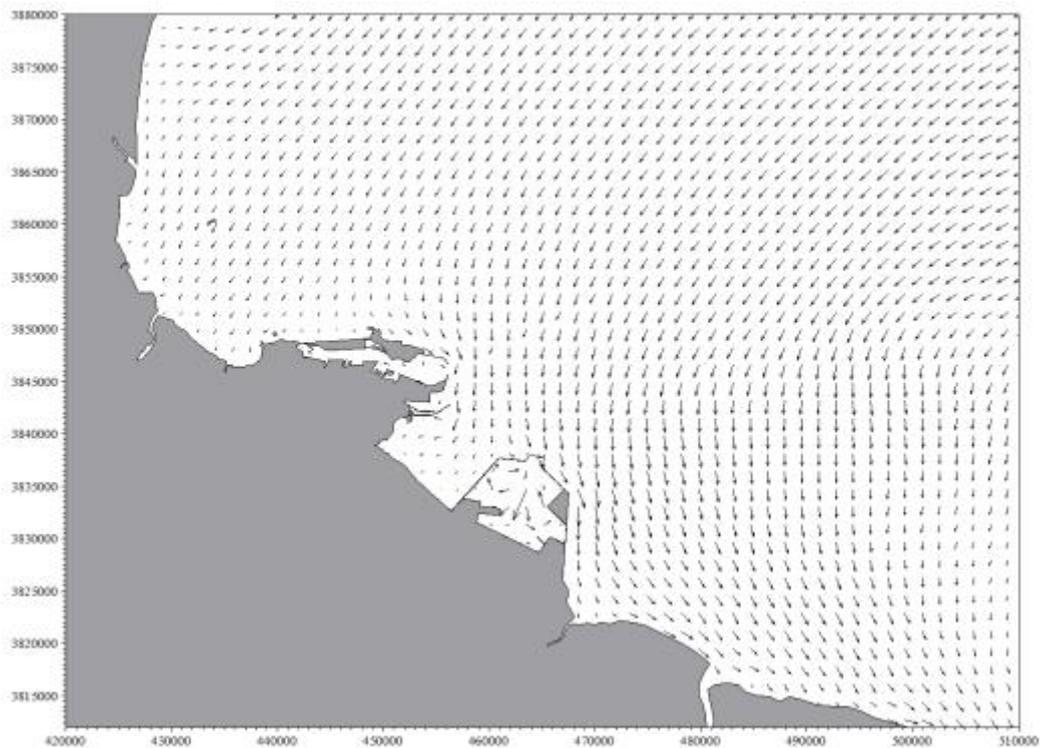
(2) 徐圩港区附近水流整体呈现逆时针旋转流性质，涨潮时，水流由 N 向流入，在徐圩港区堤头处进行分流：西侧水流沿着西防波堤向近岸流动，主流向为 WSW 向，东侧水流受东防波堤的导流作用，水流向 S 向流动；在落潮阶段，近岸处的水流由东西两侧汇聚后，往 N~NE 向向外海流动，东、西防波堤在落潮过程中具有明显的导流作用。

(3) 潮波传至港内时，受岸线形态及局部地形的影响，在港区口门及突堤附近存在明显挑流，局部流向发生改变，进入港池内部的涨潮水体将在口门附近形成回流。落潮时，港池内部流速普遍较低。

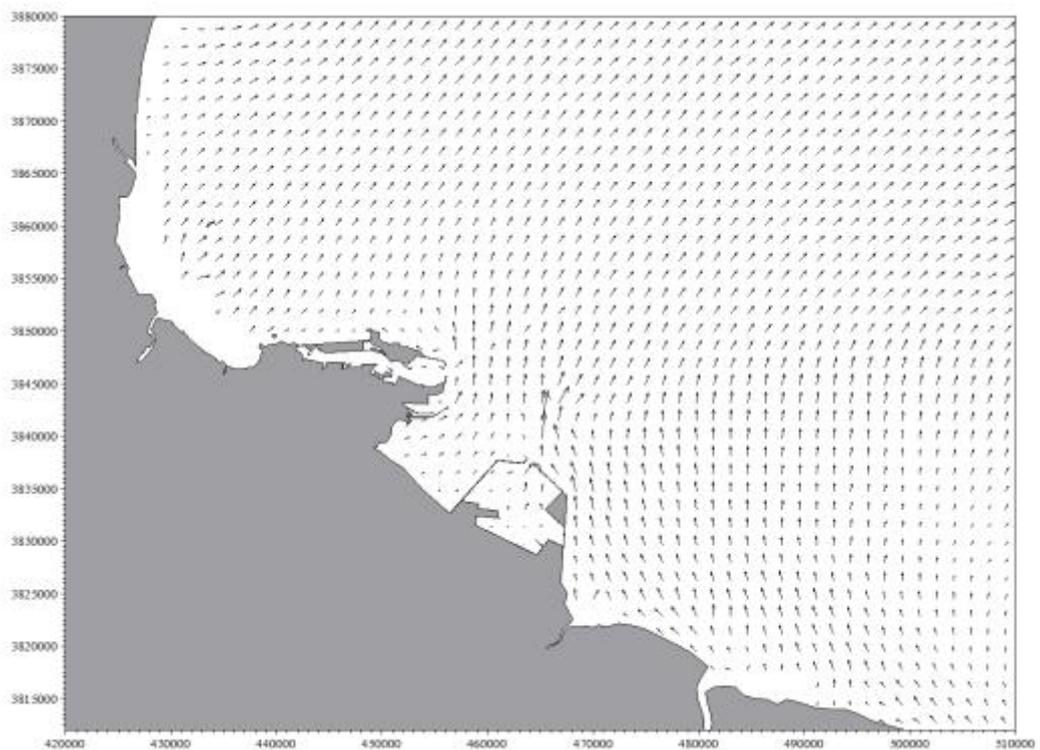
(4) 方案实施后并未改变当地海域的整体潮流运动特征，在工程局部区域，由于明渠和取水口的建设在一定程度上改变了港池局部的岸线形态和水流分布，使得方案实施后工程局部的流场略有变化。

(5) 总体规划情况下的水流流态与现阶段情况基本一致，并没有明显改变，

港区附近水流仍保持逆时针旋转流的性质；该阶段情况下方案的实施也并未改变当地海域的整体潮流运动特征，仅在工程局部区域，由于各项工程措施的建设使港池局部的岸线形态和水流分布发生些许改变。

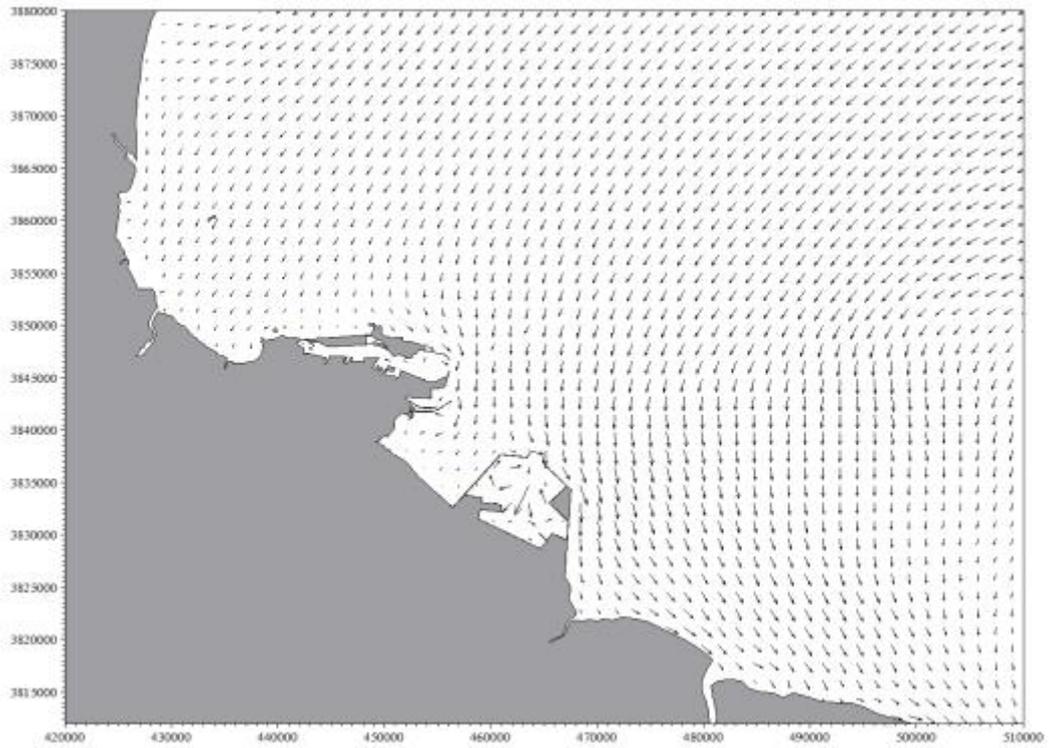


(a) 涨潮时刻

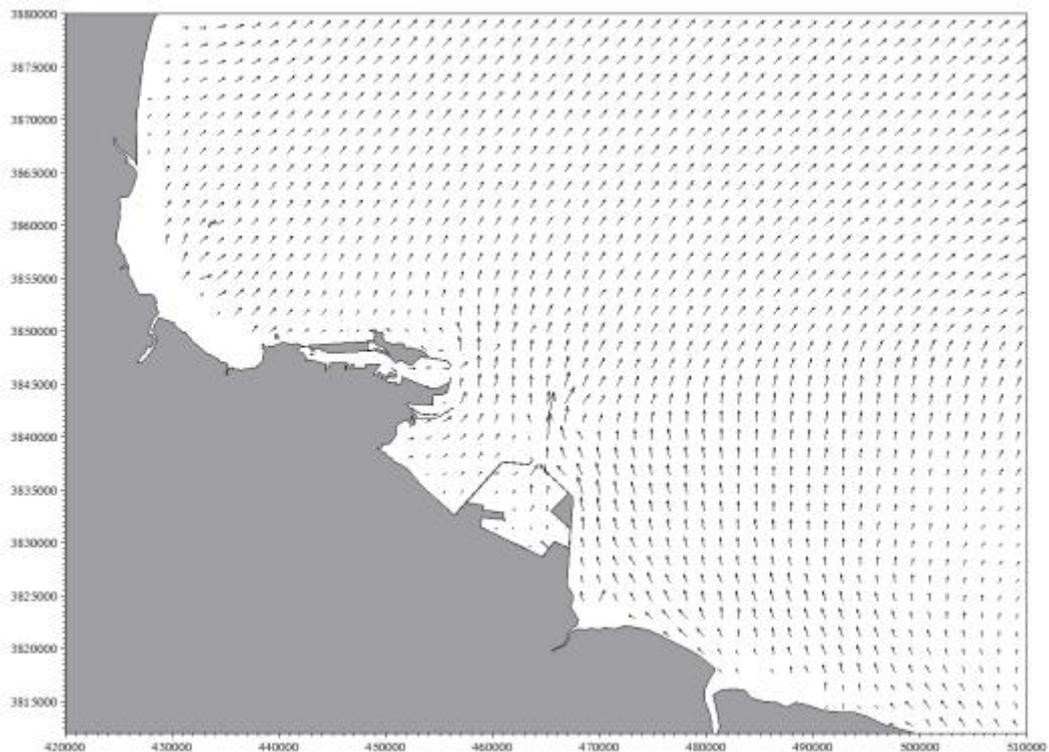


(b) 落潮时刻

图 4.1-9 工程前大范围大潮涨、落时刻流场图

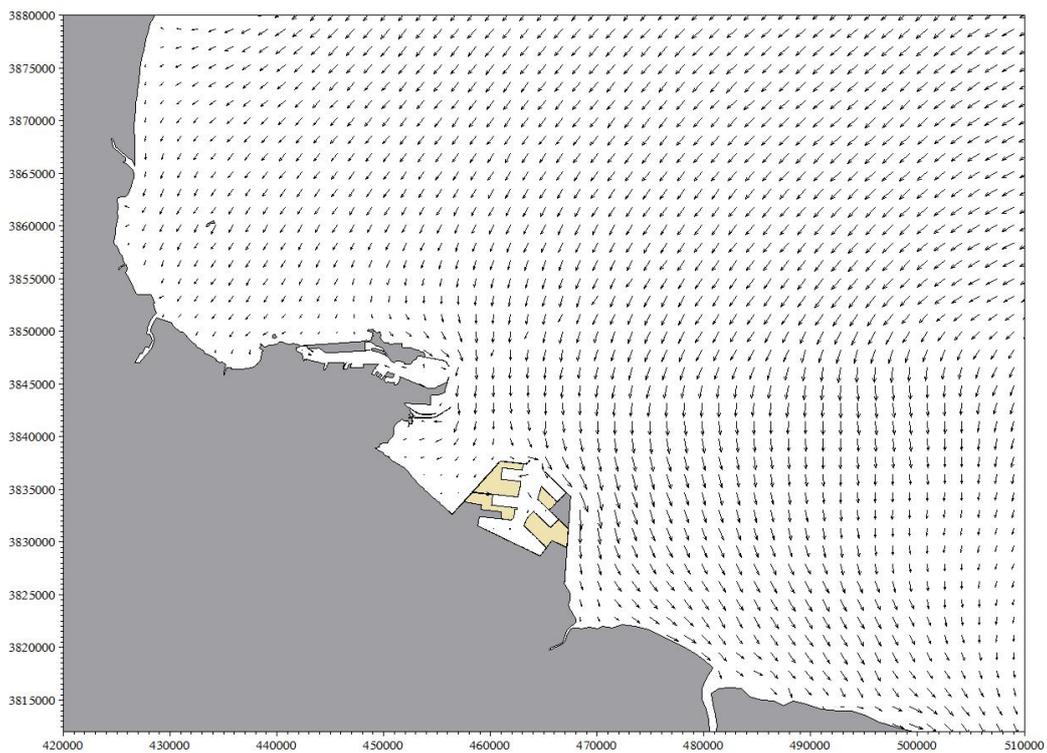


a) 涨潮时刻

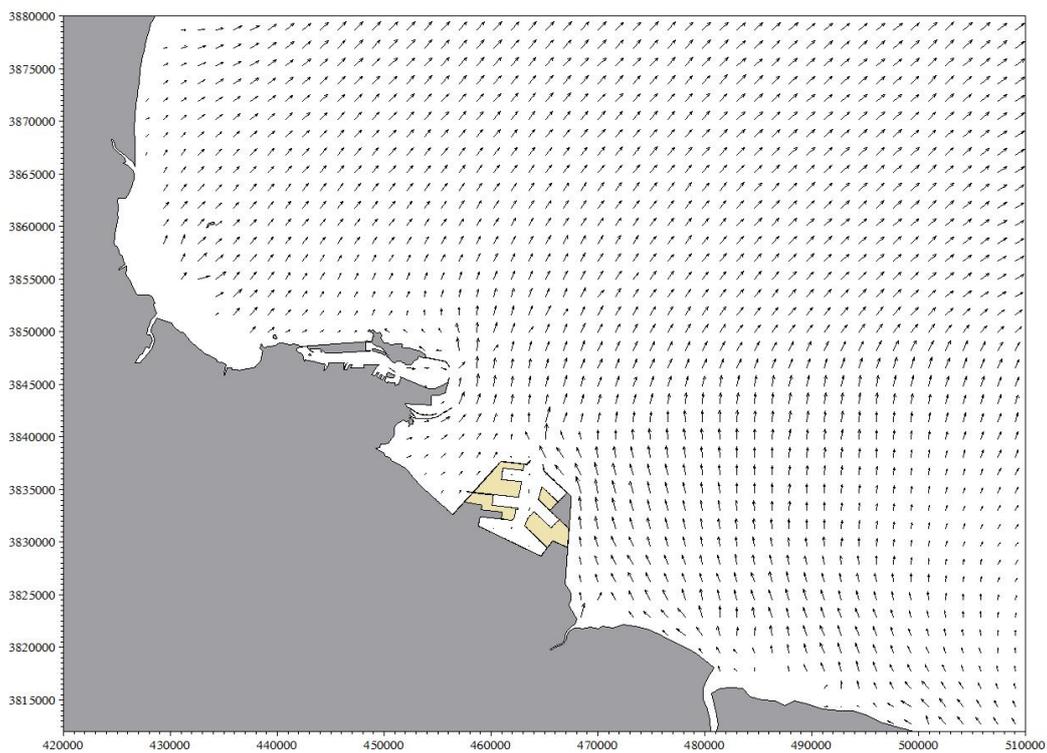


(b) 落潮时刻

图 4.1-10 方案实施后大范围大潮涨、落时刻流场图



(a) 涨潮时刻



(b) 落潮时刻

图 4.1-11 总规实施后大范围大潮涨、落时刻流场图

#### 4.1.2.2 工程区流场特征分析

为细致比较工程前、后港内的潮流运动情况，图 4.1-11~图 4.1-15 中分别

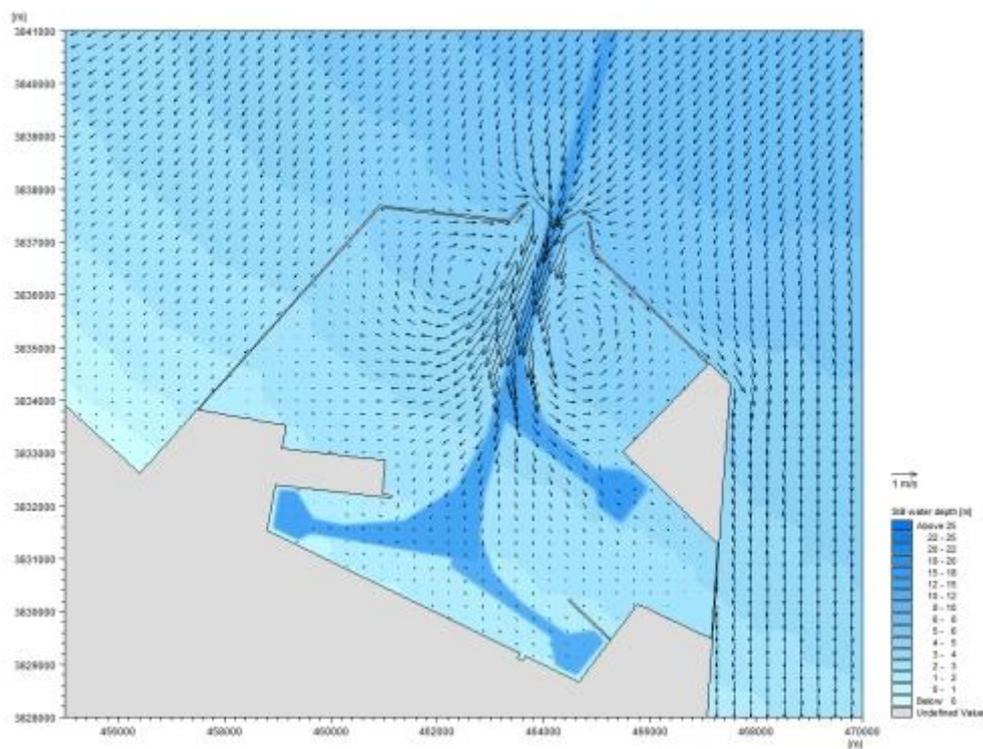
给出了大潮条件下，工程前后港池局部典型时刻的流场图，经分析可知：

(1) 从港区局部流场图来看，港区内的水流情况相对较为复杂，涨潮时外海由 N~NE 向涨潮流经口门传入港池，由于束流影响，口门区流速较大，最大流速可达 1.8m/s，进入港池后，随着过水断面的增大，在口门两侧形成较强的回流，西侧回流为顺时针，区域范围较大，回流持续整个涨潮期，东侧在规划的四港池附近形成逆时针回流，强度和范围略小于西侧，水流通过四港池进入一、二港池后，水流逐渐分散，流速变小；落潮时，港内流态相对平顺，落潮水流整体沿航道流向口门，整个落潮期间港池内流速都不大，口门附近相对涨潮而言，流速也明显减小。

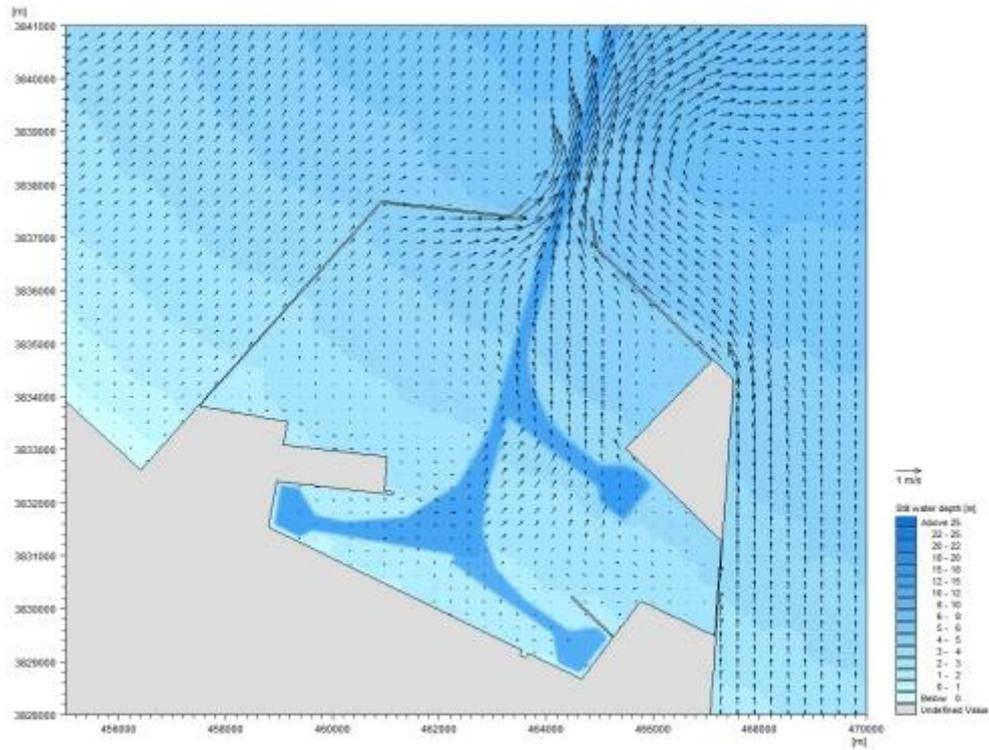
(2) 取排水工程实施后，由于取排水量较小，对整个港区影响较小，主要集中在取排水口附近。

(3) 总规布局下，由于突堤建设，港内面积大为减小；同时港内整体开挖后，水深加大，港内流速较现状布局有所减小。从流态看，港区内的水流流态仍较为复杂，涨潮时在口门区也会形成环流，但回流影响区域及程度有所降低。

(4) 由于徐圩港区面积较大，工程方案主要集中在港内底部区域，该区域的水流条件要明显弱于口门附近，工程建设所造成的流态和流速的影响也就主要集中在工程局部区域。

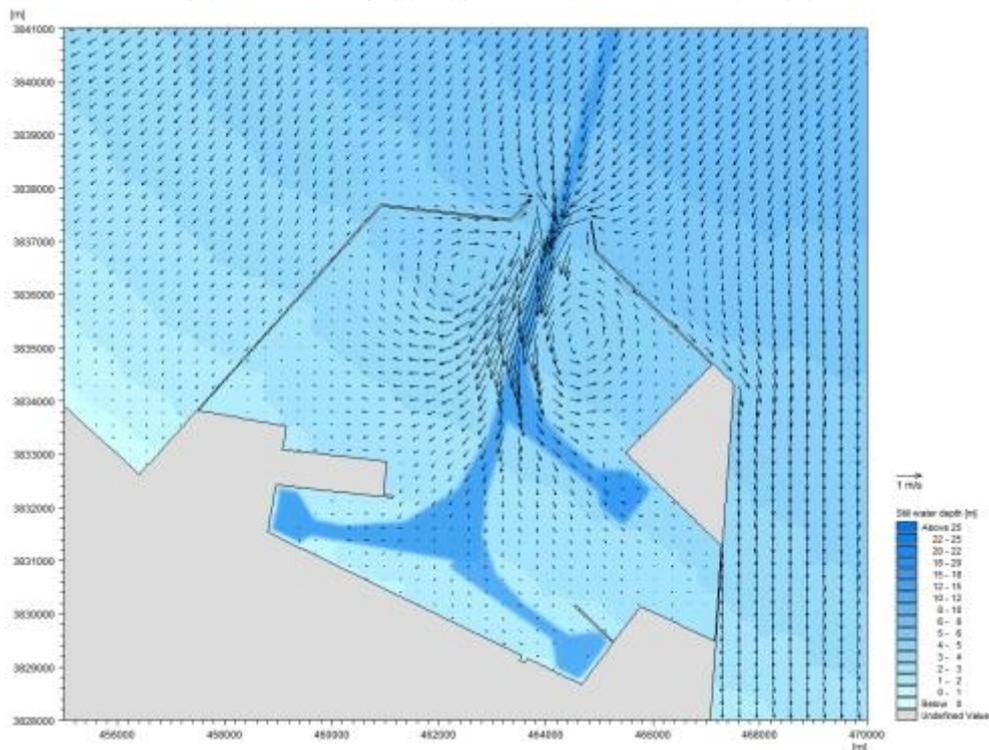


(a) 涨潮时刻

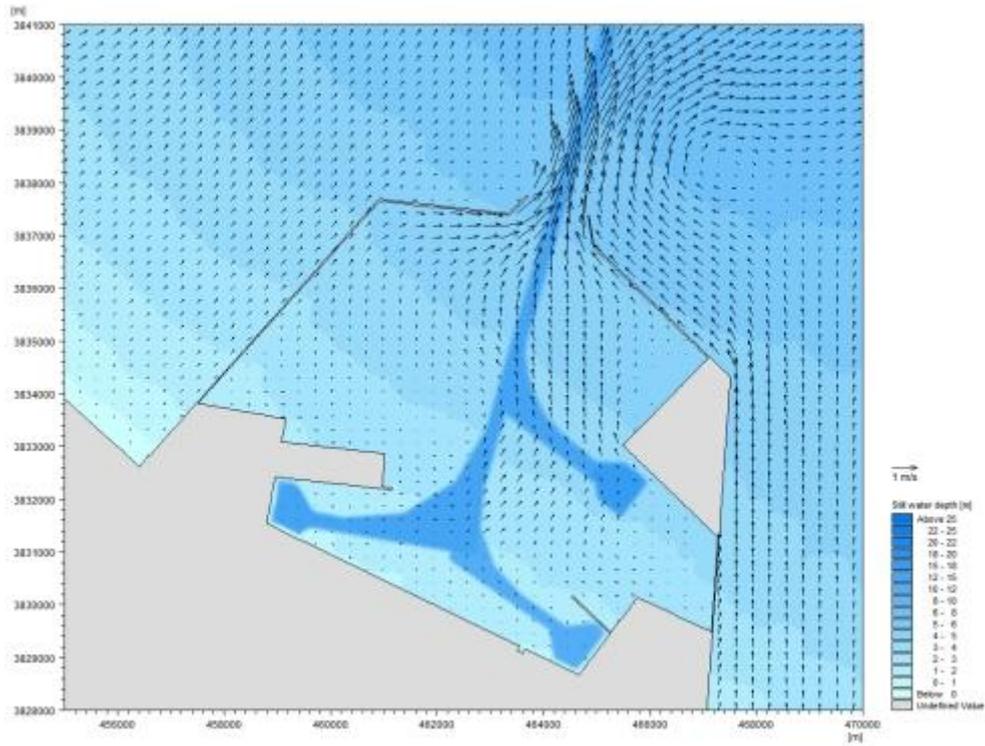


(b) 落潮时刻

图 4.1-12 工程前局部区域大潮涨、落时刻流场图

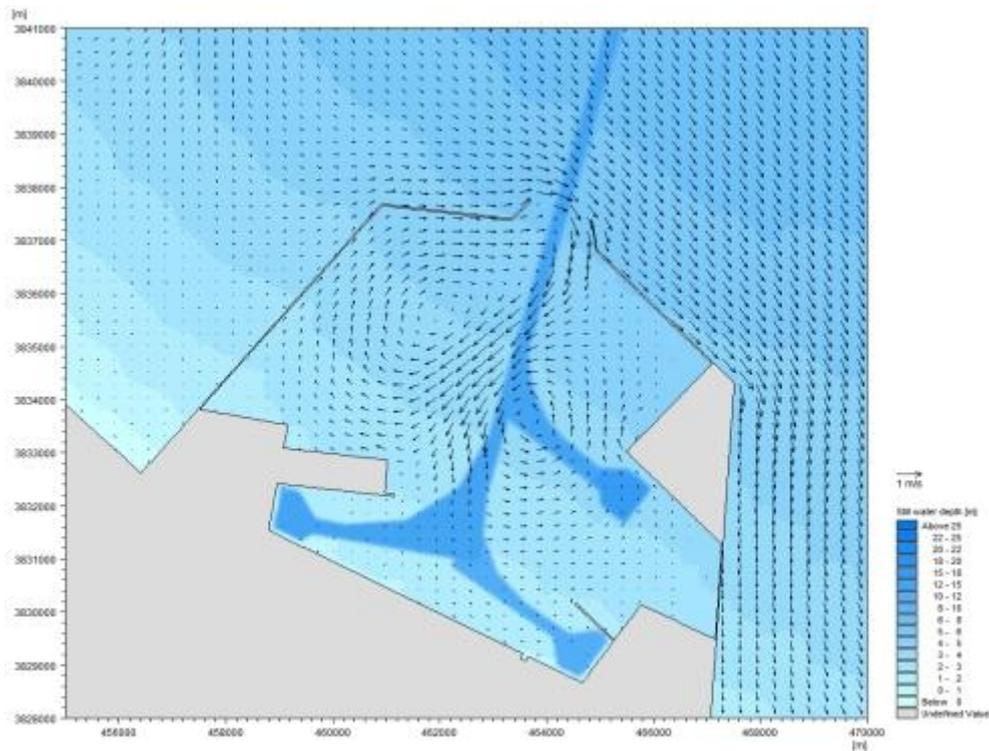


(a) 涨潮时刻

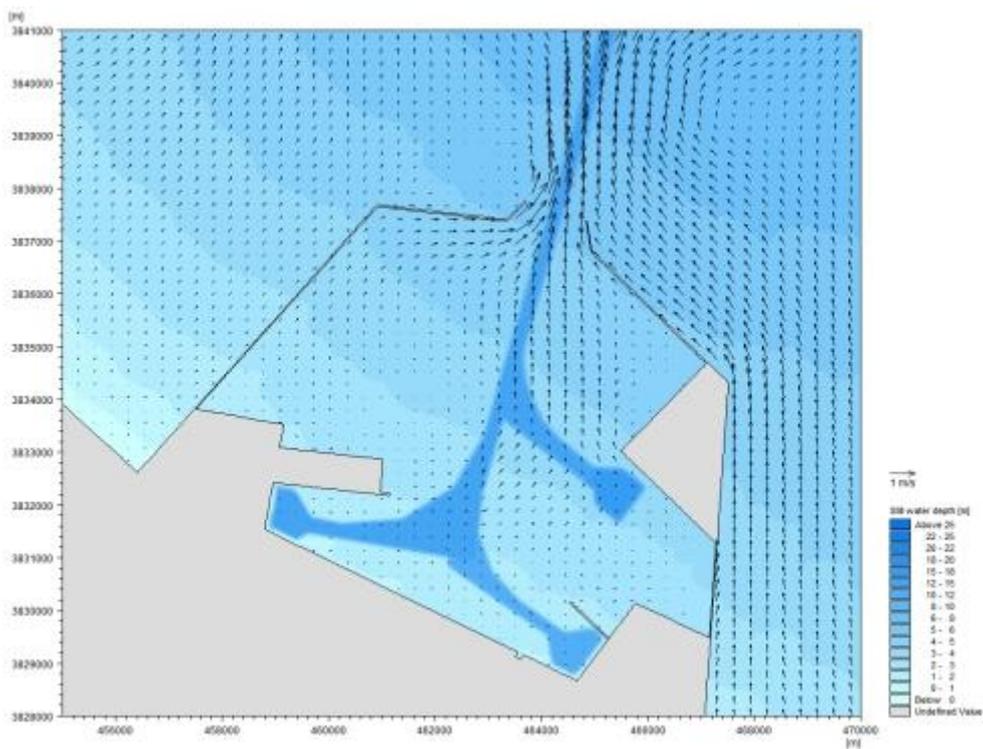


(b) 落潮时刻

图 4.1-13 取水后（夏季）局部区域大潮涨、落时刻流场图

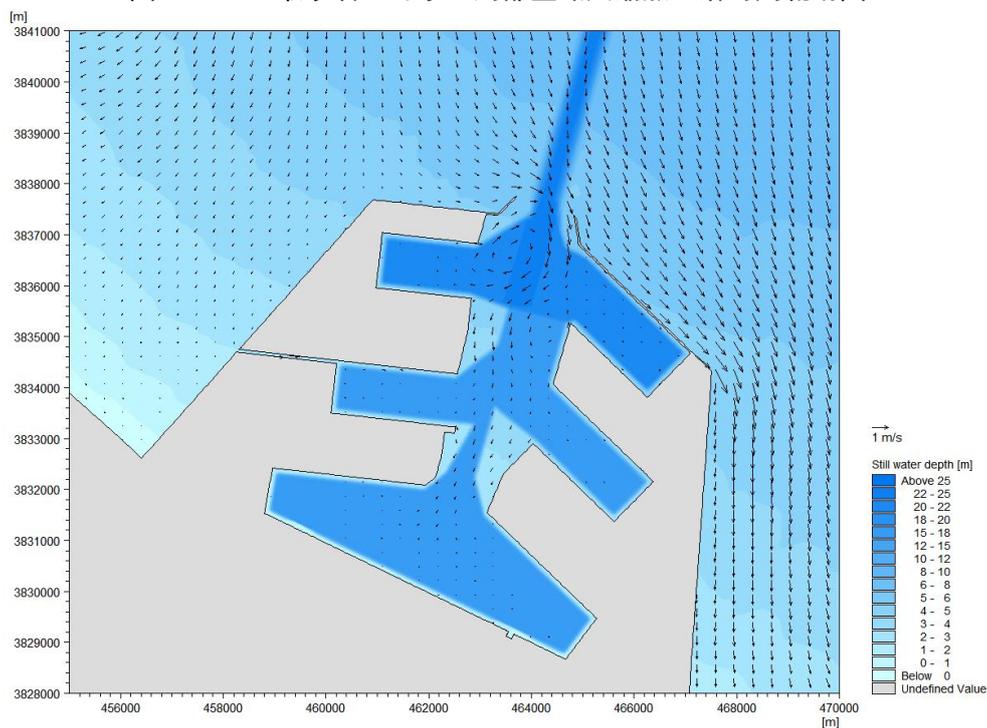


(a) 涨潮时刻

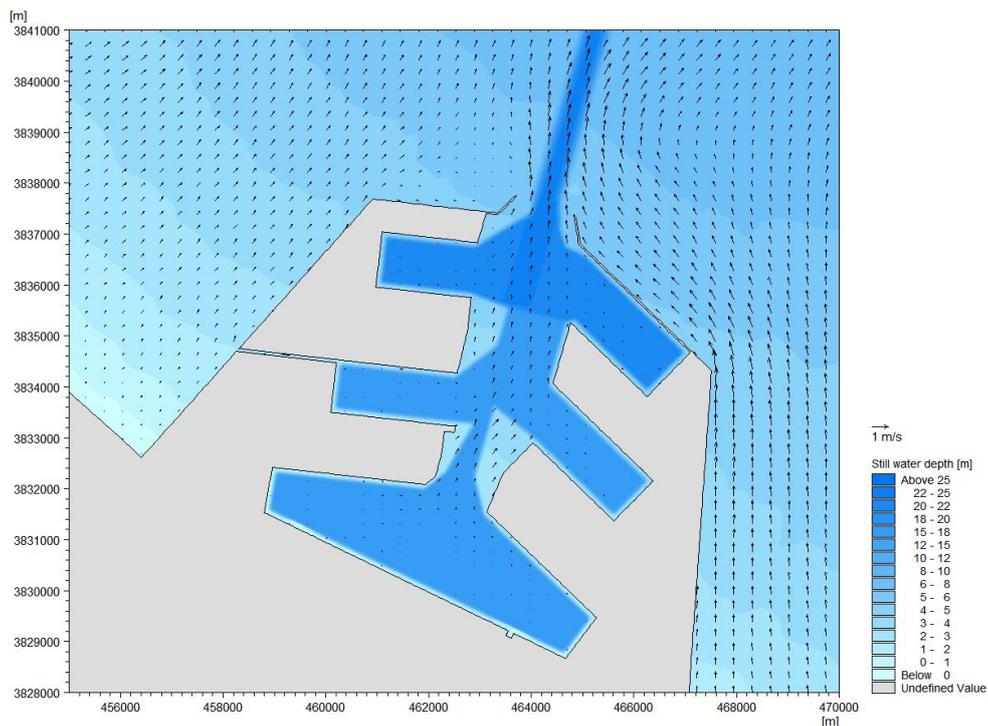


(b) 落潮时刻

图 4.1-14 取水后（冬季）局部区域大潮涨、落时刻流场图



(a) 涨潮时刻



(b) 落潮时刻

图 4.1-15 总规局部下（取排水）港区大潮涨、落时刻流场图

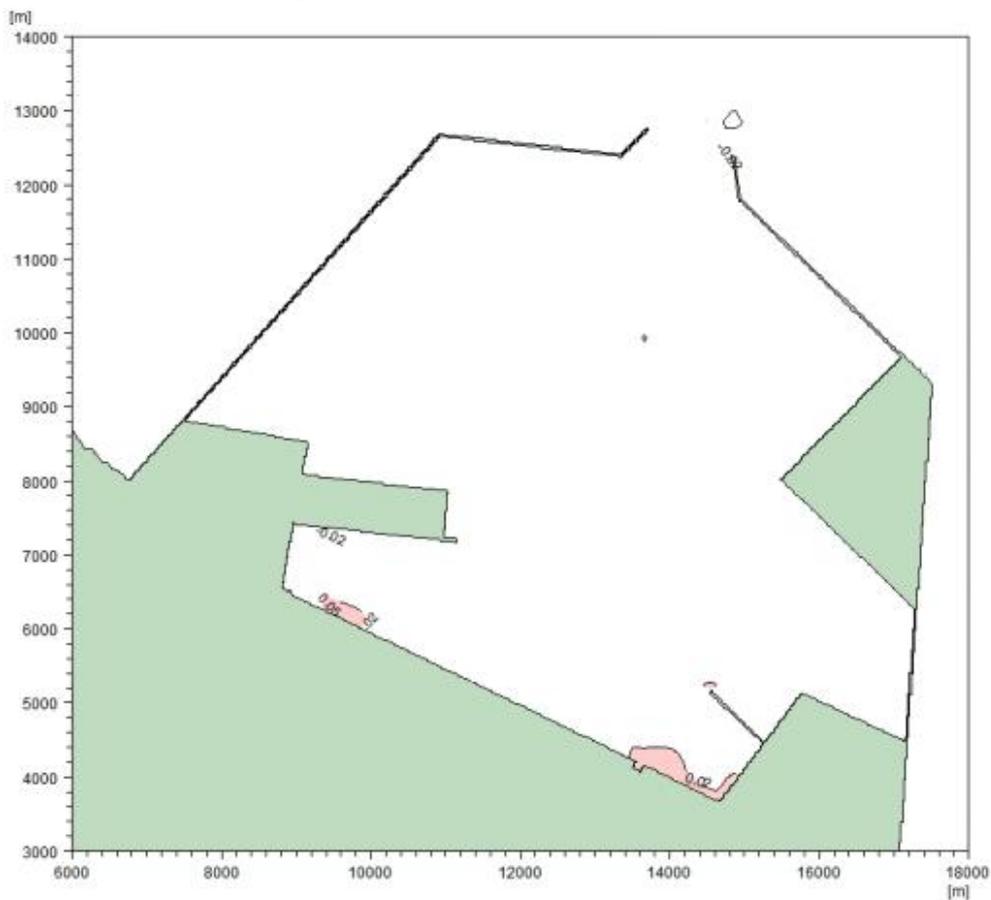


图 4.1-16 取水后局部流场变化

### 4.1.3 拟选排放口潮流特征分析

以 2018 年 9 月实测大潮作为典型潮型，对工程方案实施后的潮流场进行模拟计算。计算时段：2018 年 9 月 9 日 11 时~10 日 14 时。

不同方案取排口位置流速和水深统计可见表 4.1-1，分析可得：

涨潮时，外海潮流基本以 NE-SW 方向进入海州湾；落潮时，潮流则基本以 SW-NE 向退出海州湾；潮流的流向与等深线或岸线的交角较大，即潮流的沿岸运动趋势较小，而以离岸、向岸的往复运动为主。总体呈现外海流速大、近岸流速小的趋势。

对于拟选方案所在水域而言，流速相差不大，一、二港池内最大流速基本在 0.1m/s 以内；取水后 A、B 和 C 点所在水域最大流速分别为 0.36m/s、0.29m/s 和 0.21 m/s；排水后 1#、2#、3#、4#、5#和 6#点所在水域涨落最大流速为 0.11m/s、0.27 m/s、0.12 m/s、0.15 m/s、0.49 m/s 和 0.23m/s。

从本项目水深条件来看，水深越大的水域动力条件越强，越有利于排放水扩散。拟选排放口处水深由大到小依次为：方案 8 和 9>方案 3>方案 5>方案 4>方案 1 和 2>方案 6 和 7，方案 6 和 7 的排口 5#处位于浅滩，排放条件相对较差。

污染物排放后受水流和水深地形的综合影响扩散充分，从而降低排放水对近岸区域水环境的影响，总体上，各拟选排放口局部水动力条件差别不大。

表 4.1-1 取排水后各工况水深及流速情况

工况	位置	水深 (理论基面 m)	最大流速 (m/s)	平均流速 (m/s)	主流向
工况 1	取水口	-0.6	0.36	0.16	115°~275°
	排水口	0	0.11	0.04	150°~310°
工况 2	取水口	-1	0.21	0.09	290°~350°
	排水口	0	0.11	0.04	150°~310°
工况 3	取水口	-0.6	0.36	0.16	115°~275°
	排水口	-1	0.15	0.05	115°~285°
工况 4	取水口	-1	0.21	0.09	290°~350°
	排水口	-0.6	0.27	0.08	115°~275°
工况 5	取水口	-1	0.21	0.09	290°~350°
	排水口	-0.9	0.12	0.05	125°~300°
工况 6	取水口	-0.6	0.36	0.16	115°~275°
	排水口	0.5	0.49	0.11	290°~350°
工况 7	取水口	-1	0.21	0.09	290°~350°

	排水口	0.5	0.49	0.11	290°~350°
工况 8	取水口	-0.6	0.36	0.16	115°~275°
	排水口	-2	0.23	0.12	30~235°
工况 9	取水口	-1	0.21	0.09	290°~350°
	排水口	-2	0.23	0.12	30~235°

## 4.2 波浪特性

### 4.2.1 数学模型

本次波浪数学模型研究内容主要为排水口设计波浪要素推算以及本工程附近泊位泊稳分析。

从工程方案平面布置图看，徐圩港区受环抱式防波堤掩护，外海 N~NE 向波浪可经由北侧口门传入港内，本工程取水口所在的一港池水域，其北侧的一突堤进一步对偏 N 向来浪形成掩护。总体看本工程取水口位于波浪掩护条件良好的水域。

波浪数学模型研究，以港区外海-20m 水深波要素为依据，采用近岸波浪数学模型，推算工程海域近岸波浪场。再采用港区波浪模型推算工程区设计波浪要素，近岸波浪场计算结果为港区波浪模型提供边界。工程区位于受掩护环抱港区内，港内水域面积开阔，范围约为 7km×9km，根据《港口与航道水文规范》规定需要考虑小风区风浪。

近岸波浪场和小风区风浪计算及采用的是 MIKE21 SW 波浪模型，港内波浪采用 MIKE21 BW 波浪模型。

近岸波浪数学模型采用 MIKE 21 SW 波浪数学模型，该计算考虑了波浪传播中的折射、底摩擦、浅水变形、波浪破碎、非线性作用，本次计算采用非结构三角形网格。

#### 4.2.1.1 控制方程

MIKE 21 SW 控制方程为：

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} C_x N + \frac{\partial}{\partial y} C_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N = \frac{S}{\sigma}$$

$$(C_x, C_y) = \frac{dx}{dt} = \vec{C}_g + \vec{U}$$

$$C_{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial\sigma}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_{\vec{x}} d \right] - C_g \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s}$$

$$C_{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial\sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right]$$

式中：N 为动谱密度，t 为时间， $\vec{x}$  为笛卡尔坐标系， $\vec{v}$  为波群速度，S 为能量平衡方程中的源项， $\nabla$  为微分算子，s 为波浪的传播方向， $\theta$  和 m 为垂直于 s 的方向， $\nabla_{\vec{x}}$  为在  $\vec{x}$  空间上的二维微分算子。

#### 4.2.1.2 计算区域

模型计算采用局部加密的三角形计算网格，最小空间步长为 10m，模型外海水深在 -30m 以上。模型布置和网格剖分如图 4.2-1 所示。

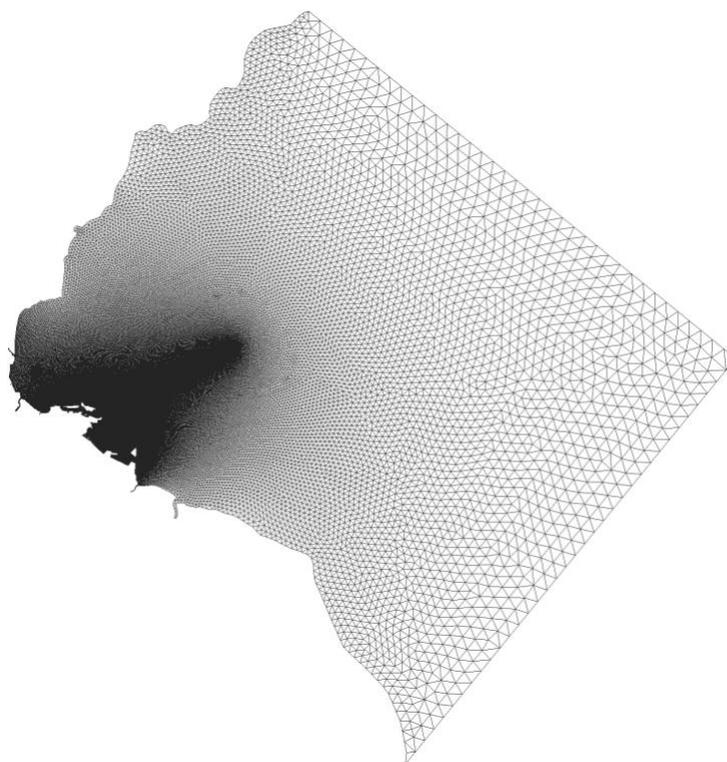


图 4.2-1 MIKE 21 SW 波浪场计算区域示意图

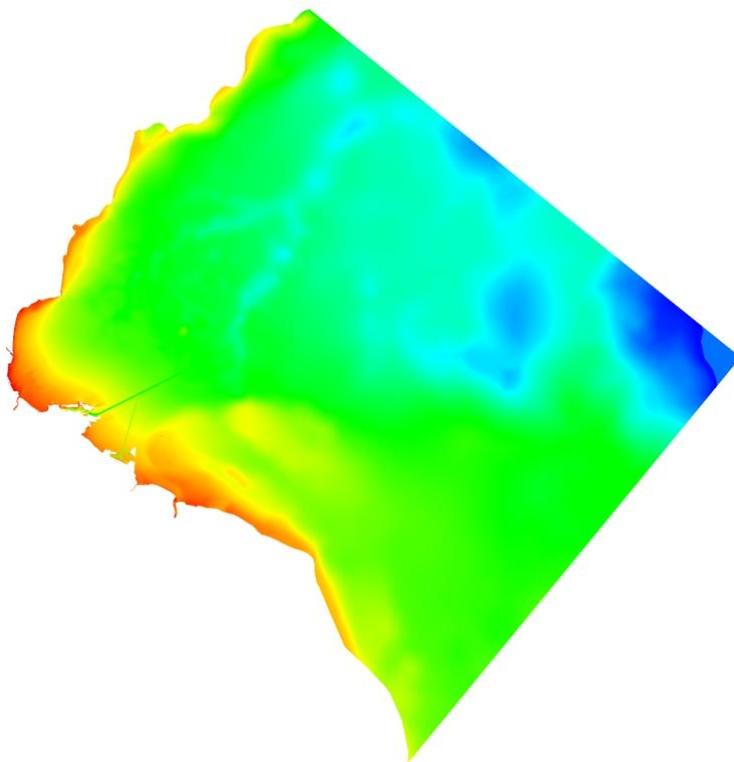


图 4.2-2 模型地形（理论基面）

#### 4.2.1.3 计算组合

连云港徐圩港区位于江苏省北部连云港港南翼，埭子口以西至小丁港之间海岸，东临黄海，西侧为陆地，岸线整体呈现 NW~SE 走向，徐圩港区平面布置呈双导堤环抱式，口门位于港区 N 侧，宽约 1200m。

结合工程平面布置和工程区近岸海区波浪特征，影响徐圩港区的波浪，主要是来自外海偏北向的波浪。即：N、NNE、NE 各向。

根据试验要求，本次波浪推算的计算工况组合见表 4.2-1。

表 4.2-1 试验组合表

设计水位（理论最低潮面）		25 年一遇	2 年一遇	计算浪向
极端高水位	+6.53m	√		N、NNE、NE
设计高水位	+5.40m	√	√	
设计低水位	+0.49m	√	√	
极端低水位	-0.57m	取水口露滩		

#### 4.2.1.4 计算参数

本模型采用方向非耦参数及定场计算模式，开敞入射边界波要素根据表

4.2-2 中给出的重现期波要素推求得到，非入射边界设置为侧边界，陆地边界为全吸收边界。

计算时采用 360 度方位角全划分，划分数为 24 个。

工程区海床坡度较缓（大于 1/1000），破碎指标采用 0.60。

根据连云港港区底质分布情况，并利用实测波浪资料进行验算后，选取底摩擦系数为 0.005。

### 4.2.1.5 模型验证

#### 1. 模型参数验证

为了验证模型参数的合理性，采用徐圩港区 2008 年 12 月 3 日~9 日和赣榆港区 2009 年 8 月 10 日~12 日的实测的波浪资料，对波浪模型进行验证。实测波浪资料测站位置见图 4.2-4。

图 4.2-3 和图 4.2-5 给出波高、波向时间序列的计算值和实测值验证曲线。由实测与计算结果的比较可见，各测站计算值与实测波高、波向在连续的变化过程中都比较接近，模型参数的设置是合理的，可以用于工程海区波浪场计算。

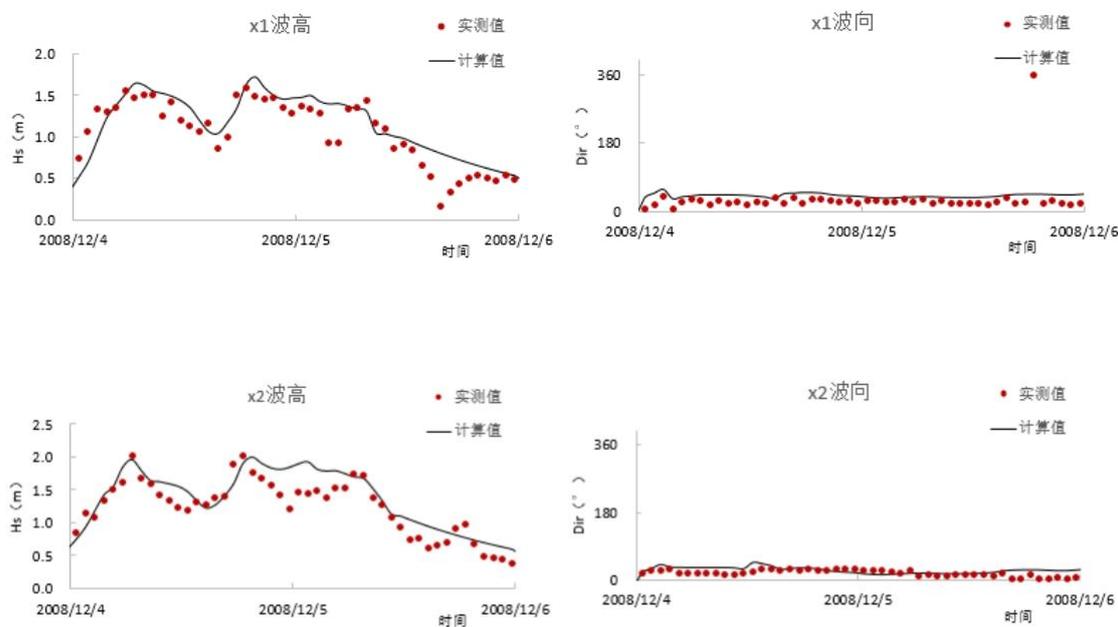
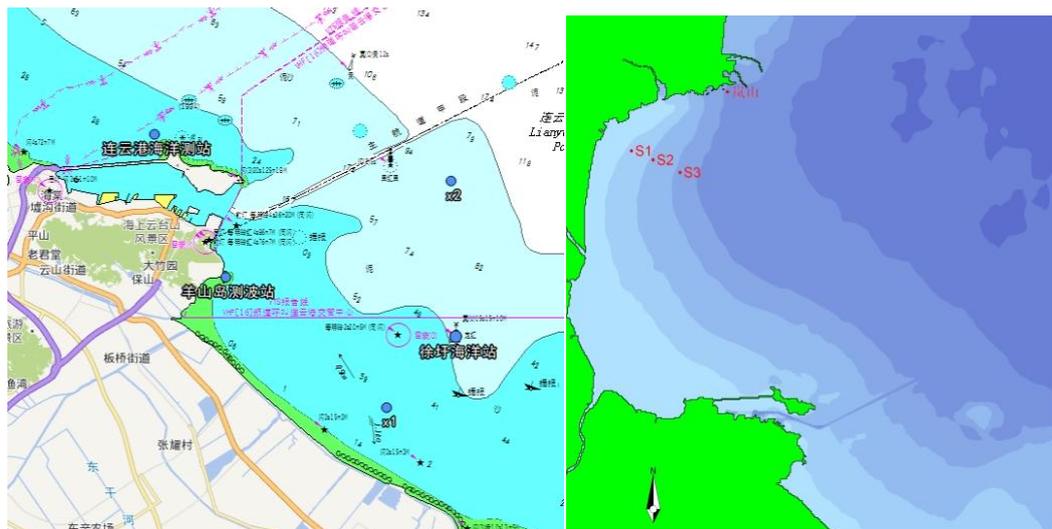


图 4.2-3 2008 年徐圩测波点波高和波向计算值和实测值对比



徐圩港区 X1、X2 点

赣榆港区 S1~S3

图 4.2-4 波浪验证点位置示意

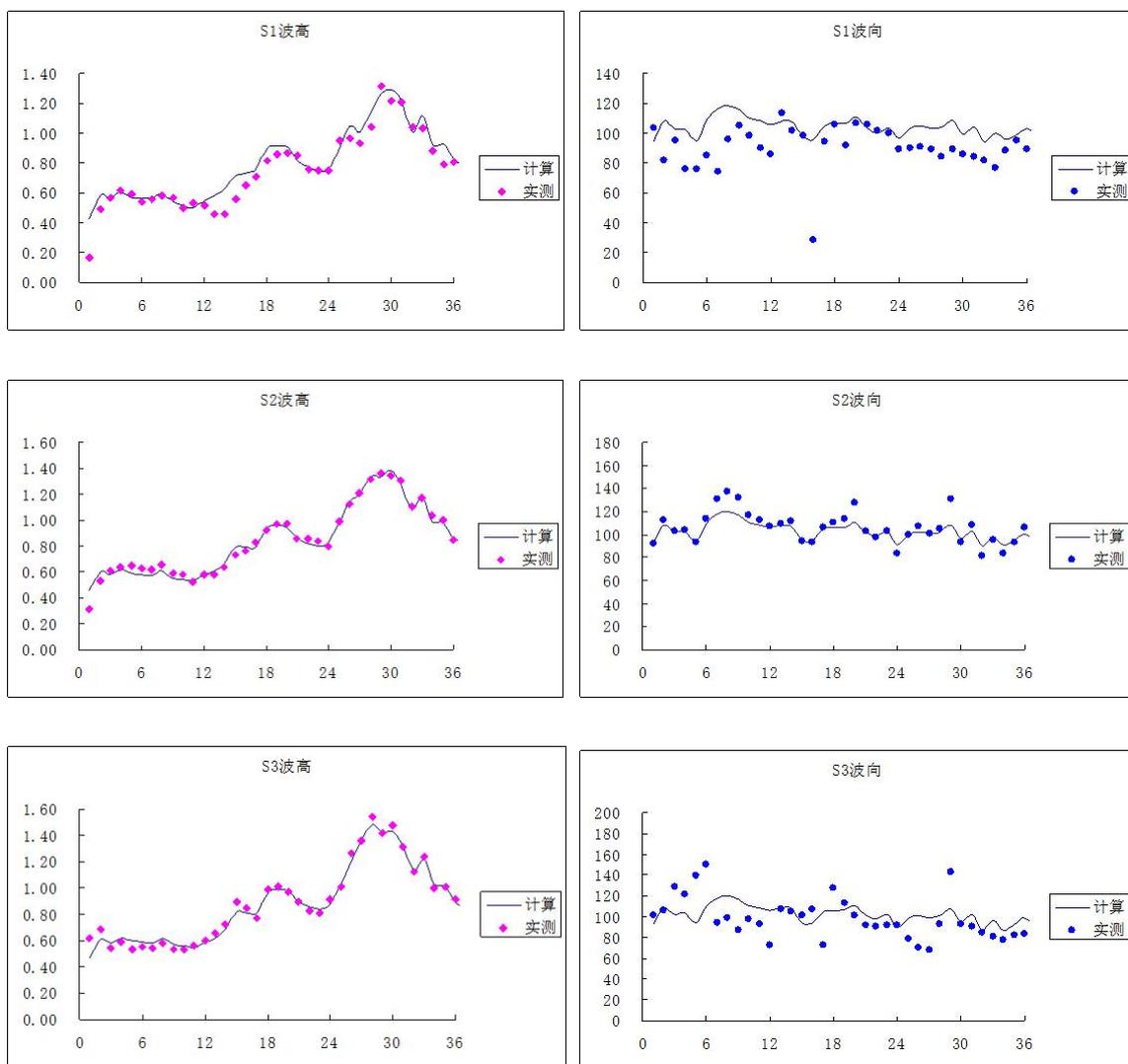


图 4.2-5 2009 年赣榆测波点波高和波向计算值和实测值对比

## 2.波要素验证

根据现行的港口《航道与水文规范》中给出的连云港海洋站重现期波要素列于表 4.2-2。南科院依据连云港站重现期波要素，分析推算得到连云港水域外海深水-20 米处的波浪要素列入表 4.2-3。

参考表 4.2-3 中的 20m 水深处的重现期波要素，设定大范围模型的边界条件。并对-20m 水深重现期波要素进行验证。本次波浪数模计算不考虑波浪周期变化，周期取外海波要素对应周期。经计算，模型计算波高与实测分析值对比见表 4.2-4，从表中可以看出，本次模型验证结果较好。

表 4.2-2 连云港海洋站重现期波要素

重现期	波要素	N	NE	E
50	H <sub>1/10</sub> (m)	4.5	4.6	3.5
	T(s)	8.2	8.3	7.4
25	H <sub>1/10</sub> (m)	4.2	4.3	3.2
	T(s)	7.9	8	7.1
2	H <sub>1/10</sub> (m)	2.8	2.9	2
	T(s)	6.4	6.6	5.6

表 4.2-3 连云港外海深水-20m 重现期波要素

重现期	波要素	N	NNE	NE
25	H <sub>1/10</sub> (m)	6.08	5.89	5.77
	H <sub>13%</sub> (m)	4.97	4.81	4.71
	T(s)	8.59	8.54	8.52
2	H <sub>1/10</sub> (m)	4.19	4.16	4.03
	H <sub>13%</sub> (m)	3.41	3.38	3.27
	T(s)	7.37	7.36	7.29

表 4.2-4 连云港外海深水-20m 重现期波高验证(H<sub>13%,m</sub>)

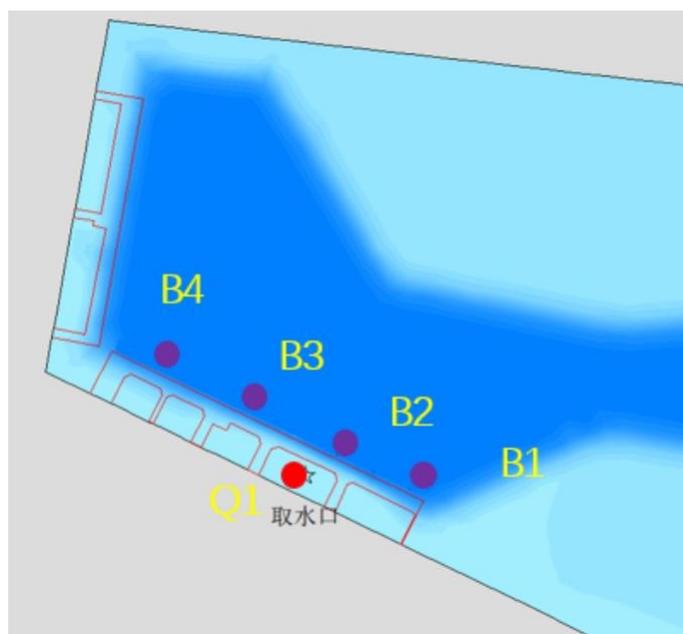
重现期	波要素	N	NNE	NE
25	模型计算值	4.98	4.82	4.71
	分析值	4.97	4.81	4.71
	相对误差	0.20%	0.10%	0.08%
2	模型计算值	3.42	3.38	3.27
	分析值	3.41	3.38	3.27
	相对误差	0.18%	0.09%	0.12%

关于近岸波浪场计算、港区波浪数学模型、数值解法、港区绕射波浪场计算及小风区风成浪等数模计算内容详见专题报告《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》。

## 4.2.2 计算结果

### 4.2.2.1 计算特征点布置

为具体统计取水口和工程周边泊位波高情况，在工程区布置计算点见图 4.2-6，其中 Q1 为取水口，水深为理论基面-0.6m 左右；B1~B4 为取水口附近泊位，水深为-13.3m；B5~B6 为排水口附近泊位，水深为-0.9m。



(a)取水口



(b)排水口

图 4.2-6 计算特征点布置

### 4.2.2.2 取水口设计波要素

表 4.2-5 统计了各重现期和水位组合下，取水口位置各向绕射浪和小风区风浪  $H_{13\%}$  波高。

由表可见，受防波堤和港内陆域的掩护，外海波浪从口门传入港内传播至取水口位置的绕射浪较小，小风区风成浪相对较大。极端高水位 25 年一遇各向波浪下，取水口位置绕射浪  $H_{13\%}$  波高最大为 0.38m，而小风区风浪为 1.44m。

根据《港口与航道水文规范》规定，对港域风区长度超过 1km 时，同时考虑绕射波与局部风浪的合成。

表 4.2-6 统计了各重现期和水位组合下，取水口位置设计波要素情况。经统计，取水口位置波要素情况为：

25 年一遇各向波浪下，极端高水位、设计高水位、设计低水位取水口位置最大  $H_{1\%}$  波高分别为 2.05m、1.98m、0.65m。

2 年一遇各向波浪下，设计高水位、设计低水位取水口位置最大  $H_{4\%}$  波高分别为 1.04m、0.59m。

表 4.2-5 取水口  $H_{13\%}$  波高统计（单位：m）

重现期	水位	绕射浪			小风区风浪				
		N	NNE	NE	N	NNE	NE	ENE	E
2 年一遇	设计高	0.25	0.23	0.12	0.60	0.72	0.84	0.84	0.81
	设计低	0.18	0.15	0.08	0.48	0.50	0.50	0.50	0.49
25 年一遇	极端高	0.38	0.34	0.17	0.89	1.04	1.25	1.43	1.44
	设计高	0.36	0.32	0.16	0.88	1.02	1.23	1.40	1.42
	设计低	0.20	0.18	0.09	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53

表 4.2-6 取水口设计波要素统计（单位：m）

方向	重现期	水位	$H_{1\%}(m)$	$H_{4\%}(m)$	$H_{5\%}(m)$	$H_{13\%}(m)$	$H_m(m)$	$T_m(s)$	$L(m)$
E	2a	设计高	1.18	1.00	0.97	0.81	0.52	3.9	22
		设计低	0.64	0.57	0.56	0.49	0.34	3.9	12
	25a	极端高	2.05	1.76	1.70	1.44	0.93	4.8	32
		设计高	1.98	1.71	1.66	1.42	0.92	4.8	30
		设计低	0.65	0.61	0.60	0.53	0.37	4.8	15
ENE	2a	设计高	1.21	1.03	0.99	0.84	0.53	4.0	23
		设计低	0.65	0.58	0.56	0.50	0.34	4.0	13
	25a	极端高	2.02	1.74	1.68	1.43	0.92	4.9	33
		设计高	1.96	1.69	1.64	1.40	0.91	4.9	31
		设计低	0.65	0.61	0.60	0.53	0.37	4.9	15
NE	2a	设计高	1.22	1.04	1.01	0.85	0.54	7.3	52

		设计低	0.65	0.59	0.58	0.51	0.35	7.3	24
	25a	极端高	1.80	1.54	1.49	1.26	0.81	8.5	66
		设计高	1.75	1.50	1.46	1.24	0.80	8.5	62
		设计低	0.65	0.62	0.60	0.53	0.37	8.5	28
NNE	2a	设计高	1.09	0.93	0.90	0.75	0.48	7.4	52
		设计低	0.65	0.60	0.59	0.52	0.36	7.4	24
	25a	极端高	1.57	1.34	1.30	1.09	0.70	8.5	67
		设计高	1.53	1.31	1.27	1.07	0.69	8.5	62
		设计低	0.65	0.64	0.62	0.55	0.39	8.5	28
N	2a	设计高	0.94	0.80	0.77	0.65	0.41	7.4	52
		设计低	0.65	0.60	0.58	0.51	0.36	7.4	24
	25a	极端高	1.39	1.19	1.15	0.96	0.61	8.6	67
		设计高	1.37	1.17	1.13	0.95	0.61	8.6	62
		设计低	0.65	0.64	0.62	0.55	0.39	8.6	28

#### 4.2.3对船舶通航和港内泊稳影响分析比选

本工程区泊位按10万吨通用泊位设计,设计代表船型:按10万吨散货船考虑。

根据《海港总体设计规范》规定10万吨通用泊位按散货船考虑装卸作业的允许波高见表 4.2-7。

设计高水位重现期2年一遇波浪作用下,工程区各泊位处的各向 $H_{4\%}$ 波高见表 4.2-8。结合船舶允许作业波浪标准,除B1位置卸船时不满足泊稳条件,设计高水位重现期2年一遇波浪作用下,各泊位的波高基本满足10万吨散货船装卸作业泊稳条件。

为具体估计各泊位受波浪影响损失作业天数,首先依据徐圩海洋站2010.7~2011.6波浪波高分频分级统计数据,再根据波浪数学模型计算的工程海域波高分布中徐圩海洋站与泊位各计算点位置的波高关系,作为计算依据,对各泊位船舶装卸作业受波浪影响的损失作业天数进行统计,统计结果见表 4.2-9。经统计:

按照徐圩港区一、二港池自然条件,按装船作业标准考虑泊位受波浪影响作业天数,取水口附近在1~3天;排水口附近在5天左右。按卸船作业标准考虑,取水口附近泊位为2~5天。排水口附近为11天左右。

表 4.2-7 各计算点对应设计船型和允许作业波浪标准

主要设计船型	允许波高 $H_{4\%}$ (m)		允许周期 $T_{mean}$ (s)
	顺浪	横浪	
10 万 DWT 散货箱 (装)	1.5	1.2	8
10 万 DWT 散货箱 (卸)	1.2	1	8

表 4.2-8 设计高水位重现期 2 年一遇各向浪作用下泊位处  $H_{4\%}$  波高统计

计算点 \ 方向	N	NNE	NE	ENE	E
B1	0.93	1.01	1.07	1.04	1.02
B2	0.81	0.91	1.00	0.98	1.00
B3	0.75	0.83	0.94	0.95	0.96
B4	0.67	0.76	0.87	0.90	0.93
B5	1.52	1.33	1.05	0.71	0.52
B6	1.47	1.28	0.97	0.69	0.50
徐圩海洋站	3.51	3.44	3.09	2.80	2.67

表 4.2-9 码头各点受波浪影响年损失作业天数统计

位置	损失天数 (天)	
	装	卸
B1	2.2	4.8
B2	1.2	4.4
B3	0.2	2.7
B4	0.1	2.1
B5	4.6	11.7
B6	4.4	10.7

从泊稳看,设计高水位重现期 2 年一遇波浪作用下,各泊位的波高基本满足 10 万吨散货船装卸作业泊稳条件。本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方,因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳造成影响。综上所述,从泊稳看取排水口设置在港池沿岸具有可行性。

同时,通过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》综合论证,连云港市一带一路海水综合利用项目有利于缓解徐圩港区用水需求,促进经济的发展,工程建设施工力量、供水、供电等外部配套条件良好,取排水口建设海域使用符合江苏省海洋功能区划要求,位于港口区,避开渔业养殖等,对环境的影响小。

但本工程建设会对所在水域的通航环境和通航安全有一定的影响。建设单位应充分认识到通航环境和安全生产的关系,投入必要的物力和配套设施,与当地海事主管机关进行充分的协调和联系,共同加强对工程及其附近水域的安全管理。

通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志,并采取本报告提出的一系列安全保障和维护措施后,其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除。

从通航安全的角度出发,经过综合影响论证分析,在解决好本工程的相关问题,处理好本工程与附近水域通航环境之间存在的相互影响后,连云港市一带一路海水综合利用项目是可行的。

## 5 拟选取排水口方案水体环境分析比选

### 5.1 盐度及温度扩散能力

#### 5.1.1 预测模型

温度扩散的二维数学模型，其基本原理为二维对流扩散方程，其形式为：

$$\frac{\partial(h\bar{T})}{\partial t} + \frac{\partial(h\bar{u}\bar{T})}{\partial x} + \frac{\partial(h\bar{v}\bar{T})}{\partial y} = hF_T + h\hat{H} + hT_s S$$

其中： $\bar{T}$ 为垂线平均温度； $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 为垂线平均流速； $T_s$ 为点源处的温度； $S$ 为点源流量； $\hat{H}$ 为与空气换热引起的源项。 $F_T$ 为水平扩散项，可由下式计算求得：

$$F_T = \frac{\partial}{\partial x}(D_h \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_h \frac{\partial T}{\partial y})$$

式中： $D_h$ 为水平扩散系数，与涡粘系数有关， $D_h = \frac{\nu_h}{\sigma_T}$ ，其中 $\sigma_T$ 为Prandtl数，取为1.0。

盐度输运方程为：

$$\frac{\partial h\bar{s}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{s}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{s}}{\partial y} = hF_s + hS_s S$$

其中， $\bar{s}$ 为垂线平均的盐度， $F_s$ 为水平扩散项。其他变量与潮流控制方程中相同。

#### 5.1.2 盐度及温度扩散情况

##### 5.1.2.1 计算潮型的选取及源强的确定

###### (1) 计算潮汐选取

本章采用2018年9月连续潮作为计算潮型，模拟了现阶段情况下工程海域的盐度及盐度扩散情况，给出了盐度及温度扩散包络。

###### (2) 温度和盐度源强确定

本计算源强分冬、夏季两种。其中，夏季排水量略大，冬季排水浓度略高。具体源强计算如下：

① 夏季

背景温度 28°C，盐度 32‰；温排水设计温升：10°C。

浓盐水设计：水量为 20 万吨/天，出水温度 28°C；盐度 51.222‰；Cl 27551mg/L。夏季最终工况为：

- 1) 取水水量 112 万吨/天；
- 2) 排水水量：100 万吨/天；其中 20 万吨为浓盐水，80 万吨为冷却水。
- 3) 混合后排放水温： $(80 \times 38 + 20 \times 28) / (80 + 20) = 36^\circ\text{C}$ ，排水口温升 8°C。
- 4) 混合后排放浓度：盐度  $(80 \times 32 + 20 \times 51.222) / (80 + 20) = 35.8444\%$ 。

② 冬季

背景温度 0°C，盐度 32‰；温排水设计温升：10°C。

浓盐水设计：水量为 20 万吨/天，出水温度 10°C；盐度 51.222‰；Cl 27551mg/L。冬季最终工况为：

- 1) 取水水量：80 万吨/天
- 2) 排水水量：68 万吨/天；其中 20 万吨为浓盐水，48 万吨为冷却水。
- 3) 混合后排放水温： $(48 \times 10 + 20 \times 10) / (48 + 20) = 10^\circ\text{C}$ ，排水口温升 10°C。
- 4) 混合后排放浓度：盐度  $(48 \times 32 + 20 \times 51.222) / (48 + 20) = 37.65353\%$ ；

**5.1.2.2 温升扩散情况**

工况 1、2、8 和 9 的排水口 1#和 6#点位于三类环境功能区，造成海水的温升不超过当时当地 4°C；同时 1#排水口设置在徐圩港区西防波堤外海湾沿岸，6#排水口设置在徐圩港区三港池西防波堤外侧，允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。因此，工况 1 和 2 温升不超过当时当地 4°C 且允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。

工况 3、4 和 5 的排水口位于四类环境功能区，造成海水的温升不超过当时当地 4°C；同时 2#、3#和 4#排水口设置在徐圩港区内海湾沿岸，允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。因此，工况 3、4 和 5 温升不超过当时当地 4°C 且允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。

工况 6 和 7 的排水口 5#位于二类环境功能区，因此造成海水的温升不超过当时当地 1°C；同时排水口 5#设置在徐圩港区东防波堤外开敞海域沿岸，允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。因此，工况 6 和 7 温升不超过当时当地 1°C 且允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。

### (1) 现状布局

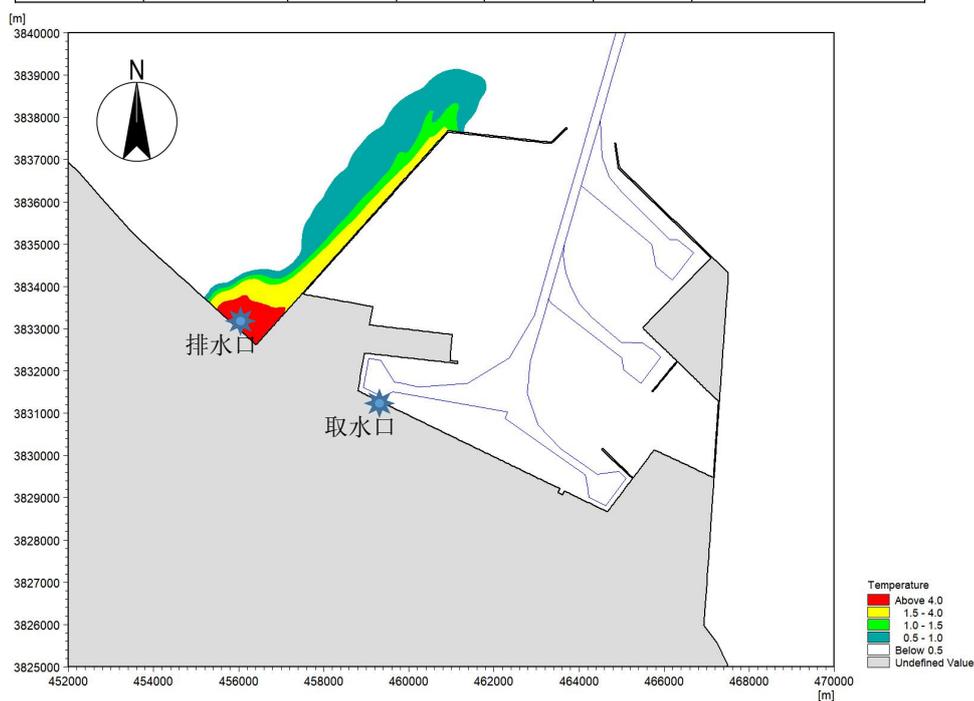
温升影响分布见图 5.1-1，各区温升范围统计见表 5.1-1。由图、表可知：

1) 不同排水位置，由于水流流态及流速区别较大，同时水深也有较大差别，造成不同排水位置，排水影响范围差别较大。

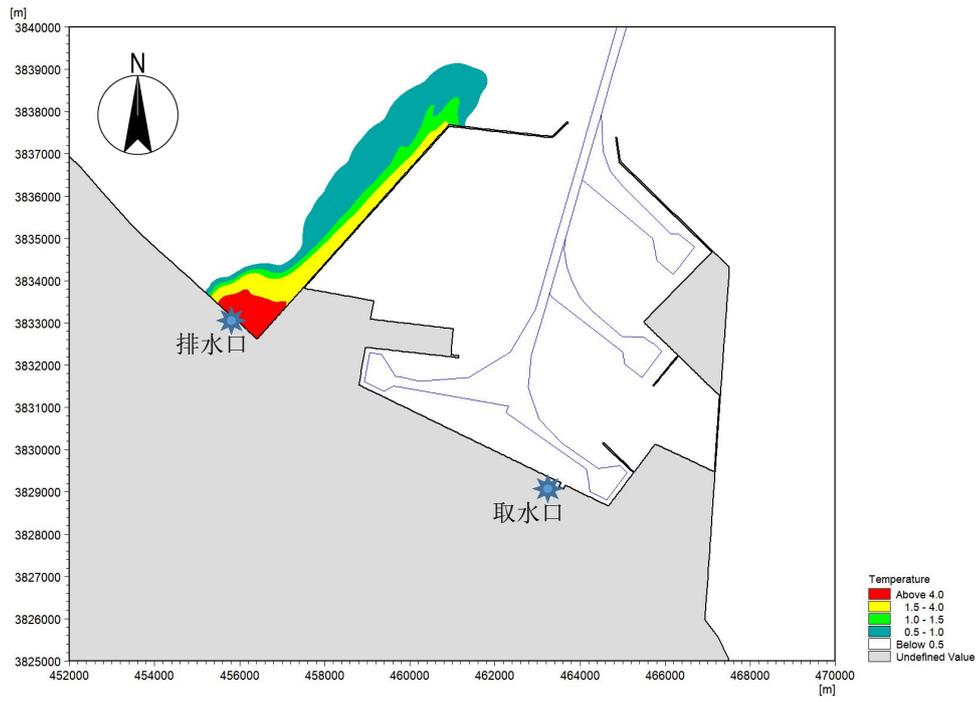
2) 从温升控制要求看，工况 3 满足排水温控要求。

表 5.1-1 温升影响范围统计

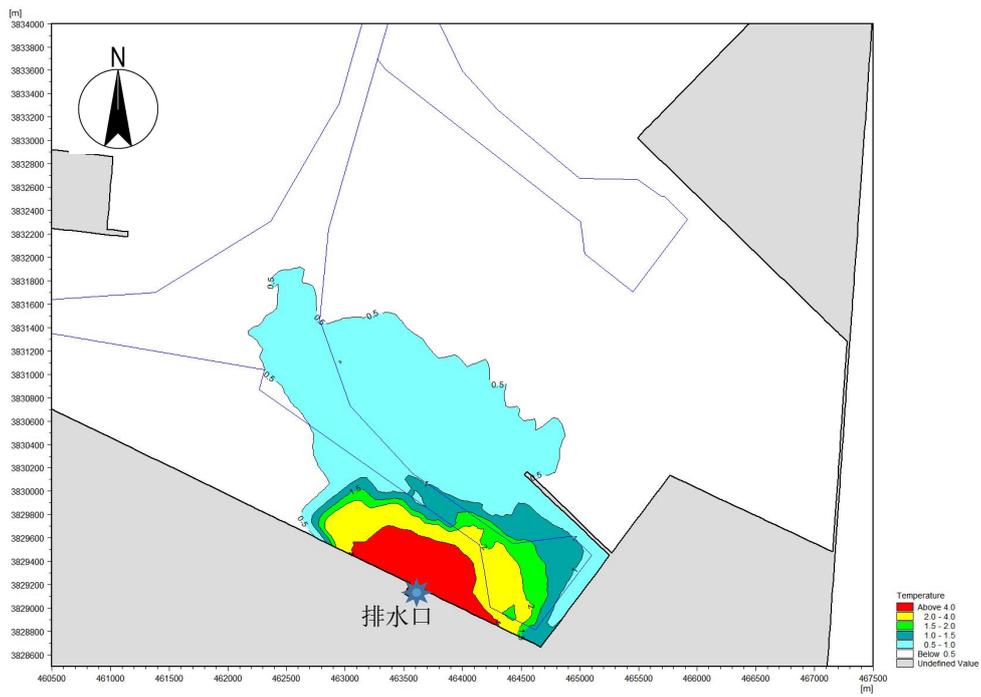
	方案	温度 (°C)				允许混合区范围 (km <sup>2</sup> )
		>0.5°C	>1°C	>1.5°C	>4°C	
影响范围 (km <sup>2</sup> )	工况 1	9.84	4.58	3.11	<b>0.89</b>	0.48
	工况 2	9.84	4.58	3.11	<b>0.89</b>	0.48
	工况 3	4.91	1.79	1.27	<b>0.47</b>	0.48
	工况 4	3.81	2.74	1.75	<b>0.64</b>	0.48
	工况 5	7.20	4.12	2.64	<b>0.91</b>	0.48
	工况 6	10.42	<b>4.42</b>	2.66	0.65	3
	工况 7	10.42	<b>4.42</b>	2.66	0.65	3
	工况 8	9.65	6.10	3.08	<b>0.69</b>	0.48
	工况 9	9.65	6.10	3.08	<b>0.69</b>	0.48



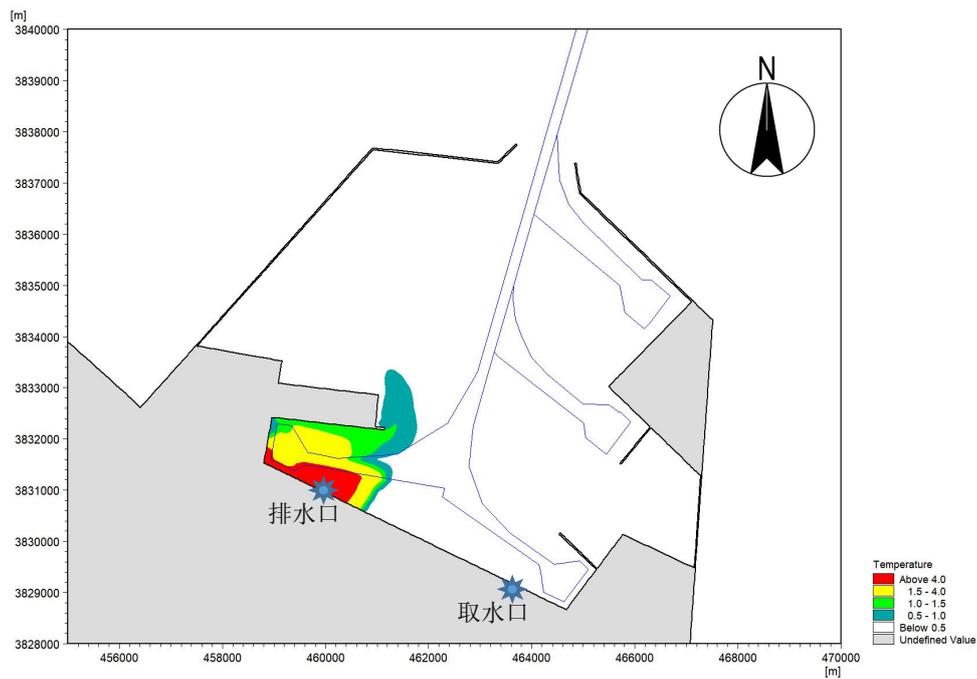
(a) 工况 1



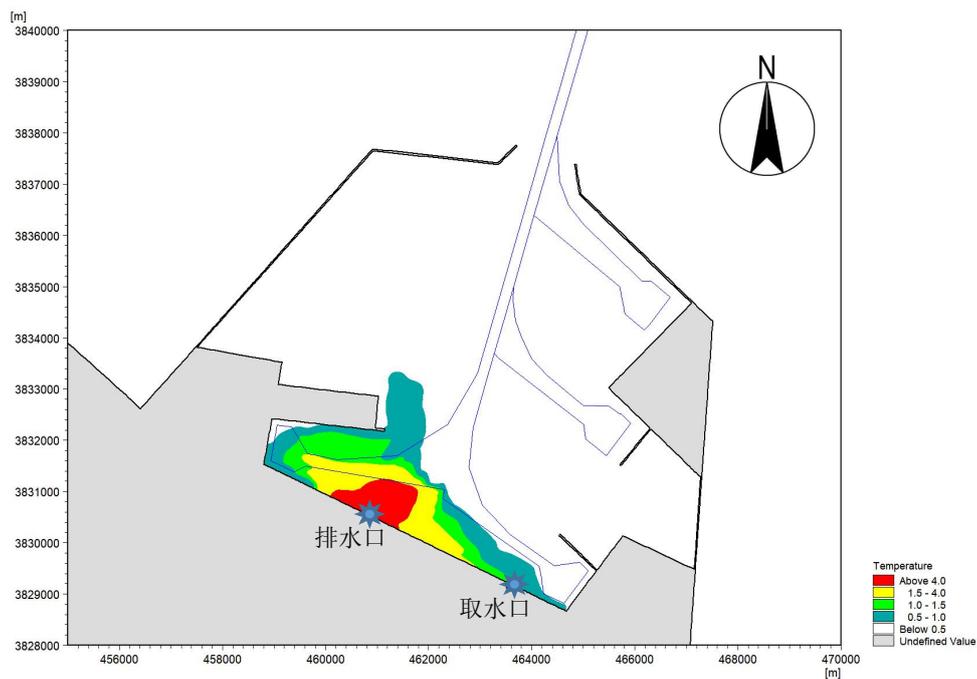
(b) 工况 2



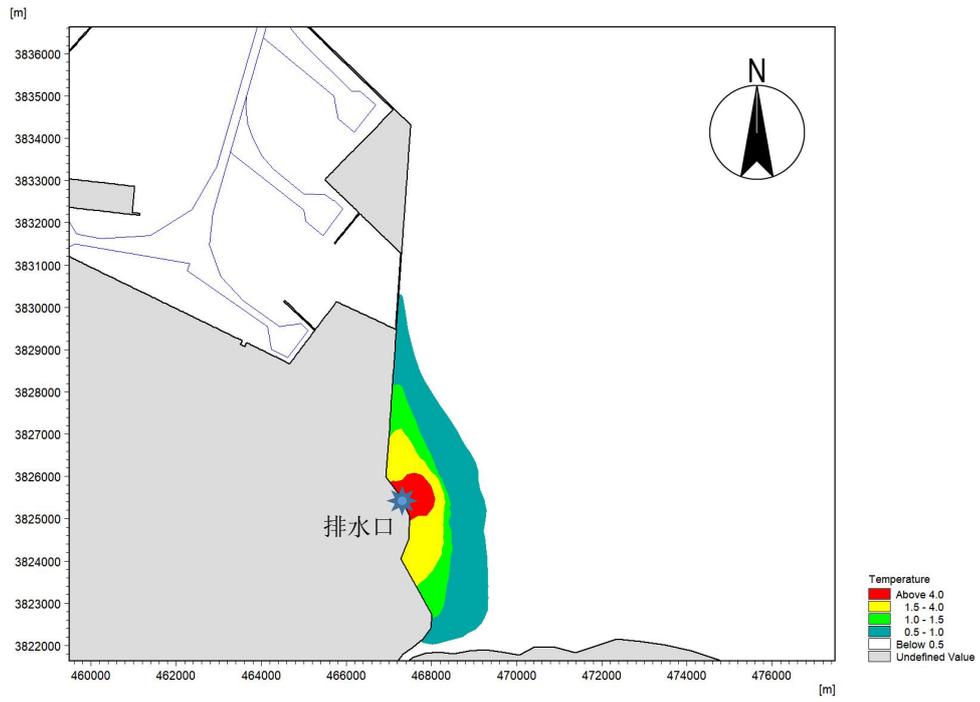
(c) 工况 3



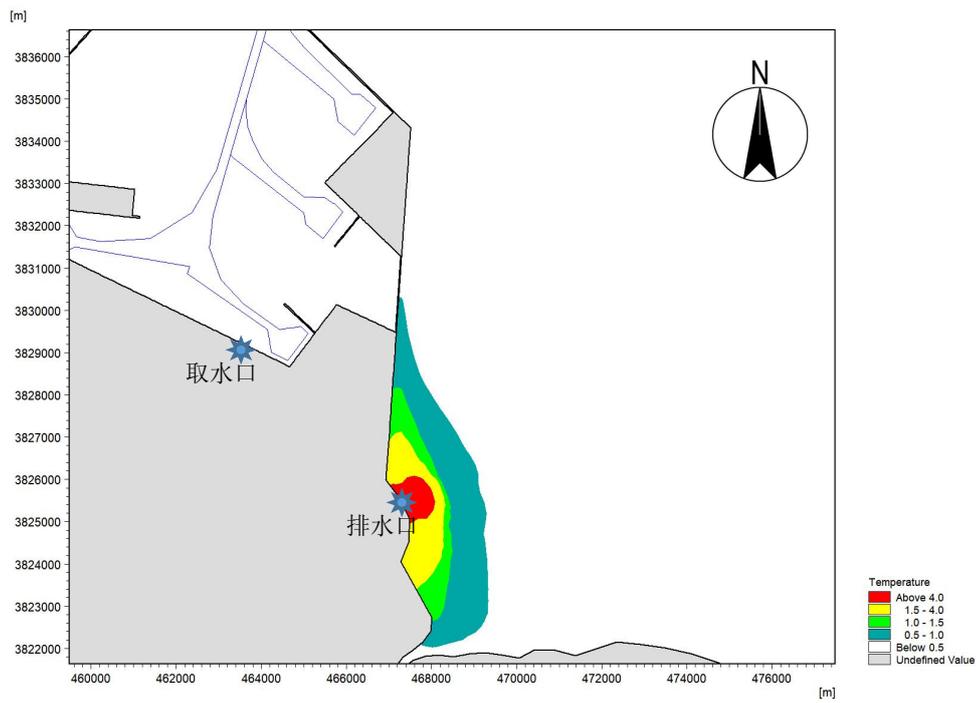
(d) 工况 4



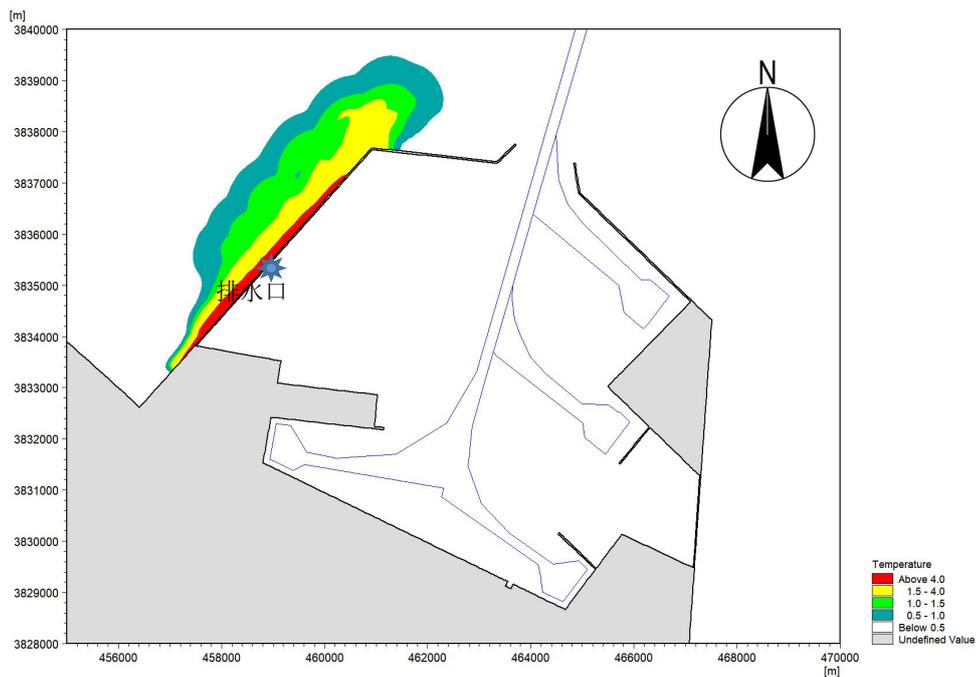
(e) 工况 5



(f) 工况 6



(g) 工况 7



(g) 工况 8



(g) 工况 9

图 5.1-1 现状布局温升范围（夏季）

## (2) 总规布局

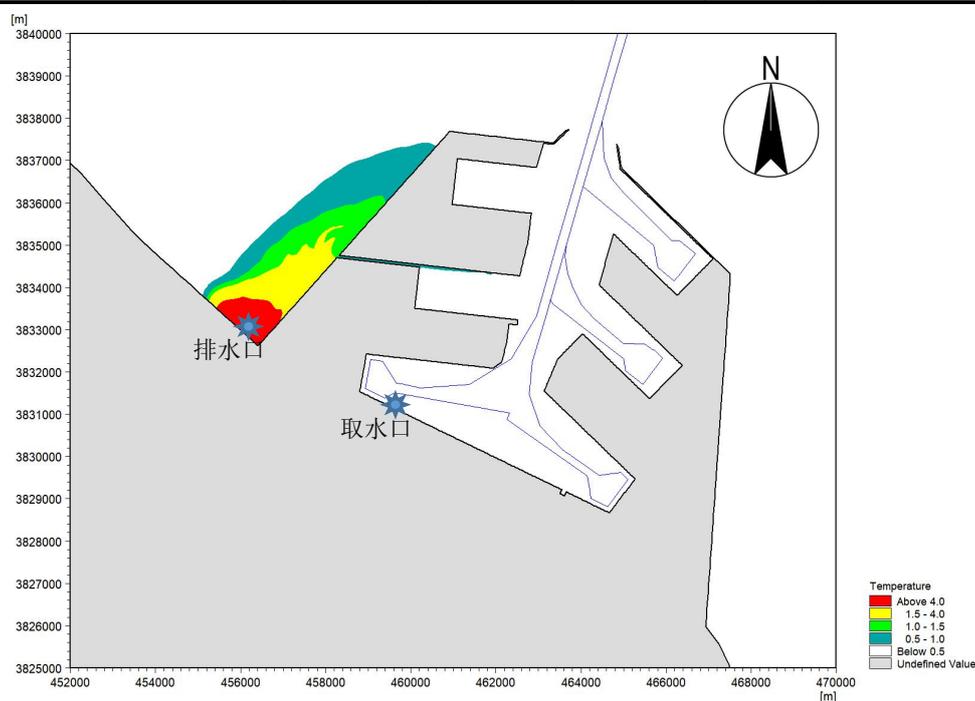
根据生态环境部《关于连云港港徐圩港区 30 万吨级原油码头工程环境影响报告书的批复》（环审〔2022〕159 号），要求在徐圩港区西防波堤规划三港池根部建设宽 60 米明渠过水通道工程，确保港池水体有效交换。因此考虑三港池

建设明渠过水通道工程可能水体交换条件较好，分别选取对港区西侧排水方案、港内排水方案、港区东侧排水方案和三港池西侧堤外排水四种方案进行总规布局调整后的温度扩散预测。温升影响分布见图 5.1-2，各区温升范围统计见表 5.1-2。不同排水位置，由于水流流态及流速区别较大，同时水深也有较大差别，造成不同排水位置，排水影响范围差别较大。

根据计算结果，从温升控制要求看，港内排水工况 3 和三港池西侧堤外排水工况 8 和 9 均满足排水温控要求。

表 5.1-2 温升影响范围统计

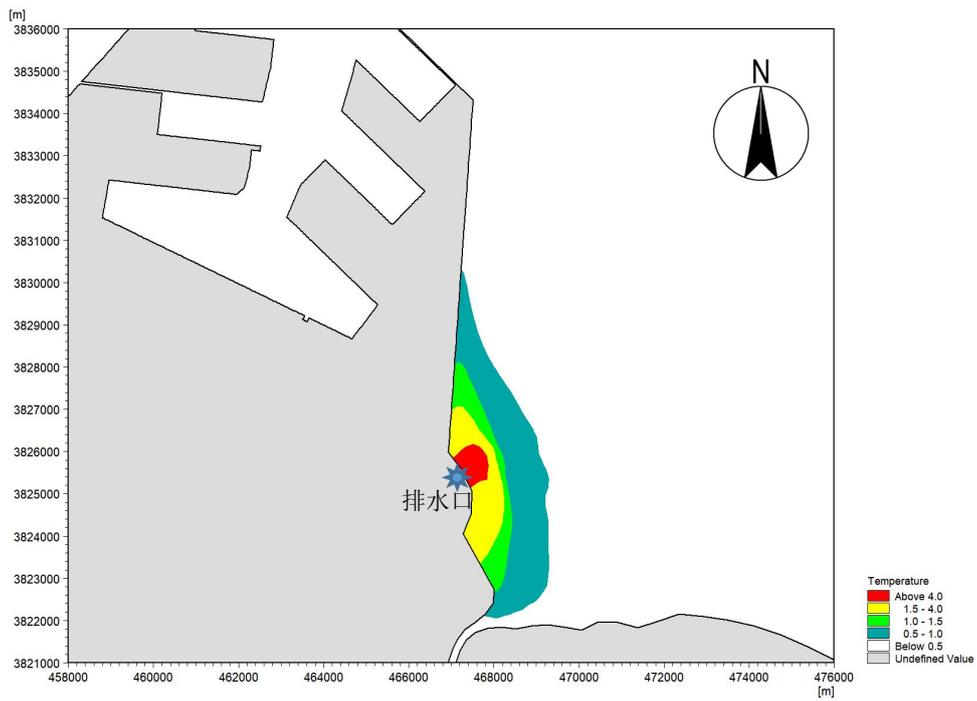
温度 (°C)		>0.5°C	>1°C	>1.5°C	>4°C	允许混合区范围 (km <sup>2</sup> )
影响范围 (km <sup>2</sup> )	工况 1、2 港区西侧排水	8.65	5.18	3.13	1.02	0.48
	工况 3 港内排水	3.88	2.38	1.93	<b>0.478</b>	<b>0.48</b>
	工况 6、7 港区东侧排水	10.45	4.30	2.64	0.55	3
	工况 8、9 三港池西侧堤外排水	7.33	3.14	1.24	<b>0.08</b>	<b>0.48</b>



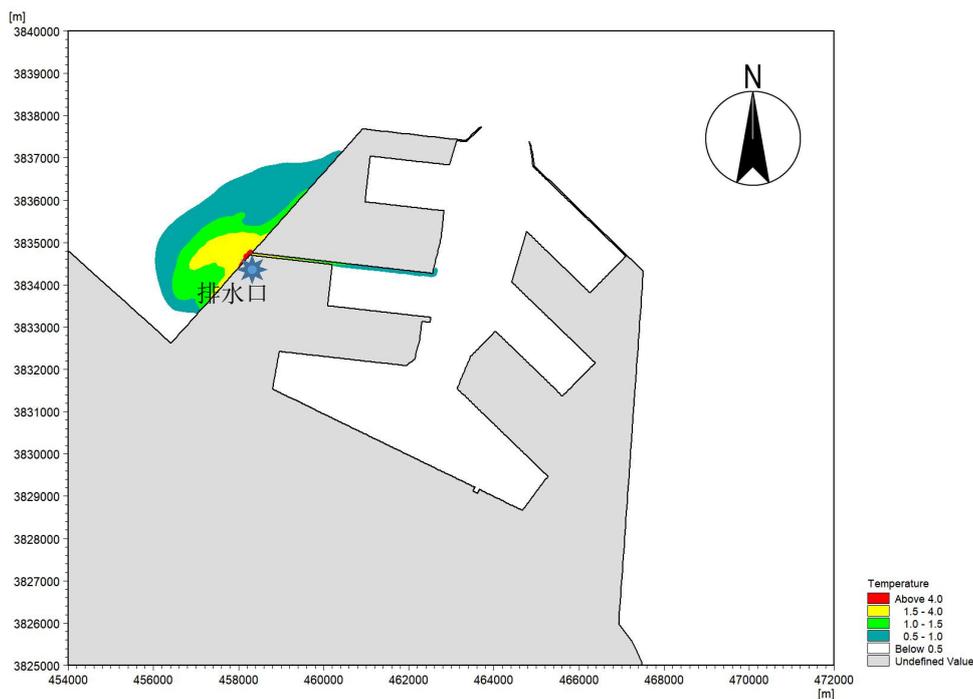
(a) 港区西侧排水方案



(b)港内排水方案



(c)港区东侧排水方案



(d)三港池西侧堤外排水方案

图 5.1-2 总规布局温升范围（夏季）

### 5.1.2.3 盐度扩散情况

扩散分布见图 5.1-3，各浓度扩散范围统计见表 5.1-3。由图、表可知：

- 1) 从季节变化看，冬、夏季盐度扩散影响范围无明显区别；
- 2) 由于夏季排水量大，最终夏季总体影响范围略大于冬季。但冬季排水盐度值高于夏季，造成排水口附近冬季盐度值略高；

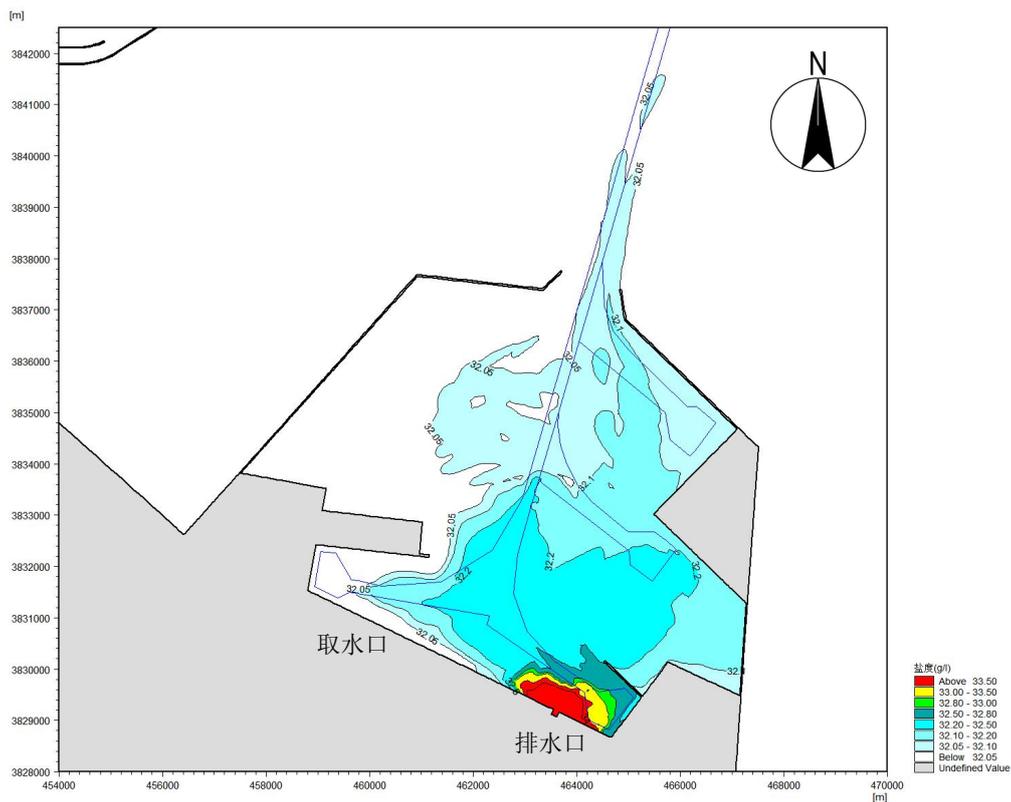
盐度增加大于 0.5g/L 的影响范围，夏季在 2.26km<sup>2</sup>，冬季在 2.23km<sup>2</sup> 左右；增加大于 2% 的影响范围，夏季在 0.47km<sup>2</sup>，冬季在 0.52km<sup>2</sup> 左右；

3) 冬、夏季，取水口附近盐度增加幅度均不大。其盐度值在 32.1‰ 以内，增加量值在 0.1‰ 以内；

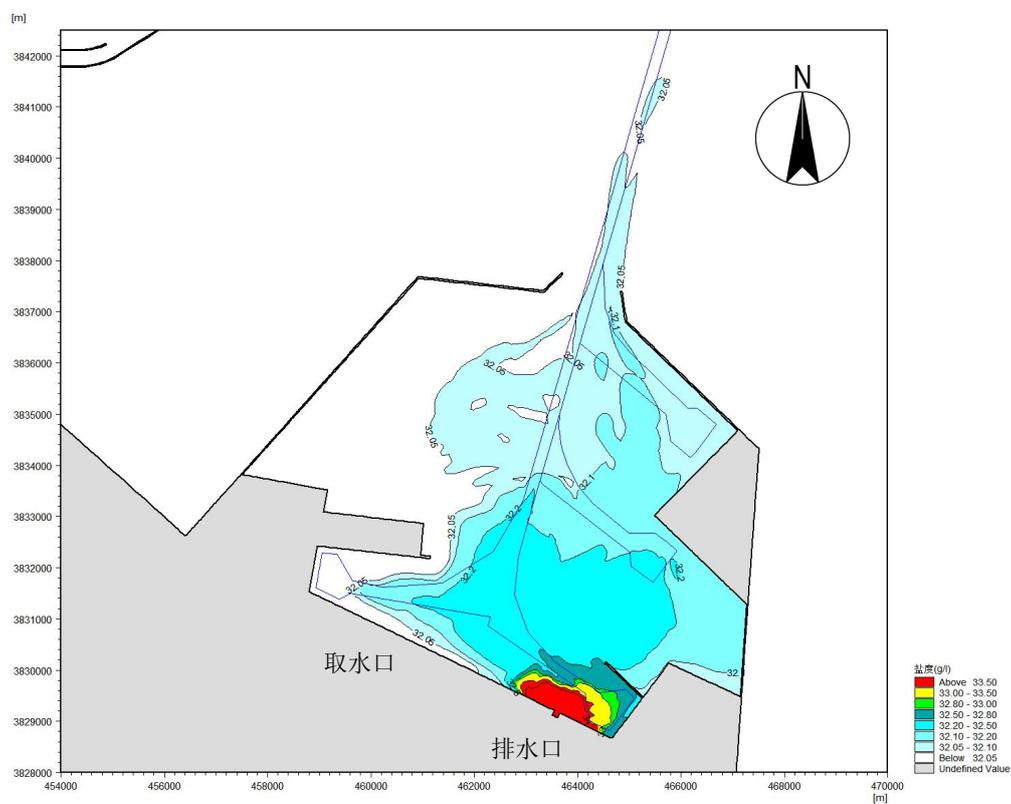
4) 从盐度扩散角度看，工况 3 取水口取水不受排水口盐度扩散分布的影响。

表 5.1-3 盐度各浓度扩散范围统计

浓度 (‰)		>32.1	>32.2	>32.5	>33	>33.5	>34	>35
浓度增量 (‰)		>0.1	>0.2	>0.5	>1	>1.5	>2	>3
影响范围 (km <sup>2</sup> )	夏季	23.43	12.56	2.26	1.07	0.66	0.47	0.20
	冬季	23.25	12.04	2.23	1.08	0.68	0.52	0.31



(a) 夏季



(b) 冬季

图 5.1-3 夏冬季盐度扩散范围

图 5.1-4 和图 5.1-5 分别给出了现状布局 and 总规布局下盐度扩散情况，由图可知：

(1) 两种情况下，盐度扩散分布规律基本一致；均表现为港内盐度高，随着远离港区，港外盐度逐渐降低；港外盐度主要向西侧及北侧扩散，对南侧区域影响较小。

(2) 港内高盐度水体主要集中在排水口所在的二港池区域；全周期内，取水口盐度一直小于 33‰。

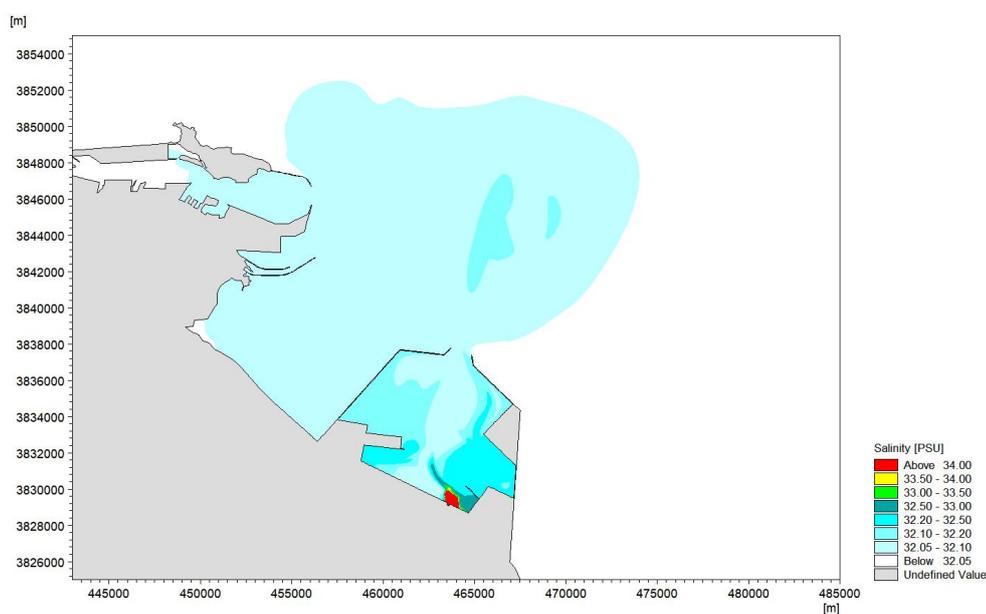


图 5.1-4 现状布局下盐度扩散情况

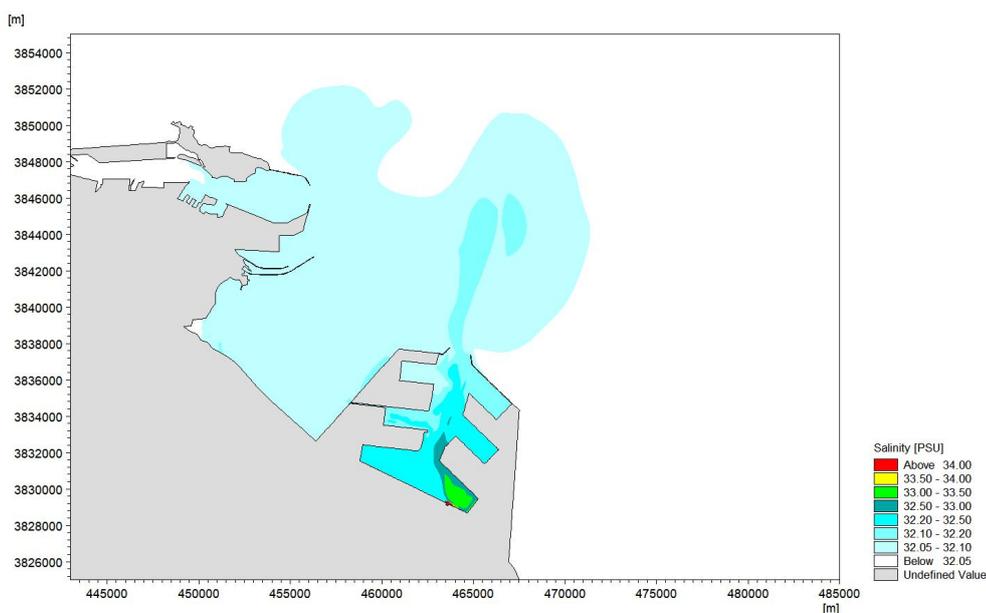


图 5.1-5 总规布局下盐度扩散情况

由于盐度不可降解，根据前期计算结果，随着时间的推移，港内盐度的增加

趋势也将逐渐变缓，采用线性和指数拟合后推算 25 年周期取水口浓度变化。由于港外排放时，港内取水口基本不受排放影响，因此未对港外排放的方案进行计算；港内排放时，计算了一年排放取水口盐度变化（见图 5.1-6），取取水口盐度浓度高点（见图 5.1-7）采用线性和指数拟合后推算 25 年周期取水口浓度变化。结果可知：

（1）采用线性拟合时取水口最大浓度增量较大，偏安全，故采用此法确定 25 年内取水口最大盐度。

（2）在 25 年内，取水口最大浓度增量在 2.3%，工程所在海域盐度分布在 25.25~30.55‰之间，即工程实施后其取水口附近盐度分布在 27.55~32.75‰。

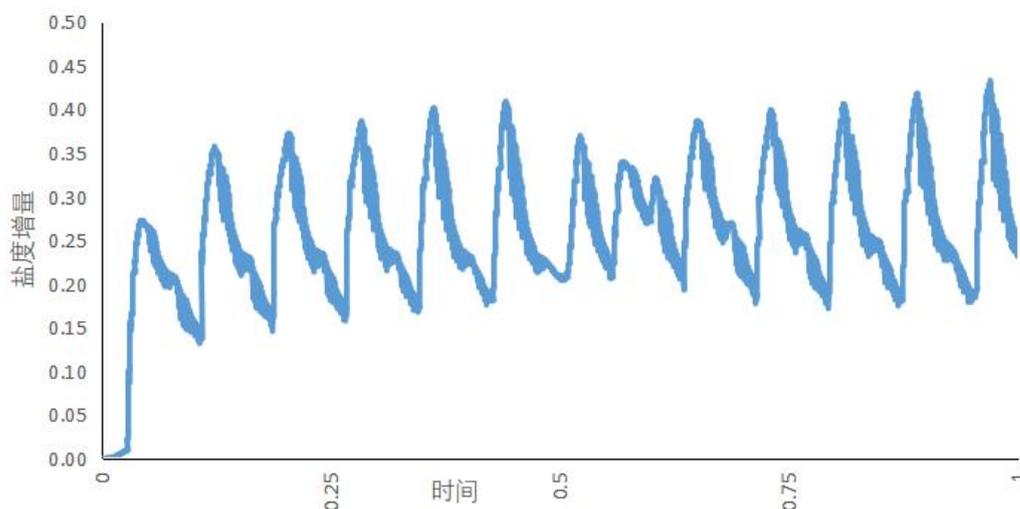


图 5.1-6 一年期取水口盐度变化

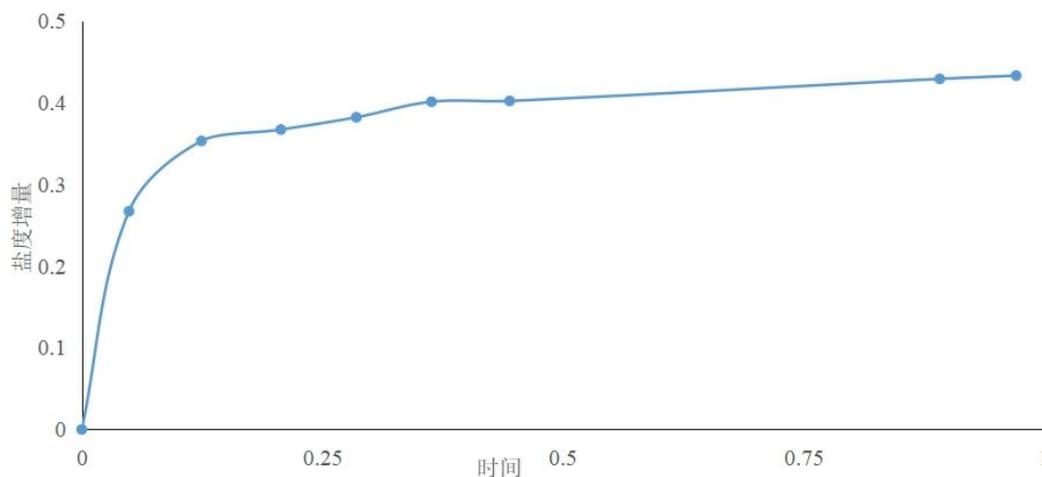


图 5.1-7 一年期取水口盐度高点连线

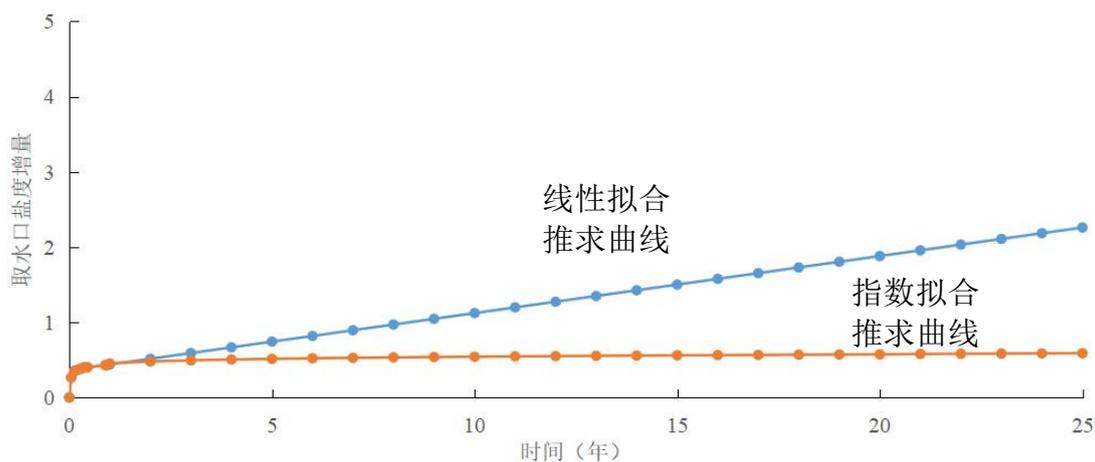


图 5.1-8 25 年期取水口盐度拟合曲线

## 5.2 余氯扩散能力

### 5.2.1 计算潮型选取

采用 2018 年 9 月连续潮作为计算潮型，模拟了现阶段情况下工程海域余氯扩散情况，给出了余氯扩散包络。

### 5.2.2 余氯扩散计算结果

余氯扩散影响分布见图 5.2-1~图 5.2-2，余氯扩散范围统计见表 5.2-1。由图、表可知：

(1) 从浓度看，各方案余氯扩散至港内后，西侧排放最大浓度基本在 0.08mg/L 以内；港内排放最大浓度基本在 0.06mg/L 以内；东侧排放最大浓度基本在 0.09mg/L 以内。

(2) 从季节变化看，由于夏季排水量大，冬季排水量小，造成夏季余氯扩散范围总体略大于冬季。

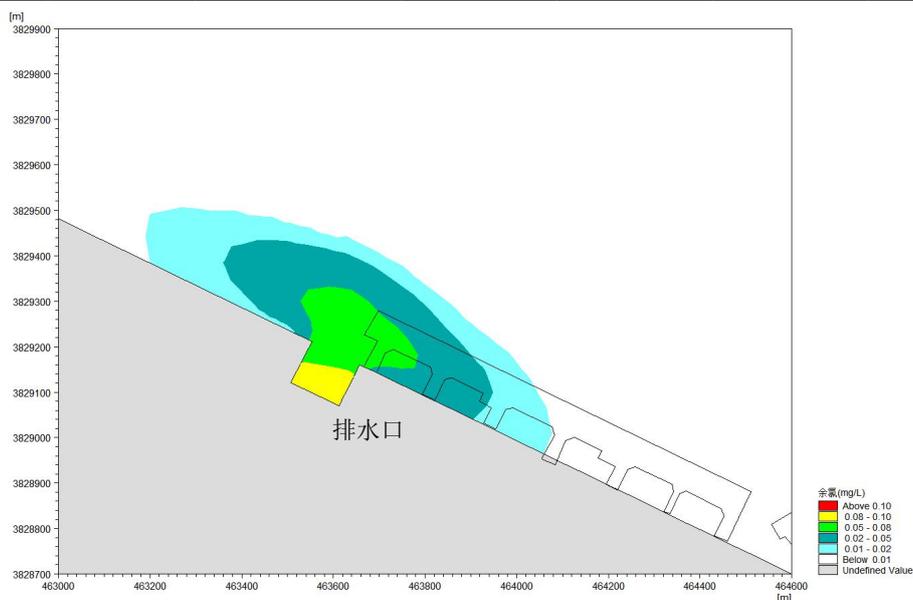
(3) 从影响范围看，各方案影响范围都集中在排水口附近。

现状布局下，防波堤未开口时，西侧排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.075km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.221km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.382km<sup>2</sup>；港内排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.016km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.038km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.059km<sup>2</sup>；东侧排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.280km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.661km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 1.181km<sup>2</sup>；

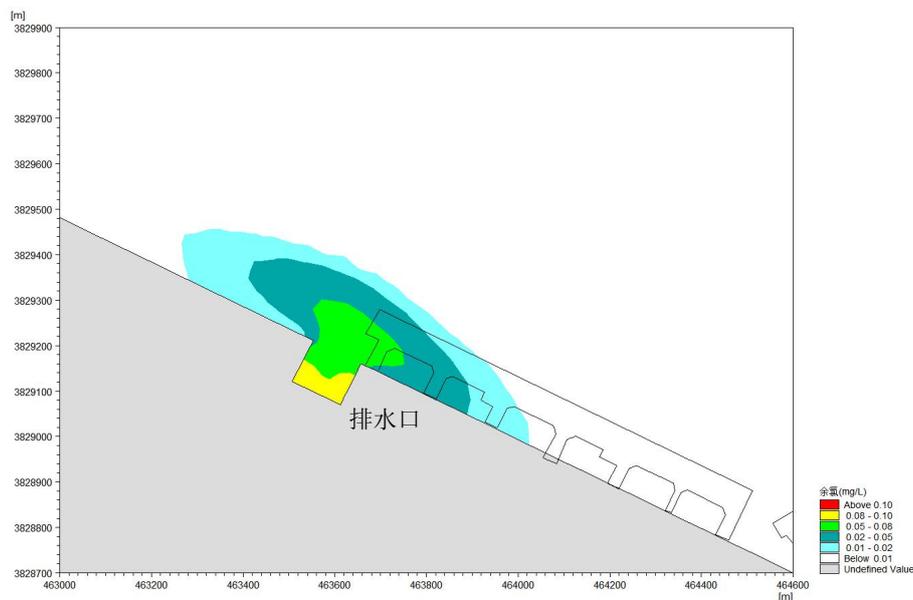
总规布局下，防波堤开口时，大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.010km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.064km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.211km<sup>2</sup>。

表 5.2-1 余氯扩散影响范围统计

布局	余氯 (mg/L)		>0.08mg/L	>0.05mg/L	>0.02mg/L	>0.01mg/L
现状布局	影响范围	西侧排放	/	0.075	0.221	0.382
		港内排放	/	0.016	0.038	0.059
		东侧排放	0.041	0.280	0.661	1.181
总规布局	(km <sup>2</sup> )	西侧大堤开口处排放	0.001	0.010	0.064	0.211

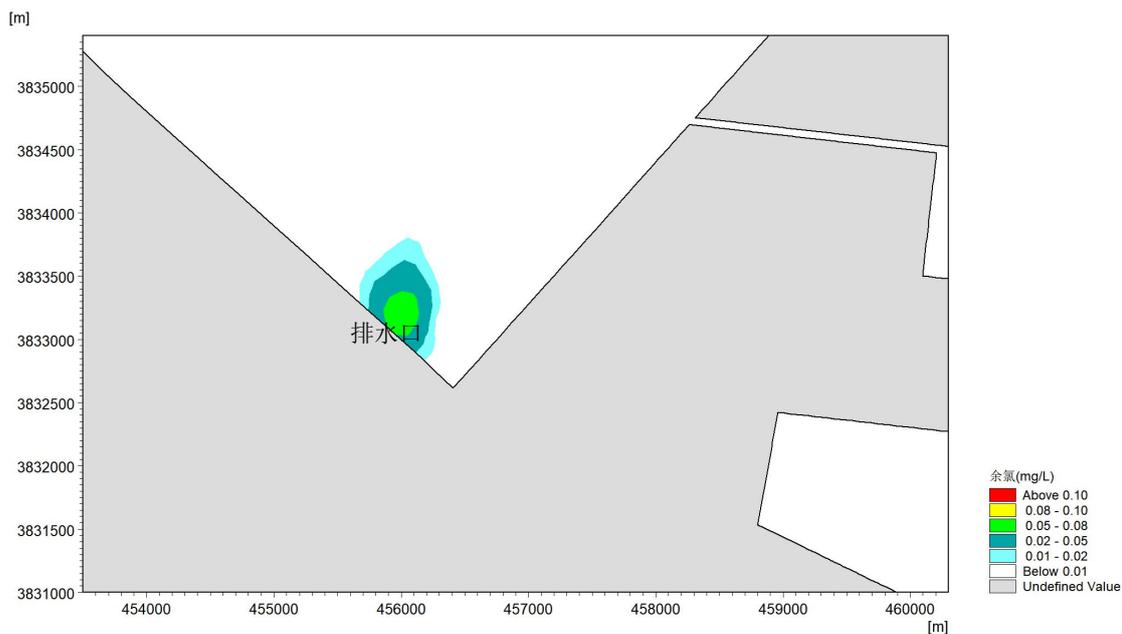


(a) 夏季

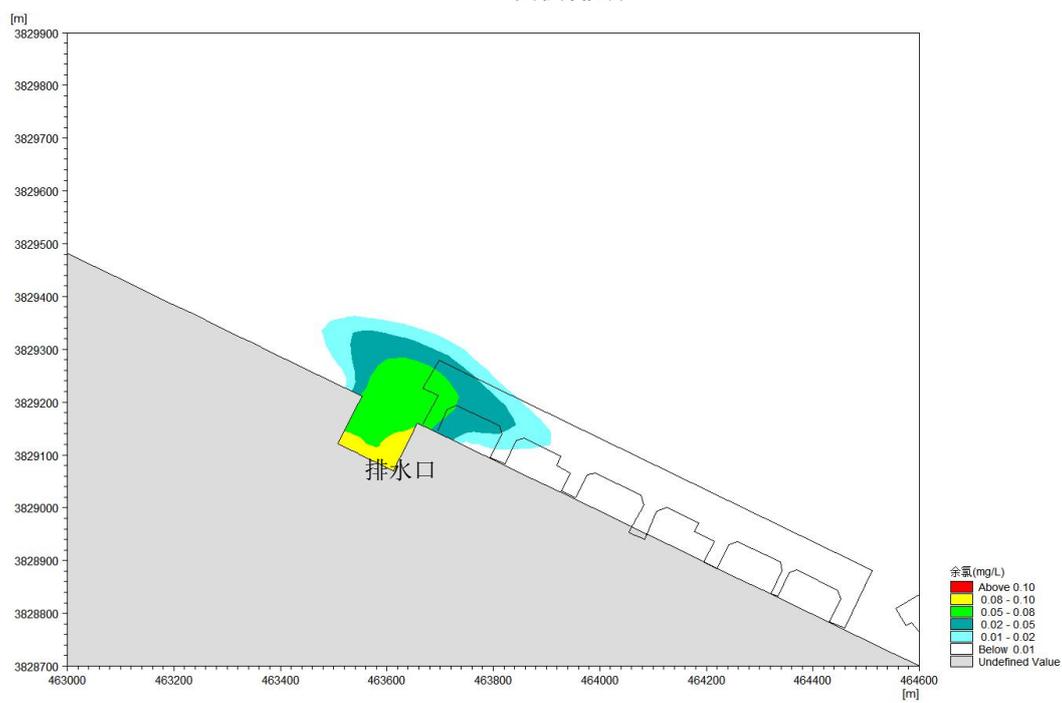


(b) 冬季

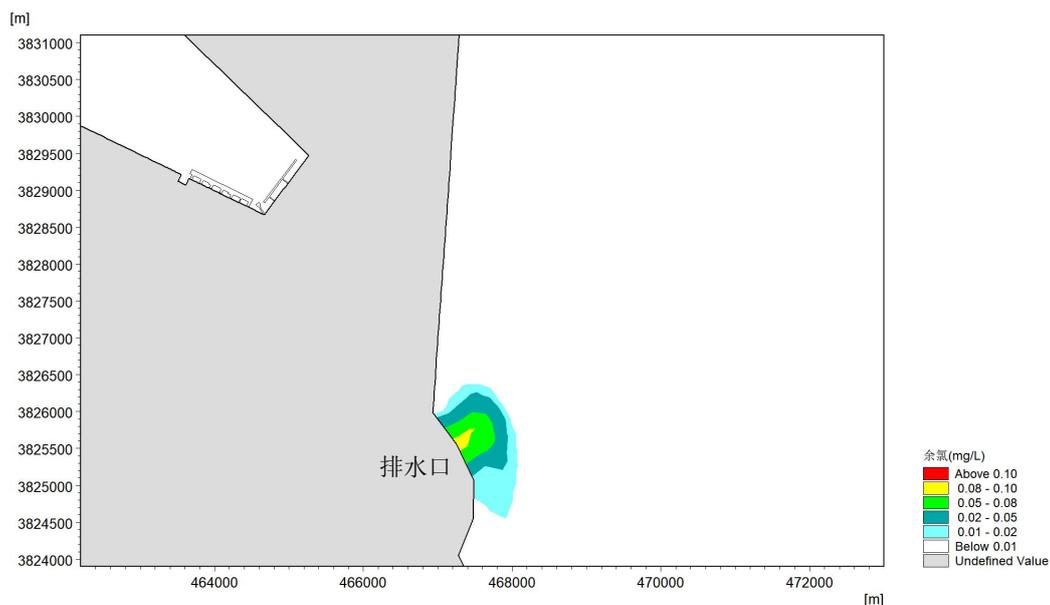
图 5.2-1 现状布局下夏冬季余氯扩散范围



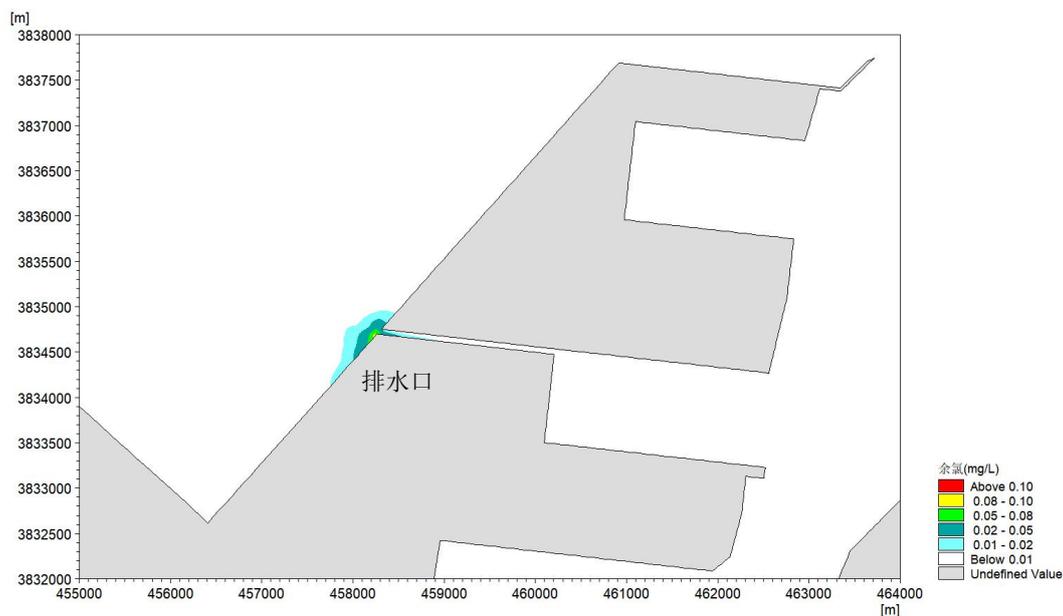
(a) 西侧排放



(b) 港内排放



(c) 东侧排放



(d) 西侧大堤开口处排放

图 5.2-2 总规布局下夏冬季余氯扩散范围

为防止海水中贝类、微生物在凝汽器和管路中附着、生成，造成设备的腐蚀和堵塞，导致热交换率降低，采用电解海水制次氯酸钠处理循环冷却水。为了防止海洋生物特别是浮游生物在冷却系统内壁附着生长，降低冷却效率，需要对冷却水适当作杀菌灭藻处理，因此每天需连续或间断地向循环冷却水中加氯。

余氯通常是指游离性氯（次氯酸  $\text{HClO}$ 、次氯酸根  $\text{ClO}^-$ ）及结合型氯（一氯胺  $\text{NH}_2\text{Cl}$ 、二氯胺  $\text{NHCl}_2$ ）的总和。含氯的冷却水排入海域后，余氯的浓度除因物理因素、海水对流扩散的稀释作用而减小外，还和其他因素有关，如和水中的

还原物质发生氧化还原反应及光作用下的次氯酸(HClO)的分解等,这种化学和光解作用均可使余氯浓度在水环境中随时间减小。

排放到海域中的余氯有两种存在形态:游离态余氯和化合态余氯。据严岩等(2005)对大亚湾核电站和岭澳核电站邻近海域余氯的调查结果,刚排出的冷却水中,游离态余氯占主要部分,化合态余氯所占比例不大。但随着冷却水排入邻近水体,游离态余氯不断地稀释、分解和挥发,其浓度迅速降低;同时,游离态余氯也会与水体中的氨反应,产生不同形态的化合态余氯。

含氯的冷却水排放入海域后,在海水的参混、对流及扩散下逐渐减小,除此之外余氯的化学性质不稳定,遇到还原性物质会发生氧化还原而分解,在光化学作用下也会分解。国外已有一些研究关于水温和 pH 值对余氯衰减的影响,次氯酸浓度随水温的升高略有下降而随 pH 值的升高明显下降,即 pH 值的影响大于水温的影响。

根据数学模型计算结果,温排口余氯<0.02mg/L 范围较小。温排水中余氯对受纳水域会造成影响,但由于在各种因素作用下余氯在水中衰减较快,因此对水环境的影响是有限的。可认为余氯在排出排水明渠后,由于遇光遇氧而迅速衰减,对海洋环境不会造成明显影响。

### 5.3排放口污染物扩散能力分析

计算中以温度和盐度为代表因子,预测分析不同排放口污染物的扩散情况,见表 5.3-1。

根据工程位置及海水类别,港区西侧排水 1#和 6#点在处于田湾,环境功能区是三类,按三类水质控制,温升 4℃范围不超 0.48km<sup>2</sup>;港区东侧 5#点位于埭子口开阔水域,环境功能区是二类,按二类水质控制,温升 1℃范围不超 3km<sup>2</sup>(夏季);港内 2#、3#和 4#点温升 4℃范围不超 0.48km<sup>2</sup>。

表 5.3-1 温升影响范围统计

时期	温度 (°C)					
		>0.5°C	>1°C	>1.5°C	>4°C	
现状	影响范围 (km <sup>2</sup> )	工况 1	9.84	4.58	3.11	0.89
		工况 2	9.84	4.58	3.11	0.89
		<b>工况 3</b>	4.91	1.79	1.27	<b>0.47</b>
		工况 4	3.81	2.74	1.75	0.64
		工况 5	7.20	4.12	2.64	0.91
		工况 6	10.42	4.42	2.66	0.65

		工况 7	10.42	4.42	2.66	0.65
		工况 8	9.65	6.10	3.08	0.69
		工况 9	9.65	6.10	3.08	0.69
总体规划	影响范围 (km <sup>2</sup> )	工况 1、2 港区西侧排水	8.65	5.18	3.13	1.02
		<b>工况 3 港内排水</b>	3.88	2.38	1.93	<b>0.478</b>
		工况 6、7 港区东侧排水	10.45	4.30	2.64	0.55
		<b>工况 8、9 三港池西侧堤 外排水</b>	7.33	3.14	1.24	<b>0.08</b>

不同排水位置，由于水流流态及流速区别较大，同时水深也有较大差别，造成不同排水位置，排水影响范围差别较大。从温升控制要求看，工况 3 现状及总体规划后均满足排水温控要求，工况 8 和 9 总体规划后满足排水温控要求，但现状情况下不满足，因此仅工况 3 满足各时期排水温控要求。且工况 3 从盐度扩散角度看，取水口取水不受排水口盐度扩散分布的影响。余氯在排出排水明渠后，由于遇光遇氧而迅速衰减，对海洋环境不会造成明显影响。

## 6 海洋生态环境影响分析

### 6.1 取水卷吸作用对海洋生物的影响

本工程在运营过程中需要取用海水。为除掉海水中挟带的沙石和大的水生生物等，取水系统设置了旋转滤网、拦污栅等设备。被抽取的海水在滤网和拦污栅的阻挡作用下，大的生物与网筛碰撞而被捕捞，能进入冷却系统的均为小型的浮游生物和浮性鱼卵、仔鱼。由于水泵急速抽取海水，致使水生生物产生机械碰撞损伤。卷载效应的危害主要是由三个因素综合作用而成的，即受高速水流的冲击碰撞、冷冲击和余氯的毒性。

#### (1) 对浮游生物的影响分析

东北师范大学环科所曾于 1987 年~1990 年间研究了青岛电厂的冷却水系统对浮游藻类的损伤程度，研究发现，卷载效应引起冷却水团中浮游藻类和浮游动物的机械损伤率分别为 12%~27%和 55%。冷却水排海后，大约经过 3d，浮游藻类可恢复原有的数量，而浮游动物的恢复期约 1d~6d。

据此分析，取水系统产生的卷载效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，会使取水团中浮游生物量有所减少，降低海洋初级生产力。但由于浮游生物的生殖周期短，繁殖快，其损伤后的恢复也较快，因此，卷载效应造成的损伤对海区浮游生物总量和种群结构等影响不大。

#### (2) 对鱼卵仔鱼的影响分析

根据东北师范大学环科所的现场实测结果，进入冷却水系统的梭鱼幼鱼(体长 25mm~40mm)的损伤率为 31.6%~46.3%，平均为 43.88%。国外有关报道认为，卷载效应造成幼鱼致死率与幼鱼的体长有关，两者呈负相关关系。鱼体长在 14mm~40mm 范围内，体长每增加 1mm，幼鱼因卷载而造成的死亡率减少约 3%；进入冷却水系统的鱼卵残废率为 40.7%，仔鱼的残废率为 43.8%。因此，取水过程对进入气化系统的鱼卵、仔鱼的影响是较大的。

考虑到本项目取水口位于一港池码头后方，由于港口作业以及航道船舶通航，该区域鱼类及生物量相对较低，因此取水的卷吸影响也是有限的。

### 6.2 温排水对海洋生态环境的影响

当温排水排入海域后，在水动力条件的作用下，经过扩散稀散热过程，温排

水水团的温度迅速下降，与此同时，环境水体水温则有不同程度增加，当环境水体水温增加超过海洋生物生长的适宜温度范围时，将可能导致海洋生物生长受到抑制或死亡，但如果环境水体水温增加仍在海洋生物生长的适温范围内，则会促进海洋生物生长和繁殖。

### (1) 对浮游生物的影响

根据国外有关的研究，水温升高 6~8℃时，在夏季仅引起浮游植物光合作用的活性减弱，这种现象并未破坏藻类的细胞，经过几小时后（不超过昼夜），浮游植物的光合作用就能恢复。对浮游动物而言，水体增温 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 时，多数情况下不会对其种群有不利影响，相反会促进其种类、数量及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性。这种情况在水温较低的春、冬、秋季更为明显。

根据数模预测，当温水经过排放口排放后，温水排水口附近水体有不同程度的升温现象。在其外海海域，由于潮流的扩散及交换作用，距离排放口越远，水体温度升高越小，但影响水域面积越大，经预测温升大于 1℃的最大影响范围约 6.10km<sup>2</sup>，但这样的低温升对于浮游生物可能有促进生长的作用，从而提高海域的生产力和物种的多样性。

### (2) 对鱼类的影响分析

鱼类是变温动物，其体温随环境的水温变化而变化。因此，水温对鱼类的各种生命活动过程有很大的影响。一般而言，在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟加快，生长加速。但是如果水温超过适温范围，将会抑制鱼类的新陈代谢和生长发育：如果超过其忍受限度，还将会导致死亡的危险。另一方面鱼类能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体，具有回避反应，这使许多鱼类进行远距离的适温回游。此外，水温的变化会影响鱼类的产卵，影响渔期的迟早、渔场的变动，影响渔获量。

Thohaug 等对美国佛罗里达 Bisayne 湾电厂的研究表明，环境水温达 32℃时，80 种鱼类中有一半的种类消失：达 36℃时，有 75% 的种类消失；最适自的温度接近 26℃。研究还表明，在温升大于环境 4~5℃的区域，渔获物显著减少，仅占总数的 1%：在温升为 3~4℃的区域，夏季渔获物很低，而冬季则有所恢复，但平均年渔获量仍低于对照站；在温升为 2~3℃的区域，夏季出现低渔获量，但冬、春季出现高渔获量。总的来说，该区域的渔获量高于年平均渔获量。他们的研究

发现，温升低于 2℃ 的区域与对照站之间没有发现统计上的差异。

根据统计资料本海域冬季平均水温在 1℃ 左右，夏季水温最高，平均水温在 24℃ 左右。由此初步认为，温排水引起升温场仍保持在多数鱼类的适温范围，对鱼类不会有明显的不利影响。在夏季高温季节，温升达 3℃ 以上时，鱼类可能会受到明显的影响。

### (3) 对甲壳类的影响

Thorhang 等对美国佛罗里达州 Biscayne 湾电厂附近海域 23 种甲壳类的调查发现，环境水温达 32℃ 以上，有 50% 的种类消失；达 36℃ 左右时，有 70% 的种类消失，渔获量适宜的温度为 27.8℃ 左右。

还有实验资料表明，水温 30~32℃ 以下，虾类都能正常生长繁殖。因此在春、秋和冬季期间，温排水引起的温升对本海域主要的虾类种类不会有明显的不利影响；在夏季高温季节，温升达 4℃ 以上时，虾类幼体的生长可能会受到抑制，其存活率可能会降低。虾类的成龄个体多数会回避高温区，从而影响升温场内的渔获量。据数模预测排水引起温升 4℃ 的最大影响范围为 1.02km<sup>2</sup>，相对于整体海区而言，其对虾类资源的影响局部小范围的。温升 1℃ 的影响范围虽然大，但对于广温性虾类来说，仍在其适温范围，不会对虾类生长造成影响。

### (4) 温升对底栖生物、潮间带生物的影响分析

海水温升对受纳水体中底栖生物及潮间带生物的影响主要表现在：种类组成发生变化，暖温性种、属的比重将会加大；一部分种类的生育期发生变化，使繁殖期提前、延迟或加快；进入温排水排水口处的某此种类将死亡或丧失繁殖能力。

海洋生物的生存繁殖要求有一个适宜自下而上的温度范围，超过上限则会引起种类种数的减少。水温提高对海洋生物伤害，主要表现在夏季，这一季节的升温会使海洋生物的生长繁殖受到抑制，使温升水域的优势种转变成适应于较高温度的暖温性种类；其它季节则会使大部分种群提前发育繁殖。

### (5) 温升对渔业资源的影响分析

当冬季沿岸海水温度较低时，温排水会提高排放口附近的海水温度，促进浮游生物与底栖生物的生长，而这些浮游生物是沿岸鱼类，特别是仔稚鱼的饵料，对仔稚鱼的生长有利，但本项目温海水排放口位于港区内，船舶航行密集，对鱼类的驱散作用较大。

## 6.3 浓盐水对海洋生态环境的影响

盐度是海洋生态环境中最重要生态因子之一，其对生物的生长大小、发育情况、生殖、行为和分布均有直接或间接的影响。

海洋生物通过细胞内外的离子转运机制来维持细胞内结构组分的动态平衡，维持渗透压的稳定，从而能在一定盐度范围内生存。生物体的耐盐性受其内在基因调控，在外界盐度变化时，会启动各种蛋白参与渗透调节过程。大部分海洋无脊椎动物和某些软骨鱼类属于等渗物，其血液和体液含盐量与海水含盐量相近；而变渗动物（如硬骨鱼类）的血液盐含量仅为环境海水含盐量的 30%~50%。当环境盐度变化时，就会出现渗透过程。因此，当环境盐度骤然升高时，那些没有渗透调节机制的海洋生物体细胞就可能产生质壁分离，从而发生代谢失调甚至死亡。

过高盐度的海水会引起水体分层，从而阻止光的穿透，抑制甚至破坏浮游植物的光合作用，引起浮游动物生物量的降低、种类数的减少和多样性指数的降低，引发底栖动物幼体的大量死亡及群落稳定性降低，导致鱼类死亡、种类数和种群密度降低，抑制水生植物的光合作用、呼吸作用等。高盐区域还会直接影响生物的生理机能，例如生物体内酶的活性、生物繁殖、呼吸等，会间接导致生物体抵抗力和免疫能力的降低。由于浓海水密度较大，易在排海口附近形成高盐区域，低盐性种类回避该区域，而适应高盐性的种类则向温排海口附近聚集。

### （1）对浮游植物的影响

盐度对浮游植物有较大的影响。Roubei 等对梅尼小环藻、美丽星杆藻和中肋骨条藻 3 种硅藻在不同盐度下进行室内培养，发现海藻细胞体内硅的生化过程受到盐度的影响，淡水种随盐度的增加其代谢能力持续下降，而广盐种则随盐度的增加其代谢趋于活跃。LiangYing 等的室内实验表明，当盐度为 18~38 时，三角褐指藻和新月菱形藻的相对生长率和饱和脂肪酸含量均随盐度的增加而降低。Einav 等的研究表明，一些浮游藻类特别是硅藻对盐度有很强的耐受性，某种藻类在一定时间的适应期后可以适应盐度的变化，但是大部分海洋生物在盐度骤增后无法生存。王晓萌等的研究表明：盐度为 50.0 的海水淡化排海浓海水对胶州湾优势浮游植物中肋骨条藻、柔弱角毛藻、尖刺伪菱形藻和海洋原甲藻的生长均有明显抑制作用，上述 4 种藻的最适生长盐度分别为 25.0，30.0，40.0 和 30.0。

海水淡化排放的高盐废水含有大量固体悬浮颗粒及营养盐,这些成分可造成局部海域富营养化,促使浮游植物物种单一化和个别种群的爆发性生长、繁殖,从而严重扰乱了该海区的生态平衡。申屠青春等的室内研究发现,盐度升高使浮游植物群落的多样性指数下降,而藻类中的耐盐性微藻就成了优势种。高密度浓海水还可导致海水浊度升高,使入射光线减少,从而抑制浮游植物的光合作用。

根据现状调查,项目附近海域浮游植物以硅藻和甲藻为主,主要优势种春季为奇异菱形藻、虹彩圆筛藻、夜光藻、中肋骨条藻和八辐环藻,秋季为虹彩圆筛藻。浓海水的排放可能造成排海口周边的高盐度区域中耐盐性的浮游植物爆发性生长繁殖,不能耐受高盐的浮游植物死亡,影响区域内的浮游植物群落结构发生变化,生物多样性下降。

## (2) 对浮游动物的影响

各种浮游动物均有各自的耐盐范围和最适盐度,如表 6.3-1 所示的各种桡足类动物对盐度均具有不同的耐受能力。浮游动物在不同发育阶段的适盐范围也存在差异,桡足成体的适盐范围大于桡足幼体,而桡足幼体的适盐范围又大于无节幼体。盐度对浮游动物的分布、群落组成有较大的影响,盐度过高会引起浮游动物生物量的降低和种类数的减少,多样性指数的降低,使浮游动物群落向耐盐类型方向演替。Toumi 对地中海沿岸滨海湿地盐田的浮游动物的研究表明,随着盐度的增高,浮游动物种类数呈下降趋势,桡足类和轮虫类对盐度较敏感,纤毛虫类和盐水虾类对高盐的忍耐力较强,成为优势种群。

甲壳类和双壳类浮游幼体对盐度的升高非常敏感。具有较长胃腺的甲壳类动物对高盐的耐受能力通常弱于具有较短胃腺的甲壳类动物,且其幼体的适盐能力弱于成体。盐度对浮游幼体生长、存活和变态都有显著影响,许多经济贝类的浮游期幼虫对高盐的耐受性较差,且幼虫的适盐范围较稚贝窄。

表 6.3-1 各种桡足类动物的耐盐范围和最适盐度范围

种名	种类	耐盐范围	最适盐度范围
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	河口低盐种	0~30	0~20
细巧华哲水蚤 <i>Sinocalanus tenellus</i>	近岸低盐种	0~29.3	12.4~18.9
墨氏胸刺水蚤 <i>Centropagesmc murrichi</i>	近岸低盐种	5.8~29.3	18.9
真宽水蚤 <i>Eurytemora affinis</i>	河口低盐种	5~20	15

据浮游动物调查,春季调查海域共出现浮游动物 28 种,主要是桡足类(18 种)和水母类(4 种)等,秋季调查海域共出现浮游动物 24 中,主要是桡足类

(13种)、水母类(6种)和多毛类(1种)等。在排海口周边的局部区域,由于形成高盐度区域,对桡足类等优势种会产生一定影响,可能会引起浮游动物生物量的降低和种类数的减少,多样性指数的降低,影响浮游动物的分布、群落组成,使浮游动物群落向耐盐类型方向演替。

### (3) 对渔业资源的影响

本部分内容引用自《南港工业区浓海水排放示范工程对辽东湾国家级水产种质资源保护区的影响专题论证报告》(中国水产科学研究院黄海水产研究所,2022年11月)。

依据中华人民共和国水产行业标准《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》中的有关规定,“对建设项目运行废水排放,应开展对海洋生物资源长期潜在影响分析和评价,以确定海洋生物资源可能受影响的程度和范围。”该规程进一步明确了“废水排放长期潜在影响评价应统筹考虑安全稀释度场和混合区的相容性。当废水特征污染物在国家、地方废水排放标准中未有明确规定时,可通过一下途径推定:

- 国际知名化学品毒性数据库中安全浓度数据;
- 采用全废水毒性试验推定的安全浓度数据;
- 类比安全浓度数据。”

盐度是海洋环境中重要的生态因子之一,每种生物各有其适宜生长的盐度要求。当环境中盐度超过其适宜的生长发育范围时,生物体的各种生理特性和行为、分布都会受到影响。盐度对工程海域典型鱼类、虾类和贝类等海洋生物的模拟实验研究结果表明:不同盐度胁迫对渔业生物的鱼卵和仔稚鱼及渔业资源幼体等生长发育和生理代谢,甚至群落结构均会产生一定的影响。因此,高盐废水的排放会对海洋生态构成潜在威胁,可能会导致渔业资源种类和产量的减少,对渔业资源造成一定的影响。

#### 1) 高盐胁迫对海洋生物的影响研究分析

目前已有研究主要从生长发育参数、生理代谢指标和群落结构特征变化这几个方面开展了研究。具体研究结果如下:

##### ① 生长发育参数

##### 鱼类:

**受精卵（胚胎）发育：**盐度对牙鲆胚胎发育影响研究显示，在盐度 30-50‰ 范围内孵化率差异不显著（陆赛英等，1999，黄渤海海洋）；盐度对花鲈孵化率的影响研究显示，北方海域花鲈受精卵适宜孵化盐度为 20-35‰。

**仔鱼活力：**牙鲆仔鱼在盐度 10-40‰ 范围内，均能很好的成活均能很好的成活。

**孵化率：**盐度对黄姑鱼受精卵的孵化率和畸形率研究结果显示，黄姑鱼的受精卵在盐度 15-43‰ 范围内均可孵化，但是孵化率随着盐度的升高而减低，畸形率随着盐度升到而升高，最适盐度为 31-35‰。

**成鱼成活率：**研究表明成鱼对盐度的适应范围较广，例如点带石斑鱼等，在盐度 3-40g/L 的海水中均能正常生活。

#### **虾类：**

**稚虾蜕皮：**盐度对中国对虾蜕皮的影响研究显示，在盐度上升 8‰ 以内，稚虾的存活率和蜕皮频率均与对照组无显著差异。凡纳滨对虾为广盐性虾类，在适宜盐度范围内，其特定生长率、摄食量和饲料转换效率均呈上升趋势；当达到临界盐度上限后，其特定生长率、摄食量和饲料转换效率均随盐度的增加而降低。

#### **蟹类：**

**蟹成活率：**室内模拟研究显示海水盐度高于 38‰ 时三疣梭子蟹的自我调节能力变弱，其成活率开始显著低于对照组。在高盐度（盐度为 39）时，锯缘青蟹试验组在实验初期幼体便出现大量死亡。中华虎头蟹 *Orithyiasinica* 能存活的盐度为 5~55，能摄饵的盐度为 10~45，适宜盐度为 25~35，最适盐度为 30。

#### **② 生理代谢参数**

**摄食率：**盐度上升 8‰ 对黄河口四角蛤蜊的摄食率产生显著影响。

**耗氧量：**盐度对银鲳仔鱼影响研究结果显示，4 日龄仔鱼在盐度 40 以下均无显著性差异。

#### **③ 群落结构特征**

底栖动物的高盐耐受能力存在一定的差异，对盐度变化敏感的种类其丰度降低，甚至消失，进而导致底栖生物群落的异常演替和多样性减少。在盐度超过 39 的海域出现群落演替现象，最初以多毛类、甲壳类和软体类为优势种，9 个月后，线虫成为绝对优势种，其生物量占到总生物量的 98%。

## 2) 浓海水排放对渔业资源损失评估等级和范围的确定

上述研究表明在盐度上升到 35‰范围内，几乎不会影响鱼类资源幼体的孵化率等产生显著影响。盐度 40‰以上会对渔业资源成体产生影响。

本项目营运期排放的浓海水会导致港池内海水盐度上升，根据大于 35‰的盐升包络范围，夏季影响面积约 0.2km<sup>2</sup>，冬季影响面积约 0.31 km<sup>2</sup>。因此，根据盐升影响范围，本工程对排口附近局部范围的鱼类资源幼体的孵化存在一定影响。经核算夏季混合后盐度排放浓度约 35.85‰，冬季混合后盐度排放浓度约 37.65‰，盐度均小于 40‰，因此本项目营运期几乎不会对渔业资源成体产生影响。

## 6.4 余氯排放对海洋生态环境的影响

目前我国尚未制定海水中余氯的浓度标准，有关资料表明(《电力建设与环境保护》)，淡水生物慢性中毒的余氯剂量为 0.0015mg/L，海水生物为 0.02mg/L，超过上述浓度时，能引起生物死亡，因此，本评价以海水中余氯浓度 0.02mg/L 来衡量。

冷海水中的残余氯对许多生物产生毒害作用，主要表现在两个方面：一是对被卷吸入气化系统的生物，氯化海水就是要达到防止其中的附着生物等在取排水管道系统内的附着生长的目的；二是在冷海水排入周围海域后对周围水体中生物的影响，这是氯化处理的负面作用。

残余氯对生物有害影响取决于多种因素，其中主要的是残余氯含量的高低、生物种类本身对余氯的敏感性或者说它抵抗余氯的毒害作用的能力、接触时间的长短和海水的温度，此外还有多种环境因素，如生物饵料的供应，pH 等也都起着重要作用。

冷却水从取水口到排海口的过程中，细菌在与 0.2mg/L~0.5mg/L 残余氯接触 5min~20min 后，其活性将很大程度地降低；浮游植物在 0.6mg/L 和 0.4mg/L 残余氯作用下经过 2min 和 24h，其生长率下降 50%；浮游动物中纺锤水蚤属在与 0.75mg/L 残余氯接触 2min 后死亡 30%~70%。某些仔鱼对残余氯十分敏感，鱼苗在 0.3mg/L 残余氯作用下仅 5min 即处于临界死亡状态，不过幼鱼在 0.25mg/L 残余氯作用下须经过 72h 才达到临界死亡状态，虾受 0.24mg/L 氯作用时在 96h 内半数死亡。由于取水系统中的较高余氯，进入取水系统的海水中的浮游动物、鱼卵仔鱼将会受到较为严重的影响。

残余氯随冷却水排入海域后对生物产生慢性毒害作用，其作用对象主要是表层海水中的浮游生物和微生物，鱼类由于其趋避功能而离开残余氯羽流影响的海域。残余氯羽流范围及其浓度除取决于排水口余氯浓度及排水设计方式外，还随潮汐、气象条件的变化而变化。

根据水环境影响预测分析，港内排水余氯浓度大于 0.01mg/L 的影响面积为 5.9hm<sup>2</sup>，影响范围主要集中在本工程排口附近水域。该区域主要为二港池水域，由于港口作业以及航道船舶通航，会对鱼类具有驱散作用，因此对鱼类的影响也有控制在港内水域内。

根据刘兰芬《电厂余氯排放对水域环境影响评价方法研究》，余氯半衰期较短，尤其在光照作用余氯能很快进行衰减，且余氯经温排口的海水稀释、扩散后，浓度能很快降低，不会对鱼卵、仔稚鱼产生致死的影响。

## 6.5 港内排水对水体藻类爆发产生的潜在影响

海水中浮游藻类、原生动物或细菌在营养物质比较丰富的条件下，易发生爆发性增殖或聚集而引起海水变色或对其它海洋生物产生危害生态异常现象。赤潮对海洋生态系统和其他海洋生物的危害机制和效应因赤潮生物的种类而异。有毒赤潮藻产生的毒素(如麻痹性贝毒、腹泻性贝毒记忆缺失性贝毒、神经性贝毒和西加色毒等) 经由食物链传递，在滤食性贝类、植食性色类或其他高营养级生物体内蓄积，造成海产品污染，对消费者的身体健康和生命安全构成极大威胁。

赤潮成因主要是海洋受到污染所致。人类活动将含有大量有机物的工业废水和城市生活污水，加上农田的化肥经过雨水的冲刷，源源不断地汇集到河流，同河床底泥中沉积的污染物质一起，经暴雨大水直接冲入海洋。如果进入海洋的水中含有的氮、磷等营养物质适量，对渔业等是有利的，但是，当这些氮、磷等营养物质过多时，即会出现所谓的“富营养化”现象，从而促使海水中的浮游生物爆发性繁殖。由于陆源污染物的排海，加剧了海域污染，致使海域富营养化严重，促进了赤潮发生，是赤潮形成的根本原因。N、P 等营养物质过剩是产生富营养化的主要原因，但水体增温也是一个不可忽视的因素，有关研究表明，增温可能导致水体赤潮的发生，主要表现在以下两个方面：

### 1) 增温与 N、P 的关系

N、P 是富营养化的主要指示性元素，也是藻类生长的必要物质。水体中的

有机物在细菌分解作用下，产生无机营养性盐类才能被浮游植物所吸收。研究表明，增温可以促进有机物的分解过程、使水中无机盐浓度增高，同时增温又使水中溶解氧下降，使底层处于厌氧状态，而厌氧条件又增强了底泥中 N、P 的释放。

## 2) 增温与浮游植物的关系

水体中浮游植物异常增殖是富营养化的主要特征，而温度又和浮游植物有着密切关系，增温可以改变浮游植物的种类组成，使喜温的蓝藻、绿藻、硅藻、甲藻种类增加，尤其是硅藻和甲藻等成为优势种，而这些种类则是形成“赤潮”的主要成分。同时，增温也使浮游植物繁殖加快，数量和生物量都明显增加，从而进一步促进水体的富营养化程度。

根据中国海洋灾害公报和江苏省海洋环境质量公报，连云港市海州湾海域在 2005 年至 2009 年 5-10 月间发生了数次赤潮。赤潮主要发生在连云港北部海域，持续时间相对较短，成灾面积较小，爆发赤潮的种类主要为凯伦藻、异弯藻、中肋骨条藻及链状裸甲藻等。赤潮灾害发生时，由于采取措施及时，未对造成养殖业的损失，最大限度的保障了人民群众的身体健康和生命安全。

从本次现状调查结果来看，评价海域的优势种中肋骨条藻是赤潮生物，且该海域存在无机氮和活性磷酸盐超标现象。本工程的温排水可能会促进排水口附近海域水体富营养化的发展，尤其是夏、秋季，温排水口附近海域富营养化发展对温排水更为敏感。

但赤潮的发生机理复杂，在化学、生物和物理三个方面的条件同时具备时才会可能发生。①生物条件：需要该区域有赤潮生物细胞和底栖孢囊，并通过种间竞争形成优势种群；②化学条件：水中的营养盐（主要是氮盐和磷盐）、微量元素和某些特殊的有机物的存在形式和浓度等因素满足赤潮生物大量增殖的需要；③物理条件（水文和气象）：水体稳定、水体交换率低、上升流的存在、适宜的水温和盐度、风力、风向、气温、日照强度、降雨和淡水注入等都是引发赤潮并延续的外部条件。此外，研究表明赤潮的发生与地球温室效应也可能有关。

考虑到适宜的海水温度是赤潮生物生存和繁殖的一个重要的环境因子，本工程运行期间循环取排水将使局部海域的海水温度有所提高，因此，建议本工程在营运期间应加强温排水排水口附近海域夏、秋季水温和赤潮的监测。

## 7 浓盐水对水工建筑物的影响分析

码头、防波堤等海工钢筋混凝土结构物受海水侵蚀，易发生以氯离子传输为诱因，以钢筋锈蚀为主线，以混凝土保护层胀裂为结果的氯盐侵蚀破坏。现有研究表明，混凝土内的氯离子传输主要受氯离子浓度梯度影响，同时受孔隙水饱和度梯度影响。因此，作为氯离子传输至混凝土内的边界，海洋环境中的氯离子浓度显著影响着混凝土内的氯离子浓度梯度，进而影响着钢筋锈蚀过程和结构有效使用寿命。

有研究表明，同样的结构物在不同浓度的海水环境中表现出不同的抗力时变特征，其有效使用寿命也不同：①氯离子浓度越高，结构物有效使用寿命越低；②氯离子浓度越高，氯离子浓度变化对结构物使用寿命的影响越小。目前，尚未见学者开展相关研究探讨海水浓度时变对结构物使用寿命的影响。根据以往研究经验，可推测海水浓度可能在以下方面影响结构物使用寿命：①海水浓度变化改变氯离子扩散的边界条件，大大缩短氯离子侵入混凝土的时间；②海水浓度变化影响混凝土对氯离子的结合效应，进而影响氯离子在混凝土内的传输能力；③海水浓度长期变化改变混凝土表面干湿循环条件，进而影响混凝土表层的对流作用。

徐圩港区二港池码头防腐蚀设计方案的选用与实施具有安全、可靠、经济、合理及可操作性，所采取的综合性的技术措施及施工工艺要求达到国内领先、国际先进水准，对施工、检测、监理、验收都应有国家及行业标准、规范等作为依据。二港池码头防腐设计依据与规范《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ275-2000 及《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》JTJ230-89（试行），浪溅区和水位变动区钢筋混凝土保护层厚度分别大于 65mm 和 50mm，浪溅区和水位变动区预应力混凝土保护层厚度分别大于 90mm 和 75mm。根据国家海洋信息中心发布的中国海洋环境年报中统计，冬季各海区的平均盐度：渤海 31.18，黄海 31.86，东海 33.76，南海 33.62。夏季各海区的平均盐度：渤海 30.80，黄海 30.93，东海 31.85，南海 31.52。工程所在海域的盐度相较南方其他海区低，实施后排水口附近水域盐度在 27.55~32.75。因此，工程排口局部水域盐度最大增量 2.3 对码头混凝土钢结构的腐蚀性影响有限。

根据《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T 0289-2020）、《海水冷却水排放要求》（GB/T39361-2020）、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）和《污水海

洋处置工程污染控制标准》（GB 18486-2001）中的排放要求，各排放标准均未对排放水中的盐度提出限制要求。因此，为更好了解本项目排水对水工建筑物的影响，通过类比先达公司天津南港工业区海水淡化及综合利用一体化和青岛董家口海水淡化两个同类项目，结合海水浓度时变与结构物有效使用寿命的定量规律，为工程实际提供理论基础和数据支撑。

## 7.1先达公司天津南港工业区海水淡化及综合利用一体化

### 1.项目概况

先达公司天津南港工业区海水淡化及综合利用一体化项目（30万吨/天示范），一期海水淡化产水规模15万吨/天，二期增加产水15万吨/天，三期建设综合利用工程。工程位于天津南港工业区，包括主体淡化工程、取水工程、浓水排放工程及供水工程，取水管道长约13km，排水管道长约3km。淡化产水主要提供南港工业区内120万吨大乙烯、渤化化工等项目工业用水。目前项目正在建设阶段，预计2023年下半年建成。

### 2.海水淡化厂情况

海水淡化工程设计产水含氯 $\leq 120\text{mg/L}$ ，工艺流程为取水—气浮—超滤—一级反渗透（SWRO）—二级反渗透（BWRO）—产水输送，一级反渗透单机产水规模3万 $\text{m}^3/\text{d}$ ，一期5套，二级反渗透单机产水规模1.8万 $\text{m}^3/\text{d}$ ，一期3套。

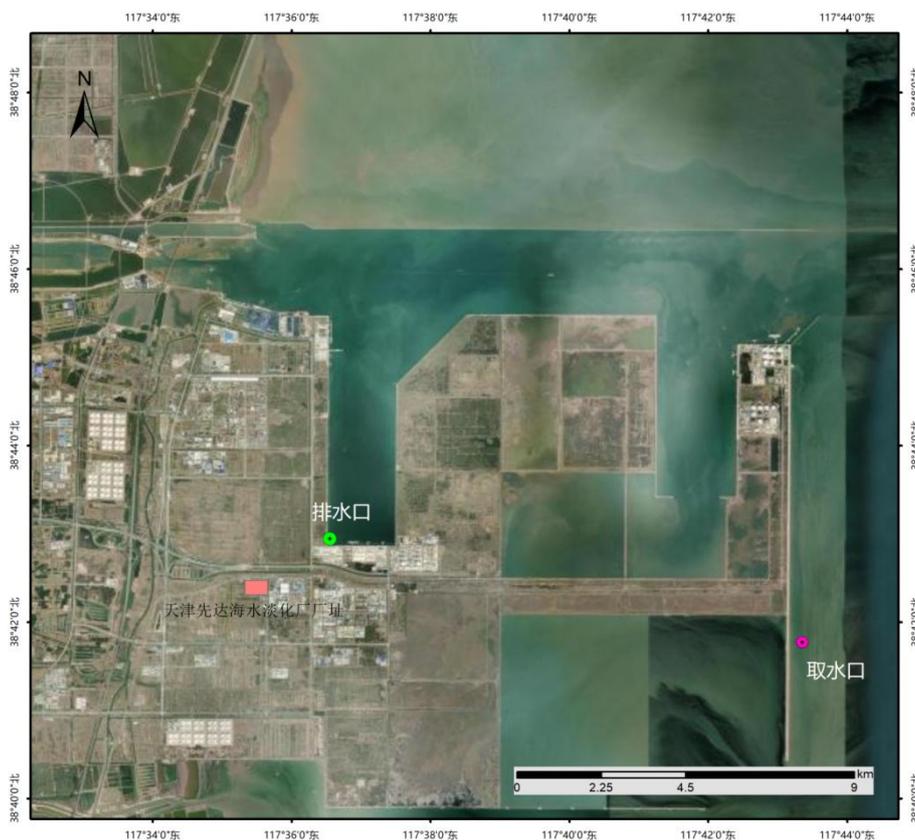


表 7.1-1 天津先达海水淡化厂取排水口布局

### 3.前期手续办理情况

该项目是国内首个通过环境影响评价和水产种质资源保护区论证的直接排放大型海水淡化项目，前期由南港工业区管委会协调办理排水相关手续，并由管委会平台公司建设排水管道及排放口，具体情况如下：

(1) 前期规划阶段（2012年-2021年）：由于南港工业区是填海区域，海水淡化厂距离防波堤约13公里，前期该项目作为零排放项目规划，海水淡化后的浓水通过蒸盐提化学品，但因为项目经济效益较差，一直未实施。

(2) 后续手续办理阶段（2021年之后）：因南港工业区水资源缺乏矛盾突出，经管委会协调该项目现已批复临时应急排水口。

(3) 排海管道建设阶段：由天津经济技术开发区南港发展集团有限公司（平台公司）的下属公司——天津泰港运营管理有限公司作为排海管道建设、运营单位，由先达公司进行付费。

### 4.关于浓盐水排放经验和研究成果

(1) 关于浓盐水质性：在国外，海水淡化浓盐水均直接排放，不作为污废

水进行管控；在国内，对于浓水是否认定为污水，生态环境部未明确界定，审批权限下放至地方。

(2) 浓盐水排放对水生生物的影响：根据经验，浓水排放对水生生物基本没有抑制作用，甚至会促进水生生物生长。

(3) 浓盐水排放对码头结构的影响：根据相关研究成果，对码头腐蚀最严重的海水有两类：一是盐度为一半（即盐度约 1.5 万 mg/L）的海水，之后随着海水盐度的减小和增加（例如徐圩港区 3.2 万 mg/l）腐蚀度反而下降；二是盐度波动大的海水，例如在桩基浪溅区的腐蚀度相较于其他地方大。

## 7.2 青岛董家口海水淡化项目

### 1. 项目概况

青岛董家口海水淡化项目由青岛水务集团和北京碧水源合资公司——青岛水务碧水源科技发展有限公司投资建设，该项目于 2015 年 11 月开工建设，工期 10 个月，于 2017 年 1 月 1 日投入运行。项目占地 60 亩，取水量 27.7 万吨/天，产水量 10 万吨/天（收率 36%），产品水作为工业给水供给青岛特钢、海湾化学、金能化学、华能热电等工业企业。

### 2. 取水情况

目前，项目取水口为临时取水口，有 3 年使用期，取水口位于港池内、离岸较近，取水口深度距海平面 7m、距海底 4m，正式取水口尚未确定。取水量 27.7 万吨/天，取水最低温度为冬季 2~3℃，盐度 32‰、铁离子较高、COD 几乎没有、水质较好。海水经自流至淡化厂内集水池后，经厂内高压泵输送，压力 8MPa。

### 3. 海水淡化厂情况

海水淡化厂产水规模 10 万吨/天（收率 36%），工艺流程为：海水→粗格栅→提升泵房→自清洗过滤器→UF（28 套，收率 95%）→一级 RO（5 套，含浓水能量回收）→二级 RO（6 套），其中，超滤浓水加药沉淀后，回流至进水，二级 RO 浓水回流至一级 RO 进水。预处理段预留用地，但因取水水质较好至今未建设预处理装置。产品水水质满足工业用水标准，其中氯离子 $\leq 40\text{mg/L}$ 、盐度 $\leq 0.2\text{‰}$ 。

### 4. 排水情况

本项目排水量 17.7 万吨/天，通过 2km 排水管道排至雨水箱涵，之后通过雨

水箱涵在港池岸边排放。排水口与取水口直线距离 3km、海面距离 6km，排水口海水深度超过 10m，根据运行经验，出水口盐度扩散 100m 后，基本与海水盐度一致。

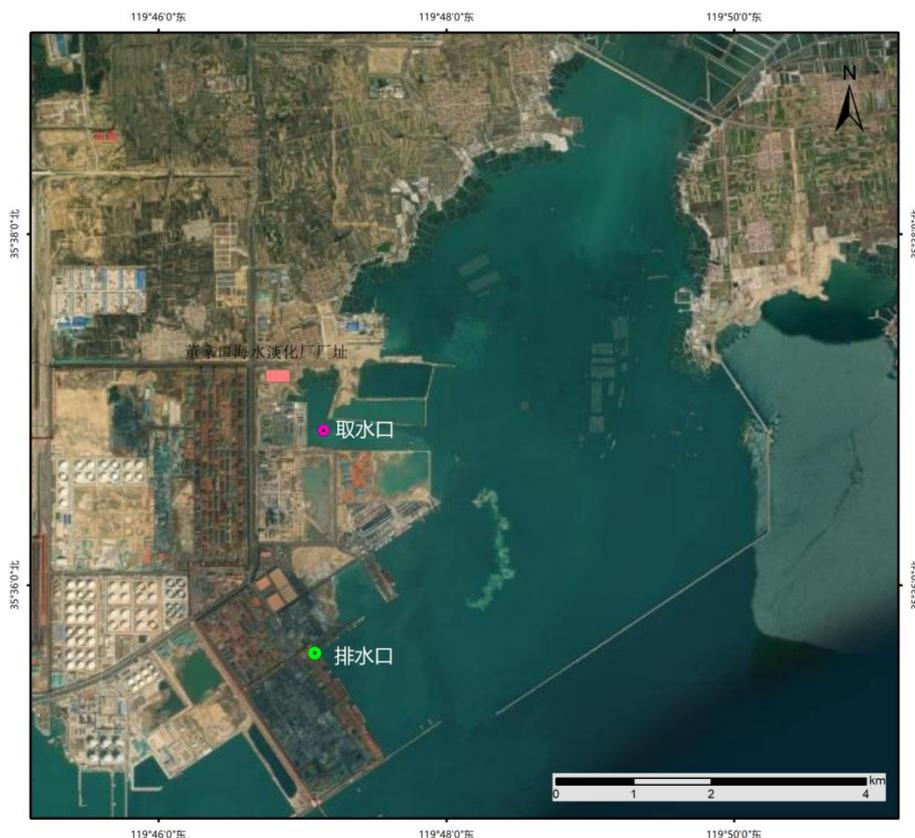


表 7.2-1 董家口海水淡化厂取排水口布局

### 5.关于浓盐水排放的经验和研究成果

(1) 关于浓盐水排放的管控方式：因国家没有法律法规将海水淡化浓水定性为污水，因此未对排水设置在线监测，海淡厂出于自身管理需求每日对出厂处浓水手工检测，环保部门不做管控。

(2) 关于浓盐水排放的影响：青岛董家口海水淡化项目 2016 年正式投产后，分别于 2017 年和 2022 年委托中国海洋大学对排水口附近海域进行了两次跟踪监测，均未发现任何问题。根据运行经验，排水口处浓盐水扩散很快，排水口盐度扩散 100m 后基本与海水盐度一致，自工程运行以来排水口附近海域海水盐度几乎没有变化，对周边码头及海域产生的腐蚀及生态影响均较小。

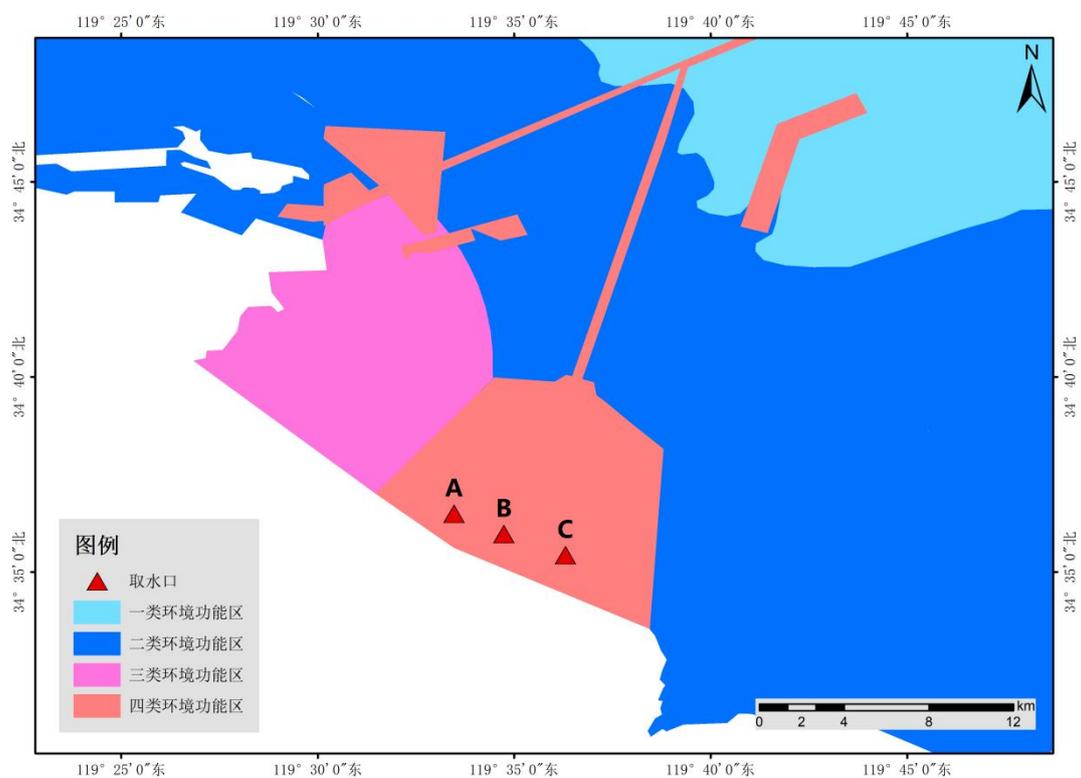
## 8与相关规划和功能区划符合性分析

### 8.1相关功能区划分析

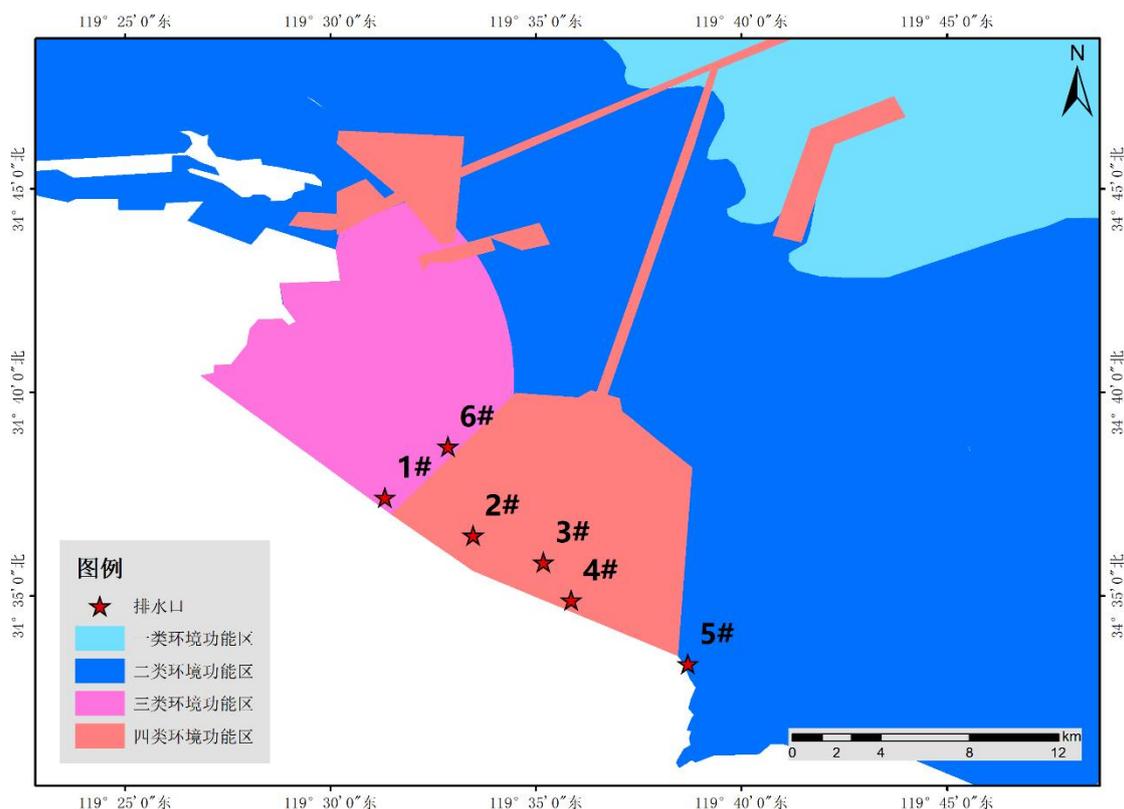
#### 8.1.1环境功能区划

根据《江苏省近岸海域环境功能区划方案》，拟选取水口 A、B 和 C 均在徐圩港区内，位于海洋开发作业区，属于四类环境功能区，水质执行四类海水水质标准。拟选排口 1#和 6#位于工业用水区，属三类环境功能区，水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）三类标准。2#、3#和 4#排口在徐圩港区内，位于海洋开发作业区，属于四类环境功能区，水质执行四类海水水质标准。排水口 5#在盐业生产区、滩涂、浅海水产养殖区，属于二类环境功能区，水质执行二类海水水质标准。

拟选排水口 2#、3#和 4#位于“江苏省近岸海域环境功能区划”的四类环境功能区，拟选排放口 1#、6#和 5#分别位于“江苏省近岸海域环境功能区划”的三类环境功能区和二类环境功能区。



(a) 取水口



(b) 排水口

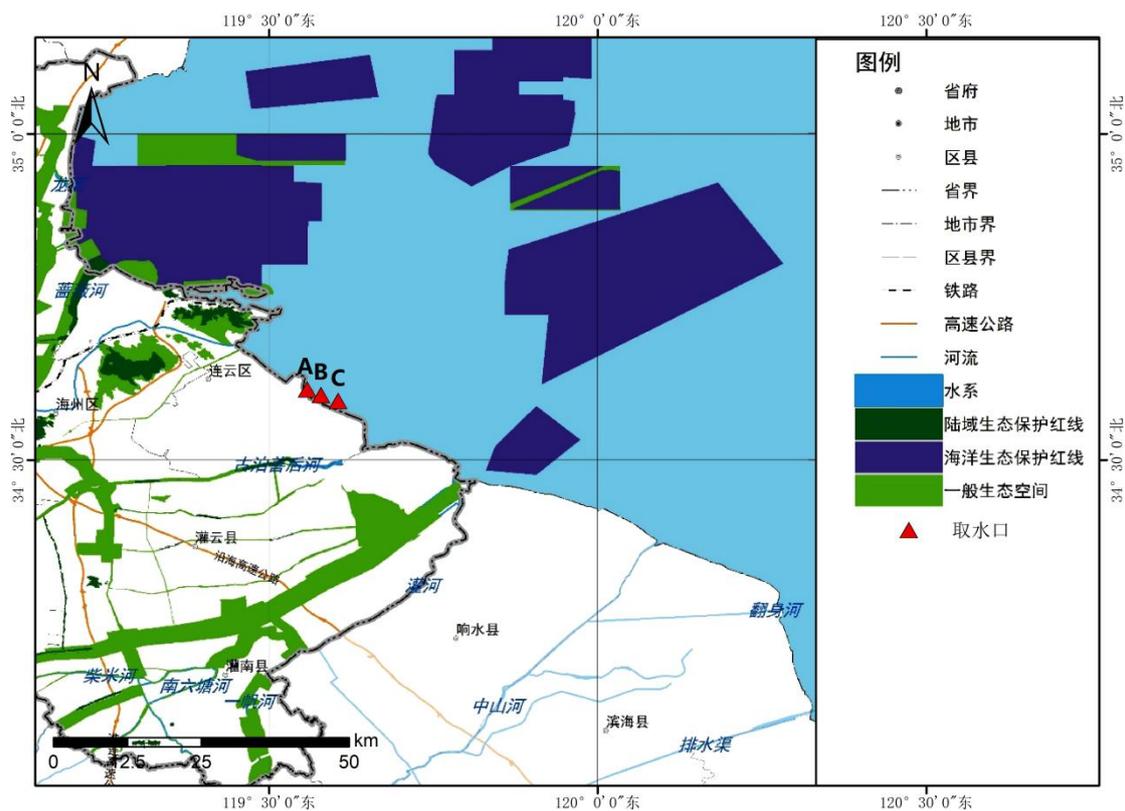
图 8.1-1 江苏省近岸海域环境功能区划

### 8.1.2 海洋生态保护红线

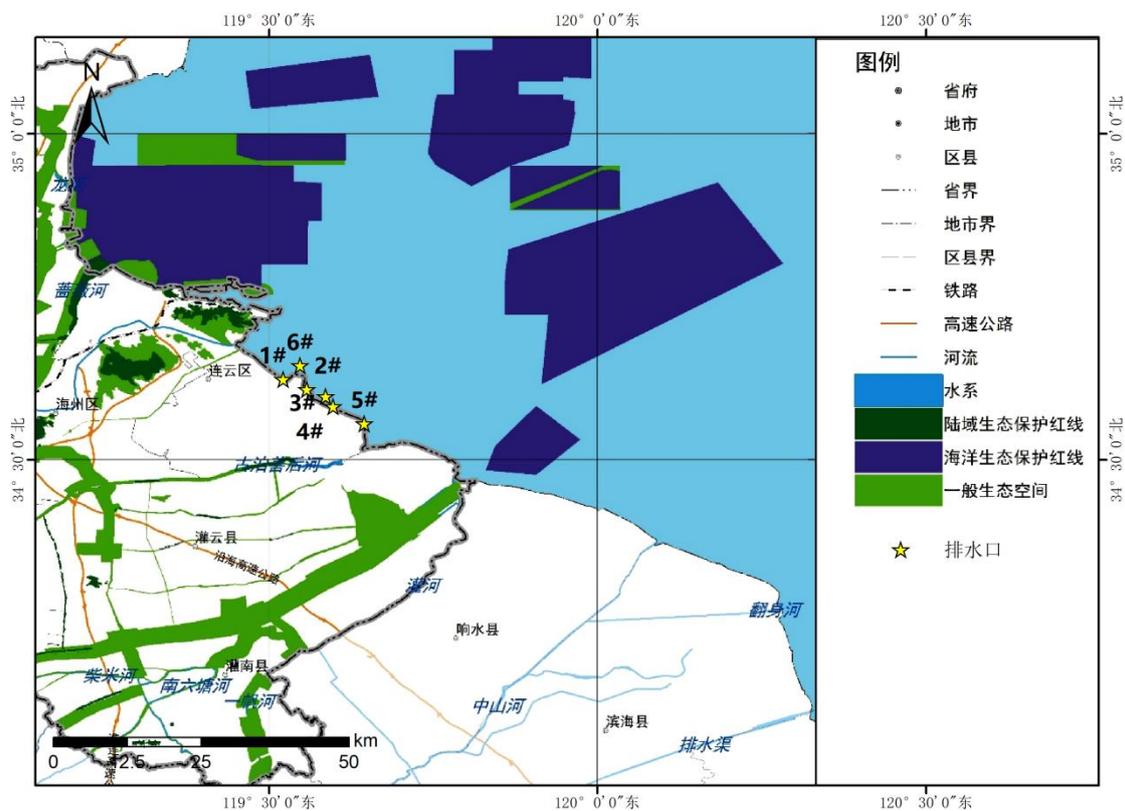
对照《江苏省生态空间管控区域规划》，本此取排水口位置不在江苏省生态空间管控区域范围内，与《江苏省生态空间管控区域规划》相符。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（图 8.1-3），本此取排水口位置不在江苏省国家级生态保护红线范围内，与《江苏省国家级生态保护红线规划》相符。

根据《连云港市“三线一单”生态环境分区管控实施方案》，本此取排水口位置不在连云港生态空间（图 8.1-2）和连云港环境管控单元（图 8.1-4）范围内，3#排口距离最近的生态红线区域为开山岛旅游休闲娱乐区，最近距离约 23.7km，1#排口距离最近的生态红线区域为连云港海州湾国家级海洋公园，最近距离约 16.7km，工程建设不会导致辖区内生态红线区域生态服务功能下降。因此，本此取排水口位置与《连云港市“三线一单”生态环境分区管控实施方案》符合。

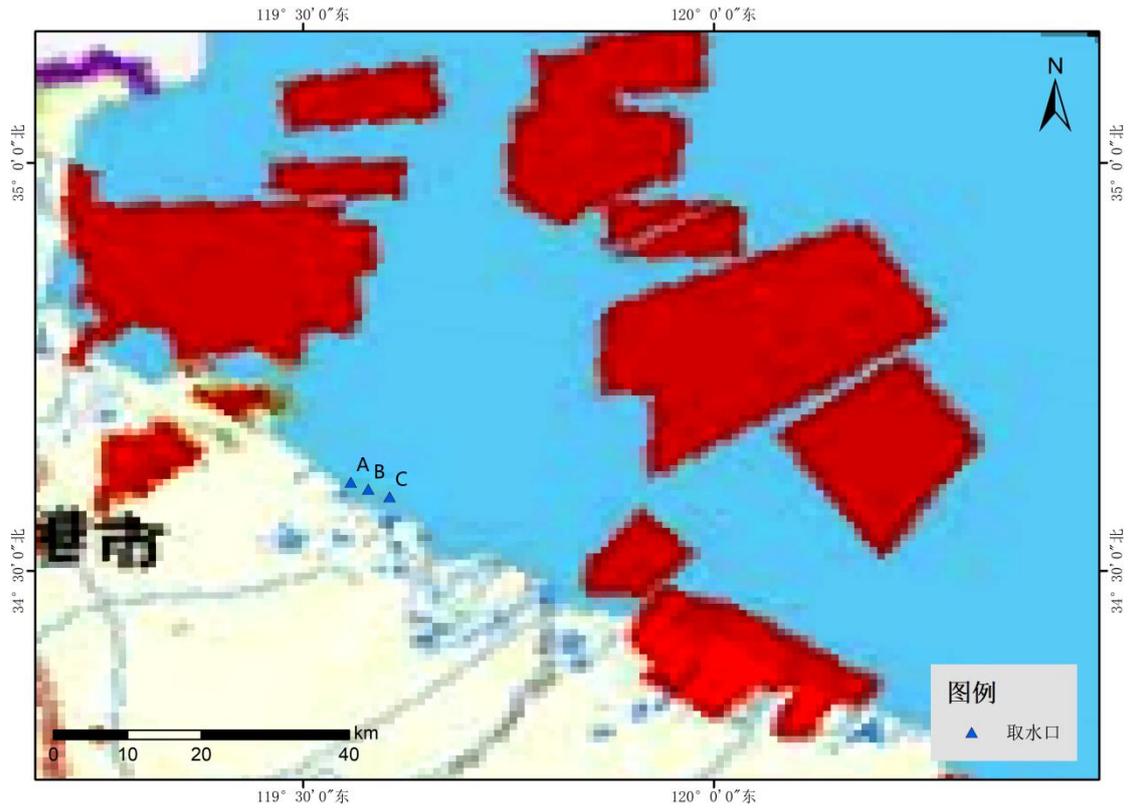


(a) 取水口

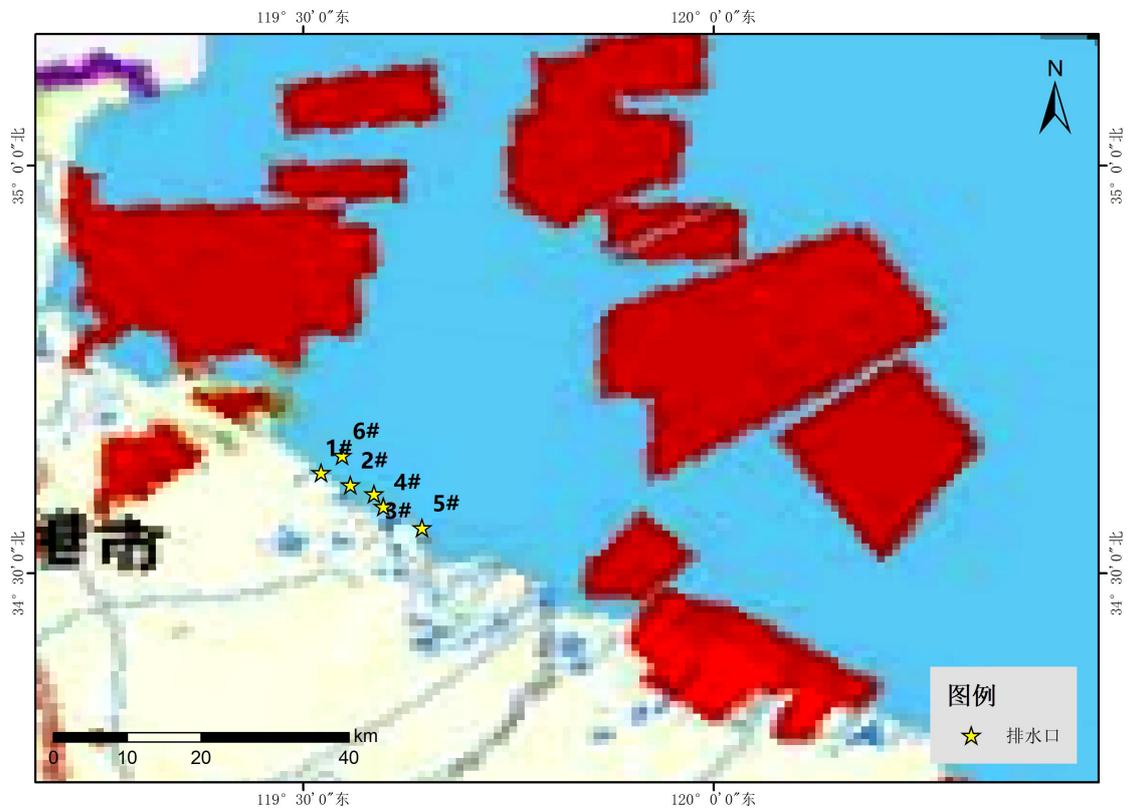


(b) 排水口

图 8.1-2 本工程与连云港市生态空间位置关系

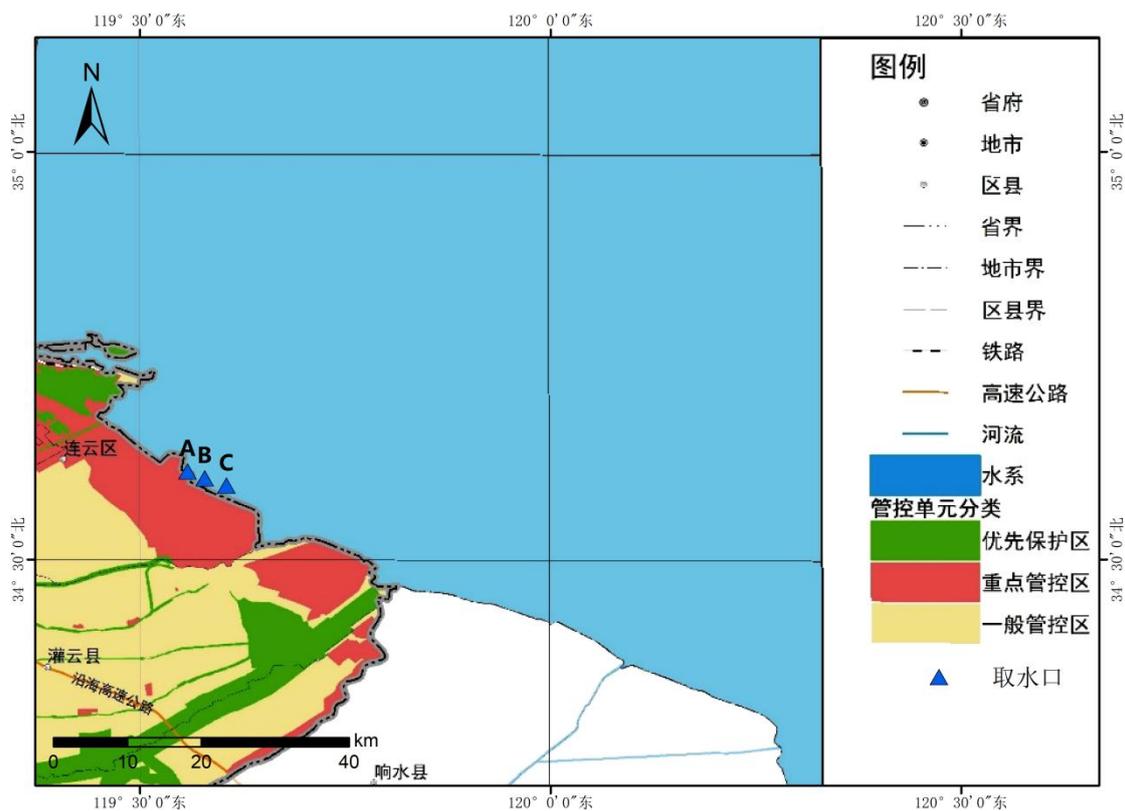


(a) 取水口

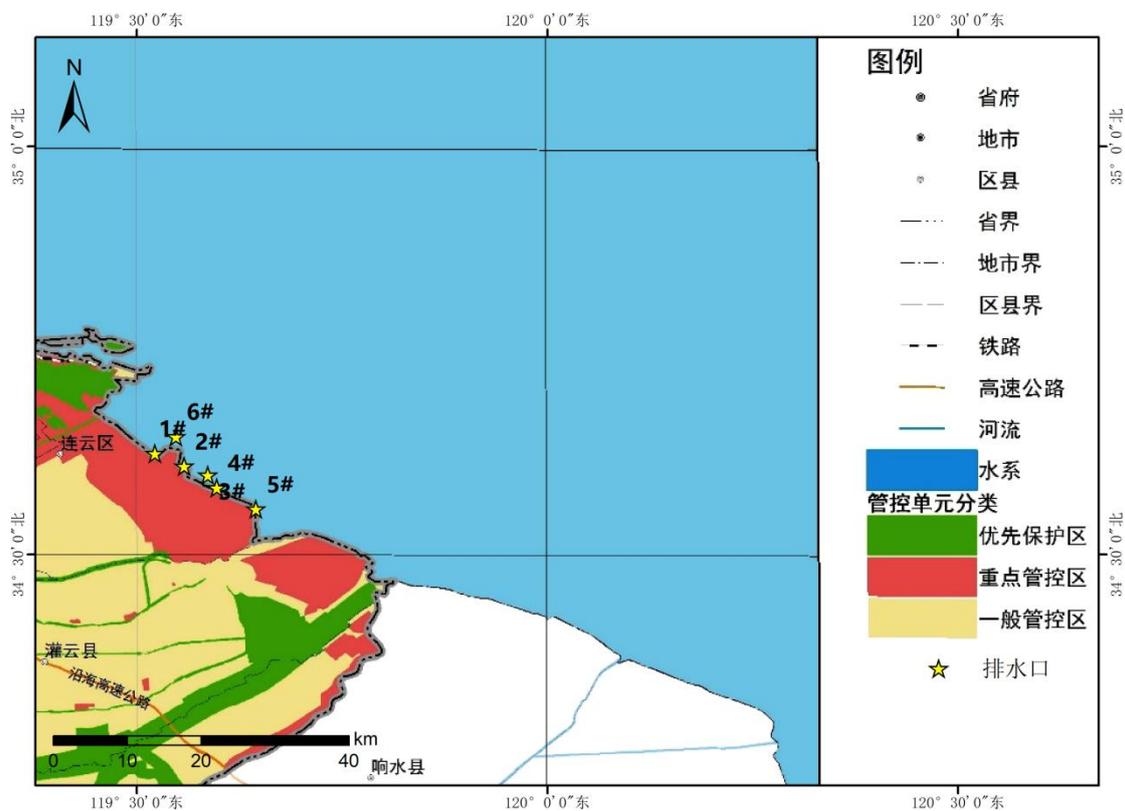


(b) 排水口

图 8.1-3 本工程与江苏省国家级生态保护红线位置关系



(a) 取水口



(b) 排水口

图 8.1-4 本工程与连云港市环境管控单元位置关系

### 8.1.3江苏省海洋主体功能区划

2018年7月26日，江苏省海洋与渔业局和江苏省发改委共同发布了《江苏省海洋主体功能区规划》。规划范围内江苏省所辖海域，包括内水和领海，以沿海县（市、区）作为主体功能区的划分单元。根据不同海域的资源环境承载能力、现有开发强度和发展潜力，《规划》将江苏海洋空间划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类区域。

其中，优化开发区域面积共 18652.04 平方公里，占全省海域面积的 53.65%；重点开发区域共 3254.11 平方公里，占全省海域面积的 9.36%；限制开发区域共 10673.21 平方公里，占全海海域面积的 30.70%；禁止开发区域面积 2186.79 平方公里，占全省海域面积的 6.29%。

我省重点开发区域主要包括沿东陇海的徐州、连云港市区和沿海地区、苏中沿江地区以及淮安、宿迁的部分地区，也包括点状分布于限制开发区域内的县城镇和部分重点中心镇，人口和 GDP 分别占全省的 18%和 13%。其中东陇海地区是国家层面的重点开发区域，其他区域为省级层面的重点开发区域。重点开发区域的功能定位：我国东部地区重要的经济增长极，具有较强国际竞争力的制造业基地；具有全国影响的新型城镇密集带；辐射带动能力强的新亚欧大陆桥东方桥头堡，我国重要的综合交通枢纽和对外开放的窗口；我国重要的高效农业示范区；全省率先基本实现现代化的重要保障区。

本此取排水口位置与江苏省海洋主体功能区规划的相对位置图见图 8.1-5，拟选排口位于重点开发区域，项目的建设将为连云港石化深加工产业的发展提供丰富的资源，确保用水安全，有利于推动连云港石化产业基地发展，因此，本工程建设符合《江苏省海洋主体功能区规划》。

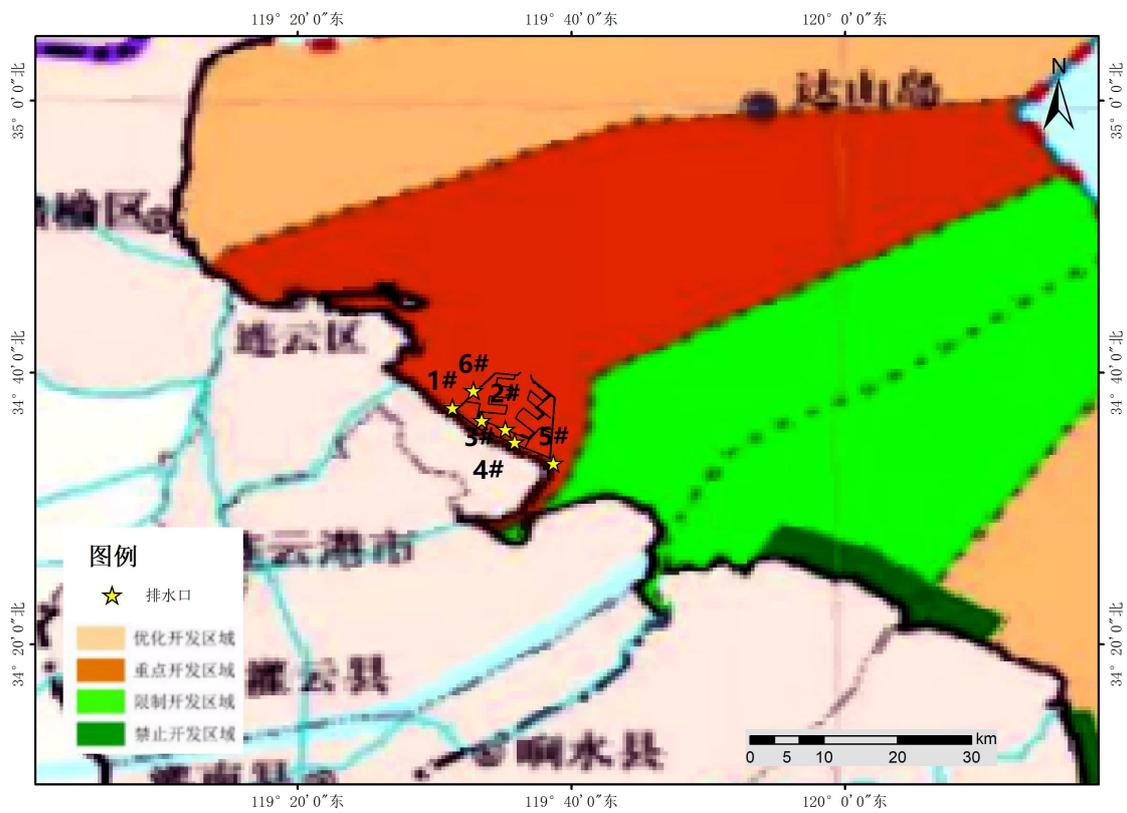
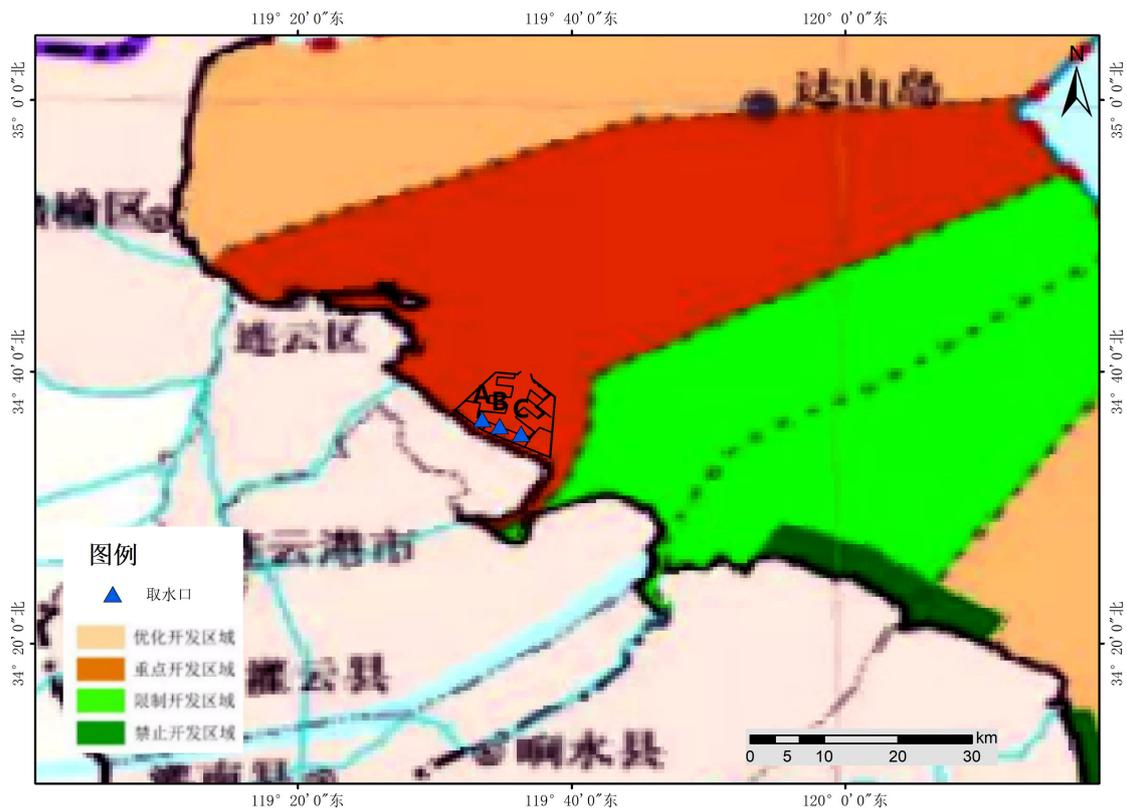


图 8.1-5 江苏省海洋主体功能区划图

## 8.2 相关规划分析

### 8.2.1 江苏沿海地区发展规划

根据《江苏沿海地区发展规划》，江苏沿海地区立足沿海，依托长三角，服务中西部，面向东北亚，建设我国重要的综合交通枢纽，沿海新型的工业基地，重要的后备土地资源开发区，生态环境优美、人民生活富足的宜居区，成为我国东部地区重要的经济增长极和辐射带动能力强的新亚欧大陆桥东方桥头堡。坚持科学布局，促进集聚发展，选择发展基础好、资源环境承载力强的地区，推进集中集聚开发，优化空间开发格局，促进港口、产业、城镇互动发展。以连云港、盐城和南通三市的市区为极点，形成“三极、一带、多节点”的空间布局框架。培育发展海洋新兴产业，促进海水淡化产业创新发展。依托江苏省新能源淡化海水工程技术研究中心等研发机构，开展海水淡化技术协同攻关。发展海水利用关键装备，提升以“风电水一体化”为主的海水淡化成套装备产业化水平，推动海水淡化规模化利用。

连云港徐圩港区为新辟港区，是江苏沿海开发的节点之一。本工程建设可以为石化深加工产业的发展提供丰富的资源，有利于推动徐圩新区和石化产业基地建设进程，符合《江苏沿海地区发展规划》中提出的促进海水淡化产业创新发展的要求。因此，本项目用海符合《江苏沿海地区发展规划》。

### 8.2.2 连云港市国土空间规划

《连云港城市国土空间规划（2020-2035年）》构建“一湾统筹、两翼齐飞”的陆海产业发展格局，北翼依托赣榆高新区、海头镇区，培育复合化、创新驱动、多业态融合发展的海洋新经济，围绕赣榆海洋经济开发区（柘汪临港产业区），壮大石化、钢铁、粮油等临港产业集群；中部依托连云新城、连岛等板块，发展海洋文旅度假、国际港航服务、总部经济等现代服务业；南翼依托国家级石化基地、灌云临港产业区、连云港化工产业园区，加速绿色低碳升级，打造世界级石化产业集群。

徐圩新区一两灌临港产业功能协调区以交通运输岸线、渔业岸线、特殊岸线为主，近海域主要为交通运输用海区、特殊用海区、渔业用海区和游憩用海区。在严控陆源污染、改善近岸海域水质的前提下，加速徐圩新区国家石化产业基地

建设，打造高端石化产业集群，高质量承接石化产业转移，建设“大型化、一体化、高端化、精细化”的国际一流石化产业基地。灌云县临港产业区、连云港化工产业园区远期为徐圩新区石化产业拓展区，做好埭子口生态环境整治和生态廊道隔离。

根据规划将连云港市海洋空间规划为海洋生态保护区和海洋发展区，分别制定管制要求。海洋生态保护区是具有特殊重要生态功能或生态敏感脆弱、必须强制性严格保护的海洋自然区域。连云港海域共划定海洋生态保护区 1983.19 平方公里，分布于海州湾北部近岸海域、前山岛附近海域、开山岛附近海域，连云港南北领海基线至领海外缘线之间海域，占海域面积的 26.39%(包括省管的四鳃鲈鱼种质资源保护区)。其中沙源流失极脆弱区 14.71 平方公里，特别保护海岛 386.07 平方公里，重要河口 0.19 平方公里，重要滩涂及浅海水域 513.97 平方公里，重要渔业资源产卵场 1068.25 平方公里。

海洋发展区是指允许集中开展开发利用活动的海域，以及允许适度开展开发利用活动的无居民海岛。连云港海域划定海洋发展区 45 个，总面积 5532.81 平方千米，占海域面积的 73.61%，占用岸线 169.644 千米。海洋发展区分 5 类用途区管控：渔业用海区、交通运输用海区、工况通信用海区、游憩用海区和特殊用海区。关于海洋保护区和海洋发展区的划定情况和管控要求见表 8.2-1。

表 8.2-1 项目用海周围海洋空间分区一览表

序号	类型	划定情况	管控要求
1	海洋生态保护区	达山岛	海洋生态保护区中，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，禁止新增围填海；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。重点保护珍稀、濒危海洋生物物种和经济生物物种及其栖息地，注重保护自然景观，维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性。在不影响主要保护目标的前提下，可以开展科研教学和适度的旅游活动。
2		达山岛领海基点特别保护区	
3		车牛山岛	
4		平岛	
5		前三岛鸟类特别保护区	
6		开山岛	
7		开山岛旅游休闲娱乐区	
8		对虾水产种质资源保护区	
9		前三岛增养殖区	
10		连云港海域农渔业区	
11		四鳃鲈鱼种质资源保护区	
12	海洋发展	渔业用海区	渔业用海区保护渔业资源产卵场、育幼场、索饵场和洄游通道。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破施工及其他可能会影响渔业资源育幼、索饵、产卵的开发活动。禁止破坏性捕捞方式，严

序号	类型	划定情况	管控要求
	区		格执行禁渔期制度、禁渔区制度以及渔具渔法规定。开放式养殖用海应注意控制养殖密度和养殖方式，减少养殖污染。养殖空间向深海发展，优化海水养殖品种结构，积极发展休闲渔业。在科学论证的基础上，兼容不改变海域自然属性的海底电缆管道等用海。
13		交通运输用海区	保障港口用海，堆场、码头等港口基础设施及临港配套设施建设，应集约高效利用海域空间资源。统筹陆海基础设施建设，提高现有港口综合效益。
14		工矿通信用海区	工矿通信用海区内工程建设必须科学规划论证。科学选择围填海位置和方式，严格围填海监管，开发建设与环境保护协调进行。支持海洋可再生能源开发利用，鼓励海上风电、光伏等产业与其他产业兼容用海，促进海上风电与其他产业协调发展。在科学论证的基础上，兼容特殊用海。对临港工业集中区和重大海洋工程施工过程实施严格的环境监控，加强海洋防灾减灾能力建设。
15		游憩用海区	重点保障现有城市生活用海和旅游休闲娱乐用海需求，严格保护、合理开发和有序利用天然沙滩资源，保护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；合理控制旅游开发强度和游客容量。
16		特殊用海区	根据沿海工业发展需要，在科学论证的基础上，可安排达标尾水深海排放区。沿海各主要港区附近海域，根据港口发展和维护需要，在科学论证的基础上，可安排疏浚倾倒区。加强倾倒活动和污水排放的管理，加强倾倒区环境监测和检查，根据特殊用海区环境质量变化及时做出继续倾倒或关闭的决定。

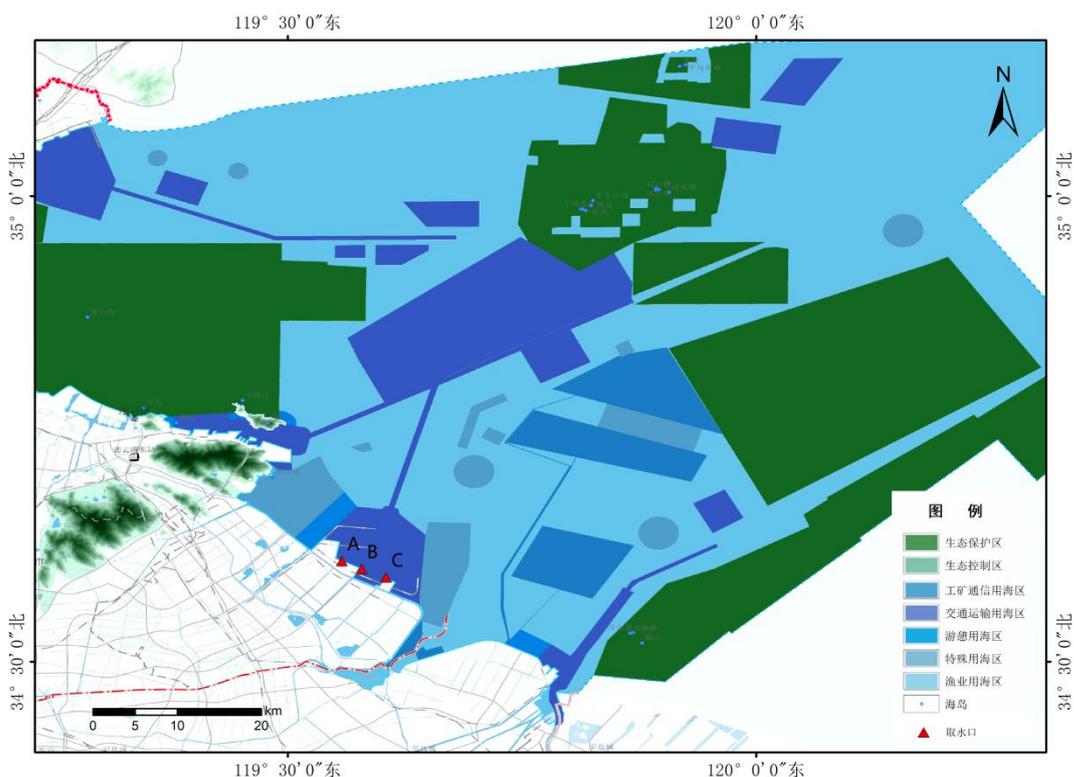
拟选取水口 A、B 和 C 取水口位于交通用海区。毗邻海域功能区分布有特殊用海区、渔业用海区、游憩用海区等。

拟选排口 1#和 6#位于游憩用海区，该区域重点保障现有城市生活用海和旅游休闲娱乐用海需求，根据《海水水质标准》（GB3097-1997）游憩用海区所在海域执行二类海水水质标准。管控要求：重点保障现有城市生活用海和旅游休闲娱乐用海需求，严格保护、合理开发和有序利用天然沙滩资源，保护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；合理控制旅游开发强度和游客容量。

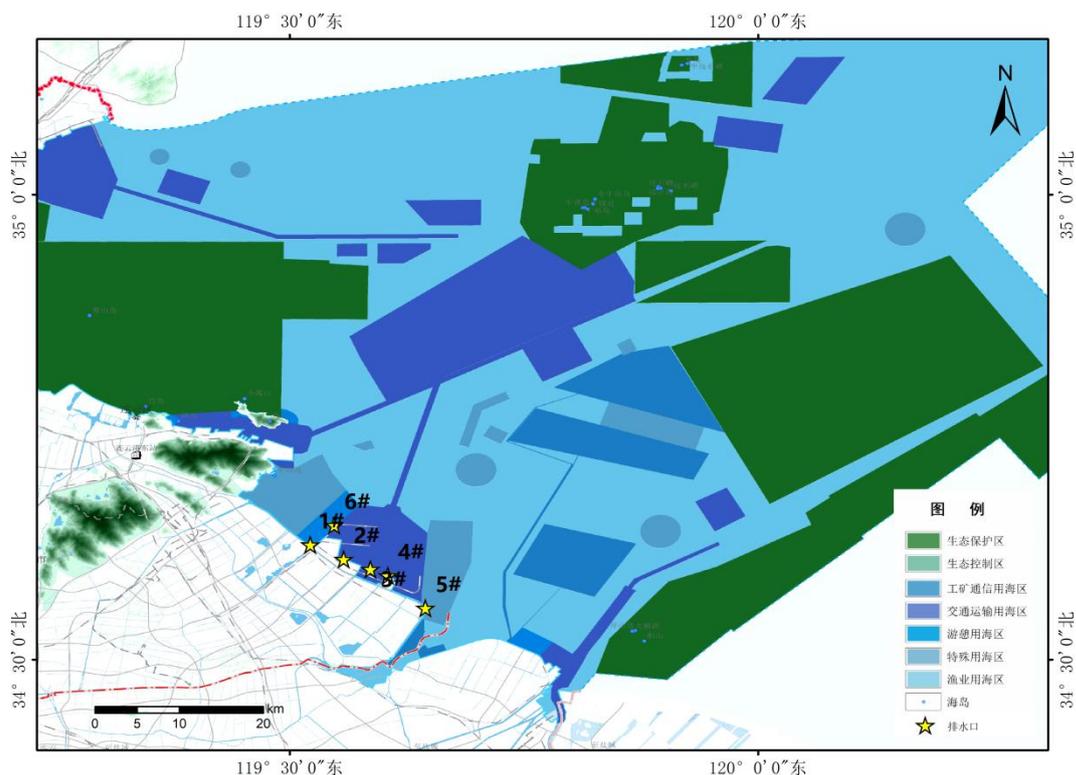
2#、3#和 4#排口位于交通用海区，该区域保障港口用海，堆场、码头等港

口基础设施及临港配套设施建设，根据《海水水质标准》（GB3097-1997）交通用海区所在海域执行四类海水水质标准。管控要求：保障港口用海，堆场、码头等港口基础设施及临港配套设施建设，应集约高效利用海域空间资源。统筹陆海基础设施建设，提高现有港口综合效益。

5#排水口位于特殊用海区，可以根据沿海工业发展需要，在科学论证的基础上，安排达标尾水深海排放区。毗邻海洋发展区分布有渔业用海区、工况通信用海区等。管控要求：根据沿海工业发展需要，在科学论证的基础上，可安排达标尾水深海排放区。沿海各主要港区附近海域，根据港口发展和维护需要，在科学论证的基础上，可安排疏浚倾倒区。加强倾倒活动和污水排放的管理，加强倾倒区环境监测和检查，根据特殊用海区环境质量变化及时做出继续倾倒或关闭的决定。详见图 8.2-1。



(a)取水口



(b)排水口

图 8.2-1 连云港市海洋空间规划分区图

本项目为海水综合利用项目，排放浓盐水和工业循环冷却水混合后的达标尾水。拟选排口 1#和 6#位于游憩用海区，可能存在海洋运动或娱乐区，海水会与人体直接接触，对海水水质要求较高，因此不推荐 1#和 6#排口。拟选排口 2#、3#和 4#位于徐圩港区内所在海域属于交通用海区，项目运营后对港区水动力条件和航道通航船舶靠泊影响较小，基本不会影响港区主体功能的发挥。拟选排口 5#位于特殊用海区，总体符合特殊用海区的用途管制要求。综上，项目实施不符合游憩用海区的管控要求，因此不推荐方案 1、2、8 和 9。

### 8.2.3江苏省海岸带利用和保护规划

根据江苏省海岸带利用和保护规划，1#和 6#排口位于游憩用海区，2#、3#和 4#排口位于交通运输用海区、5#排口位于渔业用海区。根据比选结果，已在登记表里进行兼容性表述如下：在不影响徐圩港区交通运输用海功能区功能的情况下，适当兼容部分工矿用海区，目前规划已定稿，等待下一步审批。

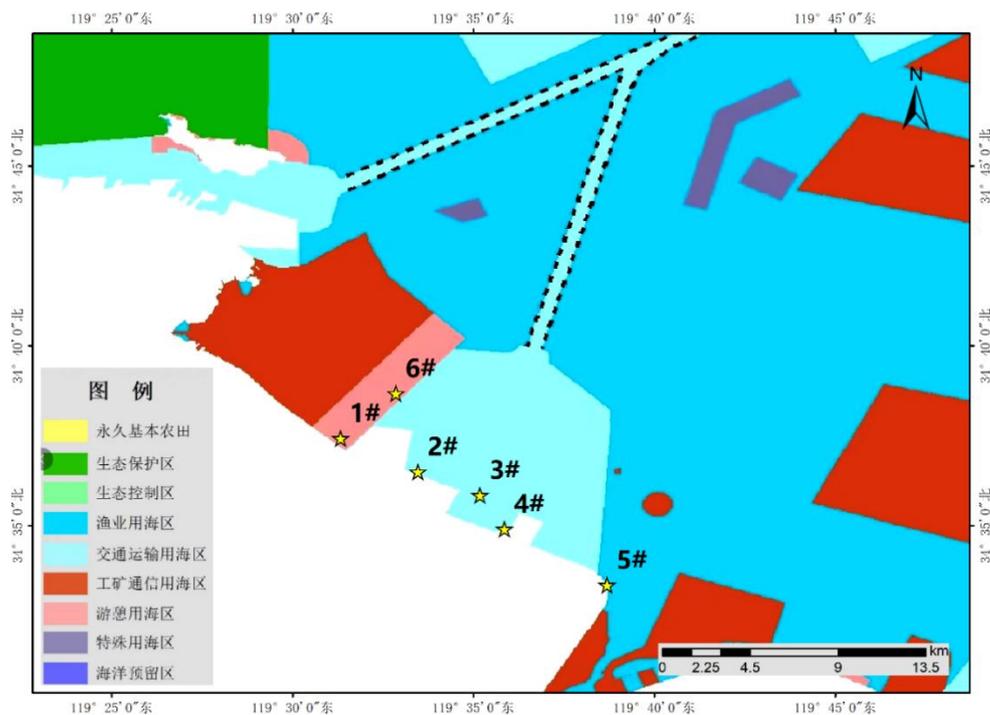


图 8.2-2 江苏省海洋功能分区图（连云港部分）

#### 8.2.4 连云港港徐圩港区总体规划

2017年5月，交通运输部和江苏省人民政府联合下发了《关于连云港港徐圩港区总体规划（修订）的批复》（交规划函[2017]362号）。

徐圩港区是连云港港发展成为区域性中心港口的重要组成部分，是拓展港口功能、实现港口可持续发展的重要支撑。徐圩港区将依托**临港工业**起步，以干散货、液体散货和件杂货运输为主，相应发展集装箱运输，逐步发展成为为腹地经济和后方**临港工业服务**的综合性港区，具备装卸仓储、中转换装、运输组织、现代物流、临港工业、综合服务等功能。

徐圩港区仍采用双堤环抱式布局，形成六个港池，主要布置液体散货泊位区、干散货泊位区、通用泊位区、集装箱泊位区四个功能区，并在港区中部布置支持保障系统区。

##### （1）液体散货泊位区

结合港区分区规划，将口门东侧的六港池、四突堤端部、四港池北侧及东侧岸线规划为液体散货泊位区，在近口门处，布置大型原油泊位。六港池宽度979m，纵深1960m~2630m；四港池宽度860m，纵深2080m~2610m，两港池之间距离为1340m；四突堤端部可利用岸线长度约1250m，液体散货泊位区共形成码头岸线长度约10.29km，可建设4个大型原油泊位及约27个各类液体散货泊位，

为临港工业区石化产业所需各类原料、产成品等物资运输服务。泊位后方作业区纵深 0.5~1.0km，占地面积约 7.48km<sup>2</sup>。作为码头生产作业直接用地，作业区内可布置罐区，后方铺设管廊带，与临港石化产业区相连接。

### (2) 干散货泊位区

口门西侧的五港池和三港池北侧及西侧岸线规划为干散货泊位区。五港池宽度 850m，纵深 1730m；三港池宽度 800m，纵深 1970m~2227m，两港池之间距离为 1740m。干散货泊位区共形成码头岸线长度约 7.34km，可建设约 24 个大中型干散货泊位，为后方钢铁工业所需各类原材料、辅料和临港工业区其他大宗散货的运输服务。未来随着连云港区煤炭功能调整，三港池可布置专业化煤炭下水泊位，以满足煤炭运输需求。码头后方作业区陆域纵深约 0.6~1.0km，占地面积约 8.64km<sup>2</sup>，场区内主要布置专业化的存储设施、皮带机廊道，以及铁路专用站场、装卸线等。在三港池西侧岸线后方布置干散货物流区，占地面积约 3.30km<sup>2</sup>。

### (3) 通用泊位区

三港池南侧、一港池，二港池东侧、北侧及四港池南侧岸线规划为通用泊位区（其中二突堤规划为通用泊位及装备制造发展区）。一港池底部宽度为 700m，纵深 2888m；二港池底部宽度为 800m，纵深 2872m；四港池通用泊位纵深 2080m。通用泊位区共形成码头岸线长度约 14.065km，可建设约 50 个大中型通用泊位，包括通用杂货泊位、通用散货泊位和装备制造发展泊位等，主要用于支持钢铁工业产成品及其他临港产业物资运输。码头作业区纵深 0.6~0.9km，三港池南侧后方占地面积约 1.26km<sup>2</sup>，一港池后方占地面积约 5.78km<sup>2</sup>，二港池东侧和北侧后方占地面积约 6.84km<sup>2</sup>，四港池南侧后方占地面积约 3.22km<sup>2</sup>。通用泊位区后方设置综合物流区以及配套服务区，位于一港池和二港池后方，主要为各类临港产业服务。

### (4) 集装箱泊位区

一、二港池之间东侧岸线规划为集装箱泊位区，共形成码头岸线长度约 2.95km，可建设约 8 个各类集装箱泊位，码头作业区纵深约 0.8km，码头后方占地面积约 2.56km<sup>2</sup>。集装箱泊位区后方设置综合物流区，占地面积约 4.47km<sup>2</sup>。

### (5) 支持保障系统区

规划两处支持系统区：一处位于一突堤端部，为西部港区提供服务，占地面

积约 0.19km<sup>2</sup>；一处位于二突堤端部，为东部港区提供服务，占地面积约 0.39 km<sup>2</sup>。支持保障系统区集中布置海事、导助航、救捞、海上消防等港口管理或服务设施。

在一港池通用泊位区中部设置预制厂，码头岸线长度为 485m，占地面积约 0.38km<sup>2</sup>，主要为徐圩港区工程建设服务。

徐圩港区已建成投产的各类生产性泊位共计 17 个，其中一港池已建 3 个 10 万吨级通用泊位，二港池已建 3 个 5 万吨级多用途泊位、2 个 5 万吨级和 1 个 1 万吨级液体散货泊位。徐圩港区一、二港池已有码头营运，同时港区内存在其他工程施工及施工船舶活动。

从通航安全的角度出发，经过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》的综合影响论证分析，本工程建设会对所在水域的通航环境和通航安全有一定的影响。建设单位在投入必要的物力和配套设施，与当地海事主管机关进行充分的协调和联系，共同加强对工程及其附近水域安全管理的情况下，通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取一系列安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除。处理好本工程与附近水域通航环境之间存在的相互影响后，连云港市一带一路海水综合利用项目是可行的。

从泊稳看，经过《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》的综合影响论证分析，设计高水位重现期 2 年一遇波浪作用下，各泊位的波高基本满足 10 万吨散货船装卸作业泊稳条件。本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方，因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳和通航造成影响。综上所述，从泊稳看取排水口设置在港池沿岸具有可行性。

本项目是为连云港市徐圩新区石化产业发展服务的，其建设不仅完善了连云港石化产业基地基础设施，满足徐圩新区石化产业基地用水需要，有利于吸引更多的临港产业项目入驻，促进港口的开发建设。《连云港港徐圩港区总体规划（修订）》中关于港区功能定位、岸线利用、总体布局、配套设施和环境保护规划等规划内容没有禁止港内设置取排水口。同时，通过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》和《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》的专题论证，项目运营后对港区水动力条件和航道通航船舶靠泊影响较小，不影响港区主体功能的发挥。

## 8.2.5连云港港徐圩港区总体规划（修订）环境影响评价

根据南京国环环境科技发展股份有限公司开展的《连云港港徐圩港区总体规划（修订）环境影响评价》，通过定性或定量的分析、预测与评价、论证规划的可行性，分析对港口建设规划影响区范围内社会、经济、自然、生态环境等方面所造成的影响范围与程度。规划环评中预测了规划实施后水动力条件和水体交换的影响，结合本工程实施后的水动力条件和水体交换能力预测进行比较分析。

### （1）水动力条件影响

根据规划后潮流场情况可以看出，由于徐圩港东、西防波堤在规划过程中沿着主潮流方向，因此在规划实施后，在徐圩港区东、西两侧的外海区域的潮流流向没有发生明显的变化；而在港区北侧，由于徐圩港区环抱防波堤的实施，改变了防波堤口门处的潮流场；在港区内部，受到徐圩规划防波堤的掩护作用，在涨潮阶段，潮流由口门处，沿着航道轴线方向流入港池，潮流流速有明显增大现象，最大增量可达到  $0.22\text{m/s}$ ，在各港池内，由于两侧防波堤的掩护，潮流流速较小，尤其在近岸区域的一、二港池内，流速减小明显，流速减少量可达到  $0.1\text{m/s}$ 。

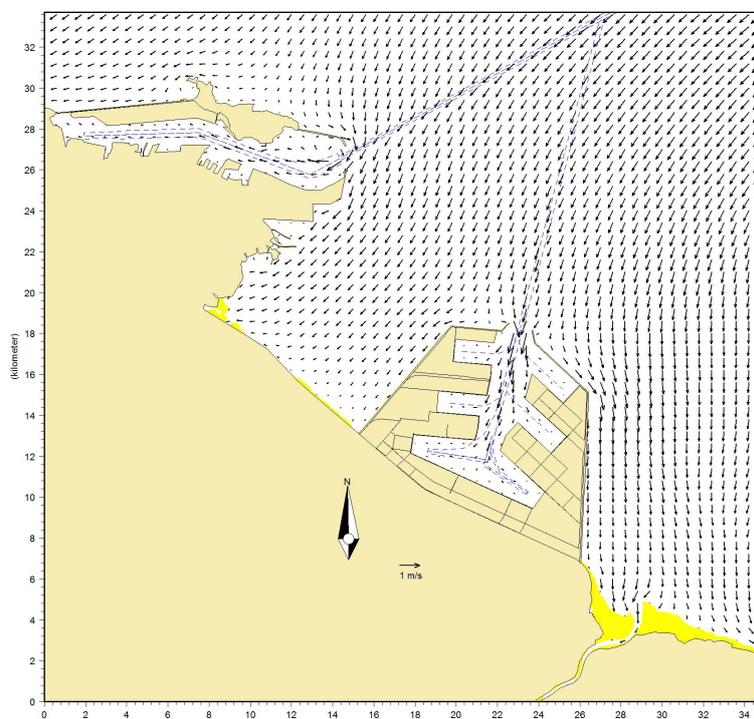


图 8.2-3 规划实施后潮流场（涨潮阶段）

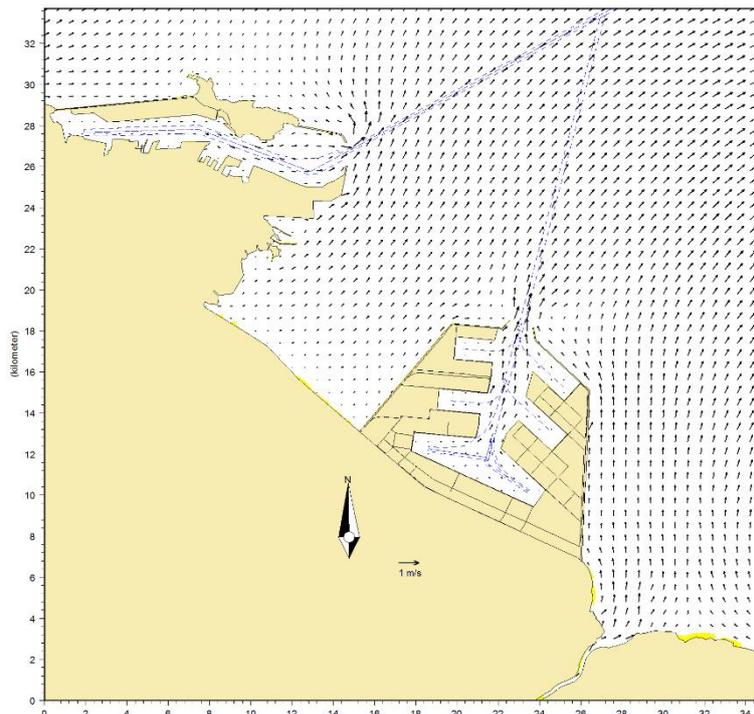


图 8.2-4 规划实施后潮流场（落潮阶段）

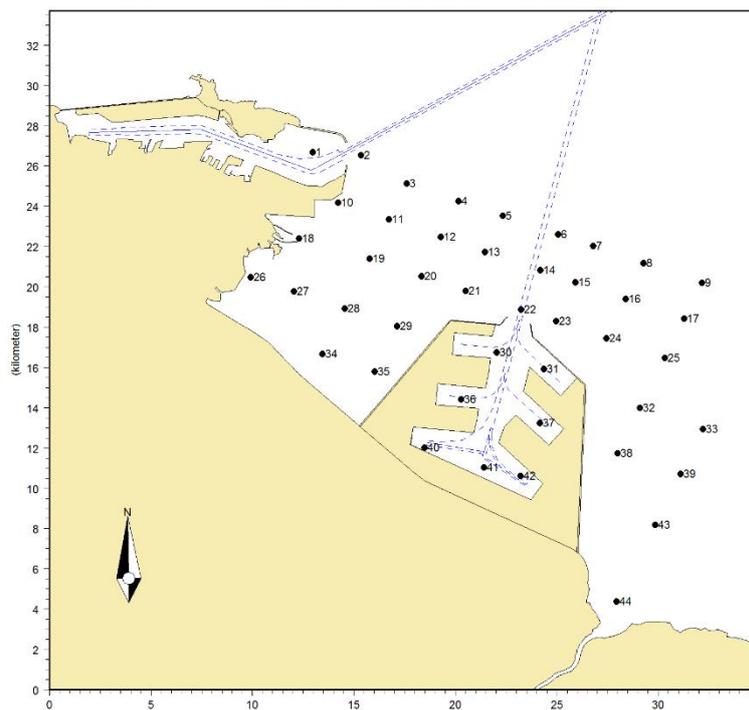


图 8.2-5 规后落急时刻流速大小变化图

表 8.2-2 规划后本项目附近代表点最大流速、流向统计表

点号	工程后		规划		流速差值	流向差值
	流速	流向	流速	流向		
C40	0.36	121	0.061	257	0.299	136
C42	0.15	159	0.076	109	0.074	-50

根据规划实施后对代表点位流速和流向的预测，本工程取水口和排水口位置

分别对应代表点位 C40 和 C42,通过对徐圩港区规划后和本工程取排水口附近流速特征点的对比分析可知,在工程实施后,取排水口附近位置流速有增加趋势,取水口附近流速最大增加量为 0.299m/s,排水口流速最大增加量为 0.076m/s。取水口和排水口附近水域流速增加量分别占规划后流速的 490%和 97%,而本工程的实施对徐圩港区的潮流流向基本不会产生影响。因此本工程的实施对港区规划后水动力环境影响有限,不会改变港区港区功能定位、岸线利用、总体布局、配套设施和环境保护规划等内容。

## (2) 水体交换影响

通过统计规划后徐圩港区内总水体交换率变化曲线(如图 8.2-5 和表 8.2-3 所示),可知,在开始时刻,港池内水交换速度较快,呈直接上升趋势,在模拟 50h 时后,港池内总的水体交换率可达到 50%,而在其后,交换率逐渐下降,在 3 天、5 天、10 天、15 天的总体水交换率分别为 54.64%、61.67%、68.03%、71.69%。

表 8.2-3 各时刻水体交换率情况

计算时长	规划后	计算时长	规划后
1h	0.00	192h	66.40
12h	26.26	204h	67.01
24h	40.49	216h	67.27
36h	47.54	228h	67.79
48h	49.61	240h	68.03
60h	53.41	252h	68.45
72h	54.64	264h	68.73
84h	57.38	276h	69.07
96h	58.69	288h	69.42
108h	60.67	300h	69.70
120h	61.67	312h	70.12
132h	63.12	324h	70.37
144h	63.79	336h	70.88
156h	64.84	348h	71.13
168h	65.31	360h	71.69
180h	66.08	372h	71.99

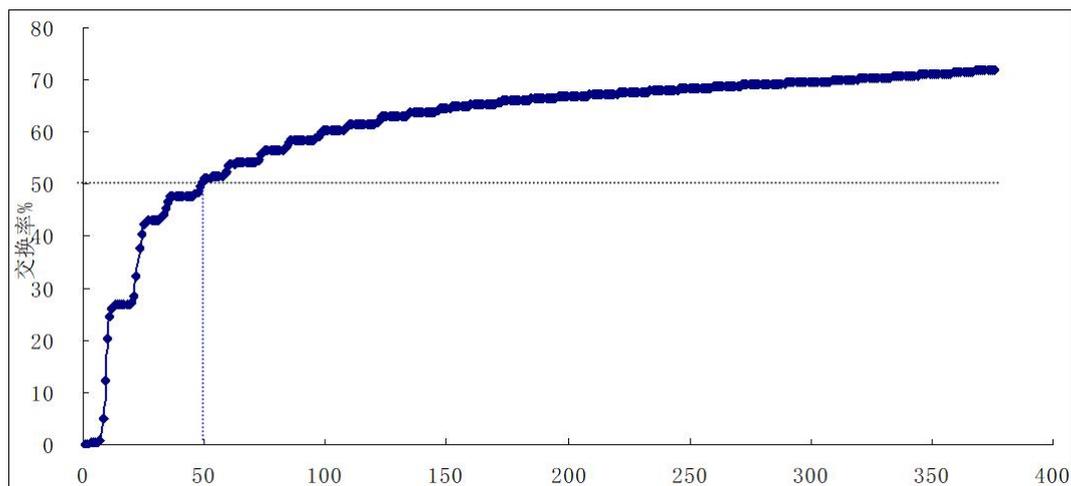


图 8.2-6 规划后徐圩港区内总水体交换率变化曲线

水体交换过程中，港池外水体通过北侧口门向港池内侵入，逐渐将高浓度的水体混合、携带出港池外，在此过程中，交换率在 20%~60%之间的水域面积为过渡的临界水域，约占整个港池 40%的水域面积，而其他水域面积或为港池底部、高浓度、难以扩散的区域，或为接近口门附近、低浓度、易交换的区域，但随着时间的推移，港池底部、高浓度、难以扩散的区域也将逐渐被稀释。

在规划实施后港区内水交换率分布情况，0.5 天的时间内，外海的海水最远可扩散至一、二突堤位置处，在 3 天后可扩散进一二港池内部，在 10 天后交换率 50%的等值线基本能覆盖徐圩港池内大部分水域，但港池底部的水交换情况较慢，在 15 天后，水交换情况和 10 天的水交换情况相类似，沿航道轴线的水交换能力较强，而一二港池底部的水交换依然较慢，外侧的五六港池的交换情况相对充分。

本工程实施后，春秋冬季于徐圩港区一港池取水 80 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，产生 12 万  $\text{m}^3/\text{d}$  产品水供给企业，二港池混合排水 68 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ；夏季于徐圩港区一港池取水 115 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，产生 12 万  $\text{m}^3/\text{d}$  产品水供给企业，二港池混合排水 103 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。因此外海向港区补充海水 12 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，水体于港区一、二港池内形成一个单独小循环，影响水体仅局限于一、二港池内部，对于整个港区的影响有限。

从净通量来看，不论现状布局和总体规划布局下，在二港池底部增加排水工程后，排出的水体使排水口附近的高浓度水体向其它区域挤压，使得二港池区域的水体交换情况在一定程度上得到改善，港池内侧将有 1.4 $\text{m}^3/\text{s}$  的净取水量。初步估算，排水后二港池 30 天水体交换率将提升 15%左右。但由于排水流量相对

较小、港内面积及纳潮量较大，本排水工程对全港水体交换能力的改善有限，30天全港水体交换率提升约5%左右，因此本工程对港区整体水体交换基本无影响。

### 8.2.6 连云港石化产业基地总体发展规划

连云港石化产业基地位于江苏省连云港市徐圩新区（国家东中西区域合作示范区的先导区）内，是国家确定的七大石化产业基地之一。以提升产业竞争力为核心，稳步推进炼化一体化产业，加快发展多元化原料加工产业，大力发展石化深加工产业。形成以大型炼化一体化和多元化原料加工产业为支撑、以化工新材料和精细化工高端产业集群为特色的产业结构，打造规模、质量、效益协调发展的高端石化产业体系。承接江苏省石化产业转移，打造推动长江三角洲、江苏沿海地区、新亚欧大陆桥沿线区域相关产业发展的能源及石化原材料产业基地。

连云港石化产业基地本次规划的规划期调整为2020-2030年，分为两期进行建设，统筹规划，分步实施。近期：到2025年，连云港石化产业基地炼油规模达到1600万吨/年，乙烯规模达到405万吨/年，对二甲苯规模达到280万吨/年；远期：到2030年，炼油规模达到4000万吨级，乙烯规模达到600万吨级，对二甲苯规模达到700万吨级。

炼化一体化产业和多元化原料加工产业共同构成石化产业基地的支柱性产业，为石化深加工产业的发展提供丰富的资源。通过大力发展石化深加工产业，石化产业基地化工新材料和精细化工产品的品种和数量将逐步增长，形成若干具有影响力的高端产品集群。

#### （1）空间结构规划

连云港石化产业基地总体上规划为“一环串联、三轴带动、六区协同、多点辐射”的空间结构。“一环”即依托疏港大道、海滨大道、徐仲公路和复堆河路形成规划区外围交通生态廊道。“三轴”即依托省道226（G228）、隰山路和苏海路打造三条产业空间轴。“六区”即盛虹炼化项目区、二期炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园、化工新材料和精细化工区，各片区内部以用地有效集聚为原则，保持内部小组团的完整，利于开发的弹性和可持续性。“多点”即“一体化”配套服务的公用工程及辅助设施。包括物流仓储区、工业水厂、污水处理、固废处理、变电站、消防站等。

#### （2）功能分区

根据基地产业发展规划，结合基地现状，综合规划区地理位置、自然条件、环境保护、安全卫生及生产运营对周边生态环境的影响程度，将基地规划为盛虹炼化项目区、二期炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园、化工新材料和精细化工区、物流仓储区及多点辐射的公用工程设施。

### (3) 产业区

根据基地产业规划和产业链流向，将产业区规划为盛虹炼化项目区、二期炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园、化工新材料和精细化工区 6 部分。

**盛虹炼化项目区：**主要为在建的盛虹炼化（连云港）有限公司的炼化一体化项目。

**二期炼化项目区：**规划布局二期炼化一体化项目，可根据基地项目推进情况，必要时调整为其他类型的产业项目。

**多元化原料加工区：**包括已建的醇基多联产项目、在建拟建的丙烷脱氢和轻烃裂解项目及周边地块。

**聚酯原料区：**主要为已建和扩建的 PTA 项目。

**中化连云港循环经济产业园：**为在建拟建的中化集团下属企业投资项目组成。

**化工新材料和精细化工区：**利用炼化一体化和多元化原料加工项目提供的各类有机原料，向下游发展化工新材料和精细化工产品。

基地快速路 G228 为中轴，分为东、西两个片区，东部片区按照物料关系自北向南依次为二期炼化项目区、盛虹炼化项目区、多元化原料加工区、聚酯原料区、中化连云港循环经济产业园。西部片区主要为下游的化工材料和精细化工区。东、西片区又通过管廊联系在一起。

### (4) 公用工程

各类公用工程的布置位置除考虑现有设施其本身建设要求外，也应尽量靠近其负荷中心，以缩短其输送距离，节约能耗。各类上下游装置和配套的公用工程、储运设施等都围绕布置在主产业链的周围。

主要公用工程设施在基地内的布局如下：

**供水：**除利用基地外净水厂外，规划在陂山湖以东建设第二水厂为基地供水。

污水处理：基地集中建设污水处理厂，其中现状的东港污水处理厂位于基地港前大道以西、深港河以南的东港工业废水综合治理中心内，规划的徐圩污水厂位于 S226 以西、西港河以北严港工业废水综合治理中心内，处理达标后尾水深海排放。

变电站：基地内规划建设 2 座 220kV 公共变电站及一系列 110kV 公共变电站。

热电联供：依托虹洋热电和公用工程岛为基地集中供应蒸汽及工业气体。

固危废处理中心：规划在基地南部、S226 以西建设基地固危废处理中心。

消防站：在基地内共规划 9 处公共消防站，按特勤消防站标准建设。消防站的位置可在下一步根据项目设施情况进行调整。

连云港石化产业基地总需新水 70 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，据石化基地脱盐水需求统计，近期（至 2025 年）基地脱盐水需求量约 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，远期（至 2030 年）脱盐水需求量约 22 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。前期已规划建设 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的脱盐水厂，远期仍有 12 万吨/天的脱盐水缺口。远期脱盐水缺口采用海水淡化水补足。

本项目拟选排口服务于连云港石化产业基地，海水淡化可弥补石化基地脱盐水供水缺口，开辟第二水源，与已建的脱盐水厂形成互联互通格局，提高园区企业高品质用水的保证率，加强石化基地供水安全。其建设有利于落实连云港石化产业基地产能提质和优化布局，推动连云港石化产业基地的建设和发展。

## 9 相关专项论证

为分析评价取排水口选址及相关工程布置对海洋环境产生的相关影响,以满足海域使用论证、环境影响评价的相关工作需求。开展了四个专项论证分别为:连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究、连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究、连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究、连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证,论证结论如下:

### 9.1 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究

交通运输部天津水运工程科学研究所开展了连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究,依据初步确定的取排水口位置、取水温升要求及盐度扩散情况,科学合理地确定连云港石化产业基地海水直接冷却项目排水量。

在对自然条件进行总结分析的基础上,建立了潮流、温度扩散及盐度扩散数学模型,并根据 2018 年 9 月实测水文资料对模型进行了验证,经计算分析得到主要结论如下:研究得到以下主要结论:

(1) 工程海区潮汐性质属非正规半日浅海潮,在每个潮汐日内出现两次高潮和两次低潮,两高两低非常接近,日潮不等现象不显著,潮汐强度中等,平均潮差约为 3.69m。

(2) 徐圩港区附近水流整体呈现逆时针旋转流性质,涨潮时,水流由 N 向流入,在徐圩港区堤头处进行分流:西侧水流沿着西防波堤向近岸流动,主流向为 WSW 向,东侧水流受东防波堤的导流作用,水流向 S 向流动;在落潮阶段,近岸处的水流由东西两侧汇聚后,往 N~NE 向向外海流动,东、西防波堤在落潮过程中具有明显的导流作用。

(3) 潮波传至港内时,受岸线形态及局部地形的影响,在港区口门及突堤附近存在明显挑流,局部流向发生改变,进入港池内部的涨潮水体将在口门附近形成回流,落潮时水流相对较为平顺;港池内部流速普遍较低。

(4) 盐度扩散情况

从季节变化看,冬、夏季盐度扩散影响范围无明显区别。由于夏季排水量大,最终夏季总体影响范围略大于冬季。但冬季排水盐度高于夏季,造成排水口附近冬季盐度略高。

盐度增加大于 0.5g/L 的影响范围,夏季在 2.26km<sup>2</sup>,冬季在 2.23km<sup>2</sup>左右;增加大于 2g/L 的影响范围,夏季在 0.47km<sup>2</sup>,冬季在 0.52km<sup>2</sup>左右。

冬、夏季,取水口附近盐度增加幅度均不大。其盐度值在 32.1g/L 以内,增加量值在 0.1g/L 以内。

#### (5) 温度扩散情况

从季节变化看,由于夏季排水量大,冬季排水量小,造成夏季温度总体扩散范围略大于冬季。

温升超过 0.5℃ 的影响范围,夏季在 4.91km<sup>2</sup>,冬季在 4.54km<sup>2</sup>左右;超过 1℃ 的影响范围,夏季在 1.79km<sup>2</sup>,冬季在 1.63km<sup>2</sup>左右;超过 4℃ 的影响范围,夏季在 0.47km<sup>2</sup>,冬季在 0.46km<sup>2</sup>左右。取水口附近温升在 0.5℃ 以内。

## 9.2 连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究

天科院环境科技发展有限公司开展了连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究,对取排水口水动力、余氯、溢油、悬浮泥沙扩散及取排水冲淤数值模拟专题研究,以通过数值模拟计算分析评价取排水口选址及相关工程布置对海洋环境产生的相关影响。

在对自然条件进行总结分析的基础上,建立了潮流、悬沙扩散及溢油、余氯扩散数学模型,并根据实测水文资料对模型进行了验证,经计算分析得到主要结论如下:研究得到以下主要结论:

(1) 工程海区潮汐性质属非正规半日浅海潮,在每个潮汐日内出现两次高潮和两次低潮,两高两低非常接近,日潮不等现象不显著,潮汐强度中等,平均潮差约为 3.69m。

(2) 徐圩港区附近水流整体呈现逆时针旋转流性质,涨潮时,水流由 N 向流入,在徐圩港区堤头处进行分流:西侧水流沿着西防波堤向近岸流动,主流向为 WSW 向,东侧水流受东防波堤的导流作用,水流向 S 向流动;在落潮阶段,近岸处的水流由东西两侧汇聚后,往 N~NE 向向外海流动,东、西防波堤在落潮过程中具有明显的导流作用。

(3) 潮波传至港内时，受岸线形态及局部地形的影响，在港区口门及突堤附近存在明显挑流，局部流向发生改变，进入港池内部的涨潮水体将在口门附近形成回流，落潮时水流相对较为平顺；港池内部流速普遍较低。

#### (4) 水流变化及泥沙冲淤分析

①各布局下，取排水工程的实施对周边流场影响是一致的，均表现为取排水区域流速有所增大。因取水流量大于排水流量，取水区影响略大于排水区。

从最大流速变化看，各方案均没有明显影响泊位区域。取水口周边最大流速变化在 0.02~0.06m/s 左右，排水后流速变化幅度在 0.02m/s 左右。

②工程区不受外部泥沙环境的直接影响，泥沙来源非常有限。从水流强度及变化看，工程建设引起的流速变化范围很小，水动力较弱，最大流速基本在 0.1m/s 以内；这种水流强度下，泥沙不会起动，也就不会对周边冲淤产生影响。

③取排水口施工引起的悬沙扩散影响范围主要集中在港内，其中，取水口施工主要集中在二港池附近，排水口施工影响主要集中在二港池区域。

取水口施工，大于 200mg/L 的影响范围在 0.028km<sup>2</sup> 左右，主要集中在码头后方；大于 100mg/L 的影响范围在 0.232km<sup>2</sup> 左右；大于 50mg/L 的影响范围在 0.612km<sup>2</sup> 左右，大于 20mg/L 的影响范围在 1.351km<sup>2</sup> 左右。大于 200mg/L 的影响范围主要集中在码头后方。

排水口施工，大于 200mg/L 的影响范围在 0.016km<sup>2</sup> 左右，大于 100mg/L 的影响范围在 0.078km<sup>2</sup> 左右，大于 50mg/L 的影响范围在 0.245km<sup>2</sup> 左右，大于 20mg/L 的影响范围在 0.838km<sup>2</sup> 左右。大于 200mg/L 的影响范围主要集中在明渠区域。

#### (6) 溢油扩散

①溢油事故发生后，油膜的扫海面积以及漂移轨迹与油品泄漏的时刻、风况等因素有很大关系，所以在同样溢油量情况下，发生情景不同其扫海范围迥异，另外，随着时间的推移，油膜面积逐渐扩大。

②本工程位置徐圩港区一、二港池内，工程水域水流动力较弱，水流对油污扩散影响较小，风向对其影响较大。在 NNE 主导向风作用下，油膜 72h 扫海包络范围均为 0.003km<sup>2</sup>；在 SE 向风作用下，油膜整体向西北方向扩散趋势明显，短时间内即可到达一港池北侧岸线，在涨、落潮时刻泄漏时，溢油点的油膜扫海

包络范围分别为  $0.137\text{km}^2$  和  $0.125\text{km}^2$ 。

③当本工程附近发生溢油泄漏事故时，受风影响较大，溢油扩散范围主要集中在一港池区域，对周边影响相对较小。

#### (7) 余氯扩散情况

①各方案余氯扩散至港内后，最大浓度基本在  $0.06\text{mg/L}$  以内。由于夏季排水量大，冬季排水量小，造成夏季余氯扩散范围总体略大于冬季。

②各方案影响范围都集中在排水口附近。

现状布局下，防波堤未开口时，大于  $0.05\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.029\text{km}^2$ ，冬季在  $0.018\text{km}^2$ ；大于  $0.02\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.105\text{km}^2$ ，冬季在  $0.066\text{km}^2$ ；大于  $0.01\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.181\text{km}^2$ ，冬季在  $0.114\text{km}^2$ 。

现状布局下，防波堤开口时，大于  $0.05\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.029\text{km}^2$ ，冬季在  $0.017\text{km}^2$ ；大于  $0.02\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.105\text{km}^2$ ，冬季在  $0.067\text{km}^2$ ；大于  $0.01\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.182\text{km}^2$ ，冬季在  $0.115\text{km}^2$ 。

总规布局下，防波堤开口时，大于  $0.05\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.016\text{km}^2$ ，冬季在  $0.012\text{km}^2$ ；大于  $0.02\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.038\text{km}^2$ ，冬季在  $0.031\text{km}^2$ ；大于  $0.01\text{mg/L}$  的影响范围，夏季在  $0.059\text{km}^2$ ，冬季在  $0.047\text{km}^2$ 。

### 9.3 连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告

交通运输部天津水运工程科学研究所开展了连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究，了解了工程实施前后工程附近水域的流场、横流等水文要素、及取水工程设计波浪要素，现开展潮流、波浪数值模拟研究，为工程设计提供准确可靠的相关设计参数。

主要围绕连云港市徐圩港区海水综合利用项目取排水工程开展研究工作，对工程实施前后工程附近水域的流场、波浪等水文要素情况，开展潮流、波浪数值模拟研究，主要结论有：

(1) 工程海区潮汐性质属非正规半日浅海潮，日潮不等现象不显著，潮汐强度中等，平均潮差约为  $3.69\text{m}$ 。

(2) 潮波传至港内时，受岸线形态及局部地形的影响，在港区口门及突堤附近存在明显挑流，局部流向发生改变，进入港池内部的涨潮水体将在口门附近形成回流，落潮时水流相对较为平顺；港池内部流速普遍较低。

(3) 泊位区流速较低，已开挖泊位最大流速在 0.1m/s 以内，取排水工程实施后，泊位区流速变化很小，最大变化在 0.02m/s 左右。可见取排水工程对泊位区水流动力影响较小。

(4) 从工程方案平面布置图看，本工程取水口所在的一港池水域，位于波浪掩护条件良好的水域。经数模计算：工程区波浪以 NE~E 向小风区风成浪为主控浪向。

综合考虑绕射浪和小风区风浪，取水口位置波要素情况为：25 年一遇各向波浪下，极端高水位、设计高水位、设计低水位取水口位置最大 H1%波高分别为 2.05m、1.98m、0.65m，E 向；2 年一遇各向波浪下，设计高水位、设计低水位取水口位置最大 H4%波高分别为 1.04m、0.59m，NE 向。

(5) 从泊稳看，按装船作业标准考虑泊位受波浪影响作业天数，取水口附近在 1~3 天；排水口附近在 5 天左右。按卸船作业标准考虑，取水口附近泊位为 2~5 天。排水口附近泊位为 11 天左右。

(6) 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水工程，排水管道延西港河沿岸伸至码头处，排水口位于徐圩港区二港池码头北侧。取水口位于一港池码头后方，工程尺度较小，工程实施后流速变化很小；同时工程处于水下，波浪以小风区风浪为主，受工程的影响也极小。总体而言，本工程的实施对泊位稳定性基本无影响。

## 9.4 连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证

由于连云港市一带一路海水综合利用项目会对附近水域的通航环境将产生一定影响，为保证船舶的安全运行和过往船舶的安全航行以及保持该水域的航运畅通，避免工程水域通航环境恶化，保障船舶的安全，防止水域污染，按照国家海事主管机关及有关规定或办法的要求，武汉明泽航运技术有限公司对本工程涉及的航行水域的通航安全进行专题影响论证。

通过综合论证，连云港市一带一路海水综合利用项目有利于缓解徐圩港区用水需求，促进经济的发展，工程建设施工力量、供水、供电等外部配套条件良好，取排水口建设海域使用符合江苏省海洋功能区划要求，位于港口区，避开渔业养殖等，对环境的影响小。

但本工程建设会对所在水域的通航环境和通航安全有一定的影响。建设单位

应充分认识到通航环境和安全生产的关系，投入必要的物力和配套设施，与当地海事主管机关进行充分的协调和联系，共同加强对工程及其附近水域的安全管理。通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取本报告提出的一系列安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除。

从通航安全的角度出发，经过综合影响论证分析，在解决好本工程的相关问题，处理好本工程与附近水域通航环境之间存在的相互影响后，连云港市一带一路海水综合利用项目是可行的。

## 10 风险事故防范和应急措施

### 10.1 水体环境恶化藻类爆发应急措施

根据《徐圩港区海洋生物多样性试验和生态修复项目补充调查报告》对港内水域藻类资源的调查情况，依据国家标准《海洋调查规范》(GB12763-2007)，采用浅水 III 型浮游生物网采集调查海域的浮游植物。共检出 35 种浮游植物，其中硅藻 28 种，甲藻 6 种，裸藻 1 种 (仅在 S19 站位检出)。硅藻中窄隙角毛藻、尖刺拟菱形藻及虹彩圆筛藻为优势种。

浮游植物总丰度为 8~164cell/L，平均为 53cell/L。细胞丰度差异较大，其中硅藻的丰度为 5~123cell/L，平均为 50cell/L；甲藻的丰度为 1~40cell/L，平均为 8cell/L；裸藻仅在一个站位 (S19) 发现，细胞丰度为 1cell/L。硅藻类占据浮游植物种群的绝对数量优势，窄隙角毛藻尖刺拟菱形藻及虹彩圆筛藻细胞丰度较高，分别为 46cell/L、26cell/L 和 41cell/L。

采用浅水 III 型浮游生物网采集调查海域的浮游植物。共检出 19 种浮游植物，其中硅藻 18 种，甲藻 1 种 (仅在 S1 站位检出)。硅藻中派格棍形藻、圆筛藻、矮小短棘藻、具槽帕拉藻及骨条藻为优势种

浮游植物总丰度为 59~397cell/L，平均为 199cell/L。各站位间细胞丰度差异较大，其中硅藻的丰度为 55~397cell/L，平均为 198 cell/L；甲藻仅在一个站位 (S1) 发现，细胞丰度为 4cell/L。硅藻类占据浮游植物种群的绝对数量优势，派格棍形藻、圆筛藻矮小短棘藻、具槽帕拉藻及骨条藻细胞丰度较高，分别为 38 cell/L、33 cell/L、15 cell/L、62 cell/L 和 57cell/L。

现状情况下，港内偶有藻类爆发情况。为应对港内水环境恶化藻类爆发的突发事件，建议相关部门启动藻类爆发应急预案开展相关防治工作，避免近岸海域受藻类爆发的影响。针对项目所在地情况，对水源地藻类爆发应急处理提出应急措施：

#### (1) 成立专门应急队伍

成立专门的应对水源地藻类爆发的处置应急队伍，包括一般的工作人员和相关领域的专家，形成有效的应急措施，建立反应迅速、组织科学、高效运转的应急机制，成立专门的突然性水污染应急处理专家小组，遇到突发事件才能有条不紊

紊的进行处置。同时也要建立联动机制，使各个部门能够在短时间内信息共享，争取在最短时间、最大限度、最有效地遏制污染事故的蔓延扩大，将危害程度降到最低。

## **(2) 完善预警机制**

建立藻类灾害警报和处置制度。能够及时进行预警、预测，做到早发现、早报告；做好人员、技术、物资、设备的应急储备工作，做到早准备、早处理，防患于初期；预警信息发出后，要实行全程监控。

## **(3) 强化打捞工作**

组建打捞指挥部，根据藻类爆发的情况调派打捞船只开展打捞工作减少和控制藻类生长和扩散。通过藻类爆发打捞指挥平台，结合风向、风力、潮流等海洋环境与港内船舶作业情况，科学配比打捞船只数量，对藻类爆发实时跟踪，将打捞区域锚定在直接影响的海域，海上打捞拦截更加精准。对于面积不大的藻类爆发，可以选用竹竿或塑料管将藻类围到一个角落，在下风处用捞网人工捞除。

## **(4) 调度开闸放水**

西港闸为徐圩新区主要泄洪通道，根据藻类爆发的程度可以通过西港闸开闸放水，向港池内中补充新水，增加水体的流动性，降低港池内爆发藻类的数量，同时稀释水中毒素，促进其他藻类生长。

## **(5) 紧急停止取排水工程运行**

取排水口所在水域由于受到水体富营养化等多方面因素影响，藻类出现大面积爆发，影响水体质量，为安全起见，建设单位需结合园区供水需求和藻类爆发的面积紧急暂停从港内取排水，利用地表淡水、园区脱盐水厂产水作为备用保障产业用水，待藻类影响消除后再次启动运行。同时，海水淡化厂本身通过工艺保障，降低藻类对出水水质的影响。海淡厂内设有次氯酸钠预氧化杀灭藻类，此外气浮和超滤膜也可以有效去除藻类。

## **(6) 定期开展藻类爆发监测工作**

加强水源地藻类监测技术储备，完善监测系统，实施动态监测，对取水口水质进行日常监测，提高对藻类爆发引起水污染事故的快速反应和应急处理能力，为污染事故处理提供科学依据。藻类爆发监测流程包括：①物理监测，对影响水华的一系列因素（如水面面积，水深，营养物质状况，温度以及水体扰动状况等）

进行监测；②原水和处理出水的采样分析。

## 10.2 化工泊位化学品泄漏应急措施

在面对以石油为主的突发化工污染情况下，可采用强化常规处理、应急药剂投加及膜系统提频冲洗等措施进行调控。

### (1) 警报预警

尽快拉响化学品泄漏的报警器，通知现场人员和周围人员发生了紧急情况。同时立即报警，通知有关部门（例如消防部门）前来支援。

### (2) 紧急暂停取排水工程

取排水口所在水域由于发生化学品泄漏将影响水体质量，为安全起见，建设单位需结合园区供水需求和化学品泄漏影响的范围紧急暂停从港内取排水，利用地表淡水、园区脱盐水厂产水作为备用保障产业用水，待泄漏影响消除后再次启动运行。

### (3) 取水水处理

石油原油成分多样，性质复杂，其中悬浮油类和重油基本能够由沉淀气浮组合的一级工艺去除；分散油可通过调节絮凝剂投加量、应急投加助凝剂、延长沉淀及气浮停留时间等手段改性后去除；乳化油类将主要在超滤系统中被截留，但应提升膜组件冲洗频率，同时采用碱类清洗药剂对膜组进行事后恢复性清洗；溶解性油类将在反渗透系统中被截留，基于其溶解性及较低的含量，使用碱液冲洗即可恢复反渗透膜性能。

## 11 取排水口选划方案综合比选

取、排水位置方案选取时，主要考虑了排水口位置，同时兼顾取水布置。根据拟选的3个取水口和6个排水口，对取排水位置进行组合，初步得到20种方案。由于排水口周边可能存在的排水扩散回流会对取水水温和盐度的造成一定影响，因此对方案进行了初步判断，排除了排水口与取水口距离过近的情况。最终通过初步排除后，获得9个拟选方案。

将9个比选方案分成四大类，港区西侧排水方案（方案1、2）、港内排水方案（方案3、4、5）、港区东侧排水方案（方案6、7）和三港池西侧堤外排水方案（方案8、9）。从连云港徐圩新区海域水动力条件、水体环境、环境敏感目标的影响和区域产业规划与功能区划符合性等多因素，对9个方案进行了多角度比选。

### 11.1 水动力条件比选

#### 11.1.1 潮流特征

对于拟选方案所在水域而言，流速相差不大，一、二港池内最大流速基本在0.1m/s以内；取水后A、B和C点所在水域最大流速分别为0.36m/s、0.29m/s和0.21 m/s；排水后1#、2#、3#、4#、5#和6#点所在水域涨落最大流速为0.11m/s、0.27 m/s、0.12 m/s、0.15 m/s、0.49 m/s和0.23m/s。

从本项目水深条件来看，水深越大的水域动力条件越强，越有利于排放水扩散。拟选排放口处水深由大到小依次为：方案8和9>方案3>方案5>方案4>方案1和2>方案6和7，方案6和7的排口5#处位于浅滩，排放条件相对较差。

污染物排放后受水流和水深地形的综合影响扩散充分，从而降低排放水对近岸区域水环境的影响，总体上，各方案拟选排放口局部水动力条件差别不大。

#### 11.1.2 波浪特征

##### 11.1.2.1 对船舶通航的影响

通过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》综合论证，连云港市一带一路海水综合利用项目有利于缓解徐圩港区用水需求，促进经济的发展，工程建设施工力量、供水、供电等外部配套条件良好，取排水口建设

海域使用符合江苏省海洋功能区划要求，位于港口区，避开渔业养殖等，对环境的影响小。

但本工程建设会对所在水域的通航环境和通航安全有一定的影响。建设单位应充分认识到通航环境和安全生产的关系，投入必要的物力和配套设施，与当地海事主管机关进行充分的协调和联系，共同加强对工程及其附近水域的安全管理。通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取本报告提出的一系列安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除。

从通航安全的角度出发，经过综合影响论证分析，在解决好本工程的相关问题，处理好本工程与附近水域通航环境之间存在的相互影响后，连云港市一带一路海水综合利用项目是可行的。

#### **11.1.2.2对船舶泊稳的影响**

通过《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》的综合影响论证分析，本工程区泊位按 10 万吨通用泊位设计，设计代表船型：按 10 万吨散货船考虑。根据《海港总体设计规范》规定 10 万吨通用泊位按散货船考虑装卸作业的允许波。

为具体估计各泊位受波浪影响损失作业天数，首先依据徐圩海洋站 2010.7~2011.6 波浪波高分频分级统计数据，再根据波浪数学模型计算的工程海域波高分布中徐圩海洋站与泊位各计算点位置的波高关系，作为计算依据，对各泊位船舶装卸作业受波浪影响的损失作业天数进行统计：按照徐圩港区一、二港池自然条件，按装船作业标准考虑泊位受波浪影响作业天数，取水口附近在 1~3 天；排水口附近在 5 天左右。按卸船作业标准考虑，取水口附近泊位为 2~5 天。排水口附近为 11 天左右。

从泊稳看，设计高水位重现期 2 年一遇波浪作用下，各泊位的波高基本满足 10 万吨散货船装卸作业泊稳条件。本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方，因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳造成影响。综上所述，从泊稳看取排水口设置在港池沿岸具有可行性。

## 11.2 水体环境分析比选

### 11.2.1 温度扩散

方案 1、2、8 和 9 的排水口 1#和 6#点位于三类环境功能区，造成海水的温升不超过当时当地 4℃；同时 1#排水口设置在徐圩港区西防波堤外海湾沿岸，6#排水口设置在徐圩港区三港池西防波堤外侧，允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。因此，方案 1 和 2 温升不超过当时当地 4℃且允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。

方案 3、4 和 5 的排水口位于四类环境功能区，造成海水的温升不超过当时当地 4℃；同时 2#、3#和 4#排水口设置在徐圩港区内海湾沿岸，允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。因此，方案 3、4 和 5 温升不超过当时当地 4℃且允许混合区范围： $A_a \leq 0.48\text{km}^2$ 。

方案 6 和 7 的排水口 5#位于二类环境功能区，因此造成海水的温升不超过当时当地 1℃；同时排水口 5#设置在徐圩港区东防波堤外开敞海域沿岸，允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。因此，方案 6 和 7 温升不超过当时当地 1℃且允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{km}^2$ 。

根据计算结果，现状布局情况下从温升控制要求看，方案 3 满足排水温控要求。总规布局情况下，港内排水方案 3 和三港池西侧堤外排水方案 8 和 9 均满足排水温控要求。

由于方案 8 和 9 不满足现状情况下温控要求，因此仅方案 3 满足各时期排水温控要求。

### 11.2.2 盐度扩散

从季节变化看，冬、夏季盐度扩散影响范围无明显区别。由于夏季排水量大，最终夏季总体影响范围略大于冬季，但冬季排水盐度值高于夏季，造成排水口附近冬季盐度值略高。盐度增加大于 0.5g/L 的影响范围，夏季在 2.26km<sup>2</sup>，冬季在 2.23km<sup>2</sup> 左右；增加大于 2g/L 的影响范围，夏季在 0.47km<sup>2</sup>，冬季在 0.52km<sup>2</sup> 左右。冬、夏季，取水口附近盐度增加幅度均不大。其盐度值在 32.1g/L 以内，增加量值在 0.1g/L 以内。

从盐度扩散角度看，方案 3 取水口取水不受排水口盐度扩散分布的影响。

### 11.2.3 余氯扩散

从浓度看，各方案余氯扩散至港内后，西侧排放最大浓度基本在 0.08mg/L 以内；港内排放最大浓度基本在 0.06mg/L 以内；东侧排放最大浓度基本在 0.09mg/L 以内。

从季节变化看，由于夏季排水量大，冬季排水量小，造成夏季余氯扩散范围总体略大于冬季。

从影响范围看，各方案影响范围都集中在排水口附近。现状布局下，防波堤未开口时，西侧排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.075km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.221km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.382km<sup>2</sup>；港内排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.016km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.038km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.059km<sup>2</sup>；东侧排放大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.280km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.661km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 1.181km<sup>2</sup>；总规布局下，防波堤开口时，大于 0.05mg/L 的影响范围，在 0.010km<sup>2</sup>，大于 0.02mg/L 的影响范围，在 0.064km<sup>2</sup>，大于 0.01mg/L 的影响范围，在 0.211km<sup>2</sup>。

由于海水生物在超过 0.02mg/L 浓度的水环境时，会引起生物的死亡。因此，本评价以海水中余氯浓度 0.02mg/L 来衡量。根据各方案计算结果，港内排水方案 3、4 和 5 余氯影响范围最小，东侧排水方案 6 和 7 余氯影响范围最大。

## 11.3 相关规划和功能区符合性比选

### 11.3.1 环境功能区划

根据《江苏省近岸海域环境功能区划方案》，拟选取水口 A、B 和 C 均在徐圩港区内，位于海洋开发作业区，属于四类环境功能区，水质执行四类海水水质标准。

拟选排水口 2#、3#和 4#位于“江苏省近岸海域环境功能区划”的四类环境功能区，拟选排放口 1#、6#和 5#分别位于“江苏省近岸海域环境功能区划”的三类环境功能区和二类环境功能区。针对各方案排水口所在海域环境功能区的管理要求，东侧排水方案 6 和 7 排口所在环境功能区的管理要求和水质执行标准较港内排水方案 3、4 和 5 高。

### 11.3.2连云港市国土空间规划

根据《连云港城市国土空间规划（2020-2035年）》关于海洋保护区和海洋发展区的划定情况和管控要求。

拟选取水口 A、B 和 C 取水口位于交通用海区。毗邻海域功能区分布有特殊用海区、渔业用海区、游憩用海区等。

拟选排口 1#和 6#位于游憩用海区，该区域重点保障现有城市生活用海和旅游休闲娱乐用海需求，根据《海水水质标准》（GB3097-1997）游憩用海区所在海域执行二类海水水质标准。管控要求：重点保障现有城市生活用海和旅游休闲娱乐用海需求，严格保护、合理开发和有序利用天然沙滩资源，保护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性；合理控制旅游开发强度和游客容量。

2#、3#和 4#排口位于交通用海区，该区域保障港口用海，堆场、码头等港口基础设施及临港配套设施建设，根据《海水水质标准》（GB3097-1997）交通用海区所在海域执行四类海水水质标准。管控要求：保障港口用海，堆场、码头等港口基础设施及临港配套设施建设，应集约高效利用海域空间资源。统筹陆海基础设施建设，提高现有港口综合效益。

5#排水口位于特殊用海区，可以根据沿海工业发展需要，在科学论证的基础上，安排达标尾水深海排放区。毗邻海洋发展区分布有渔业用海区、工况通信用海区等。管控要求：根据沿海工业发展需要，在科学论证的基础上，可安排达标尾水深海排放区。沿海各主要港区附近海域，根据港口发展和维护需要，在科学论证的基础上，可安排疏浚倾倒区。加强倾倒活动和污水排放的管理，加强倾倒区环境监测和检查，根据特殊用海区环境质量变化及时做出继续倾倒或关闭的决定。

本项目为海水综合利用项目，排放浓盐水和工业循环冷却水混合后的达标尾水。拟选排口 1#和 6#位于游憩用海区，可能存在海洋运动或娱乐区，海水会与人体直接接触，对海水水质要求较高，因此不推荐 1#和 6#排口。拟选排口 2#、3#和 4#位于徐圩港区内所在海域属于交通用海区，项目运营后对港区水动力条件和航道通航船舶靠泊影响较小，基本不会影响港区主体功能的发挥。拟选排口 5#位于特殊用海区，总体符合特殊用海区的用途管制要求。综上，项目实施不符合游憩用海区的管控要求，因此不推荐方案 1、2、8 和 9。

### 11.3.3连云港港徐圩港区总体规划

截至 2023 年 6 月，徐圩港区已建成的各类生产性泊位共计 25 个，设计货物通过能力 8490 万吨，其中 1 个 30 万吨级液体散货（原油）泊位位于港区六港池、泊位设计通过能力 1740 万吨，其他已建成的 24 个泊位分别位于港区一港池（5 个 10 万吨级通用泊位）、二港池（3 个 5 万吨级多用途泊位、2 个 5 万吨级和 1 个 1 万吨级液体散货泊位）、四港池（6 个 5 万+1 个 2 万吨级液体散货泊位）、六港池（2 个 10 万吨级和 4 个 5 万吨级液体散货泊位）。

从通航安全的角度出发，经过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》的综合影响论证分析，本工程建设会对所在水域的通航环境和通航安全有一定的影响。建设单位在投入必要的物力和配套设施，与当地海事主管机关进行充分的协调和联系，共同加强对工程及其附近水域安全管理的情况下，通过制定相应的安全管理办法以及设置助航标志，并采取一系列安全保障和维护措施后，其不利影响将会得到相当程度的缓解或消除。处理好本工程与附近水域通航环境之间存在的相互影响后，连云港市一带一路海水综合利用项目是可行的。

从泊稳看，经过《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》的综合影响论证分析，设计高水位重现期 2 年一遇波浪作用下，各泊位的波高基本满足 10 万吨散货船装卸作业泊稳条件。本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方，因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳和通航造成影响。综上所述，从泊稳看取排水口设置在港池沿岸具有可行性。

本项目是为连云港市徐圩新区石化产业发展服务的，其建设不仅完善了连云港石化产业基地基础设施，满足徐圩新区石化产业基地用水需要，有利于吸引更多的临港产业项目入驻，促进港口的开发建设。《连云港港徐圩港区总体规划（修订）》中关于港区功能定位、岸线利用、总体布局、配套设施和环境保护规划等规划内容没有明确对港内设置取排水口的要求。同时，通过《连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告》和《连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》的专题论证，项目运营后对港区水动力条件和航道通航船舶靠泊影响较小，不影响港区主体功能的发挥。

### 11.3.4江苏省海岸带利用和保护规划

根据江苏省海岸带利用和保护规划，1#和6#排口位于游憩用海区，2#、3#和4#排口位于交通运输用海区、5#排口位于渔业用海区。本次排海工程主要排放的是温排水和浓盐水，工程营运期间排口附近局部水域会出现一定温度和盐度升高的现象，对农渔业会产生一定影响。因此不推荐方案6和7。

根据比选结果，已在登记表里进行兼容性表述如下：在不影响徐圩港区交通运输用海功能区功能的情况下，适当兼容部分工矿用海区，目前规划已定稿，等待下一步审批。

### 11.4与环境保护目标的关系

拟选排放口所在海域有6宗已确权的围海养殖用海，见图3.4-1。由于1#、5#和6#排口分别位于徐圩港区外东西两侧，排口位置距离围海养殖较近，会对围海养殖产生一定的影响。2#、3#和4#排口位于徐圩港港区内，围海养殖区位于东西防波堤外，2#、3#和4#排口距离围海养殖区相对较远，产生的影响较小。

本次排海工程主要排放的是温排水和浓盐水，工程营运期间排口附近局部水域会出现一定温度和盐度升高的现象，对农渔业会产生一定影响。西侧排水方案1、2、8、9和东侧排水方案6、7距离养殖区较近，在各方案温度升高和盐度升高影响范围内，因此不推荐方案1、2、6、7、8和9。

### 11.5相关海洋工程

拟选排放口方案所在徐圩新区海域附近的海洋开发活动主要包括渔业活动、徐圩新区达标尾水排海工程、徐圩港区码头开发建设和田湾核电站取排水工程等。

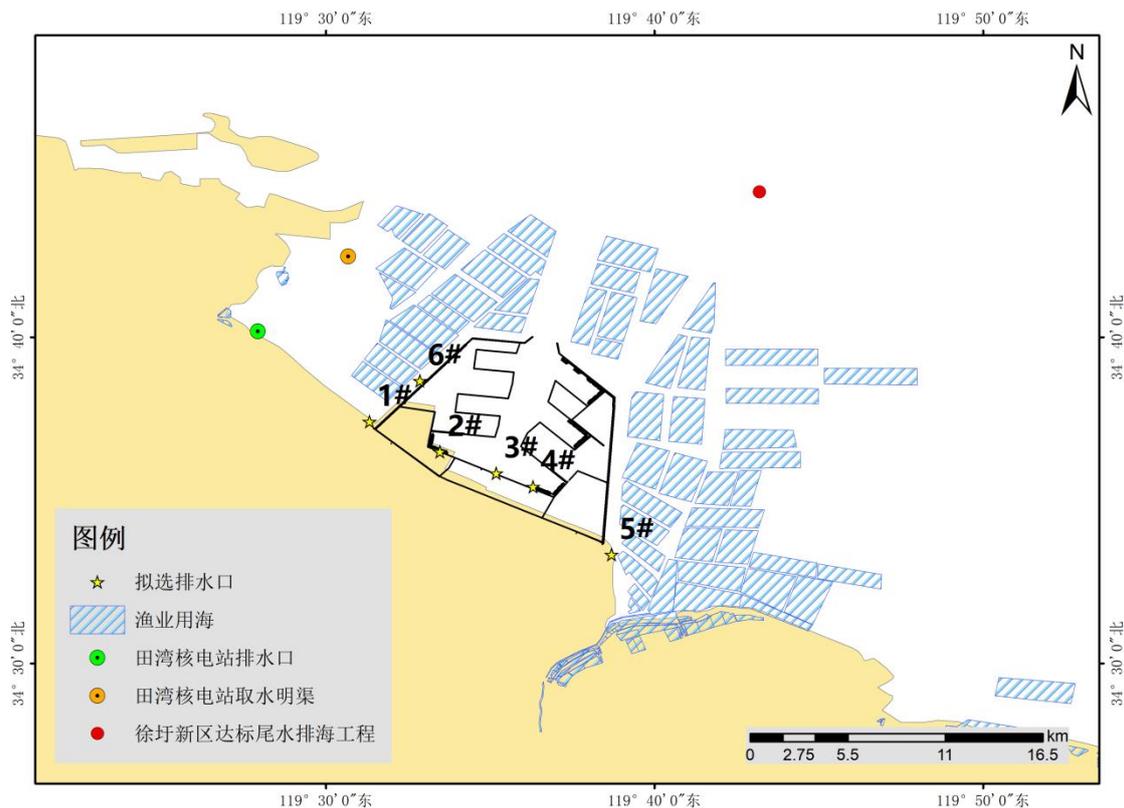


图 12.5-1 项目周边海域相关海洋工程

### 11.5.1 渔业活动

拟选排放口所在海域有 6 宗已确权的围海养殖用海。由于 1#、5#和 6#排口分别位于徐圩港区外东西两侧，排口位置距离围海养殖较近，会对围海养殖产生一定的影响。2#、3#和 4#排口位于徐圩港港区内，围海养殖区位于东西防波堤外，2#、3#和 4#排口距离围海养殖区相对较远，产生的影响较小。

方案 1 和 2 中排口 1#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式养殖用海项目 1.4km；

方案 6 和 7 中排口 5#位置距离江苏海州湾发展集团有限公司底播养殖开放式养殖用海项目 0.3km、水产渔业技术指导站增殖护养 2.6km、江苏筑富实业投资有限公司高涂养殖 3.8km。

方案 8 和 9 中排口 6#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式养殖用海项目 0.5km。

### 11.5.2 徐圩新区达标尾水排海工程

徐圩新区达标尾水排海工程设计规模为 11.83 万吨/天，其中包含污水处理厂

6万吨/天和基地循环冷却水 5.83 万吨/天，主要接纳徐圩新区石化产业基地东港污水处理厂处理后排放的达标尾水。其中管道全长 26.08km，包括约 3.8km 陆域管线（现状地面以下埋深 1.20m）和 22.28km 海域管线（含 300m 扩散器母管）。

拟选排放口 5#所在海域附近已有的徐圩新区达标尾水排海工程，拟选排口距离徐圩新区达标尾水排海工程排水口 21.21km。

### 11.5.3徐圩港区码头开发建设

连云港港徐圩港区采用双堤环抱式总体布局，形成六个港池，规划形成液体散货泊位区、干散货泊位区、通用泊位区、集装箱泊位区及支持保障系统区等码头功能区，截至 2022 年底，徐圩港区已建成投产的各类生产性泊位共计 21 个，设计货物通过能力 7131 万吨。到 2024 年底，徐圩港区还将有 1 个 30 万吨级原油泊位和 6 个 5~10 万吨级泊位建成投产，届时徐圩港区码头泊位将达到 28 个，总设计货物通过能力将达到 10733 万吨。

港内排水方案 3、4 和 5 排水口位于港内。

### 11.5.4田湾核电站取排水工程

田湾核电站是一座滨海电厂，采用直流循环海水冷却方式，以海州湾为最终热阱。田湾核电站厂址所在海域属黄海北部的海州湾。排水口附近区域呈半圆形向东开放。取水口水域在羊山岛南，水域比较开阔，水深比排水口附近略深，更有利于海水置换交流。田湾核电站从排水口到湾口外海，水深达到 20m 左右。排水口附近海域仅为 2m 深，而且是淤泥分布区，呈半圆形状态，并且北岸为海水封闭区域，相对来说不利于海水置换，故而提供冷却的海水相对要少一些，温排水影响区域也就会相应增加。

本工程拟选西侧排水方案 1、2、7 和 8 距离田湾核电站较近约 7.79km。

## 11.6经济性分析比选

### 11.6.1工程经济投资

从工程经济投资角度，方案 3、4 和 1 的工程投资较方案 9、7 和 8 少。考虑工程预算，不推荐方案 9、7 和 8。

### 11.6.2生态补偿量估算

综合考虑卷积效应、温排水温升和余氯扩散对工程附近海域海洋生物资源的影响，汇总本工程建设各方案造成海洋生物资源损失经济价值。

根据海洋生物资源损失量及补偿量估算结果，方案 3、4、8 和 9 的工程建设生态损失经济价值估算相较于其他方案少。而方案 6 和 7 的工程建设生态损失经济价值估算最高，补偿金额约为其他方案的 4.6-10 倍，生态补偿成本较高，不推荐方案 6 和 7。

### 11.7小结

综合考虑连云港徐圩新区海域水动力条件、水体环境、环境敏感目标的影响、区域产业规划与功能区划符合性等多因素，最终给出连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口选划的推荐方案，见表 12.7-1。根据上述约束因素，最终推荐连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口为方案 3（取水口：119° 33′ 28.11"， 34° 36′ 29.58"；排水口：119° 36′ 17"， 34° 35′ 25"）。拟选排水口设置在二港池码头北侧未确权海域，不占用其他单位已确权宗海，见图 12.7-1。

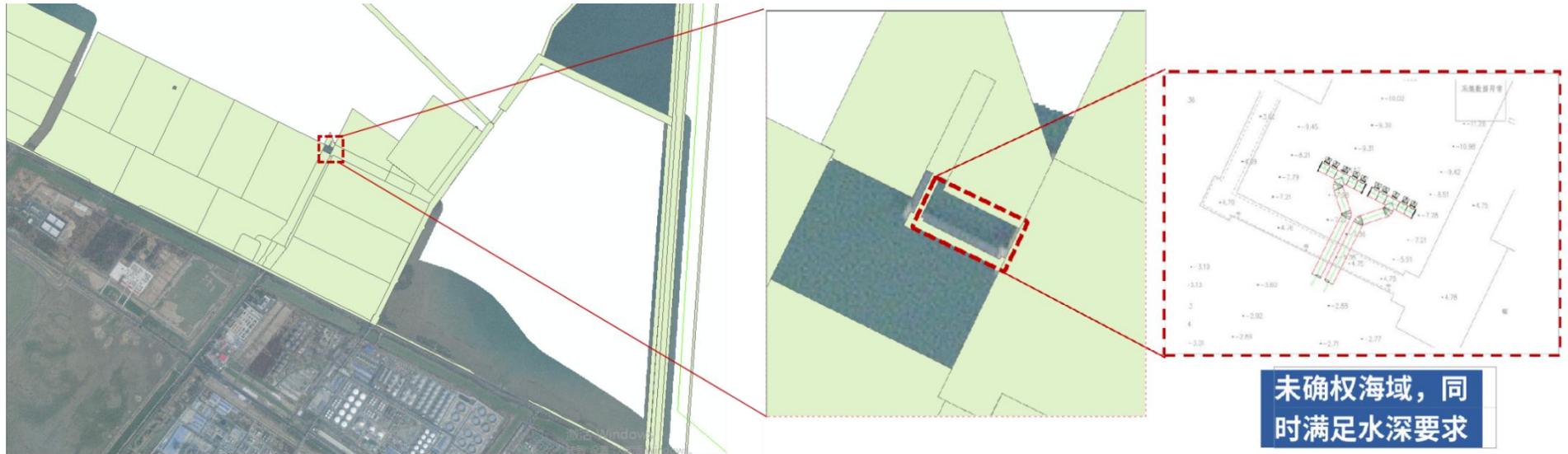


图 12.7-1 徐圩新区二港池已确权海域示意图

表 12.7-1 排放口选划方案综合比选一览表

比较因素		方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6	方案 7	方案 8	方案 9	方案比较
水动力条件	水深 取/排 (m)	-0.6/0	-1/0	<b>-0.6/-1</b>	<b>-1/-0.6</b>	<b>-1/-0.9</b>	-0.6/0.5	-1/0.5	<b>-0.6/-2</b>	<b>-0.6/-2</b>	方案 8、9、3、4 和 5 优，其次方案 1 和 2，方案 6 和 7 较差
	平均流速取/排(m/s)	0.16/0.04	0.09/0.04	0.16/0.05	0.09/0.08	0.09/0.05	0.16/0.11	0.09/0.11	0.16/0.23	0.09/0.60	各方案均处于弱流区，受流速影响较小
水体环境	混合区面积 (km <sup>2</sup> )	0.89(0.48)	0.89(0.48)	<b>0.47(0.48)</b>	0.64(0.48)	0.91(0.48)	4.42(3)	4.42(3)	0.69(0.48)	0.69(0.48)	方案 3 现状及总规均满足温控要求，其余方案不满足
	现状 总规	1.02(0.48)	1.02(0.48)	<b>0.478(0.48)</b>	-	-	4.3(3)	4.3(3)	<b>0.08(0.48)</b>	<b>0.08(0.48)</b>	
保护目标	排口与现状养殖区最近距离 (km)	1.4	1.4	港内	港内	港内	0.3	0.3	0.5	0.5	方案 3、4 和 5 排放口在港内距离与现状养殖区较远，其余方案距离现状养殖较近
相关海洋工程		田湾核电取排水工程	田湾核电取排水工程	徐圩港区	徐圩港区	徐圩港区	徐圩达标尾水排海工程	徐圩达标尾水排海工程	田湾核电取排水工程	田湾核电取排水工程	均考虑利益相关方
相关功能区划	连云港市国土空间规划	游憩用海区	游憩用海区	交通运输用海区	交通运输用海区	交通运输用海区	特殊用海区	特殊用海	游憩用海区	游憩用海区	根据游憩用海区管制要求，不推荐方案 1、2、8 和 9
	《江苏省近岸海域环境功能区划案》	位于三类水质区	位于三类水质区	位于四类水质区	位于四类水质区	位于四类水质区	位于二类水质区	位于二类水质区	位于三类水质区	位于三类水质区	方案 3、4 和 5 较方案 6 和 7 更适宜
综合比较结果		各取排水口方案平均流速基本相似；方案 1 和 2 排口位置距离现状养殖区较近，不满足排水温控要求，且位于游憩用海区不符合管制要求，不推荐方案 1 和 2；方案 4 和 5 不满足排水温控要求，混合区面积分别是 0.48km <sup>2</sup> 的 1.3 倍和 1.9 倍，不推荐方案 4 和 5；方案 6 和 7 排口位置距离现状养殖区较近，不满足排水温控要求，不推荐方案 6 和 7；方案 8 和 9 现状养殖不满足排水温控要求，且距离现状养殖较近，且位于游憩用海区不符合管制要求，不推荐方案 8 和 9。因此综合比较，推荐方案为方案 3。									

## 12 海洋环境跟踪监测计划

海洋环境跟踪监测应该根据原国家海洋局于 2002 年 4 月发布的《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》的要求,结合本工程的取排水影响对工程附近海域进行跟踪监测。采样监测工作委托有资质环境保护监测站承担,由海洋环境主管部门监督。应满足《海洋监测规范》及《海水水质标准》(GB3097-1997)中相应规范和标准的要求。

### (1) 水质监测

监测站位: 排海口位置及附近设 3 个采样站位。

监测项目: 悬浮物、盐度、水温、PH、COD<sub>Mn</sub>。

监测频率: 在施工期内每年的夏季和冬季进行大、小潮期的监测。营运期至少在一年夏季和冬季进行一次大、小潮期的监测。以后可根据前几次的监测结果,适当加大和减小监测频率。

### (2) 沉积物监测

监测站位: 站位同水质监测站位。

监测项目: 总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物、有机碳。

监测频率: 施工期每年监测一次,运行期每两年监测一次。以后可根据前几次的监测结果,适当加大和减小监测频率。

### (3) 生物质量

监测站位: 同水质监测站位。

监测项目: 海洋生物体质量。

监测频率: 在施工期内开展一次夏季和冬季监测。建设后三年内夏季和冬季进行一次监测。以后可根据前几次的监测结果,适当加大和减小监测频率。具体见表 13-1、表 13-2 和图 13-1。

表 13-1 跟踪监测站位坐标

站位	经度	纬度
1	119.604632	34.592664
2	119.592807	34.613036
3	119.610432	34.660769

表 13-2 跟踪监测计划一览表

阶段	内容	监测位置及布点数	监测项目
营运期	水质	排海口位置及附近 3 个采样站位	悬浮物、盐度、水温、PH、COD <sub>Mn</sub>
	沉积物		总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油类、硫化物、有机碳
	生物质量		海洋生物体质量

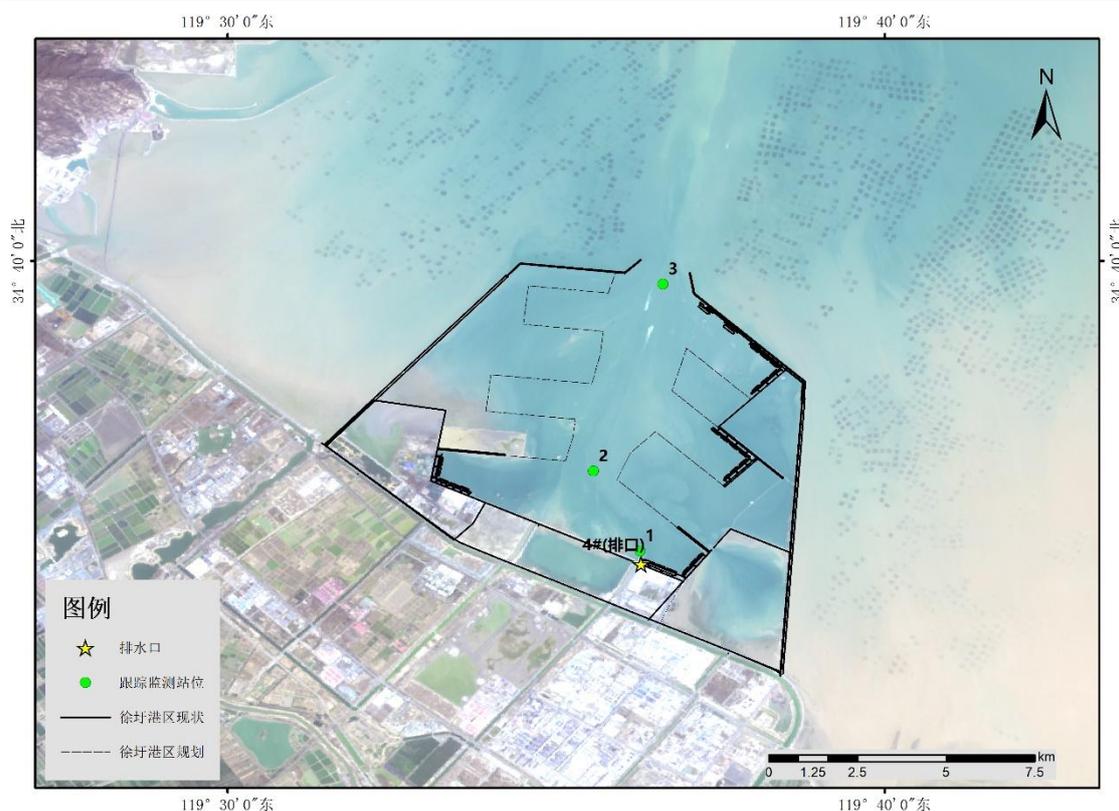


图 13-1 跟踪监测站位图

## 13 综合结论

按照《污水排海管道工程技术规范》（GB/T 19570-2017）和《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB 18486-2001）对于取排水口设置要求，结合徐圩近岸海域岸边开发情况，在近岸设置 A、B 和 C 三个拟选取水口，1#、2#、3#、4# 和 5#和 6#个拟选排水口，共计 9 个拟选取排水口方案。从水动力条件、水体环境、环境敏感目标的影响、区域产业规划与功能区划符合性等多因素进行分析比选，得到以下结论：

### （1）区域海洋环境质量分析结论

根据上海鉴海环境检测技术有限公司于 2021 年 3 月和 2021 年 10 月海洋环境质量现状调查，结果显示，春季调查海域海水中 pH 值、化学需氧量、溶解氧、石油类、铜、锌、镉、砷均能满足海水水质标准；无机氮有 35 个样品（含表层、底层）超出海水水质评价标准，超标率为 72.92%，最大超标倍数 2.72；活性磷酸盐有 5 个样品超出海水水质评价标准，超标率为 10.42%，最大超标倍数 2.33；铅有 13 个样品超出海水水质评价标准，超标率为 27.08%，最大超标倍数 2.46；汞有 11 个样品超出海水水质评价标准，超标率为 22.92%，最大超标倍数 0.82。秋季调查海域海水中 pH、化学需氧量、石油类、铜、铅、锌、镉、汞、砷、等均能满足水质标准的要求；溶解氧 2 个样品超出水质标准要求，超标率为 4.44%，最大超标倍数 0.04；无机氮 37 个样品超出水质标准要求，超标率为 82.22%，最大超标倍数 2.6；活性磷酸盐 18 个样品超出二类水质标准要求，超标率为 40.00%，最大超标倍数 1.93。

### （2）水动力条件比选结论

通过建立二维潮流数学模型，对拟选排放口处海域的流场进行计算分析。涨潮时，外海潮流基本以 NE-SW 方向进入海州湾；落潮时，潮流则基本以 SW-NE 向退出海州湾；潮流的流向与等深线或岸线的交角较大，即潮流的沿岸运动趋势较小，而以离岸、向岸的往复运动为主。总体呈现外海流速大、近岸流速小的趋势。污染物排放后受水流和水深地形的综合影响扩散充分，从而降低排放水对近岸区域水环境的影响。

对于拟选方案所在水域而言，流速相差不大，一、二港池内最大流速基本在 0.1m/s 以内；取水后 A、B 和 C 点所在水域最大流速分别为 0.36m/s、0.29m/s 和

0.21 m/s; 排水后 1#、2#、3#、4#、5#和 6#点所在水域涨落最大流速为 0.11m/s、0.27 m/s、0.12 m/s、0.15 m/s、0.49 m/s 和 0.23m/s。

从水深条件来看, 水深越大的水域动力条件越强, 越有利于排放水扩散。拟选排放口处水深由大到小依次为: 方案 9>方案 8>方案 3>方案 5>方案 4>方案 1 和 2>方案 6 和 7, 方案 6 和 7 的排口 5#点位于浅滩, 排放条件相对较差。

从泊稳看, 设计高水位重现期 2 年一遇波浪作用下, 各泊位的波高基本满足 10 万吨散货船装卸作业泊稳条件。本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方, 因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳和通航造成影响。综上所述, 从泊稳看取排水口设置在港池沿岸具有可行性。

### (3) 水体环境分析比选结论

计算中以温度和盐度为代表因子, 预测分析不同排放口污染物的扩散情况。根据工程位置及海水类别, 港区西侧排水 1#和 6#点在处位于海湾, 环境功能区是三类, 按三类水质控制, 温升 4℃范围不超 0.48km<sup>2</sup>; 港区东侧 5#点位于开阔河口, 环境功能区是二类, 按二类水质控制, 温升 1℃范围不超 3km<sup>2</sup> (夏季); 港内 2#、3#和 4#点温升 4℃范围不超 0.48km<sup>2</sup>。不同排水位置, 由于水流流态及流速区别较大, 同时水深也有较大差别, 造成不同排水位置, 排水影响范围差别较大。从温升控制要求看, 方案 3 均满足现状布局和总规布局下排水温控要求, 且工况 3 从盐度扩散角度, 取水口取水不受排水口盐度扩散分布的影响。

### (4) 对环境敏感目标影响比选结论

拟选排放口所在海域有 6 宗已确权的围海养殖用地。由于 1#和 5#排口分别位于徐圩港区外东西两侧, 排口位置距离围海养殖用地较近, 会对围海养殖产生一定的影响。2#、3#和 4#排口位于徐圩港港区内, 围海养殖区位于东西防波堤外, 2#、3#和 4#排口距离围海养殖区相对较远, 产生的影响较小。方案 1 和 2 中排口 1#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式养殖用海项目 1.4km; 方案 8 和 9 中排口 6#位置距离连云港市高公岛企业总公司筏式养殖开放式养殖用海项目 0.5km; 方案 6 和 7 中排口 5#位置距离江苏海州湾发展集团有限公司底播养殖开放式养殖用海项目 0.3km、水产渔业技术指导站增殖护养 2.6km、江苏筑富实业投资有限公司高涂养殖 3.8km。从该角度分析, 方案 1、2、6、7、8 和 9 不作为推荐方案。

### (5) 综合比选结论

综合考虑连云港徐圩新区海域水动力条件、水体环境、环境敏感目标的影响、区域产业规划与功能区划符合性等多因素，最终给出连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口选划的推荐方案。根据上述约束因素，最终推荐连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口为方案3取水口：119° 33' 28.11"， 34° 36' 29.58"；排水口：119° 36' 17"， 34° 35' 25"。

## 附件

### 附件 1：连云港市一带一路海水综合利用项目可研评估会专家组意见

#### 连云港市海水综合利用项目可研评估会专家组意见

受国家东中西区域合作示范区管委会委托，于 2023 年 7 月 7 日在连云港徐圩新区召开了《连云港市海水综合利用项目可研报告》(简称《可研报告》)评估会议。参加会议的有国家东中西区域合作示范区管委会相关部门、方洋水务、和自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、中国市政工程中南设计研究总院等单位的代表。与会专家认真听取了业主和可研编制单位就项目《可研报告》主要内容进行的汇报。会议围绕项目建设背景和必要性、市场预测、建设方案合理性、能耗及节能措施、土地利用及总图运输、公用工程及辅助设施、环境保护、安全、投资估算及经济评价合理性等方面进行了充分讨论，形成主要意见如下：

一、本项目的可行性研究报告的编制全面、翔实，基本符合项目可行性研究报告的要求和深度，所选反渗透技术工艺成熟、经济效益高，符合国家政策和企业发展规划。

#### 二、建议：

- 1、复核超滤膜的通量，取值不宜过高。
  - 2、补充反渗透系统水质平衡图，分析设置 BWRO ii 作为保安的必要性。
  - 3、补充工程相关地勘资料。
  - 4、完善取、排水口的设置依据和取排水管线材质选择的论证。
  - 5、补充本项目取排水对港口的影响分析。
- 结合专家及与会人员其它意见完善可研报告。

专家组组长签字：



2023 年 07 月 07 日

## 附件 2: 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究报告专家评审会评审意见

### 连云港市海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟 可行性研究报告专家评审会评审意见

2023 年 3 月 1 日, 江苏方洋水务有限公司在徐圩新区产业服务中心组织召开了《连云港市海水综合利用项目取排水口温度场及盐度场模拟可行性研究报告》(以下简称《报告》)专家评审会, 会议邀请了 3 位专家组成专家组(名单附后)。参加会议的有国家东中西区域合作示范区建设局、港区办、连云港徐圩港口控股集团有限公司、江苏云湖现代服务产业集团有限公司及天科院环境科技发展有限公司(编制单位)等单位的代表。

与会专家和代表听取了编制单位关于《报告》的汇报, 并认真审阅了《报告》, 经讨论和质询, 形成专家意见如下:

1、编制单位按照相关技术规范完成了该项目的各项研究工作。本研究建立的数学模型, 经实测资料验证, 符合规范要求。研究思路正确、方法科学、成果总体合理可信, 能够科学规范地指导连云港市海水综合利用项目后续工作的开展。

2、模型试验结果表明, 冬、夏季盐度和温度扩散影响范围差别不大。夏季总体扩散范围略大于冬季; 取水口附近温升在  $0.5^{\circ}\text{C}$  以内, 符合相关要求。

#### 3、建议

- (1) 报告明确模型计算条件和相关参数的选取;
- (2) 补充完善盐度、温度特征值的包络面积。

报告根据与会专家和代表的意见经修改完善后,可作为后续相关工作的依据。

专家组组长: 张金凤

2023年3月1日

## 专家组人员名单

姓名	单位	职务	联系方式
张金凤	天津大学建筑工程学院	教授	13821606202
谢军	中交上海航道局有限公司	教授级高工	13381636658
冯卫兵	河海大学港口海岸与近海工程 学院	教授	13951941006

### 附件 3: 连云港市一带一路海水综合利用项目数值模拟专题研究报告专家评审意见

## 连云港市海水综合利用项目数值模拟专题 研究报告专家评审意见

2023 年 7 月 6 日,江苏方洋水务有限公司在国家东中西区域合作示范区产业服务中心组织召开了《连云港市海水综合利用项目数值模拟专题研究报告》专家评审会。会议参加单位有国家东中西区域合作示范区经发局、建设局、环保局、港区办、云湖集团生物多样性研究专班、连云港徐圩港口控股集团有限公司及天科院环境科技发展(天津)有限公司(编制单位),并邀请 4 位专家组成了专家组(名单附后)。会议听取了编制单位的汇报,经质询讨论,形成专家意见如下:

一、本研究建立的数学模型,经实测资料验证,符合规范要求。研究思路正确、方法科学、成果合理可信。

二、模型试验成果表明:取排水工程区域水流流速较低,工程不会引起周边地形的明显变化;取排水工程施工引起的悬沙扩散影响较小;油污扩散影响较小;余氯扩散影响范围集中在排水口附近,对周边基本无影响。

三、报告根据与会专家和代表的意见经修改完善后,可作为后续相关工作的依据。

专家组组长签字:张金凤

2023.7.6

附件

专家组人员名单

姓名	单位	职务	联系方式
张金凤	天津大学建筑工程学院	教授	13821606202
谢军	中交上海航道勘察设计研究院有限公司	教授级高工	13381636658
张义丰	河海大学港口海岸与近海工程学院	教授	15822696592
孙平锋	中交第三航务工程勘察设计院有限公司	教授级高工	17821770098

附件 4: 连云港市一带一路海水综合利用项目泊位稳定性论证报告专家评审意见

连云港市海水综合利用项目泊位稳定性  
论证报告专家评审意见

2023 年 7 月 6 日,江苏方洋水务有限公司在国家东中西区域合作示范区产业服务中心组织召开了《连云港市海水综合利用项目泊位稳定性论证报告》专家评审会。会议参加单位有国家东中西区域合作示范区经发局、建设局、环保局、港区办、云湖集团生物多样性研究专班、连云港徐圩港口控股集团有限公司及交通运输部天津水运工程科学研究所(编制单位),并邀请 4 位专家组成了专家组(名单附后)。会议听取了编制单位的汇报,经质询讨论,形成专家意见如下:

一、本研究建立的数学模型,经实测资料验证,符合规范要求。研究思路正确、方法科学、成果合理可信。

二、模型试验成果表明:取排水工程所在泊位区域最大流速在 0.1m/s 以内;工程实施对泊位区域流场影响很小;工程实施对泊位波浪基本无影响。

三、报告根据与会专家和代表的意见经修改完善后,可作为后续相关工作的依据。

专家组组长签字:张金凤

2023.07.06

附件

专家组人员名单

姓名	单位	职务	联系方式
张金凤	天津大学建筑工程学院	教授	13821606202
谢军	中交上海航道勘察设计研究院有限公司	教授级高工	13381636658
张义丰	河海大学港口海岸与近海工程学院	教授	15822696592
孙平锋	中交第三航务工程勘察设计院有限公司	教授级高工	17821770098

## 附件 5: 连云港市一带一路海水综合利用项目通航安全影响论证报告专家咨询意见

### 《连云港市海水综合利用项目通航安全影响论证报告》

#### 专家咨询意见

2023年7月7日,江苏方洋水务有限公司在连云港组织召开了《连云港市海水综合利用项目通航安全影响论证报告》(以下简称《报告》)专家咨询会。参加会议的有连云港海事局、徐圩新区港区办、连云港徐圩港口控股集团有限公司、武汉明泽航运技术有限公司(《报告》编制单位)等单位的代表以及五位特邀专家(名单附后)。

会议听取了建设单位对项目概况的介绍以及编制单位对《报告》主要内容的汇报,经与会专家和代表认真讨论,形成专家咨询意见如下:

一、连云港市海水综合利用项目位于连云港港徐圩港区附近,包括海水和淡水输送工程及海水淡化工程两部分,其中取水口位于徐圩港区一港池104#~105#码头后方,排水口位于二港池后侧西港河闸外。

二、据《报告》提供的资料和信息:

(一)本工程选址合理,水文气象条件较好,工程各相关设计要素符合有关规范的要求。

(二)从通航环境和通航安全角度出发,本工程的建设是可行的,建设期间及运营后采取相应的措施,通航安全是可以得到保障的。

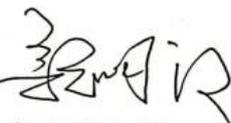
(三)《报告》关于通航安全技术论证方面内容完整,技术路线正确,结论可信。

三、《报告》修改意见及建议:

- 1、进一步完善有关基础资料;
- 2、补充取排水口流速变化数模资料;

3、进一步复核排水口位置。

《报告》按专家和与会代表意见对部分内容进行修改完善后，可作为  
下一步工作开展依据。

专家组组长：

2023年7月7日

《连云港市海水综合利用项目通航安全影响论证报告》

咨询会专家签到表

地点：连云港

时间：2023年7月

	姓名	单位名称	职务/职称	签字
组长	颜明海	原连云港引航站	正高级引航员	颜明海
组员	张杰	原中交三航局江苏分公司	高工	张杰
	陈昌林	原连云港港口集团	高工	陈昌林
	刘迪	中港疏浚第三分公司	高工	刘迪
	徐壮菁	连云港港口集团有限公司 生产业务部	高工	徐壮菁

## 附件 6: 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会

1

### 连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告 专家咨询意见

2023 年 7 月 23 日,江苏方洋水务有限公司在连云港市以线上线下的形式组织召开了《连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告》(以下简称《报告》)专家咨询会,会议邀请了 6 位专家组成专家组(名单附后)。参加会议的有连云港市生态环境局、徐圩新区经发局、环保局、建设局、社会事业局、自然资源局、港区办、连云港徐圩港口控股集团有限公司、江苏云湖现代服务产业集团有限公司及天科院环境科技发展(天津)有限公司(编制单位)等单位的代表。

与会专家和代表听取了编制单位关于《报告》的汇报,并认真审阅了《报告》,经讨论和质询,形成专家意见如下:

1. 编制单位按照相关技术规范完成了该项目的研究工作。研究思路正确、方法科学、模型成果总体合理可信。

#### 2. 建议

(1) 完善细化港区外侧排水在环境政策方面的可行性分析,建议排口位置尽可能设置在港区外;

(2) 完善排水口设置在港区内对港区盐度温度及藻类等生态环境的累积性影响分析,对于港区内设置排水口应充分考虑运行期高温高盐情况下的运行成本,高盐海水对码头泊位的腐蚀性影响,生物量损失及相关生态补偿费用;

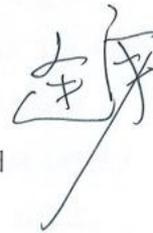
(3) 完善港区内排水与连云港港徐圩港区总体规划及规划环评的相符性分析；

(4) 应细化各方案环境、经济、技术以及环境政策方面的对比分析，优化明确排水口的位置，完善项目实施对泊位稳定性、通航影响等专题分析内容；

(5) 补充更新港区排口设置区域的地形资料，在此基础上完善模型计算分析内容。

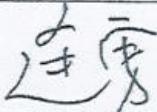
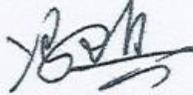
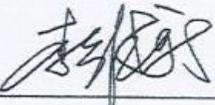
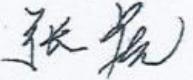
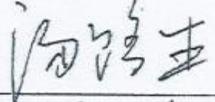
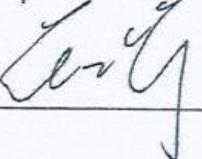
专家组组长：

2023年7月23日



## 连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会 专家签到表

会议时间：2023年7月23日

序号	姓名	单位	职务	签字	联系方式
1	逢勇	河海大学	教授		13585100649
2	冯卫兵	河海大学	教授		13951941006
3	李维新	生态环境部南京环境科学研究所	研究员		15366090936
4	张虎	江苏省海洋水产研究所	研究员		13716923534
5	汤路生	连云港市海域使用动态管理中心	主任		13812345055
6	花卫华	江苏省环境监测中心	研究员		15951623705

## 排水口设置论证报告专家咨询意见1答复

	专家意见	回复	章节	对应页码
1	完善细化港区外侧排水在环境政策方面的可行性分析，建议排口位置尽可能设置在港区外；	根据生态环境部《关于连云港港徐圩港区30万吨级原油码头工程环境影响报告书的批复》（环审〔2022〕159号），要求在徐圩港区西防波堤规划三港池根部建设宽60米明渠过水通道工程，确保港池水体有效交换。因此考虑三港池可能水体交换条件较好，增加了三港池西堤外侧排口	详见2.3.2节排水口分析	P18
2	完善排水口设置在港区内对港区盐度温度及藻类等生态环境的累积性影响分析	补充了盐度对生态环境的累积性影响，在25年内，取水口最大浓度增量在2.3%，工程所在海域盐度分布在25.25~30.55‰之间，即工程实施后其取水口附近盐度分布在27.55~32.75‰。	详见5.2.1.3节盐度扩散情况	P143
	对于港区内设置排水口应充分考虑运行期高温高盐情况下的运行成本，高盐海水对码头泊位的腐蚀性影响	结合实地调研考察情况，排水口附近海域海水盐度几乎没有变化，对周边海域产生的影响较小。	详见7浓盐水对水工建筑物的影响	P160
	生物量损失及相关生态补偿费用	综合考虑卷积效应、温排水温升和余氯扩散对工程附近海域海洋生物资源的影响，汇总本工程建设各方案造成海洋生物资源损失经济价值。根据海洋生物资源损失量及补偿量估算结果，方案3、4、8和9的工程建设生态损失经济价值估算相较于其他方案少，分别为16249.17万元、16402.18万元和16470.59万元。	详见9.2海洋生物资源损失量及补偿量估算。	P188
3	完善港区内排水与连云港港徐圩港区总体规划及规划环评的相符性分析	经开展各专题论证与港区内排水与连云港港徐圩港区总体规划及规划环评的相符性，得出港内排水符合连云港港徐圩港区总体规划及规划环评的相关要求。	详见8.2.3连云港港徐圩港区总体规划和8.2.4连云港港徐圩港区总体规划（修订）环境影响评价	P176-183
4	应细化各方案环境、经济、技术以及环境政策方面的对比分析，优化明确排水口的位置	从温升控制要求看，仅工况3（港池二排水）满足各时期排水温控要求。且工况3从盐度扩散角度看，取水口取水不受排水口盐度扩散分布的影响。余氯在排出排水明渠后，由于遇光遇氧而迅速衰减，对海洋环境不会造成明显影响。从工程经济投资角度，方案3、4和1的工程投资较方案9、7和8少，因此推荐方案3、4和1。	详见5.2节余氯扩散能力及9节经济性分析比选	P144、P188
	完善项目实施对泊位稳定性、通航影响等专题分析内容；	经专项论证，本工程取排水口的设置位于码头及迎浪向后方，因此本工程的实施不会对取排水口附近现有泊位货船装卸作业的泊稳和通航造成	4.2.3对船舶通航和港内泊稳影响分析比选	P130-132
5	补充更新港区排口设置区域的地形资料，在此基础上完善模型计算分析内容	使用的港区排口设置区域的地形资料已是最新地形资料。	图4.1-4徐圩港区地形图	P104

## 附件 7: 连云港市一带一路海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会

2

### 连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告 专家咨询意见

2023 年 8 月 19 日, 江苏方洋水务有限公司在连云港市组织召开了《连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告》(以下简称《报告》)专家咨询会, 会议邀请了 9 位专家组成专家组(名单附后)。参加会议的有徐圩新区经发局、环保局、建设局、社会事业局、自然资源分局、港区办、江苏方洋集团有限公司、连云港徐圩港口控股集团有限公司、江苏云湖现代服务产业集团有限公司及天科院环境科技发展(天津)有限公司(编制单位)等单位的代表。

与会专家和代表听取了编制单位关于《报告》的汇报, 并认真审阅了《报告》, 经讨论和质询, 形成专家意见如下:

1. 编制单位按照相关技术规范完成了该项目的研究工作。研究思路正确、方法科学、成果总体合理可信, 能够科学规范地指导连云港市海水综合利用项目后续工作的开展。

#### 2. 建议

(1) 完善港池内排水与连云港徐圩港池总体规划及规划环评的相符性分析, 完善港池内取排水口的优化布局方案; 完善排水口设置在港池外的环境政策方面的制约因素分析, 细化排水口设置在港池外的混合区范围计算分析内容, 进一步分析取排水口均设置在港

池内唯一性或难以调整性。

(2) 补充完善对《海水淡化浓盐水排放要求》(HY/T0289-2020)等相关标准文件的解读分析,进一步说明本次排水口、取水口设置的合规性。补充完善论证区域盐度、温度等基础资料。细化港池内的取水口、排水口布置图(应补充比例尺),完善附图、附件及编制依据等。核实补充生物量损失及相关生态补偿费用。进一步细化拟选取、排水口方案比选的分析内容,完善对排水口选划方案综合比选一栏表(表 9-1)中比较分析的解释内容。

(3) 补充更新论证区域的地形资料,并局部放大(包括港池地形、30万吨级航道地形等),在此基础上完善取排水口设置对区域水动力、水环境影响的计算分析内容。补充港池内水体不同情形下的换水周期,港池根部的水龄分析内容;补充计算不利情形及平衡状态下港池内盐度、温度的分布。完善同类项目对水生态环境影响的实际调查资料及分析,在此基础上完善排水口设置在港池内对港池盐度温度及藻类等生态环境的累积性影响分析;港池内设置排水口及取水口在运行期高温高盐情况下的运行成本;高盐海水对码头泊位的腐蚀性影响等。在进一步对各方案环境、经济、技术以及环境政策方面的优化比选分析基础上,完善排水口及取水口均设置在港池内的可行性分析。

(4) 对于项目实施后港池内可能产生的藻类聚集暴发,不利生

物生长等，应提出切实可行的水生态环境保护及不利情形下的应对措施。建议下一步应补充开展项目实施的风险影响及对策措施（港池内藻类暴发、水环境恶化、高盐海水对码头泊位腐蚀等）的专题研究，确保项目实施后的风险影响可控。

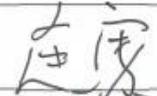
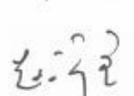
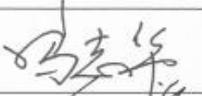
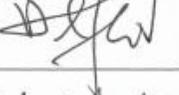
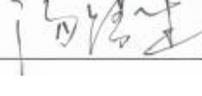
专家组组长：



2023年8月19日

## 连云港市海水综合利用项目取排水口设置论证报告专家咨询会 专家签到表

会议时间：2023年8月19日

序号	姓名	单位	职务	联系方式	签字
1	逢勇	河海大学	教授	13585100649	
2	李维新	生态环境部南京环境科学研究所	研究员	15366090936	
3	鲍献文	中国海洋大学	教授	13969813963	
4	冯卫兵	河海大学	教授	13951941006	
5	赵河立	自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所淡化技术研究室	主任	13820175850	
6	冯志华	江苏海洋大学海洋科学与水产学院	副院长	15062987745	
7	花卫华	江苏省环境监测中心	研究员	13951623705	
8	张虎	江苏省海洋水产研究所	研究员	19952666998	
9	汤路生	连云港市海域使用动态管理中心	主任	13812345005	

连云港市海水综合利用项目排水口设置论证报告 - 专家咨询会2意见答复

序号	专家意见	修改情况	对应章节	对应页码
1	完善港池内排水与连云港徐圩港池总体规划及规划环评的相符性分析，完善港池内取排水口的优化布局方案；	从港区功能定位、岸线利用、总体布局、配套设施和环境保护规划论证了港内取排水与徐圩港区总体规划的相符性；从水动力条件和水体交换能力进行比较分析本工程实施与规划环评的相符性分析；	见8.2.3和8.2.4节	177-184
	完善排水口设置在港池外的环境政策方面的制约因素分析，细化排水口设置在港池外的混合区范围计算分析内容，进一步分析取排水口均设置在港池内唯一性或难以调整性。	通过补充《连云港城市国土空间规划（2020-2035年）》和《江苏省海岸带利用和保护规划》中对环境政策的制约，进一步分析取排水口均设置在港池内唯一性或难以调整性。	见8.2节	173-177、184
2	补充完善对《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T0289-2020）等相关标准文件的解读分析，进一步说明本次排水口、取水口设置的合规性。	补充了《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T0289-2020）中关于“海水淡化浓盐水宜与冷却海水，达到排放标准的污水等混合排放，其他种类废水，污水等不应与海水淡化浓盐水混合排放”的排放要求，进一步说明了本次排水口、取水口设置的合规性；	见1.2.2节	P4
	补充完善论证区域盐度、温度等基础资料。	论证区域盐度、温度等基础资料，本工程所在海域水温常年在3.5℃~31℃之间，盐度分布在25.25~30.55之间。	见2.6节	27-32
	细化港池内的取水口、排水口布置图（应补充比例尺），完善附图、附件及编制依据等。	细化了相关图件、附件及编制依据等；	见2.4节	P19
	核实补充生物量损失及相关生态补偿费用。	综合考虑卷积效应、温排水温升和余氯扩散对工程附近海域海洋生物资源的影响，汇总本工程建设各方案造成海洋生物资源损失经济价值。根据海洋生物资源损失量及补偿量估算结果，方案3、4、8和9的工程建设生态损失经济价值估算相较于其他方案少，分别为16249.17万元、16402.18万元和16470.59万元。；	见9.2节	188
	进一步细化拟选取、排水口方案比选的分析内容，完善对排水口选划方案综合比选一览表（表9-1）中比较分析的解析内容。	进一步细化了拟选取、排水口方案比选的分析内容，从不同比选角度总结了综合比选的相关分析。	见12节	P212-222
3	补充更新论证区域的地形资料，并局部放大（包括港池地形、30万吨级航道地形等），在此基础上完善取排水口设置对区域水动力、水环境影响的计算分析内容。补充港池内水体不同情形下的换水周期，港池根部的水龄分析内容；补充计算不利情形及平衡状态下港池内盐度、温度的	（1）完善了地形资料，补充徐圩港区最新地形图； （2）完善了换水周期及不利情形及平衡状态下港池内盐度、温度的分布，对本工程实施后的水动力条件和水体交换能力预测进行比较分析；	（1）见图 4.1-4 （2）见8.2.4	P104、P180
	完善同类项目对水生态环境影响的实际调查资料及分析，在此基础上完善排水口设置在港池内对港池盐度温度及藻类等生态环境的累积性影响分析；	由于“同类项目对水生态环境影响的实际调查资料及分析”（即董家口项目海水监测资料）资料难以协调，根据现有资料从取水卷吸、温排水、浓盐水、余氯排放等角度法分析了本项目对海洋生态环境的影响及港内排水对水体藻类爆发的潜在影响；	见6节	P151-160
	完善港池内设置排水口及取水口在运行期高温高盐情况下的运行成本；高盐海水对码头泊位的腐蚀性影响等。在进一步对各方案环境、经济、技术以及环境政策方面的优化比选分析基础上，完善排水口及取水口均设置在港池内的可行性分析。	（1）完善了港池内设置排水口及取水口在运行期高温高盐情况下的运行成本“为预防取水水质的温度盐度受排水水质的影响，在评估造水成本时考虑了运营期取水高温高盐情况下，化学药品和能源的消耗及水处理等额外的运行成本。”； （2）完善了高盐海水对码头泊位的腐蚀性影响，结合工程所在海域二港池码头防腐设计，工程排口局部水域盐度最大增量2.3对码头混凝土钢结构的腐蚀性影响有限。	（1）见2.5节 （2）见7节前言	P25、161
4	对于项目实施后港池内可能产生的藻类聚集暴发，不利生物生长等，应提出切实可行的水生态环境保护及不利情形下的应对措施。	补充了项目实施后港池内可能产生的水环境恶化藻类聚集暴发、高盐水对码头泊位腐蚀和化学品泄漏情况的应急措施。	见11节风险事故防范和应急措施	208-211
	建议下一步应补充开展项目实施的风险影响及对策措施（港池内藻类暴发、水环境恶化、高盐海水对码头泊位腐蚀等）的专题研究，确保项目实施后的风险影响可控。	补充了项目实施后港池内可能产生的水环境恶化藻类聚集暴发、高盐水对码头泊位腐蚀和化学品泄漏情况的应急措施。	见11.1和11.2节。	208-211