

青岛百发海水淡化厂扩建工程 地表水及海洋环境影响评价报告

建设单位：青岛百发海水淡化有限公司

评价单位：日照市环境保护科学研究所有限公司

青岛海鼎生态环境科技有限公司

2019年7月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	青岛百发海水淡化厂扩建工程水环境影响评价专项报告		
环境影响评价文件类型	环境影响报告表暨水环境影响评价专项报告		
一、建设单位情况			
建设单位(签章)	青岛百发海水淡化有限公司		
法定代表人或主要负责人(签字)			
主管人员及联系电话			
二、编制单位情况			
主持编制单位名称(签章)	日照市环境保护科学研究所有限公司		
社会信用代码	91371100344666172M		
法定代表人(签字)			
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话	唐美芳/0633-8779227		
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
唐美芳	00014719		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
唐美芳	00014719	全部	
四、参与编制单位和人员情况			
青岛海鼎生态环境科技有限公司 王云鹏 负责海洋环境影响评价内容编写。			

概 述

(1) 项目建设背景及工程特点

近年来，青岛市城市供水量增加迅速，平均年增长率达 5.5%，据统计，2016 年最高日供水量已经达到 165 万 m^3/d ，预计 2020 年最高日供水量将达到 200 万 m^3/d 。以目前青岛市的供水水源来看，未来的可供应量越来越难以满足城市需水量的增长，因此，迫切需要开拓新的水源。

青岛为临海城市，有丰富的海水资源，合理利用海水，有助于缓解城市的水资源短缺问题。中共青岛市委青岛市人民政府印发的《青岛市大力发展海洋经济加快建设国际海洋名城行动方案》、《关于开展全面提升城市环境品质建设美丽青岛三年行动的实施方案》、《青岛市人民政府关于公布青岛市 2019 年重点项目名单的通知》等都将海水淡化工程列为城市供水保障的措施，《青岛市城市供水专业规划》、《青岛市海水淡化矿化专项规划》等都将海水淡化纳入城市供水体系。

青岛百发海水淡化厂正是在此背景下建成投产。百发海水淡化厂于 2013 年建成，设计生产能力 10 万 m^3/d 。该厂投产以来，夏季日供水量达到 5~6 万 m^3/d ，为缓解青岛市供水矛盾作出了很大的贡献。随着城市需水量的进一步增长，根据中共青岛市委青岛市人民政府印发的相关文件、青岛市海水淡化矿化专项规划、青岛市海水淡化产业发展规划以及建设美丽青岛三年行动等相关规划和文件的指示，规划百发海水淡化厂应于 2019 年扩建 10 万 m^3/d 的海水淡化工程，形成 20 万 m^3/d 的淡水生产能力，扩建工程的 10 万 m^3/d 产能将向市政水厂或管网供水。

青岛百发海水淡化厂扩建工程主要建设内容为：改造青岛碱业内湖现有一期临时取水泵房，设 4 台卧式离心泵，单台水泵设计流量 $3750\text{m}^3/\text{h}$ ，形成 27.0 万 m^3/d 取水规模；从取水泵站至扩建厂区新建一条 DN1400 的原水管线，长度 1.3km，管材材料为玻璃钢，配套阀门井、排气阀等配件；新建气浮池 1 座，处理能力为 27 万 m^3/d ，分为 5 组(砼制)，单组处理量 $2250\text{m}^3/\text{h}$ ，水力负荷 $22\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ；新建海水淡化车间 1 座，包括超滤(UF)处理系统，反渗透(RO)处理系统，膜化学清洗系统、调节水池、配电系统等，日产反渗透水量 10 万 m^3/d ；新建矿化滤池 1 座，反渗透产水经矿化后输送至市政管网，产水总硬度 40~80mg/L；矿化后的

清水池共设 1 座，调蓄容积约 17500m³；产生的淡化水，拟从厂区北侧沿德江路（印江路-遵义路）建设 DN1200 管道与遵义路 DN1200 管道进行连接，管道长约 1.6 公里，通过一期并网管道进入市政管网；浓盐水排放采用现有工程方案，拟将一期浓盐水及扩建工程浓盐水通过顶管的方式穿越三条铁路后沿楼山河南岸管理路敷设，长度约 1300 米，其中顶管长度约 230 米，浓盐水通过现状排水口于楼山河河道排放，与河水混合后排放入海。扩建工程采用“气浮+超滤+反渗透+矿化”的海水淡化工艺，新增淡化水生产能力为 10 万 m³/d。

(2) 环境影响评价工作过程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等相关法律、法规，青岛百发海水淡化有限公司委托日照市环境保护科学研究所有限公司开展该项目的环境影响评价工作。评价单位受委托之后进行了现场踏勘，收集项目所在区域环境概况、环境质量监测数据以及排水口相关资料等，进行综合分析评价，编制了本报告。

(3) 分析判定相关情况

根据《产业结构调整指导目录(2011 年本)》(修订)，该项目属于“鼓励类”第三十八条第 3 款“微咸水、苦咸水、劣质水、海水的开发利用及海水淡化工程”，因此，符合国家产业政策。

(4) 关注的主要环境问题及环境影响

本次环评主要关注的环境问题是：项目产生的浓盐水对楼山河口以及附近海域的水质、海洋生态和沉积物的影响，针对主要不利影响提出可行的减缓措施。

评价工作重点为：工程分析、海洋环境质量现状评价、水环境影响分析、污染防治措施可行性分析等内容。

施工期的废水主要有施工废水和施工人员的生活废水。施工废水包括砂石冲洗水，砼养护水、机械设备洗涤水、混凝土搅拌机以及输送系统冲洗废水，设临时沉砂池将废水沉淀后作为施工生产用水或场地洒水，人员的生活污水排入下水管道并进入市政污水管网，最终进入娄山河污水处理厂处理。

营运期的水环境影响主要为取水和浓盐水排放对楼山河口和附近海域的环境影响。营运期海水取水工程将导致生物量减少和初级生产力损失，但由于浮游生物自身恢复能力较强，此损失不会对整个生态系统造成明显影响。原水经气浮除渣、化学清洗水经中和处理后，浓盐水中的悬浮物浓度将明显下降，排水水质

可满足《流域水污染综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)表 2 中“其它排污单位”的二级标准要求，经预测分析，浓盐水排放后，其趋势为在潮流的作用下向南扩散，沿岸形成高盐度带，盐度增量超 1.0、2.0、3.0、6.0、9.0 和 12.0 等值线所围成的海域面积分别为 1.997km²、0.5484 km²、0.2010 km²、0.0189km²、0.00135km²、0.00093km²，该影响范围内无养殖区等对盐度变化敏感的海域。

(5) 环境影响主要结论

本项目建设内容符合国家产业政策，符合青岛胶州湾保护要求，污染治理措施能够实现废水达标排放，对楼山河口及附近海域的水环境影响较小，在落实各项环保措施的基础上，从环境角度考虑，该工程建设是可行的。

目 录

1 总论.....	1
1.1 编制依据	1
1.2 评价目的、重点	3
1.4 评价工作等级及评价范围	3
1.5 环境影响要素识别和评价因子筛选	5
1.6 评价标准	6
1.7 环境保护目标	8
2 工程概况与工程分析	12
2.1 项目基本情况	12
2.2 现有工程概况	15
2.3 拟建工程主要内容	33
2.4 海水淡化工艺及废水污染环节分析	43
3 区域环境概况	52
3.1 楼山河流域概况	52
3.2 自然环境概况	52
3.3 环境功能区划	61
3.4 项目所在区域环境质量现状及改善情况	63
3.5 排水口附近海域海洋环境质量现状及改善情况	64
4 环境质量现状调查监测与评价	68
4.1 海水水质现状调查监测与评价	68
4.2 海洋沉积物现状监测与评价	80
4.3 海洋生物生态现状调查与评价	83
4.4 生物体质量监测与分析	107
5 水环境影响预测与评价	109
5.1 水文动力环境影响预测与评价	109
5.2 浓盐水排放对海水水质的影响预测	129
5.3 悬浮物排放对海洋环境的影响分析	131
5.4 排水对楼山河地表水质的影响分析	132
5.5 生态环境影响评价	133

6	水污染防治措施及可行性论证	137
6.1	施工期水污染防治措施分析	137
6.2	运营期污染防治措施分析	137
6.3	项目“三同时”验收一览表	137
7	环境影响经济损益分析	139
7.1	环境效益分析	139
7.2	经济效益	140
7.3	环境保护投资	140
8	环境管理及监测计划	141
8.1	环境管理及环境监测制度	141
8.2	排水口规范化设置	141
8.3	监测要求	142
9	选址合理性与“三线一单”分析	143
9.1	项目选址与青岛市胶州湾保护条例的符合性	143
9.2	生态保护红线	144
9.3	环境质量底线	147
9.4	资源利用上线	147
9.5	环境准入负面清单	147
10	评价结论和建议	148
10.1	评价结论	148
10.2	建议.....	152

附件 1 项目委托书

1 总论

1.1 编制依据

1.1.1 国家法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月1日施行);
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月29日修正);
- (3) 《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订);
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》(修订案于2018年1月1日起施行);
- (5) 《中华人民共和国水法》，2016年7月;
- (6) 《中华人民共和国河道管理条例》，2018年3月;
- (7) 《产业结构调整指导目录(2011年本)》(修正);
- (8) 《建设项目环境保护管理条例》[国务院(2017)第682号令];
- (9) 《防治海洋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475号)，2017年3月修订;
- (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》(2017年3月1日修订);
- (11) 《入河排污口监督管理办法》，中华人民共和国水利部，2015年12月;
- (12) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发[2015]17号);
- (13) 《国务院关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》(国发[2016]65号);
- (14) 《山东省环境保护条例》(2019年1月1日实施);
- (15) 《山东省海洋环境保护管理条例》(2018年11月30日修正);
- (16) 《山东省水污染防治条例》(山东省第十三届人大常委会第五次会议，2018年9月21日);
- (17) 《山东省人民政府关于印发山东省落实<水污染防治行动计划>实施方案的通知》(鲁政发[2015]31号);
- (18) 《山东省环境保护厅转发<关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知>的通知》(鲁环评函[2012]509号文);
- (19) 《山东省环境保护厅关于加强建设项目特征污染物监管和绿色生态屏障建设的通知》(鲁环评函[2013]138号);

(20)《山东省环境保护厅关于印发<山东省环境保护厅突发环境事件应急预案>的通知》(鲁环发[2017]5号);

(21)《山东省人民政府关于印发山东省生态环境保护“十三五”规划的通知》(鲁政发[2017]10号);

(22)《青岛市水功能区监督管理办法》，青岛市水利局，2012年12月26日;

(23)《青岛市河道管理条例》，2010年10月1日;

(24)《青岛市胶州湾保护条例》，2014年9月;

(25)《青岛市人民政府关于调整青岛市水功能区划的通知》，青政办发[2017]8号，2017年1月20日;

(26)《青岛市人民政府关于印发青岛市饮用水水源保护区划的通知》，青政发[2014]30号，2014年9月2日;

(27)《青岛市“十三五”生态环境保护规划》(2017年2月21日)。

1.3.2 相关规划、区划

(1)《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》，2011年5月;

(2)《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020年)》，2016年5月;

(3)《山东省生态保护红线规划(2016-2020年)》;

(4)《青岛市城市总体规划(2011-2020)》，青岛市规划局，2011年6月;

(5)《青岛市城市环境总体规划(2016-2030年)》(青环发[2018]41号);

(6)《青岛市排水工程规划修编(2016~2020)》，2016年8月;

(7)《青岛市水功能区划》，青岛市水利局，2017年1月20日。

1.3.3 技术标准和规范

(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);

(2)《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018);

(3)《污水海洋处置工程污染控制标准》(GB18486-2001)。

(4)《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007);

(5)《海洋监测规范》(GB 17378-2007);

(6)SL 348-2006《水域纳污能力计算规程》;

1.3.4 项目依据

(1)项目开展环境影响评价的“委托书”;

(2)《青岛百发海水淡化厂扩建工程工程可行性研究报告》，上海市政工程

设计研究总院(集团)有限公司，2019年3月；

(3) 现有工程环境影响评价报告、批复、验收监测报告、批复；

(4) 建设单位提供的其它资料。

1.2 评价目的、重点

1.2.1 评价目的

(1) 通过现场踏勘、监测及资料分析，查清项目区周围的自然环境、生态环境现状，在此基础上，根据项目的设计资料进行工程分析，分析排污特征，估算污染源强，分析预测项目运行过程中浓盐水排放对水环境的影响范围和程度，提出可行的环境保护措施，据此综合论证本项目的环境可行性，为项目的环保设计、环境管理及主管部门的决策提供依据。

(2) 保护和改善水环境：根据楼山河口段水文水资源特性、河口附近海洋环境特征、接纳水体纳污能力、水生态保护等要求，对浓盐水排放的环境合理性进行论证分析，提出水环境保护措施，以保障排水口周围地表水、海水水质满足所在环境功能区要求。

(3) 促进经济社会与环境的协调发展：在发展经济的同时要注重对水环境的保护，规范合法排放浓盐水，促进经济社会同环境保护协调发展。

1.2.2 评价重点

(1) 根据项目扩建工程建设情况以及采用的海水淡化处理工艺等，明确产生的浓盐水量、主要污染物种类、治理措施、排放方式和污染物排放量；在此基础上，开展浓盐水排放的环境影响预测评价，分析项目排水对排水口附近河道、海域的水环境影响。

(2) 结合项目特点，从环境保护角度分析项目建设的可行性。

1.4 评价工作等级及评价范围

1.4.1 评价工作等级

本项目大气环境、地下水环境、声环境、土壤环境、环境风险等影响均在《青岛百发海水淡化厂扩建工程环境影响报告表》中进行评价，本报告仅进行地表水+海洋环境影响的专题评价。

根据 HJ 2.1-2016、HJ 2.3-2018，确定项目评价工作等级如下：

扩建工程拟采用现状排水口，浓盐水经地下管网排至楼山河内，排水口位于

楼山河入海口上游南岸 50m 处。排水口(中心点)坐标为 120°21'41"E、36°12'19"N。

目前现有工程浓盐水排放量为 16 万 m³/d，扩建工程完成后，新增浓盐水排放量 17 万 m³/d。根据 HJ 2.3-2018 表 1 规定，废水排放量 $Q \geq 20000 \text{m}^3/\text{d}$ 或 $W \geq 600000$ (无量纲)，评价等级应定为一级。本项目新增排水量为 17 万 m³/d > 2 万 m³/d，因此，项目水环境影响评价等级定为一级。

1.4.2 评价范围

根据项目排水和附近地表水体特点，按照 HJ 2.3-2018 第 5.3.2.1 中第 d 条要求，受纳水体为入海河口和近岸海域时，评价范围按照 GB/T 19485 执行。以此确定本项目评价范围为：

(1) 楼山河河道部分

排水口上游拦河坝至楼山河入海口之间的感潮河段，评价河段总长约 200m，面积约 0.024km²。见图 1.4-1。

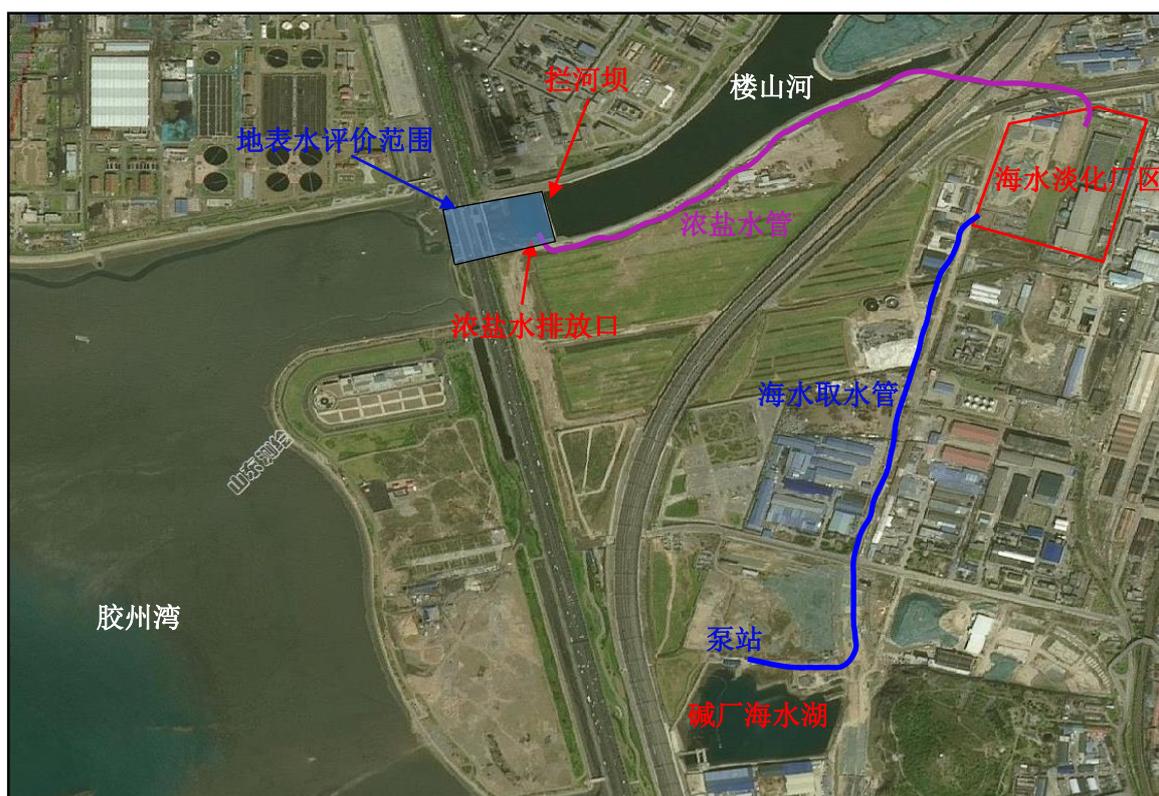


图 1.4-1 本项目地表水评价范围

(2) 海域部分

以排水口为中心，分别向东侧、北侧、南侧延伸 8km 与海岸线围成的海域范围，海洋环境影响评价范围见图 1.4-2。

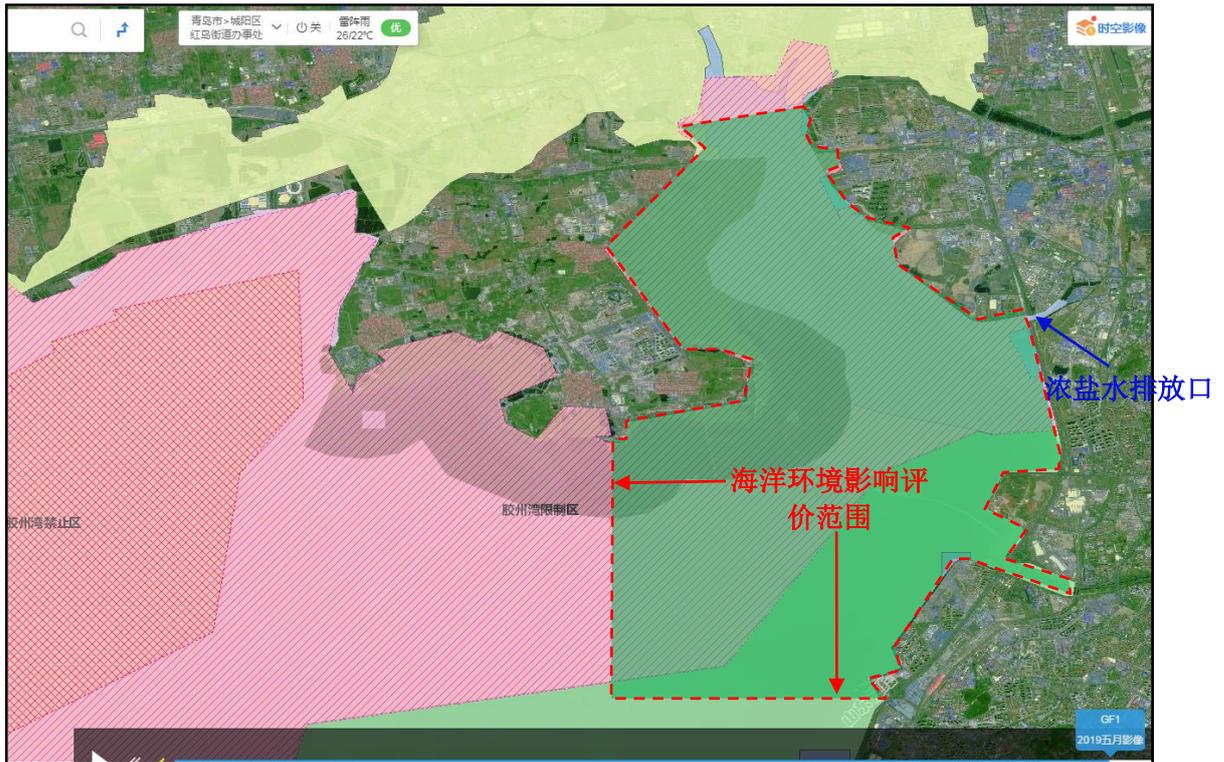


图 1.4-2 海洋环境影响评价范围

1.5 环境影响要素识别和评价因子筛选

本项目采用现状排水口，施工期不涉及对楼山河和河口附近海域的环境影响。对运营过程中产生的水环境影响因素进行识别，结果详见表 1.5-1。

表 1.5-1 项目环境影响因素识别矩阵表

时段	性质/环境要素	楼山河地表水体	海水水质	海洋沉积物	海洋生态
运行期	有利/不利影响	不利	不利	不利	不利
	影响程度	中等	较小	较小	较小
	影响时间	长期	长期	长期	长期
	影响范围	局部	局部	局部	局部
	是否可逆	可逆	可逆	可逆	可逆

由上表可知，本项目建成运行后浓盐水排放对排水口附近的楼山河地表水环境、海洋生态环境等会有产生不利影响，但影响范围为局部水域，影响程度较小。

根据对项目的工程分析、项目所在区域环境要素的特征及存在的环境问题，确定评价因子见表 1.5-2。

表 1.5-2 项目评价因子一览表

类别	环境要素	评价因子
污染源评价	浓盐水	盐度、SS。
环境质量现状调查与评价	地表水质	水温、盐度、SS、pH、DO、COD _{Mn} 、石油类、汞、铬、砷、铅、镉、铜、锌、油类、挥发性酚、无机氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、硫化物。
	海水水质	水温、盐度、SS、pH、DO、COD _{Mn} 、石油类、汞、铬、砷、铅、镉、铜、锌、油类、挥发性酚、无机氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、硫化物。
	海洋沉积物	有机碳、硫化物、石油类、Hg、As、Pb、Cr、Cd、Cu、Zn。
	生物体质量	石油烃、Cu、Pb、Cd、Zn、As、Cr、总 Hg。
	海洋生物生态	浮游植物、浮游动物、底栖生物、叶绿素 a、初级生产力。调查种类组成、数量分布、丰度(密度)、生物量、优势种、群落指数等。
环境影响评价	陆域地表水体	盐度、SS
	海水水质	盐度、SS
	海洋沉积物	SS
	海洋生态	浮游植物、浮游动物、底栖生物等

1.6 评价标准

(1) 环境质量标准

① 地表水环境

根据《青岛市水功能区划》(青政办发[2017]8号)、《青岛市人民政府关于印发青岛市落实水污染防治行动计划实施方案的通知》(青政发[2016]27号), 楼山河源头至入海口河段水质目标为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 V 类, 调查站位处于楼山河下游, 执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 V 类标准。

② 海水水质

根据《山东省海洋功能区划》(2011-2020年)、《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020)》的管理要求和海水水质标准中各类水质适宜的功能, A2、B1、B2、B3、B4、B5 位于胶州湾东北部特殊利用区, 执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第四类水质标准, C1、C2、C3、D2 位于胶州湾农渔业区, 执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第二类水质标准, D1 位于胶州湾港口航运区, 执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类水质标准。具体限值详见表 1.6-1。

表 1.6-1 海水水质标准限值

序号	项目	标准限值		
		第二类	第三类	第四类
1	水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C, 其它季节不超过 2°C。	人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C。	人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C。
2	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位	6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位	6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5pH 单位
3	悬浮物质	人为增加量≤10	人为增加量≤100	人为增加量≤150
4	DO>	5	4	3
5	化学需氧量 (COD)≤	3	4	5
6	无机氮(以氮计)≤	0.30	0.40	0.50
7	活性磷酸盐 (以 P 计)≤	0.03	0.03	0.045
8	石油类≤	0.05	0.30	0.50
9	硫化物(以 S 计)≤	0.05	0.10	0.25
10	Hg≤	0.0002	0.0002	0.0005
11	Cu≤	0.010	0.050	0.050
12	Pb≤	0.005	0.01	0.05
13	Zn≤	0.05	0.10	0.50
14	Cd≤	0.005	0.010	0.010
15	总 Cr≤	0.10	0.20	0.50
16	As≤	0.03	0.05	0.05
17	挥发酚≤	0.005	0.01	0.05

③ 海洋沉积物

根据《山东省海洋功能区划》(2011-2020 年)、《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020)》，A1、A2、B1、B3、B4、E1、E2 位于胶州湾东北部特殊利用区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第三类标准，C1、C2、C3 位于胶州湾农渔业区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第一类标准，D1 位于胶州湾港口航运区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第二类标准。具体限值详见表 1.6-2。

表 1.6-2 海洋沉积物质量标准限值

序号	项目	标准限值		
		第一类	第二类	第三类
1	有机碳($\times 10^{-2}$) \leq	2.0	3.0	4.0
2	硫化物($\times 10^{-6}$) \leq	300.0	500.0	600.0
3	石油类($\times 10^{-6}$) \leq	500.0	1000.0	1500.0
4	Cu($\times 10^{-6}$) \leq	35.0	100.0	200.0
5	Pb($\times 10^{-6}$) \leq	60.0	130.0	250.0
6	Cd($\times 10^{-6}$) \leq	0.50	1.50	5.00
7	Zn($\times 10^{-6}$) \leq	150.0	350.0	600.0
8	Cr($\times 10^{-6}$) \leq	80.0	150.0	270.0
9	Hg($\times 10^{-6}$) \leq	0.20	0.50	1.00
10	As($\times 10^{-6}$) \leq	20	65	93

④ 生物体质量

本次评价的生物体质量样品采集于胶州湾农渔业区，生物体质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)的第一类标准。

(2) 污染物排放标准

① 施工期

废水：施工人员的生活污水排放执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)的 B 等级标准。

② 营运期

拟建工程建成后，浓盐水排放依托现状排水口，不新设排水口，SS 等污染物排放执行《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。

员工生活污水排放执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)的 B 等级标准。

1.7 环境保护目标

本项目所在区域为工业区，周边 1km 范围内无居民区、村庄、学校、医院等环境保护目标。

项目的环境敏感保护目标为胶州湾，重点保护区域为胶州湾国家海洋公园，其中项目水环境影响评价范围涉及其生态与资源恢复区、适度利用区；其重点保

护区不在本项目评价范围内。具体详见表 1.7-1，图 1.7-1、图 1.7-2。

表 1.7-1 项目主要环境保护目标

序号	敏感保护目标名称	方位	相对距离	规模	保护对象	环境保护目标要求
1	胶州湾	W	50m	东西宽 15 海里，南北长 18 海里(低潮位时)，面积 446km ² 。	胶州湾生态系统	海水水质、沉积物、海洋生物满足所在海洋功能区要求。
2	青岛胶州湾国家级海洋公园	W	50m	总面积 200.11 km ² ，其中重点保护区 55.85 km ² ，生态与资源恢复区 31.16 km ² ，适度利用区 113.10 km ² 。	胶州湾生态系统。	海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。

注：表中的距离指与项目浓盐水排放口的距离。



图 1.7-1 本项目周边环境敏感目标分布图

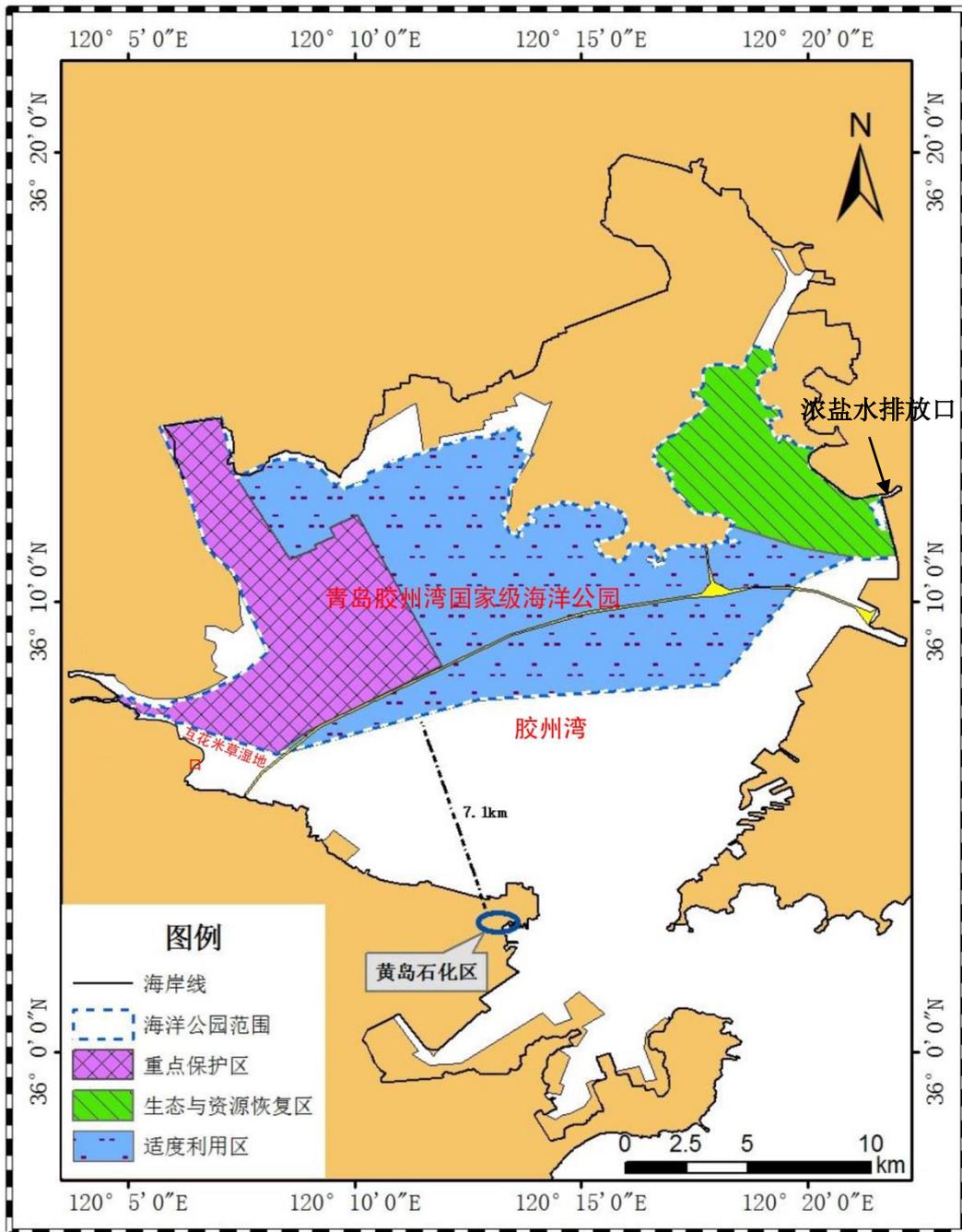


图 1.7-2 项目与环境保护目标青岛胶州湾国家级海洋公园的位置关系

2 工程概况与工程分析

2.1 项目基本情况

(1) 项目名称

青岛百发海水淡化厂扩建工程。

(2) 项目性质

扩建。

(3) 建设规模

新增 10 万 m³/d。

(4) 出水水质标准

青岛市海水淡化厂出水主要供生活、市政用水，出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)要求。

(5) 地理位置与周围环境概况

青岛百发海水淡化厂扩建工程位于青岛市李沧区印江路 2 号，青岛碱业股份有限公司厂区以北、现状百发海水淡化厂(一期)西侧、楼山河南岸，占地面积 3.66 万 m²。总投资为 66646.32 万元，建设期 12 个月，预计 2019 年 9 月动工，2020 年底竣工。

项目东侧为百发海水淡化厂一期工程，西侧为空地、济青铁路和青岛碱业固废处置中心，北侧隔铁路为楼山河，楼山河以北为中国石化青岛石油化工有限公司，南侧为青岛碱业股份有限公司。

扩建工程拟采用现状排水口，浓盐水经地下管网排至楼山河内，排水口位于楼山河入海口上游南岸 50m 处。排水口(中心点)坐标为 120°21'41"E、36°12'19"N。

项目地理位置详见图 2.1-1，周围环境概况详见图 2.1-2。



图 2.1-1 项目地理位置图



图 2.1-2 项目周围环境状况图

2.2 现有工程概况

2.2.1 现有工程“三同时”执行情况

项目现有工程规模为“10 万 m³/d 海水淡化工程”，于 2008 年 1 月委托中国海洋大学编制完成了《青岛百发海水淡化工程项目环境影响报告书》，并获得《青岛市环境保护局关于青岛百发 10 万 m³/d 海水淡化工程环境影响报告书的批复》(青环评字[2008]18 号)；2010 年底，因项目工艺调整，委托中国海洋大学编制了《青岛百发海水淡化工程工艺调整环境影响补充报告》，并获得《青岛市环境保护局关于青岛百发海水淡化工程工艺调整环境影响补充报告的批复》(青环评字[2011]36 号)；2011 年 11 月，因项目排水方案变更，委托中国海洋大学编制了《青岛百发海水淡化工程工艺调整后排水方案进一步论证及其环境影响报告》，并获得《青岛市环境保护局关于青岛百发海水淡化有限公司申请调整海水淡化工程排水方案的复函》(青环评函[2011]119 号)。

2012 年 9 月，项目建成试运行，委托青岛市环境保护科学研究院环境监测中心开展了竣工环境保护验收，并获得《青岛市环境保护局关于青岛百发 10 万 m³/d 海水淡化工程竣工环境保护验收意见的函》(青环验[2013]1 号)，目前正常运行。

2.2.2 现有工程主要建设内容

(1) 取水工程

现有工程取水设施位于环胶州湾高速公路的东侧，衡阳路南侧，四流北路西侧，为青岛碱业股份有限公司(以下称“青岛碱业公司”)取用海水地点。取水工程设施由取水头部、输水管渠、辅助进水泵房、海水蓄水池、出水泵房、海水输水管道共六部分组成，取水方式为海床取水。从胶州湾取水口到海水蓄水池为青岛碱业公司设施，出水泵房和海水输水管道为青岛百发海水淡化有限公司设施。

取水流程见图 2.2-1，取水口设施平面布置见图 2.2-2，海水输水管道平面布置详见图 2.2-3。

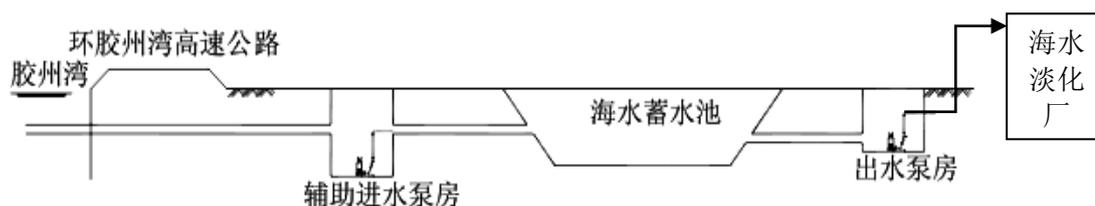


图 2.2-1 现有工程取水流程图

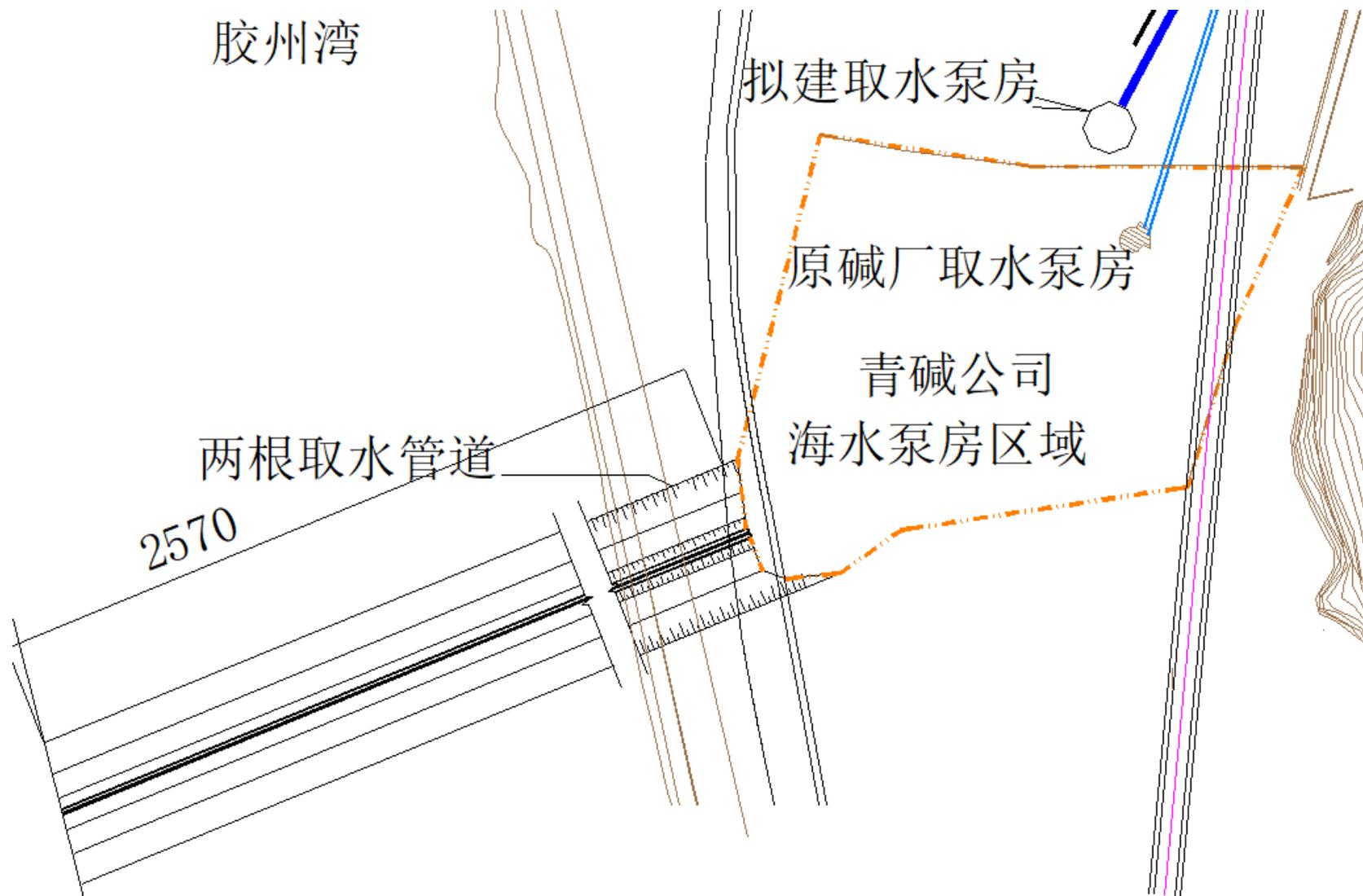


图 2.2-2 现有工程取水设施平面布置图



图 2.2-3 海水输水管道平面位置示意图

① 取水头部及输水管渠

取水头部设置在青岛碱业公司的西侧海域，距离岸边约 2.57km，通过取水管(两根 DN2200mm 混凝土管道)与海水蓄水池连接。现有两根 DN2200mm 取水管，在蓄水池入口处管底高程-4.69m，大港设计高水位为 1.95m，大港设计低水位为-2.02m。

② 辅助进水泵房

辅助进水泵房位于海水蓄水池入口处，泵站设计流量约 12000m³/h，选用 3 台水泵(2 用 1 备)。单台水泵供水能力约 6000m³/h，扬程 10m，单台水泵额定功率约为 220kw。

③ 海水蓄水池

海水蓄水池水力停留时间为 8.0h，容量为 2.23×10⁵m³。为保证海水水质，在蓄水池内设置两道导流墙，一道布水墙。海水取水管顶标高-2.49m。重力流取水量约 21772m³/h。为提高海水的供水保障率，设置流量 12000m³/h 的辅助进水泵站。

在海水蓄水池出水中投加液体 NaClO 进行消毒去除海洋生物，投加方式如下：NaClO 最大投加量为 7.5mg/L。投药泵设计流量为 339.92L/h(1 用 1 备)。

④ 出水泵房

海水蓄水池的出水泵房毗邻青岛碱业公司泵房，占地约 2200m²，专供青岛百发海水淡化厂生产之用，水温为 5℃条件下生产所需海水约为 10877m³/h，25℃条件下生产所需海水约为 9459m³/h，泵房内设置 4 台水泵(2 用 2 备)，单台水泵供水能力 5550m³/h，扬程 20m，单台水泵额定功率约 350kw。

⑤ 海水输水管道

海水取水量约 26×10⁴m³/d，自海水取水泵站提升后，至东侧规划安顺路，沿规划安顺路向北铺设，采用单条 DN1300 的玻璃钢管道将海水输送至厂区，全长约 1330m。

(2) 预处理工程

现有工程的预处理系统由管式静态混合器、微孔过滤器和超滤系统组成。

前过滤：

前过滤采用 100 微米微孔过滤器。微孔过滤器前设有 DN1300 管式静态混合器，并在静态混合器处投加氯化铁，使原水中的小颗粒悬浮物质经氯化铁混凝变为较大颗粒的悬浮物，提高微孔过滤器和微滤/超滤系统的去除效果。采用 4 台 100 微米自动清洗微孔过滤器(3 备 1 用)，单台过滤器过水能力为 3637 m³/h，设计压力 10bar。

超滤：

超滤工艺的设计膜堆数量 16+2R，单膜堆膜数量 252 个，膜总数量 4032 个，

工作压力 0.2~1.6bar，采用全通过滤模式，同时清洗膜堆最大数为 3 个。设计流量为 10448m³/h，设计进水 SS 为 30mg/L。

单膜堆反冲洗用水量 148m³/h，反冲洗总需水量 1455m³/h。微滤/超滤系统的化学清洗频率为 1 次/天，单次氢氧化钠清洗时间 120min，单次酸洗时间 120min，化学清洗后冲洗时间 7min。清洗流量 329 m³/h，单次清洗体积为 393 m³，年清洗次数 37 次。清洗泵数量 1+1R，单泵设计流量 329 m³/h，设计扬程 2.5bar。

设鼓风机数量 2+1R 台，设计风量 2660Sm³/h，设计风压 0.45bar。空气压缩机设计流量 60.5L/s，设计压力 10bar，所需体积 2.4m³。设超滤水池(中间水池)一座，设计水池容积 1000m³，实际使用容积 700m³，停留时间 4.02min。

(3) 海水淡化工程

① 海水淡化设计参数

A. 反渗透系统设计出水水质

经过反渗透处理后，最不利条件下淡化出水主要水质指标见表 2.2-1。

表 2.2-1 反渗透最不利条件下淡化出水主要水质指标(mg/L)

项目	指标	项目	指标	项目	指标
Ca	≤0.528	CO ₃ ²⁻	≤0.005	Ba	0.00
Mg	≤1.27	SO ₄ ²⁻	≤0.392	TDS	≤128.17
Na	≤45.37	Cl	≤76.90	Sr	≤0.004
K	≤2.07	B	≤0.50	pH	≤7.7

B. 反渗透系统设计参数

反渗透系统设计参数见表 2.2-2。

表 2.2-2 系统设计主要参数

项目	设计参数
系统出水量	102000m ³ /d
处理方法	二级反渗透
一级反渗透回收率	40-48.3%
二级反渗透回收率	90%
设计温度	5-25℃
出水 TDS	400mg/L

② 脱盐工程

现有工程中一级反渗透的部分出水通过二级反渗透工艺,进一步去除水中的硼元素。二级反渗透出水再与一级反渗透出水混合,使得脱盐水中硼含量低于0.5mg/L。混合水作为项目的产品水。

A. 一级反渗透处理

一级反渗透有两路进水系统,示意见图 2.2-4。

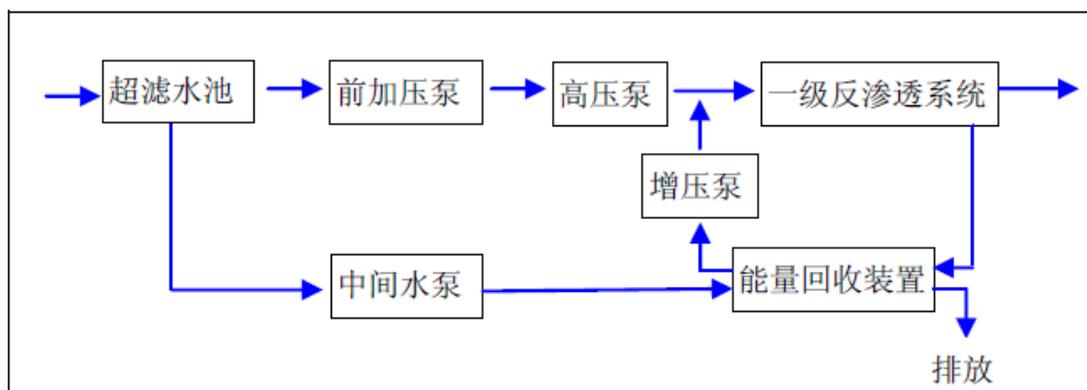


图 2.2-4 一级反渗透进水流程图

一级反渗透实际回收率 44%-46%，前加压泵+高压泵设计流量 4320~4460m³/h，中间水泵+ERI+增压泵设计流量 5004~5262 m³/h。

一级反渗透进水压力 57.8-69.5bar，前加压泵提供压力 3.8-15.5bar，高压泵提供压力 54bar。

前加压泵采用离心泵(2 用 1 备)，设计取水量 4320~4460m³/h，单泵流量 2160~2269m³/h。

高压泵(2 用 1 备)设计流量 4320~4460m³/h，单泵流量 2160-2269m³/h，出水水头 55.06bar。

中间水泵(2 用 1 备)单泵流量 5004~5262 m³/h，单泵最大设计流量 2700m³/h。

一级反渗透膜采用卷式芳香族聚酰胺复合膜。产水量 101222 m³/d~106822 m³/d，模块数量 6 个，单膜堆产水量 16870m³/d ~17804 m³/d，单筒内超滤膜数量 7 个，单膜堆膜筒数量 154 个，膜筒总数量 924 个，一级反渗透膜总数量 6468 个。

增压泵(6 用 1 备)设计流量 5004~5262m³/h，单泵流量 834.0~877.1m³/h，扬程 5.0bar。

B. 二级反渗透处理

二级反渗透增压泵(6 用 1 备)，扬程 10.7~19.9bar。

二级反渗透采用卷式芳香族聚酰胺复合膜，回收率 90%，产水量 21600m³/d，模块数量 6 个，单膜堆产水量 3240m³/d，单筒内超滤膜数量 7 个，单膜堆膜筒数量 15 个，膜筒总数量 90 个，二级反渗透膜总数量 630 个。

能量回收系统类型 ERI，型号 PX-220，浓盐水进水压力 55.3-66.0bar，浓盐水出水压力 1.20bar。效率 >95%，总数量 120 个，反渗透膜堆数量 6 个，单膜堆能量回收器数量 20 个，平均转速 1100 转/min。

C. 反渗透冲洗与清洗系统

一级反渗透的化学清洗和冲洗系统共设清洗和冲洗膜筒数量 154 个，单筒体积 180L，清洗最小压力 6bar，清洗水泵 3 台(2 用 1 备)。清洗罐设计容积 50 m³，单泵流量 616 m³/h。

二级反渗透化学清洗和冲洗系统共设清洗水泵 3 台(2 用+1R，设计额定流量 50m³/h。分两阶段清洗，一阶段同时清洗膜筒数量 10 个，单位膜筒容积 200L，最小清洗压力 6bar，清洗泵使用量 2 台，备用泵数量 1 台，单泵流量 40 m³/h；二阶段同时清洗膜筒数量 5 个，单位膜筒容积 200L，清洗泵使用量 1 台，备用泵数量 2 台，单泵流量 40 m³/h。

(4) 后处理工程

反渗透产水具有矿物质含量少、碱度低，出水水质碳酸盐含量低、缓冲容量小等特点，进入管网前需要进行处理，以增加脱盐水水质稳定性。后处理工艺主要包括投加 CO₂、投加 Ca(OH)₂ 和 NaClO 消毒和清水池。

后处理工艺为：淡化水→投加二氧化碳→投加氢氧化钙→消毒→出水。

将二氧化碳通过穿孔管通入清水池中进行溶解混合，而氢氧化钙则在石灰溶解池中制成饱和石灰水后用泵加压至清水池内。二氧化碳的设计投加量为 48 mg/L，氢氧化钙的投加量为 40 mg/L。

(5) 化学药剂系统

主要净水药剂有次氯酸钠、氯化铁、柠檬酸、硫酸、氢氧化钠、焦亚硫酸钠、阻垢剂、氢氧化钙、二氧化碳等 9 种。

① 次氯酸钠投加系统

次氯酸钠的投加点有三处：取水点、超滤化学清洗系统、后处理系统。

在取水点投加次氯酸钠主要是灭活海水中的细菌、病毒等微生物，避免海水输水过程中生物滋生，确保输水水质的安全。在取水点投加次氯酸钠还可以增强

后续混凝效果，对于降低原水浊度具有较大作用。采用活性氯浓度为 120g/L 的次氯酸钠，最大投加浓度 10ppm，投加量 909L/h，采用三台计量泵(两用一备)，设储罐 1 个，储罐体积 10m³，储罐尺寸 D=2m，H=3.2m，储存时间 19.8 天。

在超滤化学清洗系统投加次氯酸钠的作用为对超滤膜进行消毒灭菌，防止微生物在超滤膜上滋生，影响膜的透水性和使用年限。采用活性氯浓度为 120g/L 的次氯酸钠，投加量为 316L/d。采用 2 台计量泵(一用一备)，设储罐 1 个，储罐容积 6m³，储罐尺寸 D=1.4m，H=3.9m。

在后处理系统中投加次氯酸钠的作用为对产品水进行消毒，使产品水中含有足够量的余氯，防止配水管网中微生物污染。次氯酸钠的平均投加浓度为 1ppm，最大投加量为 69.46L/h，采用 4 台计量泵(3 用 1 备)投加，设储罐 1 个，储罐容积 15m³，储罐尺寸 D=2.2m，H=3.9m，实际储存时间为 16.2 天。

② 预处理氯化铁投加系统

在原水中投加氯化铁做混凝剂，以去除原水中的悬浮物质。投加氯化铁的浓度为 40%。采用 2 台计量泵(1 用 1 备)投加，平均投加浓度 0.12mg/L，最大投加量 192.51L/h，设氯化铁储罐 1 个，储罐容积为 25m³，储罐尺寸 D=2.8m，H=4.1m，实际储存时间为 15 天。

③ 柠檬酸投加系统

柠檬酸的作用是为超滤系统提供酸性清洗液。柠檬酸的投加浓度为 10%，投加量 1248L/d，采用 2 台投加泵(1 用 1 备)投加，设柠檬酸储罐 1 个，储罐容积 1.7m³，储罐尺寸 D=1.2m，H=1.5m。

④ 硫酸投加系统

硫酸的作用是为超滤系统、反渗透系统、中和系统提供酸性清洗液。采用浓度 98%的硫酸，超滤化学清洗系统最大使用量 100L/h，中和系统最大使用量 100L/h，反渗透化学清洗系统最大使用量 100L/h。采用 4 台计量泵(3 用 1 备)投加，设卧式硫酸储罐 1 个，储罐容积 15m³，储罐尺寸 D=2m，H=4.9m。

⑤ 氢氧化钠投加系统

投加氢氧化钠的作用是为超滤系统、反渗透系统、中和系统提供碱性清洗液。投加氢氧化钠的浓度为 20%，超滤化学清洗系统最大使用量 136L/h，一级反渗透系统最大使用量 4161kg/d，二级反渗透系统最大使用量为 108kg/d，中和系统最大使用量 0.325kg/d，设立式氢氧化钠储罐 2 个，单罐容积 150m³，储罐

尺寸 D=6.2m, H=5m。

⑥ 焦亚硫酸钠投加系统

投加焦亚硫酸钠的作用是还原水中的氧化剂, 保护反渗透膜元件的安全。焦亚硫酸钠的平均投加浓度为 3ppm, 采用 5 台计量泵(4 用 1 备)投加, 设立式焦亚硫酸钠投加储罐 1 个。单罐容积为 1m³, 储罐尺寸 D=1.2m, H=0.9m。

⑦ 阻垢剂

阻垢剂的作用为防止反渗透膜结垢, 延长反渗透膜使用寿命。一级反渗透阻垢剂的投加浓度为 2ppm, 采用 3 台计量泵(2 用 1 备)投加, 设立式阻垢剂储罐 2 个, 单罐容积 3.5m³, 储罐尺寸 D=1.5m, H=2.0m; 二级反渗透阻垢剂投加浓度为 1ppm, 采用 2 台计量泵(1 用 1 备)投加, 设立式储罐 2 个, 单罐容积 0.75m³, 储罐尺寸 D=0.8m, H=1.5m。

⑧ 二氧化碳投加系统

在产品水中投加二氧化碳的作用是提高产品水的碳酸盐指数, 调节 pH 值, 增强产品水的稳定性和饮用舒适度。使用量 249.63kg/h, 设 2 个立式储罐低温储存, 单罐容积 50m³, 储罐尺寸 D(外)=3.124m, H=11.776m, 设计压力 2.16MPa。

⑨ 石灰投加系统

在产品水中投加石灰的作用是提高产品水的硬度等指标, 增强产品水的稳定性, 减少配水管网对产品水的污染。使用量 194.4kg/h, 投加方式: 将石灰粉末配成石灰乳, 之后稀释溶解, 制成石灰饱和溶液投加到清水池前端。设石灰粉储存罐 1 个, 容积 60m³, 尺寸 D=3.0m, H=8.5m, 石灰乳浓度 120g/L, 石灰乳投加泵数量 2+1R。设石灰乳储罐 2 个, 容积 4 m³, 尺寸 D=2.0m, H=1.3m。设石灰溶解池 2 个, 容积 88.38 m³, 尺寸 D=9.0m, H=2.58m, 石灰饱和液投加泵数量 2+1R。

化学药剂的投加点、药剂种类及作用详见表 2.2-3 和图 2.2-5。

表 2.2-3 现有工程化学药剂的投加点, 药剂种类及作用

投加点	药剂名称	作用	消耗量(经中试确定, t/d)
取水泵站后	次氯酸钠 (NaClO)	灭活原水中的藻类及微生物	1.76

微孔过滤前	氯化铁(FeCl_3)	混凝剂	0.14
超滤工艺	次氯酸钠(NaClO)	超滤膜的化学清洗药品	1.34
	氢氧化钠(NaOH)		0.0045
	柠檬酸		0.128
	硫酸(H_2SO_4)		0.29
超滤后	焦亚硫酸钠(SBS)	还原水中的氧化剂, 保护反渗透膜原件	1.43
一级反渗透前	阻垢剂	防止反渗透膜结垢, 减少反渗透膜的清洗荷载, 延长反渗透膜的使用寿命	0.17
二级反渗透前	阻垢剂	防止反渗透膜结垢, 减少反渗透膜的清洗荷载, 延长反渗透膜的使用寿命	0.01
反渗透	硫酸(H_2SO_4)	反渗透膜的化学清洗药品	1.37
	氢氧化钠(NaOH)		1.05
后处理系统	氢氧化钙($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	调节碳酸盐指数, pH 值等水质参数, 提高饮用水的品质	4.86
	二氧化碳(CO_2)		5.98
	次氯酸钠(NaClO)	消毒	0.8

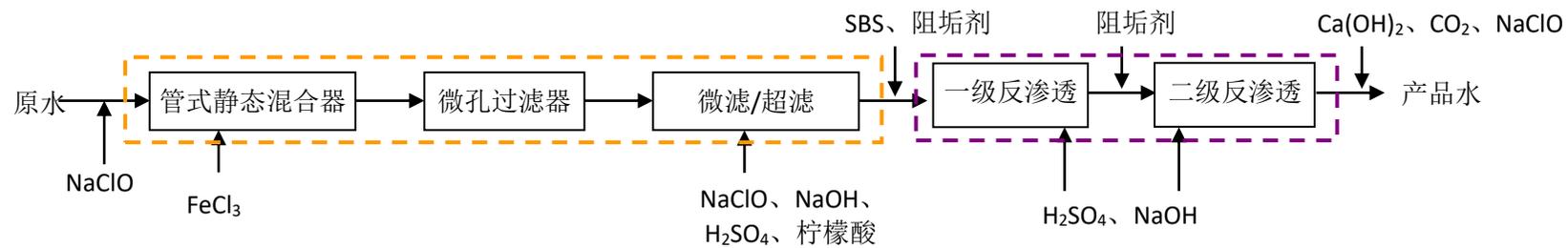


图 2.2-5 现有工程海水淡化工艺化学药剂投加点

(2) 浓盐水排放工程

现有工程有 2 个浓盐水排放方案，取得了青岛市环境保护局(青岛市环境保护局，关于青岛百发 10 万 m^3/d 的海水淡化工程环境影响报告书的批复，青环评字[2008]18 号)与青岛市海洋与渔业局(关于青岛百发海水淡化项目用海的预审意见，青海渔[2009]11 号)的批准。目前，现有工程采用方案二排水方案。

方案一：排至胶州湾零米等深线处

浓盐水排放管起于厂区内的浓盐水排放井，在厂区内距离西侧围墙 4 m 敷设至厂区西北角；之后距离厂区北侧规划道路绿线以外 2 m 向西跨过规划安顺路，至楼山河南岸管理路(清淤路)；浓盐水管道路楼山河南岸管理路段敷设在北侧车行道下，距离北侧路缘石 1.8 m；浓盐水管道路从环湾大道楼山河桥下穿过后，向西延伸至胶州湾零米等深线处，排入娄山河污水处理厂排污混合区内。

方案二：排入楼山河河道

沿海水淡化厂北侧规划路，楼山河南侧清淤路排入楼山河河道，处于海水感潮河段，靠近胶州湾处，距离楼山河入海口约 50 m。所需压力管道全长约 1200 m，管径为 DN1200，拟采用 HDPE 钢塑复合缠绕管或玻璃钢管道。

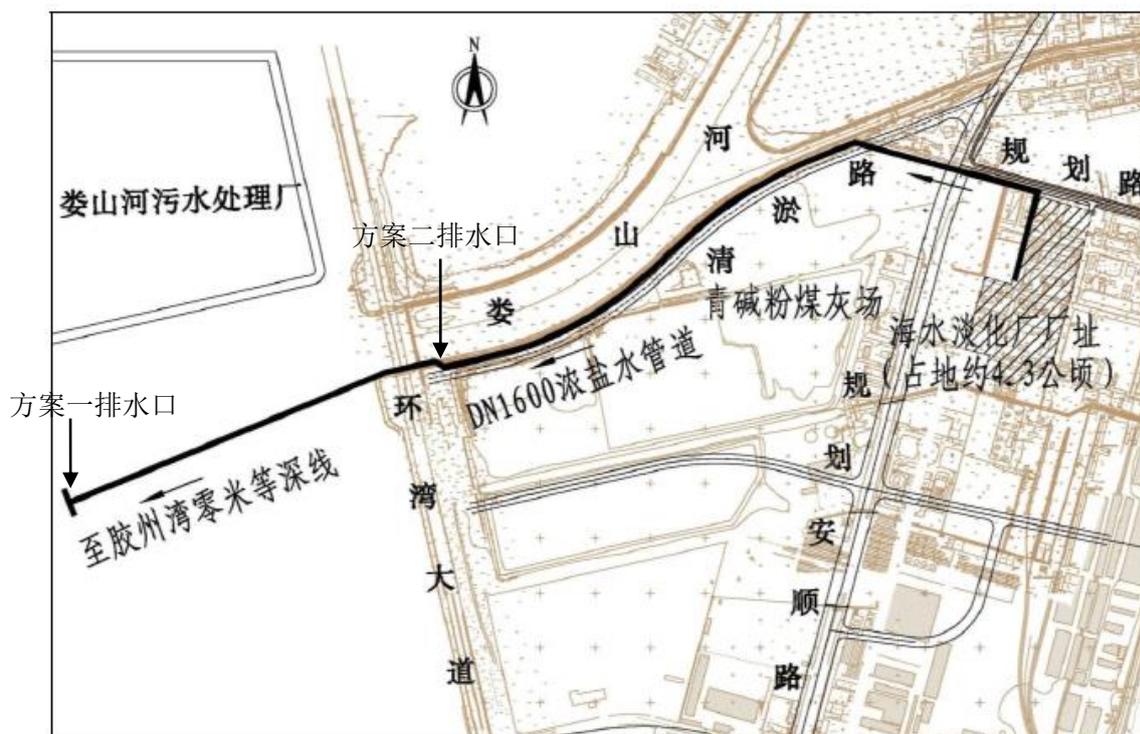


图 2.2-6 浓盐水排放工程平面布局图

根据《青岛市环境保护局关于青岛百发海水淡化有限公司申请调整海水淡化工程排水方案的复函》(青环评函[2011]119 号)，单纯从两种排水方案对环境的影响

响看差别不大，均可行；但综合考虑投资、海上管道施工难度、施工可能带来的赔偿问题等综合效益来看，方案二(排河)优于方案一(排海)，故同意项目浓盐水排入楼山河河道海水感潮河段。目前，现有工程采用方案二排水方案。

2.2.3 现有工程平面布局

(1) 厂区平面布局

现有工程厂区平面布局图详见图 2.2-7。

(2) 用海平面布置

青岛百发海水淡化厂现有工程用海已获得青岛市海洋与渔业局的批复(关于青岛百发海水淡化项目用海的预审意见，青海渔[2009]11 号)，面积共计 5.3990 公顷，其中排污混合区 2.3878 公顷，与娄山河污水处理厂排污混合区重合，管道保护区面积 3.0112 公顷(管道用海面积为 0.19 公顷，与娄山河污水处理厂排污混合区重合面积为 1.1355 公顷)，由于娄山河污水处理厂排污混合区已获得相关海域使用权，重叠区域不再计入本项目用海面积，因此本项目现有工程用海面积仅为 1.8757 公顷。宗海图见图 2.2-8，具体控制点坐标见表 2.2-4。

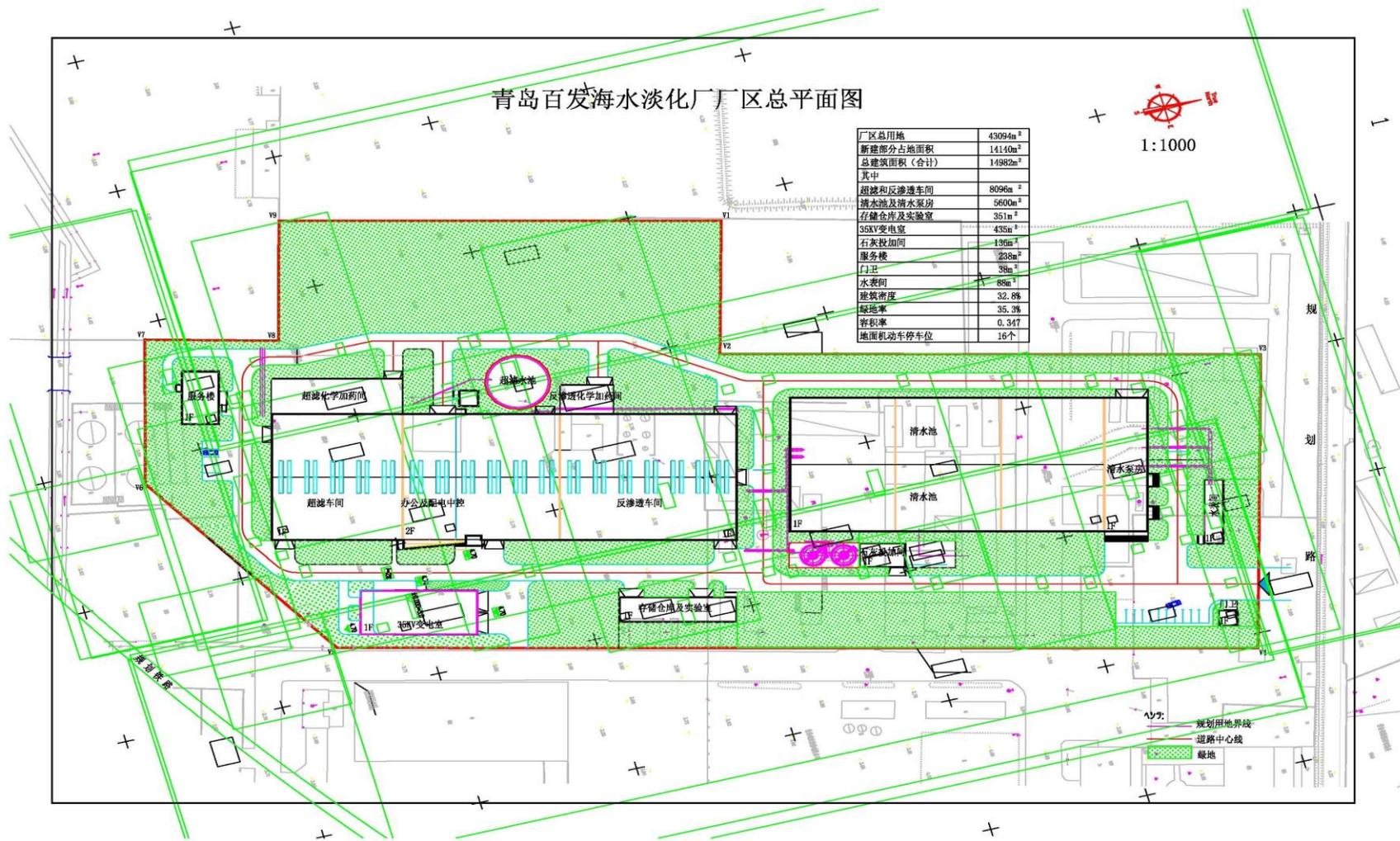


图 2.2-7 青岛百发海水淡化厂现有工程总平面布置图

青岛百发海水淡化工程项目宗海图

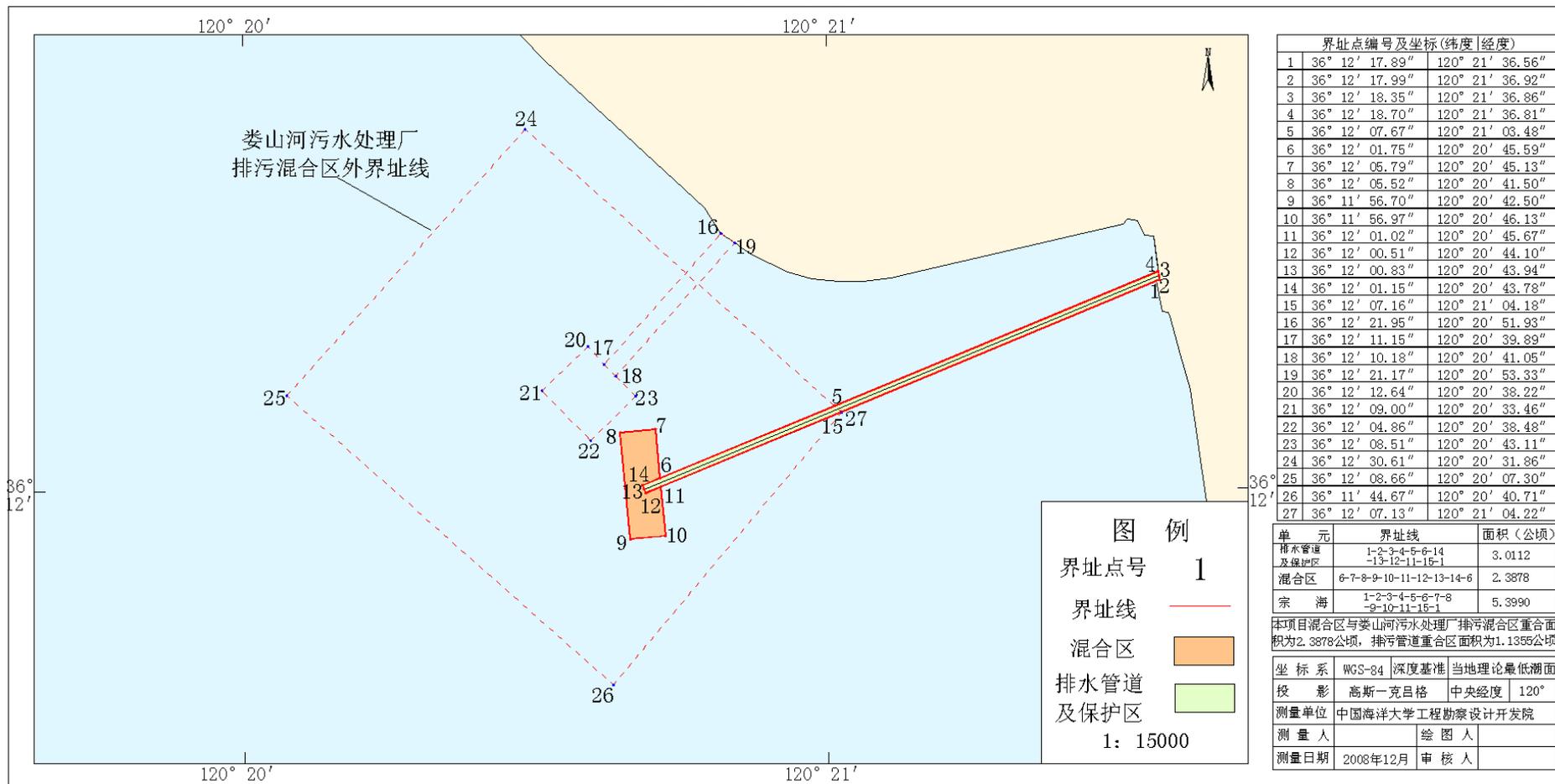


图 2.2-8 青岛百发海水淡化工程(现有工程)宗海界址图(WGS-84 坐标系)

表 2.2-4 现有工程用海拐点坐标(WGS-84)

坐标系	北京 54		WGS-84	
	经度(E)	纬度(N)	经度(E)	纬度(N)
1	120°21'33.74"	36°12'17.12"	120°21'36.56"	36°12'17.89"
2	120°21'34.09"	36°12'17.22"	120°21'36.92"	36°12'17.99"
3	120°21'34.04"	36°12'17.58"	120°21'36.86"	36°12'18.35"
4	120°21'33.98"	36°12'17.93"	120°21'36.81"	36°12'18.70"
5	120°21'00.65"	36°12'06.90"	120°21'03.48"	36°12'07.67"
6	120°20'42.76"	36°12'00.98"	120°20'45.59"	36°12'01.75"
7	120°20'42.30"	36°12'05.02"	120°20'45.13"	36°12'05.79"
8	120°20'38.68"	36°12'04.75"	120°20'41.50"	36°12'05.52"
9	120°20'39.68"	36°11'55.93"	120°20'42.50"	36°11'56.70"
10	120°20'43.31"	36°11'56.20"	120°20'46.13"	36°11'56.97"
11	120°20'42.85"	36°12'00.25"	120°20'45.67"	36°12'01.02"
12	120°20'41.28"	36°11'59.74"	120°20'44.10"	36°12'00.51"
13	120°20'41.12"	36°12'00.06"	120°20'43.94"	36°12'00.83"
14	120°20'40.96"	36°12'00.38"	120°20'43.78"	36°12'01.15"
15	120°21'01.35"	36°12'06.39"	120°21'04.18"	36°12'07.16"
16	120°20'49.11"	36°12'21.18"	120°20'51.93"	36°12'21.95"
17	120°20'37.07"	36°12'10.38"	120°20'39.89"	36°12'11.15"
18	120°20'38.23"	36°12'09.41"	120°20'41.05"	36°12'10.18"
19	120°20'50.51"	36°12'20.40"	120°20'53.33"	36°12'21.17"
20	120°20'35.40"	36°12'11.87"	120°20'38.22"	36°12'12.64"
21	120°20'30.64"	36°12'08.23"	120°20'33.46"	36°12'09.00"
22	120°20'35.66"	36°12'04.09"	120°20'38.48"	36°12'04.86"
23	120°20'40.29"	36°12'07.74"	120°20'43.11"	36°12'08.51"
24	120°20'29.04"	36°12'29.84"	120°20'31.86"	36°12'30.61"
25	120°20'04.48"	36°12'07.89"	120°20'07.30"	36°12'08.66"
26	120°20'37.89"	36°11'43.90"	120°20'40.71"	36°11'44.67"
27	120°21'01.40"	36°12'06.36"	120°21'04.22"	36°12'07.13"

2.2.4 现有工程主要生产工艺及产污分析

现有工程的产污环节见图 2.2-9，其产生的主要污染物是浓盐水、SS、噪声和固体废物。

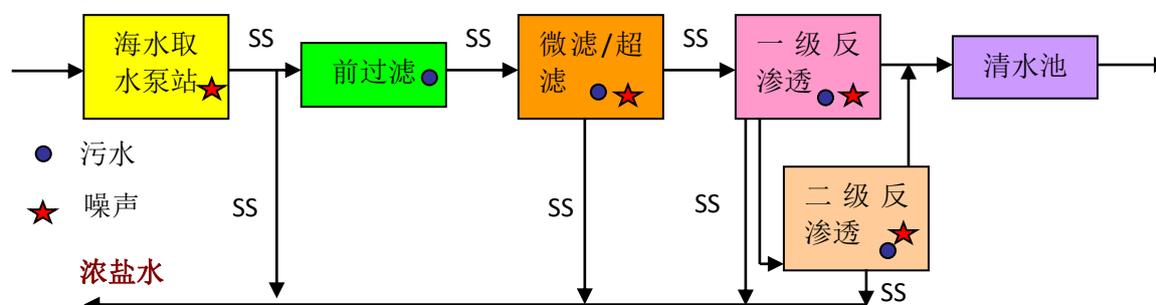


图 2.2-9 现有工程生产工艺及主要产污环节

(1) 废气

现有工程无废气产生。

(2) 废水

① 浓盐水排放

海水原水经淡化工艺处理后，40.5%的水量以淡化水的形式供用户所需，剩余 59.5%的浓盐水排海，排水中还含有少量预处理过程中添加的助剂及其发生反应后的产物等，具体包括：取水泵站后投加 NaClO 对海水进行消毒处理，剩余的部分 NaClO ，同反渗透前投加的还原剂焦亚硫酸钠反应生成 NaCl 和 Na_2SO_4 ；在超滤工艺和反渗透工艺过程中投加硫酸、氢氧化钠和柠檬酸进行膜的清洗，这些物质最终随浓盐水排海；在两级反渗透之前投加的阻垢剂亦将随浓盐水排海。

② 悬浮物

海水淡化超滤、反渗透的反冲洗水和清洗水及反渗透的浓盐水均直接经管道排放入海，会产生一定量的 SS 影响。

(3) 噪声

噪声源主要为海水提升泵、微孔过滤、超滤提升泵、两级反渗透进水加压泵、产品水泵、预处理过程助剂投加泵以及过滤器气水反冲洗风机所产生的噪声。

(4) 固废

主要为员工生活垃圾。

2.2.5 现有工程污染物排放达标情况

(1) 竣工环境保护验收监测结果

根据《青岛百发 10 万 m³/d 海水淡化工程建设项目竣工环境保护验收监测报告》(青岛市环境保护科学研究院环境监测中心, 青环院验监[2012]第 1014 号), 现有工程各类污染物排放均达标, 具体如下:

① 废水

2012 年 11 月 22 日~23 日, 对企业总排口连续监测两天, 每年监测采样 4 次, 监测结果详见表 2.2-5。

表 2.2-5 现有工程废水排放监测结果 单位: mg/L (pH 无量纲)

监测项目	采样点	采样日期	采样频次				
			频次 1	频次 2	频次 3	频次 4	均值
pH	总排口	11 月 22 日	7.68	7.75	7.90	7.83	7.79
		11 月 23 日	7.71	7.80	7.86	7.81	7.80
SS		11 月 22 日	5.4	5.8	6.8	6.2	6.1
		11 月 23 日	4.3	4.2	3.6	3.7	4.0

由监测结果可知, 现有工程排水满足验收监测时期《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》(DB37/676-2007)及“修改单”中一级标准要求, 也满足当前排放标准《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分: 半岛流域》(DB37/ 3416.5-2018)的二级标准。

② 噪声

在现有工程靠近噪声源的厂界处布设 6 个监测点, 于 2012 年 11 月 22 日, 昼间、夜间各监测 1 次, 结果见表 2.2-6。

表 2.2-6 现有工程厂界噪声监测结果 单位: dB(A)

监测时间	监测点位	监测结果
2012 年 11 月 22 日 昼间	1#	52.4
	2#	52.8
	3#	54.3
	4#	51.5
	5#	55.9
	6#	53.1
2012 年 11 月 22 日 夜间	1#	51.0
	2#	50.1
	3#	52.1

	4#	50.9
	5#	52.6
	6#	52.6

由监测结果可知，现有工程昼间、夜间厂界噪声各监测点监测值均符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)表 1 中的 3 类标准要求。

(2) 企业自行监测结果

根据建设单位近 1 年的自行监测结果，现有工程浓盐水排放满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/ 3416.5-2018)的二级标准。具体见表 2.2-7。

表 2.2-7 现有工程废水排放自行监测结果 单位：mg/L (pH 无量纲)

采样监测日期	监测时间	SS(mg/L)	pH	浊度(NTU)
2018.1.11	10:00	13.5	7.63	5.92
2018.2.12	10:30	11	7.68	4.15
2018.3.15	9:40	10.5	7.71	4.68
2018.4.17	10:00	12.5	7.53	5.02
2018.5.16	13:30	15	7.65	8.18
2018.6.19	10:00	11.5	7.72	4.98
2018.6.30	14:30	9.5	7.65	0.14
2018.7.6	10:30	10	7.6	0.12
2018.7.13	14:00	6.5	7.73	0.16
2018.7.20	14:00	5	7.87	0.13
2018.7.24	10:30	4	7.78	0.24
2018.8.20	10:00	6	7.9	0.21
2018.8.27	10:00	7	7.94	0.11
2018.9.10	10:30	3	8.04	0.14
2018.9.17	15:00	5	7.79	0.42
2018.9.20	10:30	3.5	7.55	0.23
2018.10.11	9:30	6	7.61	0.32
2018.10.18	10:00	6.5	7.59	0.28
2018.10.25	10:00	6	7.61	0.44
2018.11.6	9:30	7	7.48	0.18
2018.11.15	9:30	6	7.67	0.43
2018.11.20	9:30	7	7.7	0.65
2019.1.11	9:30	7.5	7.69	0.55
2019.1.22	9:30	8	7.71	0.47

2.3 拟建工程主要内容

2.3.1 建设规模及内容

(1) 设计生产规模

在现有工程规模的基础上，新增扩建供水能力达到 10 万 m³/d 的海水淡化工程。

(2) 水质目标

生产生活饮用水，出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)的要求。

(3) 建设内容

主要工程内容包含海水取水工程(在现状取水湖(原碱业海水湖)建设取水泵站、沿安顺路铺设至扩建厂区的海水取水管线)、海水除盐工程(预处理、一级反渗透处理、二级反渗透处理)、反渗透产水的矿化、产品水增压与输送、废水及浓盐水离岸直排(沿楼山河南岸管理路铺设浓盐水排放管道至楼山河入海口)。

具体建设内容为：改造青岛碱业内湖现有一期临时取水泵房，设4台卧式离心泵，单台水泵设计流量 $3750\text{m}^3/\text{h}$ ，形成 $27.0\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ 取水规模；从取水泵站至扩建厂区新建一条DN1400的原水管线，长度1.3km，管材材料为玻璃钢，配套阀门井、排气阀等配件；新建气浮池1座，处理能力为 $27\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ ，分为5组(砼制)，单组处理量 $2250\text{m}^3/\text{h}$ ，水力负荷 $22\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ；新建海水淡化车间1座，包括超滤(UF)处理系统，反渗透(RO)处理系统，膜化学清洗系统、调节水池、配电系统等，日产反渗透水量 $10\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ ；新建矿化滤池1座，反渗透产水经矿化后输送至市政管网，产水总硬度 $40\sim 80\text{mg/L}$ ；矿化后的清水池共设1座，调蓄容积约 17500m^3 ；产生的淡化水，拟从厂区北侧沿德江路(印江路-遵义路)建设DN1200管道与遵义路DN1200管道进行连接，管道长约1.6公里，通过一期并网管道进入市政管网；浓盐水排放采用现有工程方案，拟将一期浓盐水及扩建工程浓盐水通过顶管的方式穿越三条铁路后沿楼山河南岸管理路敷设，长度约1300米，其中顶管长度约230米，浓盐水通过现状排水口于楼山河河道排放，与河水混合后排放入海。扩建工程采用“气浮+超滤+反渗透+矿化”的海水淡化工艺，新增淡化水生产能力为 $10\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ 。扩建工程建设内容详见表2.3-1。

表 2.3-1 拟建工程主要建设内容一览表

工程名称	项目名称	主要建设内容
主体工程	取水泵站	本工程使用一期现状的临时泵房，改造后作为扩建工程的取水泵站，设计规模 $27.0\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ 。共设4台卧式离心泵(3用1备)，单台水泵设计流量 $3750\text{m}^3/\text{h}$ ，设计最低取水水位 -3.9m ，气浮池进水水位 8.8m ，沿程水头损失 5.0m 。 取水泵房处设 15t 次氯酸钠储罐1只，储存浓度为 10% ，设次氯酸钠加注泵3台，单台流量 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，投加至取水头部(以泵对多点投加)，2用1备(现状增设1台)。向进水管中(取水泵房前池进水口处)投加

		NaClO, 投加量 2~4mg/L, 冲击投加, 以控制海生生物在取、用水设备及设施中的生长与繁殖。
原水(海水)管线工程		从取水泵站至扩建厂区需新建一条 DN1400 的原水管线, 长度 1.3km, 管材材料为玻璃钢, 配套阀门井、排气阀等配件。
气浮池及加药间		<p>气浮池处理量为 27 万 m³/d, 分为 5 组(砼制), 单组处理量 2250m³/h, 水力负荷 22m³/(m²h)。</p> <p>加药间和气浮池合建, 设有加混凝剂系统、加石灰系统、加氯系统。</p> <p>(1) 混凝剂投加系统: 采用液态三氯化铁, 原液浓度 10%。混凝剂最大投加量为 50mg/L, 平均加注量 30mg/L, 加注点 5 个, 加注于气浮池前混合池内, 采用自动控制。设隔膜计量泵共 7 台, 5 用 2 备, 单台能力 Q=1100L/h, H=30m, 每台隔膜计量对应 1 个加注点。混凝剂储液罐有效容积为 20.00m³, 共 3 个, 按平均加注量 30mg/L(有效氯)计, 储存天数为 7 天。</p> <p>(2) 加氯系统: 采用成品次氯酸钠(出厂水的消毒、杀菌)。加氯最大加注量 2mg/L, 加注点 2 个, 设于产品水池进水管上。设隔膜计量泵共 2 台, 1 用 1 备, 单台能力 Q=100L/h, H=35m, 每台隔膜计量对应 1 个加注点。次氯酸钠储液罐有效容积为 10.00m³, 共 2 个, 按平均加注量 2mg/L(有效氯)计, 储存天数为 5 天。</p> <p>(3) 加石灰系统: 投加于平衡池前, 以石灰乳的形式投加, 石灰投加量约为干泥的 30%, 提高泥渣静置脱气效果。</p>
海水淡化车间	超滤系统	<p>(1) 超滤进水池及进水泵: 超滤系统分为平行的两条生产线, 设尺寸相同超滤进水池 2 格, 用于调节气浮池出水。单格平面尺寸为 18.6×6.0m, 设计有效水深 3.9m, 总有效容积 870m³, 停留时间 4.5min。每条生产线设超滤进水泵 3 台, 2 用 1 备, 单台水泵流量 2900m³/h, 扬程约 30m。</p> <p>(2) 自清洗过滤器: 本工程采用网式自清洗过滤器, 拦截颗粒范围 150~300μm, 由压差开关或定时器触发启动, 并能实现自动清洗。洗过滤器共设置 6 套, 单台过滤流量 2800m³/h。</p> <p>(3) 超滤膜组: 超滤膜采用外压式中空纤维超滤膜, 孔径 0.02μm, 共设 2 条生产线, 每条生产线 14 组膜过滤单元(12 用 2 备), 总膜组件约 3024 支, 通量约 50.7LMH, 单组处理水量约为 460m³/h。设计总处理量 26.5 万 m³/d。系统回收率不小于 95%。</p> <p>(4) 超滤膜反洗泵: 反冲洗系统包括反冲洗水池、反冲洗水泵等。反冲洗水泵共设 3 套, 2 用 1 备, 单台水泵流量 390m³/h, 扬程约 40m。</p> <p>(5) SWRO 进水及 UF 反洗水池: UF 反洗水池与一级反渗透(SWRO)进水池共用, 为 1 座地上式钢筋混凝土矩形水池, 分为完全独立运行的两格, 单格平面尺寸为 15.25×7.8m, 设计有效水深 5.0m, 总有效容积 1190m³。</p> <p>(6) UF 化学清洗系统: 超滤膜前还应投加混凝剂; 当膜污堵严重时, 需要投加硫酸、NaOH、次氯酸钠等, 与反冲洗系统结合对超滤膜进行清洗。当超滤膜受到的污染无法通过一般的反冲洗、酸碱冲洗等方式消除时, 通过设置超滤膜的在线清洗(CIP)系统实现。</p>
	反渗透系统	<p>SWRO(一级反渗透)系统共设 5 组, 单组进水量 2119m³/h, 产水量 920m³/h, 系统回收率 43%。每组膜架含 234 支膜壳, 一段式设计, 采用 7 芯装压力容器, 共 8190 支膜元件, 系统平均通量约 14.4L/m²·h。</p> <p>能量回收系统共设 90 套, 每组膜架设 18 套能量回收装置, 回收效率 98%。能量回收装置回水管上设补压泵, 与 RO 组合单元数对应。主要包括反渗透进水泵, 反渗透高压泵、一级膜组、能量回收系统、补压泵等。</p> <p>一级 SWRO 系统产生的浓盐水直排浓盐水井。经过一级 SWRO</p>

		<p>反渗透系统后,出水分为2路,一路出水(后端产水)经加压后继续进入二级 BWRO,另一路出水(前端产水)与二级反渗透产水混合。</p> <p>二级 BWRO 系统一阶段共设4组,每组系统排列为64:24二段式设计,共88支膜壳,采用7芯装压力容器,共2464支膜元件。</p> <p>(1) SWRO 进水系统:一级反渗透(SWRO)进水池与 UF 反冲洗水池共用。由 SWRO 进水泵、SWRO 高压泵、能量回收装置及 ERS 增压泵共同向 SWRO 膜堆供水。每组设备对应一组 SWRO 膜组。</p> <p>(2) SWRO 膜组:采用卷式聚酰胺海水淡化膜,稳定脱盐率 99.8%。</p> <p>(3) BWRO 进水池及增压泵:设 BWRO 进水池 1 座。单格平面尺寸为 12.4×7.8m,设计有效水深 5.0m,总有效容积 484m³,停留时间约 8min。设二级 BWRO 增压泵 6 台,与二级 RO 组合单元数对应,按照 28 摄氏度的校核温度考虑,85%的一级 SWRO 产水进入二级 BWRO 系统,则单台水泵流量 579m³/h,扬程 144m。</p> <p>(4) BWRO 反渗透膜组: BWRO 膜采用卷式聚酰胺海水淡化膜,稳定脱盐率 99.8%,BWRO 系统共设 6 组,单组进水量 579m³/h,产水量 521m³/h,系统回收率 90%。系统平均通量约 35L/m²·h。</p> <p>(5)反渗透系统清洗与加药系统:为防止 SWRO 膜的污堵和氧化,一级 SWRO 进水前应投加阻垢剂和抗氧化剂,前者一般采用偏磷酸盐,后者常采用焦亚硫酸钠。为防止 RO 膜的堵塞,设反渗透在线清洗系统对膜进行冲洗。</p> <p>(6) 产品水池:设产品水池 1 座。单格平面尺寸为 14.1×7.8m,设计有效水深 3.9m,总有效容积 429m³。</p> <p>(7) 废水中和池:设废水中和池 1 座。单格平面尺寸为 15.0×6.0m,设计有效水深 3.9m,总有效容积 351m³。用于接纳膜组化学清洗废液经中和处理后排放。</p>
	矿化滤池	<p>滤池单格面积 69.69m²,共设 6 格,停留时间 12.9min,双排布置。反渗透产水经矿化后方能输送至市政管网,产水总硬度 40~80mg/L。矿化滤料采用贝壳填料,厚度为 2.25m,有效粒径 1.00~4.00mm,空隙率 0.50。承托层采用粗砂,厚度为 0.15m,有效粒径 2.00~4.00mm。</p> <p>另设加二氧化碳站一座,二氧化碳投加于矿化滤池中与石灰石滤料反应使得反渗滤出水矿化。</p>
	产品水池及增压泵房	<p>矿化后的清水池共设 1 座,调蓄容积约 17500m³。</p> <p>共设增压泵 4 台,3 用 1 备,单台流量 1400m³/h,扬程 60m。</p>
污泥处理系统	排泥水调节池	<p>叠建于浓缩池下,有效容积 1000m³,分为独立运行的四格,池内共设 4 台水泵,2 用 2 备,Q=50m³/h,H=14m。</p>
	浓缩池	<p>叠合于排泥水调节池上方,设 2 座,浓缩池单座直径为 10m,池深约 9.0m,</p>
	污泥平衡池	<p>共 2 座,总有效容量约 260m³。</p>
	脱水机房	<p>采用机械脱水方式。脱水机房设板框脱水机 2 套,1 用 1 备。单台负荷流量 27m³/h,另设污泥螺杆泵 2 台,变频,1 用 1 备,与脱水机一一对应,单泵流量 27m³/h,扬程 20m。</p>
	浓盐水及生产废水	<p>(1) 浓盐水:一级 RO 产生的浓盐水含盐量较高,悬浮物等杂质含量小,本工程浓盐水排放方式与现状一期工程相同,即在楼山河口通过与楼山河水进行混合稀释后离岸直排。反渗透装置产生的浓盐水排放至浓盐水排放井,再经管道送出至厂外。</p> <p>(2) 化学清洗水:超滤、一级、二级 RO 进行化学清洗产生的废液,</p>

		排入中和水池，经处理达标后，经耐腐蚀排水泵输送至浓盐水排放管。 (3) 超滤反冲洗水：由于增加了气浮前处理工艺，扩建工程超滤进水浊度可在 3NTU 以下，扩建工程超滤工艺约 5% 的水用于反冲洗，反冲洗水量约 12500m ³ /d，并根据相关工程经验，超滤反冲洗水浊度按照进水浊度的 15~20 倍计算，其反冲洗水浊度约为 45~60NTU，浓盐水排放约 145000m ³ /d，浓盐水几乎不含有杂质与悬浮物，混合后浊度约为 4.7NTU，可达到山东半岛流域排放标准中排河 SS 小于 30mg/L 的标准，经管道输送至浓盐水排放管。
辅助工程	办公楼	办公楼与海水淡化车间合建，地上二层。其中一层功能为展厅、员工活动室等，二层功能为会议及办公。
公用工程	供水	由李沧区市政给水管网提供。由印江路上现状 DN150 自来水管引入，沿厂区北侧规划路敷设，连接到厂区内。
	供电	由市政电网引入，电源为国家电网。
	供热	采用空调供暖、制冷。
	排水	厂区内采取雨污分流排水系统，将生活污水就近排入市政污水管网，雨水收集后，就近排往厂外市政雨水管道。
环保工程	废气	根据项目工艺特点，本项目运营期间不产生大气污染物。
	废水	(1) 浓盐水：主要污染因子为 SS，SS 在气浮池中去除。 (2) 化学清洗水：超滤、一级、二级 RO 进行化学清洗产生的废液，主要污染因子为 pH，排入中和水池，经处理达标后，与浓盐水混合排放。 (3) 超滤反冲洗水：主要污染因子为 SS，与浓盐水混合排放。
	噪声	主要噪声源采取基础减振、厂房墙壁隔声措施。
	固废	生活垃圾由市政环卫部门统一收集处理。 气浮过程产生的污泥经污泥处理系统处理(浓缩、脱水)，形成泥饼，外运综合利用。

2.3.2 平面布置

拟建工程首先改造青岛碱业内湖现有一期临时取水泵房，设 4 台卧式离心泵，形成 27.0 万 m³/d 取水规模，从湖中取海水；然后从取水泵站至扩建厂区新建一条 DN1400 的原水管线，长度 1.3km，将海水引致海水淡化厂区；之后通过气浮池进行预处理，经超滤(UF)处理系统进行前处理，再通过二级反渗透(RO)处理系统进行脱盐；最后，反渗透水经矿化后从厂区北侧沿德江路(印江路-遵义路)建设 DN1200 管道与遵义路 DN1200 管道进行连接，通过一期并网管道进入市政管网，浓盐水通过顶管的方式穿越三条铁路后沿楼山河南岸管理路敷设，经现状一期排水口于楼山河河道排放，与河水混合后排放入海。拟建工程取水、输水、海水淡化、接市政管网、排放浓盐水等总平面布置图详见图 2.3-1。

厂区主要建(构)筑物有：气浮池及加药间、海水淡化车间、浓缩池下叠排泥水池、脱水机房下叠平衡池、矿化滤池、清水池及送水泵房等。厂区建(构)筑物的设计以满足生产工艺及相关专业功能要求为原则，以生产、管理、生活提供方便为前提，以实用、经济、美观为原则，并力求厂区与周边环境相协调，使海水

淡化厂在平面布置及建筑处理上达到规划的要求。厂区平面布局详见图 2.3-2。

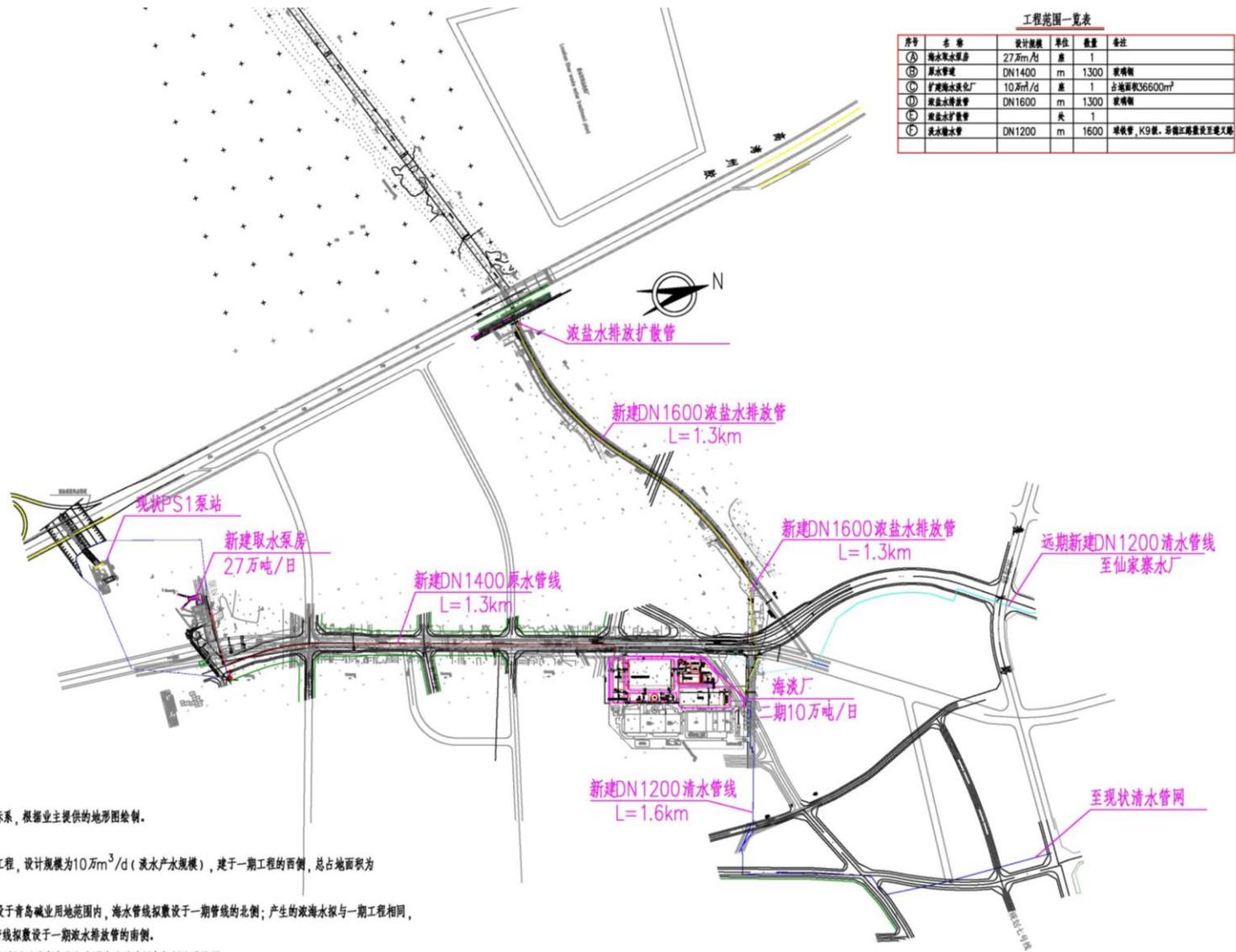


图 2.3-1 扩建工程系统总平面布局图

海水厂内新建(构)筑物一览表

序号	名称	设计规模	单位	数量	备注
①	气浮池及冲粪间	27.0 m^3/d	座	1	100m \times 24m, 占地2520m 2
②	海水淡化车间	27.0 m^3/d	座	1	156m \times 60m, 占地9360m 2
③	矿化滤池	10.0 m^3/d	座	1	51m \times 29m, 占地1480m 2
④	产品水池及进水泵房	10.0 m^3/d	座	1	80m \times 43m, 占地3460m 2
⑤	原水沉淀池	—	座	1	27m \times 22m, 占地594m 2
⑥	原水沉淀池	—	座	1	33.2m \times 20m, 占地664m 2
⑦	二氯化碳池	—	座	1	9.8m \times 5m, 占地49m 2
⑧	原水提升井	—	座	1	4m \times 5m, 占地20m 2
⑨	原水提升井	—	座	1	5200
⑩	人行步道	—	座	200	
⑪	绿化	—	座	12000	
⑫	围墙	—	米	800	一期围墙440m, 围墙新增

图例:

- 新建(构)筑物
- 现有(构)筑物
- 新建道路
- 现有道路
- 厂区现有围墙线
- 新建围墙线

工程经济技术指标

序号	名称	单位	数值	备注
1	总用地面积	m 2	78035	
其中	现有用地面积	m 2	43096.47	
	新增用地面积	m 2	26760.6	
	道路用地面积	m 2	8177.93	
2	扩建后总建筑面积	m 2	37931.62	
其中	现有建筑面积	m 2	14989.62	
	新增建筑面积	m 2	22942	
3	扩建后总占地面积	m 2	32799	
其中	现有建筑占地面积	m 2	14356	
	新增建筑占地面积	m 2	18443	
4	容积率		0.49	
5	建筑密度	%	42.03%	
6	绿地面积	m 2	27159.83	
7	绿地率	%	34.8%	
8	停车位	个	30	

说明:

1. 本图单位尺寸以m计;
2. 本图标高采用1985国家高程系统绝对标高;
3. 厂区建(构)筑物室外设计地坪标高为4.60m。
4. 本图坐标系采用青岛城市坐标系, 根据业主提供的地形图绘制。
5. 新建围墙中心线退红线0.5m。
6. 沿用原厂区主入口, 并在二期南侧规划十二号线新增次入口。
7. 本工程为百发海水淡化厂二期工程, 设计规模为10.0 m^3/d (淡水产水规模), 工程建于现状淡化厂西侧、安顺路东侧区域, 新增用地面积为26760m 2 。

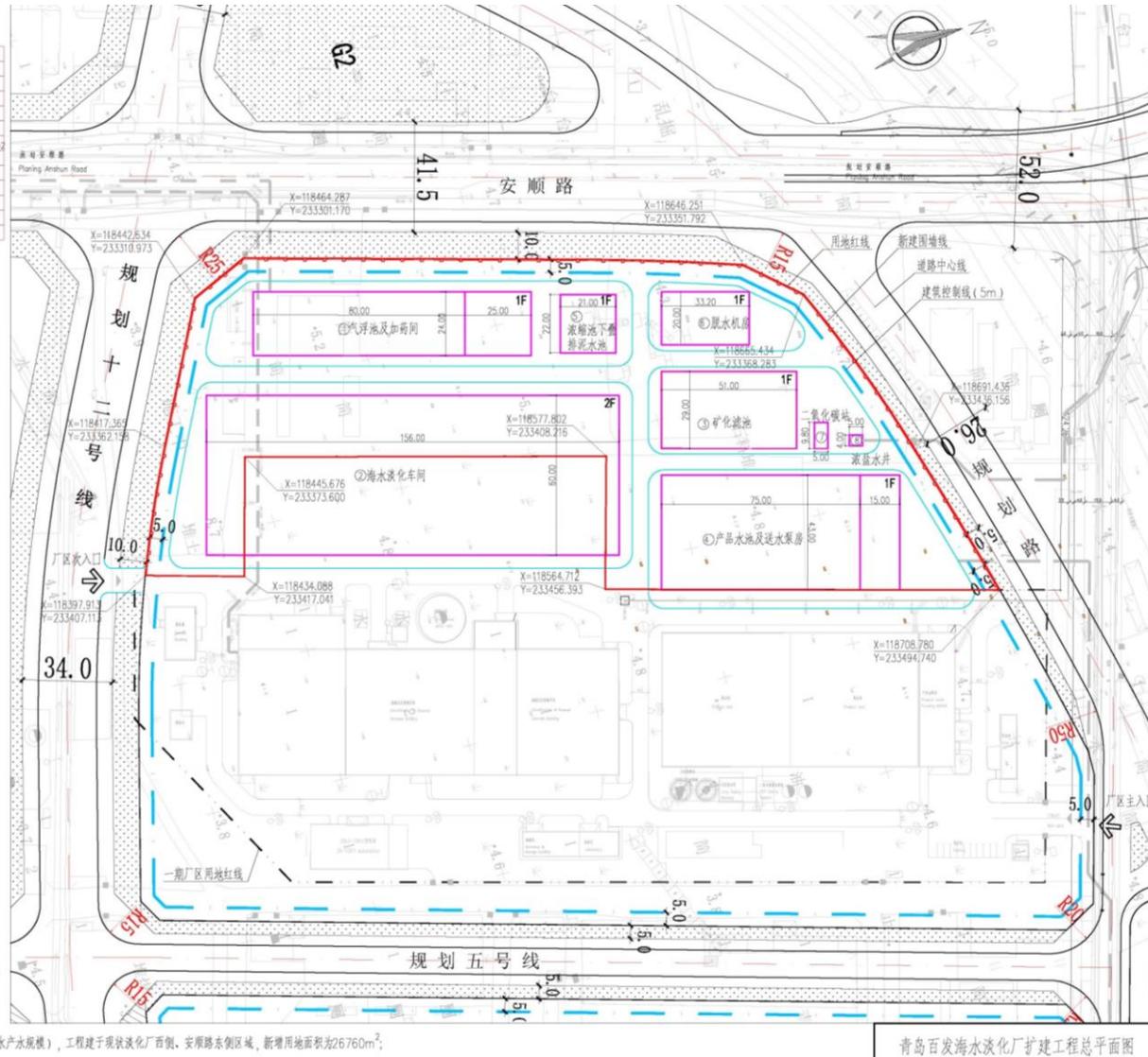


图 2.3-2 扩建工程厂区平面布局图

2.3.3 主要建筑、设施

本次扩建工程整体内容组成详见表 2.3-2, 厂内主要构筑物组成详见表 2.3-3。主要设施设备清单详见附表一。

表 2.3-2 扩建工程建设范围一览表

序号	名称	尺寸	占地面积	规模	单位	数量	备注
A	取水泵房	15m×40m		27 万 m ³ /d	座	1	含与取水泵房配套的配电间
B	原水管道	DN1400			m	1300	玻璃钢管
C	海淡厂二期		26700 m ²	产水 10 万 m ³ /d	座	1	
D	浓海水排放管	DN1600			m	1300	玻璃钢管
E	浓海水扩散管				处	1	与浓海水排放管道对应
F	淡水输水管	DN1200			m	1600	球铁管, K9 级。沿德江路敷设至遵义路

表 2.3-3 扩建工程厂区内主要构筑物一览表

序号	名称	尺寸	占地面积	规模	单位	数量	备注
1	气浮池及加药间	105m×24m	2520m ²	27 万 m ³ /d	座	1	分 5 组
2	海水淡化车间	156m×60m	9360m ²	10 万 m ³ /d	座	1	
3	矿化滤池	51m×29m	1479m ²	10 万 m ³ /d	座	1	
4	二氧化碳加注站	9.8m×5m	49m ²	10 万 m ³ /d	座	1	
5	产品水池及送水泵房	90m×43m	3870m ²	10 万 m ³ /d	座	1	
6	污泥浓缩池下叠排泥水池	22m×21m	462m ²		座	1	
7	脱水机房	33m×20m	660m ²		座	1	
8	浓盐水排放井				座	1	
9	沥青道路		6200m ²				沥青混凝土
10	人行步道		200m ²				
11	绿化		12000m ²				
12	围墙		600m ²				一期西侧的 440m 围墙拆除

2.3.4 原辅材料组成

本项目原料为海水, 用量为 27 万 m³/d, 辅料为投加各类化学药剂, 具体用量详见表 2.3-4。

表 2.3-4 拟建工程化学药剂使用量

药品名称	投加位置	投加量(t/d)
次氯酸钠	原水取水口	0.81
	膜化学清洗	1.50
	出水加氯消毒	0.20
三氯化铁	气浮	8.10
硫酸	膜化学清洗	1.82
氢氧化钠	膜化学清洗	1.48
阻垢剂	反渗透	0.504
抗氧化剂(焦亚硫酸盐)	反渗透	0.756
CO ₂	矿化	6.6~7.4
贝壳填料	矿化	15.0~16.8

2.3.5 进出水水质

(1) 进水水质

根据建设单位提供的 2015-2018 年的海水原水水质数据，结合现有工程近 5 年来运行经验：胶州湾水温相对较高，常年高于 4℃以上，冬季偶有降温至 2℃左右，夏季水温在 25℃左右，适合作为海水淡化水源；碱业内湖取水水质稳定(电导率、浊度低、TDS、悬浮物均较低)。

表 2.3-5 青岛百发海水淡化厂 2015-2018 原水水质数据

时间段	限值	15.01.01-15.12.04			16.01.01-16.12.31			17.01.01-17.12.31			18.01.01-18.03.11		
		AVE	MAX	MIN	AVE	MAX	MIN	AVE	MAX	MIN	AVE	MAX	MIN
电导率(μs/cm)	<51781	44470	46860	41550	42877	44090	40440	44017	47080	40440	45213	46520	43350
pH	7.1~8.2	7.82	8	7.45	7.86	8.78	7.57	7.91	8.33	7.51	8.03	8.25	7.82
硼(mg/l)	<4.5	4.03	4.58	3.65	4.05	5.05	3.3	4.12	4.85	3.14	4.14	4.48	3.93
浊度(NTU)	<42	12.5	26.7	3.6	8.7	45.6	1.82	7.01	31.2	1.19	9.59	29.8	3.51
温度(℃)	3~28	—	28	3	—	27.9	2.3	—	28.6	2.1	—	8.7	0
COD(mg/l)	—	2	2.72	1.4	2.4	5.2	1.17	2.76	4.24	1.44	3.34	4.93	2.51
TDS(mg/l)	<36247	28018	29790	25980	26924	27900	25410	27684	29590	25320	29241	30150	28010
T.S.S(ppm)	<70	22.3	46.5	8.5	21	147	3.5	23.5	84	2.5	17.2	47	6.5
碱度(mg/l CaCO ₃)	—	115.7	125.2	99.4	117	128.1	96.08	116.5	128.1	110.09	120.8	124.1	114.09
硬度(mg/l CaCO ₃)	—	5686	6600	4800	5715	8200	3100	5950	7600	4400	5959	6400	5600
氨氮	—	—	—	—	0.14	0.38	0.01	0.1	0.5	0.01	0.11	0.34	0.01
色度	—	—	—	—	—	—	—	13.4	23	5	11	15	8

由上表可知，原水海水的浊度较低，平均在 15NTU 左右，通过混凝沉淀或气浮工艺基本可以满足超滤膜及后续经超滤工艺后的反渗透膜的进水要求。本方案采用气浮工艺对海水进行预处理，不仅可以用于去除悬浮物，还去除藻类、油

类，使之满足后续处理(前处理、二级反渗透处理)要求。在浊度异常升高的短时间段内，可采取加大混凝剂投加量和回流比的方式，强化预处理效果，保障后续海水淡化工艺的进水水质。气浮预计处理效果为：浊度 ≤ 3.0 NTU，SS ≤ 5 mg/L，藻类去除率 $> 95\%$ ，油脂去除率 $> 98\%$ 。因此，本次扩建工程对海水原水进水水质无要求。

(2) 设计出水水质

扩建工程设计出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)的要求。

2.3.6 排水口基本情况

扩建工程浓盐水排放采用现有工程排水口，位于楼山河入海口上游南岸 50m 处(见图 1.4-1)。排水口由 6 组扩散管组成(见图 2.3-3)，中心点坐标为 $120^{\circ}21'41''$ E、 $36^{\circ}12'19''$ N。



图 2.3-3 排水口现状图

2.4 海水淡化工艺及废水污染环节分析

2.4.1 海水淡化工艺流程及水平衡分析

扩建工程采用“气浮+超滤+反渗透+矿化”的海水淡化工艺。海水进厂区后经气浮池，进入超滤，生产出符合一级反渗透入水要求的清水。超滤出水经过高压泵加压进入一级反渗透膜堆，生产出一级反渗透出水。一级反渗透出水一部分再经二级反渗透膜堆进一步脱盐，产生二级反渗透水，与部分一级反渗透出水混合后，再经过矿化滤池矿化后，通过增压泵房送至市政管网。

气浮池产生的污泥经位于扩建工程厂区西北边排泥水调节池后进入浓缩池，经处理后的污泥经平衡池进入板框压滤机进行脱水后外运。

工艺流程图及水量分析详见图 2.4-1。

2.4.2 主要工艺组成及废水产生环节分析

(1) 取水

工艺：拟建工程从原碱液海水湖取水，在进水管道中(取水泵房前池进水口处)投加 NaClO，投加量 2~4mg/L，冲击投加。

废水产污环节：该过程不产生废水，但是投加药剂会使海水的盐度略有增加。

(2) 气浮

工艺：于气浮池前混合池内，投加混凝剂 10%的液态三氯化铁，平均加注量 30mg/L,加注点 5 个，去除悬浮物、藻类、油脂等，预计处理效果为：浊度 ≤ 3.0 NTU，SS ≤ 5 mg/L，藻类去除率 $> 95\%$ ，油脂去除率 $> 98\%$ 。

废水产生环节：产生污泥浮渣(排泥水)，进入污泥处理系统，经收集、浓缩、脱水单元处理后，泥饼外运综合利用，脱出的废水混入浓盐水排放。

(3) 海水淡化

① 超滤

超滤：通过气浮去除大颗粒物质后，再通过超滤膜去除大分子物质，流经系统的产水流量根据提升泵吸水井和产能需求进行自动控制。

反冲洗：为保持膜的设计通量，膜系统可进行全自动的周期性地反洗，其过程包括透过液反向通过膜同时空气擦洗膜丝的外表面，而后排空膜架以去除积累在膜丝周围的固体物质。在反洗过程中不使用化学药品。

在运行过程中，进水中固体物质会逐渐积累在膜的表面，从而增加透膜压差(TMP)值。反洗过程可以有效地去除膜表面的固体物质，从而使 TMP 恢复到前一个产水周期中正常的 TMP 值。

反洗周期开始于膜列的产水模式完成后。反洗开始后，PLC 先将膜列进水泵停下，关闭进水阀。然后反冲洗泵将净水反向通过 ZW 膜与此同时从膜下方注入空气对膜丝外表面进行擦洗，空气擦洗产生垂直方向的混合搅动对膜表面进行擦洗，有利于将污染物质冲离膜丝进入膜管的水中。反冲结束时，PLC 自动打开膜。

化学清洗：超滤系统的化学清洗系统及配药系统为全自动控制，当自控系统发出化学清洗指令后，化学清洗系统将自动配置相应的化学药剂。当清洗药剂配制完成后，超滤设备将自动转入化学清洗状态，化学清洗泵启动，将配制好的化学清洗液送入超滤设备，进行错流循环，让药液与污染物充分反应，一段时间后清洗泵停止运行，进行一段时间的浸泡，直至化学清洗结束。经过冲洗和反洗后，

超滤设备重新投入正常过滤。

废水产生环节：超滤反冲洗过程会产生反冲洗水，主要污染因子为 SS，水量约为 1 万 m³/d；化学清洗过程会投加硫酸、NaOH、次氯酸钠等，产生化学清洗水，会略微增加盐度，pH 会有所变化。

② 反渗透

工艺：以压力差为推动力，从海水中分离出纯化水，在膜的低压侧得到淡水，在高压侧得到浓盐水。反渗透系统由 SWRO(一级反渗透)系统和 BWRO(二级反渗透)系统组成。一级反渗透产水量 920m³/h，产水率约 45%。经过一级 SWRO 反渗透系统后，出水分为 2 路，一路出水(后端产水)经加压后继续进入二级 BWRO，另一路出水(前端产水)与二级反渗透产水混合。二级反渗透的产水率约 90%。

由于温度对反渗透除硼的效率影响较大，温度越高，膜对硼的脱出率越差，故本工程在不同温度下，一级 SWRO 产水进入二级 BWRO 的水量均不同，在保证最终产水硼达到要求的情况下，考虑到系统建设和运行成本，通过二级 BWRO 进水流量的控制以节约运行能耗。28℃情况下 SWRO 产水的 85%进入 BWRO 系统，而 SWRO 的 15%前端产水直接进入最终产水水箱；15℃情况下 SWRO 产水的 60%的产水进入 BWRO 系统，而 SWRO 的 40%前端产水直接进入最终产水水箱；5℃情况下 SWRO 产水的 50%的产水进入 BWRO 系统，而 SWRO 的 50%前端产水直接进入最终产水水箱。

二级 BWRO 产生的浓水与进一级 SWRO 的原水混合后再进入系统进行处理，即高压浓海水只产生于一级 SWRO 系统，并通过能量回收装置将其所具有的压力转化为进水压力。

一级和二级反渗透系统均设有冲洗和化学在线清洗系统，与膜系统配套。一级 SWRO 进水前应投加阻垢剂和抗氧化剂，前者采用偏磷酸盐，后者采用焦亚硫酸钠。

废水产生环节：一级反渗透工序产生浓盐水 14.5 万 m³/d；超滤、一级反渗透和二级反渗透系统化学清洗产生的化学清洗水量，废水量为 1 万 m³/d，盐度会略微增加，pH 值会改变，膜组化学清洗废液经中和处理后随浓盐水一起排放。

(4) 矿化

工艺：矿化滤料采用贝壳填料，反冲洗方式为气水同冲，冲洗周期视滤料消

耗、补充及纳污情况而定。冲洗过程如下：

① 气冲：气冲强度 $60\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，两台鼓风机全开，气冲时间 2min；

② 气水冲：气冲强度 $60\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，开启 2 台鼓风机；水冲强度 $25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，开启 1 台反冲水泵，气水冲时间至出水水质不超过生活饮用水卫生标准；

③ 水冲强度：水冲强度 $25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，开启 1 台反冲水泵，水冲时间 6min。

根据水力流程，矿化滤池水位较高，滤池下面叠合清水池，有效容积为 4500m^3 。

另设加二氧化碳站一座，二氧化碳投加于矿化滤池中与石灰石滤料反应使得反渗透出水矿化。

废水产污环节：无。

(5) 出水

工艺：出厂水的消毒、杀菌药剂采用成品次氯酸钠。加氯最大加注量 2mg/L ，加注点 2 个，设于产品水池进水管上。

废水产污环节：无。

2.4.3 废水污染因素及源强分析

(1) 污染因素分析

① 浓盐水

海水原水经淡化工艺处理后，10 万 m^3/d (占 37%)水量以淡化水的形式供用户所需，剩余 17 万 m^3/d (包括一级反渗透后浓盐水 14.5 万 m^3/d ，污泥处理系统脱出水 0.5 万 m^3/d ，超滤反冲洗水 1 万 m^3/d ，膜组化学清洗水 1 万 m^3/d ，共计 17 万 m^3/d ，占 63%)的浓盐水排海，排水中还含有少量预处理过程中添加的助剂及其发生反应后的产物等，包括：A. 在取水泵房、化学清洗水池等投加 NaClO 对海水进行消毒处理，剩余的部分 NaClO ，与一级反渗透前添加的抗氧化剂焦亚硫酸钠发生氧化还原反应，形成 NaCl 和 Na_2SO_4 ，随浓盐水排放；B. 在气浮池投加混凝剂三氯化铁，絮凝后产生的污泥浮渣，脱水后，大部分三氯化铁进入泥饼外运，少量进入废水随浓盐水排放；C. 超滤膜、一级反渗透膜、二级反渗透膜化学清洗投加的 H_2SO_4 ，同投加的 NaOH 中和，生成 Na_2SO_4 ，随浓盐水排海；D. 在一级反渗透之前投加的阻垢剂亦将随浓盐水排海。

② 海水原水经淡化处理后，排放的浓盐水中各类污染物浓度升高

海水淡化排水主要污染物是浓盐水。由于取水为 27 万 m^3/d ，排出浓盐水量

为 17 万 m³/d，对原有海水成分浓缩倍数约 1.588 倍，其成分与原海水相比没有变化，各类污染物总量不会发生变化，但浓度会升高 1.588 倍。

(2) 污染源强分析

① 盐度

本项目海水淡化处理规模为 10 万 m³/d，一级反渗透产水率约 45%，二级反渗透产水率约 90%。取水总量为 27 万 m³/d，排出浓盐水量为 17 万 m³/d。本项目取水海域的海水多年平均盐度为 30.87，经浓缩后盐度为 49.03。

在海水淡化处理过程中由于投加 NaClO、H₂SO₄、NaOH、焦亚硫酸钠等助剂，会少量增加排水的盐度。海水淡化过程投加离子排放浓度见表 2.4-1。其中投加的 NaClO 在水中可水解生成 4.20mg/L 的 Na⁺和 9.40mg/L 的 ClO⁻，部分 ClO⁻用于海水中的微生物消毒及同水中的有机物反应，剩余 ClO⁻同焦亚硫酸钠反应生成 Cl⁻和 Na₂SO₄，生成的 Cl⁻为 6.48mg/L。投加的 FeCl₃ 水解可产生 31.2mg/L 的 Cl⁻，其中约 90%在絮凝沉淀、浓缩、脱水后进入泥饼，剩余约 10%进入浓盐水，为 3.12 mg/L；投加 H₂SO₄ 增加的 SO₄²⁻为 10.49mg/L；投加 NaOH 增加的 Na⁺为 5.01mg/L；投加焦亚硫酸钠增加的 Na⁺为 1.08mg/L，同 NaClO 反应生成的 SO₄²⁻为 4.64mg/L。

总增加的 Na⁺为 4.20+5.01+1.08=10.29mg/L；

总增加的 SO₄²⁻为 10.49+4.64=15.13mg/L；

增加的 Cl⁻为 6.48+3.12=9.60 mg/L；

综上所述，因药剂添加而增加的总盐度为 0.035，排出的浓盐水中总盐度为 49.07。

表 2.4-1 海水淡化过程主要投加离子排放浓度一览表

工艺过程	投加量 (t/d)	进入浓盐水的量(t/d)	排水中增加的离子浓度(mg/L)			排放方式
			Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
投加 NaClO 消毒、灭藻	2.51	2.31	4.20	6.48	—	通过现状排水口排入楼山河
投加 H ₂ SO ₄	1.82	1.82	—	—	10.49	
投加 NaOH	1.48	1.48	5.01	—	—	
投加焦亚硫酸钠(Na ₂ S ₂ O ₅)	0.756	0.756	1.08	—	4.64	

投加 FeCl ₃	8.10	0.81	—	3.12	—	
总浓度	/	/	10.29	9.60	15.13	

② SS

由表 2.3-5 可知，本项目原水中 SS 的多年平均值为 21mg/L，近 4 年的进水 SS 范围为 3.5~147mg/L。根据气浮工艺设计，SS 去除效率达 95%以上，气浮池出水 SS≤5mg/L，海水原水中的 SS 大部分以泥饼形式外运处理。气浮池出水量为 26.5 万 m³/d，SS≤5mg/L，SS 最终进入浓盐水排放，排放量为 1.325t/d。

另外，污泥处理系统浓缩、脱水后，产生废水约 0.5 万 m³/d，SS 浓度一般在 50mg/L 左右，排放量为 0.25t/d。

综上，SS 总排放量为 1.575t/d，浓盐水排放总量为 17 万 m³/d，SS 排放浓度为 9.26mg/L。

③ 其它指标

海水淡化排水主要污染物是浓盐水，对原有海水成分浓缩倍数约 1.588 倍，其成分与原海水相比没有变化，各类污染物总量不会发生变化，但浓度会升高 1.588 倍。根据取水口处水质现状监测结果分析浓盐水中各指标的浓度，详见表 2.4-2。

表 2.4-2 浓盐水中各类污染物排放浓度一览表

序号	项目	取水口水质监测结果(mg/L)	取水口处海水水质标准(第二类, mg/L)	排水水质预测结果(mg/L)	排放标准(DB37/3416.5-2018的二级标准, mg/L)	排水口附近海域海水水质标准(第四类, mg/L)
1	COD _{Mn}	1.54	3	2.45	/	5
2	氨氮	0.115	/	0.183	10	/
3	无机氮	0.394	0.30	0.626	总氮 20	0.50
4	活性磷酸盐	0.008	0.03	0.013	总磷 0.5	0.045
5	石油类	0.052	0.05	0.083	5	0.5
6	挥发酚	未检出	0.005	/	0.5	0.05
7	硫化物	0.003	0.05	0.005	1	0.25
8	Cu	0.00298	0.01	0.00473	0.5	0.05
9	Pb	0.00103	0.005	0.00164	0.5	0.05
10	Cd	0.000147	0.005	0.00023	0.05	0.01
11	总 Cr	0.00161	0.1	0.00256	1	0.5
12	Zn	0.0159	0.05	0.02525	5	0.50
13	Hg	0.000010	0.0002	0.00002	0.005	0.0005

14	As	0.00129	0.03	0.00205	0.3	0.05
----	----	---------	------	---------	-----	------

2.4.4 废水排放达标分析

根据 2.4.3 节的分析可知，拟建工程取用的海水经气浮处理后，最终排放浓盐水中的 SS 浓度为 9.26mg/L，满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。排水的浓盐水中原有海水成分浓缩倍数约 1.588 倍，由表 2.4-2 可知，各污染物浓度均满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。

同时，除了无机氮外，排水中其余指标浓度也能达到排水口附近海域的海洋功能区海水水质标准(第四类)要求，排水的无机氮浓度未达到第四类海水水质标准的原因因为取水口处无机氮浓度超标(第二类)所致。

3 区域环境概况

3.1 楼山河流域概况

楼山河流域是青岛市五大排水系统之一，位于李沧区西北部，是环湾入海河流的重要组成部分，其中楼山后河发源于丹山、围子山，全长 6.64km，沿途汇入大小支流 10 余条，流域面积 21.06km²，楼山河源于虎头石，全长 5.05km，支沟 3 条，流域面积 4.54 km²。楼山河流域水系见图 3.1-1。



图 3.1-1 楼山河流域在青岛市区水系中的位置图

3.2 自然环境概况

3.2.1 气象条件

青岛属海洋性气候，空气湿润，温度适宜，四季分明，1月份气温最低，日平均气温低于0℃，平均每年约47天，8月份气温最高，日最高气温≥30℃，平均每年约12.4天。黄岛区及附近海域属于受海洋性气候影响的季风大陆性气候，四季分明，温度适中，夏季潮湿多雨，冬季干旱少雨雪。

(1) 气温

该区域春季持续时间较长，气温回升缓慢；夏季较内陆推迟1个月到来，湿润多雨，但无酷暑，7月平均温度23℃；秋季天高气爽，降水少，持续时间长；冬季较内陆推迟15-20天到来，气温低，但并无严寒，一月平均日最低气温-3℃。

年平均气温：12.4℃；

年平均最高气温：15.6℃；

年平均最低气温：9.7℃；

极端最高气温：35.4℃(出现在1968年8月1日)；

极端最低气温：-16.0℃(出现在1970年1月4日)；

(2) 降雨

年平均降水量：青岛地区多年平均685.4mm，黄岛区多年平均775.6mm；

年最大降水量：青岛地区1227.6mm(出现在1975年)；

年最小降水量：青岛地区263.8mm(出现在1981年)；

一日最大降水量：青岛地区182.0mm(出现在1970年9月3日)。

降雨多集中在每年的6月下旬至9月上旬，降水量约占全年总降水量的70%左右。

(3) 风

① 风频

青岛市全年以E、NW、NNW风占主导，三向风频率之和为35.9%；静风频率最小，为2.3%；NNE、W次之，各为2.6%、3.2%。冬季(12~2月)NW和NNW风占主导地位，静风最少，SSE、SE向风也很少出现。春季(3~5月)是由冬、夏过度季节，与冬季相比，风向比较分散，偏北风明显减少，偏南风明显增多。夏季(6~8月)与冬季相反，风向多集中在ENE~SE向，WSW~NNE向风很少出现。秋季(9~11月)，偏北风和偏西风较夏季明显增多，SE~ENE向风明显减少，9、10月份风向相对分散，11月份已接近冬季风特征。

青岛市累计各向风频率玫瑰图见图3.2-1。

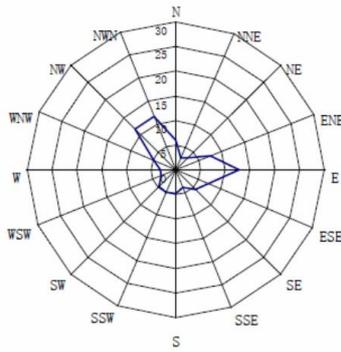


图 3.2-1 青岛市累计各向风频率玫瑰图

② 风速

胶州湾及青岛前海海域平均风速为 3.6 m/s。月平均风速以 11 月、12 月最大，7 月份为最小，分别为 4.1m/s、4.0m/s 和 2.9m/s。11 月、12 月份风速偏大，主要是频繁的冷空气所影响。全年以 NW~N 风速较大，平均为 4.7m/s；SSE 向和 NE 向风速较小，分别为 2.7m/s 和 2.4m/s。

(4) 湿度

胶州湾海域年平均相对湿度为 73%，7 月份最高，为 89%；12 月份最低，为 68%。

3.2.2 海洋水文

3.2.2.1 潮汐

根据胶州湾东岸南部的青岛大港长期的潮汐资料，项目附近胶州湾海域海洋水文情况如下。

(1) 资料情况

图 3.2-2 为大港验潮站在当地验潮零点和黄海基面的各种潮位关系图示。

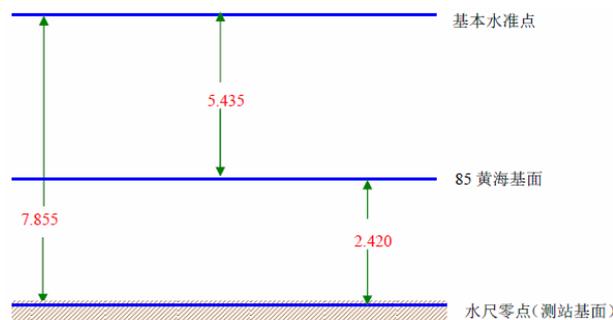


图 3.2-2 大港潮汐观测站各高程关系示意图

(2) 潮汐特征

影响项目附近海域潮汐变化的潮波系统为：黄海南部的日潮潮波系统和海州

湾以东的半日潮潮波系统。以半日潮波为主，日潮波较弱。黄海是个半封闭的长方形浅海，其宽度不大，因此进入黄海的潮波，不管是入射波还是反射波，均为 kelvin 波。半日潮波在由东海进入黄海后，基本保持前进波的特征，在其向北传播的过程中，一部分首先由山东半岛南岸反射，尔后一部分为辽东半岛南岸所反射。如此形成两支强度不同的 kelvin 波(入射波与反射波)的叠加，分别于成山头外海(约 $37^{\circ}38'N$, $123^{\circ}15'E$)和苏北外海(约 $34^{\circ}51'N$, $121^{\circ}05'E$)形成两个 M_2 分潮无潮点，构成两个左旋潮波系统。影响本海区的主要是后一潮波系统。由于该潮波系统是左旋的，其等潮时线由无潮点向外呈辐射状，所以山东半岛南岸，潮波峰线由北向南转播，发生高潮的时间是由北向南渐次推后。

日潮波(K_1 分潮)由于波长较长，所以其在黄海上无潮点较苏北外海 M_2 分潮无潮点更偏南，即在 $33^{\circ}41'N$, $121^{\circ}53'E$ 附近。在这里 K_1 分潮构成一个左旋日潮波系统。本海区的潮汐主要受制于以上这两个无潮点构成的潮波系统。

由数值模拟渤海、黄海、东海 M_2 分潮和 K_1 分潮同潮图以及青岛海域的主要半日分潮、全日分潮的同潮图上可以看出，青岛沿海海域主要受海州湾外逆时针旋转的半日潮潮波系统的控制，潮波自东北向西南传播，潮时递增，平均潮差逐渐增大。

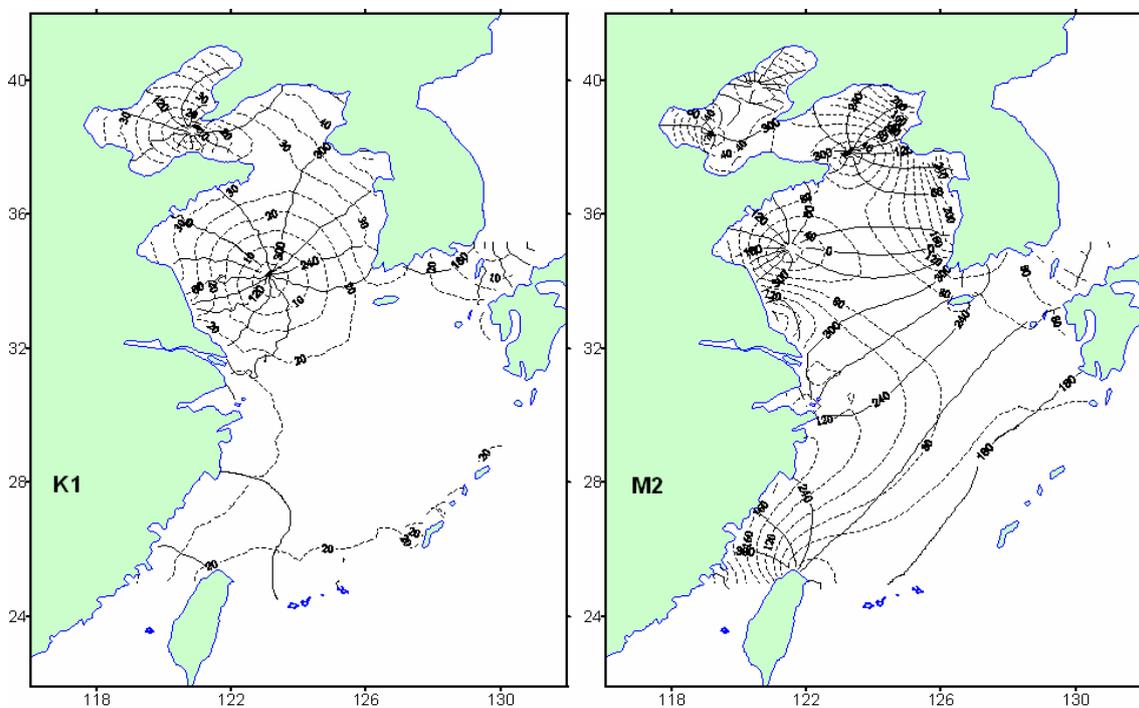


图3.2-3 影响青岛海域潮汐变化的潮波系统 K_1 、 M_2 分潮的同潮图

(虚线，等迟角线，单位： $^{\circ}$ ；实线，等振幅线，单位：cm)

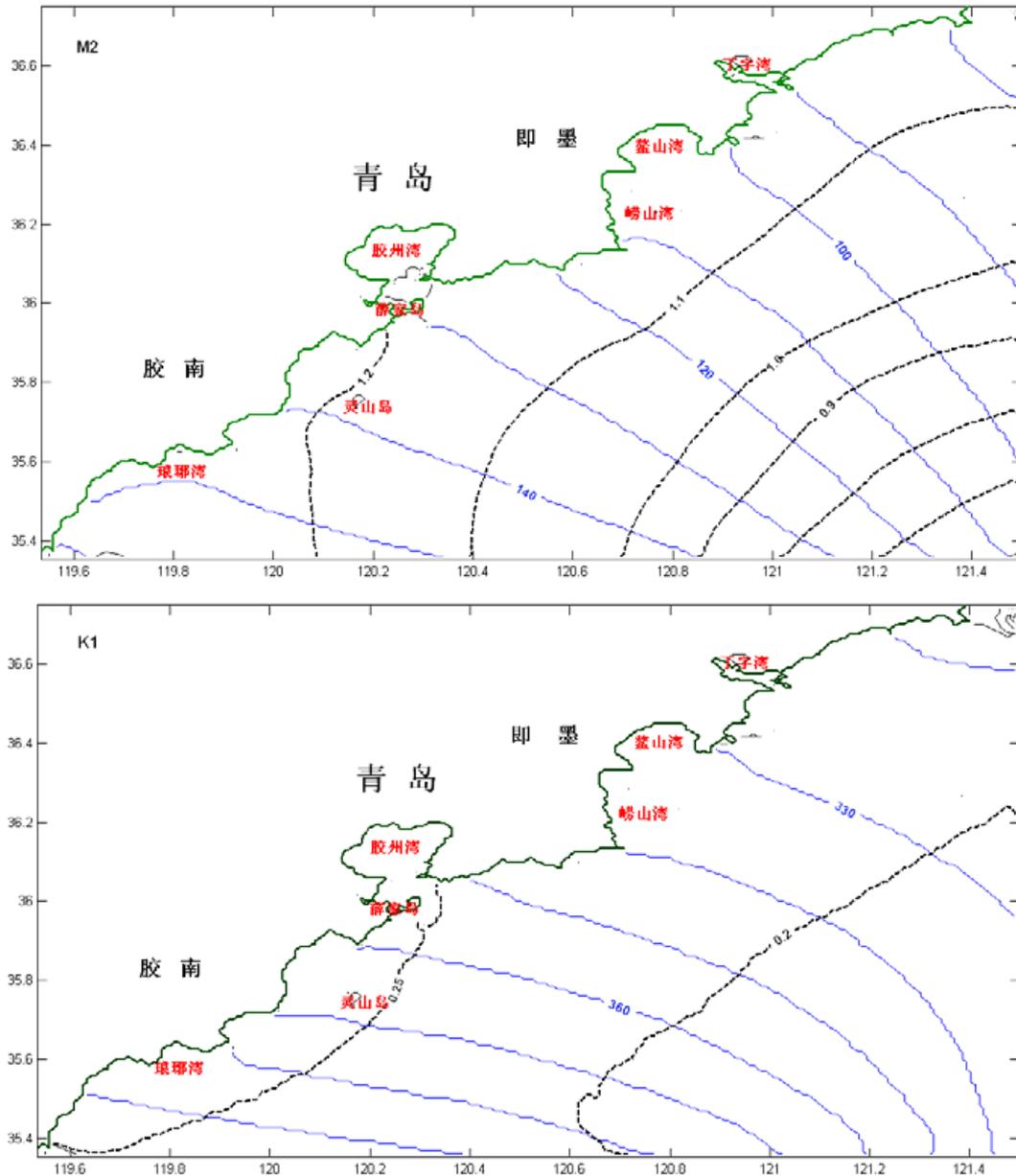


图3.2-4 青岛海域的M₂、K₁分潮的同潮图

(实线，等迟角线，单位：°；虚线，等振幅线，单位：m)

(3) 潮汐类型

潮波在传播过程中受海区地形的影响，当海区固有频率与某一主要天文分潮的频率相近时，潮波会发生共振现象。潮汐类型是根据潮型数 $F=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}$ 来划分的，潮型数 F 表示 3 个主要分潮(M₂、K₁、O₁)的相对重要性；根据 F 值的大小，潮汐一般可划分为 4 种类型，即：规则半日潮(0.0< F ≤0.5)，不规则半日潮(0.5< F ≤2.0)，不规则日潮(2.0< F ≤4.0)和规则日潮(F >4.0)。

项目附近海区的潮汐特征比值 $F=(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}=0.37$ ，小于 0.5，为规则半日潮区，图 3.2-5 为青岛海域潮汐特征值分布图。

工程附近海区一天出现两次高潮和两次低潮，两次高潮的高度相差很小。但随着月球赤纬的变大，也出现了潮汐日不等现象。月赤纬增大(回归潮)附近，潮汐日不等较显著；月球在赤道附近(分潮点)潮汐日不等几乎消失。潮汐不等的性质，由日潮和半日潮相位差决定。

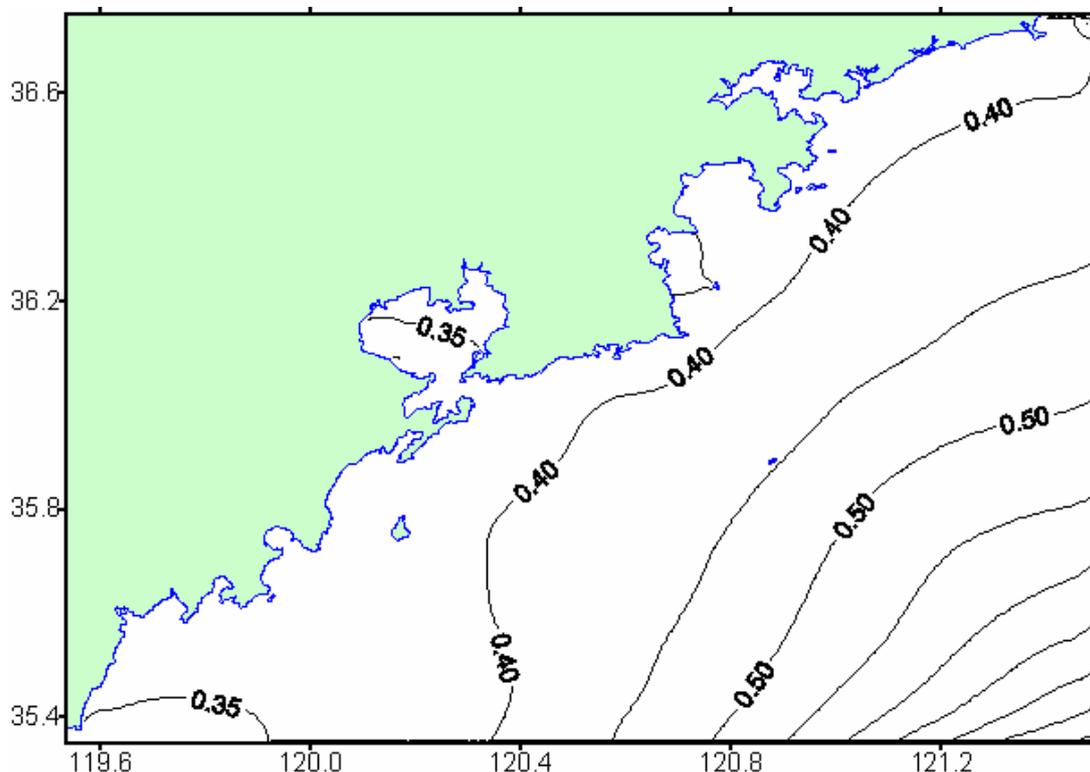


图3.2-5 青岛海域潮汐特征值分布

3.2.2.2 波浪

由于胶州湾水域相对封闭，水域内的波浪主要由风形成，即是说海湾内的波浪主要是短风区的浅水风浪，其特点是有风就有浪，风停浪消；一般情况下，波高尺寸较小，波浪周期也较小。

另外，胶州湾湾口为一狭窄的海峡，宽约 3km，外海偏东向的大浪可由小麦岛一带海区传至湾内。但是由于外海水深和复杂地形变化的影响。波高不断衰减，同时波向也不断发生变化。从波浪在传播过程中，外海波浪进入黄岛前湾的黄岛—安湖石一带海区时，波高衰减 70%，波向也由 ESE 向变为 E 向；当波浪传至安湖石—显浪咀一线海区时，波高可衰减 80%，波向变为 ENE~NE 向；当波浪向北及东北向传播时，至 5m 等深线处，波高的衰减达 90%以上。至 5m 等深线以浅海区，基本不受外海波浪的影响。

3.2.2.3 海流

胶州湾的海流状况表现为外海的海水偏西向进入胶州湾外湾口(团岛—薛家岛)后开始分向：一股为偏西南向进入黄岛前湾和海西湾；另一股为主流，绕过团岛咀，偏西北向进入胶州湾内湾口。再分向：一股北偏东向进入沧口水道；一股北偏西向，由中沙礁西侧进入内湾；还有一部分由中央水道北进。

总体上看，胶州湾的海流涨潮期间的流速大，最大流速成超过 300cm/s。落潮期间的流速小；涨潮流历时比落潮流历时短约 1 小时；海流的垂直分布，在强流区，流向基本致，流速基本均匀。由于胶州湾岸边地形和海底地形复杂，半岛对峙、岬角突出、湾中水下暗礁、深水道和海底盆地等影响，在湾口等区域形成了强流区。最大实测流速达 200cm/s 以上。

3.2.3 地质地貌

开发区为海滨丘陵城市，新区为崂山余脉组成，崂山西南向一只余脉跨越胶州湾，构成海岸丘陵，山间小平地连绵起伏，新区为山岭加沿海小平原，山势比老市区高，山头多。开发区的地貌形态，主要是由前海穿过胶州湾的崂山余脉构成，在境内有小珠山，海拔 725m。黄岛本身岩性为以酸性脉岩为主的花岗岩。地形分为 4 类，低山，剥蚀、堆积缓丘，山前坡洪积倾斜平面，滨海盐滩。

胶州湾是“口小腹大”的半封闭海湾，湾口部分为基岩，湾顶发育了大片潮滩。胶州湾南部水深较大，北部较浅，湾口水深最大，可达 60 多米。水深总体从湾口向两侧及湾顶逐渐变浅。本研究区位于胶州湾湾顶，因沉积物的淤积，地形平坦，形成大片浅水地形，分布有 7~8km 宽的潮间滩地和宽阔的浅水区，水深小于 5 米，地形坡度一般小于 13°。

(1) 海湾底质与浅地层

胶州湾内沉积物类型较多，且有一定分布规律，总体呈湾口区及水道区泥沙较粗，浅滩泥沙较细的特点。

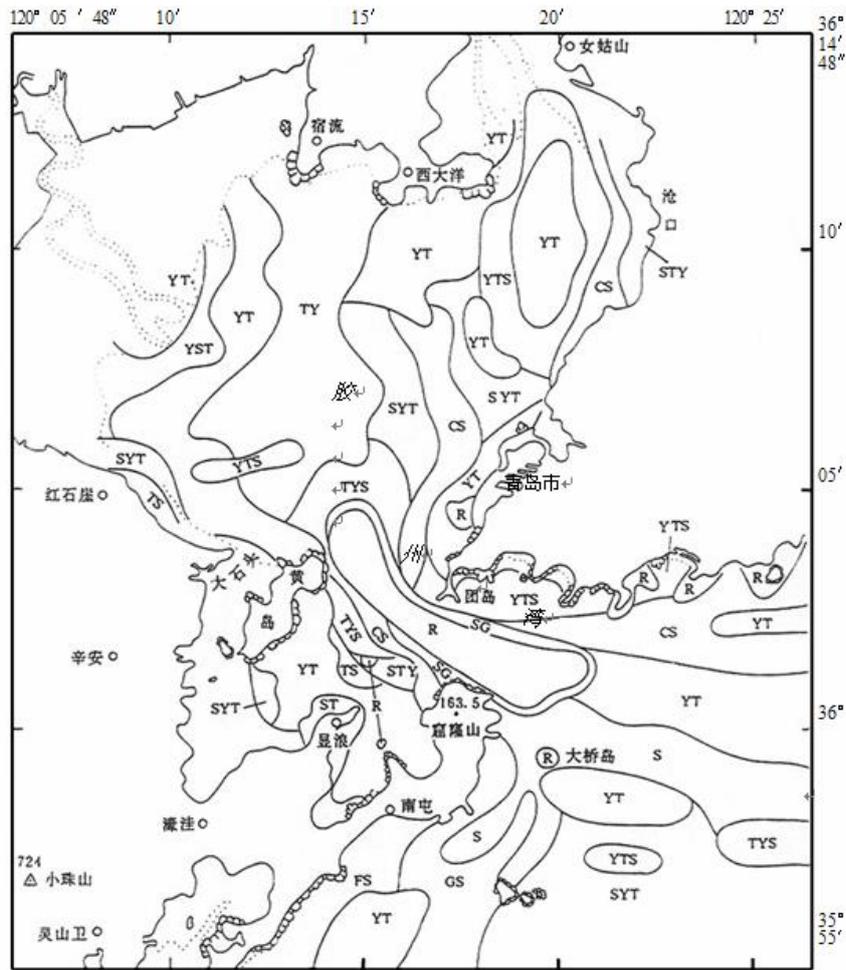


图3.2-6 胶州湾沉积物类型分布

湾顶区海底沉积物厚度大，基岩埋深一般在 15m 以。根据沉积物结构特点、浅地层图像和钻孔资料，将胶州湾基岩以上地层可分为 4 层，由下而上为：① 亚粘土(粘土)、亚砂土、砂砾层；② 粘土、亚粘土、砂、砂砾互层；③ 淤泥质粉砂层；④ 淤泥质粉砂或粉砂质淤泥层。

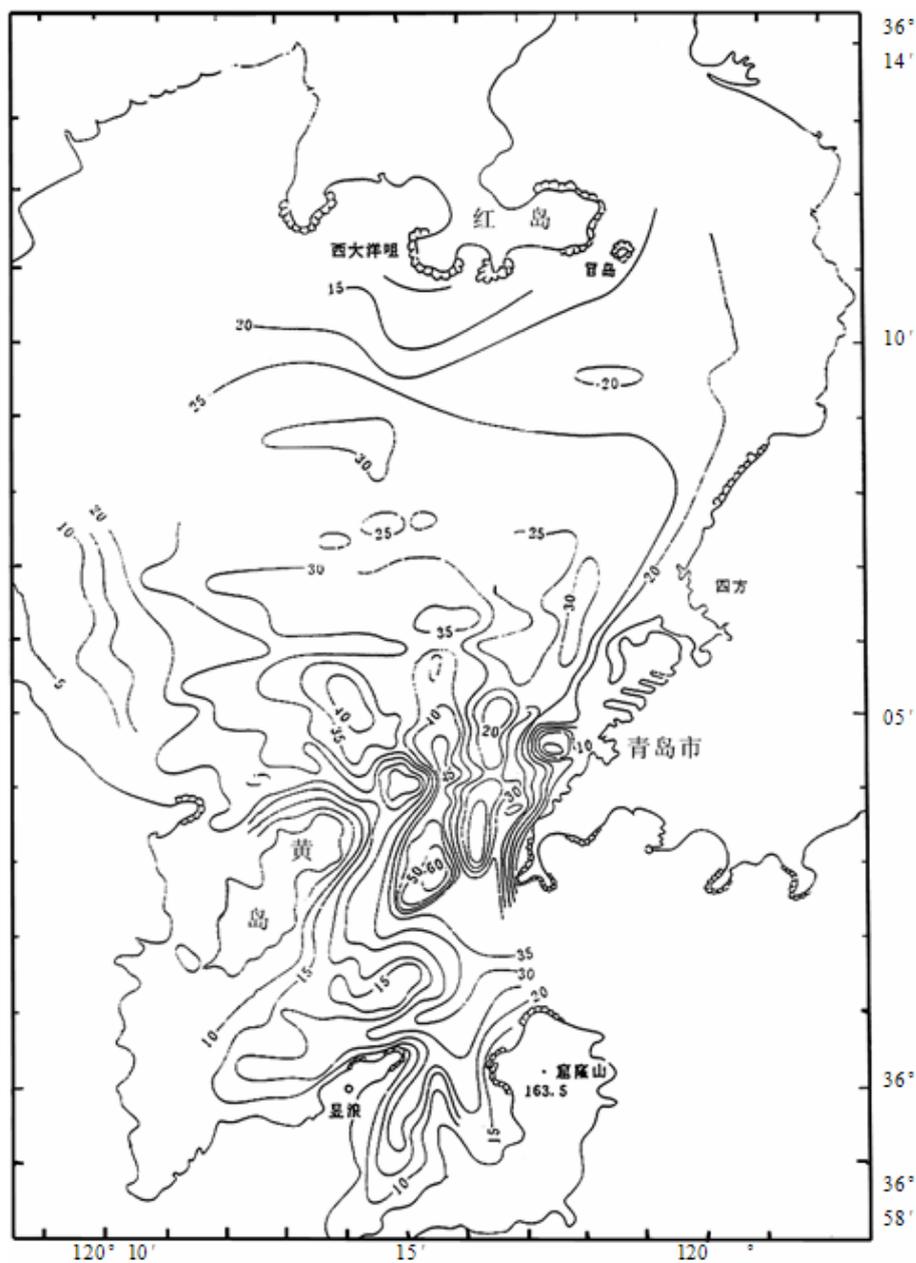


图3.2-7 胶州湾基岩埋深图

(2) 胶州湾顶地貌

① 海岸地貌

胶州湾顶主要地貌类型为潮滩。目前，胶州湾潮滩的近岸多被围填成盐田或养虾池，使潮滩变窄，但堤坝前的潮滩宽度常在 1000m 以上，坡降小于 2.0‰，剖面线均呈直线形。组成物质自岸向海由细变粗：为粉砂质泥、淤泥质粉砂、粉砂等。

② 海底地貌

胶州湾的北部是潮间岸滩自然下延的水下浅海平原，其地势平坦，向湾口微

倾，底质细腻，多为淤泥质粉砂，仅胶州湾东北部浅水平原的地形和组成物质较复杂。其中，李村河口外，2m等深线明显向海弧形突出，构成了小型的水下三角洲。另外，大沽河和洋河河口的水下，均有扇形展布的水下三角洲发育。

3.3 环境功能区划

3.3.1 海洋功能区划

项目排水口附近海域的海洋功能区划情况详见表 3.3-1 和图 3.3-1。

表 3.3-1 项目排水口附近海洋功能区划情况

海洋功能区划	功能区	功能区类型	开发利用现状	海域管理要求	海洋环境保护要求
《山东省海洋功能区划(2011-2020年)》	A7-34 胶州湾东北部特殊利用区	特殊利用区	现已划为胶州湾国家级海洋公园的一部分。	用途管制: 本区域基本功能为特殊利用功能，兼容交通设施建设。该区域受海岸带工业影响，污染严重，环境恶化，急需进行防治，以恢复保护胶州湾生态环境； 综合治理 ，加强监视和监测工作；加强宣传工作，加大执法力度。保障河口行洪安全。 用海方式: 严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证。 海域整治: 海洋水质综合整治，逐步恢复海洋生态系统。	生态保护重点目标：胶州湾生态系统。 环境保护要求：海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。
	A1-30 胶州湾农渔业区	农渔业区	现已划为胶州湾国家级海洋公园的一部分。	用途管制: 本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。加强渔业资源保护，控制捕捞强度。保护生物多样性。军事区内禁止养殖和地方船只抛锚。 用海方式: 严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。	生态保护重点目标：胶州湾北部海洋生态系统。 环境保护要求：加强海域污染防治和监测。渔业设施建设区海水水质不劣于二类(渔港区执行不劣于现状海水水质标准)，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
	A2-34 胶州湾港口航运区	港口航运区	已开发利用。	用途管制: 本区基本功能为港口航运功能；在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能；大港附近海域兼容旅游休闲娱乐功能。保障港口航运用海，航道及两侧缓冲区内禁止养殖。军事区内禁止地方船只抛锚。 用海方式: 允许适度改变海域自然属性，港口内工程用海鼓励采用多凸堤式透水构筑物。	生态保护重点目标：港口水深地形条件；文昌鱼资源。 环境保护要求：港口区海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准；航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于二类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。

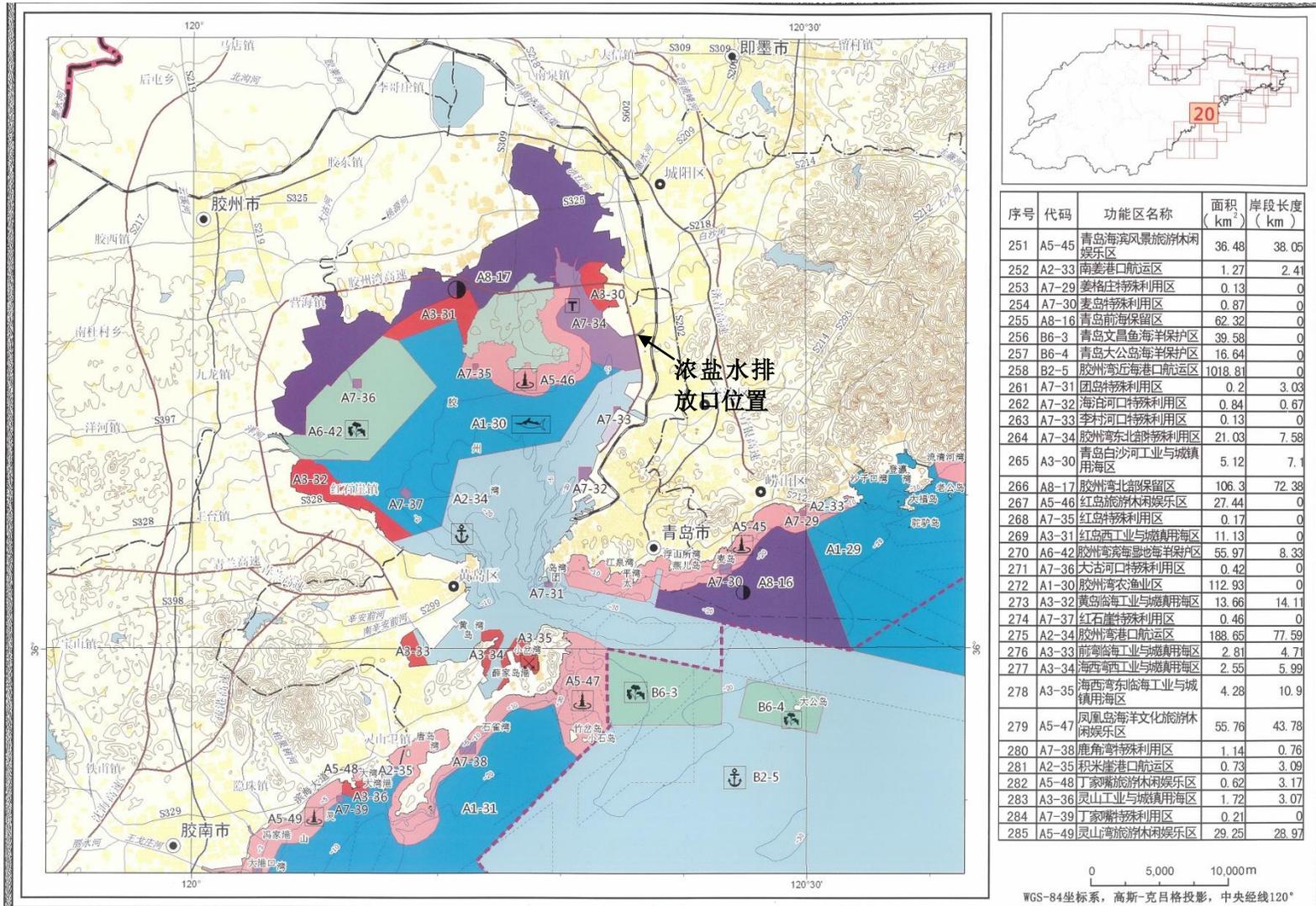


图 3.3-1 山东省海洋功能区划(2011-2020 年)—青岛胶州湾部分

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020 年)》，项目排水口附近的特殊利用区属海水水质第四类功能区、海洋沉积物质量和海洋生物质量的第三类功能区，农渔业区属海水水质第二类功能区、海洋沉积物质量和海洋生物质量的第一类功能区，胶州湾港口航运区的航道属海水水质第三类功能区、海洋沉积物质量和海洋生物质量的第二类功能区。

3.3.2 地表水环境功能区划

根据《青岛市水功能区划》(青政办发[2017]8 号)、《青岛市人民政府关于印发青岛市落实水污染防治行动计划实施方案的通知》(青政发[2016]27 号)，楼山河源头至入海口河段水质目标为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 V 类。

3.4 项目所在区域环境质量现状及改善情况

根据《2018 年青岛市生态环境状况公报》，本项目所在区域环境质量现状及改善情况如下：

(1) 环境空气质量

2018 年，市区环境空气中细颗粒物、可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、臭氧浓度分别为 34、72、10、31、154 微克/立方米，一氧化碳浓度为 1.4 毫克/立方米。细颗粒物、可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、臭氧浓度同比分别改善 8.1%、5.3%、28.6%、6.1%、10.5%，一氧化碳浓度基本持平。细颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、臭氧、一氧化碳浓度符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准，可吸入颗粒物浓度超出二级标准。细颗粒物、可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮浓度均为 2013 年以来最好水平，且二氧化硫、二氧化氮连续三年稳定达到国家一级标准。市区空气质量优良率 85.3%，同比增加 6.7 个百分点，为 2013 年以来最好水平。总体来看，2018 年为自 2013 年实施《环境空气质量标准》(GB3095-2012)以来空气质量最好的年份。

受本地不利气象及外部输送影响，全年共出现重度污染天气 3 天，均在 1 月份，未出现严重污染天气。重度污染天数为 2013 年以来最少，同比减少 1 天。

(2) 近岸海域

2018 年，青岛市近岸海域水质状况总体良好。胶州湾外黄海海域水质状况为优；胶州湾优良水质面积比例为 73.7%，同比升高 1.9 个百分点。李村河、墨水河和大沽河入海口附近海域水质较差，主要污染物为无机氮。

(3) 声环境

市区道路交通昼间和夜间噪声分别为 68.0 分贝和 62.7 分贝，昼间噪声属好水平，夜间噪声属较差水平；区域环境昼间和夜间噪声分别为 56.9 分贝和 48.9 分贝，属一般水平。

市区各类功能区昼间噪声均达标；夜间噪声 0 类、1 类、3 类区达标，2 类和 4 类区超标。各类功能区声环境质量同比基本保持稳定。

3.5 排水口附近海域海洋环境质量现状及改善情况

根据青岛市海洋发展局“2017 年青岛市海洋环境公报”，本项目浓盐水排放口附近海域生态环境质量现状及改善情况如下：

(1) 胶州湾海水水质

2017 年，胶州湾海水环境质量状况总体较好，71.8% 的海域符合第一、二类海水水质标准，比 2016 年增加 0.1%；16.6% 的海域属于污染较重的第四类和劣四类水质海域，比 2016 年减少 0.8%，主要分布在胶州湾东北部、北部湾顶。

不同季节，胶州湾海域海水环境质量状况差异较大，春、秋季主要污染物为无机氮，夏季主要污染物为活性磷酸盐。冬季、春季、夏季、秋季，胶州湾符合第一、二类海水水质标准的海域面积分别为 282.5 平方千米、326.9 平方千米、214.8 平方千米、240.2 平方千米，分别占胶州湾海域面积的 76.3%、88.2%、58.0%、64.8%。

胶州湾海水环境质量稳中有升。与近五年平均值相比，2017 年符合第一、二类海水水质标准的海域所占比例升高了 14.3%，第四类和劣四类水质海域所占比例基本持平。

近五年监测结果显示，胶州湾海水中石油类浓度呈逐渐降低的趋势，无机氮及活性磷酸盐浓度波动较大。

2017 年冬季、春季、夏季、秋季呈富营养化状态的海域面积分别为 144.8 平方千米、33.5 平方千米、152.5 平方千米、105.3 平方千米，分别占胶州湾面积的 39.1%、9.0%、41.1%、28.4%；重度富营养化现象仅出现在秋季，面积为 11.5 平方千米，位于胶州湾东北部。

2017 年，胶州湾海水环境质量达到海洋功能区水质要求的海域面积为 315.2 平方千米，占胶州湾面积的 85.1%；未达标海域面积为 55.4 平方千米，占 14.9%。未达标的区域为位于胶州湾西北部的大沽河口附近海域，胶州湾东北部的青岛白沙河工业与城镇用海区、胶州湾东北部特殊利用区及胶州湾农渔业区和红岛旅游

休闲娱乐区的局部海域。主要超标物质为无机氮和活性磷酸盐。



图 3.5-1 2017 年胶州湾海洋功能区水质达标状况

(2) 胶州湾海洋沉积物质量

2017 年，胶州湾沉积物质量状况总体良好，除胶州湾东北部楼山河口附近及海西湾部分站位石油类超第一类海洋沉积物质量标准外，其余监测站位各指标均符合第一类海洋沉积物质量标准。与 2016 年相比，石油类和汞的含量上升明显，其它监测指标未出现明显变化。

近五年监测结果显示，硫化物含量呈下降趋势，汞、砷含量呈上升趋势，其它监测指标均保持相对稳定，未发生明显变化。

(3) 生物多样性

2017 年 5 月和 8 月，在胶州湾海域开展了 2 个航次的浮游生物、大型底栖生物和潮间带生物监测；5 月，开展了 1 个航次的鱼卵仔鱼和游泳动物调查。

叶绿素 2017 年 3 月、5 月、8 月和 10 月，20 个站位表层叶绿素 a 的平均值分别为 2.93 $\mu\text{g/L}$ 、1.58 $\mu\text{g/L}$ 、1.05 $\mu\text{g/L}$ 和 2.91 $\mu\text{g/L}$ 。

浮游植物 2017 年胶州湾海域共鉴定出浮游植物 70 种，包括 62 种硅藻，7 种甲藻和 1 种金藻。5 月鉴定出浮游植物 48 种，包括 45 种硅藻、2 种甲藻和 1 种金藻，平均密度为 386 $\times 10^4$ 个/ m^3 ，主要优势种为波状石丝藻、扭链角毛藻及中肋骨条藻；多样性指数平均为 1.89。8 月鉴定出浮游植物 57 种，包括 50 种硅藻和 7 种甲藻，浮游植物平均密度为 165 $\times 10^4$ 个/ m^3 ，主要优势种为中肋骨条藻、

劳氏角毛藻和旋链角毛藻；多样性指数平均为 2.63。

浮游动物 2017 年，胶州湾海域共鉴定出浮游动物 40 种(类)(不包括鱼卵仔鱼)，成体隶属于刺胞动物、节肢动物、毛颚动物、尾索动物、脊索动物 5 个动物门；浮游幼虫幼体 15 类。浮游动物种类组成以桡足类和水母类最占优势，分别为 12 种和 8 种。5 月共鉴定出浮游动物 24 种，大中型浮游动物平均生物密度为 165 个/m³，平均生物量为 39mg/m³，密度优势种主要为洪氏纺锤水蚤、捷氏歪水蚤和短尾类蚤状幼虫；多样性指数平均值为 2.13。8 月共鉴定出浮游动物 33 种，大中型浮游动物平均生物密度为 225 个/m³，平均生物量为 293mg/m³。密度优势种主要为强壮箭虫、磁蟹蚤状幼虫、短尾类蚤状幼虫、蕈枝螭水母属；多样性指数平均值为 2.64。

大型底栖生物 2017 年胶州湾海域 20 个站位共鉴定出大型底栖生物 163 种，隶属于刺胞、扁形、纽形、环节、软体、节肢、腕足、棘皮、半索、尾索、脊索 11 个动物门。其中优势类群为节肢动物甲壳类，共 51 种，其次为环节动物多毛类 48 种，软体动物 31 种。5 月，共鉴定出大型底栖生物 120 种，平均密度为 507 个/m²，平均生物量为 140g/m²，密度优势种依次为寡鳃齿吻沙蚕、丝异蚓虫和寡节甘吻沙蚕；多样性指数平均值为 2.77。8 月，共鉴定出大型底栖生物 96 种，平均密度为 270 个/m²，平均生物量为 189g/m²，密度优势种依次为寡鳃齿吻沙蚕、凸壳肌蛤、头角泥钩虾和丝异蚓虫；多样性指数平均值为 2.27。

潮间带生物 2017 年潮间带监测共鉴定出生物 114 种，隶属于红藻、褐藻、绿藻、扁形、腔肠、纽形、环节、软体、节肢、棘皮、脊索 11 个门类。5 月潮间带生物各断面平均生物量为 1987g/m²，生物量居首位的是软体动物，约占总生物量的 49.5%；各断面平均密度为 7278 个/m²，生物密度居首位的是节肢动物，主要是胶州湾优势种白脊藤壶优势度较高。8 月平均生物量为 1008g/m²，小于 5 月，生物量居首位的仍是软体动物，约占总生物量的 61.1%；各断面平均生物密度为 1668 个/m²，居首位的是节肢动物，约占生物总密度的 71.6%；8 月生物密度明显小于 5 月，主要是由于优势种白脊藤壶各断面生物密度平均值从 5 月份的 4569 降低到 8 月份的 96 个/m²。

渔业资源 2017 年 5 月，在胶州湾海域开展了 3 个站位的游泳动物底拖网调查，共捕获渔业资源生物 41 种，其中鱼类 24 种，甲壳类(虾类，蟹类)12 种，头足类 4 种，棘皮动物 1 种。调查区域渔业资源结构以鱼类和甲壳类为主，头足类

所占比例较少。调查区域游泳动物渔获数量为 166 尾(个)/m², 其中鱼类 90 尾/m², 甲壳类 56 个/m², 头足类 2 个/m²; 总渔获量为 1.18kg/m², 其中鱼类 0.62kg/m², 甲壳类 0.32kg/m², 头足类 0.18kg/m²; 群落多样性指数平均值为 3.35。

鱼卵仔鱼 2017 年 5 月, 10 个监测站位的浅水 I 型网鱼卵仔稚鱼拖网调查发现: 7 个站位监测到鱼卵, 共计 6 种。优势种为斑鱖和赤鼻棱鯧, 站位出现率分别为 50% 和 30%, 鱼卵垂直拖网平均密度为 49 粒/m³。其中 2 个站位监测到 1 种仔稚鱼, 斑鱖仔鱼的密度分别为 10 尾/m³ 和 0.29 尾/m³。

(4) 滨海湿地状况

2017 年胶州湾湿地类型有浅海水域、淤泥质海滩、芦苇等 8 种, 面积共计 257.87 平方千米。与 2016 年相比, 湿地总面积增加了 0.01 平方千米, 其中淤泥质海滩、河口水域和水产养殖场面积减少, 库塘面积保持不变, 其它种类面积均有所增加。

4 环境质量现状调查监测与评价

4.1 海水水质现状调查监测与评价

4.1.1 调查站位设置

本次评价在排水口附近海域设置海水水质调查站位 12 个、楼山河道水质调查站位 2 个，调查站位设置详见表 4.1-1 和图 4.1-1、图 4.1-2。其中海水水质监测时间为 2019 年 5 月 23 日，河道水质监测时间为 2019 年 5 月 22 日。

同时，搜集了现有工程海洋环境影响跟踪监测的数据，监测时间为 2016 年春季和秋季，共设置 7 个海水水质调查站位，详见表 4.1-2 和图 4.1-3。

表 4.1-1 现状调查监测站位的设置(2019 年 5 月)

站号	经度	纬度	监测内容	备注
A1	120°19'43.50"	36°13'13.25"	海洋沉积物、底栖生物	
A2	120°19'02.50"	36°13'09.00"	海水水质、海洋沉积物、浮游植物、浮游动物、底栖生物、叶绿素 a	
B1	120°21'34.87"	36°12'18.37"	海水水质、海洋沉积物、底栖生物、叶绿素 a	现状浓盐水排放口下游约 150m
B2	120°20'37.07"	36°12'10.38"	海水水质、底栖生物、叶绿素 a	娄山河污水处理厂排污口
B3	120°19'28.50"	36°12'13.00"	海水水质、海洋沉积物、浮游植物、浮游动物、底栖生物	
B4	120°20'41.12"	36°12'00.06"	海水水质、海洋沉积物、浮游植物、浮游动物、底栖生物	海水淡化原设计排水口(方案一)
B5	120°20'37.89"	36°11'43.90"	海水水质、浮游植物、浮游动物、底栖生物、叶绿素 a	娄山河污水处理厂排污混合区界外
C1	120°21'00.00"	36°11'09.00"	海水水质、海洋沉积物、底栖生物、叶绿素 a	
C2	120°20'19.408	36°11'00.31"	海水水质、海洋沉积物、浮游植	海水淡化取水口

	"		物、浮游动物、底栖生物、叶绿素 a	
C3	120°19'37.50"	36°10'50.50"	海水水质、海洋沉积物、浮游植物、浮游动物、底栖生物、叶绿素 a	
D1	120°20'49.50"	36°10'25.50"	海水水质、海洋沉积物、浮游植物、浮游动物、叶绿素 a	
D2	120°20'12.00"	36°10'42.00"	海水水质、叶绿素 a	
E1	120°21'44.83"	36°12'20.42"	水质、沉积物、叶绿素 a	现状浓盐水排放口上游约 100m
E2	120°21'40.90"	36°12'18.67"	排水水质，排水口附近的沉积物、叶绿素 a	现状浓盐水排放口

注：表中坐标为 WGS-84。

表 4.1-2 监测站位的设置(2016 年春季、秋季)

站位编号	经度	纬度	监测项目
1#	120°21'06"	36°12'11"	水质、沉积物、生物
2#	120°20'52"	36°12'15"	水质、沉积物、生物
3#	120°20'56"	36°12'02"	水质、生物
4#	120°20'25"	36°12'30"	水质、生物
5#	120°20'12"	36°12'11"	水质、沉积物、生物
6#	120°20'30"	36°11'46"	水质、沉积物、生物
7#	120°20'25"	36°11'25"	水质、沉积物、生物

注：表中坐标为 WGS-84 坐标。

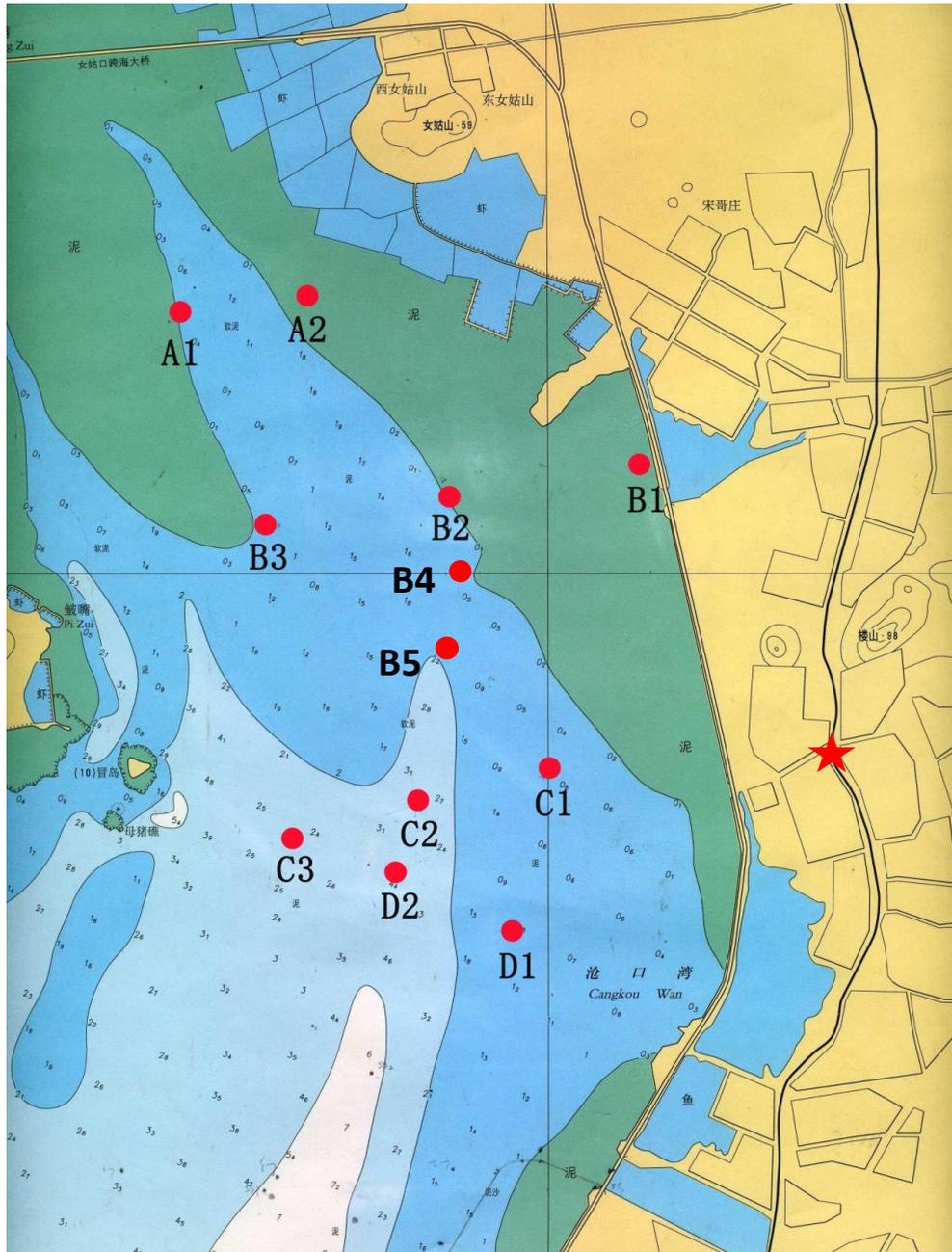
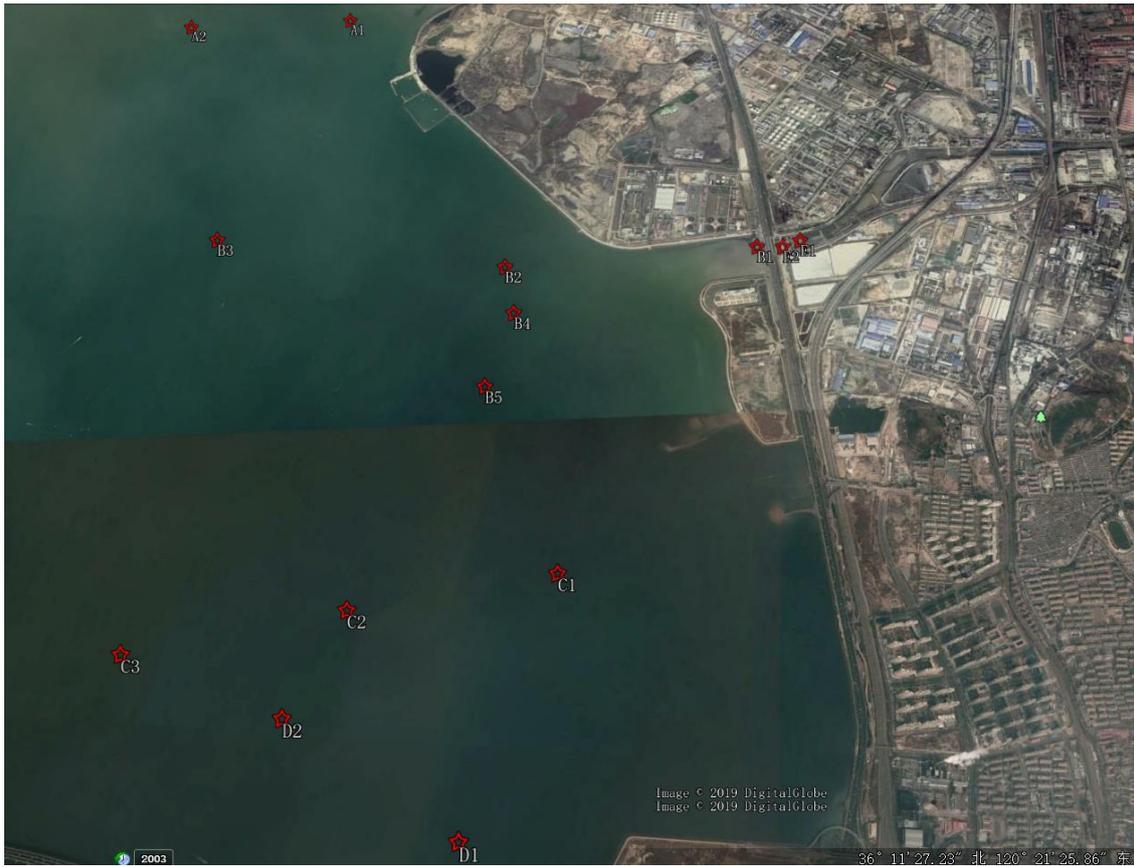


图 4.1-1 监测站位位置图(2019年5月)



4.1-2 监测站位图(卫星图)(2019年5月)

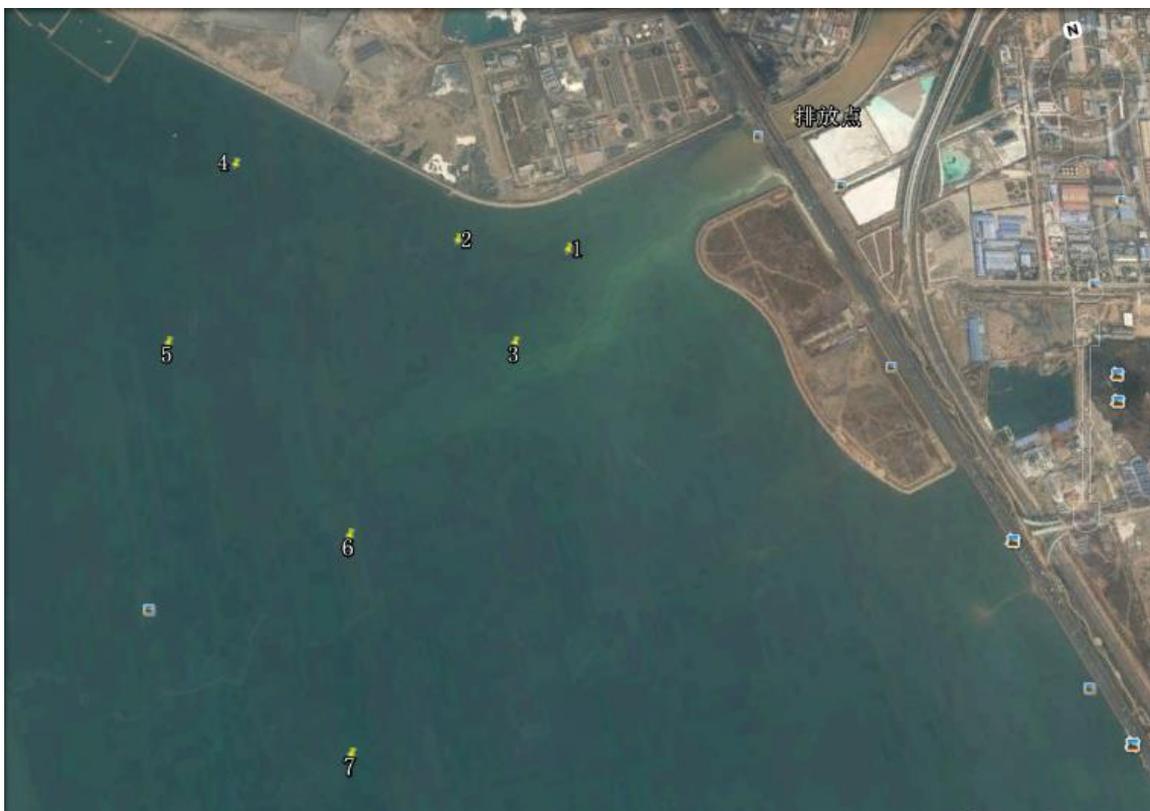


图 4.1-3 监测站位位置图(2016年春季、秋季)

4.1.2 调查分析项目

(1) 2019年5月调查分析项目

本次调查项目为：盐度、水深、pH、COD、DO、无机氮(硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮)、活性磷酸盐、石油类、悬浮物、挥发酚、硫化物、铜、汞、铅、锌、镉、总铬、砷。

(2) 2016年春季、秋季调查分析项目

本次调查项目为：水温、盐度、水深、pH、COD、BOD、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、悬浮物、汞、铅、砷、镉、总铬。

4.1.3 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB12763-2007)中的相关规定执行。

采用深度综合采水器采集海水瓶装，溶解氧和重金属现场固定，各调查项目分析方法如表 4.1-3 所示。

表 4.1-3 海水水质分析方法

项目	分析方法	依据标准
水温	表层水温表法	GB 17378.4-2007
盐度	盐度计法	GB 12763.4-2007
pH	pH 计法	GB 17378.4-2007
化学需氧量	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4-2007
溶解氧	碘量法	GB 17378.4-2007
生化需氧量	五日培养法	GB 17378.4-2007
铜、铅、锌、镉、总铬	原子吸收分光光度法	GB 17378.4-2007
汞	原子荧光法	GB 17378.4-2007
砷	原子荧光法	GB 17378.4-2007
石油类	紫外分光光度法	GB 17378.4-2007
悬浮物	重量法	GB 17378.4-2007
亚硝酸盐氮	萘乙二胺分光光度法	GB 17378.4-2007
硝酸盐氮	锌镉还原法	GB 17378.4-2007
氨氮	次溴酸盐氧化法	GB 17378.4-2007
活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	GB 17378.4-2007
硫化物	离子选择电极法	GB 17378.4-2007
挥发酚	4—氨基安替比林分光光度法	GB 17378.4-2007

4.1.4 海水水质监测结果

(1) 2019 年 5 月海水水质监测结果

本次海水水质监测结果详见表 4.1-4。

(2) 2016 年春季、秋季海水水质监测结果

2016 年春季、秋季海水水质监测结果分别见表 4.1-5 和表 4.1-6。

表 4.1-4 海水水质现状监测结果(2019 年 5 月)

站位	水深	层次	盐度	pH	COD	DO	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	无机氮	活性磷酸盐	石油类	悬浮物	挥发酚	硫化物	Cu	Pb	Cd	总 Cr	Zn	Hg	As
	m																					
A2	1.5	S	27.4	6.46	2.10	6.96	0.499	0.515	0.089	1.103	0.064	0.038	26.5	未检出	0.004	1.24	0.76	0.125	2.46	16.31	0.014	1.65
B2	2	S	28.0	6.46	1.57	7.20	0.421	0.485	0.051	0.957	0.035	0.047	19.5	未检出	0.002	2.29	1.22	0.155	3.11	11.80	0.020	1.68
B3	3	S	29.1	6.44	2.01	6.98	0.323	0.614	0.065	1.002	0.029	0.053	17.8	未检出	0.007	1.18	1.35	0.167	2.08	17.90	0.014	1.55
B4	2.3	S	29.1	6.39	1.48	7.60	0.371	0.437	0.054	0.862	0.046	0.048	12.5	未检出	0.007	2.01	1.47	0.164	2.31	10.66	0.010	1.38
B5	5	S	29.8	6.34	1.66	7.62	0.270	0.368	0.035	0.673	0.049	0.043	13.9	未检出	0.005	3.51	1.12	0.185	1.59	21.50	0.017	2.08
C1	2	S	29.9	6.3	1.35	7.64	0.138	0.285	0.039	0.462	0.015	0.051	15.6	未检出	0.004	3.02	0.98	0.205	2.09	23.80	0.017	1.57
C2	5	S	29.1	6.31	1.54	7.30	0.115	0.245	0.034	0.394	0.008	0.052	17.9	未检出	0.003	2.98	1.03	0.147	1.61	15.90	0.010	1.29
C3	5	S	28.9	6.61	1.66	7.53	0.161	0.223	0.021	0.405	0.009	0.044	22.8	未检出	0.004	2.06	1.08	0.123	1.12	20.91	0.010	1.17
D1	3	S	29.9	6.34	1.77	7.82	0.264	0.218	0.032	0.514	0.014	0.053	17.9	未检出	0.004	2.55	0.77	0.139	1.53	16.70	0.016	1.88
D2	5	S	29.0	6.44	1.32	7.54	0.315	0.376	0.034	0.725	0.011	0.035	25.8	未检出	0.006	1.54	0.94	0.166	1.58	18.20	0.012	2.01
E1		S	2.4	5.45	5.71	20.78	1.010	2.094	0.421	3.525	0.188	0.022	65.1	未检出	0.003	1.62	1.37	0.151	1.04	16.07	0.010	1.94
E2		S	39.0	5.56	2.04	9.04	0.261	0.335	0.039	0.635	0.040	0.030	24.4	未检出	0.004	1.66	0.90	0.151	1.22	12.20	0.011	1.51
B1		S	35.6	6.27	2.11	9.45	0.355	0.548	0.028	0.931	0.043	0.022	22.5	未检出	0.003	2.08	0.94	0.208	2.04	19.10	0.014	2.39

表 4.1-5 水质跟踪监测结果(2016 年春季)

监测 站位	水深	采样 层次	盐度	温度	pH	COD	BOD	亚硝酸 盐氮	硝酸盐 氮	氨氮	活性磷 酸盐	石油类	汞	镉	总铬	铅	砷	悬浮物
	m			°C														
mg/L																		
1#	6	S	30.162	18.5	7.86	1.43	1.95	0.0518	0.141	0.299	0.0188	0.0319	4.94E-05	8.6E-05	0.00204	0.00183	0.00152	33.7
2#	2.2	S	30.38	19.15	7.87	1.39	1.72	0.0727	0.184	0.354	0.0194	0.0219	5.13E-05	0.00021	0.0011	0.000743	0.00167	39.8
3#	2.5	S	30.391	19.19	7.83	1.63	4.01	0.0767	0.193	0.338	0.0252	0.0185	4.61E-05	0.000147	0.00133	0.000909	0.00153	33.1
4#	5	S	30.154	18.4	7.88	1.51	1.86	0.0503	0.137	0.27	0.0179	0.0176	5.16E-05	0.000203	0.00167	0.000731	0.00161	34.6
5#	6	S	30.443	18.18	7.88	1.44	1.55	0.0393	0.201	0.286	0.0198	0.0208	4.75E-05	0.000116	0.00123	0.00212	0.00175	35.1
6#	3	S	30.045	19.02	7.85	1.43	4.5	0.0677	0.185	0.392	0.0232	0.0191	4.77E-05	0.000187	0.00178	0.00163	0.00167	32.6
7#	3.5	S	29.5	20.02	7.85	1.55	2.15	0.0915	0.24	0.454	0.02	0.0306	4.86E-05	0.00018	0.00116	0.0007	0.00184	43.4

表 4.1-6 水质跟踪监测结果(2016 年秋季)

监测 站位	水深	采样层 次	盐度	温度	pH	COD	BOD	亚硝酸盐 氮	硝酸盐 氮	氨氮	活性磷 酸盐	石油类	汞	镉	总铬	铅	砷	悬浮物
	m			°C														
mg/L																		
1#	1.2	S	29.937	28.11	7.82	1.67	1.15	0.208	0.169	0.3	0.0365	0.0304	4.77E-04	0.000141	0.00153	0.00117	0.00138	30.8
2#	1.6	S	29.936	27.92	7.81	1.68	2.15	0.324	0.299	0.73	0.0457	0.031	4.88E-05	0.000095	0.00186	0.00163	0.00143	28.2
3#	1.6	S	29.897	27.91	7.83	1.67	1.8	0.311	0.281	0.715	0.0336	0.0324	5.96E-05	0.000199	0.00163	0.000772	0.00116	30.2
4#	2.5	S	29.291	28.11	7.82	1.24	2.25	0.292	0.516	0.646	0.045	0.0291	4.62E-05	0.000107	0.0019	0.000854	0.00166	34.2
5#	4	S	29.748	27.01	7.82	1.43	1.75	0.336	0.276	0.776	0.0471	0.0269	4.52E-05	0.000211	0.00233	0.00157	0.0013	21.9
6#	4.5	S	29.921	27.77	7.84	2.06	1.9	0.296	0.297	0.099	0.0255	0.0256	4.64E-05	0.000141	0.00176	0.00162	0.0011	39.7
7#	4	S	29.89	27.71	7.82	1.74	1.2	0.24	0.221	0.536	0.0179	0.0328	4.51E-05	0.000199	0.00186	0.00173	0.0012	27

4.1.5 监测结果评价

(1) 评价标准

本次调查监测中，站位 E1 位于楼山河下游，执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 V 类标准；E2 站位监测现有工程浓盐水排水水质，执行《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准；A2、B1、B2、B3、B4、B5 位于胶州湾东北部特殊利用区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第四类水质标准，C1、C2、C3、D2 位于胶州湾农渔业区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第二类水质标准，D1 位于胶州湾港口航运区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类水质标准。

2016 年春季、秋季监测站位中，所有监测站位均位于胶州湾东北部特殊利用区，执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第四类水质标准。

(2) 评价方法

本次评价采用单因子指数法，具体计算方法如下：

A. 一般指标项目按下列公式计算：

$$I_i=C_i/S_i$$

式中： I_i —— i 项评价因子的标准指数；

C_i —— i 项评价因子的实测浓度；

S_i —— i 项评价因子的评价标准值。

B. 溶解氧(DO)采用下式计算：

$$I_i(\text{DO})=|\text{DO}_f-\text{DO}|/(\text{DO}_f-\text{DO}_s) \quad \text{DO} \geq \text{DO}_s$$

$$I_i(\text{DO})=10-9\text{DO}/\text{DO}_s \quad \text{DO} < \text{DO}_s$$

式中： $\text{DO}_f=468/(31.6+t)$ ；

$I_i(\text{DO})$ ——溶解氧标准指数；

DO ——现场水温及氯度条件下，水样中氧饱和浓度(mg/L)；

DO_s ——溶解氧标准值(mg/L)；

t ——现场温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

C. pH 有其特殊性，其计算式为：

$$I_{\text{pH},i}=|\text{pH}-\text{pH}_{\text{sm}}|/\text{DS}$$

式中: $pH_{sm}=(pH_{su} +pH_{sd})/2$;

$DS=(pH_{su} -pH_{sd})/2$;

$I_{pH.i}$ ——pH 的标准指数;

pH——调查实测 pH 值;

pH_{su} ——pH 评价标准上限值;

pH_{sd} ——pH 评价标准下限值。

2019 年 5 月海水水质单因子指数评价结果见表 4.1-7, 2016 年春季、秋季海水水质单因子指数评价结果详见表 4.1-8 和表 4.1-9。

表 4.1-7(a) 楼山河入海口附近海域海水水质单因子指数评价结果(2019 年 5 月)

站位	pH	COD _{Mn}	DO	无机氮	活性磷酸盐	石油类	悬浮物	挥发酚	硫化物	Cu	Pb	Cd	总 Cr	Zn	Hg	As
A2	1.340	0.420	达标	2.206	1.422	0.076	达标	达标	0.016	0.025	0.015	0.013	0.005	0.033	0.028	0.033
B1	1.530	0.422	达标	1.862	0.956	0.044	达标	达标	0.012	0.042	0.019	0.021	0.004	0.038	0.028	0.048
B2	1.340	0.314	达标	1.914	0.778	0.094	达标	达标	0.008	0.046	0.024	0.016	0.006	0.024	0.040	0.034
B3	1.360	0.402	达标	2.004	0.644	0.106	达标	达标	0.028	0.024	0.027	0.017	0.004	0.036	0.028	0.031
B4	1.410	0.296	达标	1.724	1.022	0.096	达标	达标	0.028	0.040	0.029	0.016	0.005	0.021	0.020	0.028
B5	1.460	0.332	达标	1.346	1.089	0.086	达标	达标	0.020	0.070	0.022	0.019	0.003	0.043	0.034	0.042
D1	5.171	0.443	达标	1.285	0.467	0.177	达标	达标	0.040	0.051	0.077	0.014	0.008	0.167	0.032	0.038
C1	5.286	0.450	达标	1.540	0.500	1.020	达标	达标	0.080	0.302	0.196	0.041	0.021	0.476	0.085	0.052
C2	5.257	0.513	达标	1.313	0.267	1.040	达标	达标	0.060	0.298	0.206	0.029	0.016	0.318	0.050	0.043
C3	4.400	0.553	达标	1.350	0.300	0.880	达标	达标	0.080	0.206	0.216	0.025	0.011	0.418	0.050	0.039
D2	4.886	0.440	达标	2.417	0.367	0.700	达标	达标	0.120	0.154	0.188	0.033	0.016	0.364	0.060	0.067

表 4.1-7(b) 楼山河及现有工程浓盐水排水水质单因子指数评价结果(2019 年 5 月)

站位	pH	DO	NH ₄ -N	悬浮物	石油类	挥发酚	硫化物	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Hg	As
E1	1.367	达标	0.505	/	0.022	达标	0.003	0.002	0.014	0.015	/	0.008	0.010	0.019
E2	1.293	/	0.0261	0.813	0.006	达标	0.004	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005

表 4.1-8 楼山河入海口附近海水水质单因子指数评价结果(2016 年春季)

监测站位	pH	COD	BOD	无机氮	磷酸盐	石油类	汞	镉	铬	铅	砷
1#	0.02	0.0572	0.39	0.9836	0.418	0.0638	0.0988	0.0086	0.00408	0.0366	0.0304
2#	0.01	0.0556	0.344	1.2214	0.431	0.0438	0.1026	0.021	0.0022	0.01486	0.0334
3#	0.03	0.0652	0.802	1.2154	0.56	0.037	0.0922	0.0147	0.00266	0.01818	0.0306
4#	0.02	0.0604	0.372	0.9146	0.398	0.0352	0.1032	0.0203	0.00334	0.01462	0.0322
5#	0.02	0.0576	0.31	1.0526	0.44	0.0416	0.095	0.0116	0.00246	0.0424	0.035
6#	0.04	0.0572	0.9	1.2894	0.516	0.0382	0.0954	0.0187	0.00356	0.0326	0.0334
7#	0.02	0.062	0.43	1.571	0.444	0.0612	0.0972	0.018	0.00232	0.014	0.0368

表 4.1-9 楼山河入海口附近海水水质单因子指数评价结果(2016 年秋季)

监测站位	pH	COD	BOD	无机氮	磷酸盐	石油类	汞	镉	铬	铅	砷
1#	0.06	0.334	0.23	1.354	0.811	0.0608	0.954	0.0141	0.00306	0.0234	0.0276
2#	0.07	0.336	0.43	2.706	1.015	0.062	0.0976	0.0095	0.00372	0.0326	0.0286
3#	0.03	0.334	0.36	2.614	0.747	0.0648	0.1192	0.0199	0.00326	0.01544	0.0232
4#	0.08	0.248	0.45	2.908	1	0.0582	0.0924	0.0107	0.0038	0.01708	0.0332
5#	0.08	0.286	0.35	2.776	1.047	0.0538	0.0904	0.0211	0.00466	0.0314	0.026
6#	0.05	0.412	0.38	1.384	0.567	0.0512	0.0928	0.0141	0.00352	0.0324	0.022
7#	0.08	0.348	0.24	1.994	0.398	0.0656	0.0902	0.0199	0.00372	0.0346	0.024

(3) 评价结论

由单因子指数评价结果可知,2019年5月,调查海域超标的水质因子有 pH、无机氮、活性磷酸盐和石油类,其中 pH、无机氮在所有站位均超标,最大超标倍数分别为 4.286、1.417,活性磷酸盐仅在 A2、B4、B5 站位超标,最大超标倍数为 0.422,石油类仅在 C1、C2 站位超标,最大超标倍数为 0.04。其余各项指标因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求。

E1 站位监测结果表明,除了 pH 超标外,其余各项指标因子监测值均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 V 类标准;E2 监测结果表明,现有工程浓盐水排水水质满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分:半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。

2016 年春季、秋季,调查海域各调查站位各监测因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求。

经分析,调查海域的超标因子主要为 pH、无机氮和活性磷酸盐,这与青岛市海洋发展局“2017 年青岛市海洋环境公报”公布的结果基本一致。pH 超标可能与该海域及附近有多条陆域河流(楼山河、李村河、白沙河、墨水河、洪江河、祥茂河等)汇入,调查时期正处于连续降雨天结束,大量的陆域淡水汇入使海水的 pH 值下降有关;无机氮、活性磷酸盐和石油类超标可能主要与陆源污染物随河流汇入该海域有关。

4.2 海洋沉积物现状监测与评价

4.2.1 调查站位设置

本次评价在排水口附近海域设置海洋沉积物调查站位 9 个、楼山河道沉积物调查站位 2 个,调查站位设置详见表 4.1-1 和图 4.1-1、图 4.1-2。其中海洋沉积物监测时间为 2019 年 5 月 23 日,河道沉积物监测时间为 2019 年 5 月 22 日。

同时,搜集了现有工程海洋环境影响跟踪监测的数据,监测时间为 2016 年,共设置 5 个海洋沉积物调查站位,详见表 4.1-2 和图 4.1-3。

4.2.2 调查分析项目

(1) 2019 年 5 月调查项目

有机碳、硫化物、石油类、重金属(砷、铜、汞、铅、镉、铬、锌)。

(2) 2016 年调查项目

有机碳、硫化物、石油类、重金属(砷、汞、铅、镉、铬)。

4.2.3 调查分析方法

使用采泥器采集表层 2cm 沉积物混合样，运回实验室进行分析，各监测项目的分析方法见表 4.2-1。各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB12763-2007)中的相关规定执行。

表 4.2-1 海洋沉积物分析方法

项目	分析方法	依据标准
铜、铅、锌、镉、铬	原子吸收分光光度法	GB 17378.5-2007
	电感耦合等离子体质谱法	HY/T 147.2-2013
汞	原子荧光法	GB 17378.5-2007
	热分解冷原子吸收光度法	HY/T 147.2-2013
砷	原子荧光法	GB 17378.5-2007
	电感耦合等离子体质谱法	HY/T 147.2-2013
石油类	红外分光光度法	GB 17378.5-2007
硫化物	亚甲基蓝分光光度法	GB 17378.5-2007
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	GB 17378.5-2007

4.2.4 海洋沉积物监测结果

(1) 2019 年 5 月海洋沉积物监测结果

2019 年 5 月，各站位沉积物中石油类、硫化物及重金属含量调查结果见表 4.2-2。

(2) 2016 年海洋沉积物监测结果

各站位沉积物中石油类、硫化物及重金属含量调查结果见表 4.2-3。

表 4.2-2 楼山河入海口附近海域表层沉积物质量调查结果(2019 年 5 月)

站位	有机碳	硫化物	石油类	As	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Hg
	%	(10 ⁻⁶)								
A1	1.05	68.7	450.5	11.9	24.2	14.7	0.191	28.0	22.6	0.106
A2	0.72	71.0	549.2	5.9	25.9	15.8	0.128	23.6	19.3	0.099
B3	0.77	61.0	454.4	10.2	17.2	19.1	0.216	29.2	28.2	0.102
B4	0.85	74.7	421.3	9.2	19.2	15.1	0.281	32.2	24.0	0.124
C1	1.09	68.8	547.7	6.2	22.1	16.2	0.317	37.2	27.2	0.112
C2	0.77	87.2	439.6	13.1	29.2	22.2	0.381	24.7	28.3	0.132
C3	0.85	86.6	496.8	7.3	14.8	14.4	0.218	22.5	21.1	0.150
D1	0.74	54.2	451.6	9.1	21.2	26.8	0.272	26.2	32.6	0.174
E1	1.10	72.9	438.0	11.1	18.2	28.1	0.291	29.1	33.8	0.126
E2	0.75	69.9	542.2	6.7	20.3	12.7	0.223	23.4	18.5	0.135
B1	1.04	54.3	442.2	9.9	18.3	10.9	0.079	19.5	29.5	0.085

表 4.2-3 楼山河入海口附近海域表层沉积物质量调查结果(2016 年)

站位	石油类	硫化物	有机碳	铅	镉	铬	汞	砷
	(10 ⁻⁶)	(10 ⁻⁶)	(%)	(10 ⁻⁶)				
1#	3.08E+03	101	2.572	19.2	0.258	33.1	0.178	8.69
2#	1.04E+03	79.1	1.437	18.4	0.135	26.1	0.166	8.54
5#	785	78.2	0.923	15.7	0.216	25.8	0.157	8.14
6#	549	51.6	0.793	17.7	0.0732	25.7	0.16	7.53
7#	590	59	1.9	12.5	0.0757	20.8	0.148	7.19

4.2.5 监测结果评价

(1) 评价标准

在 2019 年 5 月的调查中，A1、A2、B1、B3、B4、E1、E2 位于胶州湾东北部特殊利用区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第三类标准，C1、C2、C3 位于胶州湾农渔业区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第一类标准，D1 位于胶州湾港口航运区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第二类标准。2016 年各调查站位均位于胶州湾东北部特殊利用区，执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)的第三类标准。

具体限值详见表 1.6-2。

(2) 评价方法

采用单因子指数法，具体计算公示如下：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项评价因子的标准指数；

C_i —— i 项评价因子的实测浓度；

S_i —— i 项评价因子的评价标准值。

(3) 单因子指数结果

2019 年 5 月海洋沉积物单因子指数评价结果见表 4.2-4。2016 年沉积物单因子指数评价结果详见表 4.2-5。

表 4.2-4 调查海域表层沉积物质量单因子指数评价结果(2019 年 5 月)

站位	有机碳	硫化物	石油类	As	Cu	Pb	Cd	Cr	Zn	Hg
A1	0.262	0.115	0.300	0.128	0.121	0.059	0.038	0.104	0.038	0.106
A2	0.180	0.118	0.366	0.064	0.130	0.063	0.026	0.087	0.032	0.099
B1	0.261	0.090	0.295	0.107	0.092	0.043	0.016	0.072	0.049	0.085
B3	0.192	0.102	0.303	0.109	0.086	0.076	0.043	0.108	0.047	0.102

B4	0.212	0.124	0.281	0.098	0.096	0.061	0.056	0.119	0.040	0.124
E1	0.274	0.122	0.292	0.120	0.091	0.112	0.058	0.108	0.056	0.126
E2	0.188	0.117	0.361	0.072	0.101	0.051	0.045	0.087	0.031	0.135
D1	0.246	0.108	0.452	0.141	0.212	0.206	0.181	0.174	0.093	0.349
C1	0.543	0.229	1.095	0.308	0.632	0.270	0.633	0.464	0.181	0.560
C2	0.387	0.291	0.879	0.657	0.833	0.370	0.763	0.308	0.189	0.658
C3	0.427	0.289	0.994	0.365	0.421	0.240	0.435	0.281	0.140	0.749

表 4.2-5 调查海域表层沉积物质量单因子指数评价结果(2016 年)

站位	石油类	硫化物	有机碳	铅	镉	铬	汞	砷
1#	2.053	0.168	0.643	0.0768	0.0516	0.122	0.178	0.0934
2#	0.693	0.132	0.359	0.0736	0.027	0.0967	0.166	0.0918
5#	0.523	0.13	0.231	0.0628	0.0432	0.0956	0.157	0.0875
6#	0.366	0.086	0.198	0.0708	0.0146	0.0952	0.16	0.081
7#	0.393	0.0983	0.475	0.05	0.0151	0.077	0.148	0.0773

(4) 评价结论

由单因子指数评价结果可知,调查海域各站位各指标因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求,表明,该海域表层沉积物质量现状良好。

4.3 海洋生物生态现状调查与评价

4.3.1 调查站位设置

(1) 2019 年 5 月海洋生物现状调查

在排水口附近海域进行了海洋生物调查,设置海洋生物调查站位 7 个(其中叶绿素 a、底栖生物 11 个),调查内容包括:浮游植物、浮游动物、底栖生物和叶绿素 a,调查站位设置详见表 4.1-1 和图 4.1-1、图 4.1-2。其中海洋生物监测时间为 2019 年 5 月 23 日。

(2) 2016 年海洋生物现状调查

搜集了现有工程海洋环境影响跟踪监测的海洋生物生态调查数据,共设置 7 个海洋生物调查站位,监测时间为 2016 年春季和秋季,详见表 4.1-2 和图 4.1-3。

4.3.2 调查项目

(1) 2019 年调查项目

调查项目为有叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物。监测指标包括:种类组成、物种数量、丰度(密度)、生物量等。

(2) 2016 年调查项目

调查项目为有叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和底栖生物。监测指标包括:种类组成、物种数量、丰度(密度)、生物量等。

4.3.3 调查分析与评价方法

(1) 调查分析方法

各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》(GB17378-2007)、《海洋调查规范》(GB12763-2007)中的相关规定执行。具体的调查分析与评价方法如下:

叶绿素样品使用专用采水器采集海水,现场抽滤(滤膜孔径为 0.45 μ m)并低温保存,运回实验室立即采用荧光光度法进行测定。

浮游动物、浮游植物样品分别用浅水I和III型浮游生物网,自底至表垂直拖网取得。样品经 5%福尔马林海水溶液固定保存,以个体计数法进行分析。

底栖生物样品系用 0.05m²采泥器采集,所获泥样经 0.5mm 的套筛淘洗后,挑拣全部个体作为一个样品,生物标本浸于 75%酒精溶液中固定保存,称重后感量为 0.001g 的电子天平上进行。

(2) 评价方法

根据各站浮游植物、动物和底栖生物的种类组成、生物量及生物密度平面分布,计算生物样品的多样性指数、均匀度、丰度等,其方法按《海洋监测规范》的要求进行。

① 香农-韦弗(Shannon-Weaver)多样性指数

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 P_i$$

式中: H' ---生物多样性指数;

S ---样品中的种类数量;

P_i ---第*i*种的个体数与总个体数的比值。

② 均匀度指数

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

式中: J ---均匀度指数;

H' ---多样性指数;

H_{\max} --- $\log_2 S$, 表示多样性指数的最大值;

S ---样品中的种类数量。

③ 丰度指数

$$d = \frac{S - 1}{\log_2 N}$$

式中：d---丰度指数；

S---样品中的种类数量；

N---样品中的生物个体总数。

④ 优势度(Y)

调查海域生物的优势种根据优势度(Y)进行确定：

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

式中：n_i 为第 i 种的个体数，N 为所有种类的总个体数，f_i 为该种在所有站
位中出现的频率。以 Y 值大于 0.02 的种类确定为优势种。

4.3.4 浮游植物调查结果

(1) 2019 年 5 月浮游植物调查结果

① 种类组成及优势种分析

2019 年 5 月，楼山河入海口附近海域浮游植物种类组成的调查结果见表
4.3-1。根据调查结果：调查海域共获浮游植物 23 种，隶属于硅藻和甲藻 2 个浮
游植物门。其中硅藻出现的种类和数量占绝对优势，共 22 种，甲藻 1 种。调查
发现优势种 4 种，为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*(Greville)Cleve (Y=0.326)、
波状石丝藻 *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg(Y=0.3084)、高齿状藻 *Odontella*
regia (Schultze) Simonsen(Y=0.0593)、圆筛藻 *Coscinodiscus* spp. (Y=0.0233)。

表 4.3-1 调查海域浮游植物种类组成(2019 年 5 月)

序号	中文名	拉丁文名
一	硅藻门	Bacillariophyta
1	双眉藻	<i>Amphora</i> sp.
2	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendey
3	中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i> Greville
4	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg
5	圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> spp.
6	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
7	薄壁几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo
8	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
9	波状石丝藻	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg
10	舟形藻	<i>Navicula</i> spp.
11	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg)W.Smith
12	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs

13	菱形藻	<i>Nitzschia</i> spp.
14	高齿状藻	<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen
15	羽纹藻	<i>Pinnularia</i> spp.
16	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.
17	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell
18	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell
19	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve
20	针杆藻	<i>Synedra</i> spp.
21	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow
22	粗点菱形藻	<i>Nitzschia punctata</i> (W. Smith) Grunow
二	甲藻门	Dinophyta
23	闪光原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg

② 细胞丰度

各站位浮游植物种类数和丰度调查结果见表 4.3-2。调查海域硅藻门的细胞数量占绝对优势，在各个站位的丰度百分比在 98% 以上，大多数站位能达到 100%，其余类群为甲藻门，但细胞数量较少，在各站位的丰度百分比也较低。

③ 种类数和丰度变化规律

根据调查结果，2019 年 5 月楼山河入海口附近海域浮游植物种类数和丰度在各站位以硅藻为主。

表 4.3-2 浮游植物种类数和丰度分布调查结果(2019 年 5 月)

站位	硅藻		甲藻		合计	
	种类(个)	丰度(个/m ³)	种类(个)	丰度(个/m ³)	种类(个)	丰度(个/m ³)
A2	13	56266.66	0	0.00	13	56266.66
B3	9	39600.00	0	0.00	9	39600.00
B4	10	144800.00	1	2413.33	11	147213.33
B5	9	134186.70	0	0.00	9	134186.70
C2	6	77140.00	0	0.00	6	77140.00
C3	7	42913.34	0	0.00	7	42913.34
D1	6	333680.00	0	0.00	6	333680.00

④ 群落特征

对浮游植物的多样性指数、均匀度、优势度和丰度进行统计学评价分析，详见表 4.3-3。浮游植物群落的多样性指数在 1.042~2.679 之间，平均值 2.030；丰度值在 0.273~0.760 之间，平均值 0.472；均匀度的变化范围在 0.403~0.845 之间，平均值 0.624。以上指数均在胶州湾海域浮游植物群落指数的正常变化范围内，无异常现象。

表 4.3-3 浮游植物群落特征值统计结果

站号	多样性指数(H')	均匀度(J)	丰度(d)
A2	2.621	0.708	0.760
B3	2.679	0.845	0.524
B4	1.817	0.525	0.582
B5	1.398	0.441	0.470
C2	1.042	0.403	0.308
C3	1.862	0.663	0.390
D1	2.030	0.785	0.273
最小值	1.042	0.403	0.273
最大值	2.679	0.845	0.760
平均值	1.921	0.624	0.472

(2) 2016 年春季、秋季浮游植物跟踪调查结果

① 种类组成及优势种变化分析

楼山河入海口附近海域浮游植物种类组成的调查结果见表 4.3-4。根据调查结果：2016 年春季，调查海域共发现浮游植物 2 门 26 属 38 种，为：硅藻门 25 属 37 种，种类占 97.37%；甲藻门 1 属 1 种，种类占 2.63%。调查发现优势种 2 种，为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*(Greville)Cleve (Y=0.5856)、尖刺伪菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle (Y=0.0383)。2016 年秋季，调查海域共发现浮游植物 4 门 38 属 63 种，其中硅藻出现的种类和数量占绝对优势，共 28 属 51 种，占浮游植物种类组成的 80.95%；甲藻 8 属 10 种，占 15.87%；隐藻 1 属 1 种，占 1.59%；金藻 1 属 1 种，占 1.59%。优势种共 3 种，分别为丹麦细柱藻 *Leptocylindrus danicus* Cleve (Y=0.6980)、尖刺伪菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle (Y=0.1044) 和海链藻 *Thalassiosira* spp. (Y=0.0391)。

经上述分析，调查海域内不同时期的优势类群均为硅藻，虽然优势种有差异，但总体来看，主要为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve、海链藻 *Thalassiosira* spp.、尖刺伪菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle 等，优势种均为胶州湾内的常见种。

表 4.3-4 调查海域浮游植物种类组成

序号	中文名	拉丁文名	春季	秋季
一	硅藻门	Bacillariophyta		
1	短柄曲壳藻	<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	+	
2	波状辐衲藻	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehr.) Ehrenberg		

3	翼茧形藻	<i>Amphiprora alata</i> (Ehr.) Kützing	+	
4	双眉藻	<i>Amphora</i> sp.	+	+
5	冰河拟星杆藻	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	+	
6	加拉星平藻	<i>Asteroplanus karianus</i> (Grunow) Gardner et rawford	+	+
7	派格棍形藻	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendeby	+	+
8	双角角管藻	<i>Cerataulina bicornis</i> (Ehrenberg)Hasle et al		+
9	大洋角管藻	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve)Hendeby		+
10	窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+
11	卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i> Karsten	+	+
12	扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder		
13	旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve		+
14	拟旋链角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin		
15	丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	+	+
16	柔弱角毛藻	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve		+
17	并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve		
18	密连角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i> Cleve	+	+
19	双孢角毛藻	<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	+	+
20	艾氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibonii</i> Grunow		
21	劳氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	+	
22	窄面角毛藻	<i>Chaetoceros paradoxus</i> Cleve		
23	聚生角毛藻	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder		
24	圆柱角毛藻	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve		+
25	扭链角毛藻	<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran		+
26	范氏角毛藻	<i>Chaetoceros van heurckii</i> Gran		+
27	盾卵形藻	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg		+
28	星脐圆筛藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg	+	+
29	弓束圆筛藻	<i>Coscinodiscus curvatulus</i> Grunow		
30	琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville)Ostenfeld		+
31	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg	+	+
32	辐射列圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg		+
33	圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> spp.	+	
34	细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg	+	+
35	威利圆筛藻	<i>Coscinodiscus walesii</i> Gran & Angst		+
36	条纹小环藻	<i>Cyclotella striata</i> (Kuetz.) Grunow		
37	新月柱鞘藻	<i>Cylindrotheca closterium</i> Reimann et Levin	+	+
38	蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg		
39	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow	+	+
40	浮动弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg		+
41	柔弱井字藻	<i>Eunotogramma debile</i> Grunow	+	
42	海洋脆杆藻	<i>Fragilaria oceanica</i> Cleve		+
43	脆杆藻	<i>Fragilaria</i> spp.	+	+
44	海生斑条藻	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing		
45	柔弱几内亚藻	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle et al	+	+

46	斯氏几内亚藻	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle et al		+
47	泰晤士旋鞘藻	<i>Helicotheca tamesis</i> (<i>Shrubsole</i>) Ricard		
48	环纹娄氏藻	<i>Lauderia annulata</i> Cleve		+
49	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve		+
50	短楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh		+
51	波状石丝藻	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg		+
52	嘴状胸隔藻	<i>Mastogloia rostrata</i> (Wallich) Hustedt		+
53	膜状缪氏藻	<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) Silva	+	
54	舟形藻	<i>Navicula</i> spp.		+
55	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Ralfs	+	
56	弯端长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i> var. <i>reversa</i> W. Smith		+
57	洛氏菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow	+	+
58	钝头菱形藻刀形变种	<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i> Grunow		+
59	琴式菱形藻	<i>Nitzschia panduriformis</i> Gregory		+
60	菱形藻	<i>Nitzschia</i> spp.	+	+
61	高齿状藻	<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen		+
62	中华齿状藻	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow	+	
63	具槽帕拉藻	<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	+	+
64	羽纹藻	<i>Pinnularia</i> spp.	+	
65	端尖曲舟藻	<i>Pleurosigma acutum</i> Norman		+
66	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> spp.	+	+
67	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	+	+
68	翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Ostefeld		+
69	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	+	+
70	中华根管藻	<i>Rhizosolenia sinensis</i> Qian		
71	优美旭氏藻矮小变型	<i>Schröderella delicatula</i> f. <i>schröderi</i> (Bergon)Sournia		+
72	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville)Cleve	+	+
73	双菱藻	<i>Surirella</i> sp.	+	+
74	针杆藻	<i>Synedra</i> spp.		
75	佛氏海线藻	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff		
76	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow		
77	诺氏海链藻	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve		
78	海链藻	<i>Thalassiosira</i> spp.	+	+
二	甲藻门	Dinophyta		
79	亚历山大藻	<i>Alexandrium</i> spp.		+
80	梭角藻	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin		+
81	粗刺角藻	<i>Ceratium horridum</i> (Cleve) Gran		+
82	线纹角藻	<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve		
83	大角角藻	<i>Ceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Cleve		
84	三角角藻	<i>Ceratium tripos</i> (Müller) Nitzsch		+
85	倒卵形鳍藻	<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard		+
86	小翼甲藻	<i>Diplopsalis minor</i> (Pausen)Pavillard		+
87	三角异孢藻	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein		+

88	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Ehrenberg		+
89	尖叶原甲藻	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller		+
90	斯氏扁甲藻	<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale		
91	锥状斯比藻	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich		+
三	隐藻门	Cryptophyta		
92	隐藻	<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+
四	金藻门	Chrysophyta		
93	小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg		+

② 细胞丰度

各站位浮游植物种类数和丰度调查结果见表 4.3-5、表 4.3-6。调查海域硅藻门的细胞数量占绝对优势，在各个站位的丰度百分比在 90% 以上，部分站位能达到 99% 以上，其余类群为甲藻门、金藻门和隐藻门，但细胞数量较少，在各站位的丰度百分比也较低。

③ 种类数和丰度变化规律

根据调查结果，楼山河入海口附近海域浮游植物种类数和丰度在各站位间分布不均匀、季节差异较大。

表 4.3-5 浮游植物种类数和丰度分布调查结果(2016 年春季)

站位	硅藻		隐藻		合计	
	种类(个)	丰度(个/m ³)	种类(个)	丰度(个/m ³)	种类(个)	丰度(个/m ³)
1#	7	448900	0	0	7	448900
2#	15	1173900	1	4300	16	1178200
3#	7	226229	1	2114	8	228343
4#	11	464880	0	0	11	464880
5#	9	216450	0	0	9	216450
6#	11	102000	0	0	11	102000
7#	7	291933	0	0	7	291933

表 4.3-6 浮游植物种类数和丰度分布调查结果(2016 年秋季)

站位	硅藻		甲藻		金藻		隐藻		合计	
	种类	丰度								
	(个)	(个/m ³)								
1#	12	86460	0	0	0	0	0	0	12	86460
2#	18	895253	4	31680	0	0	0	0	22	926933
3#	13	393792	4	6027	0	0	1	670	18	400489
4#	22	1274640	3	10653	0	0	0	0	25	1285293
5#	15	1708117	3	14997	1	789	1	789	20	1724692
6#	23	1422264	4	8208	0	0	1	456	28	1430928
7#	12	399184	4	11061	0	0	0	0	16	410245

4.3.5 浮游动物调查结果

(1) 2019 年 5 月调查结果

① 种类组成及优势种

调查海域浮游动物种类组成的调查结果见表 4.3-7。根据调查结果：2019 年 5 月调查共发现六个门类 24 种浮游动物，分别为：节肢动物 9 种，占 37.5%；刺胞动物门 7 种，占 29.17%；脊索动物门 2 种，占 8.33%；原生动物 1 种，占 4.16%；毛颚动物 1 种，占 4.16%；浮游幼虫 4 种，占 16.67%。调查发现优势种共 4 种，分别为太平洋纺锤水蚤 *Acartia pacifica* Steuer(Y=0.4224)、捷氏歪水蚤 *Tortanus derjugini* Smironov(Y=0.4012)、钩虾 *Gammaridea*(Y=0.0697)、短尾类溞状幼虫 *Brachyura zoea larva*(Y=0.0373)。

表 4.3-7 调查海域浮游动物种类组成(2019 年 5 月)

序号	种名	拉丁名
一	原生动物	
1	夜光虫	<i>Noctiluca scientillans</i> Kofoid et Swezy
二	刺胞动物	
2	小介穗水母	<i>Podocoryne minima</i> (Trinci)
3	罗氏水母	<i>Lovenella</i> sp.
4	黑球真唇水母	<i>Eucheilota menoni</i> Kramp
5	蕈枝螅水母	<i>Obelia</i> spp.
6	半球美螅水母	<i>Clytia hemisphaerica</i> (Linnaeus)
7	真瘤水母	<i>Eutima</i> sp.
8	四枝管水母	<i>Proboscidactyla flavicirrata</i> Brandt
三	节肢动物	
9	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i> Brodsky
10	太平洋真宽水蚤	<i>Eurytemora pacific</i> Sato
11	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i> Sato
12	汤氏长足水蚤	<i>Calanopia thompsoni</i> A.Scott
13	双刺唇角水蚤	<i>Labidocera bipinnata</i> Tanaka
14	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i> Steuer
15	捷氏歪水蚤	<i>Tortanus derjugini</i> Smironov
16	等足类	Isopoda
17	钩虾	Gammaridea
四	毛颚动物	
18	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i> Tokioka
五	浮游被囊类	
19	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i> Fol
六	浮游幼虫	
20	腹足类幼体	Gastropoda larva

21	短尾类溞状幼虫	Brachyura zoea larva
22	长尾类幼体	Macrura larva
23	鱼卵	Fish eggs
24	仔鱼	Fish larva

② 生物密度

各站位浮游动物种类数和密度调查结果见表 4.3-8，此次调查中浮游动物以节肢动物和浮游幼虫两大类群为主，其中胶州湾内各站位的节肢动物数量最多。

③ 种类数和生物密度的分布规律

由调查结果可知，浮游动物在 C2 站位种类数最多，在 B3 和 B5 站位的种类数最少；浮游动物在 A2 站位的密度最低，在 C3 站位的密度最低。

表 4.3-8 浮游动物种类数和密度分布调查结果(2019 年 5 月)

站位	原生动物		刺胞动物		节肢动物		毛颚动物		浮游被囊类		浮游幼虫	
	种类 (个)	丰度 (个/m ³)										
A2	0	0	0	3.33	5	810.00	0	0.00	1	3.33	4	56.67
B3	0	0	0	0.00	5	240.00	0	0.00	0	0.00	2	6.67
B4	0	0	2	6.52	6	345.65	1	2.17	1	2.17	3	73.91
B5	0	0	1	4.00	3	416.00	0	0.00	0	0.00	3	7.00
C2	0	0	4	13.00	6	393.00	1	2.00	0	0.00	4	41.00
C3	1	1	2	9.00	5	111.00	1	10.00	1	1.00	3	36.00
D1	0	0	5	36.67	3	766.67	1	3.33	0	0.00	3	13.33

④ 群落特征

根据调查结果，对浮游动物的多样性指数、均匀度、优势度和丰度进行统计学评价分析，结果见表 4-15。经分析，调查海域浮游动物各群落指数均在正常变化范围内，无异常现象。

表 4.3-9 浮游动物群落特征值统计结果

站号	多样性指数(H')	均匀度(J)	丰度(d)
A2	1.992	0.576	1.477
B3	1.280	0.456	1.089
B4	2.334	0.631	1.979
B5	1.249	0.445	0.991
C2	1.828	0.468	2.292
C3	2.591	0.700	2.342
D1	1.559	0.435	1.640
最小值	1.249	0.435	0.991
最大值	2.591	0.700	2.342
平均值	1.833	0.530	1.687

(2) 2016 年春季、秋季调查结果

① 种类组成及优势种变化分析

调查海域浮游动物种类组成调查结果见表 4.3-10。根据调查结果：2016 年春季，调查海域发现五大类 14 种浮游动物，分别为：原生动物 1 种，占 7.14%；节肢动物 4 种，占 28.58%；毛颚动物 1 种，占 7.14%；浮游被囊类 1 种，占 7.14%；浮游幼虫 7 种，占 50.00%。调查发现优势种共 4 种，分别为桡足类幼体 Copepodite larva ($Y=0.6826$)、桡足类无节幼虫 Nauplius larva (Copepoda) ($Y=0.097$)、拟长腹剑水蚤 *Oithona similis* ($Y=0.0438$)、强壮箭虫 *Sagitta crassa* ($Y=0.0213$)。

2016 年秋季，调查海域共鉴定出浮游动物六大类 36 种，包括：浮游被囊类 1 种，占有所有浮游动物种类组成的 2.78%；腔肠动物、毛颚动物各 2 种，分别占 5.56%；原生动物 4 种，占 11.11%；浮游幼虫 9 类，占 25%；节肢动物 18 种，占 50%。调查发现优势种共 6 种，分别为夜光虫 *Noctilucidae scientillans* ($Y=0.5490$)、桡足类无节幼虫 Nauplius larva (Copepoda) ($Y=0.1270$)、双刺纺锤水蚤 *Acartia bifilosa* ($Y=0.0996$)、克氏纺锤水蚤 *Acartia clausi* ($Y=0.0299$)、拟长腹剑水蚤 *Oithona similis* ($Y=0.0260$)和桡足类幼体 Copepodite larva ($Y=0.0240$)。

由以上分析可知，调查海域的浮游动物优势类群主要为浮游幼虫，未发生变化；优势种主要为拟长腹剑水蚤 *Oithona similis*、氏纺锤水蚤 *Acartia clasi*、桡足类幼体 Copepodite larva 等胶州湾常见物种，未发生明显变化。

表 4.3-10 调查海域浮游动物种类组成

序号	中文名	拉丁文名	春季	秋季
一	原生动物	Protozoa		
1	钟状网纹虫	<i>Favella companula</i>		+
2	巴拿马网纹虫	<i>Favella panamensis</i>		+
3	敏纳圆辐虫	<i>Globorotalia menardii</i>		+
4	夜光虫	<i>Noctilucidae scientillans</i>	+	+
二	腔肠动物	Coelenterata		
5	半球美螅水母	<i>Campanularia hemisphaerica</i>		+
6	短腺和平水母	<i>Eirene brevigona</i>		+
7	锡兰和平水母	<i>E. ceylonensis</i>		
8	细颈和平水母	<i>E. menoni</i>		
9	黑球真唇水母	<i>Eucheilota menoni</i>		
10	藪枝螅水母	<i>Obelia spp.</i>		
三	节肢动物	Arthropoda		
11	长额刺糠虾	<i>Acanthomysis longirostris</i>		

12	双毛纺锤水蚤	<i>Acartia biflosa</i>		+
13	克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clasi</i>		+
14	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>		+
15	驼背隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gibber</i>		+
16	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	+	+
17	麦杆虫	<i>Caprella sp.</i>		
18	墨氏胸刺水蚤	<i>Centropages mcmurrici</i>		
19	瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i>		
20	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>		+
21	针尾涟虫	<i>Diastylis tricineta</i>		+
22	钩虾	<i>Gammarus sp.</i>		+
23	真刺唇角水蚤	<i>Labidooera enchaeta</i>	+	
24	无尾涟虫	<i>Leucon sp.</i>		+
25	小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>		+
26	其他猛水蚤	Other harpacticoida	+	+
27	隐长腹剑水蚤	<i>Oithona decipiens</i>		+
28	羽长腹剑水蚤	<i>Oithona plumifera</i>		
29	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	+	+
30	针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>		+
31	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i>		
32	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>		+
33	火腿许水蚤	<i>Schmackeria poplesia</i>		+
34	细巧华哲水蚤	<i>Sinocalanus tenellus</i>		+
35	糠虾	<i>Siriella sp.</i>		+
36	钳形歪水蚤	<i>Tortanus forcipatus</i>		
37	虫肢歪水蚤	<i>T.vermiculus</i>		
四	毛颚动物	Chaetognatha		
38	强壮箭虫	<i>Sagitta crassa</i>	+	+
39	肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>		+
五	浮游被囊类	Pelagic Tunicata		
40	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>		+
41	长尾住囊虫	<i>Oikopleura longicauda</i>	+	
六	浮游幼虫	Pelagic larvae		
42	辐轮幼虫	actinotrocha	+	
43	海星羽腕幼虫	Bipinnaria larva		
44	桡足类幼体	Copepoda larva	+	+
45	腺介幼虫	Cypris larva		
46	鱼卵	Fish egg		+
47	仔鱼	Fish larva		+
48	腹足类幼体	Gastropoda larva	+	+
49	瓣鳃类幼体	Lamellibranchiata larva		
50	长尾类幼体	Macrura larva	+	+
51	短尾类大眼幼虫	Megalopa larva (Brachyura)		

52	蔓足类幼体	Nauplius larva (Cirripedia)		+
53	桡足类无节幼虫	Nauplius larva (Copepoda)	+	+
54	海蛇尾长腕幼虫	ophiopluteus hiopluteus	+	
55	帽状幼虫	Pilidium larva		
56	多毛类幼体	Polychaeta larva	+	+
57	担轮幼虫	Trochophore larva		
58	短尾类溞状幼虫	Zoea larva (Brachyura)		+

② 生物密度

各站位浮游动物种类数和密度调查结果见表 4.3-11、表 4.3-12，春季浮游动物以节肢动物和浮游幼虫两大类群为主，其中胶州湾内各站位的节肢动物数量最多；夏季浮游动物以节肢动物、原生动物和浮游幼虫三大类群为主，胶州湾内各站位以原生动物为主要类群。

③ 种类数和生物密度的分布规律

由调查结果可知，春秋两季浮游动物在楼山河入海口邻近站位 1#的种类数和密度均较低，而在胶州湾内相对较高；种类数和密度季节差异较大。

表 4.3-11 浮游动物种类数和密度分布调查结果(2016 年春季)

站 位	原生动物		节肢动物		毛颚动物		浮游被囊类		浮游幼虫		合计	
	种类 (个)	丰度(个 /m ³)										
1#												
2#	1	25	2	108	0	0	0	0	3	600	6	733
3#	1	6	3	63	1	33	0	0	5	474	10	576
4#	0	0	2	80	0	0	0	0	2	840	4	920
5#												
6#	1	6	4	155	1	44	0	0	4	608	10	813
7#	1	1	3	79	1	34	1	1	3	344	9	458

表 4.3-12 浮游动物种类数和密度分布调查结果(2016 年秋季)

站 位	原生动物		腔肠动物		节肢动物		毛颚动物		浮游被囊类		浮游幼虫		合计	
	种类 (个)	密度 (个/m ³)												
1#	1	3	0	0	6	65	0	0	1	3	3	13	11	83
2#	1	15900	1	10	7	3813	2	53	1	20	6	2567	18	22363
3#	1	1200	0	0	10	673	0	0	1	6	4	979	16	2857
4#	3	11907	1	5	7	1688	2	67	1	75	7	2837	21	16578
5#	2	9037	2	8	5	583	1	12	1	22	5	1480	16	11142
6#	1	3838	0	0	10	551	2	23	1	45	6	1159	20	5615
7#	1	5883	1	3	10	930	1	6	1	21	7	1039	21	7882

4.3.6 底栖动物调查结果

(1) 2019 年 5 月调查结果

① 种类组成及优势种变化

2019 年 5 月楼山河入海口邻近海域大型底栖动物种类组成调查结果见表 4.3-13。根据调查结果, 该海域底栖生物样品经鉴定分析, 共采集鉴定到 7 门 80 种, 其中环节动物多毛类 39 种, 占总种类数的 48.75%; 其次为软体动物 20 种, 占总种类数的 25%; 节肢动物有 17 种, 占总种类数的 21.25%; 棘皮动物、纽形动物、星虫动物和扁形动物各 1 种, 各占总种类数的 1.25%。调查期间该海域大型底栖动物优势种类较多, 共有 7 种, 包括凸壳肌蛤 *Musculus senhousia*($Y=0.095$)、刚鳃虫 *Chaetozone setosa*($Y=0.035$)、寡鳃齿吻沙蚕 *Nephtys oligobranchia*($Y=0.030$)、菲律宾蛤仔 *Ruditapes philippinarum*($Y=0.029$)、寡节甘吻沙蚕 *Glycinde gurjanovae*($Y=0.028$)、日本梯形蛤 *Portlandia japonica*($Y=0.022$) 和膜质伪才女虫 *Pseudopolydora kempfi*($Y=0.022$)。

由以上分析可知, 调查海域底栖生物优势类群为环节动物门的多毛类, 优势种主要为刚鳃虫 *Chaetozone setosa*、寡鳃齿吻沙蚕 *Nephtys oligobranchia*、寡节甘吻沙蚕 *Glycinde gurjanovae*($Y=0.028$)和膜质伪才女虫 *Pseudopolydora kempfi* 等种类, 均为胶州湾的常见种。

表 4.3-13 调查海域底栖动物种类组成(2019 年 5 月)

序号	中文名	拉丁名
一	环节动物门	
1	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>
2	背褶沙蚕	<i>Tambalagama fauveli</i>
3	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>
4	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>
5	短鳃伪才女虫	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>
6	短叶索沙蚕	<i>Lumbrineris latreilli</i>
7	多齿围沙蚕	<i>Perinereis nuntia</i>
8	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>
9	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>
10	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>
11	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>
12	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>
13	尖锥虫	<i>Scoloplos armiger</i>
14	鳞腹沟虫	<i>Scolelepis squamata</i>
15	膜质伪才女虫	<i>Pseudopolydora kempfi</i>

16	那不勒斯膜帽虫	<i>Lagis neapolitana</i>
17	拟节虫	<i>Praxillella praetermissa</i>
18	奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i>
19	强壮顶须虫	<i>Acrocirrus validus</i>
20	全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes oxypoda</i>
21	日本角吻沙蚕	<i>Goniada japonica</i>
22	日本细莱毛虫	<i>Levinsenia gracilis</i>
23	乳突半突虫	<i>Anaitides papillosa</i>
24	深钩毛虫	<i>Sigambra bassi</i>
25	双唇索沙蚕	<i>Lumbrineris cruzensis</i>
26	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>
27	丝线沙蚕	<i>Drilonereis filum</i>
28	丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i>
29	四索沙蚕	<i>Lumbrineris tetraura</i>
30	围巧言虫	<i>Eumida sanguinea</i>
31	狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus angustifrons</i>
32	仙居虫	<i>Naineris larvigata</i>
33	小头虫	<i>Capitella capitata</i>
34	咽鼻稚虫	<i>Rhychoospio glutaea</i>
35	张氏神须虫	<i>Mysta tchangsii</i>
36	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>
37	中华半突虫	<i>Phyllodoce chinensis</i>
38	锥唇吻沙蚕	<i>Glycera onomichiensis</i>
39	足刺拟单指虫	<i>Cossurella dimorpha</i>
二	软体动物门	
40	薄壳绿螂	<i>Glaucanome primeana</i>
41	扁角蛤	<i>Angulus compressissimus</i>
42	渤海鸭嘴蛤	<i>Laternula marilina</i>
43	苍白紫云蛤	<i>Gari pallida</i>
44	脆壳全海笋	<i>Barnea fragilis</i>
45	豆形胡桃蛤	<i>Ennucula faba</i>
46	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>
47	光滑河蓝蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>
48	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i>
49	江户明樱蛤	<i>Moerella jedoensis</i>
50	内肋蛤	<i>Endopleura lubrica</i>
51	日本梯形蛤	<i>Portlandia japonica</i>
52	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>
53	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>
54	高捻塔螺	<i>Monotyga eximia</i>
55	光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabar</i>
56	笋金螺	<i>Chrysallida terebra</i>
57	圆筒原盒螺	<i>Eocylichna cylindrella</i>

58	纵肋饰孔螺	<i>Decorifera matusimana</i>
59	纵肋织纹螺	<i>Nassarius variciferus</i>
三	节肢动物门	
60	大螺赢蜚	<i>Corophium major</i>
61	大华螺赢蜚	<i>Sinocorophium major</i>
62	细螯虾	<i>Leptocheila gracilis</i>
63	螺赢蜚	<i>Corophium sp.</i>
64	极地蚤钩虾	<i>Pontocrates altamarinus</i>
65	卡品角钩虾	<i>Ceradocus capensis</i>
66	卵圆涟虫	<i>Bodotria ovalis</i>
67	美原双眼钩虾	<i>Bodotria ovalis</i>
68	强壮藻钩虾	<i>Ampithoe valida</i>
69	日本大螯蜚	<i>Grandidierella japonica</i>
70	日本大眼蟹	<i>Macrophthalmus japonicus</i>
71	日本长尾虫	<i>Aspeudes nipponicus</i>
72	塞切尔泥钩虾	<i>Eriopisella sechellensis</i>
73	三叶针尾涟虫	<i>Diastylis tricincta</i>
74	细长涟虫	<i>Iphinoe tenera</i>
75	长指马尔他钩虾	<i>Melita longidactyla</i>
76	中华螺赢蜚	<i>Corophium sinensis</i>
四	棘皮动物门	
77	哈氏刻肋海胆	<i>Temnopleurus hardwicki</i>
五	扁形动物门	
78	涡虫	Turbellaria
六	星虫动物门	
79	星虫	Sipuncula
七	纽形动物门	
80	纽虫	Nemerinea

② 密度

各站位底栖动物种类数和密度调查结果见表 4.3-14，调查海域大型底栖动物栖息密度主要以节肢动物门为主，平均密度为 474.55 ind/ m²，其次为环节动物门，平均密度为 430.91 ind/ m²，再次为软体动物门，平均密度为 145.55 ind/ m²，最低为扁形动物门，平均密度均为 1.682ind/ m²；生物量以环节动物门为主，平均生物量为 181.70 g/ m²，其次为节肢动物门，平均生物量为 67.71 g/m²，最低为星虫动物门、纽形动物门和棘皮动物门，平均生物量为 0.01 g/m²。

③ 种类数和生物密度的分布规律

调查结果表明。各站位底栖生物栖息密度的幅度为(380~3020) ind/m²，平均密度为 1070.91 ind/ m²，最高出现在 C1 号站位，最低出现在 B5 号站位；生物量

的幅度为(1.30~2025.11) g/ m²，平均生物量为 256.62g/ m²，最高出现在 C2 号站
位，最低出现在 B3 号站位。

④ 生物量

各站位生物量的幅度为(1.30~2025.11) g/m²，平均生物量为 256.62g/m²，最
高出现在 C2 号站位，最低出现在 B3 号站位。详见表 4.3-15。

表 4.3-15 各站位大型底栖动物生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)

站位	栖息密度	生物量
A1	112	0.65
A2	384	26.80
A3	2528	3674.63
B1	320	257.71
B2	512	195.58
B3	192	9.81
B4	480	146.45
B5	464	3.05
C1	2816	938.03
C2	48	37.39
C3	496	717.36

⑤ 群落特征

各站丰富度的幅度为 1.63~4.17，平均值为 2.66，最高值出现在 D2 号站位，
最低值出现在 B1 号站位；各站多样性指数的幅度为 1.55~3.74，平均值为 3.08，
最高值出现在 C3 号站位，最低值出现在 C1 号站位；各站底栖生物均匀度的幅
度为 0.59~0.93，平均值为 0.81，最高值出现在 B4 号站位，最低值出现在 C3 和
D1 号站位。详见表 4.3-16。

表 4.3-16 各站位丰富度、单纯度、生物多样性指数和均匀度

站位	丰富度(D)	均匀度指数(J)	多样性指数(H')
A1	2.33	0.87	3.21
A2	2.71	0.80	3.29
B1	1.63	0.85	2.68
B3	2.97	0.97	3.68
B4	2.61	0.59	2.29
B5	2.31	0.90	3.11
C1	2.50	0.38	1.55
C2	2.21	0.86	2.99
C3	3.11	0.93	3.74
D1	2.73	0.93	3.73
D2	4.17	0.77	3.55

⑥ 小结

调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 80 种，环节动物有 39 种；节肢动物有 17 种；软体动物有 20 种；扁形动物、星虫动物、纽形动物和棘皮动物各有 1 种。各站位底栖生物栖息密度的幅度为(380~3020)ind/m²，平均密度为 1070.91 ind/m²；生物量的幅度为(1.30~2025.11) g/m²，平均生物量为 256.62 g/m²。大型底栖动物栖息密度主要以节肢动物门为主，平均密度为 474.55 ind/m²，其次为环节动物门，平均密度为 430.91 ind/m²；生物量以环节动物门为主，平均生物量为 181.70 g/m²，其次为节肢动物门，平均生物量为 67.71 g/m²。调查期间该海域大型底栖动物优势种类有凸壳肌蛤、刚鳃虫、寡鳃齿吻沙蚕、菲律宾蛤仔、寡节甘吻沙蚕、日本梯形蛤和膜质伪才女虫。各站丰富度的幅度为 1.63~4.17，平均值为 2.66；各站多样性指数的幅度为 1.55~3.74，平均值为 3.08；各站底栖生物均匀度的幅度为 0.59~0.93，平均值为 0.81。

表 4.3-14 各站位各类别生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)(2019 年 5 月)

项目	栖息密度								生物量							
	环节动物	软体动物	节肢动物	扁形动物	星虫动物	纽形动物	棘皮动物	总量	环节动物	软体动物	节肢动物	扁形动物	星虫动物	纽形动物	棘皮动物	总量
A1	540	240	60	--	--	20	--	860	0.31	0.46	1.23	--	--	0.01	--	2.01
A2	1080	80	660	20	--	--	--	1840	2.03	5.41	5.09	1.18	--	--	--	13.71
B1	280	340	--	--	20	--	40	680	2.37	48.06	0	--	--	--	0.06	50.49
B3	220	140	40	--	--	--	--	400	0.25	0.36	0.69	--	--	--	--	1.3
B4	200	60	800	--	--	--	--	1060	0.87	0.04	233.47	--	--	--	--	234.38
B5	180	60	120	--	20	--	--	380	0.07	0.35	28.55	--	0.01	--	--	28.99
C1	480	60	2480	--	--	--	--	3020	4.41	0.25	21.35	--	--	--	--	26.02
C2	240	100	100	--	--	--	20	460	1947.78	0.04	77.22	--	--	--	0.07	2025.11
C3	200	180	240	--	--	--	--	620	0.61	21.93	14.19	--	--	--	--	36.72
D1	720	260	240	--	--	--	--	1220	0.26	0.09	4.84	--	--	--	--	5.18
D2	600	80	480	--	--	20	60	1240	39.78	0.93	358.18	--	--	0.01	0.03	398.92
均值	430.91	145.45	474.55	1.82	3.64	3.64	10.91	1070.91	181.7	7.09	67.71	0.11	0.01	0.01	0.01	256.62

注：--为未发现。

(2) 2016年春季、秋季调查结果

① 种类组成及优势种变化

楼山河入海口邻近海域大型底栖动物种类组成的调查结果见表 4.3-17。根据调查结果，2016年春季，共调查鉴定出底栖生物 6 门 43 属 44 种，分别为：环节动物门 27 属 28 种，种类数占 63.64%；节肢动物门甲壳纲 7 属 7 种，种类数占 15.91%；软体动物门 4 属 4 种，种类数占 9.09 %；棘皮动物门 3 属 3 种，种类数占 6.82%；腔肠动物门和纽形动物门各 1 属 1 种，种类数各占 2.27%。优势种共 1 种，为长叶索沙蚕 *Lumbrinereis longifolia*($Y=0.6152$)。2016年秋季，调查共鉴定出 8 门 75 属 78 种底栖生物，分别为：纽形动物门、扁形动物门和腔肠动物门各 1 属 1 种，种类分别占有所有种类组成的 1.28%；脊索动物门尾索动物亚门 2 属 2 种，占 2.57%；棘皮动物门 5 属 5 种，占 6.41%；软体动物门 9 属 9 种，占 11.54%；节肢动物门甲壳纲 13 属 13 种，占 16.67%；环节动物门 43 属 46 种，其中寡毛类 1 属 1 种，占 1.28%；多毛类 42 属 45 种，占 57.69%。优势种共 6 种，为长叶索沙蚕 *Lumbrinereis longifolia* ($Y=0.2722$)、刺樱虫 *Potamilla* sp. ($Y=0.0741$)、双栉虫 *Ampharete acutifrons* ($Y=0.0622$)、树蛭虫 *Pista* sp. ($Y=0.0241$)、中蚓虫 *Mediomastus* sp. ($Y=0.0225$)和东方缝栖蛤 *Hiatella orientalia* ($Y=0.0221$)。

由以上分析可知，调查海域底栖生物优势类群为环节动物门的多毛类，未变化；优势种主要为长叶索沙蚕 *Lumbrinereis longifolia*、中蚓虫 *Mediomastus* sp.、寡鳃齿吻沙蚕 *Nephtys oligobranchia* 等种类，均为胶州湾的常见种。

表 4.3-17 调查海域底栖动物种类组成

序号	中文名	拉丁名	春季	秋季
一	纽形动物门	Nemertinea		
1	纽虫一种	Nemertinea	+	+
二	环节动物门	Annelida		
2	寡毛类	Oligochaeta		
3	寡毛类一种	Oligochaeta	+	
4	多毛类	Polychaete		
5	西方似蛭虫	<i>Amaeana occidentalis</i>	+	+
6	双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>	+	+
7	指节扇毛虫	<i>Ampharete anobothrusiformis</i>		+
8	双栉虫科一种	Ampharetidae	+	+
9	扇栉虫	<i>Amphicteis</i> sp.		
10	乳突叶须虫	<i>Anaitides papillosa</i>		+
11	半突虫	<i>Anaitides</i> sp.	+	
12	锥稚虫	<i>Anoides oxycephala</i>	+	+
13	鳞沙蚕科一种	Aphroditidae	+	+

14	无眼独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>		
15	独指虫	<i>Aricidea</i> sp.	+	+
16	鳃肾扇虫	<i>Brada</i> sp.		+
17	小头虫	<i>Capitella capitata</i>		+
18	刚鳃虫	<i>Chaetozone setosa</i>	+	+
19	须鳃虫	<i>Cirriformia tentaculata</i>	+	
20	足刺拟单指虫	<i>Cossurella aciculata</i>		+
21	智利巢沙蚕	<i>Diopatra chiliensis</i>	+	+
22	长双须虫	<i>Eteone longa</i>	+	
23	曲强真节虫	<i>Euclymene lombricoides</i>	+	
24	哥城矾沙蚕	<i>Eunice kubiensis</i>	+	
25	须优鳞虫	<i>Eunoe</i> cf. <i>barbata</i>		+
26	优鳞虫	<i>Eunoe</i> sp.	+	
27	淡须虫	<i>Genetyllis</i> sp.		
28	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>	+	+
29	寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanovae</i>	+	+
30	穗鳞虫	<i>Halosydropsis pilosa</i>	+	+
31	亚洲哈鳞虫	<i>Harmothoe asiatica</i>		
32	异蚓虫	<i>Heteromastus filiformis</i>		+
33	那不勒斯膜帽虫	<i>Lagis neapolitana</i>	+	
34	后指虫	<i>Laonice cirrata</i>	+	
35	日本刺梳鳞虫	<i>Leanira japonica</i>		
36	背鳞虫	<i>Lepidonotus</i> sp.	+	
37	异足索沙蚕	<i>Lumbrinereis heteropoda</i>		+
38	长叶索沙蚕	<i>Lumbrinereis longifolia</i>	+	+
39	尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cincta</i>		
40	岩虫	<i>Marphysa sanguinea</i>	+	+
41	中蚓虫	<i>Mediomastus</i> sp.	+	+
42	日本刺沙蚕	<i>Neanthes japonica</i>		
43	刺沙蚕	<i>Neanthes</i> sp.		
44	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>	+	+
45	沙蚕科一种	Nereidae	+	
46	长须沙蚕	<i>Nereis longior</i>	+	+
47	沙蚕	<i>Nereis</i> sp.	+	
48	狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus anguotifrons</i>	+	+
49	拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	+	
50	笔帽虫科一种	Pectinariidae		
51	长鳃树蛭虫	<i>Pista brevibranchia</i>	+	
52	树蛭虫	<i>Pista</i> sp.	+	+
53	蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>		+
54	刺樱虫	<i>Potamilla</i> sp.	+	+
55	拟节虫	<i>Praxillella</i> sp.	+	+
56	稚齿虫	<i>Prionospio</i> sp.	+	+
57	膜质伪才女虫	<i>Pseudopolydora kempii</i>	+	
58	缨鳃虫科一种	Sabelliidae	+	
59	日本叉毛豆伪虫	<i>Schistomeringos japonica</i>	+	
60	尖锥虫	<i>Scoloplos armiger</i>	+	+
61	钩毛虫	<i>Sigambra</i> sp.	+	+
62	海稚虫科一种	Spionidae	+	

63	不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>	+	+
64	裂虫科一种	Syllidae	+	
65	蛭龙介科一种	Terebellidae		+
66	梳鳃虫	<i>Terebellides stromii</i>		
67	多丝独毛虫	<i>Tharyx multifilis</i>	+	+
68	独毛虫	<i>Tharyx sp.</i>	+	+
69	侧口乳蛭虫	<i>Thelepus plagiostoma</i>		
70	双毛鳃虫	<i>Trichobranchus bibranchiatus</i>		
三	软体动物门	Mollusca		
71	布氏蚌	<i>Arca boncardi</i>		
72	双壳类幼体一种	Bivalvia	+	
73	履螺	<i>Crepidula walshi</i>		
74	灰双齿蛤	<i>Felaniella usta</i>		+
75	螺类一种	Gastropoda		
76	东方缝栖蛤	<i>Hiatella orientalia</i>	+	+
77	微型小海螂	<i>Leptomya minuta</i>	+	+
78	含馆雪锉蛤	<i>Limaria hakodatensin</i>	+	+
79	长偏顶蛤	<i>Modiolus(Modiolus) elongatus</i>		
80	江户明樱蛤	<i>Moerella jodoensis</i>		+
81	网纹鬃毛石鳖	<i>Mopalia retifera</i>	+	+
82	凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousei</i>	+	
83	红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>		
84	银白壳蛞蝓	<i>Philine argentata</i>		
85	经氏壳蛞蝓	<i>Philine kinglippini</i>		+
86	光滑河篮蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>		
87	秀丽波纹蛤	<i>Raetellops pulchella</i>		
88	耳口露齿螺	<i>Ringicula doliaris</i>		
89	菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>	+	+
90	樱蛤	<i>Tellinides sp.</i>	+	
91	脆壳理蛤	<i>Theora fragilis</i>	+	+
92	小蝶铰蛤	<i>Trigonothracia pusilla</i>		
四	节肢动物门	Arthropoda		
93	甲壳类	Crustacea		
94	鲜明鼓虾	<i>Alpheus distinguendus</i>	+	
95	短角双眼钩虾	<i>Ampelisca brevicornis</i>		+
96	美原双眼钩虾	<i>Ampelisca miharaensis</i>		
97	双眼钩虾	<i>Ampelisca sp.</i>		+
98	钩虾一种	Amphiura	+	+
99	异足目一种	Anisopoda	+	+
100	背尾水虱	Anthuridea	+	+
101	日本沙钩虾	<i>Byblis japonicus</i>		
102	美人虾	<i>Callianasa sp.</i>	+	
103	麦杆虫	<i>Caprella sp.</i>		
104	日本浪漂水虱	<i>Cirolana japonensis</i>	+	
105	螺赢蜚	<i>Corophium sp.</i>		+
106	涟虫一种	Cumacea	+	
107	光亮拟涟虫	<i>Cumella arguta</i>	+	
108	细螯虾	<i>Leptocheila gracilis</i>	+	
109	齿掌细身钩虾	<i>Maera serratipalma</i>		+

110	长臂虾	Palaemonidae	+	
111	亮钩虾	<i>Photis</i> sp.	+	
112	马氏毛粒蟹	<i>Pilumnopus makiana</i>		
113	极地蚤钩虾	<i>Pontocrates altamarimus</i>		+
114	绒毛细足蟹	<i>Raphidopus ciliatus</i>	+	
115	蟹一种	Reptantia		
116	蓝氏三强蟹	<i>Tritodynamia rathbunae</i>		
117	仿盲蟹	<i>Typhlocarcinops</i> sp.	+	+
五	棘皮动物	Echinodermata		
118	近辐蛇尾	<i>Ophiactis affinis</i>	+	+
119	日本鳞缘蛇尾	<i>Ophiophragmus japonicus</i>	+	+
120	马氏刺蛇尾	<i>Ophiothrix marenzelleri</i>	+	
121	蛇尾(幼体)	Ophiuroidea	+	
122	棘刺锚参	<i>Protankyra bidentata</i>		
123	细雕刻肋海胆	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	+	+
六	尾索动物	Urochordata		
124	玻璃海鞘	<i>Ciona intestinalis</i>	+	
125	柄海鞘	<i>Styela clava</i>	+	+
七	扁形动物	Platyhelminthes		
126	涡虫	Turbellaria	+	
八	腔肠动物	Coelenterata		
127	蕨形角海葵	<i>Cerianthus filiformis</i>	+	
128	角海葵	<i>Cerianthus</i> sp.		

② 密度

各站位底栖动物种类数和密度调查结果见表 4.3-18 和表 4.3-19, 调查海域大型底栖生物以环节动物门的多毛类占优势, 其余还包括软体动物门、棘皮动物门等类群。

③ 种类数和生物密度的分布规律

由调查结果可知, 该海域大型底栖生物的种类数、密度在各站位间变化的规律不明显。

表 4.3-18 底栖动物种类数和密度分布调查结果(2016 年春季)

站 位	寡毛类		多毛类		软体动物		甲壳动物		纽形动物		棘皮动物		尾索动物		扁形动物		腔肠动物		合计		
	种 类	密度(个 /m ²)																			
1#	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2#	1	20	15	1240	5	400	4	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1760	
3#	0	0	18	780	6	70	1	10	1	10	3	60	1	10	0	0	0	0	29	940	
4#	0	0	17	2160	5	50	2	30	0	0	1	10	0	0	1	30	0	0	24	2280	
5#	0	0	7	360	2	0	1	260	1	20	0	0	1	20	0	0	1	20	12	680	
6#	1	40	15	680	9	160	5	100	0	0	1	20	0	0	0	0	0	0	26	1000	
7#	1	40	13	600	6	120	4	80	0	0	1	20	0	0	0	0	0	0	21	860	

表 4.3-19 底栖动物种类数和密度分布调查结果(2016 年秋季)

站 位	环节动物		甲壳动物		软体动物		棘皮动物		腔肠动物		纽形动物		合计	
	种 类	密度(个/m ²)												
1#	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2#	5	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	380
3#	7	1080	1	20	0	0	1	20	1	20	0	0	10	1140
4#	5	380	2	80	0	0	0	0	0	0	1	20	8	480
5#	8	800	0	0	2	60	1	60	0	0	0	0	11	920
6#	6	680	1	20	1	20	0	0	0	0	1	20	9	740
7#	10	500	2	40	0	0	0	0	0	0	1	20	13	560

4.3.7 叶绿素 a 调查结果

(1) 2019 年叶绿素 a 调查结果

2019 年楼山河入海口邻近海域叶绿素 a 跟踪监测结果见表 4.3-20。由调查结果可知，在 E1 站位叶绿素 a 浓度较高，水面有大量藻类，有水华现象，其他站位叶绿素 a 浓度相差不大。

表 4.3-20 叶绿素 a 跟踪监测结果($\mu\text{g/L}$)(2019 年 5 月)

站位	A2	B1	B2	B5	C1	C2	C3	D1	D2	E1	E2
C(Chla)	1.06	2.11	1.60	2.40	2.87	2.59	1.14	2.03	2.03	22.43	1.27

(2) 2016 年春季、秋季调查结果

楼山河入海口邻近海域叶绿素 a 跟踪监测结果见表 4.3-21。由调查结果可知，随着扩散距离增大，叶绿素 a 含量呈现出不断升高的趋势。

表 4.3-21 叶绿素 a 跟踪监测结果($\mu\text{g/L}$)(2016 年)

站位	2016 年春季		2016 年秋季	
	高潮	低潮	高潮	低潮
1#	1.63	1.64	1.19	3.05
2#	2.11	1.70	4.18	3.79
3#	2.18	2.05	4.52	3.44
4#	2.04	3.46	3.05	1.42
5#	3.81	3.87	2.98	3.05
6#	3.40	4.35	3	1.87
7#	2.99	2.58	1.52	3.79

4.4 生物体质量监测与分析

4.4.1 生物体质量监测结果

(1) 2019 年 5 月监测结果

在底栖生物采样过程中，采集到菲律宾蛤仔和牡蛎，对其生物体质量进行检测，结果详见表 4.4-1。

表 4.4-1 调查海域生物体质量调查结果(2019 年)

生物种类	Cu(10^{-6})	Zn(10^{-6})	As(10^{-6})	Cd(10^{-6})	Hg(10^{-6})	Pb(10^{-6})
菲律宾蛤仔	1.08	27.14	2.89	0.22	0.01	0.06
牡蛎	31.85	123.75	4.25	0.54	0.01	0.20

(2) 2016 年秋季监测结果

在 2016 年春季对胶州湾内各站位进行底栖生物调查时，未获取到足量的底栖生物活体，无法进行生物体质量分析，秋季监测时租船在调查海域内进行海洋

生物捕捞采集，共获得了黑头鱼、鲈鱼、扇贝、小黄鱼 4 种生物，对其生物体质量进行了检测。海域海洋生物体内的重金属含量检测结果详见表 4.4-2。

表 4.4-2 调查海域生物体质量调查结果(2017 年)

生物种类	Cu(10 ⁻⁶)	Zn(10 ⁻⁶)	As(10 ⁻⁶)	Cd(10 ⁻⁶)	Hg(10 ⁻⁶)	Pb(10 ⁻⁶)
黑头鱼	0.61	8.65	0.70	0.01	0.16	0.27
鲈鱼	0.84	20.33	1.78	0.00	0.16	0.51
扇贝	1.82	38.99	1.28	0.62	0.09	2.00
小黄鱼	0.69	9.70	0.91	0.02	0.19	1.31

4.4.2 生物体质量评价

(1) 2019 年 5 月调查结果评价

在本次评价中，生物体质量的达标分析采用单因子指数法，生物体质量样品采集于胶州湾农渔业区，生物体质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)的第一类标准。具体计算方法如下：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项评价因子的标准指数；

C_i —— i 项评价因子的实测浓度；

S_i —— i 项评价因子的评价标准值。

2019 年 5 月的楼山河入海口附近生物体质量单因子指数评价结果见表 4.4-3。

表 4.4-3 楼山河入海口附近海域生物体质量单因子指数评价结果(2019 年)

生物种类	Cu(10 ⁻⁶)	Zn(10 ⁻⁶)	As(10 ⁻⁶)	Cd(10 ⁻⁶)	Hg(10 ⁻⁶)	Pb(10 ⁻⁶)
菲律宾蛤仔	0.108	1.357	2.89	1.1	0.2	0.6
牡蛎	3.185	6.1875	4.25	2.7	0.2	2

根据评价结果，调查海域中菲律宾蛤仔、牡蛎体内的重金属含量超出了《海洋生物质量》(GB18421-2001)的第一类标准。

(2) 2016 年调查结果评价

扇贝(采集于特殊利用区)生物体质量按《海洋生物质量标准》(GB18412-2001)第三类标准评价，鱼类按全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程推荐的评价标准进行评价。

经分析，各类调查生物体内的 Cu、Zn、As、Cd、Hg、Pb 等重金属满足相应标准要求。

5 水环境影响预测与评价

5.1 水文动力环境影响预测与评价

5.1.1 平均运动方程组

对于沿岸浅海,特别是半封闭海湾,其基本运动是由外来潮波引起的潮汐运动,即协振潮。因此,主要研究潮波、潮流及潮致余流等。

描述潮流运动的参考坐标系,被置于“f-平面”,即不考虑地球曲率的影响。这种近似描述,适用于水平范围远小于地球半径的海域。

选用一个固着于“f-平面”上的直角坐标系(XOY 平面)和静止海面重合,组成右手坐标系,Z 轴向上为正,于是描述正压海洋的深度平均运动方程组为:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (5.1.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fv - \frac{g}{C^2} \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} u + \frac{\tau_x}{\rho H} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (5.1.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fu - \frac{g}{C^2} \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} v + \frac{\tau_y}{\rho H} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (5.1.3)$$

式中:

u, v --分别为对应于 x, y 轴的深度平均流速分量;

t --为时间坐标;

f --为柯氏参数($f = 2\Omega \sin \varphi$, Ω 为地转角速度, φ 为地理纬度);

g --为重力加速度;

H -- $h + \zeta$;

h --为自平均海面起算的水深;

ζ --为自平均海面起算的水位高度;

τ_x, τ_y --分别为对应于 x, y 方向水面上的风应力($\tau_x = r^2 w^2 \cos \theta, \tau_y = r^2 w^2 \sin \theta$;

r^2 为风应力系数,其值约为 0.0026, w 为风速, θ 为风向角);

ρ --为海水密度;

ε --为水平涡动粘滞系数;

C --为 Chezy 系数($\text{cm}^{1/2}/\text{s}$), $C = 4.64/nH^{1/6}$, n 为表示海底粗糙度的 Manning 系数。

方程的定解条件为:

初始条件: $t = 0$ 时, $u = u_0, v = v_0, \zeta = \zeta_0$

边界条件:

在开边界(水-水边界): $\zeta = \zeta'$

在陆边界(水-陆边界): $\vec{v} \cdot \vec{n} = 0$ (沿岸移动, \vec{n} 为边界法线方向)

由方程(5.1.1)~(5.1.3)及定解条件构成了完整的二维浅海潮波的闭合定解方程组。

在实际计算中,无论二维还是三维,由于浅海较强的湍耗散作用,总是取零值作为初始条件,因为任何初始能量,经过一定时间后,总要耗散掉,故当计算达到一定时间长度以后,初始效应总会消失,而只是由 ζ' 这一协振潮的唯一强迫函数在起作用,对于 ζ' 的取值,要求具有满意的精度。

5.1.2 分步杂交解法

由于海域实际边界的复杂性,运动方程中包含了非线性项,求解它的解析解十分困难,一般情况下是无法实现的,故目前求解这一方程组基本上采用数值求解。当然,在适定的边界条件和初始条件(或称定解条件)下,数值求解方程组的方法很多,有边值法、有限元法、ADI 法等。这里我们采用在海洋界应用较多的分裂算子法一分步杂交法。

(1) 分步杂交法

目前较为流行的求解法是 ADI 方法(或称隐式方向交替法),这种方法的特点是稳定性较好,积累误差小。它也有本身的缺点,即它的计算网格是矩形网格,对岸界的模拟不尽令人满意;其二是对于确定的计算域,当减小空间步长时,网格点的增加较大,因此不能如意地根据人们的需要减小(如排污口附近)或增大空间步长(远离岸边的开边界)。分步杂交法采用可以大小随意的三角形网格,其优点是对边界拟合较好,对流效应模拟良好,特别适合于地形复杂,岛屿众多的海域。不过这个模型也有它的不足之处,主要是时间步长较短,运算时间长,令人欣慰的是随着计算机迅速发展,这一缺点可以克服。

利用分步方法将方程式(5.1.1)~(5.1.3)分解为:

在前半分步: $n\Delta t < t \leq (n+1/2)\Delta t$, 用特征线方法求解方程:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial t} + u^{(1)} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial x} + v^{(1)} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial y} = 0 \quad (5.1.4)$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial v^{(1)}}{\partial t} + u^{(1)} \frac{\partial v^{(1)}}{\partial x} + v^{(1)} \frac{\partial v^{(1)}}{\partial y} = 0 \quad (5.1.5)$$

在后半分步： $(n+1/2) \cdot \Delta t < t \leq (n+1)\Delta t$ ，用集中质量有限元方法求解方程：

$$\frac{1}{2} \frac{\partial u^{(2)}}{\partial t} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + f v^{(2)} - \frac{g}{c^2} \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} u^{(2)} + \frac{t_{sx}}{pH} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 u^{(2)}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u^{(2)}}{\partial y^2} \right) \quad (5.1.6)$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial v^{(2)}}{\partial t} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + f u^{(2)} - \frac{g}{c^2} \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} v^{(2)} + \frac{t_{sy}}{pH} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 v^{(2)}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v^{(2)}}{\partial y^2} \right) \quad (5.1.7)$$

(2) 差分方程组

在分步杂交方法中，用改型特征线方法计算对流部分，方程(5.1.4)和(5.1.5)的离散格式为：

$$U_i^{n+1/2} = \sum_{a=1}^3 \bar{L}_a u_a^{ei}(n\Delta t) \quad (5.1.8)$$

$$V_i^{n+1/2} = \sum_{a=1}^3 \bar{L}_a v_a^{ei}(n\Delta t) \quad (5.1.9)$$

其中： $\bar{L}_a (a=1,2,3)$ 为点 $\bar{P}_i(\bar{X}_i, \bar{Y}_i)$ 在三角形单元(ei)内的面积坐标 $u_a^{ei}(n\Delta t), v_a^{ei}(n\Delta t), (a=1,2,3)$ 分别为 $(n\Delta t)$ 时刻 u, v 在三角形单元(ei)的三个结点上的值。

对方程(5.1.8)、(5.1.9)先以时间半稳式差分，得：

$$\frac{u^{n+1} - u^{n+1/2}}{2 \cdot \frac{\Delta t}{2}} = -g \frac{\partial \zeta^{n+1}}{\partial x} + f v^{n+1} - g \left(\frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{c^2 H} \right)^{n+1/2} u^{n+1} \left(\frac{t_{sx}}{pH} \right)^{n+1/2} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)^{n+1/2}$$

$$\frac{v^{n+1} - v^{n+1/2}}{2 \cdot \frac{\Delta t}{2}} = -g \frac{\partial \zeta^{n+1}}{\partial x} + f u^{n+1} - g \left(\frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{c^2 H} \right)^{n+1/2} v^{n+1} \left(\frac{t_{sy}}{pH} \right)^{n+1/2} + \varepsilon \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)^{n+1/2}$$

再利用集中质量有限元方法求解上述方程。

方程(5.1.9)表示在水体的每个体积元中质量守恒，在一个整步长中采用于 u, v 时间交错的有限体积(集中质量区域)守恒格式，有：

$$\frac{\zeta_i^{n+1/2} - \zeta_i^{n-1/2}}{\Delta t} A_i = \frac{H_i^{n+1/2} - H_i^{n-1/2}}{\Delta t} A_i = -f r_i H^{n-1/2} v^n \cdot \bar{n} d\Gamma$$

其中 A_i 为结点 (X_i, Y_i) 的集中质量区域的面积， Γ_i 为结点 (X_i, Y_i) 的集中质量区

域的边界。

5.1.3 胶州湾及邻近海域潮流模型

(1) 岸界和水深

以最新海图(海图号为 12351 和 12339)为基础, 结合胶州湾功能区划分范围及海岸线的实际变化, 确定计算域的岸界, 因为采用的是变动边界模型, 因此, 计算域包括了潮间带。

(2) 计算域、评价海域及网格设置

崂山头—朝连岛—胶南的高峪联线以西与陆域所围成的海域为计算域, 包括整个胶州湾及邻近海域(图 5-1)。评价海域为图 5-1 中 A1、A2 和 A3 及海岸线所围成的海域。

本次潮流数值计算采用的是三角形网格的变边界数值模型, 计算域内共设 5129 个节点, 9338 个单元。为提高分辨率, 对浓盐水排放口以及附近海域的网格进行局部加密, 两个预测排放口、管道施工海域和取水口海域周围的三角形网格边长在 40~50m 左右, 使之能够满足本项目的分辨率要求。

计算网格见图 5-2, 它的优点是具有较强的灵活性, 可根据需要对重点评价海域进行任意加密。另一个优点是岸界拟合较好, 它可以将比较复杂的海岸及岛屿形状真实的呈现出来, 这是矩形网格无法比拟的。

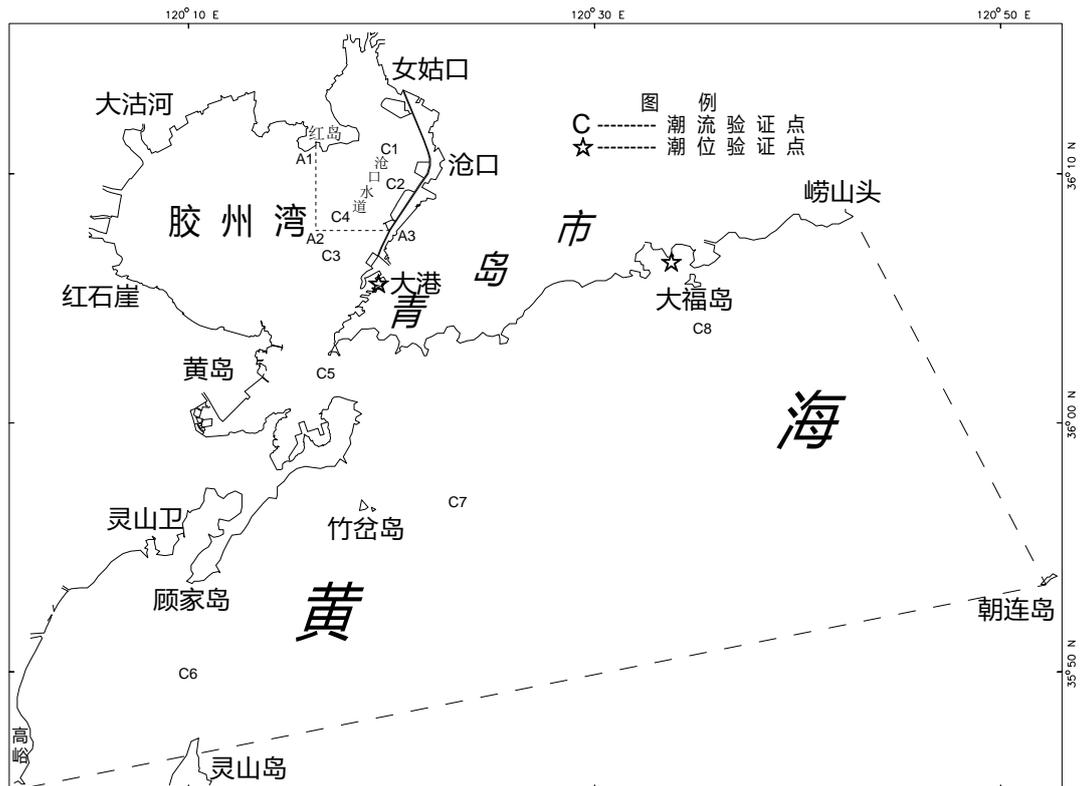


图 5-1 计算域、潮位验证点、潮流验证点位置示意图

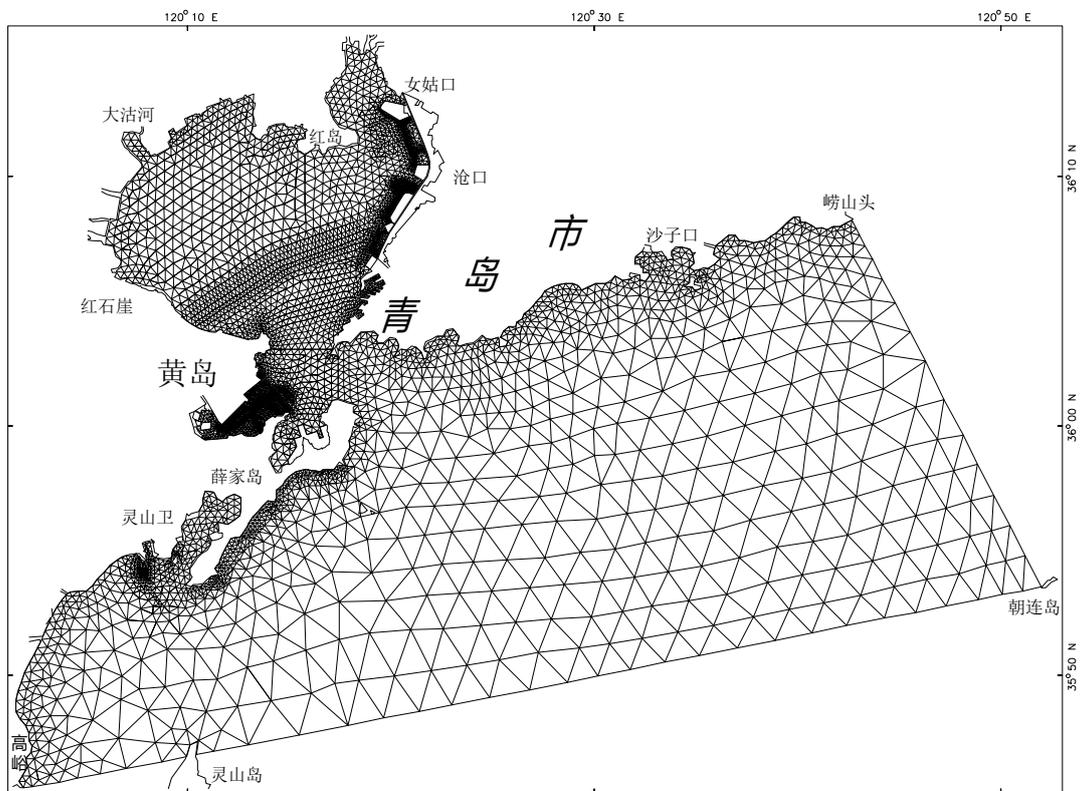


图 5-2 计算网格图

(3) 参数的选取

根据分步杂交方法计算的稳定性条件： $\Delta t \leq \min(d_j/v_j)$ ，其中 d_j 是所有三角形单元中最小的垂线距离， $V_j=(u_j^2+v_j^2)^{1/2}$ 为各网格点上流速的大小，作为保守的估算，取 $v_{\max}=1.0\text{m/s}$ ， $d_{\min}=80\text{m}$ ，则 $\Delta t=d_{\min}/v_{\max}=80\text{s}$ 。本次数值模型选取时间步长为 $\Delta t \approx 2.5875\text{s}$ ，计算五个半日潮周期即趋于稳定。

(4) 计算海域潮汐特征值

利用崂山头、朝连岛、高峪和大港所取得的 1 个月潮位资料，进行调和分析，得到崂山头、朝连岛、高峪和大港 K_1 、 O_1 、 M_2 、 S_2 、 M_4 和 MS_4 等分潮的调和常数。

同时，还得到计算海域的一些潮汐特征值，见表 5-1。

表 5-1 计算海域潮汐特征值

特征项	崂山头	朝连岛	高峪	大港
$(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}$	0.41	0.43	0.43	0.38
H_{S2}/H_{M2}	0.33	0.33	0.32	0.31
平均高潮间隙	3h56min	4h4min	4h44min	4h35min

目前，海洋界仍然以 $(H_{O1}+H_{K1})/H_{M2}$ 的比值作为潮型分类的依据，由表 5-1 给出崂山头、朝连岛、高峪和大港的比值分别为 0.41、0.43、0.43 和 0.38，均小于 0.5，因此，胶州湾及邻近海域为正规半日潮海域。

由平均高潮间隙可知，高潮发生的时间，崂山头最早，朝连岛落后 8min，高峪落后 48min，因此，湾外潮波由崂山头向高峪方向传播。大港高潮时落后崂山头约 39min，可见潮波传播至胶州湾口时有一分支向湾内传播。

(5) 开边界强迫水位

根据 1 个月潮位资料，进行调和分析，得到崂山头、朝连岛和高峪的主要分潮 K_1 、 O_1 、 M_2 、 S_2 分潮的调和常数，由于该海域为正规半日潮海域，开边界强迫水位可以按下列调和方程输入，作为水界强迫函数：

$$\zeta_{\text{中}}(t) = H_{M_2} \cos(\sigma_{M_2}t - g_{M_2})$$

式中： H_{M_2} —— M_2 分潮调和常数振幅；

σ_{M_2} —— M_2 分潮调和常数角速度；

g_{M_2} —— M_2 分潮调和常数位相；

ζ ——水位；

t ——时间。

由此可见所模拟计算的是该海域具有代表性的中潮(M_2 分潮)潮流场。

(6) 验证

A、潮波系统

计算 M_2 分潮同潮时线和等振幅线(图 5-3)表明: 潮波由东北向西南传播, 属于反时针潮波系统。高峪和崂山头同潮时线相差 25° 左右, 高峪发生高潮的时间较崂山头落后约 50min; 潮波进入胶州湾后, 向湾内传播, 大港发生高潮的时间较崂山头落后约 42min; 湾底部发生高潮的时刻较湾口落后约 10min。

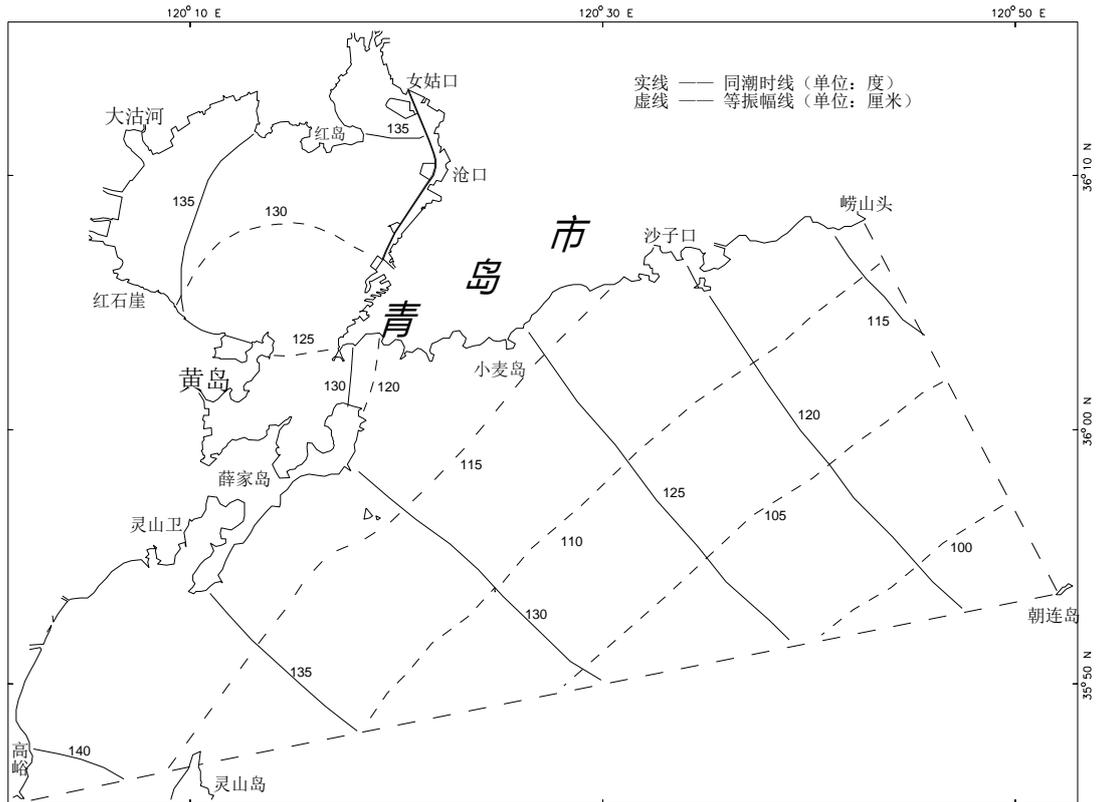


图 5-3 计算 M_2 分潮同潮时线和等振幅线

朝连岛附近 M_2 分潮振幅不到 100cm, 随着潮播向湾内传播, 振幅逐渐增大, 至湾底部可达到 130cm 多。以上结论与 1992 年出版的水文图集是一致的(图 5-4)。

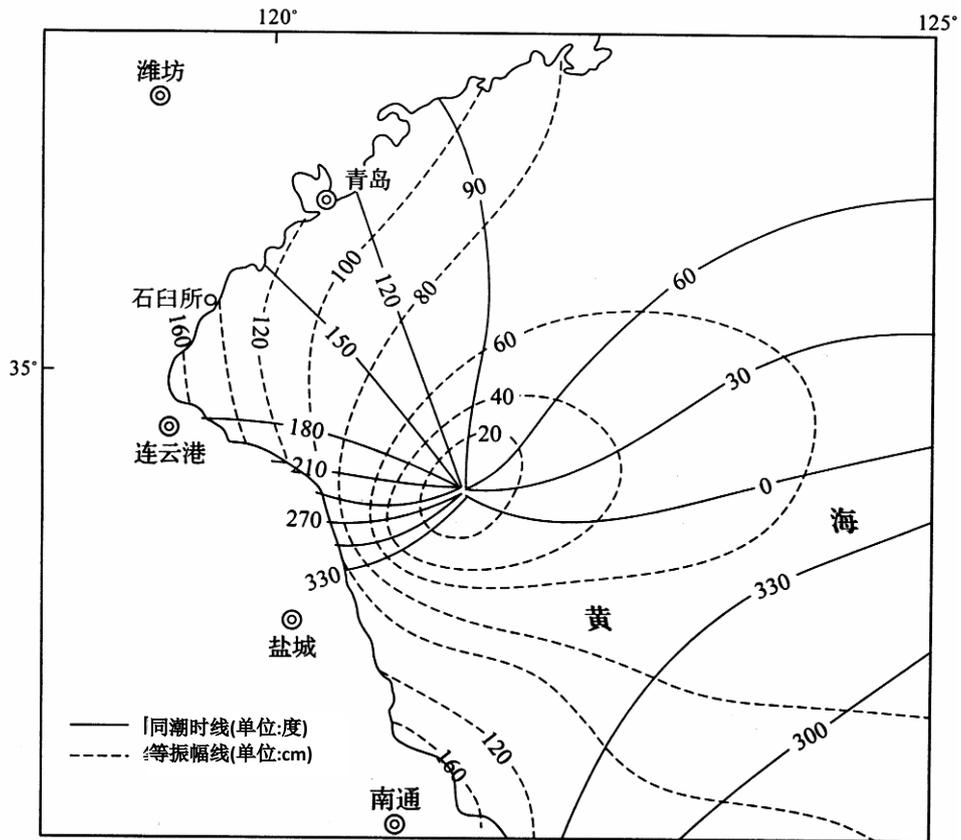


图 5-4 M2 分潮同潮时线和等振幅线(1992 年水文图集)

B、潮位验证

潮位验证是以大港和沙子口验潮站的观测值(经调和和分析后)作为实测值,与相应点的计算值进行比较,验潮站位置见图 5-1。图 5-5 是两个站的潮位验证曲线,从图中可以看出,这两个站的实测结果与计算结果吻合均较好,其振幅误差分别为 5.4cm 和 3.4cm,位相最大误差分别为 6min 和 4min,也就是说,由数值模型计算得到的潮位与实际海域的涨落潮是一致的,说明了模拟结果的正确性。

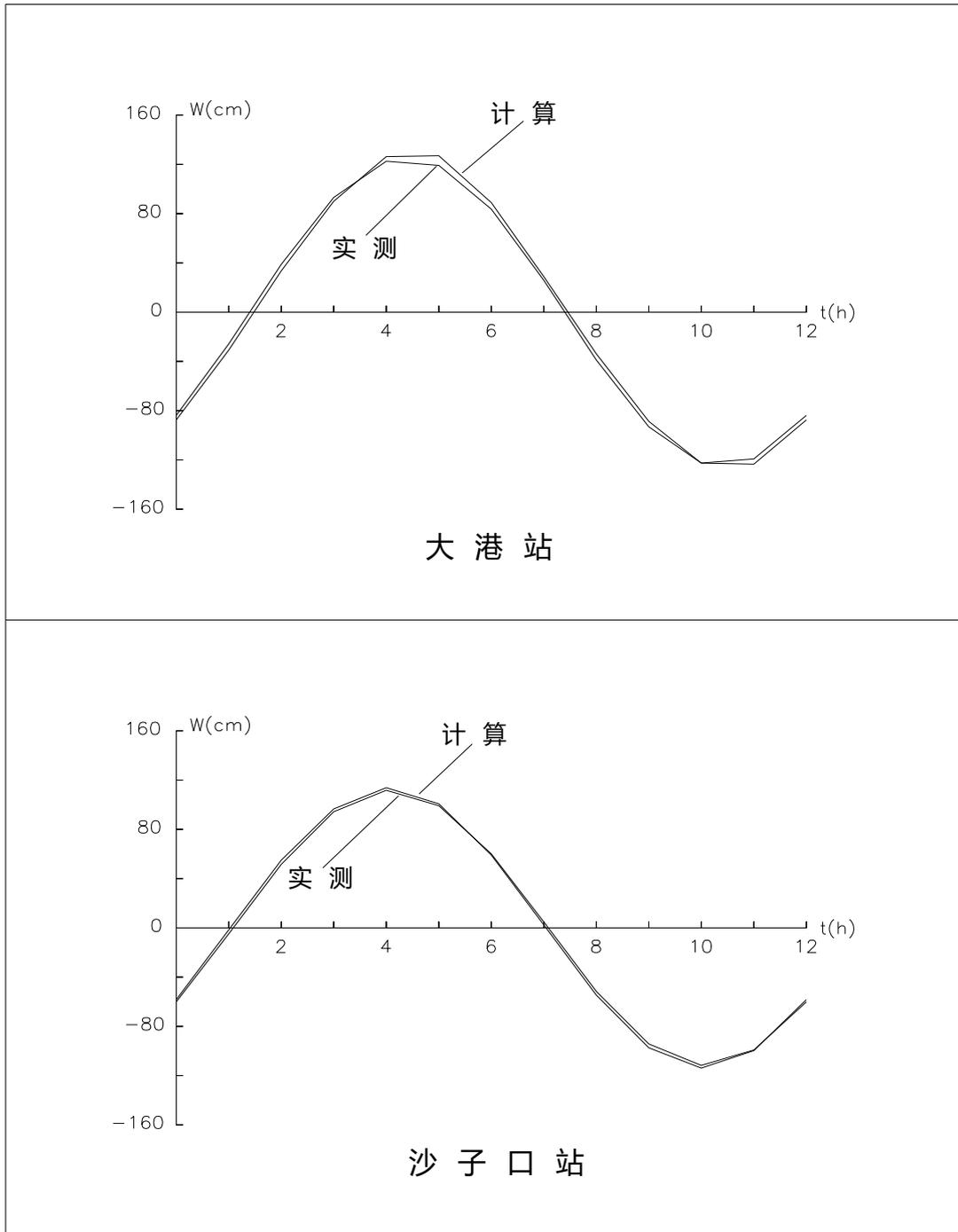


图 5-5 潮位验证曲线

C、潮流验证

为了本次数值计算的验证，获取了八个潮流观测点的实测资料，观测点位置见图 5-1，对实测潮流采用单周日潮流分析方法，求得潮流调和常数，作为实测值对计算值进行验证。图 5-6a 和图 5-6b 是 C1~C8 八个点的潮流验证玫瑰图，从图中可以看出：

① 最大流的流向、最大流发生时间、最大流速值、潮流旋转方向等，计算值和实测值基本吻合；

② 离岸越近的验证点，往复流的特征较明显，离岸较远的验证点，呈现旋转流的特征，如 C7 点；

③ 胶州湾及邻近海域流场的一个显著特点是：湾内转流发生在高、低潮附近，最大流发生在半潮面附近，带有驻波性质。湾外转流发生在半潮面附近，最大流发生在高、低潮附近，带有前进波性质。对照潮位过程曲线和潮流玫瑰图可得出上述结论。

(7) 计算结果分析

图 5-7~图 5-10 是以大港为参考港的 4 个代表性时刻(涨潮中间时、高潮时、落潮中间时和低潮时)的计算潮流场。涨潮中间时整个胶州湾为涨流，流速均很大，而此时胶州湾外(除岸边附近)大部分海域处于转流期，流速较小。落潮中间时与涨潮中间时的流场特征相同，只是流向相反。高潮时和低潮时胶州湾内为转流时刻，流速较小，而胶州湾外为最大涨、落潮流时刻。高潮时大沽河口附近海域的滩涂已被海水淹没，而低潮时有大片滩涂露出。

从数值模拟得到的逐时潮流图 5-7~5-10 可以看出：涨潮流是从计算海域的东北流入，一部分海水沿岸朝西南方向流去，另一部分进入胶州湾；落潮流则是外海水从计算海域的西南部流入，汇同胶州湾落潮流出的落潮海水一起从计算海域东北部流出。涨、落潮最大流速均发生在胶州湾口，流速为 95cm/s 左右。

由以上分析可见，胶州湾内的潮汐带有驻波性质，而湾外带有前进波性质，两者位相差约 1/4 周期。

为了更清楚地了解工程附近海域的潮流状况，给出评价海域计算潮流场，图 5-11~5-14 是以大港验潮站为参考港的涨潮中间时、高潮时、落潮中间时和低潮时四个不同时刻的计算潮流场。

图 5-11 是涨潮中间时的流场分布图，从图中看，这时的海水由评价海域西南部沿沧口水道方向，顺岸向东北向流去，绕过红岛东端继续向北。流速一般在 40~50cm/s 左右，东海岸内侧海域流速较小，一般在 10cm/s 左右。图 5-13 是与之相反的落潮中间时的流场，这时整个计算域均在落流过程之中，流场结构与涨潮中间时基本相同，只是海水的流向相反。

图 5-12 和图 5-14 是高潮时和低潮时的流场分布情况，从图中可以看出，这

两个时刻的海水基本处于转流过程之中，所以流速较小，有的海域出现了小的涡流。这时东海岸近岸海域的流速几乎为零。

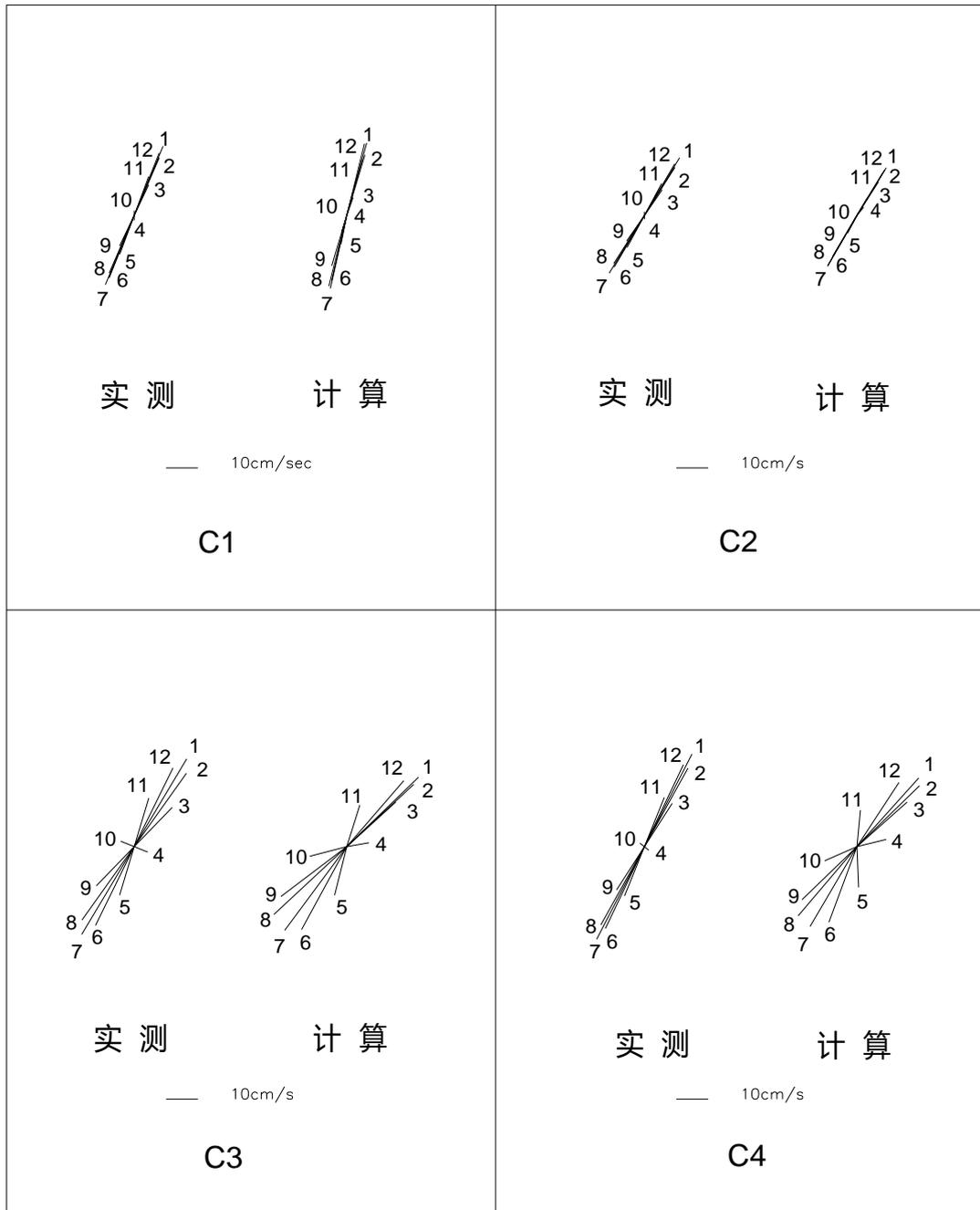


图 5-6a 潮流验证玫瑰图(C1~C4)

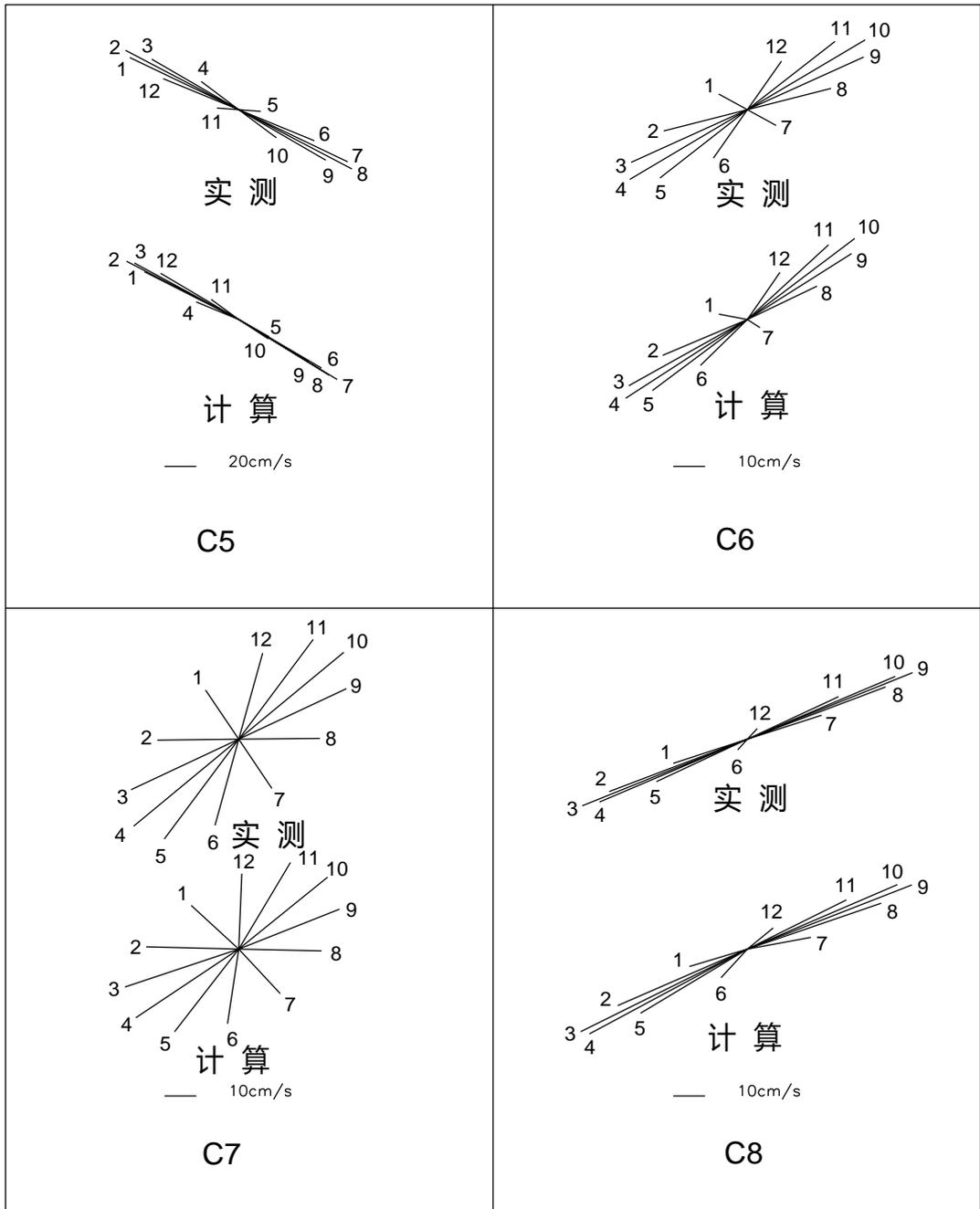


图 5-6b 潮流验证玫瑰图(C5~C8)

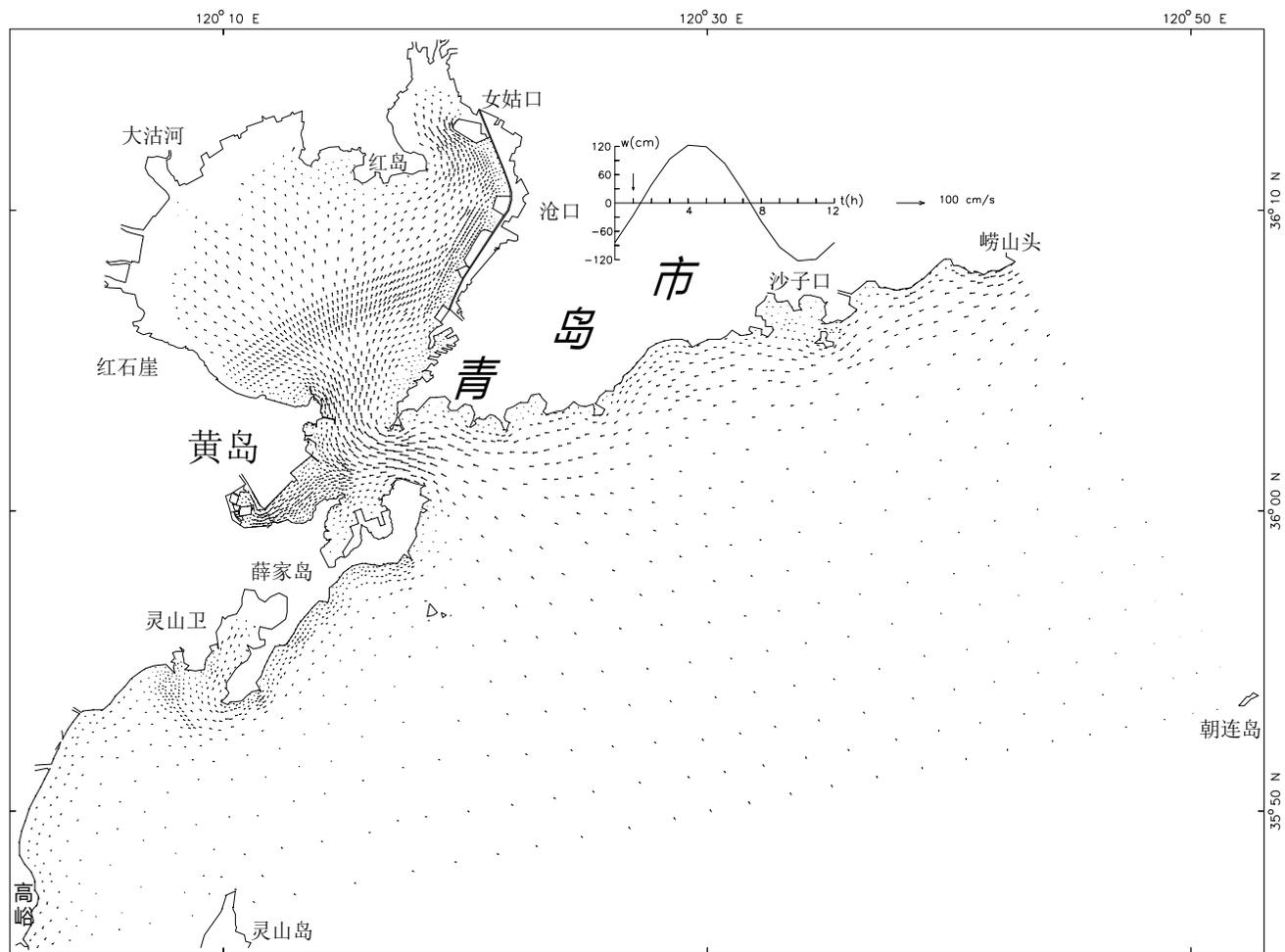


图 5-7 计算潮流场(涨潮中间时)

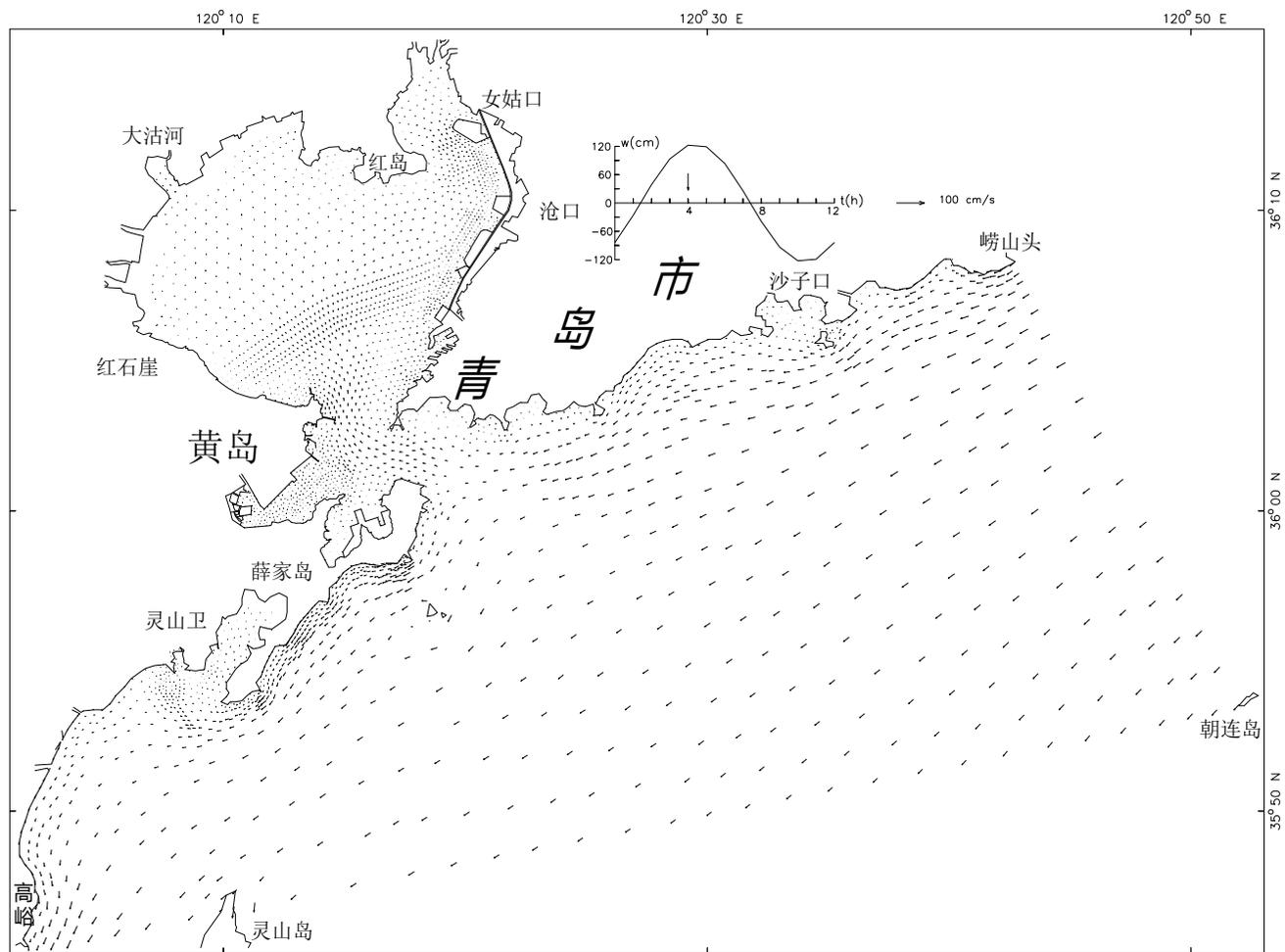


图 5-8 计算潮流场(高潮时)

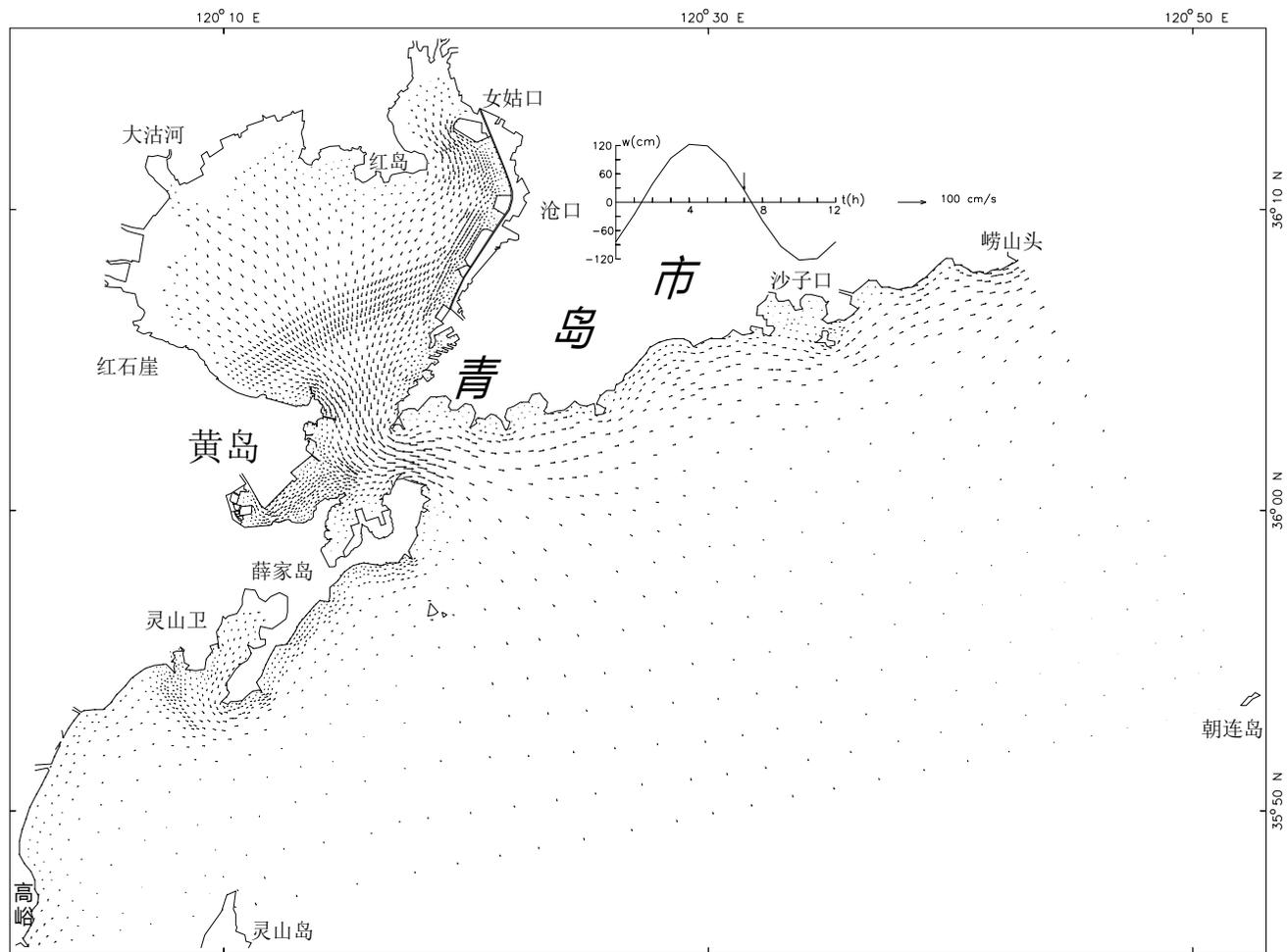


图 5-9 计算潮流场(落潮中间时)

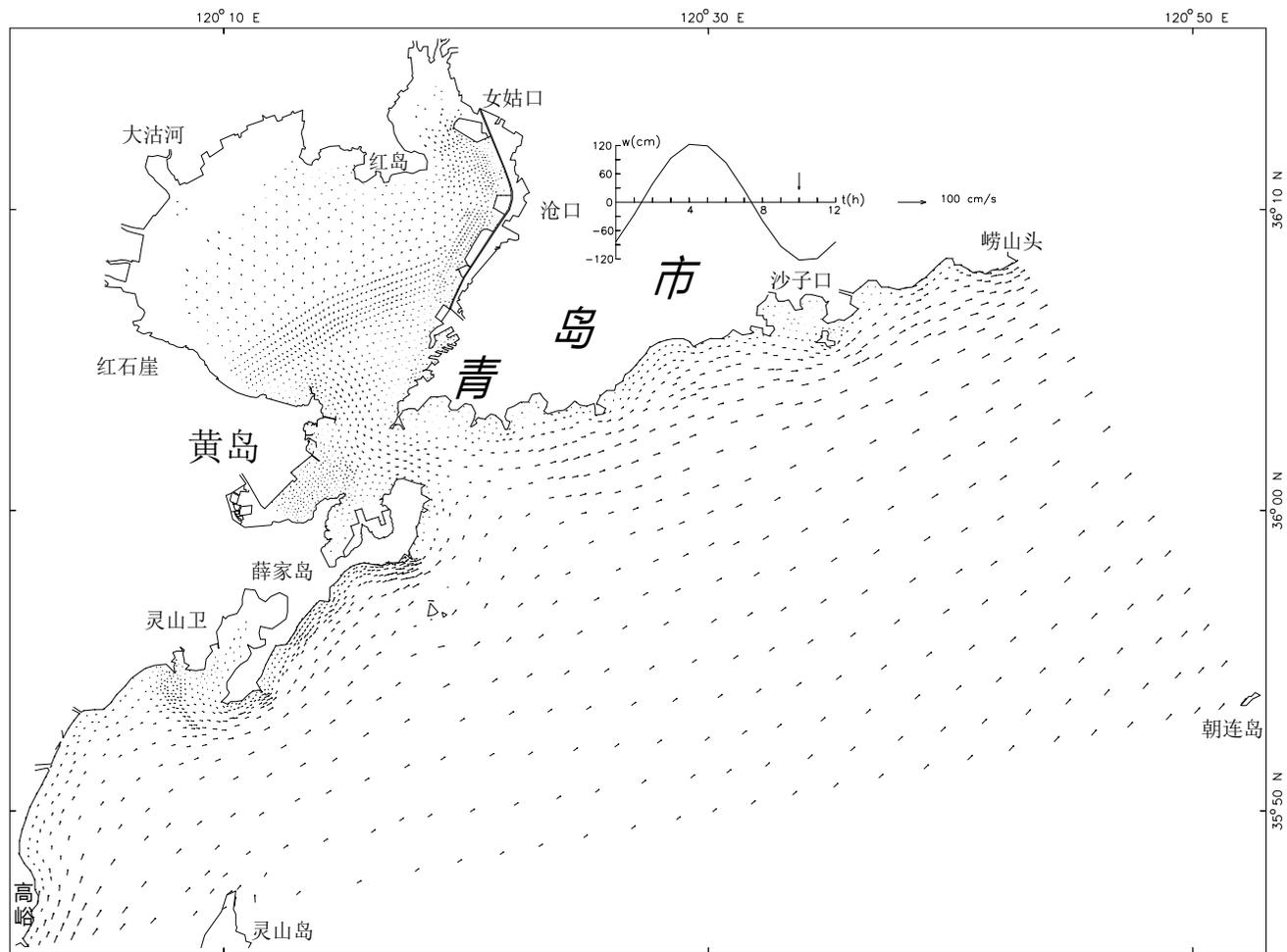


图 5-10 计算潮流场(低潮时)

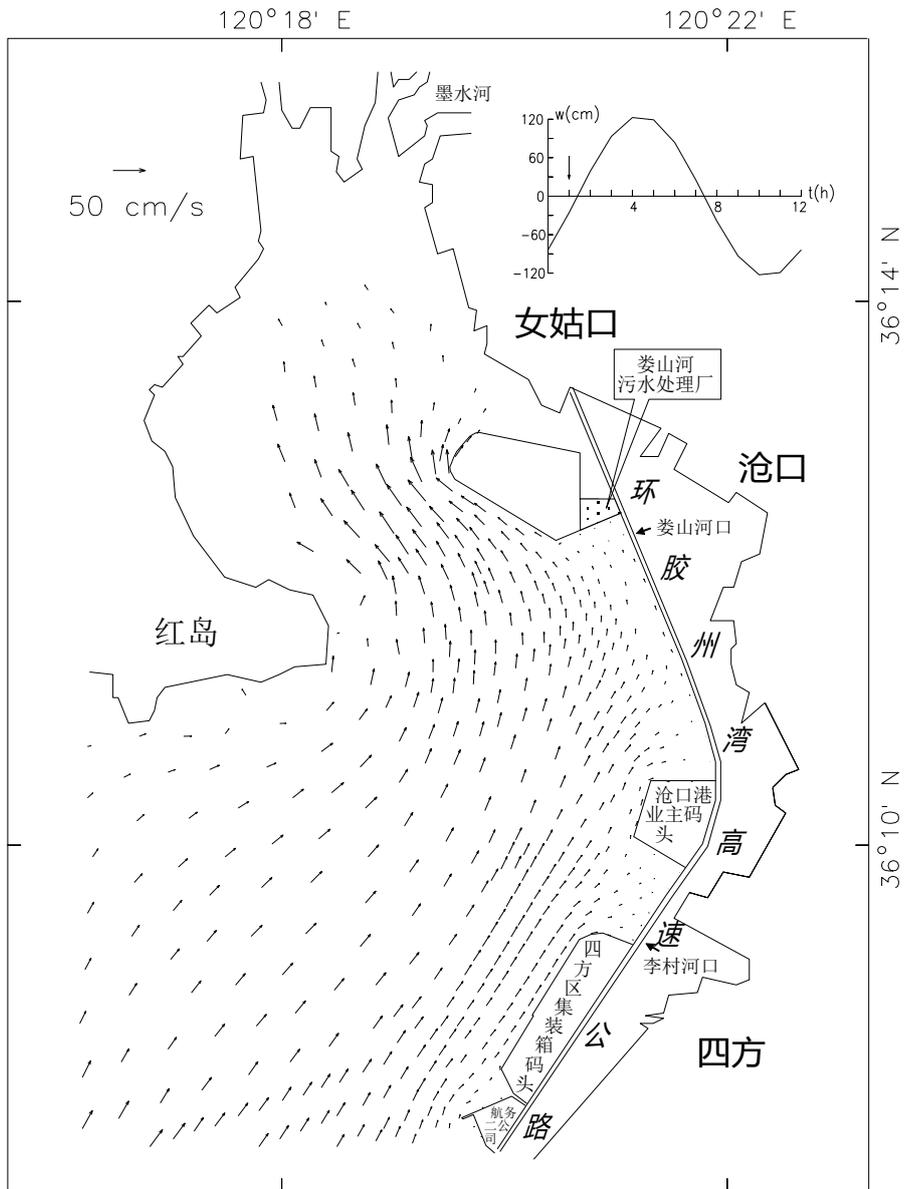


图 5-11 评价海域计算潮流场(涨潮中间时)

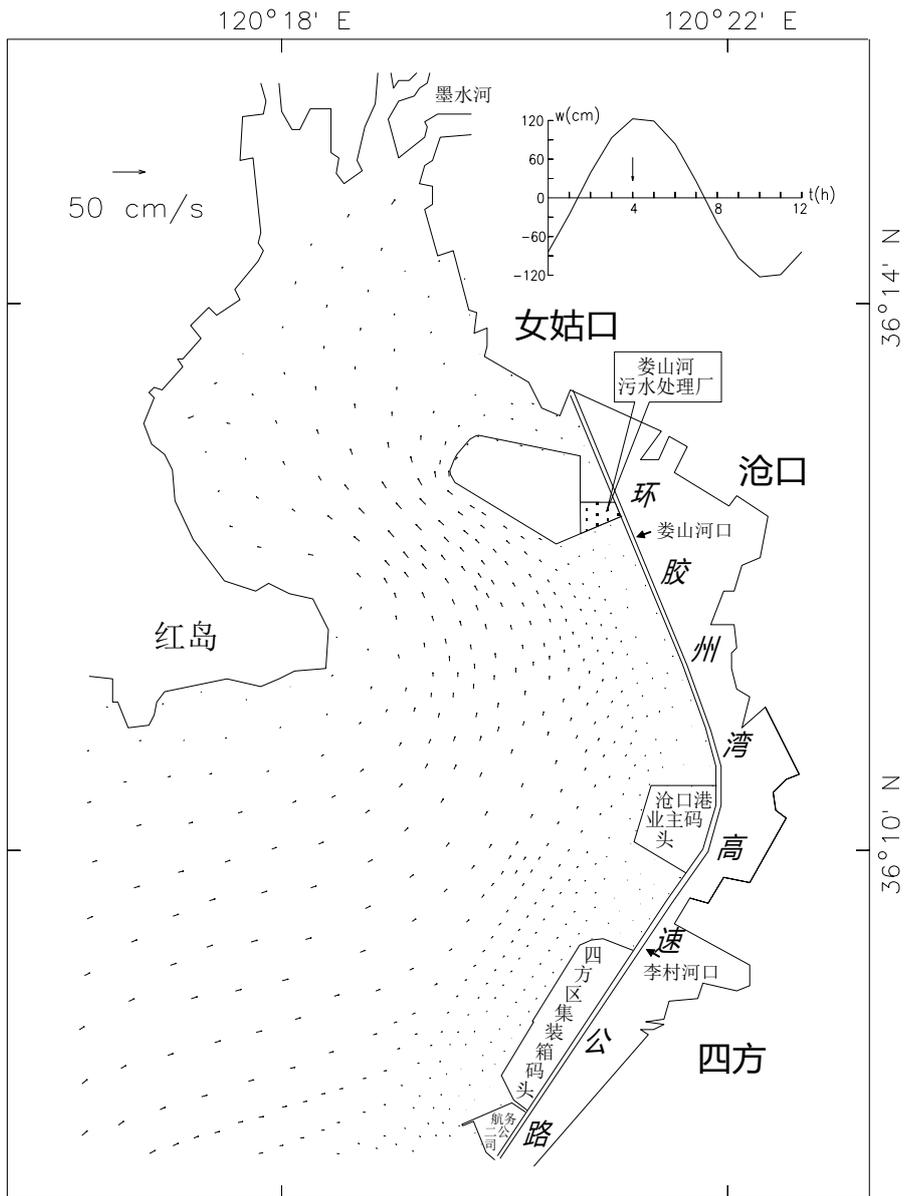


图 5-12 评价海域计算潮流场(高潮时)

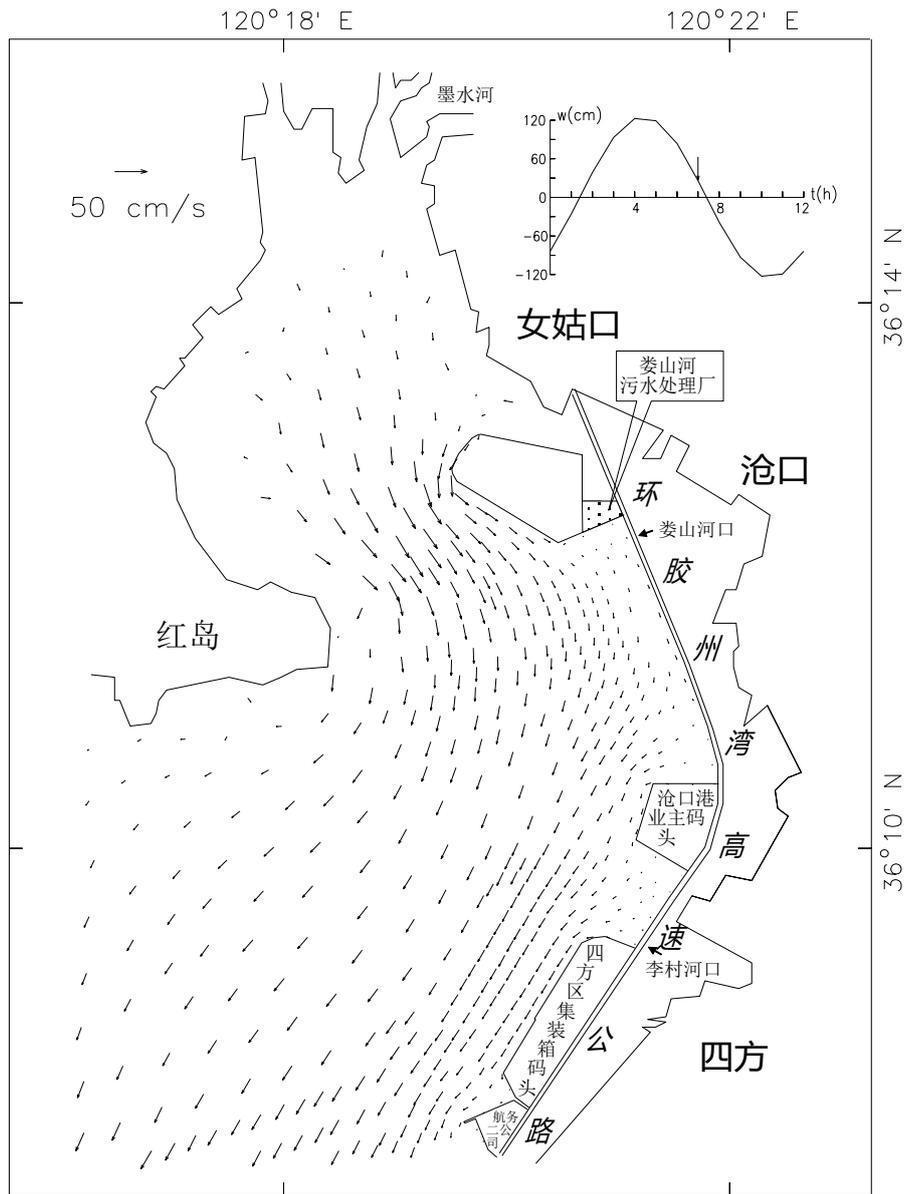


图 5-13 评价海域计算潮流场(落潮中间时)

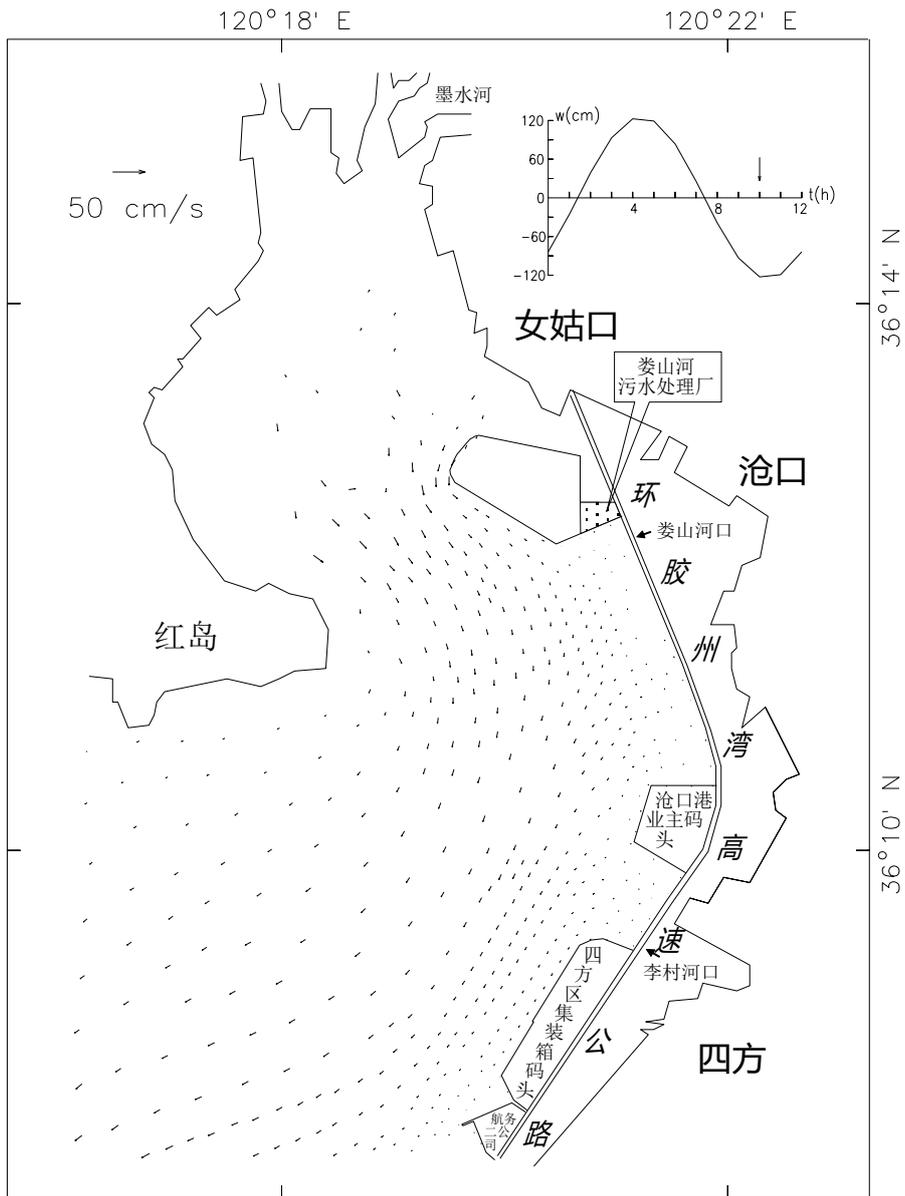


图 5-14 评价海域计算潮流场(低潮时)

5.2 浓盐水排放对海水水质的影响预测

5.2.1 平流-扩散数值模型

利用已知流场，在物质输运方程的控制下，对入海污染物进行平流--扩散数值计算，从而了解有关污染物入海后对相应海域水质的影响程度和范围。

5.2.2 物质输运方程

经垂向平均的物质输运方程为：

$$\frac{\partial(HP)}{\partial t} + \frac{\partial(HPu)}{\partial x} + \frac{\partial(HPv)}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(HD_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(HD_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) = HS$$

其中，P 为污染物浓度；

u、v 分别为 x、y 向流速分量；

D_x 、 D_y 为 x、y 向分散系数；

S 为污染源单位时间的排放量速率。

在陆边界： $D_n \frac{\partial P}{\partial n} = 0$

在开边界： $P = P'$ 入流段

$$\frac{\partial P}{\partial t} + v_n \frac{\partial P}{\partial n} = 0 \quad \text{出流段}$$

初始条件可以根据相应海域的实际水质监测结果赋以初值，也可以零值起算。

本计算采用不规则三角形分步杂交数值求解物质输运方程。

5.2.3 模型的基本情况

(1) 排放口位置

扩建工程浓盐水排放采用现有工程在用排水口，具体位置详见 2.3.6 节。

(2) 预测方案

扩建工程浓盐水通过管道排入娄山河道距离河口 50 m 处，对此进行预测分析。预测时，按照最不利的水文条件，即枯水期娄山河上游断流，无河水稀释本工程排放的浓盐水。

在进行浓度增量预测时，依据下面两个条件：

① 预测结果为一个潮周期内各个瞬时造成附近水域盐度增加的最大值，等值线分布图为最大可能影响范围。

② 只考虑本项目所产生的浓盐水对相应海域的浓度变化的贡献量。

(3) 浓盐水入海量及浓度

根据工程分析，本工程每天排放浓盐水 16 万 m³，盐度为 50.245。

5.2.4 浓盐水增量预测结果

图 5-15 是扩建工程盐度增量分布，由图可以看出，当浓盐水在娄山河口附近排放时，其趋势为在潮流的作用下顺岸向南扩散。盐度增量最大值为 15.3，盐度增量超 6.0、9.0 和 12.0 的海域面积分别是 0.0189 km²、0.00135km² 和 0.00093km²。盐度增量超 1.0、2.0、3.0、6.0、9.0 和 12.0 等值线所围成的海域面积见表 5-2。

表 5-2 不同增量等值线所围成的海域面积 (km²)

排放口位置	超 1.0	超 2.0	超 3.0	超 6.0	超 9.0	超 12.0
娄山河口	1.997	0.5484	0.2010	0.0189	0.00135	0.00093

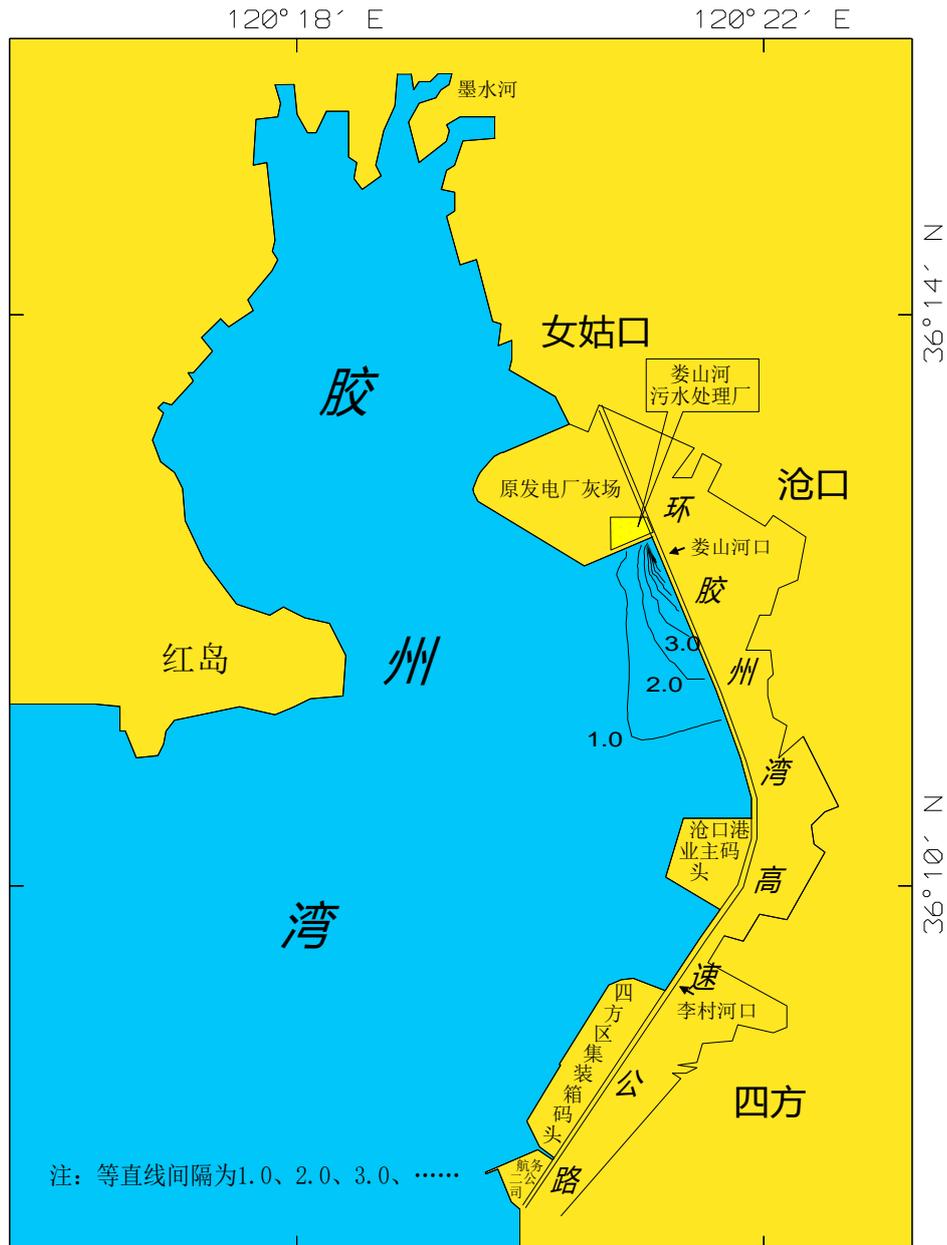


图 5-15 扩建工程浓盐水排放预测盐度增量分布(最大包络线)图

由上述预测结果可知，本项目浓盐水排放后，从楼山河口进入胶州湾，在潮流作用下，在楼山河口以南形成沿岸的高盐度带，但是受影响范围仅为局部海域，其中盐度增量超过 3.0 的海域仅为 0.2010 km²，超过 12.0 的海域仅为 0.00093km²。

5.3 悬浮物排放对海洋环境的影响分析

(1) 施工期

本项目浓盐水排放口采用现有工程排水口，不进行涉水施工，施工期不产生水体悬浮物影响。

(2) 营运期

由 2.4.3 节可知，本项目海水取用后，经气浮工艺去除海水中的 SS，SS 去除效率达 95% 以上，气浮池出水 $SS \leq 5\text{mg/L}$ ，海水原水中的 SS 大部分以泥饼形式外运处理。经预测分析，排水中的 SS 浓度为 9.26mg/L ，不仅能满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018) 的二级标准，还能达到楼山河口海域所在海洋功能区标准要求。可见，项目排水中 SS 对海水水质的不利影响较小。

(3) 悬浮物沉降对沉积物环境的影响

① 悬浮物粒径分析

根据现有工程工艺调整后排水方案进一步论证及其环境影响报告，原水中总悬浮物含量平均为 12.27mg/L ，其中一月份最低，为 6.3mg/L ，二月份最高，为 24.7mg/L 。粒径大于 $100\mu\text{m}$ 的占 4.11%；粒径在 $50-100\mu\text{m}$ 之间的占 12.99%；粒径在 $25-50\mu\text{m}$ 之间的占 11.02%；粒径小于 $25\mu\text{m}$ 的占 71.88%。

② 悬浮物沉降对海洋沉积物环境的影响分析

本项目扩建工程原水中 SS 的多年平均值为 21mg/L ，根据原水中的粒径分布，粒径大于 $50\mu\text{m}$ 的悬浮物占总悬浮物的 17.1%，在气浮池内投加 FeCl_3 经絮凝后，95% 的 SS 沉淀最终以泥饼的形式外运综合利用，排水中的 SS 浓度为 9.26mg/L ，且基本上是粒径小于 $25\mu\text{m}$ 的。根据资料查询，粒径大于 $50\mu\text{m}$ 的悬浮物易沉降，本项目排水中的 SS 基本不会沉降，因此，对对海域沉积物环境的影响较小。

5.4 排水对楼山河地表水质的影响分析

由图 1.4-1 可知，本项目现状排水口上游约 50m 已建成拦河坝，在海水涨潮时会阻止项目排水向楼山河上游扩散，因此，浓盐水排放影响河段仅为拦河坝至入海口部分，总长度约 200m。

根据现状监测结果，排水口上游 E1 站位除了 pH 超标外，其余各项指标因子监测值均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 的 V 类标准；根据工程分析，项目排水中的各类污染物总量不变，但是浓度升高 1.588 倍，在取水水质满足取水点所在海洋功能区标准(第二类海水水质)的情况下，排水水质能达到排水口附近海域的海洋功能区海水水质标准(第四类)要求。可见，项目排水不会导致楼山河口段水体发生明显污染。

项目浓盐水排放主要会引起楼山河入海口段盐度升高,而盐度为非污染物指标。根据现场调查,项目排水河段娄山河河口附近(约 200 m 范围内)为受径流和潮汐动力作用的海水感潮河段,浓盐水排放不会使娄山河咸水河段长度和位置发生变化,但会对排水河段水体盐度的空间分布造成影响,使排水汇入区附近的水体盐度值有所升高。

感潮河段的海水流速和流量亦随潮位的不同而变化,该海域潮汐类型属正规半日潮,即在一个太阴日(24 小时 25 分)中有两次低潮和两次高潮,相邻的低潮或相邻的高潮的潮高大体相等。涨潮时,随着潮水的稀释,水体的盐度会逐渐降低。涨潮时,河道水位上升 0.5~1 m,浓盐水排放口附近河道宽度约为 115 m。根据浓盐水排放口设计,浓盐水将沿 6 个扩散管(扩散管间距一般为 13 m)均匀排入娄山河河道,每个扩散管平均流量约为 0.31 m³/s。因此,涨潮时海水可以对排入河道的浓盐水进行有效稀释,可使其盐度降至 34.9~35.2(从现状监测结果看,排水口下游 100m 的盐度为 35.6),较大程度地减小了盐度对周围环境的影响。

另外,娄山河也是一条泄洪排涝河道,夏季 6~8 月份降水量丰富约 377.2 mm,对排放进入河道的浓盐水也将起到较好地稀释作用。因而,涨潮时段及降雨量丰富的季节,河水对排入河道的浓盐水能起到不同程度地稀释作用,盐度增量较小,不会对周围水质产生明显影响。然而,落潮时段或旱季河道内径流量较小,浓盐水排入河道水体稀释作用较小,盐度增量较大,可能产生一定影响,但影响范围为局部水域,根据浓盐水排放影响预测结果,盐度增量超过 3.0 的海域仅为 0.2010 km²。

5.5 生态环境影响评价

5.5.1 河流段水生生态环境的影响分析

根据前述章节分析可知,扩建工程投入运行后,浓盐水排放对河道生态环境的影响主要为水体中盐度升高产生的影响。由现状监测结果可知,现有工程排水中的盐度为 39.0,排水口上游 100m 的盐度为 2.4,下游 100m 的盐度为 35.6,下游水体中的盐度明显升高。本次扩建完成后,浓盐水排放量增加 17 万 t/d,楼山河口水体的盐度将进一步升高,但是浓盐水扩散管距离娄山河口 50m,靠近胶州湾处,为受径流和潮汐动力作用的海水感潮河段,多分布广盐性生物,因此盐度的增加基本不会对此类生物产生影响。根据现场调查,楼山河入海口段水生生物种类、密度、生物量均较低,河口附近土壤多为盐碱化,几乎无植被分布,该水

域内无重要鱼类的栖息地及产卵场，无珍稀保护动植物分布，因此，本项目建设不会带来明显的生态破坏问题。

5.5.2 对海洋生态环境影响分析

根据海水淡化项目的生产工艺特点，本项目运营后对海域生态环境造成的影响主要包括两个方面，即取水工程对海域生态环境的影响和浓盐水排放对海域生态环境的影响。

(1) 取水工程对海域生态环境的影响

本次扩建采用现有工程取水设施进行取水，设计取水点位于衡阳路南侧，四流北路西侧，为青岛碱业公司现状取用海水地点。采用海床取水的取水方式，取水点距海岸线约 2.57 km。该项目建成营运后，预计日产淡水 10 万 m³，日需取水总量约为 27 万 m³。该海域的一部分浮游生物量和初级生产力将在海水淡化取水过程中损失，但由于浮游生物自身恢复能力较强，因此取水工程造成的生物量的减少和初级生产力的降低不会对整个生态系统造成明显影响。

(2) 浓盐水排放对海洋生态环境的影响

① 盐度对海洋生物的影响

海水盐度的增加，会引起海水渗透压的增大，从而影响海洋生物的正常生理活动，尤其是高盐度海水对海洋生物的繁殖、幼体生长等都有一定危害。

A. 对浮游生物的影响

楼山河口海域浮游植物样品经鉴定，硅藻门占绝对优势。优势种主要有中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*(Greville)Cleve)、波状石丝藻 (*Lithodesmium undulatum* Ehrenberg)、高齿状藻(*Odontella regia* (Schultze) Simonsen)、圆筛藻 (*Coscinodiscus spp.*)等，据相关文献报道，中肋骨条藻最适生长盐度为 13-36，所以在排放口周围盐度高于 36 的海域内，该藻不能正常生长，繁殖过程受到抑制，而其它多数硅藻可在 20~40 盐度范围内生长，不会造成大的影响。

胶州湾海水常年盐度变幅在 29~33，因而盐度增量超 6.0 的海域对中肋骨条藻的影响较大。根据盐度增量预测，盐度增量超 6.0 的面积仅为 0.0189 km²，由于娄山河污水处理厂建成运行，处理规模为 15 万 m³/d，浓盐水新增产生量为 16 万 m³/d，两者混合后，会降低本项目排放浓盐水带来的环境影响。

浮游动物主要有节肢动物、刺胞动物、脊索动物和浮游幼虫等门类，优势种有太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica* Steuer)、捷氏歪水蚤 (*Tortanus derjugini*

Smironov)、钩虾(*Gammaridea*)、短尾类溞状幼虫(*Brachyura zoea larva*)。近海浮游动物多为广盐性生物,适应性较强,所以浓盐水排放不会对海域浮游动物的生长形成明显影响。

B. 对底栖生物的影响

胶州湾近海底栖生物主要有一些环节动物多毛类、软体动物、节肢动物等,优势种为凸壳肌蛤(*Musculus senhousia*)、刚鳃虫(*Chaetozone setosa*)、寡鳃齿吻沙蚕(*Nephtys oligobranchia*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、寡节甘吻沙蚕(*Glycinde gurjanovae*)、日本梯形蛤(*Portlandia japonica*)和膜质伪才女虫(*Pseudopolydora kempfi*)等,其中菲律宾蛤仔、凸壳肌蛤、日本梯形蛤等可耐盐度约为 35;寡鳃齿吻沙蚕、寡节甘吻沙蚕等多毛类在盐度大于 39 时,会产生排脏等反应,甚至导致死亡,所以盐度大于 39 的海域不适宜此类底栖动物的生长。由此可见,盐度增量大于 6.0 的海域会对菲律宾蛤仔、凸壳肌蛤、日本梯形蛤等经济底栖动物产生影响,而盐度增量大于 6.0 的范围分布以排水口为中心的海域,面积为 0.0189km²,影响范围较小,根据调查结果,本项目排水口附近区域底栖生物量较小,因此,不会对底栖生物造成大的损失影响。

③ 对游泳动物的影响

根据相关研究,高盐度海水可对鱼类等游泳动物的产卵数量、孵化率及幼体成活率产生不利影响,但多数游泳动物具有较强的趋利避害能力。牙鲆、对虾等胶州湾海域游泳动物的成体可耐受盐度范围较大。项目海区的主要游泳动物有牙鲆、六线鱼、虾等,在本项目排水盐度增量超过 6.0 的海域会受到影响,但由于盐度超 6.0 的浓盐水排放海域面积较小,对游泳动物的影响不大。

④ 对养殖生物的影响

胶州湾近海海域主要养殖种类为海带、鱼、虾、扇贝、蛤蜊等物种。盐度变化会影响鱼虾精子活力、受精卵孵化以及胚胎发育;盐度增高还会影响生物的摄食、生长和发育等生命活动,使养殖产量降低。盐度在 32 左右时贝类的病虫害发生率较低,但当盐度升高到 35 以上时,幼贝的存活率就会降低。因此,盐度超 6.0 以上的海域,排放的浓盐水会对养殖生物产生一定影响。

② 浓盐水中悬浮物对海洋生态环境的影响

按照浓盐水中的全部悬浮物排放入海,其最大浓度不超过 10mg/L,即不超过二类海水水质标准悬浮物增加值要求。二类水质适用于海水养殖区等海水功

能，为较清洁的海域，因此，本项目随浓盐水排放的悬浮物基本不会对海洋初级生产力、浮游生物、底栖生物以及游泳动物产生影响。

③ 浓盐水中其它污染物对海洋生态环境的影响

海水淡化取水量为 27 万 m^3/d ，排出浓盐水水量为 17 万 m^3/d ，对原有海水成分浓缩倍数约 1.588 倍。另外，在海水淡化预处理过程中添加了 NaClO 、 NaOH 、 H_2SO_4 、 FeCl_3 、焦亚硫酸钠与阻垢剂，产生的溶解离子主要为 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- ，其它反应产物为 H_2O 与固体废物，这些助剂中不含有毒、有害的成分，不会对排水海域海水水质及生态环境产生明显影响。

综上所述，本项目建成运行后，浓盐水排放会导致楼山河口局部小范围海域的盐度增量超过 6.0，对浮游生物、底栖生物、游泳生物等产生一定影响，造成生物量下降，但影响范围有限，不会对大区域范围带来明显的生态环境问题。

6 水污染防治措施及可行性论证

6.1 施工期水污染防治措施分析

施工期废水主要为施工人员产生的生活污水，排入市政污水管网，最终进入娄山河污水处理厂处理。

6.2 运营期污染防治措施分析

(1) SS

扩建工程取用的海水采用气浮池处理去除 SS，采用添加混凝剂液态三氯化铁的方式进行。产生的浮渣进入污泥处理系统，先经排泥水调节池处理后进入浓缩池进行污泥浓缩，浓缩后的污泥在污泥平衡池均质处理后，进入脱水机房进行脱水，脱出的废水随浓盐水一起排放，泥饼外运综合利用。

(2) 化学清洗水

超滤、一级、二级 RO 进行化学清洗产生的废液，排入中和水池，经处理达标后，经耐腐蚀排水泵输送至浓盐水排放管。

6.3 项目“三同时”验收一览表

本项目污泥处理系统产生的废水中主要污染因子为 SS，随浓盐水一起经由浓盐水排放管排放，需保证排水 SS 达标排放，另外反冲洗和化学清洗废水也随浓盐水排海，也应保证其酸碱达标。因此，为了确保排放浓盐水中 SS 以及反冲洗水和化学清洗水能够达标，扩建工程方案中相应设置了在线浊度分析仪及自动控制装置(确保 SS 能够达标排放)、RO/UF 反冲洗水自动控制系统以及中和池、流量计、酸度计及其自动控制系统等设备，对排放浓盐水中 SS 浓度和化学清洗水的 pH 值实时监测，一旦发现超标现象，及时采取措施，确保排水水质达标。根据项目水污染控制措施，列出“三同时”主要污染治理设施、处理效果见表 6.3-1。

表 6.3-1 项目“三同时”竣工环保验收一览表

时期	编号	治理措施	处理效果
运营期	1	按照工程设计方案建设气浮池，采用液态三氯化铁混凝剂去除海水中的 SS。	项目浓盐水排放满足《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。
	2	按照工程设计方案建设中和池，采用酸碱中和法，处理化学清洗过程中，添加过量的氢氧化钠或硫酸。	
	3	按照工程设计方案建设排泥水调节池、污泥浓缩池、污泥平衡池、脱水机房及加药间等	

	4	浓盐水排放管、在线浊度分析仪及自动控制装置、RO/UF 反冲洗水自动控制系统、流量计、酸度计及其自动控制系统等按设计方案建设。	
--	---	---	--

7 环境影响经济损益分析

7.1 环境效益分析

7.1.1 环境效益

青岛百发海水淡化厂扩建工程是解决全市供水问题的民生工程，对国民经济持续稳定发展、改善区域人居环境、投资环境等是极其重要的。

(1) 解决城市供水压力，有利于保护青岛市水源地的生态环境

项目建成运行后，全市可供应的自来水量将进一步提升，会极大的减少对地表水、地下水的开采强度，有利于水源地的环境恢复和保护。

(2) 节约和保护淡水资源

青岛百发海水淡化厂扩建工程投入运行后，以海水为原料，向全市提供 10 万 m³/d 的自来水，有利于节约和保护青岛市有限的淡水资源。

7.1.2 环境损失

本项目对环境有正效益作用，但建设和运行会对局部环境造成污染，主要包括以下几方面：

(1) 本项目施工期产生的施工扬尘、工程运输车辆的尾气会对厂区及周边大气产生一定的污染，但项目通过洒水降尘、物料覆盖、临时道路硬化等措施降低施工期废气环境影响。

(2) 施工期施工场地噪声对周边环境的影响较大，建设和施工单位通过采取围挡、避免夜间施工等噪声防治措施，对施工阶段的噪声进行控制，满足建筑施工场界噪声限值的要求，以最大限度地减少噪声对环境的影响。

(3) 施工期废水污染源包括施工人员的生活污水和施工过程产生的工程废水，依托污水处理厂现有工程进行处理。

(4) 施工期固废主要是施工期建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾需运送到指定地点填埋或综合利用，生活垃圾集中收集后送城市垃圾场填埋处理，不会对环境造成明显污染影响。

(5) 项目建成运行后，浓盐水排放会对局部小范围陆域水体、海域的水质、生态环境产生影响，但影响范围较小，不会带来明显的污染或生态破坏问题。

总体上看，本项目建设对环境的影响利大于弊，整体是环境正效益工程。

7.2 经济效益

本工程为城市供水基础设施项目，以服务于社会和城市发展为目的，它既是生产部门必不可少的生产条件，又是居民生活的必要条件，对国民经济的贡献主要表现为外部效果，所产生的效益除部分经济效益可以定量计算外，大部分则表现为难以用货币量化的社会、环境效益，因此，本工程的经济效益应从系统观点出发，与环节青岛市用水短缺，提高人民生活水平，改善健康条件以及和城市的发展建设等宏观效益结合在一起来评价。

① 海水淡化对缓解当地用水短缺，保障城市居民生活、生产用水，提高城市供水水平，促进当地经济快速持久的发展具有十分重大的意义。

② 海水淡化对于保护青岛市短缺的淡水资源，保护和改善饮用水水源保护区生态环境具有重要的作用。

③ 根据项目可研报告，本项目在经济上是可行的。

7.3 环境保护投资

本项目总投资为 66646.32 万元，其中环保投资 666.5 万元，占总投资的 12.6%。环保投资组成详见表 7-1。

表 7-1 拟建工程环保投资一览表

序号	项目(包括环保设备)	费用(万元)
1	施工期的洒水抑尘、物料遮盖、围挡等，临时沉淀池、污水接管，厂界隔声围挡，建筑垃圾、生活垃圾收集处理等	120
2	气浮池及加药间(按工程投资的 30% 计入环保投资)	663
3	排泥水调节池、污泥浓缩池、污泥平衡池、脱水机房及加药间，泥饼暂存场所等	4066
4	浓盐水排放井、排海管线等	2860
5	在线浊度分析仪及自动控制装置、反冲洗水自动控制系统、中和池、流量计、酸度计及其自动控制系统等自控仪表设备及安装(按工程投资的 30% 计入环保投资)	600
6	绿化	96
	合计	8405

8 环境管理及监测计划

8.1 环境管理及环境监测制度

(1) 环境保护管理机构及职责

本项目环境保护工作由安全生产运营部负责，专门管理企业环保事宜，贯彻执行国家、山东省和青岛市有关环保法规，掌握污染防治措施运行效果，监测排水水质。设有专职人员，负责环保方面的行政和技术管理工作，下设实验室，专职负责污染防治设施的正常运行，监测排水水质，确保污染物排放达标。

(2) 环境管理内容

主要履行以下职责：

- ① 贯彻执行国家、山东省和青岛市环保法规、标准和政策；
- ② 建立环保工作管理制度并落实执行；
- ③ 做好进出水水质监测并建立监测档案；
- ④ 负责企业环保教育、宣传和技术培训。

实验室主要履行如下职责：

- ① 制定监测年度计划；
- ② 建立健全监测规章制度；
- ③ 完成各项日常及临时监测任务、编制监测报表；
- ④ 在发生突发环境事故后，参加事故应急分析。

(3) 环境监测制度

已安装 24 小时在线监测系统，对浓盐水水质进行实时监测，监控项目为 pH、SS。

8.2 排水口规范化设置

建设单位应按照《关于贯彻落实〈山东省污水排放口环境信息公开技术规范(试行)〉的通知》(鲁环办函[2014]12 号)的有关要求，对本项目排污口进行规范化设置，具体如下：

① 排污口及采样点：排污口及采样点应能确保公众及环保执法人员可在排污口清楚地看到污染源的排污情况并且不受限制地进行水质采样。排污口和采样点处水深一般情况下应 $<1.2\text{ m}$ ，周围应设置既能方便采样，又能保障人员安全的护栏等设施；排污口和采样点处水深 $\geq 1.2\text{ m}$ 的，应设置水深警告标志，并强化

安全防护设施设置。

② 排污口标志设置：项目排污口附近应设置排污口标志牌，就近在排水口或采样点附近醒目处设置。排污口标志牌的形状宜采取矩形，长度应 $>600\text{mm}$ ，宽度应 $>300\text{mm}$ ，标志牌上缘距离地面 2m。排污口标志牌辅助标志的内容依次为：青岛百发海水淡化厂浓盐水排水口标志牌、排污口编号、执行的排放标准、主要污染物及允许排放限值、排放去向、青岛市环保局李沧分局监制、监督举报电话等字样。

8.3 监测要求

监测点位置：浓盐水排水口；

监测项目：pH 值、SS；

监测频次：在线监测。

建设单位应根据监测结果，进行环保设施的运行、维护，如出现出水水质超标的情况，应及时采取应对措施，保障出水稳定达标排放。

9 选址合理性与“三线一单”分析

9.1 项目选址与青岛市胶州湾保护条例的符合性

本项目与《青岛市胶州湾保护条例》(2014年9月1日起施行)的符合性详见表9-1。

表 9-1 本项目排水口选址与《青岛市胶州湾保护条例》的符合性

序号	条例要求	本项目情况	符合性
1	第十九条 胶州湾保护控制线向陆地一侧，楼山河以南至团岛湾头、洋河以南至凤凰岛脚子石、胶州湾保护控制线与经二路红岛西侧相交处至大沽河区间距离三十米范围内，其他区域距离一百米范围内，除景观、交通需要外，不得新建、扩建各类建筑物、构筑物。	本项目扩建工程厂区不再该范围内；浓盐水排放采用现状排水口，不新建、扩建。	符合
2	第二十三条 在胶州湾海域内，禁止下列行为：(一)围海、填海；(二)采挖砂石(因清淤和航道、河道疏浚需要除外)；(三)从事筑池、网箱、浮筏等设施养殖；(四)建设人工鱼礁。	本项目不开展该条款禁止的活动。	符合
3	第二十四条 胶州湾保护范围内的岸线应当保持开放，除依法批准的港口、码头、船舶修造及军事等用途外，任何组织和个人不得圈占，不得限制他人正常通行。	本项目不占岸线。	符合
4	第二十五条 任何组织和个人不得改变胶州湾内自然岸线的属性，不得破坏胶州湾自然岸线保护范围内的礁石、滩涂、湿地以及其他自然地貌和景观。	本项目不开展该条款禁止的活动。	符合
5	第二十七条 在胶州湾湿地保护范围内，禁止下列行为：(一)房地产开发；(二)工业生产；(三)建设宾馆、饭店、招待所、疗养院等永久性建筑和大型游乐设施；(四)开垦、填埋湿地，采石、采砂、取土；(五)倾倒、堆放垃圾以及其他废弃物；(六)擅自排放生活污水、工业废水；(七)擅自排放湿地蓄水或者修建阻水、排水设施；(八)擅自向湿地引进外来生物物种；(九)放牧，猎捕陆生野生动物，捡拾卵、	本项目不在胶州湾湿地保护范围内，也不开展该条款禁止的活动。	符合

	蛋：(十)破坏湿地保护设施；(十一)其他改变湿地属性、破坏湿地的行为。		
6	第二十八条 海水淡化项目以及其他海水利用项目产生的浓盐水应当离岸排放至海水交换良好的海域或者进行稀释后近岸排放。对浓盐水进行稀释后向胶州湾海域排放的，稀释后的海水盐度不得超过胶州湾海水盐度。	本次扩建工程采用现状已用排水口，排水口设置于楼山河道上，不在胶州湾岸线上。	符合
7	第三十七条 在胶州湾保护范围内以及入胶州湾河流的河道管理范围两侧五百米内，禁止下列行为： (一)新建或者扩建化工、印染、造纸、电镀、电解、制革、有色金属冶炼、水泥、拆船等项目；(二)新建或者扩建畜禽规模化养殖场、养殖小区；(三)新建固体废物填埋场。	本项目不开展该条款禁止的活动。	符合
8	第四十四条 胶州湾保护范围内排水设施的规划、建设、运行、维护和污水处理及监督管理按照《青岛市城市排水条例》的规定执行。胶州湾沿岸陆域范围内所有组织和个人的生产、生活污水，应当限期纳入城市排水设施。在胶州湾沿岸陆域范围内新建、改建、扩建项目排放的污水，应当纳入城市公共排水管道。城市公共排水管道未覆盖区域的建设项目，经市环保部门同意，并设置临时性专用排水管道将污水排入公共排水设施或者建设专用污水处理设施且达到规定排放标准的，可以新建、改建、扩建。	本项目属于城市基础设施建设项目，浓盐水可实现达标排放；项目排放的为浓盐水，不能排入市政污水管网。	符合

由上表分析可知，本项目排水口选址符合《青岛市胶州湾保护条例》的相关要求，选址合理。

9.2 生态保护红线

(1) 本项目与山东省生态红线的协调性分析

根据《山东省生态保护红线规划(2016-2020 年)》，本项目不在生态保护红线范围内，且周围 10km 范围内无陆域生态保护红线分布，详见图 8-1。

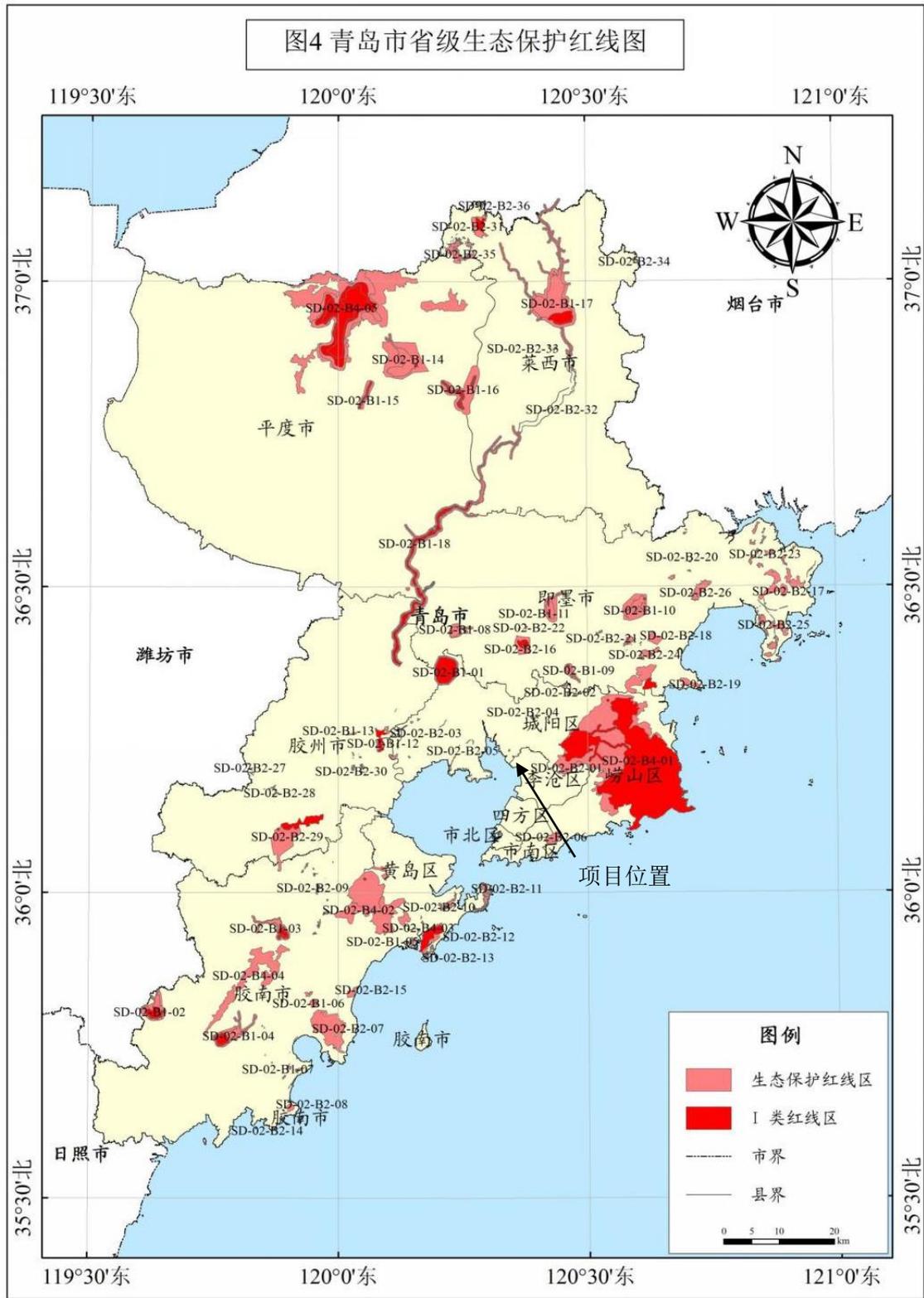


图 9-1 山东省生态保护红线规划(2016-2020 年)-青岛部分

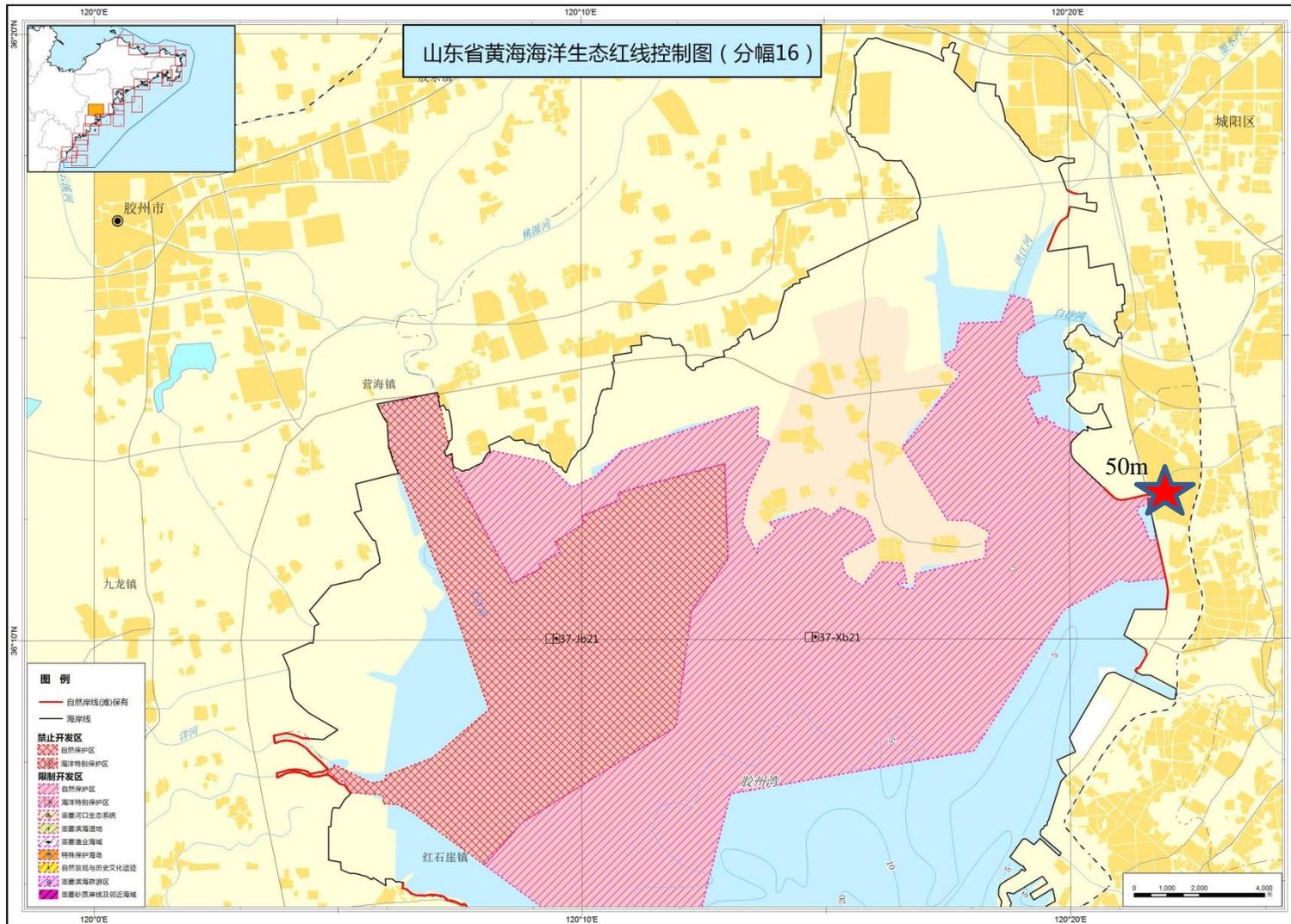


图 9-2 本项目与山东省黄海海洋生态红线的相对位置关系

(2) 本项目与山东省黄海海洋生态红线的协调性分析

本项目排水口距离胶州湾限制区的最近距离为 50m(相对位置详见图 9-2), 该红线区类别为限制开发区, 受保护类型为海洋特别保护区, 四至范围为: 120°7'23.72"—120°21'58.19"E, 36°4'30.57"—36°15'40.42", 总面积 153.40 平方公里, 岸线长度 7.04km, 生态保护目标为海湾湿地生态系统、贝类资源。管控措施: 按照《海洋特别保护区管理办法》、《青岛市胶州湾保护条例》进行管理, 适度进行底播养殖、旅游等与保护区保护目标相一致的生态型资源利用活动, 推进胶州湾综合整治工程。环境保护要求: 消减大沽河等入湾河流入海总量, 改善胶州湾海水质量, 保护、整治和修复胶州湾海湾河口生态湿地, 恢复和提高胶州湾纳潮总量和海洋水动力, 恢复胶州湾自然海域生态环境, 海水水质不劣于二类标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

本项目为城市自来水供应的基础设施, 取用海水后进行反渗透脱盐, 淡化水进入市政给水管网, 浓盐水排入楼山河并进入胶州湾, 经预测分析, 浓盐水排放不会影响红线区的海洋环境质量达标情况。因此, 总体上看, 本项目与山东省黄海海洋生态红线的保护要求相协调。

9.3 环境质量底线

扩建工程完成后, 总生产能力达到 20 万 m³/d, 浓盐水排放执行《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分: 半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。

项目的建设不影响楼山河口及附近海域水质、沉积物等达标情况, 符合青岛市对楼山河地表水质的环境质量底线控制要求。

9.4 资源利用上线

本项目原料为胶州湾海水, 不取用地表水或地下水, 不涉及资源利用上线问题。

9.5 环境准入负面清单

本项目为城市供水基础设施建设项目, 不列入环境准入负面清单。

10 评价结论和建议

10.1 评价结论

(1) 项目基本概况

青岛百发海水淡化厂扩建工程位于青岛市李沧区印江路2号,拟建设内容如下:改造青岛碱业内湖现有一期临时取水泵房,设4台卧式离心泵,单台水泵设计流量 $3750\text{m}^3/\text{h}$,形成 $27.0\text{万}\text{m}^3/\text{d}$ 取水规模;从取水泵站至扩建厂区新建一条DN1400的原水管线,长度1.3km,管材材料为玻璃钢,配套阀门井、排气阀等配件;新建气浮池1座,处理能力为 $27\text{万}\text{m}^3/\text{d}$,分为5组(砼制),单组处理量 $2250\text{m}^3/\text{h}$,水力负荷 $22\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;新建海水淡化车间1座,包括超滤(UF)处理系统,反渗透(RO)处理系统,膜化学清洗系统、调节水池、配电系统等,日产反渗透水量 $10\text{万}\text{m}^3/\text{d}$;新建矿化滤池1座,反渗透产水经矿化后输送至市政管网,产水总硬度 $40\sim 80\text{mg/L}$;矿化后的清水池共设1座,调蓄容积约 17500m^3 ;产生的淡化水,拟从厂区北侧沿德江路(印江路-遵义路)建设DN1200管道与遵义路DN1200管道进行连接,管道长约1.6公里,通过一期并网管道进入市政管网;浓盐水排放采用现有工程方案,拟将一期浓盐水及扩建工程浓盐水通过顶管的方式穿越三条铁路后沿楼山河南岸管理路敷设,长度约1300米,其中顶管长度约230米,浓盐水通过现状排水口于楼山河河道排放,与河水混合后排放入海。

扩建工程采用“气浮+超滤+反渗透+矿化”的海水淡化工工艺,新增淡化水生产能力为 $10\text{万}\text{m}^3/\text{d}$,出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)的要求。项目总投资为66646.32万元,建设期12个月,预计2019年9月动工,2020年底竣工。

扩建工程拟采用现有工程在用排水口,不新设排水口,浓盐水经地下管网排至楼山河内,排水口位于楼山河入海口上游南岸50m处。排水口(中心点)坐标为 $120^{\circ}21'41''\text{E}$ 、 $36^{\circ}12'19''\text{N}$ 。

该项目属于《产业结构调整指导目录(2011年本)》(修订)“鼓励类”第三十八条第3款“微咸水、苦咸水、劣质水、海水的开发利用及海水淡化工程”,因此,符合国家产业政策。

现有工程已严格执行“三同时”制度,分别于2008年1月、2010年底、2011年11月完成工程主体、工艺调整、排水方案变更的环境影响报告,并获得青岛

市环境保护局的批复(青环评字[2008]18号、青环评字[2011]36号、青环评函[2011]119号),于2012年9月建成试运行,并完成竣工环境保护验收,获得青岛市环境保护局的验收(青环验[2013]1号)。目前正常运行,浓盐水、厂界噪声等均达标排放。

(2) 工程分析

项目水环境影响因素主要为浓盐水,排放量为17万m³/d,具体包括一级反渗透后浓盐水14.5万m³/d,污泥处理系统脱出水0.5万m³/d,超滤反冲洗水1万m³/d,膜组化学清洗水1万m³/d。经分析,排出的浓盐水中总盐度为49.07,SS为9.26mg/L;排水中的其它各类指标相对取水升高1.588倍,但能达到排水口附近海域的海洋功能区海水水质标准(第四类)要求。

排水中各污染物浓度均满足《流域水污染物综合排放标准 第5部分:半岛流域》(DB37/3416.5-2018)的二级标准。

(3) 环境质量现状

① 水质

根据现状监测结果,除了pH超标外,排水口上游楼山河地表水体中其余各项指标因子监测值均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的V类标准;调查海域超标的水质因子有pH、无机氮、活性磷酸盐和石油类,其中pH、无机氮在所有站位均超标,最大超标倍数分别为4.286、1.417,活性磷酸盐仅在A2、B4、B5站位超标,最大超标倍数为0.422,石油类仅在C1、C2站位超标,最大超标倍数为0.04。其余各项指标因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求。

2016年春季、秋季,调查海域各调查站位各监测因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求。

② 表层沉积物

根据现状调查结果,调查海域各站位各指标因子监测值均满足所在海洋功能区标准要求,表明,该海域表层沉积物质量现状良好。

③ 海洋生物生态

浮游植物:2019年5月调查海域共获浮游植物23种,隶属于硅藻和甲藻2个浮游植物门。其中硅藻出现的种类和数量占绝对优势,共22种,甲藻1种。调查发现优势种4种,为中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*(Greville)Cleve (Y=0.326)、波状石丝藻 *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg(Y=0.3084)、高齿状藻

Odontella regia (Schultze) Simonsen($Y=0.0593$)、圆筛藻 *Coscinodiscus spp.* ($Y=0.0233$)。浮游植物群落的多样性指数在 1.042~2.679 之间, 平均值 2.030; 丰度值在 0.273~0.760 之间, 平均值 0.472; 均匀度的变化范围在 0.403~0.845 之间, 平均值 0.624。以上指数均在胶州湾海域浮游植物群落指数的正常变化范围内, 无异常现象。

浮游动物: 2019 年 5 月调查共发现六个门类 24 种浮游动物, 分别为: 节肢动物 9 种, 占 37.5%; 刺胞动物门 7 种, 占 29.17%; 脊索动物门 2 种, 占 8.33%; 原生动物 1 种, 占 4.16%; 毛颚动物 1 种, 占 4.16%; 浮游幼虫 4 种, 占 16.67%。调查发现优势种共 4 种, 分别为太平洋纺锤水蚤 *Acartia pacifica* Steuer($Y=0.4224$)、捷氏歪水蚤 *Tortanus derjugini* Smironov($Y=0.4012$)、钩虾 *Gammaridea*($Y=0.0697$)、短尾类溞状幼虫 *Brachyura zoea larva*($Y=0.0373$)。浮游动物群落的多样性指数在 1.249~2.591 之间, 平均值 1.833; 丰度值在 0.991~2.342 之间, 平均值 1.687; 均匀度的变化范围在 0.435~0.700 之间, 平均值 0.530。以上指数均在胶州湾海域浮游植物群落指数的正常变化范围内, 无异常现象。

底栖生物: 调查海域大型底栖动物共采集鉴定到 80 种, 环节动物有 39 种; 节肢动物有 17 种; 软体动物有 20 种; 扁形动物、星虫动物、纽形动物和棘皮动物各有 1 种。各站位底栖生物栖息密度的幅度为(380~3020) ind/m², 平均密度为 1070.91 ind/m²; 生物量的幅度为(1.30~2025.11) g/m², 平均生物量为 256.62 g/m²。大型底栖动物栖息密度主要以节肢动物门为主, 平均密度为 474.55 ind/m², 其次为环节动物门, 平均密度为 430.91 ind/m²; 生物量以环节动物门为主, 平均生物量为 181.70 g/m², 其次为节肢动物门, 平均生物量为 67.71 g/m²。调查期间该海域大型底栖动物优势种类有凸壳肌蛤、刚鳃虫、寡鳃齿吻沙蚕、菲律宾蛤仔、寡节甘吻沙蚕、日本梯形蛤和膜质伪才女虫。各站丰富度的幅度为 1.63~4.17, 平均值为 2.66; 各站多样性指数的幅度为 1.55~3.74, 平均值为 3.08; 各站底栖生物均匀度的幅度为 0.59~0.93, 平均值为 0.81。以上指数均在胶州湾海域浮游植物群落指数的正常变化范围内, 无异常现象。

叶绿素 a: 调查海域叶绿素 a 含量在 1.06~2.87 μ g/L, 在正常范围内; 楼山河水体中叶绿素 a 含量为 22.43 μ g/L, 有水华现象。

④ 生物体质量

根据调查采样分析结果, 调查海域中菲律宾蛤仔、牡蛎体内的重金属含量超

出了《海洋生物质量》(GB18421-2001)的第一类标准。

(4) 地表水及海洋环境影响预测评价

① 浓盐水排放对海水水质的影响

本项目浓盐水排放后,从楼山河口进入胶州湾,经预测分析,浓盐水排放后,其趋势为在潮流的作用下向南扩散,沿岸形成高盐度带,盐度增量超 1.0、2.0、3.0、6.0、9.0 和 12.0 等值线所围成的海域面积分别为 1.997km²、0.5484 km²、0.2010 km²、0.0189km²、0.00135km²、0.00093km²,该影响范围内无养殖区等对盐度变化敏感的海域。可见,浓盐水仅影响局部小范围海域,其中盐度增量超过 3.0 的海域仅为 0.2010 km²,超过 12.0 的海域仅为 0.00093km²,不会引发明显的海水水质变化。

② 排水对楼山河地表水体的环境影响

本项目现状排水口上游约 50m 已建成拦河坝,在海水涨潮时会阻止项目排水向楼山河上游扩散,因此,浓盐水排放影响河段仅为拦河坝至入海口部分,总长度约 200m。

项目浓盐水排放主要会引起楼山河入海口段盐度升高,而盐度为非污染物指标。根据现场调查,项目排水河段娄山河河口附近(约 200 m 范围内)为受径流和潮汐动力作用的海水感潮河段,浓盐水排放不会使娄山河咸水河段长度和位置发生变化,但会对排水河段水体盐度的空间分布造成影响,使排水汇入区附近的水体盐度值有所升高。根据现场调查,楼山河入海口段水生生物种类、密度、生物量均较低,河口附近土壤多为盐碱化,几乎无植被分布,该水域内无重要鱼类的栖息地及产卵场,无珍稀保护动植物分布,因此,本项目建设不会带来明显的生态破坏问题。

③ 对海洋沉积物的影响

本项目扩建工程原水中 SS 的多年平均值为 21mg/L,根据原水中的粒径分布,粒径大于 50 μm 的悬浮物占总悬浮物的 17.1%,在气浮池内投加 FeCl₃ 经絮凝后,95%的 SS 沉淀最终以泥饼的形式外运综合利用,排水中的 SS 浓度为 9.26mg/L,且基本上是粒径小于 25μm 的。根据资料查询,粒径大于 50μm 的悬浮物易沉降,本项目排水中的 SS 基本不会沉降,因此,对对海域沉积物环境的影响较小。

④ 对生态环境的影响

本项目建成运行后，浓盐水排放会导致楼山河口局部小范围海域的盐度增量超过 6.0，对浮游生物、底栖生物、游泳生物等产生一定影响，造成生物量下降，但影响范围有限，不会对大区域范围带来明显的生态环境问题。

(5) 选址合理性分析

经分析，本项目建设符合《青岛市胶州湾保护条例》(2014 年 9 月 1 日起施行)要求，以及山东省生态保护红线、山东省黄海海洋生态红线等保护规定，从生态环境角度看，选址合理。

(6) 总结论

本工程属于城市供水基础设施建设项目，建设内容符合国家产业政策，符合青岛胶州湾保护要求，污染治理措施能够实现废水达标排放，对楼山河口及附近海域的水环境影响较小，在落实各项环保措施的基础上，从环境角度考虑，该工程建设是可行的。

9.2 建议

(1) 严格按照环评文件要求落实水污染防治措施，确保浓盐水达标排放；在项目建成运行后，按照“三同时”要求及时开展竣工环保验收，未通过环保验收前不得正式投入使用。

(2) 项目建成后，按照国家要求对浓盐水排水水质进行监测，一旦发现异常现象，要及时采取措施，确保出水稳定达标排放。

(3) 加强环境监管力度，按照山东省有关规定规范化设置项目排放口。

委托书

日照市环境保护科学研究所有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》与《建设项目环境影响评价分类管理名录》要求，特委托贵单位开展《青岛百发海水淡化厂扩建工程暨地表水及海洋环境影响专项报告》的编制工作，望贵单位尽快组织开展。

特此委托。

委托单位(章)：青岛百发海水淡化有限公司