

广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带
综合整治与修复项目工程

海洋环境影响报告书

(报批稿)

国家海洋局南海规划与环境研究院

中国·广州

二〇一六年十二月

目 录

(报批稿)	1
1 总论	8
1.1 评价任务由来与评价目的	8
1.1.1 评价任务由来	8
1.1.2 评价目的	9
1.2 报告编制依据	9
1.2.1 法律法规	9
1.2.2 技术规范	10
1.2.3 工程技术资料	11
1.3 项目所在海域的海洋环境功能区划	11
1.4 环境评价标准	12
1.4.1 环境质量标准	12
1.4.2 污染物排放标准	14
1.5 环境影响评价工作等级	15
1.6 环境敏感区与环境保护目标	15
1.7 环境影响评价范围与评价重点	19
1.7.1 评价范围	19
1.7.2 评价内容	19
1.7.3 评价重点	20
2 工程概况	21
2.1 项目名称、性质及地理位置	21
2.1.1 项目名称	21
2.1.2 申请单位	21
2.1.3 项目性质	21
2.1.4 地理位置	21
2.2 项目用海必要性及可行性分析	22
2.2.1 项目建设及用海必要性	22
2.2.2 项目用海可行性	23
2.3 工程的建设内容、平面布置、结构和尺度	24

2.3.1	建设内容、建设规模和建设投资.....	24
2.3.2	平面布置.....	24
2.3.3	水工建筑物结构和尺度.....	34
2.4	工程的辅助和配套设施，依托的公用设施.....	44
2.4.1	施工废水处理.....	45
2.4.2	生活污水处理.....	45
2.5	工程施工工艺、工程量及计划进度.....	45
2.5.1	工程施工工艺.....	45
2.5.2	土石方平衡.....	47
2.5.3	施工进度计划.....	48
2.6	工程占用（利用）海岸线和海域状况.....	48
3	工程分析	54
3.1	工程各阶段污染环节与环境影响分析.....	54
3.1.1	施工期污染物排放状况.....	54
3.1.2	营运期污染物排放状况.....	57
3.2	工程各阶段非污染环节与环境影响分析.....	57
3.2.1	对海洋水动力环境、冲淤环境的影响.....	57
3.2.2	对海洋生态环境的影响.....	57
3.2.3	对通航环境的影响.....	58
3.3	环境影响要素和评价因子的分析与识别.....	58
3.3.1	环境影响要素的识别.....	58
3.3.2	评价因子筛选.....	59
4	区域自然和社会环境现状	60
4.1	区域自然环境现状.....	60
4.1.1	气候.....	60
4.1.2	气温.....	60
4.1.3	降水.....	60
4.1.4	风况.....	60
4.1.5	湿度.....	61
4.1.6	地质构造与地质条件.....	61
4.1.7	海洋水文.....	67
4.1.8	地形地貌.....	69

4.1.9 主要海洋灾害.....	70
4.2 社会经济概况.....	71
4.2.1 揭阳市社会经济概况.....	71
4.2.2 惠来县社会经济概况.....	72
4.3 环境质量现状概况.....	72
4.4 海洋资源及开发利用现状.....	72
4.4.1 港口资源.....	72
4.4.2 岸线资源.....	73
4.4.3 旅游资源.....	73
4.4.4 渔业生产资源.....	74
4.4.5 项目周边开发利用现状.....	74
5 环境质量现状调查与评价	81
5.1 调查概况.....	81
5.1.1 调查站位.....	81
5.1.2 调查项目.....	83
5.1.3 采样及分析方法.....	84
5.2 水动力环境现状调查与评价.....	87
5.2.1 潮流特征.....	87
5.2.2 潮流性质.....	92
5.2.3 余流特征.....	94
5.3 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价.....	95
5.4 海水水质现状调查与评价.....	114
5.4.1 水质现状调查结果.....	114
5.4.2 水质现状评价.....	122
5.5 海洋沉积物质量现状调查与评价.....	130
5.5.1 沉积物现状调查结果.....	130
5.5.2 沉积物质量现状评价.....	131
5.6 海洋生物与生态现状调查与评价.....	133
5.6.1 叶绿素 a 与初级生产力.....	133
5.6.2 浮游植物.....	134
5.6.3 浮游动物.....	136
5.6.4 底栖生物.....	139

5.6.5 潮间带生物.....	141
5.6.6 渔业资源及鱼卵仔鱼.....	142
5.6.7 生物质量分析与评价.....	149
6 环境影响预测与评价	151
6.1 水动力环境影响预测与评价.....	151
6.1.1 二维潮流数学模型.....	151
6.1.2 工程前水动力环境分析.....	155
6.1.3 工程附近海域流场变化分析.....	156
6.1.4 工程附近波浪场变化分析.....	161
6.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价.....	183
6.3 水质环境影响预测与评价.....	198
6.3.1 施工期对水质环境的影响.....	198
6.3.2 营运期水质环境影响.....	200
6.4 沉积物环境影响预测与评价.....	200
6.5 生态环境影响预测与评价.....	200
6.5.1 对底栖生物的影响.....	200
6.5.2 对浮游生物的影响.....	201
6.5.3 对渔业资源的影响.....	202
6.5.5 生态补偿协调方案.....	204
6.6 工程建设对敏感目标的影响分析.....	205
6.6.1 对幼鱼、幼虾保护区的影响.....	206
6.6.2 对惠来电厂的影响.....	206
6.6.3 对惠来港靖海作业区通用码头工程的影响.....	206
6.6.4 对靖海渔港的影响.....	207
6.6.5 对石碑山风电厂的影响.....	207
6.6.6 对惠来验潮站的影响.....	207
6.6.7 对资深渔港的影响.....	207
6.6.8 对前詹海洋保护区的影响.....	207
6.7 工程建设对通航环境的影响分析.....	208
7 环境事故风险分析与评价	209
7.1 风险识别	209
7.2 源项分析	210

7.2.1 风暴潮风险分析.....	210
7.2.2 碰撞溢油风险分析.....	212
7.3 事故风险计算及后果评价	212
7.3.1 溢油在海上运动形态及归缩.....	212
7.3.2 溢油风险事故影响预测条件.....	213
7.3.3 溢油事故预测结果及分析.....	215
7.3.4 溢油事故对敏感目标的影响分析.....	217
7.4 风险事故环境影响分析	221
7.4.1 对水质和底质的影响分析.....	221
7.4.2 对海洋生物的影响分析.....	221
7.4.3 对旅游娱乐休闲区的影响.....	223
7.4.4 对人体健康的间接影响.....	224
7.4.2 风暴潮事故影响分析.....	224
7.5 环境风险防范措施	224
7.5.1 自然灾害风险防范措施.....	224
7.5.2 溢油风险防范措施.....	225
7.5.3 总体评价.....	225
7.6 环境风险应急对策	225
7.6.1 碰撞应急措施.....	226
7.6.2 防台应急措施.....	226
7.6.3 溢油应急预案.....	227
8 清洁生产	233
8.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析.....	233
8.1.1 清洁生产内容.....	233
8.1.2 清洁生产分析.....	233
8.2 建设项目清洁生产评价.....	234
9 环境保护对策措施	235
9.1 建设项目各阶段的污染环境保护对策措施.....	235
9.1.1 施工期污染防治措施.....	235
9.1.2 营运期污染防治措施.....	236
9.2 建设项目各阶段的非污染环境保护对策措施.....	236
9.3 建设项目各阶段的海洋生态保护对策措施.....	236

9.3.1	海洋生态保护措施.....	236
9.3.2	生态补偿方案.....	237
9.4	建设项目的环境保护对策措施一览表.....	237
10	环境保护技术经济可行性分析	239
10.1	环境保护设施和对策措施的费用估算.....	239
10.2	环境保护的经济损益分析.....	240
10.2.1	经济效益分析.....	240
10.2.2	环境损益分析.....	240
10.3	环境保护的技术经济合理性.....	241
10.3.1	环境保护措施可行性分析.....	241
10.3.2	环境保护投资经济合理性分析.....	241
10.3.3	环境保护措施技术经济合理性分析.....	242
11	公众参与	243
11.1	调查计划.....	243
11.1.1	调查范围和对象.....	243
11.1.2	调查方法和形式.....	249
11.2	公众参与调查结果分析.....	260
11.2.1	问卷调查结果统计分析.....	260
11.2.2	调查结果分析与建议.....	263
11.3	公众参与结论.....	264
12	海洋工程环境可行性	265
12.1	海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性.....	265
12.1.1	与海洋功能区划的符合性.....	265
12.1.2	与海洋环境保护规划的符合性.....	272
12.2	区域和行业规划的符合性.....	273
12.2.1	与《广东省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》的符合性分析	273
12.2.2	与《广东省海洋经济发展“十二五”规划》的一致性分析	273
12.3	建设项目的政策符合性.....	274
12.4	工程选址与布置的合理性.....	274
12.5	环境影响可接受性分析.....	276

13 环境管理与环境监测	277
13.1 环境管理与监理.....	277
13.1.1 施工单位环境管理机构设置.....	277
13.1.2 建设单位环境管理机构.....	278
13.2 环境监测计划.....	278
13.2.1 施工期环境监测.....	错误!未定义书签。
13.2.2 营运期环境监测.....	错误!未定义书签。
13.3 环境监理.....	279
14 结论与建议	281
14.1 工程概况.....	281
14.2 工程分析结论.....	281
14.3 环境现状分析与评价结论.....	282
14.3.1 水文现状分析.....	282
14.3.2 水质现状分析.....	282
14.3.3 沉积物质量现状分析.....	282
14.3.4 海洋生物现状分析.....	282
14.3.5 海洋生物质量现状分析.....	283
14.4 环境影响预测分析与评价结论.....	284
14.5 环境风险分析与评价结论.....	287
14.6 清洁生产结论.....	287
14.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论.....	287
14.7.1 废水防治措施.....	287
14.7.2 固体废物防治措施.....	287
14.8 公众参与分析与评价结论.....	287
14.9 区域规划和政策符合性结论.....	288
14.10 建设项目环境可行性结论.....	288
14.11 其他意见和建议.....	288
附录.....	290
附件.....	291

1 总论

1.1 评价任务由来与评价目的

1.1.1 评价任务由来

广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲岸段是粤东沿海水产养殖的优良基地，是惠来县资深村农业经济的重要组成部分。近些年来，由于周边填海建设码头、防浪堤等工程，水动力条件发展较大改变，海浪不断对绿洲海岸带进行冲刷，使得大量的海砂被海水带走，绿洲海岸侵蚀后退加剧，靖海湾内绿洲约 3000 米岸段，受到严重侵蚀，对当地的养殖业造成了极大的影响。目前已有一家养鲍场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀，粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁，后方资深村 3 万户居民村镇面临着极大的威胁，尽快修复、保护靖海湾绿洲资深段岸海岸带刻不容缓。

惠来县海洋与渔业局于 2012 年开始靖海湾海岸综合整治项目前期工作，委托广东省海洋与渔业勘测设计院编制了《广东省惠来县靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程可行性研究报告》。惠来靖海湾海岸带综合整治项目用海方式属于构筑物用海。项目的建设将会对周围海域环境产生一定影响，根据《中华人民共和国海洋环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等法规的要求，一切可能对海洋环境产生影响的新建、扩建或改建的海洋工程项目必须编制海洋环境影响报告书。受惠来县海洋与渔业局的委托（附件 1），国家海洋局南海规划与环境研究院（以下简称“研究院”）承担广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目海洋环境影响评价工作。研究院在接受了海洋环境影响评价工作的委托后，按照相关法律法规和《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）等的要求，在工程分析和环境影响识别的基础上，对该项目沿线及周围地区的社会、经济、公众、环境敏感点进行了实地调查和现状监测，在积极听取沿线地方各相关部门意见，并对各专题进行了环境影响预测和分析的基础上，结合项目工程的特点，编制完成了《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书》（送审稿）。

2016 年 08 月 10~11 日，受广东省海洋与渔业局委托，广东省海洋与渔业环境监测预报中心在惠来县主持召开了《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书（送审稿）》（以下简称“报告书”）评审会。根据评审会专家意见，研究院项目组对报告书进行了修改完善，形成了《广东省

惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书（报批稿）》。

1.1.2 评价目的

评价工作的目的是从保护海洋环境、维护海洋生态平衡及严格控制新污染的角度出发，了解调查靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目所在海域的环境质量现状及工程特征，分析工程建设期间和建成后主要排污源及其开发建设活动对周围海洋环境可能造成的影响。通过海洋环境影响评价及预测分析，提出切实可行的控制和减轻海洋污染的环保对策与措施，力争把工程所带来的不利影响降到最低程度，使项目所在海域的环境得到有效的保护。同时，通过评价研究，提出相应的环境管理和环境保护对策措施，为海洋行政主管部门提供科学管理和决策依据。

1.2 报告编制依据

1.2.1 法律法规

本项目海洋环境影响评价报告编制过程中，主要依据的国家法律、法规，以及其它相关的涉海部门和地方的海域使用与海洋环境保护等管理规定如下：

- （1）《中华人民共和国环境影响评价法》，2016年9月；
- （2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2016年修订；
- （3）《中华人民共和国海域使用管理法》，九届人大常委会第二十四次会议通过，2001年10月；
- （4）《中华人民共和国渔业法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订通过，2013年12月；
- （5）《中华人民共和国海上交通安全法》，六届人大常委会第二次会议通过，1983年9月；
- （6）《中华人民共和国航道法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，2014年；
- （7）《全国海洋功能区划（2011-2012）》，国务院，2012年3月；
- （8）《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，2006年9月；
- （9）《防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院，2010年3月；
- （10）《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，交海发[2007]165号，2007年08月15日；

- (11) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院，1998 年；
- (12) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋管理条例》，国务院，2008 年；
- (13) 《中华人民共和国自然保护区条例》，国务院，1994 年 12 月；
- (14) 《全国海洋经济发展规划纲要》（国发[2003]13 号），国务院，2003 年 5 月；
- (15) 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》（交通部令 2010 年第 7 号）；
- (16) 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》（交通部令 2011 年第 4 号）；
- (17) 《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》（交通部令 2011 年第 5 号）；
- (18) 《国务院关于广东海洋经济综合试验区发展规划的批复》（国函[2011]81 号）；
- (19) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发 2006[28]号）；
- (20) 《关于印发中国水生生物资源养护保护行动纲要的通知》（国发[2006]9 号），2006 年 2 月；
- (21) 《建设项目环境保护分类管理名录》，国家环境保护总局，2008 年；
- (22) 《近岸海域环境功能区管理办法》（局令第 8 号），国家环保总局，1999 年 12 月 10 日；
- (23) 《广东省实施<中华人民共和国海洋环境保护法>办法》，2009 年 3 月 31 日广东省第十一届人民代表大会常务委员会第十次会议通过；
- (24) 《广东省海洋功能区划（2011-2020）》；
- (25) 《广东省近岸海域环境功能区划》，广东省人民政府，粤府办[1999]68 号；
- (26) 《广东省建设项目环境保护管理条例》，广东省人民政府，1994 年 7 月 6 日；
- (27) 《广东省渔业管理条例》，广东省政府，2003 年；
- (28) 《广东省自然保护区管理条例》，2006 年 8 月；
- (29) 《广东省海域使用管理条例》，2007 年 1 月 25 日广东省第十届人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过；
- (30) 《广东省海域保护与开发利用总体规划》，广东省海洋与渔业局，1999 年。

1.2.2 技术规范

- (1) 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T 19485-2014；

- (2) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011);
- (3) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年；
- (4) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)，农业部，2008 年 3 月；
- (5) 《海洋自然保护区监测技术规程——总则》，国家海洋局，2002；
- (6) 《海洋监测规范》，GB17378-2007；
- (7) 《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- (8) 《海水水质标准》，GB3097-1997；
- (9) 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- (10) 《海洋生物质量》，GB 18421-2001；
- (11) 广东省《水污染物排放限值》，DB44/26-2001。

1.2.3 工程技术资料

- (1) 《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目实施方案》，广东省海洋与渔业局、惠来县海洋与渔业局，2013 年；
- (2) 《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目——丁字坝工程(修订稿)初步设计》，广州正见建筑工程设计有限公司，2016 年 1 月；
- (3) 《惠来靖海湾防波堤施工方案初步设计》，中山大学工程力学研究所，2016 年 7 月；
- (4) 《惠来靖海湾波浪数模试验报告》，中山大学工程力学研究所，2016 年 10 月；
- (5) 《惠来县靖海湾绿洲海岸带综合整治与修复工程泥沙专题研究报告》，珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2016 年 4 月。

1.3 项目所在海域的海洋环境功能区划

按照《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本工程所在海域的海洋功能区为靖海港口航运区（见图 1.3-1），相邻的海洋功能区为珠海-潮州近海农渔业区。项目为海岸整治与修复工程，项目拟通过布置垂岸丁字堤进行海岸侵蚀整治，控制海岸侵蚀，提高海域抵御海洋灾害的能力。项目用海对周边活动影响较小，符合港口航运区的海域使用管理要求，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。



图 1.3-1 项目用海海域海洋功能区划示意图
(引自《广东省海洋功能区划(2011-2020 年)》)

1.4 环境影响评价标准

1.4.1 环境质量标准

根据调查站位所在海区海洋功能区划，采用《海水水质标准》(GB3097-1997) (见表 1.4-1) 中相应水质标准评价，各站点水质评价类别标准见表 5.4.2-1；沉积物执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) (见表 1.4-2)，各站点沉积物评价标准见表 5.5.2-1；海洋生物(贝类)质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001) 中的相应标准(见表 1.4-3)；其他类(软体类、甲壳类和鱼类)生物体内污染物质(除石油烃外)含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中的“海洋生物质量评价标准”，石油烃执行《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准(见表 1.4-4)。

表 1.4-1 海水水质标准 (GB3097—1997) 单位: mg/L(pH 除外)

污染物名称	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量	人为增加的量

			≤100	≤150
DO >	6	5	4	3
COD ≤	2	3	4	5
BOD ₅ ≤	1	3	4	5
无机氮 ≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030		0.045
Pb ≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu ≤	0.005	0.010	0.050	
Hg ≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
As ≤	0.020	0.030	0.050	
Zn ≤	0.020	0.050	0.10	0.50
Cr ≤	0.05	0.10	0.20	0.50
Cd ≤	0.001	0.005	0.010	
硫化物（以 S 计）≤	0.02	0.05	0.10	0.25
石油类 ≤	0.05	0.05	0.30	0.50

注：第一类 适用于海洋渔业海域，海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区。

第二类 适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区。

第三类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第四类 适用于海洋港口海域，海洋开发作业区。

表 1.4-2 海洋沉积物质量（GB18668—2002）

污染因子	石油类 ($\times 10^{-6}$)	Pb ($\times 10^{-6}$)	Zn ($\times 10^{-6}$)	Cu ($\times 10^{-6}$)	Hg ($\times 10^{-6}$)	As ($\times 10^{-6}$)	镉 Cd ($\times 10^{-6}$)	总铬 Cr ($\times 10^{-6}$)	硫化物 ($\times 10^{-6}$)	TOC ($\times 10^{-2}$)
一类标准 ≤	500	60.0	150.0	35.0	0.20	20.0	0.50	80.0	300.00	2.0
二类标准 ≤	1000	130.0	350.0	100.0	0.50	65.0	1.50	150.0	500.00	3.0
三类标准 ≤	1500	250.0	600.0	200.0	1.0	93.0	5.00	270.0	600.00	4.0

注：第一类 适用于海洋渔业海域，海洋自然保护区，珍稀与濒危生物自然保护区，海水养殖区，海水浴场，人体直接接触沉积物的海上运动或娱乐区，与人类食用直接有关的工业用水区。

第二类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第三类 适用于海洋港口海域，特殊用途的海洋开发作业区。

表 1.4-3 海洋生物质量标准（GB18421—2001）（贝类去壳后湿重， $\times 10^{-6}$ ）

项 目	第一类	第二类	第三类
感观要求	贝类的生长和活动正常,贝类不得沾粘油污等异物,贝肉的色泽、气味正常,无异色、异臭、异味		贝类能生存,贝肉不得有明显的异色、异臭、异味
Hg ≤	0.05	0.10	0.30
Cd ≤	0.2	2.0	5.0
Pb ≤	0.1	2.0	6.0
Cu ≤	10	25	50 (牡蛎 100)
Zn ≤	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃 ≤	15	50	80

注: 1 以贝类去壳部分的鲜重计;

注: 第一类 适用于海洋渔业海域,海水养殖区,海洋自然保护区,与人类食用直接有关的工业用水区;

第二类 适用于一般工业用水区,滨海风景旅游区;

第三类 适用于海洋港口海域和海洋开发作业区。

表 1.4-4 海洋生物体评价标准 ($\times 10^{-6}$ 湿重)

生物类别	Hg	Cu	Pb	Cd	Zn	石油烃	引用标准
鱼类	0.3	20	2.0	0.6	40	20	《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
甲壳类	0.2	100	2.0	2.0	150	20	
软体类	0.3	100	10.0	5.5	250	20	

1.4.2 污染物排放标准

施工期废水排放执行《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段一级标准, 见表 1.4-5。

表 1.4-1 废水排放标准摘要 (DB44/26-2001)

污染物	排放级别	pH 值	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	石油类
-----	------	------	-------------------	------------------	----	-----

排放浓度	一级	6~9	100mg/L	20mg/L	70 mg/L	5mg/L
------	----	-----	---------	--------	---------	-------

1.5 环境影响评价工作等级

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014),结合本项目的具体类型及其对海洋环境可能产生的影响,本海洋建设工程的环境评价内容主要包括水动力环境、地形地貌与冲淤环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境及环境事故等。

根据本工程的特点、规模及所在区域的环境状况,该项目为构筑物用海,处于敏感海域。参照《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)的规定,该项目位于靖海湾生态环境敏感区,丁坝总长度约 890m。对于海上堤坝工程,“位于生态环境敏感区堤坝长度在 0.5km~1km 的,其水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境评价等级均为二级”;对于浮式防波堤为透水构筑物,用海面积约 1.5 公顷,长度约 0.25km,其水文动力环境、水质环境、沉积物环境、生态和生物资源环境评价等级均为二级;本项目地形地貌与冲淤环境影响评价工作等级定为二级。该项目各项海洋环境评价等级见表 1.5-1。

表 1.5-1 各单项海洋环境评价等级

评价项目	水动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境	地形地貌与冲淤环境
堤坝长度 (0.5km~1.0km)	2	2	2	2	2

本项目为海岸带整治修复项目,项目建设及使用期间不会产生有毒有害及可燃和易燃的危险品物质,项目不存在重大危险源,因此本项目的风险评价等级定为二级。

1.6 环境敏感区与环境保护目标

根据工程现场踏勘的情况和工程所在海域海洋功能区划的分布状况,本项目的主要环境保护目标为幼鱼、幼虾保护区、惠来电厂、惠来港靖海作业区通用码头工程、养殖场、靖海渔港、石碑山风电厂、资深渔港、前詹海洋保护区以及工程附近的水质、水深和生态环境等。环境敏感目标位置和简况见图 1.6-1 和表 1.6-1。

惠来电厂一期工程 1、2 号机组工程于 2007 年上半年已投产发电,本扩建的 3、

4 号机组厂区位于 1、2 号机组工程的东侧，目前陆域已形成。3、4 号机组也在 2010 年开始建设。

项目西面为资深渔港面积 4 万平方米，1956 年建设，渔港港池可供 200~300 艘渔船停泊避风。

项目附近建有石碑山风电厂，是目前国内装机容量最大的风电厂，总投资 7 亿元。第一批风机共 25MW 于 2005 年初投运，2006 年底全部机组投产。规划建设 167 台国产风机，合计容量 100MW。

惠来电厂的西侧是靖海港区，该港区是渔、货共用的小型综合避风港。靖海渔港的泥沙淤积情况较为严重。



图 1.6-1 环境敏感保护目标位置示意图

表 1.6-1 环境敏感目标简况

序号	环境敏感点	简况	与本项目的最短距离	保护内容
1	石碑山风电厂	第一批风机共 25MW 于 2005 年初投运, 2006 年底全部机组投产。规划建设 167 台国产风机, 合计容量 100MW。	项目毗邻	风塔基础安全
2	惠来电厂	惠来电厂一期工程 1、2 号机组工程于 2007 年上半年已投产发电, 本扩建的 3、4 号机组厂位于 1、2 号机组工程的东侧, 目前陆域已形成。3、4 号机组也在 2010 年开始建设。	东北侧, 约 2.7 千米	水动力环境 地形地貌与冲淤环境
3	靖海渔港	靖海渔港是渔、货共用的小型综合避风港。	东北侧, 约 3.1 千米	水动力环境 地形地貌与冲淤环境 施工期通航安全
4	养殖场	养殖鲍鱼和虾等	项目相邻	养殖塘护岸
5	国家海洋局惠来验潮站	2013 年开始监测	东北侧, 约 3 千米	水动力环境 地形地貌与冲淤环境
6	资深渔港	资深渔港面积 4 万平方米, 1956 年建设, 渔港港池可供 200~300 艘渔船停泊避风。	西南侧, 约 0.8 千米	水动力环境 地形地貌与冲淤环境 施工期通航安全
7	幼鱼、幼虾保护区	据农业部颁发的中国海洋渔业水域图中规定, 从粤东南澳至徐闻县外罗港沿海 20m 水深以内海域列为幼鱼、幼虾保护区, 保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。	项目部分占用	水质、沉积物和生态环境
8	惠来港靖海作业区通用码头	项目已确权, 填海和码头占用海域约 60.5 公顷, 未施工建设。	东北侧, 约 1.8 千米	水动力环境 地形地貌与冲淤环境
9	前詹海洋保护区	面积 2394 公顷, 保护对象为龙虾、海龟、鲎及其生境, 保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统。	西南侧, 约 5.5 千米	水质、沉积物和生态环境

1.7 环境影响评价范围与评价重点

1.7.1 评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》的技术要求，结合本工程的特点和建设规模，以及所在海区的自然环境条件和敏感目标情况，确定其海洋环境影响评价范围为东经 116°29'31.5"—116°35'15.5"E，北纬 22°56'17.1"—23°01'10.0"N，评价范围见图 1.7-1 所示（图中红色线示意），评价的海域面积约 53km²。

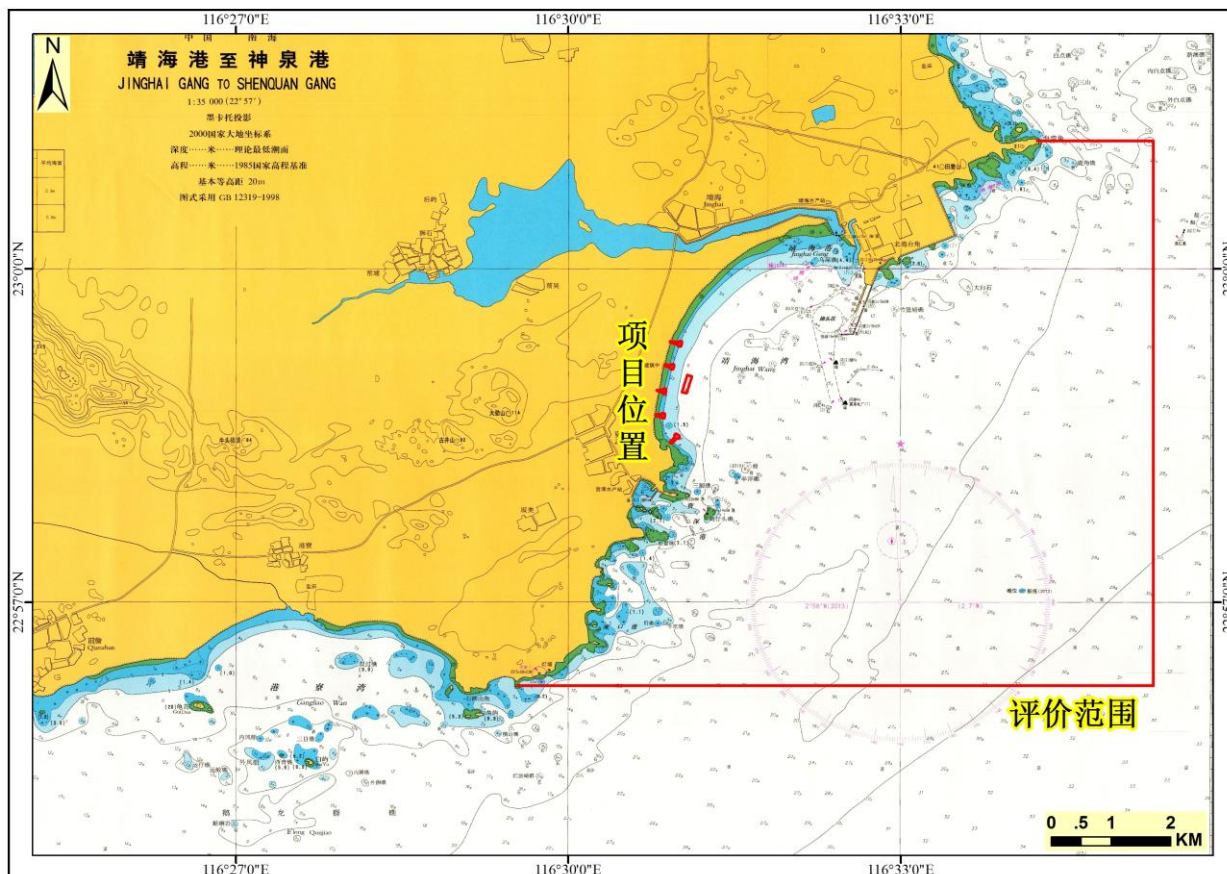


图 1.7-1 评价范围示意图

1.7.2 评价内容

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》，本项目用海方式为构筑物用海，工程建设改变了部分海域的自然属性，其环境影响主要来自项目施工产生的悬浮物质，对海洋水环境、生态环境和海洋生物会产生一定的影响，同时，项目建设改变项目周围的水动力环境。因此，根据工程的特点以及项目所在地的环境特征，本项目评价工作内容主要为：

- (1) 工程分析；
- (2) 环境质量现状调查与评价（包括海水水质环境、沉积物环境、生态环境、

渔业资源、海洋水动力环境等几个方面)；

(3) 海洋环境影响预测与评价 (包括水文动力环境、海水水质环境、沉积物环境、生态环境、地形地貌与冲淤环境等几个方面)；

(4) 环境经济损益分析；

(5) 公众参与；

(6) 污染防治对策；

(7) 海洋工程的环境可行性；

(8) 环境管理与监测计划。

1.7.3 评价重点

根据建设项目所在海域海洋功能特点及建设项目海洋环境影响特征，本工程的海洋环境影响评价重点为：

(1) 工程施工对水动力环境的影响；

(2) 工程建设对地形地貌和冲淤环境的影响；

(3) 工程施工对环境保护敏感目标的影响。

2 工程概况

2.1 项目名称、性质及地理位置

2.1.1 项目名称

广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目。

2.1.2 申请单位

惠来县海洋与渔业局。

2.1.3 项目性质

新建工程。

2.1.4 地理位置

本项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲湾海域。项目地理位置图见图 2.1.4-1。

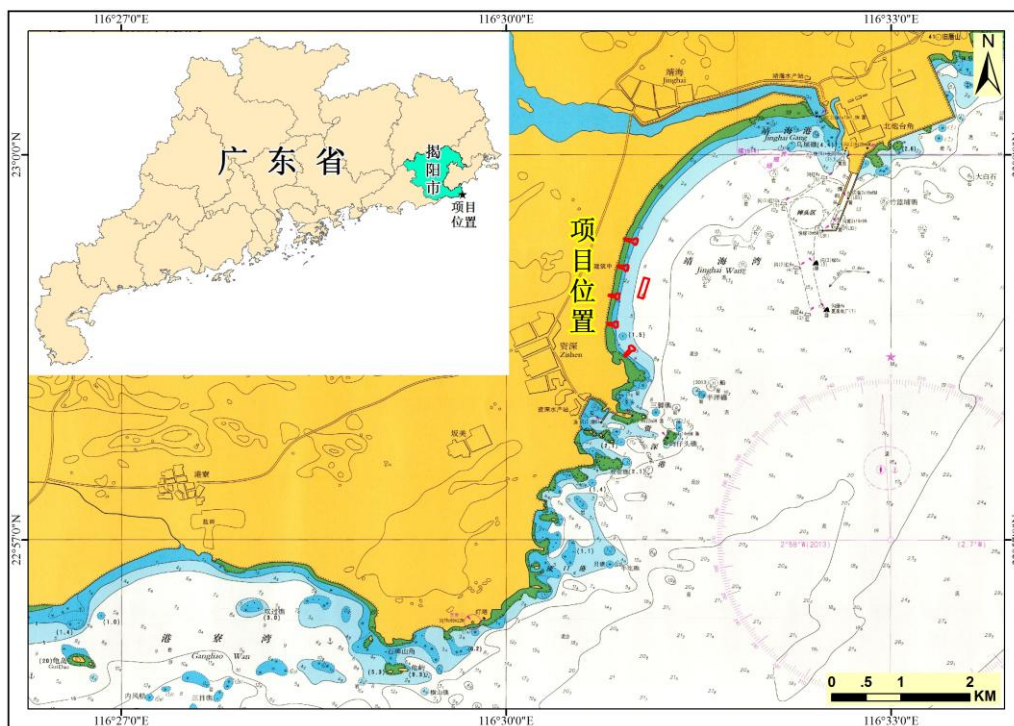


图 2.1.4-1 项目地理位置图

2.2 项目用海必要性及可行性分析

2.2.1 项目建设及用海必要性

2.2.1.1 项目建设必要性

(1) 靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程是全面贯彻落实《海洋环境保护法》，保护岸线资源，坚持海岸带可持续发展的需要

岸线资源是宝贵的不可多得的战略资源，是不可再生资源，对地方经济建设、社会发展和人民生活水平的提高，构建全面小康和谐社会起着巨大的作用。加强海洋资源和环境管理，对于促进海洋经济可持续发展具有重大意义。靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程通过保护 3000 多亩的防护林，对于整治靖海湾近海海域，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，促进海洋环境与海洋经济协调发展，坚持海洋可持续发展具有重要的作用。

(2) 靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程是防灾减灾的需要

绿洲海岸平均每年侵蚀后退 5.5m，未来 10 年内，现存的后滨高位养殖场将被完全损毁；海岸持续侵蚀，未来 30~50 年的累积蚀退幅度超过 200m。海岸侵蚀对石碑山风力电场影响较大，部分风机基座在海浪的不断侵蚀和冲刷下，已经裸露在外，产生了较大的安全隐患，如不及时进行加固处理或采取必要的修复措施，投资较大且具有示范意义的石碑山风力电场将会不可避免的受到破坏。另外，从当地居民生产生活实际来看，受到海岸侵蚀加剧的影响，沿岸养殖场的护墙已经开始破损、倒塌。资深村民世代居住的村庄，受到海岸侵蚀愈演愈烈的影响，也将面临迁徙等重大社会问题，如不及时进行处理，恐将激化矛盾，引起当地社会动荡。

通过靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程的实施，保护超过四亿万元的资产，保护资深村 2 万多人口的生命财产安全，是防灾减灾的重要举措。

(3) 靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程是扩大产业结构、恢复渔业经济，建设现代渔业构建和谐渔区的需要

以往由于人们重开发利用，轻恢复保护，对海洋资源过度透支，用海规划和管理力度不够，缺乏有力的海洋生态环境保护措施，致使海洋生态环境遭受严重破坏，渔业资源衰退，总可捕捞量持续下降，渔区经济出现了滑坡，渔民收入下降，给渔业经济发展和社会带来不稳定因素。靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程通过保护 2000 多亩的水产养殖、水产品加工，对于扩大渔区的产业调整，对发展海水养殖业，扶持养殖业产业的发展与布局，建立生态型工业体系，改善

渔民生活条件，恢复渔业经济，建设现在渔业和构建和谐渔区具有促进作用。

(4) 项目是贯彻落实国家“十二五”规划纲要提出的“陆海统筹，制定和实施海洋开发战略，提高海洋开发、控制、综合管理能力”的需要。

项目所在的靖海湾是揭阳市乃至广东省海洋经济的热点区域，附近有大型的滨海电厂、大型风能基地、重要渔港和优良的滨海旅游度假区，环靖海湾海洋经济带初步形成。海洋经济的蓬勃发展迫切要求海洋部门提升对资源开发利用的掌控能力，对区域海域海岸带空间资源进行科学合理的整理。通过本项目的实施，将为落实陆海统筹发展战略和提高海洋综合管理能力提供有益的经验借鉴。

2.2.1.2 项目用海必要性

建设海岸带整治与修复项目是解决海岸侵蚀、海岸建筑物冲刷的有效途径。通过建设丁字堤、浮式防波堤、浆砌护岸和人工补沙等措施，进行海岸带整治与修复。这些措施需要占用部分海域，才能得以实施。通过海岸整治修复项目的实施，能够全面改善该岸段的破坏现状及危害程度，兼顾岸段的生态保护，使海岸更具生态性、观赏性和完整性，改善和提高当地的旅游价值，加速当地旅游业的发展，从而逐步实现海岸带经济可持续发展的目标。

综上所述，项目用海由工程建设的必要性和海岸整治修复项目的特殊性决定，其用海是必要的。

2.2.2 项目用海可行性

(1) 靖海镇作为惠来县的主要渔产区，惠来三大中心镇之一，得天独厚的靖海湾，滋生了优良的靖海港和资深避风塘，结成兄弟渔港，是惠来县两大海洋渔业捕捞基地之一。靖海绿洲湾资深段岸带生态修复及保护项目，对于惠来县的水产养殖和靖海湾海区海域生态环境具有明显的改善作用，得到了当地政府和渔民的支持，人文条件良好。

(2) 由于项目的建设得到各级领导的支持，项目建设的施工外部协作条件也完全具备。因此，项目建设的基础条件得以解决。

(3) 建设所需资金上报国家海洋局，申报取得了 2012 年国家海域分成使用金解决。

(4) 项目建设所需的技术条件可行。

拟建项目场地属于构造稳定型场地，采用的水工结构为常见的结构型式，施工管理均有丰富的经验，项目实施的技术可行。

2.2.3 项目工程可行性

2015 年 12 月 14 日, 该项目初设报告通过了专家评审(附件 7), 专家评审意见如下: “初设”文件满足《国家海洋局关于 2012 年中央分成海域使用金支出项目(海域海岸带整治修复类)实施方案的批复》(国海管自 2013[296]号)的要求, 原则同意“初设”文件中提出的 5 组垂直丁字坝(“⊥”型结构、堤头向两侧各延伸 20m 结构方案)+浮式防波堤的总平面布置方案。因此, 该项目具有工程可行性。

2.3 工程的建设内容、平面布置、结构和尺度

2.3.1 建设内容、建设规模和建设投资

2.3.1.1 项目建设内容

本项目建设内容为在绿洲岸段布置 5 组垂岸丁字坝, 间距 400m 左右, 自风浪大浪作用上界起向海伸出至水深 2m 处, 丁字坝采用“⊥”型结构, 抛石浆砌, 构成人工岬角, 促进局地稳定岸滩发育。此外, 在 3 号和 4 号丁字坝间离岸约 450m 处建设一组浮式防波堤, 水面长度为 246m。浮式防波堤与丁字堤“软”“硬”互济, 控制海岸侵蚀。

2.3.1.2 项目建设规模

本项目沿绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸丁字坝, 间距 400m 左右, 丁字坝采用“⊥”型结构, 自岸边起向海伸出至水深 2m 处, 堤头位置向两侧各延伸出 20m 与原堤垂直的结构, 一号至五号丁字坝的长度分别为 200m、140m、180m、170m、200m, 一共 890m。单个丁字堤堤身水下坡脚线间宽度约 38m, 堤头水下坡脚线间宽度约 89m。坡度系数为 1.5。浮式防波堤水面长度为 246m, 宽度为 6m。

2.3.1.3 项目建设投资

本项目总投资约 2775.57 万元。其中, 斜坡式扭王字块护面结构方案项目工程总投资为 1795.57 万元, 其中工程费用 1363.46 万元, 其他费用 346.61 万元, 预备费 85.50 万元。浮式防波堤造价约 980 万元。

2.3.2 平面布置

本项目总平面布置图见图 2.3.2-1, 丁字坝平面布置见图 2.3.2-2, 浮式防波堤平面布置见图 2.3.2-3。由图可见, 项目布置为五个丁字堤坝。由于五个丁字堤

坝平面布置和结构类似,以3号丁字堤坝为例,给出单个丁字堤坝结构剖面图(图2.3.2-4),3号丁字坝1-1断面图(2.3.2-5)、3号丁字坝2-2断面图(2.3.2-6)、3号丁字坝3-3断面图(2.3.2-7)和3号丁字堤坝4-4断面图(2.3.2-8)。

图 2.3.2-1 靖海湾整治修复项目总平面布置图

图 2.3.2-2 项目丁字坝平面布置图

图 2.3.2-3 项目浮式防波堤平面布置图

图 2.3.2-4 3 号丁字坝纵剖面图

图 2.3.2-5 3 号丁字坝 1-1 断面图

图 2.3.2-6 3 号丁字坝 2-2 断面图

图 2.3.2-7 3 号丁字坝 3-3 断面图

图 2.3.2-8 3 号丁字坝 4-4 断面图

2.3.3 水工建筑物结构和尺度

2.3.3.1 丁字坝结构

丁字坝堤根至水深-0.0m 的堤身采用斜坡式浆砌块石护面结构方案，采用在原地面上抛 $W>150\text{kg}$ 棱体块石，棱体上为斜坡式浆砌块石护面，坡度系数 $m=1.5$ ，浆砌石后 5~80 混合碎石倒滤层，堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，砌筑 0.6m 厚的 M10 浆砌石。

堤身（0~-2.0）米水深处采用斜坡式浆砌块石护面结构型式，坡度系数为 $m=1.5$ ，堤顶高程取 2.5m；堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，砌筑 0.9m 厚的 M10 浆砌石，内外侧均采用 0.9m 厚浆砌块石护面，护坦抛石宽 5m，采用 60~150kg 块石。

堤头（-2.0~-3.0）米水深处采用斜坡式扭王字块护面结构型式，坡度系数为 $m=1.5$ ，堤顶高程取 2.5m；堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，内外侧均采用 3t 扭王字块护面，护坦抛石宽 10m，采用 60~150kg 块石。

2.3.3.2 丁字坝主要尺度

1、堤顶高程

根据《防波堤设计与施工规范》（JTS 154-1-2011）4.1.3 有关规定，按越浪考虑：

$$\begin{aligned}\text{堤顶高程} &= \text{设计高水位} + 0.6H_{13\%} \\ &= 1.80 + 0.6 \times 3.21 \\ &= 3.726\end{aligned}$$

本工程作为砂质海岸侵蚀防护的丁字坝工程，拟考虑采用目前比较常见的潜堤的方式，同时受项目资金的限制，本项目主要目的为拦砂和减弱波浪对海岸的侵蚀，非完全防护不越浪。经综合考虑各方面因素，确定堤顶高程为 2.5m。

2、堤顶宽度

堤顶宽度根据构造和工艺及使用要求综合确定。

设计高水位：1.80m

$$\begin{aligned}\text{按构造要求：} B &= (1.10 \sim 1.25) H_{13\%} \\ &= (1.10 \sim 1.25) \times 3.21\end{aligned}$$

$$=3.531\sim 4.013\text{m}$$

堤头的堤顶安放 2 块 3t 扭王字块，并考虑施工时过车需求，综合考虑各方面因素堤顶宽度取 $B=4.0\text{m}$ 。

3、护面块体稳定重量和护面层厚度

(1) 护面块体稳定重量

堤头段按《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011)公式计算：

$$W = 0.1 \frac{\gamma_b H^3}{K_D (S_b - 1)^3 \text{ctg}\alpha} \quad (2.3.2-1)$$

$$S_b = \frac{\gamma_b}{\gamma} \quad (2.3.2-2)$$

式中 W ——单个块体的稳定重量 (t)；

γ_b ——块体材料的重度 (KN/m³)；

H ——设计波高 (m)；

K_D ——块体稳定系数；

γ ——水的重度 (KN/m³)；

α ——斜坡与水平面的夹角 (°)。

式中 W ——单个块体的稳定重量 (t)；

γ_b ——块体材料的重度 (kN/m³)，取 23；

H ——设计波高 (m)，取 3.3；

K_D ——块体稳定系数，四脚空心方块取 14，扭王字块取 18；

γ ——水的重度 (kN/m³)，取 10.25；

α ——斜坡与水平面的夹角 (°)，取 $\text{ctg}\alpha=1.5$ 。

计算得丁字坝堤头段四脚空心方块重量为 2.044t，扭王字块重量为 1.59t；根据计算及经济技术综合考虑，确定堤头护面方案如下：

丁字坝堤头段推荐方案采用 3t 扭王字方块，比选方案采用 3t 四脚空心方块。

堤身段选址浆砌块石按《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011)公式计算：

$$h = 1.3 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma K_D} H (K_{md} + K_\delta) \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (2.3.2-3)$$

$$m = \cot \alpha \quad (2.3.2-4)$$

式中 h ——护面层厚度 (m);

γ_b ——块体材料的重度 (KN/m³), 取 26.5;

H ——设计波高 (m), 取 1.62;

K_{md} ——与 m 值和 d/H 有关的系数, 取 0.311;

γ ——水的重度 (KN/m³);

α ——斜坡与水平面的夹角 (°), $\text{ctg}\alpha = 1.5$ 。

计算得: $h = 819\text{mm}$, 经综合考虑从堤身段设置 900mm 的浆砌块石护面。

4、垫层块石的重量和厚度

(1) 垫层块石的重量

根据《防波堤设计与施工规范》4.2.4-1 规定垫层块石重量为块体的 1/20~1/10;

经综合考虑, 垫层块石重量取 $W = 150 \sim 300\text{kg}$;

(2) 垫层块石厚度

根据《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011)4.2.19 规定, 垫层块石厚度按公式计算:

$$h = n' c \left(\frac{W}{0.1 \gamma_b} \right)^{1/3} \quad (2.3.2-5)$$

式中: h ——护面层厚度 (m);

c ——块体形状系数。

其中: $c = 1.0$, $n' = 2$, $\gamma_b = 26.5\text{KN/m}^3$;

堤头段取 $h = 900\text{mm}$;

堤身段取 $h = 720\text{mm}$;

5、堤前护底块石的稳定重量和厚度

(1) 堤前最大波浪底流速

根据《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011)公式计算:

$$V_{\max} = \frac{\pi H}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (2.3.2-6)$$

经比较取设计低水位 0.20m 的情况：

计算得：Vmax=0.18

(2) 护底块石的稳定重量

依据规范：堤前护底块石的稳定重量根据堤前最大波浪底流速按表 2.3.3-1 确定：

表 2.3.3-1 堤前护面底块石的稳定重量

$V_{\max}(\text{m/s})$	$W(\text{kg})$	$V_{\max}(\text{m/s})$	$W(\text{kg})$
2.0	60	4.0	400
3.0	100	5.0	800

确定护底块石的稳定重量选用 $W=60\sim 100\text{kg}$ 块石，经计算，厚度取 1000mm。

5 堤头段波浪特征值

根据本项目初设报告，按照《海港水文规范 JTS 145-2-2013》中不同 $H_{13\%}/d$ 与 $H_F\%/H_{13\%}$ 的关系图换算得到各水位下丁字坝代表点波浪要素，见表 2.3.3-2。波高取值为堤头段数据。

表 2.3.3-2 50 一遇波高+设计高潮位堤身各代表点波高

重现期	代表点	$H_{1\%}$ (m)	$H_{4\%}$ (m)	$H_{5\%}$ (m)	$H_{13\%}$ (m)	$\bar{T}$ (s)	$\bar{L}$ (m)
50 年一 遇波高 +设计高 水位	1 号坝堤头	2.2	2.0	2.0	1.78	9.3	56.2
	2 号坝堤头	2.0	1.8	1.8	1.62	7.2	35.1
	3 号坝堤头	1.8	1.7	1.6	1.49	5.5	26.8
	4 号坝堤头	2.0	1.8	1.8	1.60	5.6	27.3
	5 号坝堤头	1.9	1.8	1.7	1.58	5.5	26.8

丁字坝堤身段局部破坏对项目效果影响很小，结合初步设计专家组评审意见堤身段波浪已经破碎，表 2.3.3-2 中的 $H_{13\%}$ 取值同时可以节约投资，控制总投资额度。

2.3.3.3 浮式防波堤结构

在 3 号和 4 号丁字坝间离岸约 450m 处建设一组浮式防波堤，水面长度为 246m，宽度 6m。浮式防波堤采用浮箱式钢筋混凝土结构，通过锚固系统固定在海面上。浮式防波堤共设计 19 个钢筋混凝土结构浮式防波构件（浮箱）和 22 个钢筋混凝土结构重力锚。浮式防波堤通过对波浪进行反射、折射和衍射，有效地分散波浪在传递方向上的能量，对整个海面的波浪能量进行重新分布和调整，从而使近岸活动泥沙量值达到预期分布，对波浪起到“以柔克刚”、对海岸起到护岸养岸的作用，是一种创新的控制海岸侵蚀的方法。浮式防波堤结构立面见图 2.3.3-1~图 2.3.3-5。

图 2.3.3-1 浮式防波堤结构立面图一

图 2.3.3-2 浮式防波堤结构立面图二

图 2.3.3-3 浮式防波堤结构立面图三

图 2.3.3-4 浮式防波堤结构立面图四

图 2.3.3-5 浮式防波堤结构立面图五

2.3.3.4 浮式防波堤锚块和锚链计算

(1) 锚块计算

波浪要素：波高3m，周期6s，最大波浪力921 kN。

潮流：冬季最大潮流流速1.31m/s，夏季最大流速为0.59m/s。

锚块自重经计算为680.9kN。

(2) 锚链计算

拟用锚链参数：无档 二级 直径：62mm。

拉力负荷991.75kN，每米重：76.42KG

水深：8m

根据规范《斜坡码头及浮码头设计与施工规范》（JTJ294-98）附录B计算：

$F = T + H = 921 + 7.642 \times 8 = 982.14 \text{ kN}$ 满足要求。

2.4 工程的辅助和配套设施，依托的公用设施

2.4.1 施工预制场地

为方便船舶运输预制件，本项目扭王字块和浮箱等预制场地布设在惠来靖海码头附件，位置示意图见图 2.4.1-1，1#和 2#区域尺寸设计见图 2.4.1-2。



图 2.4.1-1 施工场地陆上位置示意图



图 2.4.1-2 施工场地 1#区域和 2#区域尺寸设计图

2.4.2 施工废水处理

在施工场地建设临时导流沟，导流沟上设置沉砂池，将暴雨径流经沉砂后引至雨水管网排放，避免雨水横流现象。针对设备车辆冲洗，设置沉淀池，将冲洗废水简单处理后循环使用。严禁将施工过程中砂石料的冲洗、混凝土搅拌产生的废水及混浊泥浆等倒入海中，必须经临时沉淀后有组织排放。

2.4.3 生活污水处理

陆域施工场地产生的生活污水和生产污水分别收集，集中处理。

2.5 工程施工工艺、工程量及计划进度

2.5.1 工程施工工艺

建筑丁字坝的扭王字块，以及浮式防波堤的浮箱和锚块在岸边临时预制场进行预制。从靖海码头上船，并由水上船只装运安放。

1、丁字坝施工工艺

丁字坝的施工顺序大致如下：1) 第一步：预制 3t 扭王字块；2) 第二步：陆上推进抛堤心石及铺筑垫层块石；3) 第三步：抛棱体块石和护坦石；4) 第四步：安放护面块石、安装 3t 扭王字块；5) 第五步：堤顶砌筑 M10 浆砌石。

2、浮式防波堤施工工艺

(1) 准备工作

1) 准备拖运工作之前，应先为所有或部分浮箱和重力锚定位，并用旗杆或浮球等方式标识。

2) 拖运之前，应给现场锚位基槽开挖预留时间，做好协调，争取基槽开挖完毕马上进行重力锚的沉放工序。

3) 重力锚拖运之前应连接浮球（至少 1 个）。

4) 如由于陆上施工场地面积限制，无法一次完成所有浮箱和重力锚的施工，则需将已完成并通过验收的混凝土构件吊运下水，并拖运至附近海上存放点。

5) 全部构件（浮箱和重力锚）混凝土工程部分完工并通过验收后，方可进行海上施工与安装。

(2) 拖运与安装

重力锚沉放过程中要求慢速、平稳下沉，下沉过程中水平漂移不宜大于 2 米且最终水平坐落在基槽范围内。为了表述方便，首先对浮箱和锚块进行了编号，如图 2.3.2-3 所示。以下叙述中的重力锚及浮箱的具体施工顺序可根据现场实际要求进行调整。具体拖运与安装过程如下：

1) 开挖重力锚（1#）拟沉放位基槽，并用旗杆对基槽四个角进行标识；

2) 在水上存放点将拖运用缆绳、长锚链（ML1）、浮球等安装到准备拖运的重力锚 1#上，长锚链（ML1）浮箱端连接一段缆绳（约 20 米左右）；

3) 基槽开挖完毕后立刻将重力锚（1#）拖运至沉放点（用缆绳）；

4) 将长锚链（ML1）拉至拖船锚机或卷扬机上，重力锚（1#）的另外三个角通过缆绳分别与三艘小拖轮上的小铁锚（暂设 300kg，具体以能使重力锚在下沉过程中不发生过大水平位移为准，余同）连接；

5) 每艘小拖轮分别载一个小铁锚，向各自预定方向驶离，通过不断调整小拖轮的位置，最终确定重力锚到达沉放位基槽上方，最后同时抛铁锚；此步骤铁锚的作用主要是为了防止重力锚下沉过程中发生过大的水平漂移；

6) 重力锚（1#）到基槽范围内，开始给重力锚灌水使其平稳慢速下沉（通过小水泵灌水即可）；下沉过程中不断下放长锚链（ML1）；

7) 重力锚（1#）完成沉放后，由潜水员下水检查重力锚位置、姿态是否合格；

8) 重力锚（1#）沉放检查合格，并通过验收后，对其基槽进行回填和掩埋，并回收定位用小铁锚（300kg）；

- 9) 与长锚链 (ML1) 连接的缆绳一头连接一个浮球, 并将其全部抛入水中;
- 10) 重力锚 (1#) 完成步骤 1-9 并通过验收后, 方可进行重力锚 (2#) 的海上拖运与沉放, 其过程同重力锚 (1#) 步骤 1-9;
- 11) 由拖船将浮箱 (1#) 拖运至海上安装点;
- 12) 在安装点, 三个小拖轮和拖船各载一个大铁锚 (暂设 500kg, 具体以能控制浮箱在安装施工过程中不发生过的水平漂移为准, 余同) 通过缆绳与浮箱 (1#) 的四个十字钢板 1 连接, 并向四个不同方向驶离;
- 13) 通过不断调整三个小拖轮和拖船载的位置, 最终确定浮箱 (1#) 的位置与方向并抛铁锚; 此步骤主要是为了暂时固定浮箱的位置;
- 14) 找到重力锚 (1#) 上长锚链 (ML1) 对应浮球, 并将缆绳和锚链拖拉至浮箱对应十字钢板位置, 使长锚链 (ML1) 刚好可以通过卸扣与十字钢板连接, 并回收多余缆绳和浮球;
- 15) 重复步骤 14, 将重力锚 (2#) 上长锚链 (ML1) 与浮箱十字钢板 1 连接;
- 16) 浮箱 (1#) 就位后重新校核浮箱和重力锚定位, 及时调整和更新之后重力锚基槽坐标;
- 17) 重复步骤 1-9, 完成重力锚 (3#、4#) 的拖运、沉放、回填;
- 18) 由拖船将浮箱 (2#) 拖运至海上安装点, 与浮箱 (1#) 相邻一侧通过锚链 (ML2, ML3) 连接, 并在中间设置防撞轮胎;
- 19) 两艘小拖轮各载一个大铁锚 (500kg) 通过缆绳与浮箱 (2#) 另外一侧的两个角点连接, 并朝不同方向驶离, 以调整浮箱 (2#) 的位置与方向; 到达合适位置后, 同时抛锚;
- 20) 找到重力锚 (3#) 上长锚链 (ML1) 对应浮球, 并将缆绳和锚链拖拉至两浮箱 (1#, 2#) 间的锚链 (ML2), 并通过卸扣将锚链 (ML1) 与锚链 (ML2) 连接, 并回收多余缆绳和浮球;
- 21) 重复步骤 20, 完成重力锚 (4#) 的安装;
- 22) 回收浮箱 (1#) 与浮箱 (2#) 相邻一侧两个的大铁锚 (500kg);
- 23) 重复步骤 16-21, 可完成后面的浮箱与重力锚的安装, 注意重力锚 (21#, 22#) 上长锚链 (ML1) 直接与浮箱 (19#) 的十字钢板 1 连接;
- 24) 回收防波堤两侧 (浮箱 1#、19#) 剩余四个大铁锚 (500kg), 并安装警示灯。

2.5.2 土石方平衡

本项目丁字坝施工主要采用扭王字块, 为预制结构, 扭王字块和砂、石通过外购方式获得。浮式防波堤浮箱通过预制方式定做, 钢筋、砂石等通过外购方式

获得。本项目靠近惠来县靖海镇，周边建筑材料来源丰富，可通过陆运至现场。浮式防波堤锚块基槽开挖产生土方约4400m³，后用于锚块灌沙和锚块基坑回填。

2.5.3 施工船舶

本项目丁字坝中垫层块石、护坦和棱体抛石均采用民船装运安放，扭王字块采用内燃441kW(600hp)的拖轮和方驳（载重量:400吨）进行施工。浮式防波堤基槽开挖采用2m³抓斗船，浮箱托运采用2艘大船和1艘小船。

2.5.4 施工进度计划

丁字坝施工进度计划为12个月，工程进度安排总表见表2.5.4-1。丁字堤坝水下施工进度约3个月。浮式防波堤陆上预制时间6~10个月，海上施工进度约4个月。

表 2.5.4-1 项目施工进度计划表

序号	月份	1-3	4-6	7-9	10-12
1	施工准备	→			
2	丁字坝工程	——	——	——	→
3	浮式防波堤	——	——	——	→
4	竣工验收				→

2.6 工程占用（利用）海岸线和海域状况

本项目为特殊用海中的海岸防护工程用海。根据上述本项目的建设内容、建设规模、《海籍调查规范》(HYT124-2009)的相关要求，项目用海总面积为5.8133公顷。其中丁字坝用海面积3.6525公顷，浮式防波堤用海面积2.1608公顷。项目宗海位置图见图2.6-1，界址图见图2.6-2，项目用海界址点坐标详见表2.6-1。项目占用自然岸线98.7m。

惠来整治修复项目用海位置图

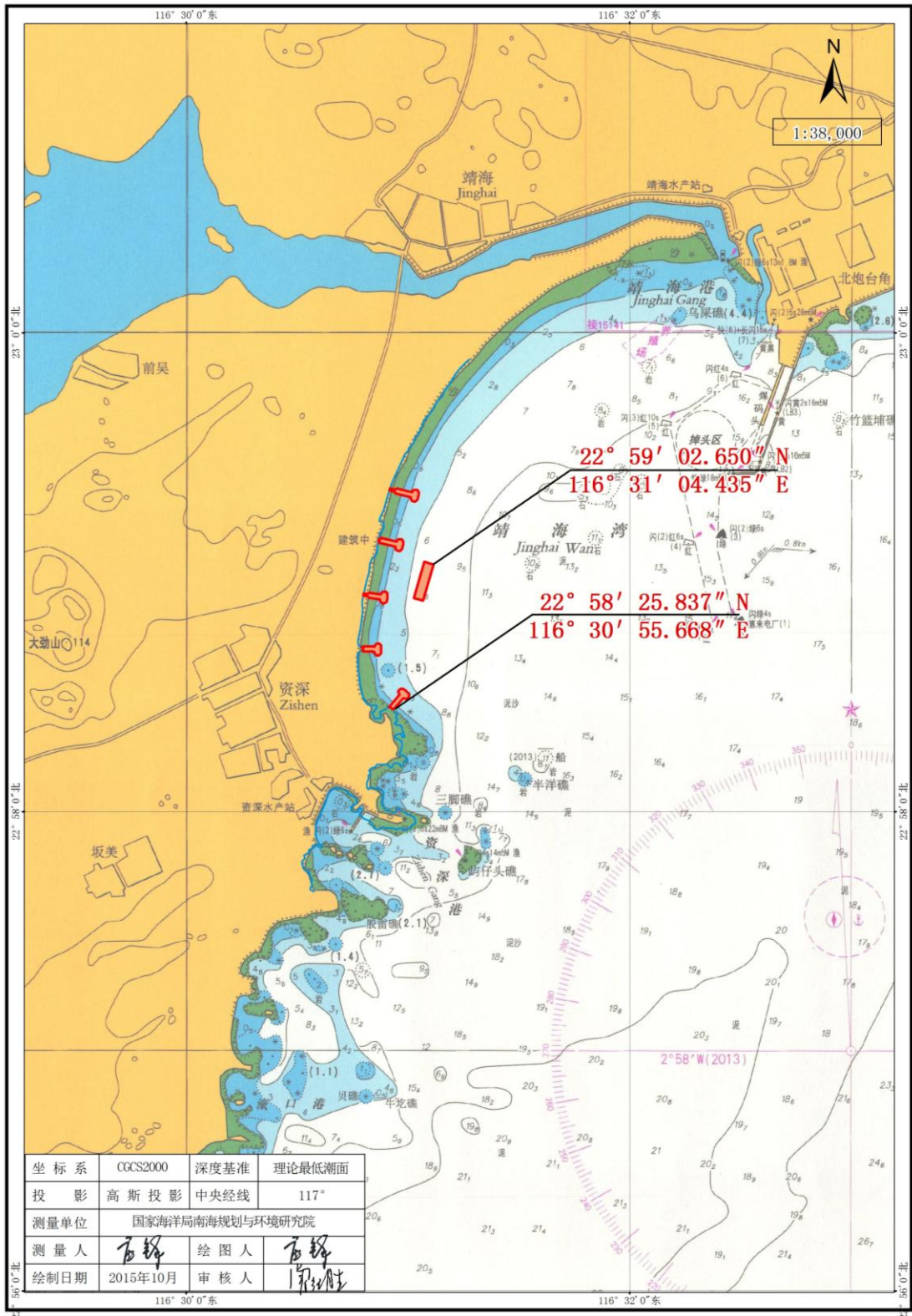


图 2.6-1 项目宗海位置图

惠来整治修复项目用海界址图

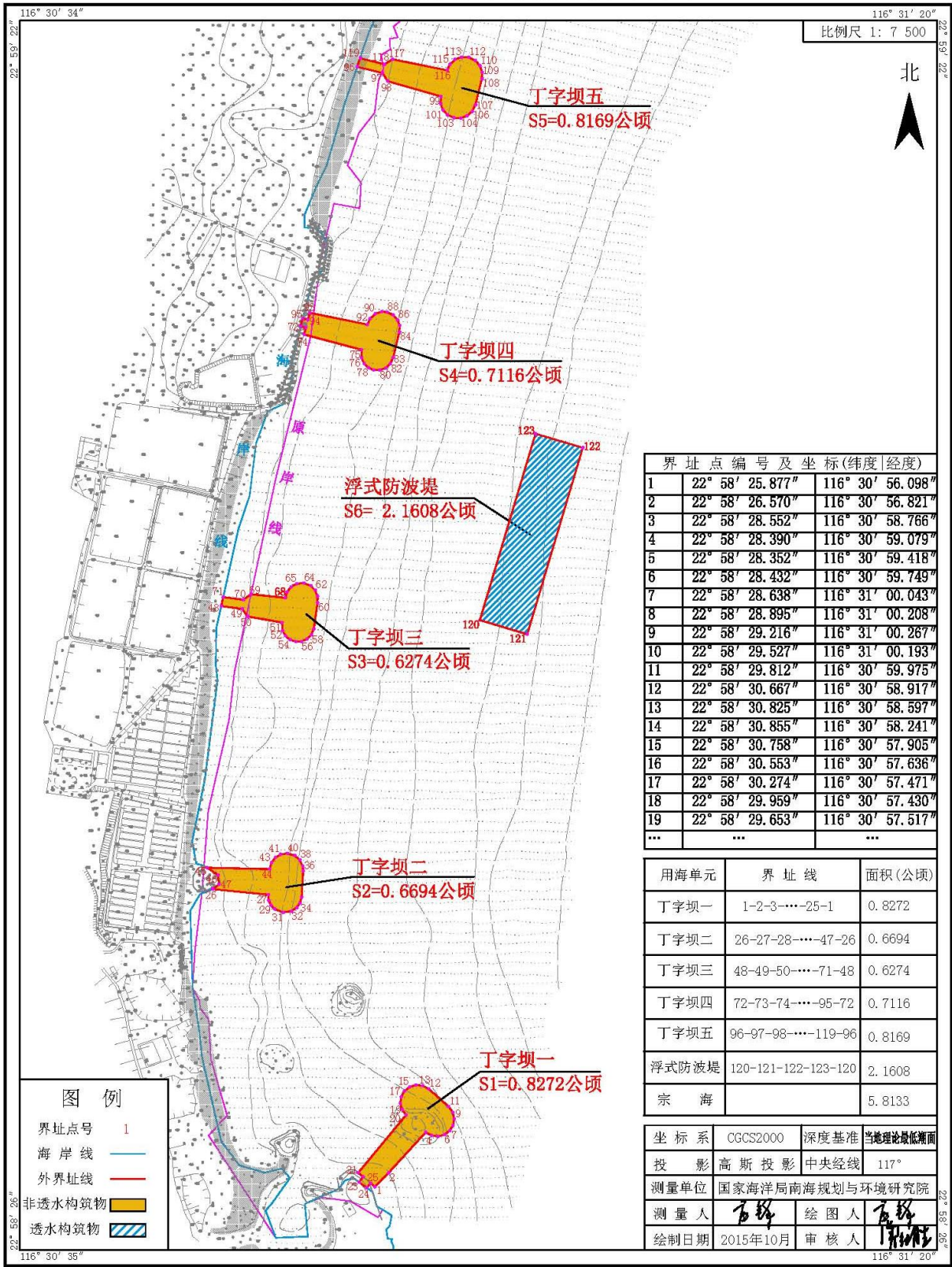


图 2.6-2 项目宗海界址图

表 2.6-1 项目宗海界址点坐标

编号	CGCS2000		编号	CGCS2000	
	经度 (E)	纬度 (N)		经度 (E)	纬度 (N)
1	116°30'56.098"	22°58'25.877"	63	116°30'52.608"	22°58'55.200"
2	116°30'56.821"	22°58'26.570"	64	116°30'52.248"	22°58'55.326"
3	116°30'58.766"	22°58'28.552"	65	116°30'51.872"	22°58'55.295"
4	116°30'59.079"	22°58'28.390"	66	116°30'51.575"	22°58'55.141"
5	116°30'59.418"	22°58'28.352"	67	116°30'51.363"	22°58'54.886"
6	116°30'59.749"	22°58'28.432"	68	116°30'51.278"	22°58'54.603"
7	116°31'00.043"	22°58'28.638"	69	116°30'49.456"	22°58'54.772"
8	116°31'00.208"	22°58'28.895"	70	116°30'49.064"	22°58'54.502"
9	116°31'00.267"	22°58'29.216"	71	116°30'48.007"	22°58'54.628"
10	116°31'00.193"	22°58'29.527"	72	116°30'52.029"	22°59'07.865"
11	116°30'59.975"	22°58'29.812"	73	116°30'52.312"	22°59'07.795"
12	116°30'58.917"	22°58'30.667"	74	116°30'52.220"	22°59'07.454"
13	116°30'58.597"	22°58'30.825"	75	116°30'55.245"	22°59'06.716"
14	116°30'58.241"	22°58'30.855"	76	116°30'55.244"	22°59'06.323"
15	116°30'57.905"	22°58'30.758"	77	116°30'55.392"	22°59'06.035"
16	116°30'57.636"	22°58'30.553"	78	116°30'55.622"	22°59'05.841"
17	116°30'57.471"	22°58'30.274"	79	116°30'55.884"	22°59'05.740"
18	116°30'57.430"	22°58'29.959"	80	116°30'56.206"	22°59'05.728"
19	116°30'57.517"	22°58'29.653"	81	116°30'56.523"	22°59'05.833"
20	116°30'57.730"	22°58'29.390"	82	116°30'56.769"	22°59'06.039"
21	116°30'55.215"	22°58'26.564"	83	116°30'56.918"	22°59'06.336"
22	116°30'55.477"	22°58'26.373"	84	116°30'57.236"	22°59'07.602"
23	116°30'55.268"	22°58'26.105"	85	116°30'57.248"	22°59'07.909"
24	116°30'55.668"	22°58'25.837"	86	116°30'57.145"	22°59'08.179"
25	116°30'55.875"	22°58'26.057"	87	116°30'56.927"	22°59'08.412"

26	116°30'47.503"	22°58'40.380"	88	116°30'56.593"	22°59'08.560"
27	116°30'50.421"	22°58'40.117"	89	116°30'56.314"	22°59'08.577"
28	116°30'50.454"	22°58'39.841"	90	116°30'55.966"	22°59'08.474"
29	116°30'50.572"	22°58'39.608"	91	116°30'55.688"	22°59'08.236"
30	116°30'50.764"	22°58'39.420"	92	116°30'55.554"	22°59'07.945"
31	116°30'51.216"	22°58'39.254"	93	116°30'52.524"	22°59'08.512"
32	116°30'51.652"	22°58'39.316"	94	116°30'52.413"	22°59'08.174"
33	116°30'51.928"	22°58'39.489"	95	116°30'52.135"	22°59'08.234"
34	116°30'52.099"	22°58'39.712"	96	116°30'54.971"	22°59'20.518"
35	116°30'52.184"	22°58'39.997"	97	116°30'56.315"	22°59'20.221"
36	116°30'52.265"	22°58'41.295"	98	116°30'56.569"	22°59'19.828"
37	116°30'52.241"	22°58'41.511"	99	116°30'59.381"	22°59'19.092"
38	116°30'52.076"	22°58'41.826"	100	116°30'59.371"	22°59'18.734"
39	116°30'51.808"	22°58'42.035"	101	116°30'59.504"	22°59'18.423"
40	116°30'51.433"	22°58'42.136"	102	116°30'59.735"	22°59'18.194"
41	116°30'51.066"	22°58'42.083"	103	116°31'00.076"	22°59'18.046"
42	116°30'50.786"	22°58'41.923"	104	116°31'00.435"	22°59'18.031"
43	116°30'50.587"	22°58'41.678"	105	116°31'00.773"	22°59'18.142"
44	116°30'50.499"	22°58'41.364"	106	116°31'01.043"	22°59'18.364"
45	116°30'47.204"	22°58'41.424"	107	116°31'01.210"	22°59'18.689"
46	116°30'47.777"	22°58'41.070"	108	116°31'01.538"	22°59'19.953"
47	116°30'47.826"	22°58'40.607"	109	116°31'01.556"	22°59'20.270"
48	116°30'47.904"	22°58'54.193"	110	116°31'01.436"	22°59'20.596"
49	116°30'49.002"	22°58'54.056"	111	116°31'01.190"	22°59'20.852"
50	116°30'49.297"	22°58'53.688"	112	116°31'00.846"	22°59'21.003"
51	116°30'51.103"	22°58'53.403"	113	116°31'00.469"	22°59'21.015"
52	116°30'51.135"	22°58'52.995"	114	116°31'00.122"	22°59'20.893"
53	116°30'51.293"	22°58'52.739"	115	116°30'59.850"	22°59'20.651"

54	116°30'51.535"	22°58'52.556"	116	116°30'59.711"	22°59'20.364"
55	116°30'51.830"	22°58'52.467"	117	116°30'56.844"	22°59'20.891"
56	116°30'52.139"	22°58'52.480"	118	116°30'56.411"	22°59'20.651"
57	116°30'52.426"	22°58'52.597"	119	116°30'55.123"	22°59'20.938"
58	116°30'52.651"	22°58'52.805"	120	116°31'01.539"	22°58'53.545"
59	116°30'52.781"	22°58'53.083"	121	116°31'04.031"	22°58'52.865"
60	116°30'52.971"	22°58'54.365"	122	116°31'06.927"	22°59'01.971"
61	116°30'52.975"	22°58'54.683"	123	116°31'04.435"	22°59'02.650"
62	116°30'52.844"	22°58'54.982"			

3 工程分析

3.1 工程各阶段污染环节与环境影响分析

根据海岸整治修复工程施工特点,结合工程附近海域的环境特征和开发利用现状,按照重点保护生态环境以及施工海域外环境保护目标的原则,工程施工期间海洋环境污染因素主要有:

- (1) 浮式防波堤锚块基槽开挖、堤心抛石挤淤产生的悬浮泥沙;
- (2) 陆上施工人员及水上船舶施工人员产生的生活污水;
- (3) 施工建设场地工地污水;
- (4) 施工船舶舱底油污水和机械运行、冲洗及维修产生的油污水。
- (5) 施工产生的生活垃圾及建筑垃圾;

本工程为砂质海岸侵蚀的防护工程措施,包括水上丁字坝工程和浮式防波堤工程,因此工程营运期间对海洋环境无污染。

3.1.1 施工期污染物排放状况

3.1.1.1 悬浮物排放

(1) 基础开挖

本工程浮式防波堤锚块基槽开挖采用 2m^3 抓斗式挖泥船进行作业,挖掘频率取 $2\text{min}/\text{次}$,悬浮比例为 $20\text{kg}/\text{m}^3$,则可估算出挖泥源强为 $0.33\text{kg}/\text{s}$ 。

(2) 抛石挤淤

丁字坝堤心抛石产生的水体悬浮物包括两部分,一部分为块石自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物,一部分为抛填块石时扰动底床产生的悬浮物。项目丁字坝抛石包括堤心石和护底块石。其中护底块石抛填量仅约为 12692.00m^3 ,可不予以考虑,仅考虑抛填堤心石。堤心石抛填量约 14357m^3 ,块石中的泥土含量很低(含泥、砂 $<10\%$),以抛石体积的 2% 计,该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以 10% 计,则可形成悬浮泥沙的量约为 29m^3 ;工程区底质为淤泥质细砂,抛石过程中搅动产生的悬浮泥沙量按抛石量的 1% 计,约为 144m^3 。抛填堤心石悬浮泥沙产生总量为 173m^3 ,以每天施工 8 个小时计,堤心石抛填施工时间以 2 个月计,悬浮泥沙干容重取 $1.12\text{t}/\text{m}^3$,则抛石工序产生的悬浮泥沙量约为

0.12kg/s，为近似移动连续源。

3.1.1.2 施工废水

本工程施工期间的废水主要有生活污水、含油废水及工地污水。

(1) 生活污水

生活污水主要来源于陆上施工人员和船舶施工人员。陆上施工人员估算为 20 人。本次评价按 1 艘 2 方抓斗船、1 艘舱容 280 方泥驳、1 艘抛石船、1 艘载重量为 400 吨的方驳、1 艘拖轮估算。根据《沿海港口水工建筑工程及装卸机械设备安装工程船舶机械艘（台）班费用定额》（交水发[2004]247 号），抓斗式挖泥船定员为 11 人，泥驳定员为 5 人，抛石船定员为 9 人，方驳定员为 3 人，拖轮定员为 7 人，合计 35 人。每人每天污水量按 80L 估算，则船舶上工作人员生活污水最大产生量约为 $2.8\text{m}^3/\text{d}$ 。主要污染因子特征浓度：COD：350mg/L，氨氮 40mg/L。COD 的发生量约为 0.98kg/d，氨氮 0.112kg/d。陆地生活污水由环保厕所处理。施工船舶生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集，靠岸后由惠来县环卫部门用槽车接收后处理。

(2) 油污水

本工程水上作业船舶数约为 5 艘，主要为抓斗船、方驳、抛石船和拖轮等。根据《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007），船舶舱底油污水发生量以 $0.14\text{t}/\text{d}\cdot\text{艘}$ 计，则每天共产生油污水 0.7t。机舱油污水的含油量为 2000~20000mg/L，按 10000mg/L 估算，则施工期石油类污染物的发生量共约为 7kg/d。本项目船舶主要在工程附近海域活动，其含油污水将严格按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》，排放至岸上或水上移动油污水接收设施，并交由有资质的单位处理。因此，船舶含油废水对海洋环境影响较小。但应加强设备保养与维护，杜绝跑、冒、滴、漏，由揭阳市船舶服务中心接收处理。

陆域施工机械维修及冲洗产生的油污量较少，用容器收集，并定期由施工单位交给有资质的单位进行处理。

(3) 工地污水

陆域施工生产用水主要是施工现场混凝土搅拌用水，浇注养护用水以及其它机械用水，其中前两项用水占 92%以上。类比同类项目，目前施工作业砂石料冲洗废水的发生量约 $5\text{m}^3/\text{d}$ ，这些污水含有大量的淤泥，将在施工场地设置污水沉淀池，不向海洋环境排放。工地污水在沉淀池经充分沉淀后，上层清液体回收使用于工程建设，实际入海量极少，对水环境基本无影响。暴雨期间工地产生的污泥径流，也经过沟渠排入沉淀池进行沉淀。因此，施工方在施工时应做好水土保

持工作，避免了作业面污水漫流。

3.1.1.3 固体废物

项目施工过程中会产生如下固体废物：

(1) 生活垃圾

根据《港口工程环境保护设计规范》(JTS 149-1-2007)，施工船舶垃圾以人均 1.5kg/d 产生量计算，本工程水上施工作业人员约为 35 人，则施工船舶工作人员每天产生约 52.5kg 的生活垃圾，生活垃圾由惠来县环卫部门接收后送至惠来县靖海镇生活垃圾综合处理厂处理。

(2) 生产垃圾

生产垃圾主要为基础开挖土和建筑垃圾。锚块基槽开挖沙土用于锚块灌沙和锚块基坑回填。建筑垃圾（瓦砾碎砖、废弃建材等）产生量约 20kg/d，不可回收利用的将由施工单位负责清理。

3.1.1.4 施工期主要污染物汇总

项目施工期主要海洋环境污染物的产生及排放情况见表 3.1-1。

表 3.1-1 项目施工期主要污染物排放情况

种类	污染源		发生量	主要污染物	环保措施及排污去向
悬 浮 物	锚块基槽开挖		0.33kg/s	SS	间断自然排海
	抛石挤淤		0.12kg/s	SS	
废水	生 活 污 水	陆地	1.6m ³ /d	COD _{Cr} (350mg/L) 氨氮 (40 mg/L)	设移动环保厕所和化粪池收集，再由槽车接收至惠来县污水处理厂

		船舶	2.8m ³ /d	COD _{Cr} (350mg/L) 氨氮 (40 mg/L)	由船舶自备的临时污水储存柜收集, 靠岸后由惠来县环卫部门用槽车接收后处理
	油污水				由船舶服务中心接收处理
		机械维修 冲洗油污	少量	—	由施工单位交给有资质的单位处理
	工地污水		5m ³ /d	SS	经沉淀池沉淀后回用
固 体 废 物	生活垃圾		52.5kg/d	食物残渣、卫生清扫物、废旧包装、瓶、罐等	由惠来县环卫部门接收后送至惠来县靖海镇生活垃圾综合处理厂处理。
	建筑垃圾		20kg/d	废弃建材等	不可回收利用的由施工单位负责清运

3.1.2 营运期污染物排放状况

本工程为砂质海岸侵蚀的防护工程措施, 仅建设丁字坝和浮式防波堤, 因此工程营运期间对海洋环境无污染。

3.2 工程各阶段非污染环节与环境影响分析

3.2.1 对海洋水动力环境、冲淤环境的影响

本项目丁字坝的建设将引起靖海湾海域水动力条件的改变, 并改变泥沙运移态势, 进而引起地形地貌与冲淤环境的变化。

3.2.2 对海洋生态环境的影响

(1) 工程将造成底栖生境破坏及底栖生物损失

本项目非透水构筑物丁字坝改变了所在海域原有的海底底质环境, 除少数游泳能力强的生物如底栖鱼类等, 在施工期间由于受到施工干扰将逃离外, 大部分底栖生物种类将被掩埋、覆盖, 绝大多数将死亡, 从而造成底栖生物损失。非透水构筑物彻底破坏底栖生物生境, 造成不可逆影响。

(2) 悬浮物对海洋生态环境的影响

施工过程中产生的悬浮物会引起局部海域水体浑浊，这将降低阳光的透射率，从而导致局部海域内海洋初级生产力下降，游泳生物迁移，浮游生物也将受到不同程度的影响，尤其是对滤食性浮游动物和进行光合作用的浮游植物的影响较大。此外，海域水体混浊水质下降，也会对鱼类生存环境造成一定的影响。

3.2.3 对通航环境的影响

本项目施工期采用抓斗船、方驳和抛石船等船只进行施工。船舶进驻施工现场会增加项目附近航道的通行密度，对通航环境产生一定的影响。

3.3 环境影响要素和评价因子的分析与识别

环境影响要素的判别和筛选，将按照工程分析识别施工期和建成对环境影响的污染和非污染要素，并结合环境敏感目标和重点保护对象筛选评价因子。

3.3.1 环境影响要素的识别

按照工程分析识别施工期和建成对环境影响的污染和非污染要素，见表 3.3-1。

表 3.3-1 环境影响要素和评价因子分析一览表

评价时段	环境影响要素	评价因子	工程内容及其表征	影响程度与分析评价深度	报告书中分析评价内容所在章节
施工期	海洋水文动力	海流	非透水构筑物丁字坝改变海岸地形及海底地貌	+++	6.1
	地形地貌	地貌演变	地形地貌改变、水动力改变引起泥沙场的重新分布。	+++	6.2
	海水水质、沉积物	悬浮物	堤心抛石产生的悬浮物	+++	6.3
		工地污水和生活污	来自施工场地	+	3.1.1

		水			
		含油废水	来自施工船舶、机械	+	3.1.1
		固体废物	来自施工人员生活垃圾、建筑垃圾	+	3.1.1
	海洋生态	底栖生物	构筑物破坏底栖生境	+++	6.6
		游泳生物	施工产生的悬浮物损	+++	6.6
		鱼卵仔鱼	害渔业生存环境	+++	6.6
运营期	海洋水质、沉积物、生态	不产生污染物			6.3

注 1: +表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较小或轻微,需要进行简要的分析与影响预测;

注 2: ++表示环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为中等,需要进行常规影响分析与影响预测;

注 3: +++环境影响要素和评价因子所受到的影响程度为较大或敏感,需要进行重点的影响分析与影响预测。

3.3.2 评价因子筛选

根据本工程主要环境影响要素,海区的环境敏感区、环境敏感目标和主要环境保护对象,确定本项目主要评价因子为:

水质环境现状评价因子为: pH、溶解氧 (DO)、生化需氧量 (BOD₅)、化学需氧量 (COD)、油类、无机氮 (DIN)、活性磷酸盐 (PO₄-P)、汞、砷、锌、镉、铅、铜和硫化物等共 14 项。

沉积物环境现状评价因子为: 有机碳、硫化物、总汞、铜、铅、镉、锌、铬和石油类共 9 项。

生态环境现状分析因子为: 叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、生物质量、鱼卵仔鱼和渔业资源等。

非污染要素主要环境影响评价因子为: 海洋生物的损失量、地形地貌之岸线与海底地形的改变、水动力环境之潮流场变化趋势、冲淤环境之泥沙淤积与冲刷趋势。

4 区域自然和社会环境现状

4.1 区域自然环境现状

4.1.1 气候

惠来沿岸海岛地处祖国大陆东南部沿海，属热带海洋性季风气候。具有常年高温、台风频繁，夏秋多雨，冬春干旱的气候特点。本小节气候概况资料选用惠来海洋站（116° 32′ 05″ E, 23° 00′ 04″ N）的2014年01月～2015年12月的气象观测资料。

4.1.2 气温

本区域全年气温较高，多年年平均气温为22.1℃，平均气温年变幅不大，年较差为3.8℃。最热的月份出现在7～9月份，多年月平均气温为28.0℃以上；6月次之，多年月平均气温为27.1℃；最冷的月份出现在01月份，多年月平均气温为14.2℃。

4.1.3 降水

该地区累年平均降水量为1222.1毫米，年际变化较大，最多年降水量为1603.0毫米（2013年），最少年降水量为743.0毫米（2009年）。季节变化也非常明显，有雨季和旱季之分。每年的4～9月份为雨季，累年月平均降水量均在82毫米以上，受季风和热带气旋影响，6～8月份降水最多，累年月平均降水量为161毫米以上。10月至翌年3月为旱季，平均降水量总共为227.1毫米，只占全年降水量的19%。

4.1.4 风况

惠来海洋站地处季风区，累年平均风速3.0米/秒，年主导风向为东北东和东北向，出现频率为29%和21%，风向和风速随季节变化明显。秋、冬季基本上盛行东向风，春季仍以东南东风居多，夏季盛行偏南季风，偏南风频率较大，达51%。累年各月份平均风速变化不大，其平均值在2.3米/秒～3.8米/秒之间，其中9月份平均风速最小，多年平均值为2.3米/秒。风速和风向玫瑰图分别见图4.1.4-1和图4.1.4-2。

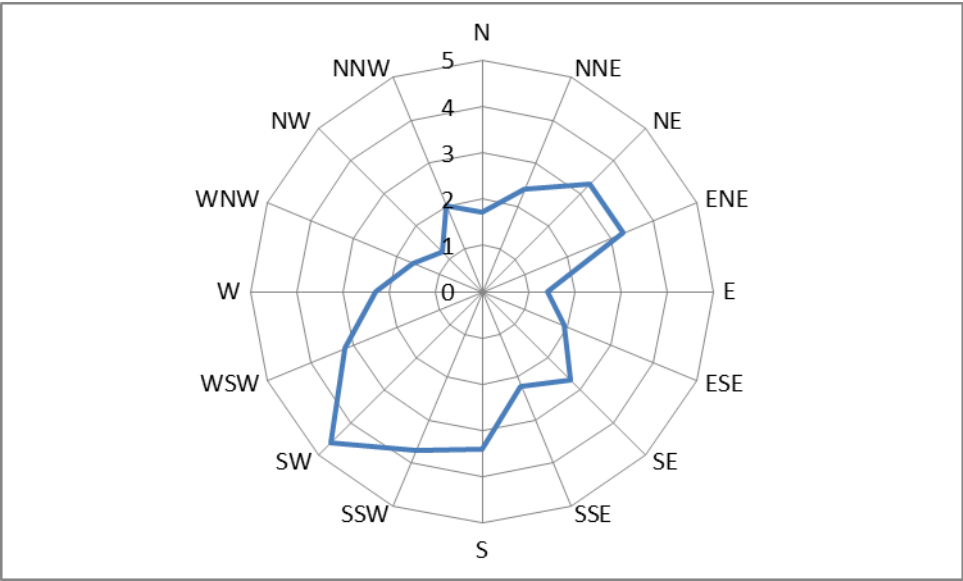


图4.1.4-1 多年平均风速玫瑰图

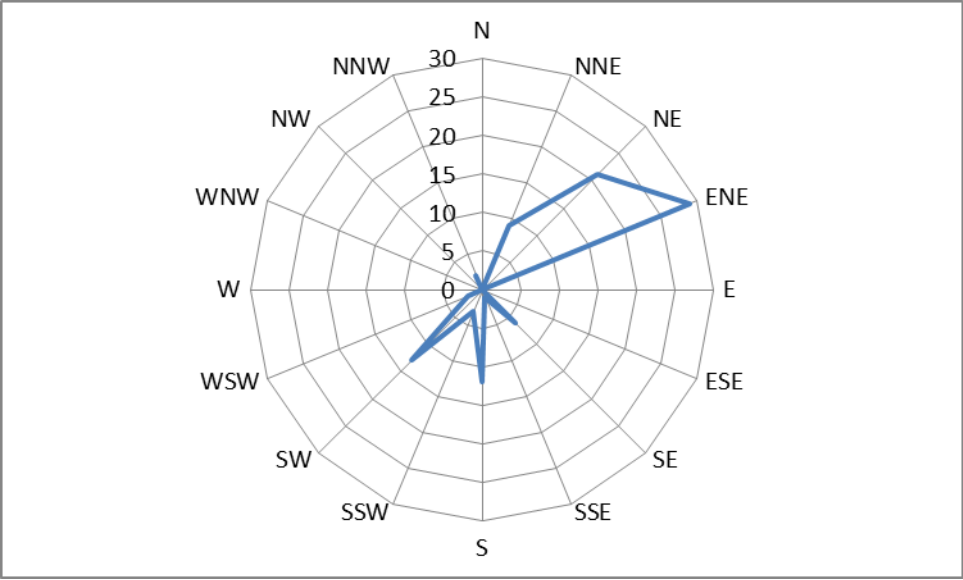


图4.1.4-2 风向玫瑰图

4.1.5 湿度

该区多年平均值为82%，2~9月平均相对湿度较大，多年月平均都在80%及以上，6~7月相对湿度最大，多年月平均为90%以上。

4.1.6 地质构造与地质条件

（1）地质构造

该海湾由花岗岩基岩和第四松散沉积层等两大物质组成，花岗岩基岩以台地或低丘等形式分布于海湾的南北峡角地带，即北部的北炮台峡角和南部的资深峡角，海湾中部近岸陆域为第四系松散沉积物构成的海岸沙坝。沙坝沉积体由晚更

新系“老红砂”和全新统现代砂组成，全新统现代砂由黄白色粗砂、中砂与细沙等物质构成海滩砂和风成砂。

场地地貌单元为第四系海成（砂堤）沉积区，地面标高 0.80~2.00m；地势总体上南、西高北、东低。

（2）地质条件

项目附近钻孔平面布置图见图 4.1.6-1，钻孔柱状图见图 4.1.6-2，钻孔剖面图见图 4.1.6-3。

工程地质条件参考建材广州地质工程勘察院 2015 年 6 月编制的《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目岩土工程勘察报告》，根据钻探揭露，场地出露地层由上往下为人工填土层（ Q^{ml} ）、第四系海陆交互相沉积层（ Q^{mc} ）、第四系残积层（ Q^{el} ）及燕山期花岗岩（ γ ）组成，岩土层自上而下分述如下：

1、人工填土层（ Q^{ml} ）

素填土（层序号 1）：浅黄色、青灰色，湿，稍压实，主要为中风化花岗岩石块，充填白色中粗砂。本层仅在钻孔 ZK16 揭露，位于地表。层厚为 2.10m，层面标高为 1.60m。

2、第四系海陆交互相沉积层（ Q^{mc} ）

（1）淤泥质细砂（层序号 2-1）：灰黑色，饱和，松散，主要成分为石英，次棱角状，分选性一般，约混 15-20%淤泥。本层仅在 ZK4~ZK7 共 4 个钻孔有揭露，层厚为 4.00~6.50m，平均 4.75m；层面标高为-1.95~-0.55 m，平均-1.58m，本层取砂样 1 组进行筛分试验，筛分结果为细砂。

（2）中细砂（层序号 2-2）：黄褐色、红褐色，稍密~中密，饱和，主要矿物为石英砂，颗粒不均匀，分选性差，含少量粘粒。本层在 ZK9~ZK16、ZK18、ZK19 共 10 个钻孔有揭露，层厚为 0.60~8.10m，平均 2.16m；层面标高为-2.28~-0.70m，平均-1.20m，本层取砂样 3 组进行筛分试验，筛分结果为 1 组细砂，2 组中砂。

（3）淤泥质土（层序号 2-3）：深灰、灰黑色，饱和，流塑，含腐植质及粉细砂，略具臭味。本层在 ZK12~ZK15、ZK17~ZK23 孔共 11 个钻孔有揭露，层厚为 1.60~ 9.50m，平均 5.42 m；层面标高为-7.40 ~ -2.60m，平均-4.42m。

（4）粉质粘土（层序号 2-4）：红褐色、黄褐色，湿、稍有光泽，可塑~硬塑，主要由粉粘粒组成，局部含较多细砂，韧性中等，摇振反应中等，干强度中等。本层在 ZK9~ZK16 孔共 8 个钻孔有揭露，层厚为 1.50~ 10.00m，平均 5.60 m；层面标高为-6.98 ~ -1.57m，平均-4.01 m。

(5) 淤泥质土(层序号 2-5): 深灰、灰黑色, 饱和, 流塑, 含腐木屑及粉细砂, 略具臭味。本层在 ZK9~ZK16 孔共 8 个钻孔有揭露, 层厚为 2.00~ 6.10m, 平均 3.99 m; 层面标高为-11.57 ~ -7.28 m, 平均-9.61 m。

(6) 粘土(层序号 2-6): 灰白、青灰色, 湿, 可塑~硬塑, 主要由粘粒组成, 含铁锰质结核, 粘性好, 土质均匀, 切面较光滑。本层在 ZK12、ZK14~ZK19 孔共 7 个钻孔有揭露, 层厚为 0.70~ 8.00m, 平均 3.49 m; 层面标高为-16.30 ~ -9.28 m, 平均-13.22 m。

3、残积层(Q^{el})

砂质粘性土(层序号 3): 褐黄、灰黄色, 硬塑, 为花岗岩风化残积土, 含较多石英质砂, 岩芯遇水易软化。本层仅在钻孔 ZK17 揭露, 层厚为 1.30m, 层面埋深 12.80m, 层面标高为-12.80m。

4、燕山期花岗岩(γ)

本层为场地基底岩石, 根据风化程度分为全风化、强风化及中风化花岗岩。

(1) 全风化花岗岩(层序号 4-1): 浅绿、黄褐色, 岩石风化剧烈, 矿物成分完全变化, 岩芯呈坚硬土状, 遇水易软化、崩解。本层于 ZK5、ZK13、ZK17~ZK23 共 9 个钻孔有揭露, 层厚为 1.1~ 2.60m, 平均 1.88m; 层面埋深为 4.5~ 18.1m, 平均 9.03m; 层面标高为-17.4~-6.40m, 平均-12.35m。

(2) 强风化花岗岩(层序号 4-2): 浅绿、浅黄色, 岩石风化强烈, 矿物成分显著变化, 岩芯呈半岩半土状及密实砂土状, 岩芯手捻易碎, 遇水易崩解。本层在 ZK9~ZK23 共 15 个钻孔有揭露, 本层未揭穿, 揭露厚度为 1.50~2.50m, 平均 2.13m; 层面埋深为 7.50~20.30m, 平均 13.43m; 层面标高为-19.58~-13.07m, 平均-15.77m。

本层岩体完整程度分类为破碎, 属极软岩, 工程岩体基本质量等级分类为 V 类。

(3) 中风化花岗岩(层序号 4-3): 浅黄色、黄褐色, 细粒结构, 块状构造, 岩石风化裂隙发育, 岩芯呈碎块状、块状, 主要矿物成分为石英、长石及黑云母。本层在 ZK1~ZK8 共 8 个钻孔有揭露, 本层未揭穿, 揭露厚度为 0.50~2.10m, 平均 1.11m; 层面标高为-8.45~3.00m, 平均-3.25m。

本层岩体完整程度分类为破碎, 属较软岩, 工程岩体基本质量等级分类为 V 级。

靖海湾场地地质构造稳定, 全段未发现塌岸、海水冲刷等不良现象及不稳定岸坡, 但存在软弱淤泥质细砂及淤泥质土层, 强度低, 易失稳, 承载力低, 对堤基、堤身抗滑稳定、抗冲稳定不利, 软弱土层可进行适当处理改良。

图 4.1.6-1 钻孔平面布置图

图 4.1.6-2 钻孔柱状图(ZK7)

图 4.1.6-3 钻孔剖面图(5-5')

4.1.7 海洋水文

本节海流具体内容见第五章 5.1 水文动力环境现状。

1 潮汐

(1) 基准面及换算关系

惠来当地理论最低潮面与黄海基准面及靖海湾平均海平面的换算关系如图 4.1.7-1 所示。

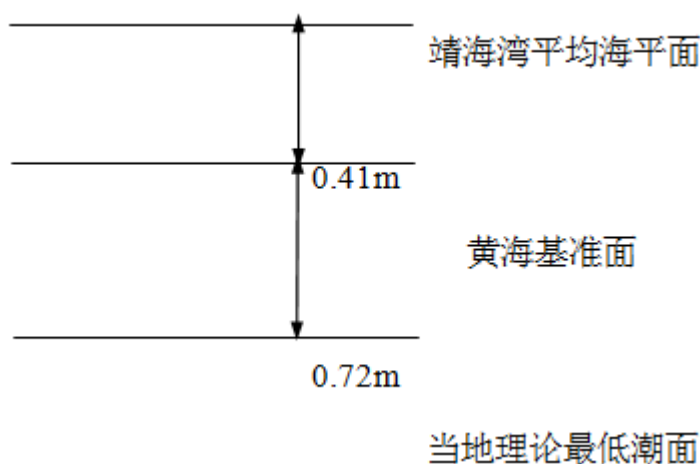


图 4.1.7-1 惠来基准面及换算关系

本区域潮汐属于不正规全日潮。根据惠来海洋站（2014 年 01 月～2015 年 12 月）观测结果，累年平均潮位 154 厘米。累年平均潮差 105 厘米。1 月和 6～7、10、12 月平均潮差稍大，均在 112～115 厘米之间；其余月份稍小，均在 89～95 厘米之间。

2 海浪

根据中山大学《惠来靖海湾波浪数模试验报告》（2015 年），项目所在靖海湾是对数螺线海岸，波浪是塑造形成这种地形地貌的主要动力条件。本区的波浪常浪向，即优势浪为 SE 向，年出现频率为 18.9%；次常浪向为 NE 向和 E 向，年出现频率分别为 17.8%和 17.2%。以 E 向为中心的 NE 向至 SSE 向之间，波浪出现的频率占全年的出现率的 82.5%，其中在 E 向-NE 向，出现的多为风浪，SE 向-SSE 向间出现的多为涌浪。其中优势波浪进入该弧形海湾后，受到地形影响而发生变形，其中在弧形湾内，波浪因折射和绕射作用，波向逐渐向偏 N 向偏转，最终波向达到与岸线走向呈锐角相交之势。此外，在海湾南部的切线岸段，波向则基本与岸线相平行。在 NEE-SEE 向波浪入射情况下，由于北炮台岬角和水下地形引起的波折射-绕射作用，海湾北部近岸区波向线辐散，与海湾南部近

岸区比较为相对低波高区；反之，当波向为 SSE-SSW 时，资深岬角与水下地形使得海湾南部近岸区折射-绕射作用强于海湾北部近岸区，其波高较海湾北部为低；在 SE 向波浪作用时，海湾近岸区波高分布较均匀，沿岸波浪以垂直入射为主。

表 4.1.7-1 靖海湾水深 20m 处波级波向年分布

方向	频率 (%)	周期	H10%
N	0.2	5.7	2.2
NNE	6.5	5.3	1.91
NE	17.8	5.3	2.07
ENE	8.4	5	1.82
E	17.2	6.5	1.49
ESE	3.8	6.4	1
SE	18.9	6.4	1.08
SSE	16.4	5.9	1.28
S	9.1	6.4	1
SSW	0.5	5.7	1.66
SW	0.8	6.8	0.95
WSW	0	0	0
W	0	0	0
WNW	0	0	0
NW	0.1	5.4	2.2
NNW	0.1	5.4	2.2

南澳海洋站（2006 年 04 月--2013 年 12 月）年平均波高玫瑰图见图 4.1.7-2。

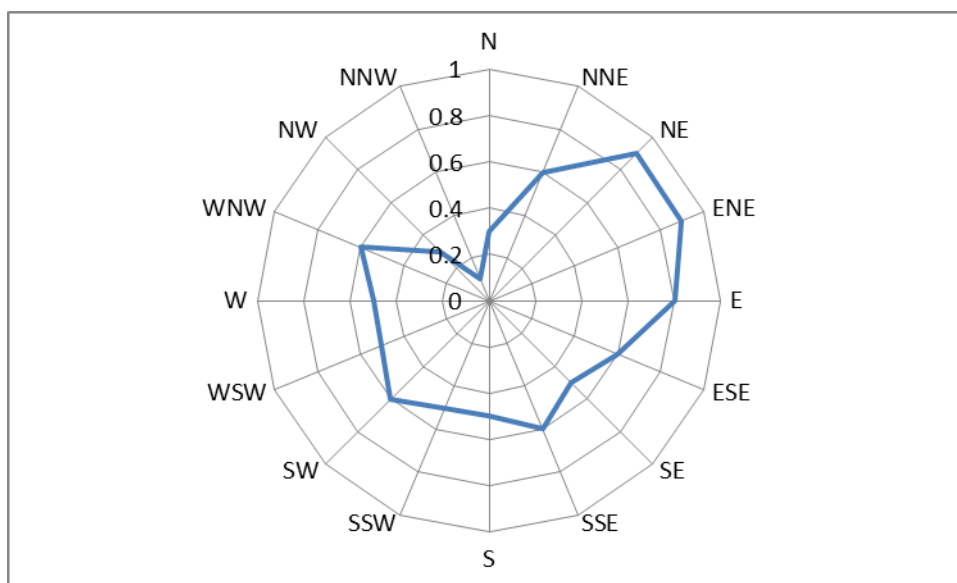


图 4.1.7-2 南澳站波浪玫瑰图

4.1.8 地形地貌

本小节内容主要参考引用中山大学河口海岸研究所编制的《惠来电厂港口工程海岸海滩变形预测及其对回淤影响研究报告》、南京水利科学研究院编制的《惠来电厂港口工程港池、航道泥沙回淤分析计算》的主要成果及相关资料。

靖海湾是一个介于上岬角（北炮台）和下岬角（资深角）之间的典型的弧形海湾。弧形海湾是在泥沙供给不足的情况下形成的一种与波浪动力及其一定的沿岸输沙率相适应的平衡（或稳定）海岸。根据现在（或工程前）靖海湾动力地貌特征（包括弧形海湾形态特征及其湾顶凹入的程度、海滩类型与运动状态等）的研究，对目前（或工程前）该海湾的动力、泥沙与地貌特点得出如下结论：

电厂码头防波堤工程建成后，靖海湾北部岸段在偏 E 向波浪作用下岸段受到掩护，而在 SSE 向和偏 S 向波浪作用下，该段海岸仍然处在波浪的正向入射区。因此，海湾内的泥沙运动特性将会发生改变。换言之，工程前海湾原有的动态平衡输沙条件发生了改变，即在 SSE 向和偏 S 向波浪作用下，由南向北的沿岸输沙使海湾北部岸段发生淤积，与此同时，挟带泥沙的沿岸流在该区域逐渐转变成离岸裂流，特别是在该方向大风浪作用下，这股高含沙离岸裂流将会造成码头前沿及调头圆区域的泥沙淤积。而在偏 E 向波浪作用下，由于该岸段受到了码头防波堤的掩护，沿岸泥沙只受微弱的绕射波作用，输沙能力较低，因此，该段海岸将是沿岸泥沙运动的淤积区。从长远来讲，工程后靖海湾岸线调整的必然趋势是中段及南段岸线侵蚀后退，而北段岸线逐渐淤积。

惠来县靖海湾附近水深地形见图 2.3.2-1。

4.1.9 主要海洋灾害

本海域海洋灾害主要有地震以及热带气旋、风暴潮。

4.1.9.1 热带气旋

工程沿岸海岛海域是热带气旋活动频繁的海区之一，影响本海域的热带气旋有两类，一类是来自西太平洋的热带气旋，另一类是在南海生成的热带气旋（又称南海台风）。以云澳海洋站和南澳气象站风力达 6 级，热带气旋中心位置进入距 114.5°E 、 21.0°N 区域内为影响标准，根据台风年鉴资料统计，1949~2015 年期间，登陆或严重影响本海域的热带气旋共有 213 个，年平均 3.2 个，年最多为 4 个（4 年），67 年间共 13 年没有热带气旋登陆或影响本海域。热带气旋 8 月出现最多，占 26%，其次是 7、9 月占 23%，最早出现在 4 月 12 日（受 6701 强台风影响），最晚出现在 11 月 30 日（受 7426 强台风影响），12 月至翌年 3 月没有热带气旋影响本海域，1949 年~2015 年期间，热带气旋登陆或严重影响时达到超强台风的有 28 个，强台风 19 个，台风 40 个，强热带风暴 43 个，热带风暴 61 个。

4.1.9.2 风暴潮

汕头沿岸海岛暴雨日数累年平均 4.8 天（见表 4.1.9-1），6 月出现最多，其次是 7 月，大暴雨日数累年平均 0.8 天，暴雨和大暴雨主要是热带气旋和西南夏季风过程引起，暴雨的发生对当地海域网箱养殖业造成了较为严重的经济损失。该项目所使用海域受风暴潮影响较大，在工程的建设施工和日后的作业中，风暴潮的影响是不容忽视的。

表 4.1.9-1 汕头海洋站累年各月暴雨和大暴雨日数 单位：天

（2007 年 06 月~2013 年 12 月）

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	历 年
$\geq 50.0\text{mm}$	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.5	0.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.0	4.8
$\geq 100.0\text{mm}$	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
$\geq 150.0\text{mm}$	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6

4.1.9.3 地震

根据《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目——丁字坝工程初步设计》2015年9月，场地建筑场地类别划分为Ⅱ类，场地土的类型为中软土。场地划分为对建筑抗震不利地段。

据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB 18306-2001)，本区域地震动峰值加速度0.10g，地震动反映谱特征周期为0.35s，相应地震基本烈度为Ⅷ度，属强震区。

4.2 社会经济概况

4.2.1 揭阳市社会经济概况

揭阳市位于广东省东部榕江中游，潮汕平原的中部，其东北接潮州市潮安县，东南接汕头市，西邻汕尾市，南濒南海，北靠梅州市。陆地面积5240平方公里，海域面积7689平方公里，大陆海岸线长82公里，沿海岛屿30多个，内陆江河主要有榕江、龙江和练江三大水系。揭阳素有“鱼米之乡”、“海滨邹鲁”、“国画之乡”、“小戏之乡”、“龙舟之乡”、“华侨之乡”之美称，是潮汕文化的发源地，粤东古邑，广东省历史文化名城，全国著名侨乡，有华侨320多万人，遍居世界各地，还有归侨、侨眷180万人。

根据《2016年揭阳市政府工作报告》，揭阳市2015年，全市生产总值增长9%-9.5%；固定资产投资增长11%；社会消费品零售总额增长13%；外贸进出口增长10%；地方公共财政预算收入增长10.5%；城乡居民人均可支配收入增长10%；居民消费价格涨幅控制在3%左右；城镇登记失业率控制在3.5%以内。

2015年，揭阳市实施幼儿园提升工程，新（改、扩）建63所公办幼儿园，指导推动全市民办幼儿园上水平。学前教育家庭经济困难幼儿生活费补助标准从每生每年300元提高到1000元。探索互联网+医疗，实现每县（市、区）建立一所以上互联网+试验医院，全市县级以上医院实现与上级医院远程会诊，带动两所以上镇级医院开展远程会诊；建成榕城、揭西2个县级出生缺陷综合干预中心，为符合政策育龄夫妇提供免费优生健康检查。建成营运9家污水处理厂，在练江、榕江流域推广建设小区域污水处理中心，完成榕江8条来水综合治理。统筹3000万元投入市区环卫事业，强化环卫队伍建设管理，配齐扫路车、垃圾压缩车、抑尘车等现代化环卫机械，提升市区保洁水平。发动古城改造工程，完成城市棚户区改造2972户和省下达农村危房改造任务。布设及提升黄岐山、东湖、西湖、中德贝多芬、北河桥头、空港新区、蓝城体育公园等七大公园，实施社区

公园、社区绿地规划建设专项计划。实现重点公共场所免费 WIFI 网络全覆盖，全市 100%行政村光纤全覆盖，全市农村电商服务站全覆盖。全面优化市区公交线路，新增新能源公交车 200 辆。全市新增辅警 300 名；新增城乡高清探头 500 个，在市际和重点场所布建电子围栏 30 个；成立市见义勇为基金。建成粤东（揭阳）残疾人集中就业培训中心，实施残疾人“展翅”双创工程。

4.2.2 惠来县社会经济概况

惠来县在中国广东省东部沿海，是揭阳市下辖的一个县。全县陆地总面积为 1048.7 平方公里，海域面积达 7689 平方公里，海岸线长约 82 公里，是揭阳市唯一的海上交通门户。全县人口 114 万，其中汉族人口约占 99%。惠来石碑山风电场总装机容量 10 万千瓦，为广东装机容量最大的风电场。

根据 2014 年惠来县政府工作报告，全县实现生产总值 207.04 亿元，比上年增长 15.1%；固定资产投资 112.39 亿元，比增 40.5%。地方公共财政预算收入 5.14 亿元，比增 22.3%，首次突破 5 亿大关；税收县库收入 3.54 亿元，比增 25.6%。全辖各项存款余额 138.14 亿元，其中储蓄存款余额 101.25 亿元，分别比年初增长 23.8%和 25.1%。农民人均纯收入 7756 元，比增 13%。重大项目顺利推进，惠来电厂 4 台机组运营正常，经济效益良好；5、6 号机组正在向国家发改委申请开工建设“路条”。中海油 LNG、中电投综合物流项目建设提速。靖海湾港口装备制造综合项目规模变更已报省发改委审核。金海湾生态旅游综合开发、东方夏威夷国际旅游度假区项目规划设计已完成，现进入建设阶段。同时，与荷兰鹿特丹港务局签订了框架合作协议，拟采取“地主港”模式开发和管理港口，并规划了 48 平方公里的滨海工业产业园作为产业对接平台。

4.3 环境质量现状概况

根据《2015 年广东省海洋环境质量公报》（广东省海洋与渔业局，2016 年 4 月），2015 年，前詹至神泉近岸海域，春季和冬季，未出现劣于第二类海水水质标准的站位；夏季和秋季，出现劣于第二类海水水质标准的站位，超标要素为石油类。

4.4 海洋资源及开发利用现状

4.4.1 港口资源

揭阳市的港口分为榕江沿岸港口及惠来沿海港口二类。惠来沿海港湾主要有

靖海湾、资深港、神泉港、澳角湾、赤沙澳湾、排角湾。特别是靖海港及其邻近岸线，具有水域宽阔，波浪较小，回淤小，水深、陆域面积宽广、地质条件良好等自然优势，局部岸线自然水深已达-10米，-10米至-15米等深线距岸线仅1公里，适宜建深水码头。

4.4.2 岸线资源

揭阳市港口岸线分为榕江两河岸线与沿海岸线两部分，这两部分岸线地理位置不同，榕江（榕江大桥至出海口段）岸线属于感潮河段岸线，一个是沿海岸线，自然条件有较大差异。

惠来沿海岸线长109.5km，沿海岸线已建港口较少，主要有神泉、靖海作业区等。本段岸线位于惠来县东南沿海，跨海门湾和甲子、石湾两个海区，北邻汕头港，西南毗邻甲子港，东南面临南海。神泉湾像一个半月形的浅海湾，由于龙江河改道入海，神泉湾没有龙江河水冲刷，现在处于严重淤积状态；靖海湾呈半耳形海湾，等深线稳定，10m、20m等深线都离岸线较近，水上少礁盘，但地质条件比较复杂，上部覆盖第四纪海相沉积物主要由淤泥、淤泥质土、粘性土、砂性土交互层，土层变化较大，层位与土层的性质不稳定，厚薄不均，土层连续性差。下部为燕山晚期入侵花岗岩残积土，花岗岩强风化层，岩面变化较大；惠来沿海岛屿众多，暗礁和浅滩零星分布，大部分岸线比较平顺，深水岸线较长且近岸，有多处是天然的避风港，是建港的优良海湾。沿海岸线大部分面向开敞的外海，如建港则需要建设防波堤，港寮湾及附近岸线虽有掩护，但礁石也较多，如果建港需勘察好地形，合理清礁。

4.4.3 旅游资源

揭阳市旅游资源丰富，史、岭、江、海各扬其胜，拥有闻名遗迹的山海胜景，主要旅游景点有：省级历史文化名城榕城、揭阳学宫、双峰寺、黄岐山风景区、桂竹园风景区；惠来金海湾植物园、神泉海角甘泉和海市蜃楼、百花峰、铭湖岩。其中揭西县是更是奇山秀水，富有大洋度假村、京明温泉度假村、黄满磔瀑布群、广德庵洞天、百潭谷胜地、钱坑石灵寺风景区、龙潭飞瀑、霖田祖庙等著名景点。近年来，揭阳市委市政府十分重视旅游业发展，经几年的奋斗开拓，全市现已形成“一线九区”旅游总体格局。“一线”就是榕江水上游览线。“九区”即黄岐山名胜风景区、榕城仙桥桂竹园岩游览区、揭东金狮旅游区、揭西大洋旅游度假区、惠来南海海滨浴场度假区、惠来粤东金海湾植物园俱乐部、普侨区永华果林旅游村、揭东埔田生态农业旅游区。“一线九区”加上原具有一定规模的70多处景点，将形成揭阳的旅游系列产品，并逐步形成以市区为轴心，向全市各地辐射，连接潮州、汕头、梅州、汕尾的大旅游网络。全市旅游初具规模。已发展成为可供广

大市民游玩、观光、休闲、登高、避暑、度假的好去处。

惠来依山傍海，名胜古迹众多。“惠来八景”闻名遐迩，有峻峭挺拔的“百花领袖”，取之不竭的“海角甘泉”等，神泉的“海市蜃楼”与山东蓬莱齐名。人文景观丰富，有22处文化古迹列为省、县级重点文物保护单位。佛教活动历史悠久，有唐代高僧大颠潜修的虎头岩寺、清初宋禅祖师坐禅的永福寺以及西天佛寺等。沿海景点有海蚀崖、海蚀柱、海滩等，其中靖海湾东部的“客鸟尾石笋区”更以突兀新奇著称。滨海旅游业初具规模。有占地面积380公顷，集植物观赏、高尔夫球场、海滨度假村、潮汕民俗文化村于一体的粤东金海湾植物园。此外，南海、靖海等地的海滨度假村已成为人们休闲娱乐的好去处。

4.4.4 渔业生产资源

惠来县海洋与渔业局以渔业增效、渔民增收、渔区稳定为目标，按照渔业经济现代化、海洋管理科学化、安全生产标准化的要求，全力推进海洋渔业经济又好又快发展。2014年惠来县渔业生产总产量87641吨，比2013年增1.42%，总产值93908万元，比2013年增6.03%，其中：海洋捕捞52813吨，产值42859万元；海水养殖18916吨，产值33198万元；淡水捕捞910吨，产值813万元；淡水养殖15002吨，产值17038万元。靖海镇渔业生产总产量19890吨，总产值19562万元。惠来县积极调整渔业结构，在发展养殖、深化加工、拓展市场等方面取得明显成效。

4.4.5 项目周边开发利用现状

2015年10月，我院组织相关人员对项目所在地进行现场踏勘。根据现场踏勘结果和遥感影像资料，了解本项目所在海域用海活动主要有：惠来电厂及惠来电厂防波堤、靖海渔港、靖海监测站、惠来港区靖海作业区通用码头（拟建）、狮水湖水闸、石碑山风电场、养殖场（虾塘）、资深渔港等。工程附近的开发利用现状见图4.4.5-1和表4.4.5-1。项目附近详细用海现状见图4.4.5-2~4.4.5-11。

表 4.4.5-1 工程附近的开发利用现状统计表

序号	名称	与本项目最近距离，方位	现状情况
1.	惠来电厂及惠来电厂防波堤	东北侧，约 2.7 千米	运营
2.	靖海渔港	东北侧，约 3.1 千米	运营
3.	靖海验潮站	项目东北侧约 3km	运营，紧邻惠来电厂
4.	惠来港区靖海作业区通用码头	项目东北侧约 1.8km	获海域使用权，未建

5.	狮水湖水闸	项目西北侧约 2km	运营
6.	石碑山风电场	毗邻	运营
7.	养殖场（虾塘）、鲍鱼场	毗邻	多处侵蚀
8.	资深渔港	西南侧，约 0.8 千米	运营

惠来靖海电厂是广东省粤电下属的发电厂，距靖海镇和惠来县城分别为 2km 和 25km。一期工程的 1、2 号机组已于 2007 年上半年投产，3、4 号机组建设 $2 \times 1000\text{MW}$ 超超临界燃煤发电机组，3、4 号机组已经投产，港口码头位于防波堤内，防波堤为混凝土梁柱结构，长度 280 米，走向 20° 。

靖海湾北侧一段有所淤积(见图 4.4.5-6)，南段约 1200 米岸段受到严重侵蚀，风浪很大(图 4.4.5-8~图 4.4.5-11)。目前已有一家鲍鱼养殖场(图 4.4.5-11)和多家养虾场(图 4.4.5-9)近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀。



图 4.4.5-1 项目附近开发利用现状图



图 4.4.5-2 项目北侧惠来电厂



图 4.4.5-3 项目北侧惠来电厂防波堤



图 4.4.5-4 项目北侧靖海监测站（与惠来电厂紧邻）



图 4.4.5-5 项目北侧靖海渔港



图 4.4.5-6 项目北侧位置海岸现状



图 4.4.5-7 狮水湖水闸



图 4.4.5-8 项目所在的海岸现状及后方风电场



图 4.4.5-9 项目所在的海岸现状及后方虾塘（冲垮）



图 4.4.5-10 项目所在的海岸现状



图 4.4.5-11 项目所在的海岸现状及后方鲍鱼场（冲垮，弃用）

5 环境质量现状调查与评价

5.1 调查概况

本次调查海区为广东省惠来县靖海湾及其附近海域，调查内容包括水质调查、沉积物调查、海洋生物调查、潮间带生物调查、渔业资源及鱼卵仔鱼调查以及潮流调查等。其中水质调查时间为 2015 年 1~2 月，分涨潮和落潮采样 2 次，海洋生物、潮间带生物和渔业资源及鱼卵仔鱼调查时间为 2015 年 1 月，沉积物调查时间为 2015 年 2 月，潮流调查时间为 2015 年 4 月。

5.1.1 调查站位

本次调查共布设水质调查站位 12 个，海洋生物调查站位 8 个，沉积物调查站位 5 个，潮间带生物调查断面 3 条，渔业资源及鱼卵仔鱼调查断面 3 条，潮流调查站点 4 个。调查站位分布及具体站位信息见图 5.1.1-1 和表 5.1.1-1。

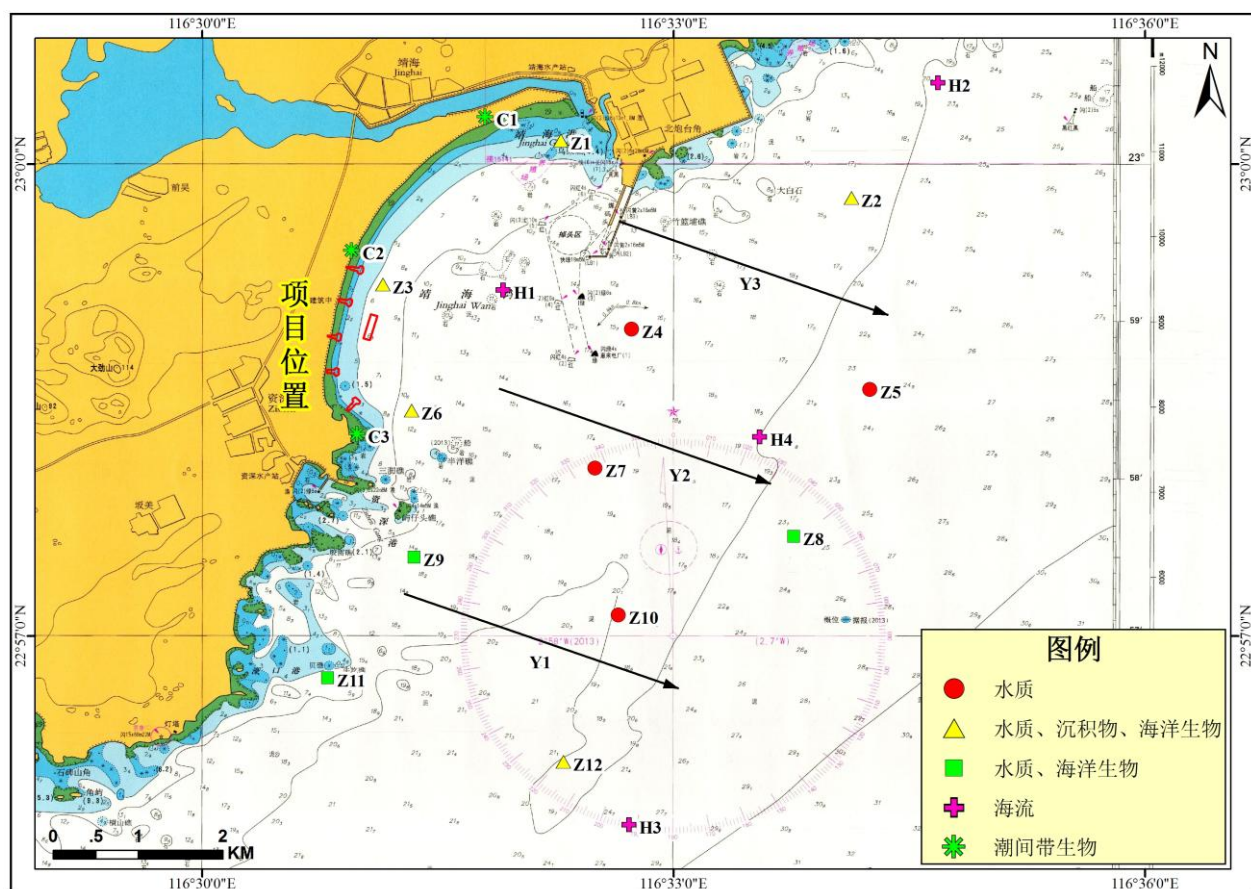


图 5.1.1-1 靖海湾海域调查站位布置示意图

表 5.1.1-1 靖海湾海域调查站位和内容

站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
Z1	116°32'17"	23°0'9"	水质、沉积物、海洋生物
Z2*	116°34'8"	22°59'47"	水质、沉积物、海洋生物
Z3	116°31'9"	22°59'14"	水质、沉积物、海洋生物
Z4	116°32'44"	22°58'57"	水质
Z5	116°34'15"	22°58'34"	水质
Z6	116°31'20"	22°58'26"	水质、沉积物、海洋生物
Z7	116°32'30"	22°58'4"	水质
Z8	116°33'46"	22°57'38"	水质、海洋生物
Z9	116°31'21"	22°57'30"	水质、海洋生物
Z10	116°32'39"	22°57'8"	水质
Z11	116°30'48"	22°56'44"	水质、海洋生物
Z12*	116°32'18"	22°56'12"	水质、沉积物、海洋生物
C1	116°31'48"	23°0'18"	潮间带生物
C2	116°30'57"	22°59'27"	潮间带生物
C3	116°30'59"	22°58'17"	潮间带生物
Y1	116°31'17"	22°57'16"	渔业资源和鱼卵资源
	116°33'2"	22°56'40"	
Y2	116°31'54"	22°58'34"	渔业资源和鱼卵资源
	116°33'37"	22°57'58"	
Y3	116°32'39"	22°59'38"	渔业资源和鱼卵资源
	116°34'23"	22°59'3"	
H1	116°31'55"	22°59'12"	潮流
H2	116°34'41"	23°0'31"	潮流
H3	116°32'43"	22°55'48"	潮流

站号	经度 (E)	纬度 (N)	监测内容
H4	116°33'33"	22°58'16"	潮流

注：带*的为质量控制站

5.1.2 调查项目

水质、沉积物和生物生态等各项监测项目如表 5.1.2-1 所示。其中常规水质监测分析项目 18 项，沉积物监测分析项目 10 项；生物生态监测分析叶绿素 a 含量并据此估算初级生产力，以及浮游植物、浮游动物、底栖生物的种类组成、生物量及密度分布等；水文气象监测项目 5 项；生物质量监测分析项目 6 项。

表 5.1.2-1 监测项目一览表

调查对象	调查项目
水质	pH、水温、盐度、透明度、悬浮物、溶解氧、生化学需氧量、化学需氧量、溶解氧、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、镉、硫化物
沉积物	粒度、类型、pH、有机碳、总汞、铜、锌、铅、镉、石油类
生物生态	叶绿素 a 及初级生产力
	浮游植物：种类、个体数量、分布、多样性指数和均匀度
	浮游动物：生物量、种类、数量、分布、多样性指数和均匀度
	底栖生物：种类、分布、生物量、栖息密度、群落特征
	潮间带生物：种类、生物量、栖息密度
	生物残毒：总汞、镉、铅、铜、锌、石油烃
渔业资源及鱼卵仔鱼	主要渔业资源种类、数量等
潮流	水温、盐度、潮流（流速、流向）、悬浮物

5.1.3 采样及分析方法

水质、沉积物、海洋生物和鱼卵仔稚鱼的调查方法为现场监测法。调查中水质、沉积物和生物样品的采集保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB12763-2007）执行。水质项目分别在涨、落潮各调查一次，沉积物、海洋生物等项目不分潮时，进行一次采样。

水质分别采集表层（水面以下 0.5m）和离底 1m 水深处样品，水深不足 5m 的站位，采集表层（0.5m）水样。表层油类样品使用 QCC9-1 油类采水器采集，其他水质样品使用有机玻璃采水器采集。

沉积物只采表层样（0~5cm），使用抓斗式采泥器采集。

叶绿素 a 和初级生产力采样层次与水质站相同。叶绿素 a 含量的测定按照《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）中海洋生物调查荧光萃取（Trilogy）法。

浮游生物由底层至海面垂直拖网采集。浮游植物采用浅水 III 型浮游生物网（网口面积 0.1m²，网口直径 37cm，网长 140cm），浮游动物现场调查采用浅水 I 型浮游生物网（网口面积 0.2m²，网口直径 50cm，网长为 145cm），采集到的样品用 5% 甲醛溶液固定，带回实验室进行显微镜种类鉴定与计数。

底栖生物使用阿氏网（定性）及挖泥器（定量）采样。定量样品用 0.1m² 曙光采泥器采集，每站采泥 2 次（以采到合格的沉积物量为准），泥样倒入孔径为 1mm 的套筛中用海水冲洗，拣出所有生物样品，用 5% 的甲醛溶液固定，分瓶编号登记，带回实验室种类鉴定、计数、称重；定性采样用 0.7m 宽阿氏拖网采集，拖网绳长为水深三倍以上，每站慢速拖曳 15 分钟以上，拣出所有生物，选取调查区内有代表性的生物进行残毒测定。

潮间带生物在高潮带布设 2 站，中潮带布设 3 站，低潮带布设 1 站，包括定量采样和定性采样。其中定量采样，硬相（岩石岸）用 25cm×25cm 的定量框（生物密集区采样用 10cm×10cm），每站取 2 个样方；软相（泥滩、泥沙滩、沙滩）用 25cm×25cm×30cm 定量框，每站 4 个。定性采样尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考。

渔业资源采用单拖渔船进行捕获，拖网调查时间均于白天进行，每站拖曳时间为 1 小时，按规定方向进行，拖网速度控制在 3.5kn 左右。网具为渔船生产作业时使用的网具，网口宽度 13m，网囊网目尺寸 30mm。收网后，把网囊里的全部渔获物倒在甲板上，准确记录该站位的渔获总质量（kg）。取样分析的样品带回实验室鉴定种类、测量长度、测定体重和统计个数。

鱼卵仔鱼站位与渔业资源相同，在渔业资源开始前先做垂直拖网，水平拖网

与渔业资源同步进行,采样层次为海水表层(0~3m),每站拖曳时间为 10~15min,船速控制在 1.5kn 左右,样品用 5%的甲醛溶液固定。

潮流连续站的观测在大潮同步进行。每站观测时间长度为 26h,每 15 分钟观测一次。潮流包括流速和流向,分 6 层,分别为表层(水面下 1m)、第 2 层(0.2H, H 为水深)、第 3 层(0.4H)、第 4 层(0.6H)、第 5 层(0.8H)和底层(海底面上 0.5m)。观测仪器采用安德拉潮流计。潮流观测期间每 2 小时采集 1 次水样,测试悬浮物、水温和盐度等 3 项,采样层次同潮流观测层次。潮流同步观测期间每 3 小时进行简单气象观测一次,连续站 H4 站进行定点气象观测的时刻为当日的 16 时、19 时和 22 时以及次日的 1 时、4 时、7 时、10 时、13 时和 16 时。

水质、沉积物、生物残毒和生态分析方法均采用 GB17378-2007 规定的标准方法,各项目具体分析方法见表 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 各项目分析方法

介质	调查项目	分 析 方 法	分析仪器	引用标准
水质	盐度	盐度计法	SYA2-2 电极式盐度计	GB17378.4-2007
	pH	电位计法	pHS-3C 型 pH 计	
	DO	碘量法	滴定仪器	
	COD	碱性高锰酸钾法	滴定仪器	
	硫化物	亚甲基蓝分光光度法	尤尼科 2100	
	挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	LACHAT QC8500 S2 可见分光光度计	
	石油类	紫外分光光度法	UV-2401PC 紫外分光光度计	
	悬浮物	重量法	BS110S 电子天平	
	无机磷	磷钼蓝分光光度法	UV-2102C 紫外可见分光光度计	
	硝酸盐	镉铜还原分光光度法	2100 型可见分光光度计	
	亚硝酸盐	萘乙二胺分光光度法		
	氨	次溴酸盐氧化分光光度法		
	铜	阳极溶出伏安法	RC-2000D 多功能极谱仪	
	铅			
	锌			
	镉			
	总铬	原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计	
	汞	原子荧光法	AFS-8330	
	砷			

介质	调查项目	分 析 方 法	分析仪器	引用标准
			原子荧光光度计	
沉积物	粒度	激光法	MS2000 激光粒度分析仪	GB12763.8-2007
	有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	滴定仪器	GB17378.5-2007
	硫化物	碘量法	滴定仪器	
	油类	紫外分光光度法	UV-2450 紫外分光光度计	
	挥发酚	光度法	——	CJ/T 221-2005/8
	铜	火焰原子吸收分光光度法	ContrAA700 原子吸收分光光度计	GB17378.5-2007
	铅			
	锌			
	镉			
	铬			
	总汞	原子荧光法	AFS3100 原子荧光光度计	
	砷			
生物残毒	总汞	原子荧光分光光度法	AFS-3100 原子荧光光度计	GB17378.6-2007
	砷			
	石油烃	荧光分光光度法	日立荧光分光光度计 F-4600	
	铜	火焰原子吸收分光光度法	ContrAA 700 原子吸收光谱仪	
	铅			
	锌			
	镉			
总铬				
生态	叶绿素 a	荧光分光光度法	Trilogy 叶绿素分析仪	GB17378.7-2007

5.2 水动力环境现状调查与评价

5.2.1 潮流特征

根据实测潮流资料，绘制本次调查各站点潮流矢量玫瑰图，如图 5.2.1-1~图 5.2.1-3 所示，分别为表层（1m）、中层（0.6H）和底层（H-0.5m）的潮流矢量玫瑰图。表 5.2.1-1 为本次调查各站点潮流特征值统计结果。图 5.2.1-4~图 5.2.1-7 为各观测站点潮流过程矢量图。

潮流观测结果显示，H2 站和 H4 站潮流强于 H1 站和 H3 站，其中 H1 站表层、中层和底层潮流均为带旋转的往复流，往复流方向为 NE~SW 向，旋转流的旋转方向为顺时针。H2 站、H3 站和 H4 站潮流性质较接近，各站表、中和底层均为略带旋转的往复流，往复流方向为 NE~SW 向，旋转流的旋转方向为顺时针（见图 5.2-1、图 5.2-2 和图 5.2-3）。

观测期间内，H1 站表层比中层和底层潮流流速略大，中层和底层潮流流向大体一致，与表层略有差异（见图 5.2.1-4）；其中表、中和底层潮流的平均流速分别为 0.15m/s、0.13m/s 和 0.14m/s；表、中和底层潮流的最大流速大小分别为 0.28m/s、0.22m/s 和 0.24m/s，表层达到最大潮流时的流向为西南向，中层和底层达到最大潮流时的流向为东北向（见表 5.2.1-1）。

H2 站各层潮流流速大小相当，各层潮流流向较一致（见图 5.2.1-5）；其中表、中和底层潮流的平均流速分别为 0.38m/s、0.34m/s 和 0.32m/s；表、中和底层潮流的最大流速大小分别为 0.66m/s、0.58m/s 和 0.58m/s，表层达到最大潮流时的流向为东南向，中层和底层达到最大潮流时的流向为东北向（见表 5.2.1-1）。

H3 站各层潮流流速大小相当，各层潮流流向较一致（见图 5.2.1-6）；其中表、中和底层潮流的平均流速分别为 0.14m/s、0.15m/s 和 0.15m/s；表、中和底层潮流的最大流速大小分别为 0.32m/s、0.39m/s 和 0.28m/s，表层和中层达到最大潮流时的流向为东南向，底层达到最大潮流时的流向为东北向（见表 5.2.1-1）。

H4 站各层潮流流速相当，各层潮流流向较一致（见图 5.2.1-7）；其中表、中和底层潮流的平均流速分别为 0.35m/s、0.31m/s 和 0.30m/s；表、中和底层潮流的最大流速大小分别为 0.59m/s、0.59m/s 和 0.58m/s，表层达到最大潮流时的流向为南向，中层和底层达到最大潮流时的流向为东北向（见表 5.2.1-1）。

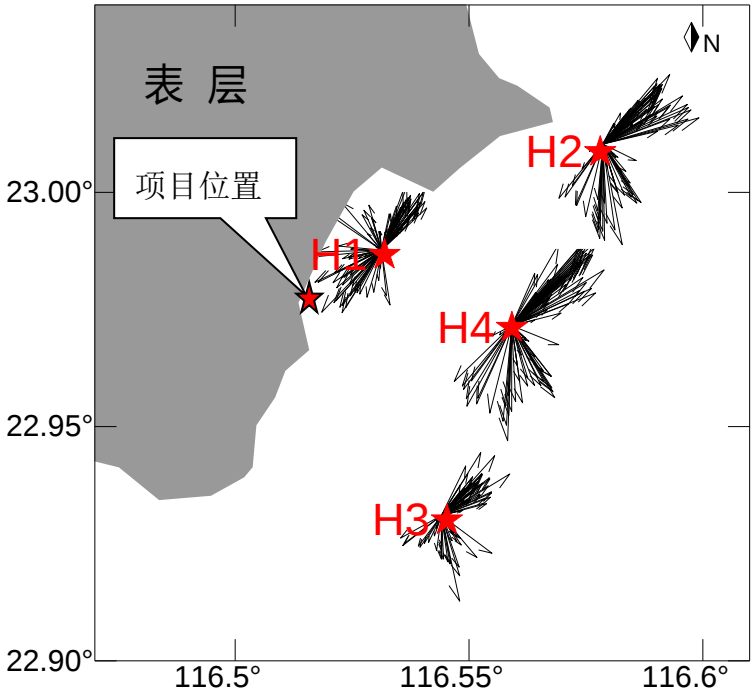


图 5.2.1-1 表层潮流矢量玫瑰图

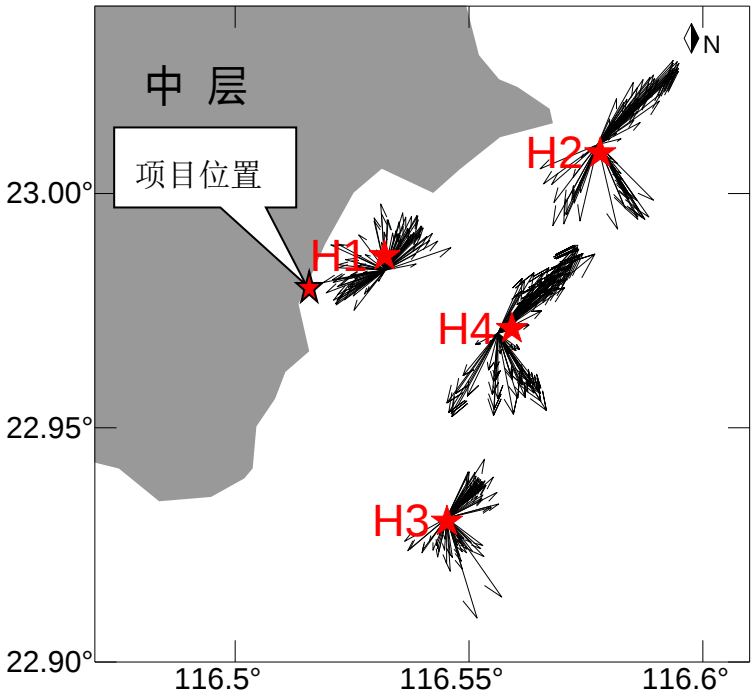


图 5.2.1-2 中层潮流矢量玫瑰图

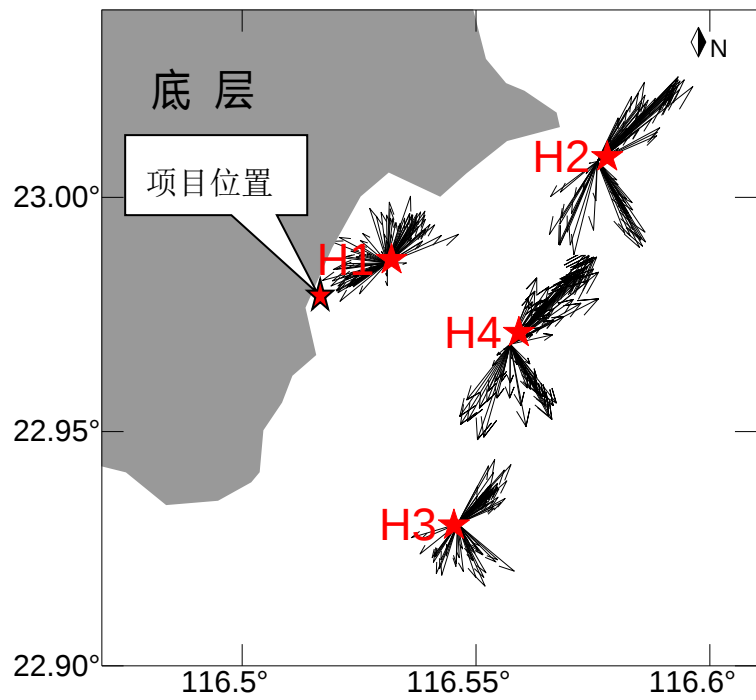


图 5.2.1-3 底层潮流矢量玫瑰图

表 5.2.1-1 各站点潮流特征值统计

站点	层次	平均流速（m/s）	最大流速（m/s）	最大流速时流向（°）
H1	表层（1m）	0.15	0.28	224
	0.2H	0.13	0.25	71
	0.4H	0.13	0.24	75
	0.6H	0.13	0.22	71
	0.8H	0.13	0.23	70
	底 层 （H-0.5m）	0.14	0.24	68
H2	表层（1m）	0.38	0.66	169
	0.2H	0.39	0.63	172
	0.4H	0.38	0.64	75
	0.6H	0.34	0.58	45
	0.8H	0.33	0.57	47
	底 层 （H-0.5m）	0.32	0.58	52

H3	表层 (1m)	0.14	0.32	168
	0.2H	0.15	0.29	35
	0.4H	0.15	0.39	152
	0.6H	0.15	0.39	163
	0.8H	0.15	0.39	148
	底 层 (H-0.5m)	0.15	0.28	42
H4	表层 (1m)	0.35	0.59	182
	0.2H	0.34	0.56	49
	0.4H	0.33	0.56	44
	0.6H	0.31	0.59	51
	0.8H	0.31	0.58	45
	底 层 (H-0.5m)	0.30	0.58	40

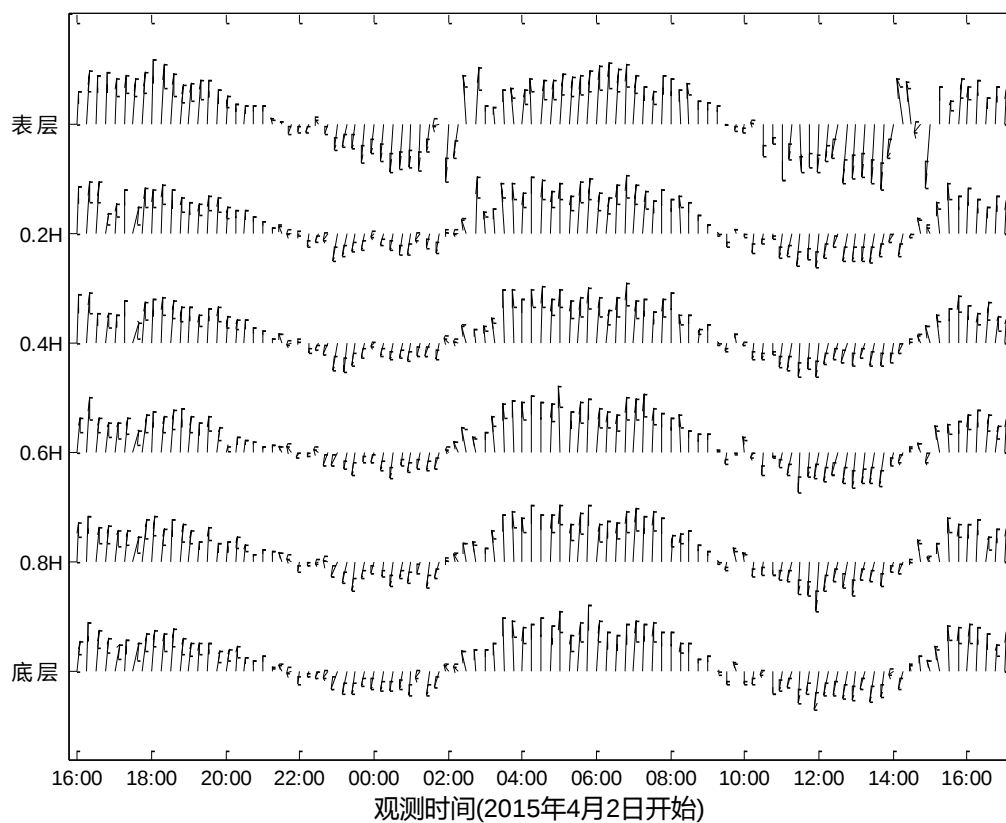


图 5.2.1-4 H1 站潮流过程矢量图

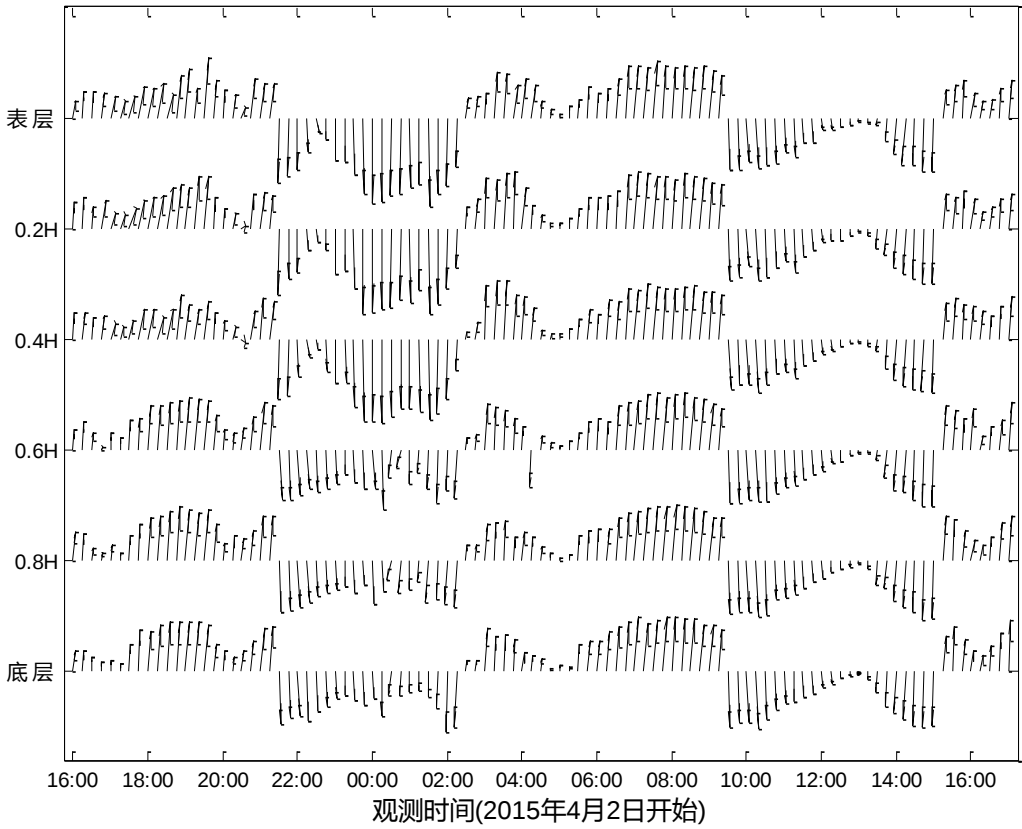


图 5.2.1-5 H2 站潮流过程矢量图

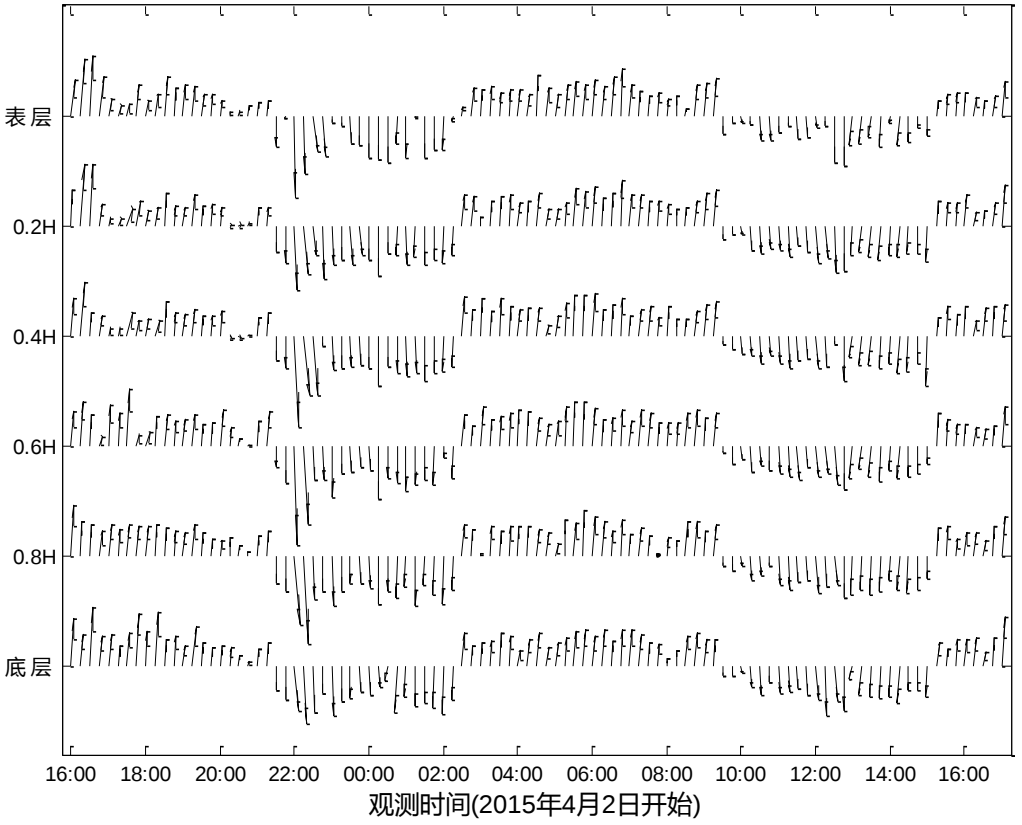


图 5.2.1-6 H3 站潮流过程矢量图

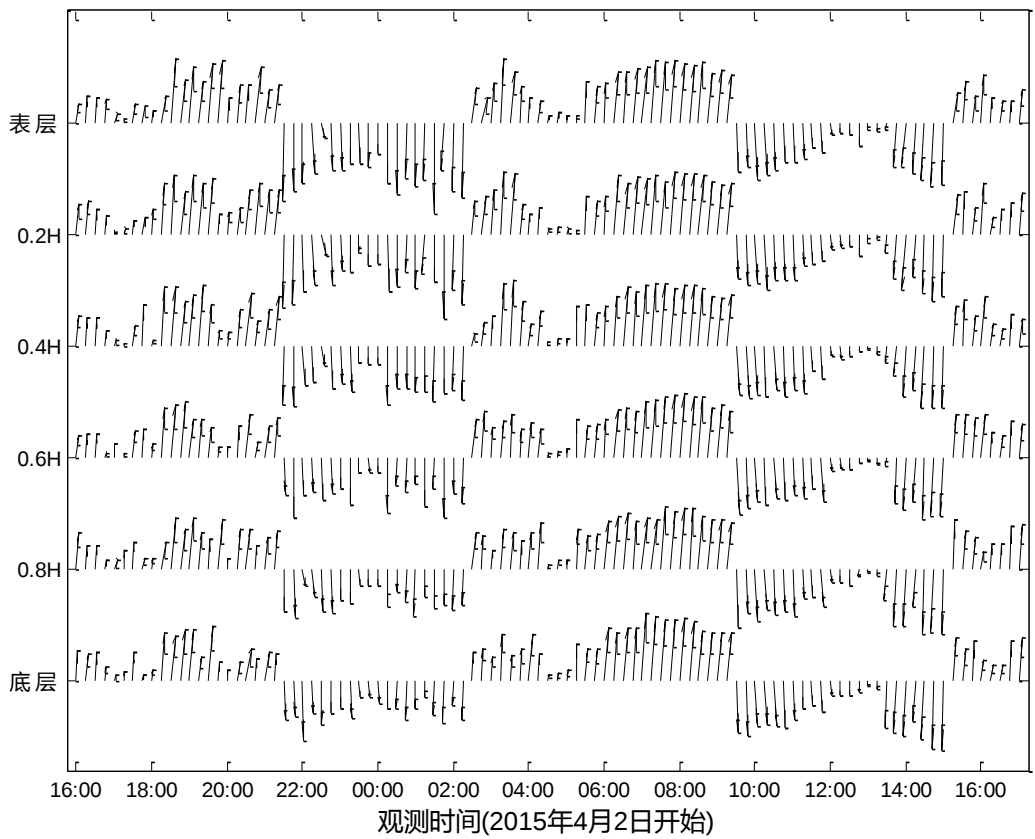


图 5.2.1-7 H4 站潮流过程矢量图

5.2.2 潮流性质

潮流性质的划分采用潮流性质系数 $F = (W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$ 作为判别标准，其中 W_{O_1} 为主要太阴日分潮流 O_1 的最大流速， W_{K_1} 为主要太阴太阳合成日分潮流 K_1 的最大流速， W_{M_2} 为主要太阴半日分潮流 M_2 的最大流速。

各站层的潮流性质系数 F 值见表 5.2.2-1。由表 5.2.2-1 可看出，各站层的 F 值介于 0.42~1.70 之间，调查海区的潮流主要为不正规半日潮流。 F 值的最小值为 0.42，出现在 H2 站表层，最大值为 1.70，出现在 H4 站底层。

表 5.2.2-1 潮流性质系数

	H1			H2			H3			H4		
	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层
F 值	0.69	1.05	0.64	1.42	0.42	0.46	1.66	1.25	1.10	1.11	1.34	1.70

根据调和分析结果，计算主要分潮流的椭圆要素，并将 M_2 分潮流的椭圆率

及最大可能流速制成表 5.2.2-2。

本海区各站各层的 O_1 、 K_1 分潮与 M_2 分潮椭圆长半轴方向近似，说明各分潮传播方向一致，都是受附近地形的影响。由于半日分潮流 M_2 在整个潮流中占支配地位，所以可以通过分析 M_2 分潮的变化来揭示两站各流特征。各站层 M_2 分潮流的椭圆率绝对值介于 0.02~0.34 之间，其值均较小，说明潮流受到的地形影响较大，各站各分潮椭圆长半轴方向基本与岸线平行或与水道方向一致，距离岸边较远时，潮流受到的地形影响减弱。本海区的潮流旋转方向全部表现为顺时针。

各站从表层到底层 M_2 分潮流最大潮流到达时间大致相同，其中 H1 站各层 M_2 分潮最大可能流速介于 15.5~19.0cm/s 之间，表层最大；H2 站各层 M_2 分潮最大可能流速介于 30.9~37.6cm/s 之间，表层最大；H3 站各层 M_2 分潮最大可能流速介于 13.6~15.3cm/s 之间，中层最大；H4 站各层 M_2 分潮最大可能流速介于 25.9~31.6cm/s 之间，表层最大。从 M_2 分潮流最大潮流分析结果来看， M_2 半日潮流 H2 站>H4 站>H1 站>H3 站。

表 5.2.2-2 M_2 分潮流椭圆长半轴及倾角

站位 层次	H1			H2			H3			H4		
	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层	表层	中层	底层
W (cm/s)	19.0	15.5	16.4	37.6	32.0	30.9	13.6	15.3	14.2	31.6	25.9	28.6
d (°)	34	51	49	29	24	29	34	20	24	30	30	30
椭圆率	-0.02	-0.06	-0.11	-0.12	-0.34	-0.26	-0.11	-0.24	-0.27	-0.27	-0.28	-0.25

本海区潮流理论最大可能潮流 $V_{\max}$ 按下列公式计算：

$$V_{\max} = 1.295W_{M_2} + 1.245W_{S_2} + W_{K_1} + W_{O_1} + W_{M_4} + W_{MS_4}$$

$$V_{\max} = W_{M_2} + W_{S_2} + 1.6W_{K_1} + 1.45W_{O_1}$$

式中： W 为分潮流的最大流速。取两式计算所得结果的较大者作为理论最大可能潮流。按上述方法计算的各站层的最大可能潮流，见表 5.2.2-3。

由表 5.2.2-3 可知，H3 站理论最大可能潮流流速均较其它站位小，H2 站表层理论最大可能潮流流速最大，为 114cm/s，H1 站和 H2 站表层最大可能潮流流速明显大于中层和底层，H3 站和 H4 站各层最大可能潮流流速大小相当。其中

H1 站各层最大可能潮流流速介于 24~53cm/s 之间, 表层最大; H2 站各层最大可能潮流流速介于 44~114cm/s 之间, 表层最大; H3 站各层最大可能潮流流速介于 25~33cm/s 之间, 底层最大; H4 站各层最大可能潮流流速介于 81~98cm/s 之间, 底层最大。各站层最大可能潮流流向与 M_2 分潮的椭圆长半轴方向趋近于一致, 均为东北向。

表 5.2.2-3 各站层最大可能潮流流速大小和方向

站 位 层 次	H1			H2			H3			H4		
	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层
流 速 (cm/s)	53	24	25	114	44	67	25	27	33	87	81	98
流 向 (°)	45	95	64	21	45	38	93	76	68	28	36	37

5.2.3 余流特征

各站表层、中层和底层余流流速大小和方向如表 5.2.3-1 所示。从表 5.2.3-1 中可以看的, H2 站和 H4 站余流比 H1 站和 H3 站强, H2、H3 和 H4 站余流方向较一致。其中 H1 站表层、中层和底层余流流速大小分别为 0.02m/s、0.05m/s 和 0.04m/s, 各层余流方向均为西北向; H2 站表层、中层和底层余流流速大小分别为 0.18m/s、0.17m/s 和 0.17m/s, 各层余流方向均为东北偏东向; H3 站表层、中层和底层余流流速大小分别为 0.06m/s、0.07m/s 和 0.07m/s, 各层余流方向均为偏东向; H4 站表层、中层和底层余流流速大小分别为 0.14m/s、0.13m/s 和 0.14m/s, 各层余流方向也均为偏东向。因此, 优势流为东北向流。

表 5.2.3-1 各站层余流流速大小和方向

站 位 层 次	H1			H2			H3			H4		
	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层	表 层	中 层	底 层
流 速 (m/s)	0.02	0.05	0.04	0.18	0.17	0.17	0.06	0.07	0.07	0.14	0.13	0.14
流 向 (°)	290	320	325	100	82	82	91	92	96	96	80	82

5.3 地形地貌与冲淤环境现状调查与评价

5.3.1 海岸侵蚀的海岸带动力环境

1 靖海湾弧形海岸体系

靖海湾上岬角为北炮台，下岬角为资深角，上岬角在海湾的 NE 方向，下岬角在海湾的 SW 方向，湾口向东开敞，是粤东沿海极具代表性的一个发育典型的沙质岬间弧形海岸体系(图 5.3.1-1)。靖海湾弧形海岸空间尺度不大，湾长约 5km，宽约 0.3~2.0km，依托粤东海岸走向大势，无论从历史发育过程还是现代海岸动力环境来看，影响和控制该弧形海岸体系的波浪能量主要来自 E~SSE 方向。弧形海岸是在泥沙供给不足的情况下形成的一种与波动力及其一定的沿岸输沙率相适应的平衡海岸。因此，对靖海湾弧形海岸体系而言，以下三点值得我们注意：

- (1) 靖海湾岸滩泥沙（主要来自内陆架海底）供给不足，如果供沙很丰富，就不可能形成这种侵蚀型的弧形海岸，当然也不是完全没有一点沿岸输沙作用，而是有“一定”的沿岸输沙但输沙量不会很大；
- (2) 靖海湾弧形岸滩形式与特殊的波浪动力场及其泥沙搬运规律有关；
- (3) 靖海湾弧形岸滩较为稳定或平衡，自然状态呈微有侵蚀的稳定状态。

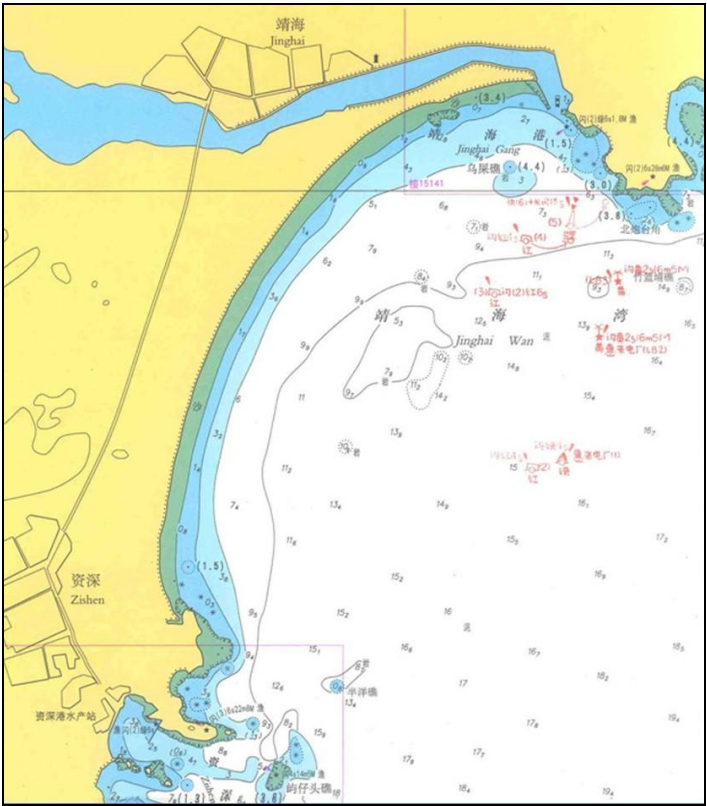


图 5.3.1-1 靖海湾沙质岬间弧形海岸体系

2 海岸带动力及物质来源

(1) 靖海湾为弱潮波控砂质海岸。波浪是控制绿洲海岸侵蚀或堆积及其岸滩地貌过程的最重要的根本因子，换言之，波浪作用掀动岸滩泥沙，波生流和潮流输运，并遵循波浪动力的空间分布特征进行再分配，从而表现也与波能分布相适应的岸滩地貌塑造过程及其空间变化特征。

(2) 靖海湾滨岸障壁沙坝的物质组成以中砂、粗砂为主，沙体高出现今海面 2~8m，纵长 5km，宽约数十至上百米；而坝后潟湖入流河流源短流小，潟湖沉积以淤泥、粉砂为主。因此，从靖海湾沙质岸滩的物质组成、规模大小和展布形态来看，现代河流入海泥沙（主要为小量值的细颗粒泥沙）基本上不参与弧形岸滩的侵蚀和堆积的地貌过程；

(3) 靖海湾岸滩泥沙来源的主要特点有：一是湾内泥沙供给主要来自本海湾外的内陆架海域，但这种来向的泥沙数量有限；二是受上、下岬角的保护，基本上无岬外泥沙进入海湾。

(4) 靖海湾是一个典型的湾口偏 E 型岬间弧形海岸体系，由湾顶遮蔽的圆弧段、湾中微弯过渡段再到靠近下岬角的直线切线段，海滩剖面类型集中且呈有规律的空间变化，在一个空间范围不大的湾内包括了经典的 6 种海滩状态 (L D Wright, 1984)，即上起北炮台下至资深角，海滩状态与消散性向反射性依次演替。因此，绿洲岸段海滩剖面形态和海滩性质的变化也是近年来该岸段侵蚀后退的有力明证。

(5) 惠来县靖海湾是广东沿海遭受台风影响频率相对较高的岸段。台风大浪作用期间，海滩循环过程及其相关的岸滩泥沙盈亏平衡被改变或破坏，往往会对绿洲海岸岸滩侵蚀/堆积调整产生巨大而深远的影响。

(6) 针对绿洲海岸的波流动力环境、泥沙来源和运动以及岸滩蚀积演变过程，海岸侵蚀整治工程须同时考虑事件性灾害和中长期时间尺度的持续累积变化两个方面。

5.3.2 沿岸波浪和输沙率分析

1 沿岸波浪分析

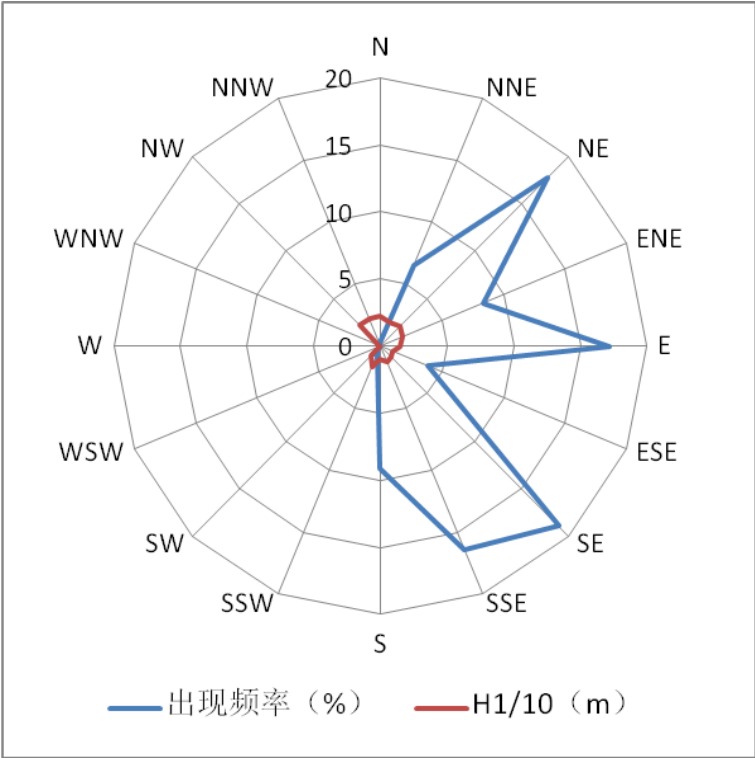


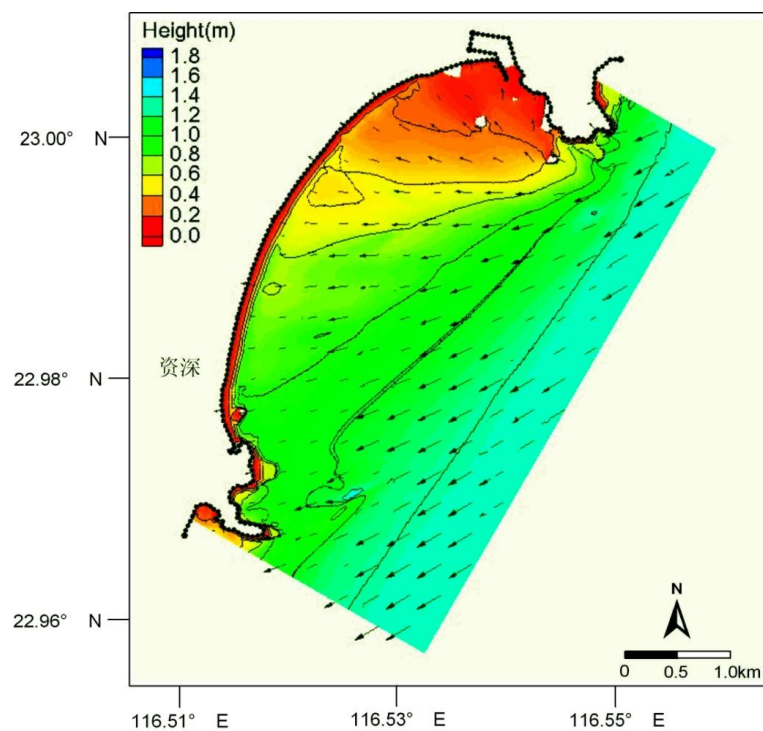
图 5.3.2-1 靖海湾海图水深 20m 处波浪玫瑰图

由 1975.3~9 和 1993.9~1994.3 波浪观测资料整理得靖海湾外 20m 水深处波浪要素统计值见图 5.3.2-1 和表 5.3.2-1。外海波浪在传至近岸浅水区时，由于折射、绕射和底摩阻等原因，会发生变形，波高、波长和传播方向等将随之做出调整。根据收集到的波浪资料建立二维水动力模型，惠来电厂防波堤工程前后靖海湾不同入射浪向的波动力场模拟得出：

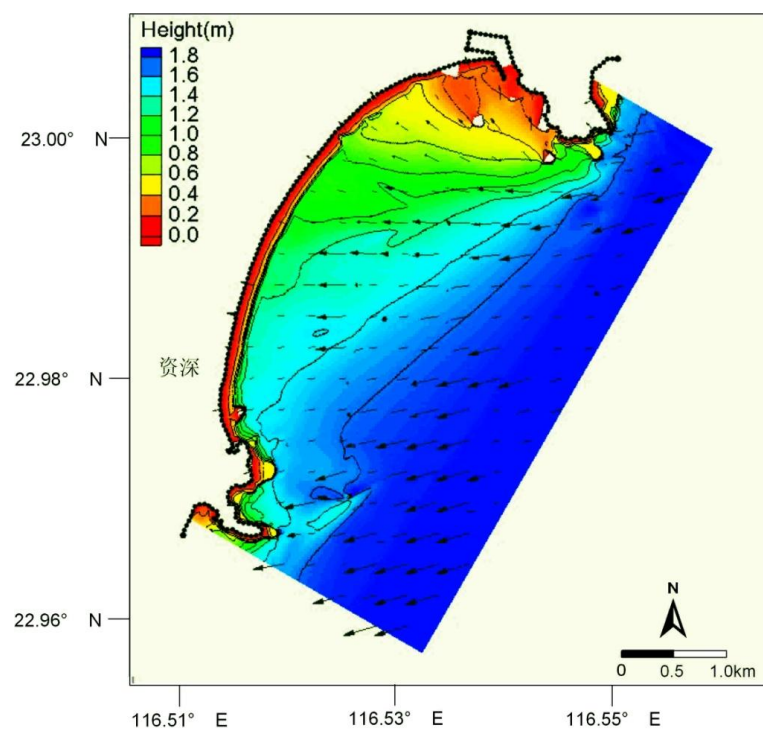
表 5.3.2-1 靖海湾海图水深 20m 处波级波向年分布

方向	F%	T (s)	H _{1/10} (m)
N	0.20	5.70	2.20
NNE	6.50	5.30	1.91
NE	17.80	5.30	2.07
ENE	8.40	5.00	1.82
E	17.20	6.50	1.49
ESE	3.80	6.40	1.00
SE	18.90	6.40	1.08
SSE	16.40	5.90	1.28
S	9.10	6.40	1.00
SSW	0.50	5.70	1.66
SW	0.80	6.80	0.95
WSW	0.00	0.00	0.00
W	0.00	0.00	0.00

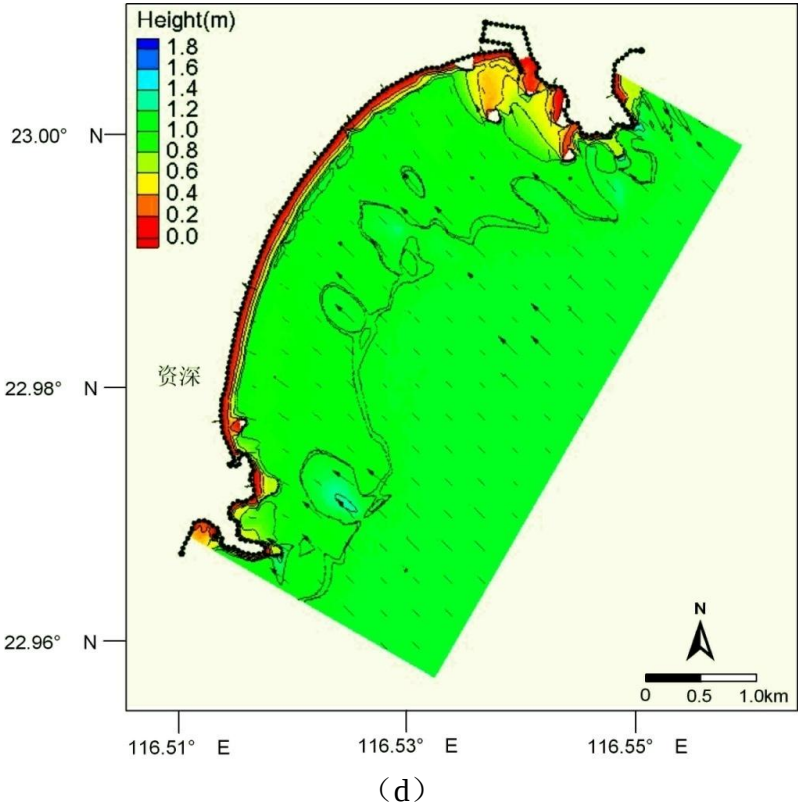
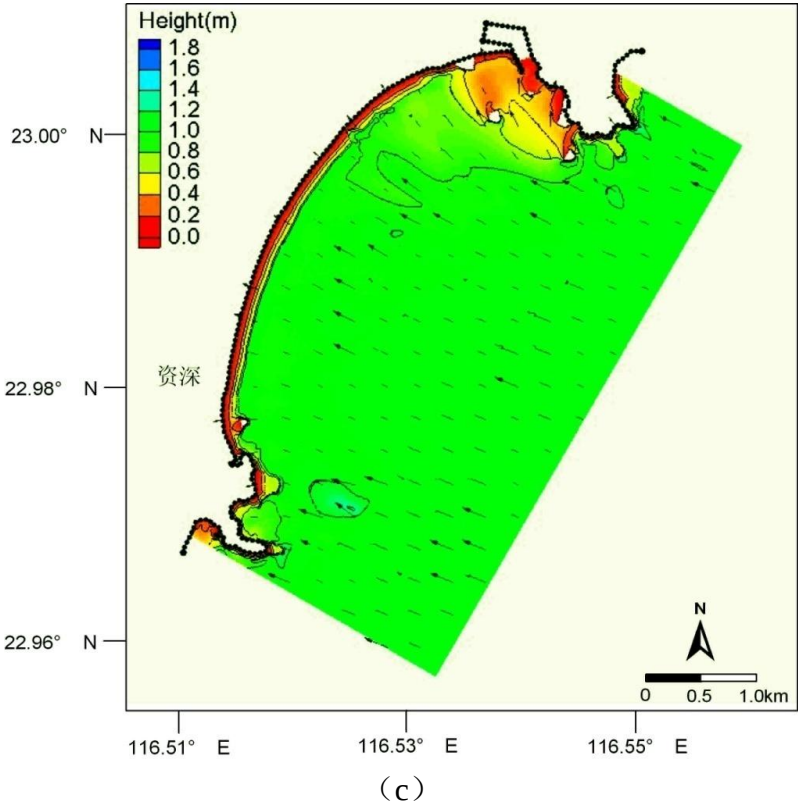
WNW	0.00	0.00	0.00
NW	0.10	5.40	2.20
NNW	0.10	5.30	2.20



(a)



(b)



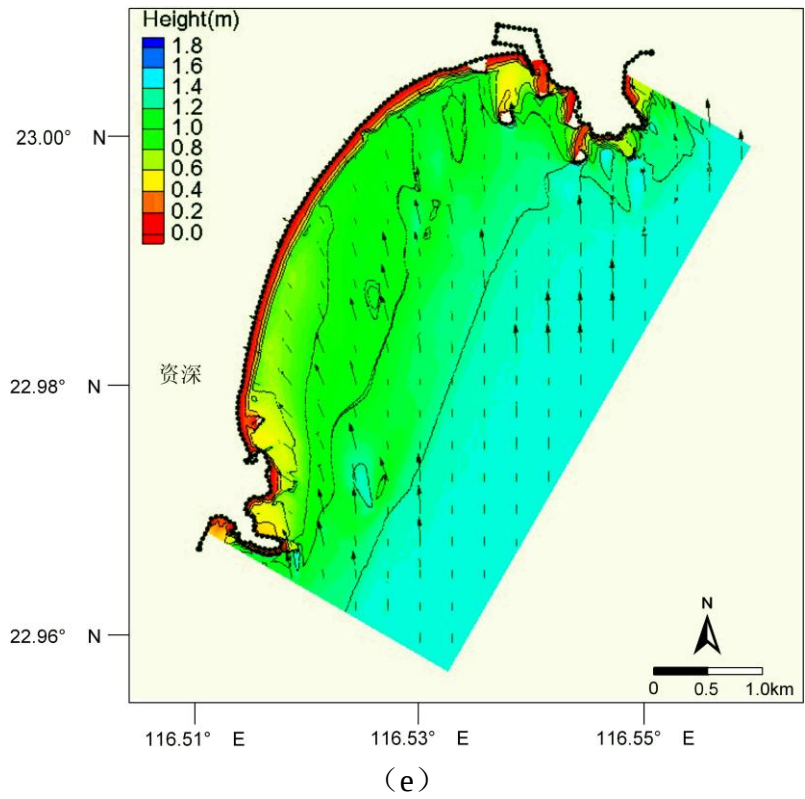
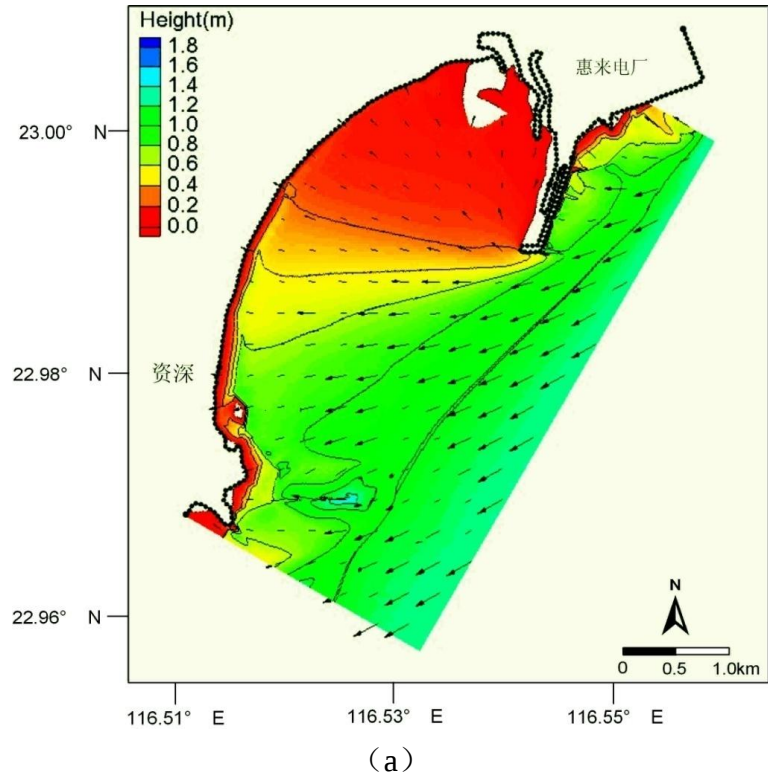
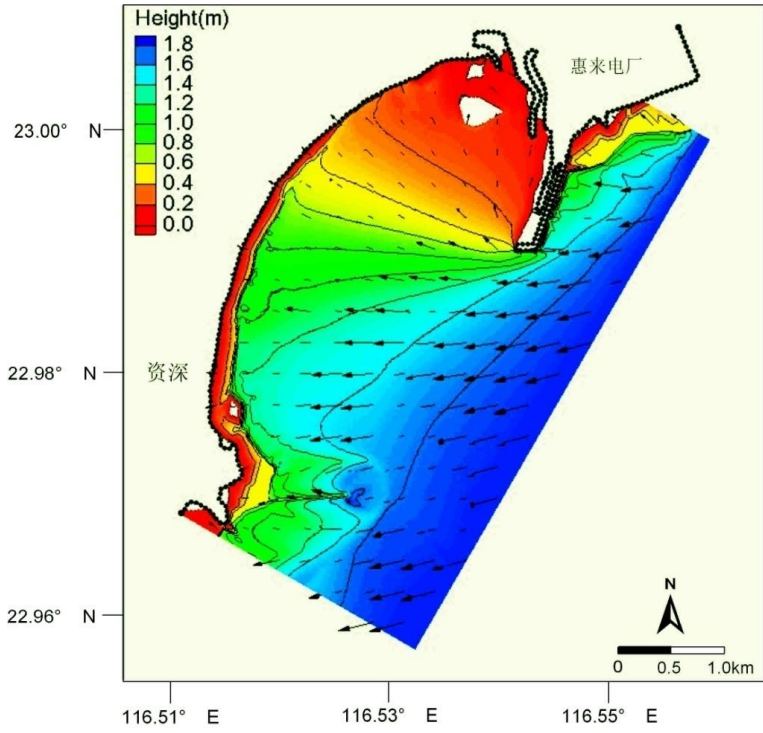
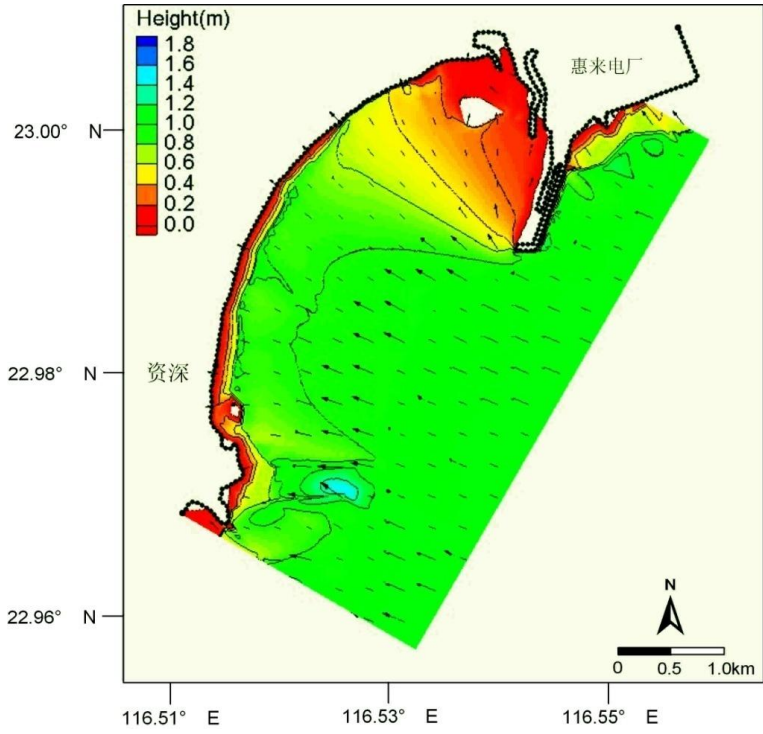


图 5.3.2-2 惠来电厂防波堤工程前靖海湾的主要浪向的波动力场模拟
(a-NE 向浪 b-E 向浪 c-SE 向浪 d-SSE 向浪 e-SW 向浪)





(b)



(c)

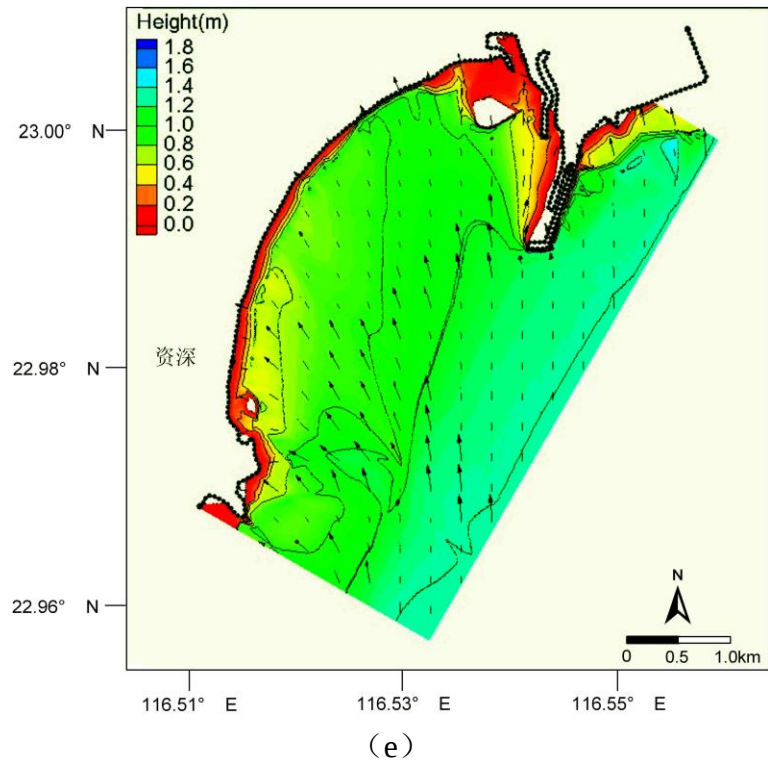
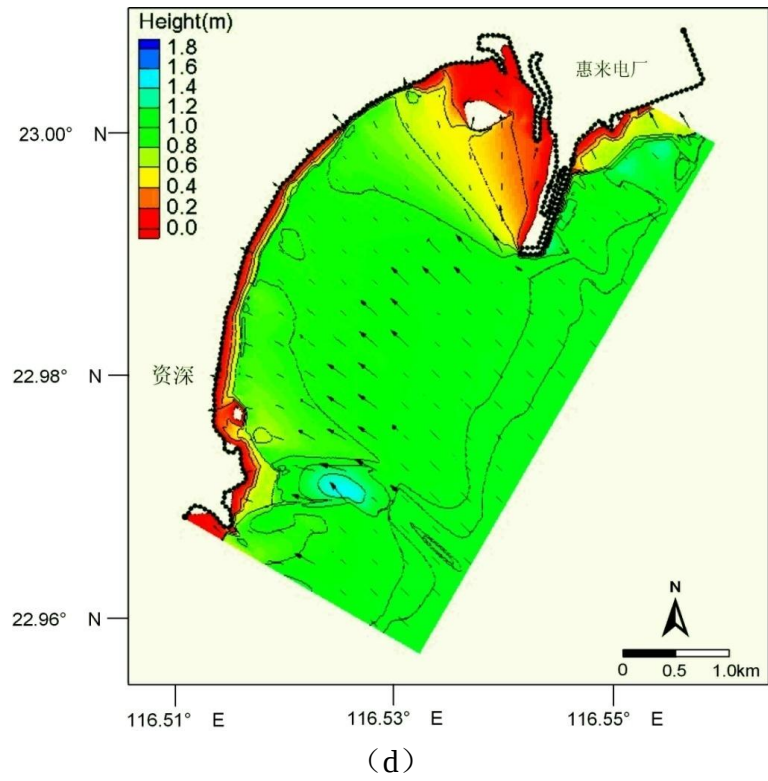


图 5.3.2-3 惠来电厂建成后靖海湾优势浪向波浪传播图
(a-NE 向浪 b-E 向浪 c-SE 向浪 d-SSE 向浪 e-SW 向浪)

通常，对于自然条件下的处于相对稳定状态的弧形海岸来讲，靖海湾的入射波受到地形影响而发生折射和绕射作用，波向逐渐发生偏转，波峰线趋向与岸线

平行。惠来电厂工程由北炮台向海修建了一个 NE~SW 走向的防波堤，长约 1.2km，该工程于 2006 年 10 月建设完成。这一人工建筑极大的改变了靖海湾的地形条件，进而引起湾内的波浪动力重新分布。防波堤工程建成后，使得靖海湾北部岸段处于防波堤的掩护之下，偏 E 向浪传至近岸时，受到防波堤的遮挡而发生折射和绕射，使得优势浪向对北段岸段的影响大为减弱；而偏 S 向波浪作用时，防波堤的障壁作用减弱，北段海岸仍处在波浪的正向入射区。

2 沿岸输沙计算与分析

沿岸输沙率的计算目前有很多方法，我国《海港水文规范》推荐使用赵今声公式，美国海岸工程兵团海岸中心的沿岸输沙公式也被广泛采用。计算公式基本思路都是采用波能流方法。

根据波浪动力场模拟结果，采用波能流法计算公式，结合惠来发电厂防波堤工程前后海域水下地形，靖海湾的沿岸输沙率（能力）计算结果如图 5.3.2-4 和图 5.3.2-5 所示。

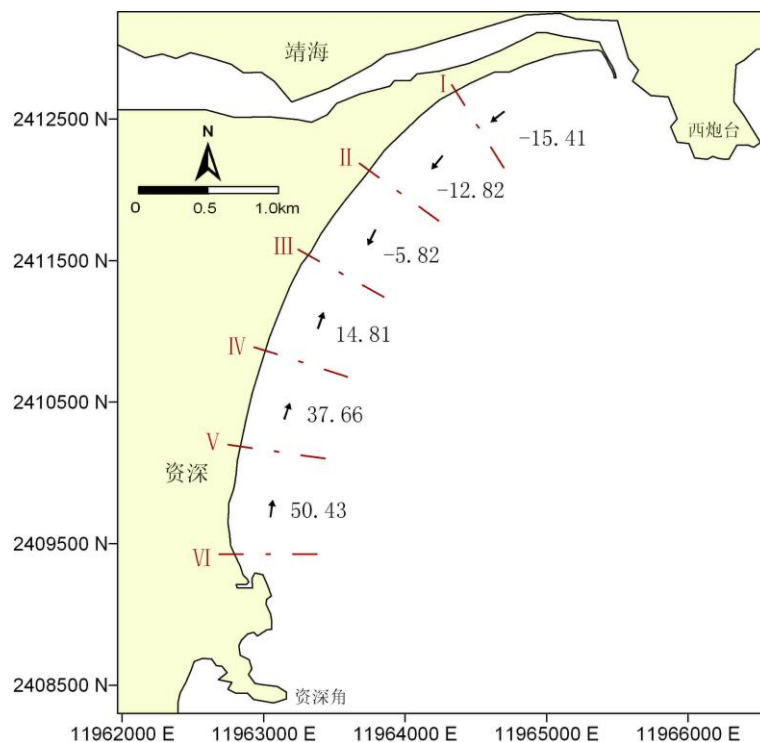


图 5.3.2-4 惠来电厂防波堤工程前（2003 年）靖海湾沿岸输沙能力计算结果示意图

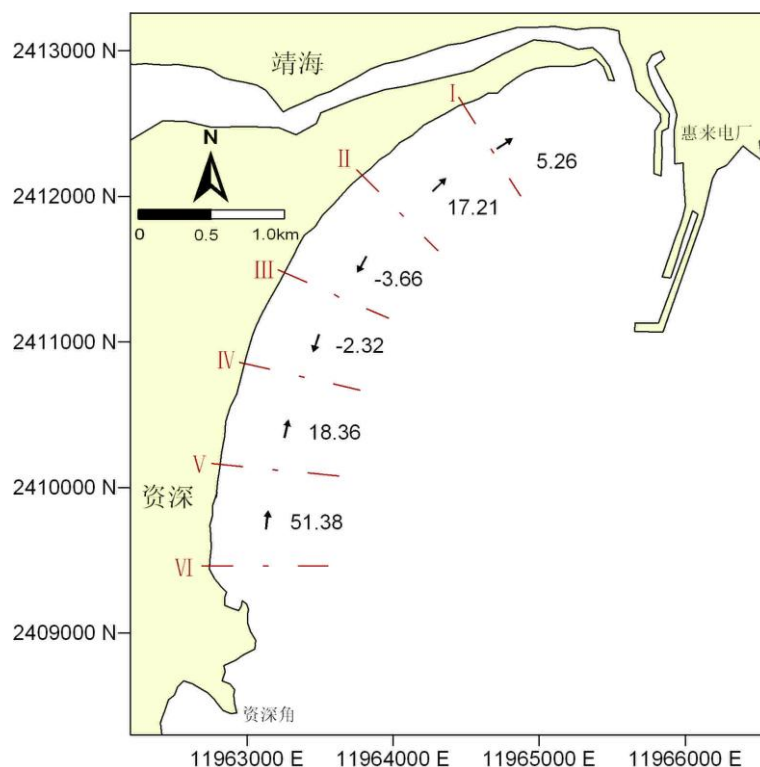


图 5.3.2-5 惠来电厂防波堤工程后（2008 年）靖海湾沿岸输沙能力计算结果示意图

图 5.3.2-4 和图 5.3.2-5 清晰地表明，惠来电厂防波堤工程前后，靖海湾沿岸输沙能力的空间变化特征表现为：（1）北部圆弧湾顶段沿岸输沙方向逆转，自然状态下的沿岸输沙方向与优势浪向一致，指向下岬角（资深角）方向，防波堤工程后沿岸输沙方向与优势浪来向相反，是谓反向输沙，表明靖海湾弧形海岸平衡状态发生显著转变；（2）靖海湾弧形海岸直线段（靠近下岬角资深角的绿洲岸段附近）沿岸输沙能力变化不大，由于缺少了来自上波侧方向的沿岸泥沙流补充以及反向输沙的影响，工程后的该岸段表现为相对侵蚀加剧。

5.3.3 岸滩的演变分析

根据研究区域 1966、2003 和 2008 三个年份的海图，分时段研究靖海湾的岸滩在近五十年内的变化情况。

1 自然状态的岸滩演变特征

对比 1966 年和 2003 年的岸线和各等深线，并于北段、中段和南端分别选取典型剖面进行定量分析（表 5.3.3-1 和图 5.3.3-2）可以发现，较之 1966 年，2003 年靖海湾北部岸段岸线和水下等深线都表现为较明显的侵蚀，平均侵蚀速率为 6.61m/a；中部切线段侵蚀和堆积交替出现，大体表现为冲淤动态平衡；南侧岸段亦主要表现为侵蚀后退，平均后退速率为 2.75m/a。总的来说，在惠来电厂建成之前，靖海湾弧形海岸基本处于冲淤的动态平衡，整体上表现为缓慢的向陆侵

蚀后退。

表 5.3.3-1 1966~2003 年靖海湾岸线及水下等深线侵蚀后退量和年均后退速率

断面编号	岸线		-2m 等深线		-5m 等深线		断面平均	
	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)
I	-16.53	-3.31	-16.53	-3.31	-66.12	-13.22	-33.06	-6.61
II	-24.79	-4.96	16.53	3.31	-74.38	-14.88	-27.55	-5.51
III	-49.59	-9.92	57.85	11.57	-49.59	-9.92	-13.77	-2.75
各断面平均	-30.30	-6.06	19.28	3.86	-63.36	-12.67	-24.79	-4.96

注：“+”表示等深线向海淤积推进，“-”表示等深线向陆侵蚀后退。

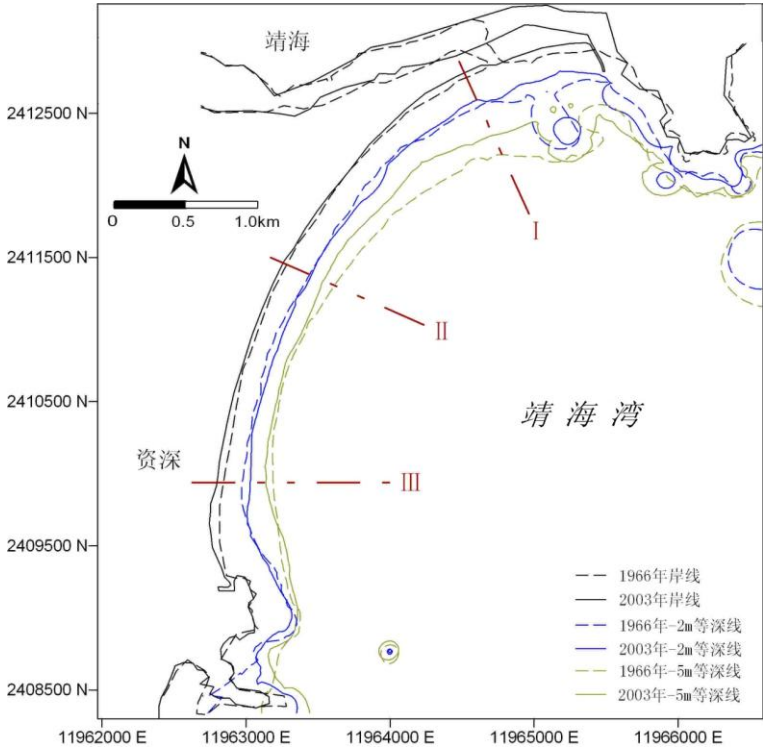


图 5.3.3-1 1966~2003 年靖海湾岸线及等深线变化

2 惠来电厂防波堤工程后的岸滩演变动向

表 5.3.3-2 2003~2008 年靖海湾岸线及水下等深线侵蚀后退量和年均后退速率

断面编号	岸线		-2m 等深线		-5m 等深线		断面平均	
	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)	变化量 (m)	变化速率 (m/a)
I	54.70	10.94	18.70	3.74	22.90	4.58	32.10	6.42

II	-73.90	-14.78	-66.40	-13.28	-4.70	-0.94	-48.33	-9.67
III	-35.70	-7.14	-38.50	-7.70	-9.00	-1.80	-27.73	-5.55
各断面平均	-18.30	-3.66	-28.73	-5.75	3.07	0.61	-14.66	-2.93

注：“+”表示等深线向海淤积推进，“-”表示等深线向陆侵蚀后退。

通过对比 2003 年与 2008 年的岸线和水下等深线（表 5.3.3-2 和图 5.3.3-2）可知，北段的剖面 I 上，岸线和-2m 以及-5m 等深线均表现出明显的向海淤积前展，平均淤进速率为 6.42m/a；中段的岸线和-2m 等深线则表现为明显的侵蚀后退，剖面 II 上平均的后退速率为 9.67m/a；南部岸段亦表现为侵蚀后退，剖面 III 上的平均侵蚀后退速率为 5.55m/a。

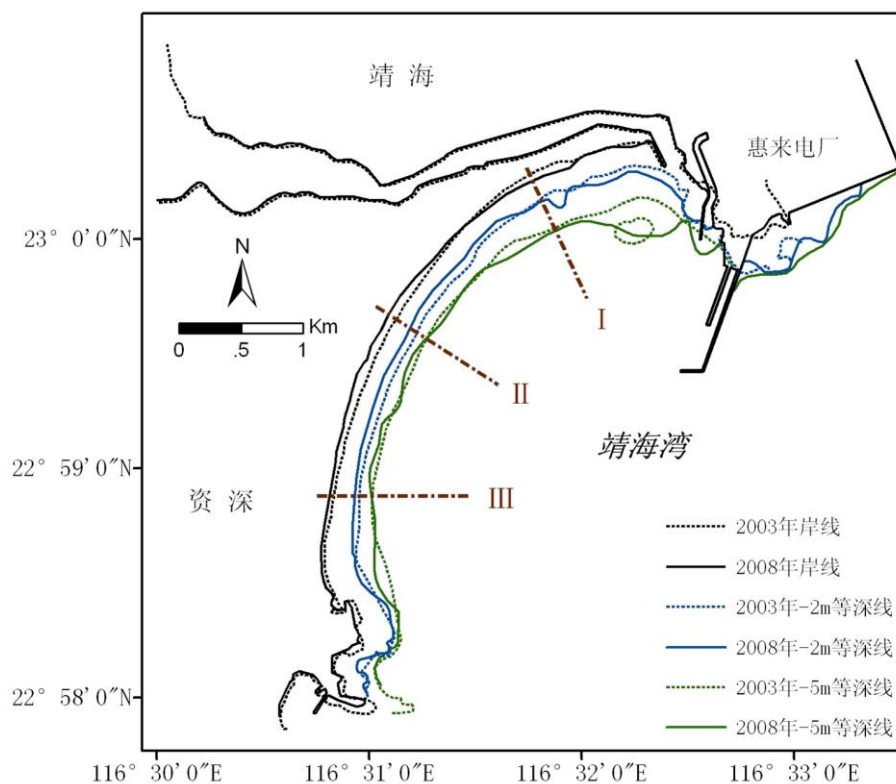


图 5.3.3-2 2003~2008 年靖海湾岸线及等深线变化

5.3.4 靖海湾弧形海岸平衡类型与调整趋势

1 弧形海岸平衡模式

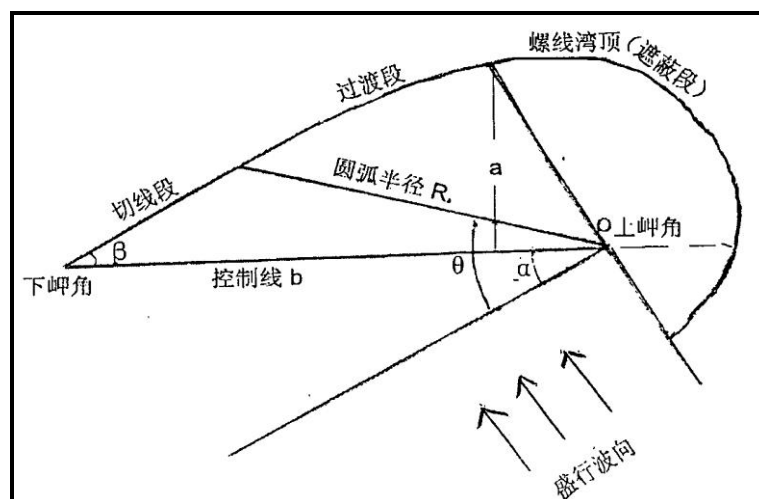


图 5.3.4-1 岬间弧形海岸平面形态及参数

基岩岬角及其岬间弧形沙质海滩约占全球海岸的 51%。自然状态的弧形海岸体系在岬间相对封闭、泥沙供给相对不足的波控环境下，典型的弧形岸线通常表现为动态稳定或略有侵蚀的动态平衡状态。当入射波绕射、折射后在整个弧形岸段同时破碎，波峰线处处于岸线平行，沿岸输沙为零，此时的弧形岸线为极端平衡状态。通常，岬间弧形沙质海湾包括三个区段（图 5.3.4-1）：圆弧状的遮蔽湾顶段、微弯的过渡段和直线状的切线岸段，前者偏于上岬角方向，后者偏于下岬角方向。这种岬间弧形海湾也有学者称之为对数螺线型海湾、新月形海湾、半心脏形海湾、钩状海湾等。

然而，现实中的弧形沙质岸线形态很难达到极端平衡态，或多或少存在一定的沿岸输沙，存在沿岸输沙的海岸状态称为动态平衡状态。Hsu（1989）根据不同的形态特征参数（图 5.3.4-2），提出了海岸平衡的判断准则：

$$\frac{a}{b} = 0.014\alpha - 0.000094\alpha^2$$

$$\frac{R}{b} = 0.81\alpha^{0.83} / \theta^{0.77}$$

其中：a—切线段与遮蔽段连接点到上岬角的距离；b—上下岬角之间的距离； α —岬角连线与波峰线的夹角； β —螺线切线与岬角连线之间的夹角； θ —螺线切线与螺线半径的夹角；R—螺线半径。当海湾的参数在 R/b 与 $0.81\alpha^{0.83} / \theta^{0.77}$ 的曲线或附近时为极端平衡，偏离则为动态平衡。

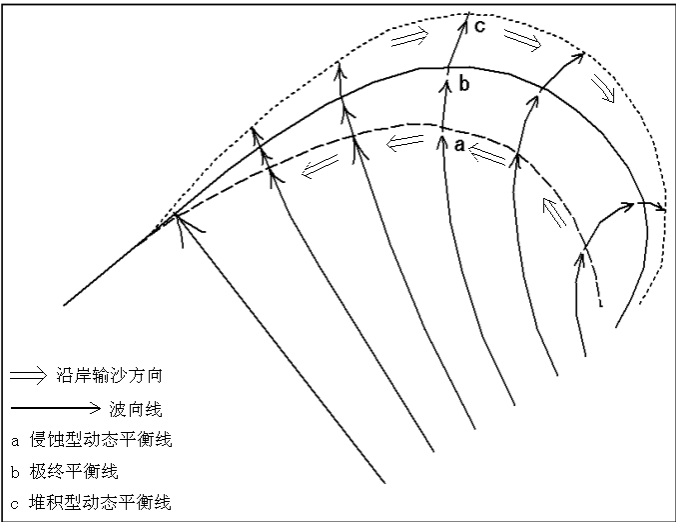


图 5.3.4-2 华南弧形海岸三种平衡状态与形式

表 5.3.4-1 华南弧形海岸湾顶岸线平衡形式

	侵蚀型动态平衡	冲淤平衡（终极平衡）	堆积型动态平衡
动力	波浪以折射为主，常波向线与湾顶成锐角相交	波浪折射、绕射并重，常波向线与湾顶岸线垂直	波浪以绕射为主，常波向线与湾顶岸线成钝角相交
泥沙	可供量<可侵蚀能力	可供量=可侵蚀或可堆积能力	可供量>可侵蚀能力
地貌	湾顶凹入度较小，凹入线位于终极平衡线之向海一侧，湾顶发育顺向沙嘴	湾顶凹入度达标，符合 $R/b = 0.81\alpha^{0.83} / \beta^{0.77}$ 凹入线达终极平衡线位置，无顺向或反向沙嘴发育	湾顶凹入度大，凹入线位于终极平衡线之向陆一侧，湾顶发育反向沙嘴

依据 Hsu 和 Silvester 平衡弧形海岸判断标准和李春初提出的华南弧形海岸三种平衡模式，自然演变状态或人为岬角影响下，弧形海岸实际存在三种平衡形式或状态（图 5.3.4-2，表 5.3.4-1）：（1）湾顶凹入度很大，现湾顶之螺线居于极终平衡线的向陆一侧位置（图 5.3.4-2 中的 c 线），此称为“堆积型动态平衡”海岸，即此种海岸将以堆积（或淤积）的方式向极终平衡状态逼近；（2）湾顶凹入度达标对数螺线形态的“极终平衡”海岸（图 5.3.4-2 中的 b 线）；（3）湾顶凹入度较小，现湾顶螺线居极终平衡线向海一侧位置（图 5.3.4-2 中的 a 线），此称为“侵蚀型动态平衡”海岸，即此种海岸要以侵蚀的方式向极终平衡状态逼近。

（2）自然状态下靖海湾平衡类型

靖海湾受粤东沿岸走向大势和相对突伸于海中的基岩上岬角（北炮台）和下岬角（资深角）的控制，波浪传入方向主要是 E~SSE。因位处季风气候区，年内风向、浪向季节变化显著：夏半年（5~10 月）主要为 E~SSE 向浪，3~4 月

SW 向浪有一定的影响，11 月中旬至翌年 2 月，主要为 NE 向浪。

伴随着全新世是早期至中期的海平面上升过程，由于上、下岬角对入射波浪的绕射、折射作用，原低海面时期滨海低地缓坡的陆源松散堆积物（其中砂组分的百分含量较高）再起、再搬运和再分配，发育形成形态优美的岬间砂质弧形岸滩。约 3000aBP 以来，海向来沙（即现今离岸带和内滨的向岸输沙）长期处于相对不足状态，因而，目前大多砂质弧形海岸处于全球性的相对缓慢侵蚀后退状态。

根据 Hsu 和 Silvester（1989，1993）提出抛物线拟合方程和岬间弧形岸线平衡类型，采用 MEPbay 软件对惠来电厂防波堤工程前的靖海湾岸线平衡状态进行拟合（图 5.3.4-3）。由图可见，自然条件下的靖海湾砂质弧形海岸为侵蚀型动态平衡，处于缓慢侵蚀的相对稳定状态。

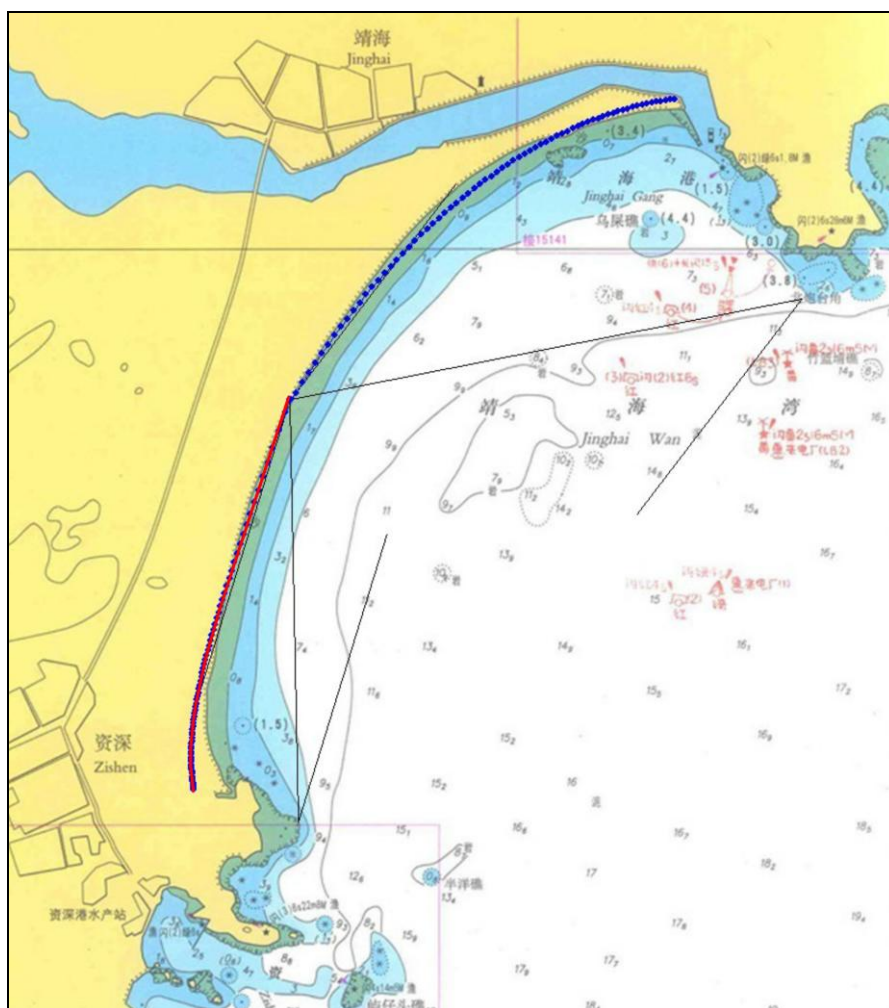


图 5.3.4-3 自然状态下的靖海湾弧形海岸平衡状态拟合示意图

具体来讲，湾顶圆弧遮蔽段岸滩微有侵蚀，侵蚀产生的泥沙自东北向西南运动，当沿岸泥沙流到达微曲过渡段和直线切线段（即绿洲海岸及其附近）时，再

由以垂岸为主波浪的向岸转运作用加积在岸滩剖面上。因此，自上岬角向下岬角方向，海滩剖面的空间变化规律（图 5.3.4-4）是：靠近北炮台的海滩剖面坡度和缓、滩肩不发育或缺失，呈下凹形；湾中段海滩剖面坡度逐渐增大，表现出沿岸沙坝、歪斜沙坝、垂岸沙坝等海滩地貌形态的动态变化；靠近资深角（绿洲岸段附近）海滩剖面较陡，滩肩发育宽展，呈上凸形。根据一些资料表明，惠来电厂防波堤工程前，自靖海渔港向下岬角方向的岸滩泥沙粒径呈由粗变细趋势，特别地，圆弧湾顶段抛石护岸及其浪蚀粗大颗粒所反映的沿岸泥沙搬运路径，清晰地反映了上述侵蚀型平衡状态。

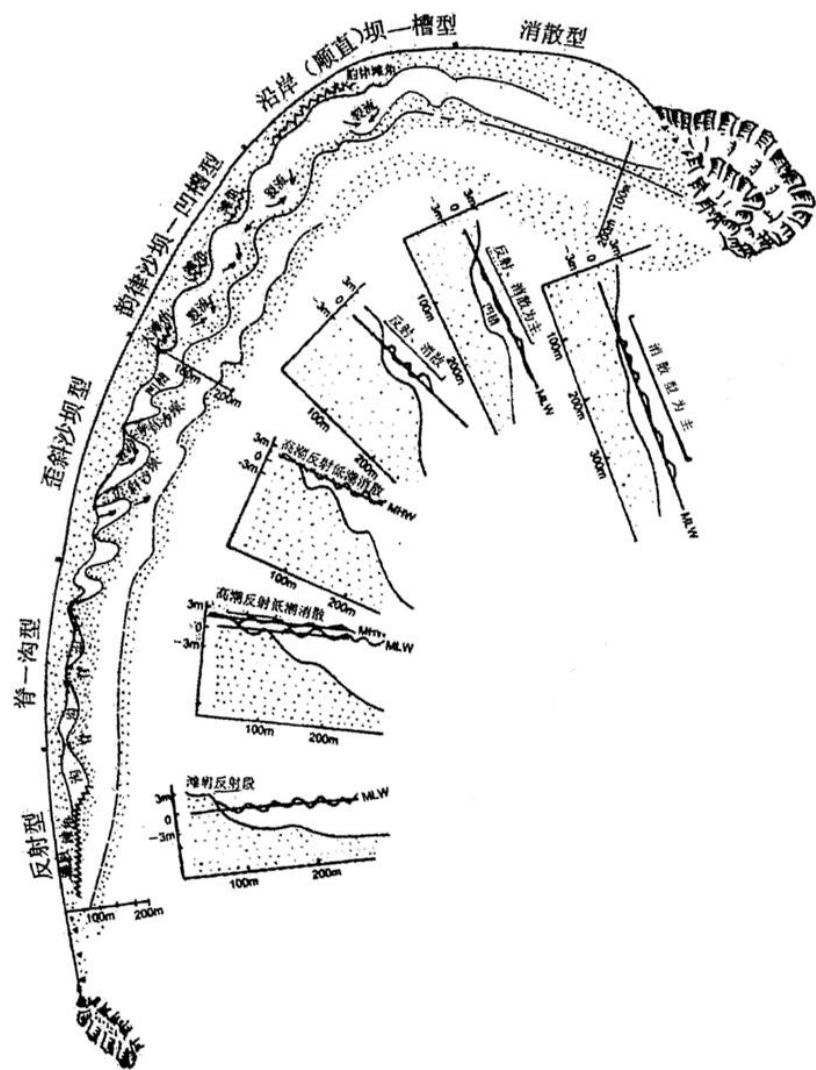


图 5.3.4-4 自然状态下的靖海湾弧形海岸海滩状态空间变化示意图

3 惠来电厂防波堤工程后靖海湾平衡类型

惠来电厂防波堤自原上岬角向海伸出约 1200m，实质上明显地人为延长了上岬角，人工上岬角显著增强了对靖海湾优势波浪的掩护效果，势必形成新的波浪绕射、折射动力场。与之相适应，沿岸泥沙的运动方向及其搬运和堆积的空间区段也随之发生改变，继而引致弧形岸滩产生较为快速的响应性侵蚀/堆积的调整

和变化。在新的人工岬角（防波堤）的控制下，靖海湾弧形岸滩的动力、泥沙和地貌的调整变化有如下特点：

（1）靠近上岬角岸段，绕射浪场空间范围增大，虽然该区段波浪动力相较于工程前有所减弱，但是，绕射后的波浪破波波峰线与岸线呈锐角相交，产生与入射波来向相反的波生水流。

（2）与入射波方向相反的波生水流在遮蔽段形成反向输沙，输沙能力（或量值）不大，但与原自然状态的沿岸输沙方向相反，而且是一个新生的持续累积变化过程。

（3）湾顶段由于反向输沙提供物源输入，岸滩表现为堆积外展变宽趋势；反向输沙来源于切线段和过渡段的侵蚀和输运，因而靠近下岬角的直线段岸滩表现出侵蚀后退加剧现象。

由图 5.3.4-5 惠来电厂防波堤工程后靖海湾弧形岸滩平衡类型拟合可以清晰地看出，靖海湾由原来的轻微侵蚀型动态平衡转变为堆积型动态平衡。

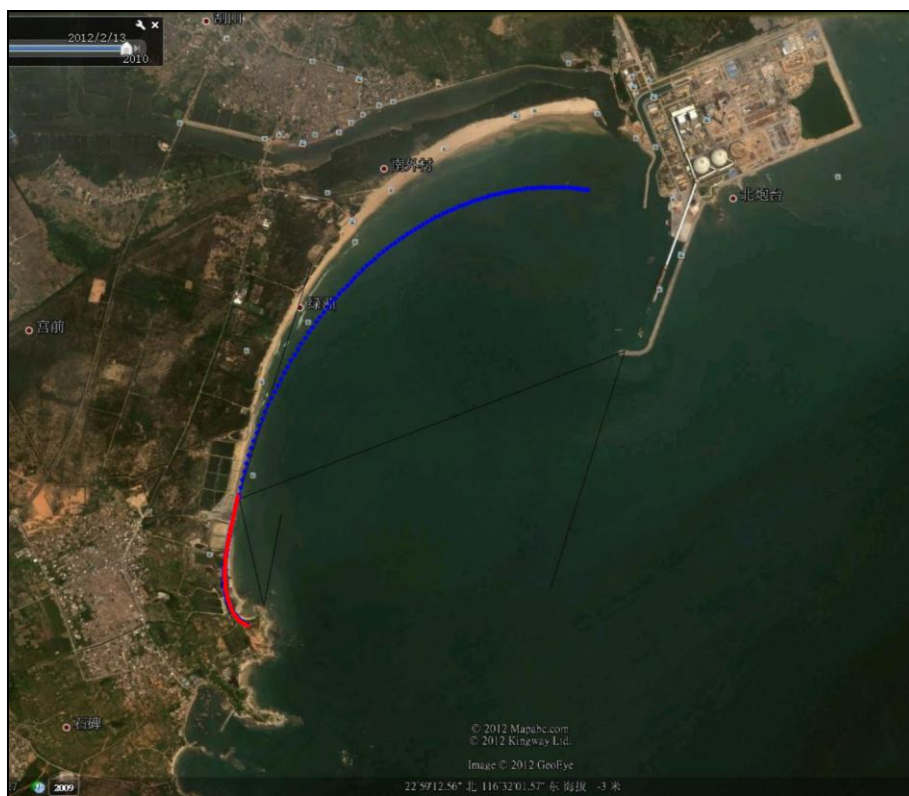


图 5.3.4-5 惠来电厂防波堤工程后靖海湾弧形海岸平衡状态拟合示意图

4 防波堤工程后靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整趋势

惠来电厂防波堤工程后，新的人工岬角控制的靖海湾弧形岸线凹入度过大，现岸线位于终极平衡位置的向陆一侧，新近的岸滩侵蚀和堆积调整变化趋势有以下特点：

(1) 受防波堤人工岬角掩护的遮蔽段绕射浪场区, 碎波带沿岸输沙指向上岬角方向, 岸滩呈堆积外展拓宽趋势, 减小圆弧湾顶段过大的凹入度, 最终趋向新的终极平衡位置, 新堆积拓宽的岸滩由沿岸波能较强向沿岸波能较弱的方向(指向上岬角)推进发展。

(2) 由于波浪减弱的同时伴随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小, 新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征, 甚至在波浪掩护消能效果良好的紧邻防波堤上岬角的局地岸段可能缺失新堆积岸滩, 可见, 这种堆积型动态调整趋势是一个相对缓慢的长期存在的持续累积的过程, 取决于波浪动力的强弱和反向输沙的强度。

(3) 反向输沙的供沙源地来自于下波侧方向岸滩侵蚀相对增强的岸段, 主要位于原自然状态靖海湾弧形海岸体系的直线切线段, 该岸段由于缺少了自然条件下的轻微侵蚀型相对稳定状态的沿岸输沙补充(即使其量值不大), 工程前后靖海湾弧形海岸沿岸输沙的“汇”和“源”逆转, 是该岸段相对侵蚀或侵蚀后退加剧的主要原因。

上述靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化是防波堤工程后必然发生的、长期显现的、缓慢而持续的过程和趋势。通常, 起初数年, 直线段侵蚀后退和湾顶段堆积外展的速率较快, 而后渐趋缓和。但是, 只要靖海湾弧形岸线未达到其新的终极平衡位置, 这一调整变化过程和趋势仍将持续显现和发展。由图 5.3.4-5 的惠来电厂防波堤工程后预测的终极平衡岸线位置来看, 湾顶段的堆积空间甚巨, 考虑到工程后湾顶段波能减小显著, 但是靖海湾相对独立且海域(内陆架)来沙长期不足, 假定二分之一的堆积空间全部由直线段侵蚀海岸补给泥沙, 可以推断, 靠近下岬角(资深角)的海岸区段(绿洲岸段及其附近)的侵蚀后退将会是一个长期的持续过程和趋势, 海岸侵蚀在中长期时间尺度上的累积量值和幅度, 须引起充分重视并采取工程措施予以整治。

5.3.5 侵蚀现状、损失评估及原因分析

1 侵蚀现状

(1) 惠来电厂防波堤的修筑改变了靖海湾的波浪绕射和折射场的空间分布, 砂质弧形岸滩由自然条件下的轻微侵蚀的相对稳定状态转而表现为工程后的长期持续累积的堆积型动态调整趋势;

(2) 靖海湾弧形海岸直线段(靠近下岬角资深角的绿洲岸段附近)沿岸输沙能力变化不大, 由于缺少了来自上波侧方向的沿岸泥沙流补充以及反向输沙的影响, 惠来电厂防波堤工程后的该岸段表现为相对侵蚀加剧;

(3) 波浪起动岸滩泥沙, 波生流和潮流沿岸输运, 局地岸滩活动泥沙量值亏损, 岸滩剖面循环过程不能有效恢复, 导致绿洲海岸侵蚀后退, 台风大浪作用

过程中海滩循环过程恶化,海岸侵蚀更为显著,潜在的灾害影响更为强烈和深远;

(4) 绿洲海岸侵蚀原本是波控砂质岸滩因长期供沙不足而呈现出的一种全球性的缓慢侵蚀的自然过程,靖海湾人类活动,譬如电厂防波堤工程和采挖海滩沙等,加剧了绿洲海岸侵蚀后退的速率和幅度;

(5) 绿洲海岸平均每年侵蚀后退 5.5m,未来 10 年内,现存的后滨高位养殖场将被完全损毁;海岸持续侵蚀,未来 30~50 年的累积蚀退幅度超过 200m,不仅损失了宝贵的土地资源,也大大增加了台风大浪对距海不远的资深居民地的潜在致灾威胁,严重地影响了区域经济发展和社会稳定。

2 侵蚀损失评估

据历年海图和研究海域详测水下地形对比结果,近年来绿洲海岸平均侵蚀后退速率约为 5.5m/a。另一方面,防波堤工程后的堆积型动态调整岸线至今仍远未达到其新的终极平衡位置。因此,绿洲海岸及其东北侧的邻近岸段作为反向输沙沉积物流的“源地”的局面将在未来仍长期存在,其海岸侵蚀后退加剧现象仍将长期持续显现。初步预测,未来 10 年内,现存于后滨地貌单元上的高位经济水产养殖池塘将被彻底损毁。未来 30~50 年,绿洲海岸的持续累积的侵蚀后退量高达 200~300m 之巨,将会导致宝贵的滨海土地资源显著减损,加之台风大浪等灾害性突发事件极有可能在短期内造成大幅度的侵蚀灾害。可见,绿洲海岸侵蚀加剧业已造成经济养殖设施的明显损毁,在未来 10 年内仍将是一个显性的加剧过程;如果不适时地加以控制和应对,中长期时间尺度上,有可能面临更为巨大和深远的灾难性后果,不仅是经济损失急剧增大,社会失稳状况也日益呈现不利的前景。

3 侵蚀原因分析

(1) 自然条件下岸滩侵蚀

绿洲岸段海岸侵蚀后退的原因如下:

1) 全新世中期海平面上升结束后进入相对稳定时期,大致距今 3000 年以来,由于内陆架供沙减小,大多砂质海岸由于供沙不足处于全球性的侵蚀后退状态。自然条件下靖海湾砂质弧形海岸处于微有侵蚀的相对稳定状态,由于存在一定量的沿岸泥沙流补给再经垂岸转运加积,因而电厂防波堤工程前绿洲海岸的侵蚀后退并不明显。

2) 绿洲岸段岸滩侵蚀后退的主要过程如下:碎波带波浪掀沙,特别是风暴大浪作用期间相对较强的回退水流致使海滩上部侵蚀产生的泥沙被携带至碎波带和内滨区,在波生水流和潮流输运的联合作用下,部分掀动的泥沙被带离岸滩剖面下部,涌浪(或常浪)作用期间的向岸输沙及其海滩加积过程不能完全完成以恢复岸滩剖面的泥沙循环,从而表现为缓慢侵蚀特征。

3) 台风大浪事件的侵蚀效应显著且难以恢复。台风大浪作用时,绿洲海岸侵蚀(或泥沙亏损)明显,主要表现在以下两个方面:其一,海滩沙向后滨(向

陆)的越冲堆积,致使其后的常浪作用时的岸滩活动泥沙量减少;其二,由于台风期间近岸增水效应显著,波浪作用范围宽广,甚至扩及后滨滩肩,强烈的底层回退水流使滩面泥沙冲刷向海运移,岸滩地貌表现为滩肩侵蚀,转而发育内滨水下沙坝,在台风大浪之后的常浪作用期间,再由波生水流和潮流将碎波带起动的泥沙搬离,致使绿洲岸段海滩循环过程中的泥沙垂岸收支不平衡,从而表现出较为明显的侵蚀结果,往往不能再度完全恢复。

此外,海滩沙的风力吹蚀再搬运,以及人为采挖海滩沙也是现代岸滩活动泥沙减少的影响因子。

(2) 近年来侵蚀后退加剧

惠来电厂防波堤工程后,绿洲海岸侵蚀后退呈加剧变化,其成因可归结如下:

1) 绿洲海岸靠近资深角(下岬角),波能辐聚集中,存在着波能分布的沿岸梯度,波能自南向北减小,是绿洲岸段侵蚀后退的动力背景;

2) 防波堤构成新的人工上岬角,靖海湾弧形海岸湾顶段的平衡类型由侵蚀型转变为堆积型,自然状态下由湾顶段指向下波侧的沿岸输沙不复存在,转而表现为由下岬角直线段指向湾顶的反向输沙,导致绿洲海岸岸滩泥沙盈亏状况恶化;

3) 反向输沙的泥沙流形成向湾顶延伸的新堆积外展岸滩,其努力的方向和结果是使靖海湾弧形海岸达到新的终极平衡位置,这一调整变化及其反向输沙的堆积空间巨大,是绿洲海岸侵蚀后退加剧并在未来长期持续展现的必然过程。

5.4 海水水质现状调查与评价

5.4.1 水质现状调查结果

2015年1~2月的水质监测要素包括水温、盐度、pH、透明度、生化需氧量(BOD₅)、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)、无机氮(DIN,为氨、亚硝酸盐和硝酸盐之和)、活性磷酸盐、总汞、铜、锌、铅、镉、砷、石油类、悬浮物和硫化物等,共18项。各要素的测试分析统计结果列于表5.4.1-1。

(1) 水温

该监测时段监测海区涨潮时表层水温变化于15.2~15.9℃之间,平均为15.4℃;底层水温变化于15.1~15.9℃之间,平均为15.5℃。落潮时表层和底层水温均变化于15.2~15.6℃之间,平均值分别为15.4℃和15.5℃。

该监测时段监测海区海水温度分布较为均匀,涨潮和落潮时水温相差不大,且均为表层水温略低于底层水温。

(2) 透明度

该监测时段监测海区涨潮和落潮时透明度均变化于 0.5~0.9 之间，平均值均为 0.7。

(3) 盐度

该监测时段监测海区涨潮时表层盐度变化于 31.20~31.68psu 之间，平均为 31.42psu；底层盐度变化于 31.10~31.74psu 之间，平均为 31.46psu。落潮时表层盐度变化于 31.16~31.55psu 之间，平均为 31.35psu；底层盐度变化于 30.28~31.76psu 之间，平均为 31.30psu。该监测时段监测海区海水盐度涨潮时高于落潮时，海水盐度主要受降水或地表径流的影响较大。

(4) pH

该监测时段监测海区涨潮时海水 pH 变化于 8.01~8.05 之间，平均值为 8.03；落潮时海水 pH 变化于 8.02~8.06 之间，平均值均为 8.04。监测海区海水 pH 值分布较均匀，平均值落潮时略高于涨潮时。

(5) 化学需氧量 (COD)

该监测时段监测海区涨潮时表层海水 COD 变化于 0.68~1.24mg/L 之间，平均为 0.98mg/L；底层变化于 0.65~1.26mg/L 之间，平均为 1.02mg/L。落潮时表层海水 COD 变化于 0.54~1.27mg/L 之间，平均为 0.87mg/L；底层变化于 0.70~1.32mg/L 之间，平均为 0.94mg/L。监测海区海水中 COD 平均含量底层高于表层，涨潮时高于落潮时。

(6) 生化需氧量 (BOD₅)

该监测时段监测海区涨潮时表层海水 BOD₅ 变化于 0.59~1.82mg/L 之间，平均为 1.24mg/L；底层变化于 0.71~2.60mg/L 之间，平均为 1.52mg/L。落潮时表层海水 BOD₅ 变化于 0.76~1.40mg/L 之间，平均为 1.00mg/L；底层变化于 0.68~1.64mg/L 之间，平均为 1.09mg/L。监测海区海水中 BOD₅ 平均含量底层高于表层，涨潮时高于落潮时。

涨潮时表现为西部和西北高、东南低，落潮时表层在西北、西南及中部存在三块高值区，底层近岸浓度较高。

(7) 溶解氧 (DO)

该监测时段监测海区涨潮时表层海水 DO 变化于 8.02~8.25mg/L 之间，平均为 8.13mg/L；底层海水 DO 变化于 7.92~8.15mg/L 之间，平均为 8.07mg/L。落潮时表层海水 DO 变化于 7.87~8.14mg/L 之间，平均为 8.02mg/L；底层海水 DO 变化于 7.92~8.08mg/L 之间，平均为 8.01mg/L。监测海区海水中 DO 平均含量表层

高于底层，涨潮时高于落潮时。

(8) 石油类

该监测时段监测海区涨潮时表层海水中油类物质的含量变化于 19.6~46.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 34.6 $\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 15.6~38.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 26.2 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水中油类物质的含量变化于 19.3~50.8 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 36.7 $\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 12.9~48.7 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 27.5 $\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中油类平均含量表层高于底层，涨潮时低于落潮时。

(9) 无机氮 (DIN)

该监测时段监测海区涨潮时表层海水中 DIN 含量变化于 $1.61\times 10^2\sim 2.16\times 10^2\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 $1.87\times 10^2\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 $1.53\times 10^2\sim 2.08\times 10^2\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 $1.83\times 10^2\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水中 DIN 含量变化于 $1.76\times 10^2\sim 2.31\times 10^2\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 $1.93\times 10^2\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 $1.69\times 10^2\sim 2.20\times 10^2\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 $1.89\times 10^2\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中 DIN 平均含量表层高于底层，涨潮时低于落潮时。

少量站位海水中 DIN 含量较高，超出了 20 $\mu\text{g/L}$ ，超标站位在涨潮时主要位于监测海区的中部和北部，落潮时主要位于西部和南部。

(10) 活性磷酸盐

该监测时段监测海区涨潮时表层海水活性磷酸盐的含量变化于 18.6~23.9 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 21.0 $\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 14.7~23.9 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 19.9 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水活性磷酸盐的含量变化于 19.7~24.2 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 22.0 $\mu\text{g/L}$ ；底层含量变化于 17.2~24.4 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 21.0 $\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中活性磷酸盐平均含量表层高于底层，涨潮时低于落潮时。

表层近岸海水活性磷酸盐含量较高，底层海水一般近岸含量较低，含量较高站位基本位于离岸较远位置。

(11) 总汞

该监测时段监测海区涨潮时海水中汞的含量变化于 0.007~0.019 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.013 $\mu\text{g/L}$ ；落潮时海水中汞的含量变化于 0.009~0.023 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.016 $\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中活性磷酸盐含量表底层相差不大，平均含量涨潮时低于落潮时。

(12) 砷

该监测时段监测海区海水中砷的含量较低。涨潮时海水砷的含量变化于 0.64~0.80 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.71 $\mu\text{g/L}$ ；落潮时海水砷的含量变化于 0.59~0.83 $\mu\text{g/L}$

之间，平均为 0.73 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时含量略高于涨潮时。

(13) 镉

该监测时段监测海区海水中镉的含量较低。涨潮时海水镉的含量变化于 0.15~0.26 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.21 $\mu\text{g/L}$ ；落潮时海水镉的含量变化于 0.13~0.25 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.19 $\mu\text{g/L}$ 。涨潮时含量略高于落潮时。

(14) 锌

该监测时段监测海区涨潮时表层海水中锌的含量变化于 5.3~20.5 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 13.0 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于 6.1~22.0 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 12.9 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水中锌的含量变化于 5.4~14.4 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 11.3 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于 6.3~12.9 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 9.8 $\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中锌含量表层高于底层，平均含量涨潮时高于落潮时。

(15) 铅

该监测时段监测海区涨潮时表层海水中铅的含量变化于 0.80~1.09 $\mu\text{g/L}$ 之间，底层变化于 0.78~1.17 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值均为 0.95 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水中铅的含量变化于 0.68~1.15 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.91 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于 0.65~1.01 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 0.87 $\mu\text{g/L}$ 。监测海区海水中铅平均含量涨潮时高于落潮时。

(16) 铜

该监测时段监测海区涨潮时表层海水铜的含量变化于 2.73~6.09 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 4.43 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于 2.16~6.62 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 4.05 $\mu\text{g/L}$ 。落潮时表层海水铜的含量变化于 3.35~6.21 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 4.49 $\mu\text{g/L}$ ；底层变化于 4.08~5.95 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均为 4.89 $\mu\text{g/L}$ 。涨潮时铜含量表层较高，落潮时底层较高，落潮时铜平均含量高于涨潮时。

(17) 硫化物

该监测时段监测海区涨潮时海水硫化物的含量变化于未检出~0.3 $\mu\text{g/L}$ 之间，落潮时变化于未检出~0.2 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值均为 0.1 $\mu\text{g/L}$ 。涨潮时检出率为 25.0%，落潮时检出率为 12.5%。该监测时段内该海区海水中硫化物含量较低。

(18) 悬浮物 (SS)

该监测时段监测海区涨潮时表层海水悬浮物的含量变化于 19.7~89.8 mg/L 之间，平均为 49.9 mg/L ；底层变化于 16.1~91.7 mg/L 之间，平均为 53.4 mg/L 。落潮时表层海水悬浮物的含量变化于 24.9~1.16 $\times 10^2\text{mg/L}$ 之间，平均为 65.4 mg/L ；底层变化于 17.6~1.25 $\times 10^2\text{mg/L}$ 之间，平均为 67.2 mg/L 。监测时段内该海区海水中悬浮物含量底层高于表层，落潮时显著高于涨潮时。

表 5.4.1-1 水质调查要素结果统计

站位	层次	水温	pH	盐度	悬 浮	DO	COD	BOD5	油类	活性	硝酸盐	亚硝酸	氨氮	汞	硫化物	锌	镉	铅	铜	砷
	涨潮	℃	-	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/
Z1	0.5	15.3	8.03	31.66	19.7	8.12	0.85	1.51	24.5	18.6	103	15.5	97.1	0.008	0.3	13.7	0.24	0.96	3.22	0.76
	7.0	15.6	8.04	31.61	16.1	8.14	0.84	1.98	22.7	14.7	85.7	17.3	93.2	0.015	0.2	15.3	0.25	0.82	4.30	0.67
Z2	0.5	15.3	8.03	31.66	24.8	8.20	0.68	1.59	32.8	23.1	88.9	16.1	81.3	0.008	△	14.7	0.20	0.80	5.31	0.76
	23.0	15.1	8.05	31.66	30.0	8.12	1.09	1.90	15.6	16.4	112	16.1	80.1	0.014	△	10.5	0.24	0.79	3.52	0.73
Z3	0.5	15.4	8.02	31.68	44.2	8.15	0.93	1.17	42.0	19.2	82.1	12.7	104	0.010	△	12.2	0.17	0.85	6.09	0.68
	11.0	15.7	8.01	31.69	50.0	8.15	0.89	1.17	38.8	19.7	64.3	14.2	97.8	0.018	△	9.88	0.16	1.05	4.14	0.74
Z4	0.5	15.7	8.05	31.21	33.4	8.14	0.70	1.67	46.8	22.2	69.6	15.2	82.5	0.017	△	14.6	0.25	0.95	4.46	0.74
	18.0	15.8	8.05	31.74	37.9	8.08	0.96	2.60	30.2	20.0	80.6	18.8	88.6	0.010	△	10.5	0.26	0.78	4.15	0.80
Z5	0.5	15.3	8.05	31.23	26.6	8.15	1.18	1.82	19.6	23.3	58.4	17.3	85.5	0.013	0.2	15.9	0.25	1.09	2.73	0.64
	24.0	15.1	8.04	31.35	28.5	8.04	0.82	1.65	16.9	17.8	75.4	10.3	90.7	0.007	△	9.03	0.25	1.03	4.41	0.70
Z6	0.5	15.9	8.01	31.40	52.0	8.01	0.81	0.84	28.6	20.0	67.2	15.8	97.2	0.011	△	10.2	0.20	0.83	4.29	0.68
	0.5	15.9	8.01	31.40	54.3	8.04	0.79	0.85	29.2	20.0	70.8	15.8	94.2	0.011	△	10.5	0.20	0.81	4.24	0.68
	14.0	15.9	8.01	31.39	55.2	8.11	1.13	1.75	19.3	21.4	48.7	15.2	86.8	0.016	0.2	11.9	0.17	0.80	4.57	0.72
	14.0	15.9	8.01	31.39	54.8	8.09	1.12	1.70	20.4	21.1	51.4	15.2	88.8	0.016	0.2	11.6	0.17	0.81	4.48	0.72
Z7	0.5	15.5	8.02	31.44	89.8	8.03	1.15	1.40	46.6	23.9	81.7	15.8	91.6	0.017	△	18.9	0.16	0.98	5.16	0.76
	17.0	15.5	8.03	31.39	71.3	7.92	1.12	1.29	34.6	23.1	68.4	17.3	92.7	0.015	△	22.0	0.15	1.09	6.62	0.71
Z8	0.5	15.4	8.03	31.20	47.2	8.09	1.24	1.39	36.5	22.8	65.7	16.4	98.0	0.011	△	20.5	0.20	1.08	5.29	0.69

	20.0	15.5	8.03	31.10	49.2	8.00	1.24	1.03	27.9	23.9	49.1	14.8	100	0.013	△	21.3	0.19	1.17	4.73	0.70
Z9	0.5	15.2	8.04	31.30	43.8	8.15	1.15	0.72	35.9	19.7	99.2	14.8	95.7	0.011	△	9.99	0.18	0.93	4.33	0.68
	18.0	15.6	8.04	31.33	67.0	8.08	1.16	1.62	29.2	20.8	92.2	14.8	95.2	0.013	△	11.3	0.19	0.95	2.80	0.70
Z10	0.5	15.4	8.04	31.45	62.9	8.25	1.16	1.56	46.3	21.9	70.0	14.8	88.8	0.013	△	7.10	0.18	1.03	3.55	0.70
	21.0	15.5	8.04	31.46	67.2	8.12	1.26	1.01	31.3	19.7	61.8	14.8	96.2	0.015	△	6.11	0.18	0.97	2.68	0.71
Z11	0.5	15.2	8.04	31.32	81.0	8.20	0.78	0.64	34.7	18.6	93.2	14.8	81.4	0.011	△	5.26	0.19	0.96	3.31	0.71
	15.0	15.6	8.03	31.42	76.5	8.03	0.65	0.71	24.8	20.0	81.1	15.5	81.4	0.011	△	11.4	0.25	1.10	2.16	0.72
Z12	0.5	15.2	8.04	31.49	74.6	8.09	1.12	0.58	20.7	19.2	86.5	15.5	90.5	0.017	0.2	12.6	0.21	0.92	5.51	0.68
	0.5	15.2	8.04	31.50	70.4	8.11	1.15	0.60	19.6	19.2	89.5	15.5	88.5	0.017	0.2	12.3	0.21	0.94	5.43	0.68
	22.0	15.6	8.03	31.41	93.0	8.01	1.06	1.62	21.4	21.1	97.3	16.7	93.3	0.019	0.2	15.4	0.22	0.86	4.58	0.73
	22.0	15.6	8.03	31.42	90.4	8.04	1.09	1.63	22.6	21.1	101	16.7	90.3	0.019	0.2	15.2	0.22	0.84	4.64	0.73

续表 5.4.1-1 水质调查要素结果统计

站位	层次	水温	pH	盐度	悬 浮	DO	COD	BOD5	油类	活性	硝酸盐	亚硝酸	氨氮	汞	硫 化	锌	镉	铅	铜	砷
	落潮	℃	-	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Z1	0.5	15.3	8.04	31.17	26.5	8.12	0.54	1.40	19.3	19.7	94.5	14.5	84.5	0.015	0.2	8.09	0.18	0.97	3.35	0.81
	6.5	15.5	8.03	31.14	17.6	8.08	0.70	1.30	12.9	21.1	91.2	15.8	83.7	0.011	△	6.60	0.25	0.76	5.95	0.77
Z2	0.5	15.4	8.06	31.55	24.9	8.01	0.68	1.27	23.0	23.6	72.3	15.2	92.0	0.009	△	14.4	0.23	0.95	5.28	0.69
	22.5	15.2	8.06	31.51	27.3	7.98	0.96	1.34	14.9	17.5	74.5	11.2	92.4	0.010	△	11.9	0.17	1.01	4.15	0.76

Z3	0.5	15.4	8.03	31.30	59.8	8.01	0.74	0.76	48.2	20.8	113	15.5	102	0.015	Δ	12.6	0.19	0.98	6.21	0.71
	10.2	15.5	8.03	31.27	38.9	8.00	1.01	1.37	36.8	23.1	109	17.3	93.2	0.013	Δ	9.20	0.15	0.96	4.25	0.59
Z4	0.5	15.4	8.03	31.16	30.4	8.01	0.65	0.93	45.5	22.2	74.9	14.5	87.0	0.011	Δ	10.5	0.25	1.08	5.77	0.74
	17.2	15.3	8.02	31.44	40.5	8.04	0.79	0.96	22.3	21.1	71.4	15.2	83.5	0.011	Δ	6.30	0.22	0.90	4.51	0.80
Z5	0.5	15.4	8.04	31.22	37.9	8.00	0.74	1.05	26.7	24.2	79.1	14.8	87.5	0.013	Δ	5.35	0.16	1.15	3.70	0.64
	23.3	15.2	8.04	31.76	36.7	7.93	0.76	1.64	30.4	17.2	86.6	10.9	94.5	0.009	Δ	11.9	0.22	0.81	5.83	0.70
Z6	0.5	15.4	8.03	31.50	113.6	8.01	1.06	1.12	26.9	23.6	85.9	16.1	88.9	0.018	Δ	11.3	0.15	0.96	4.22	0.74
	0.5	15.4	8.04	31.50	107.8	8.03	1.07	1.15	25.5	23.3	80.5	16.1	87.9	0.018	Δ	11.2	0.15	0.94	4.14	0.74
	13.2	15.5	8.04	31.26	111.6	7.90	1.01	1.06	21.8	22.5	100	16.7	85.3	0.019	Δ	9.91	0.19	0.81	4.03	0.81
	13.2	15.5	8.04	31.26	108.3	7.93	0.99	1.05	21.2	22.5	96.3	16.7	86.3	0.019	Δ	9.84	0.19	0.83	4.12	0.81
Z7	0.5	15.6	8.03	31.30	105.6	7.93	0.88	0.81	50.0	23.9	90.6	16.4	89.2	0.016	Δ	11.8	0.19	0.87	5.12	0.80
	16.3	15.5	8.03	30.28	84.1	8.04	1.07	1.41	36.3	24.4	71.1	16.4	81.8	0.016	Δ	12.9	0.18	0.97	5.37	0.83
Z8	0.5	15.5	8.03	31.55	72.0	7.87	0.96	1.04	40.7	20.6	83.0	16.4	83.1	0.019	Δ	13.8	0.15	0.71	3.86	0.81
	19.5	15.5	8.03	31.41	111.0	8.00	0.96	1.08	32.5	20.6	81.5	18.5	82.5	0.021	Δ	11.8	0.21	0.99	5.77	0.78
Z9	0.5	15.2	8.04	31.35	107.0	8.01	1.27	1.07	50.8	22.5	98.3	16.7	87.1	0.023	Δ	7.72	0.24	0.78	4.72	0.69
	17.5	15.6	8.04	31.46	124.9	8.04	1.32	0.68	48.7	20.8	92.0	17.0	88.1	0.022	Δ	7.02	0.19	0.86	5.04	0.69
Z10	0.5	15.3	8.04	31.39	56.0	8.08	1.07	0.89	41.5	21.4	85.3	16.7	90.7	0.020	Δ	12.3	0.17	0.86	4.38	0.61
	20.7	15.6	8.04	31.37	66.0	8.00	0.92	0.75	30.4	21.4	76.6	16.4	93.9	0.017	Δ	6.39	0.19	0.84	4.11	0.69
Z11	0.5	15.2	8.04	31.34	115.6	8.00	1.24	0.89	37.0	21.9	112	17.6	89.6	0.018	Δ	14.3	0.14	0.68	3.92	0.79
	14.7	15.6	8.04	31.32	98.7	8.01	1.13	0.72	19.1	21.9	104	16.1	84.9	0.014	Δ	9.79	0.13	0.65	4.75	0.78

Z12	0.5	15.2	8.04	31.42	37.6	8.15	0.65	0.76	31.8	19.7	73.3	17.9	83.1	0.023	0.2	14.0	0.21	1.00	3.40	0.66
	0.5	15.2	8.04	31.43	39.4	8.12	0.67	0.75	31.6	19.7	76.9	17.9	87.1	0.023	0.2	13.8	0.21	0.98	3.33	0.66
	22.0	15.6	8.04	31.43	70.6	8.06	0.68	0.73	24.4	20.6	64.5	17.6	90.4	0.020	0.2	12.2	0.19	0.93	4.81	0.69
	22.0	15.6	8.04	31.43	72.9	8.03	0.71	0.70	24.9	20.8	67.2	17.6	93.4	0.020	0.2	12.4	0.19	0.91	4.86	0.69

注：“△”表示未检出；“-”表示不进行该项检出限分析。（下同）

5.4.2 水质现状评价

5.4.2.1 评价因子

本次调查水质选用的评价因子有：pH、溶解氧（DO）、生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量（COD）、石油类、无机氮（DIN）、活性磷酸盐（PO₄-P）、总汞、砷、锌、镉、铅、铜和硫化物等，共 14 项。

5.4.2.2 评价标准

海水水质评价按照《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》调查站位所在功能区的海水水质标准和《广东省近岸海域环境功能区划》调查站位所在功能区的海水水质标准中较高的标准执行。各调查站位在广东省海洋功能区和广东省近岸海域环境功能区的分布见图 5.4.2-1 和图 5.4.2-2。本次调查海水水质采用的评价标准见表 5.4.2-1。



图 5.4.2-1 各调查站位在海洋功能区的分布

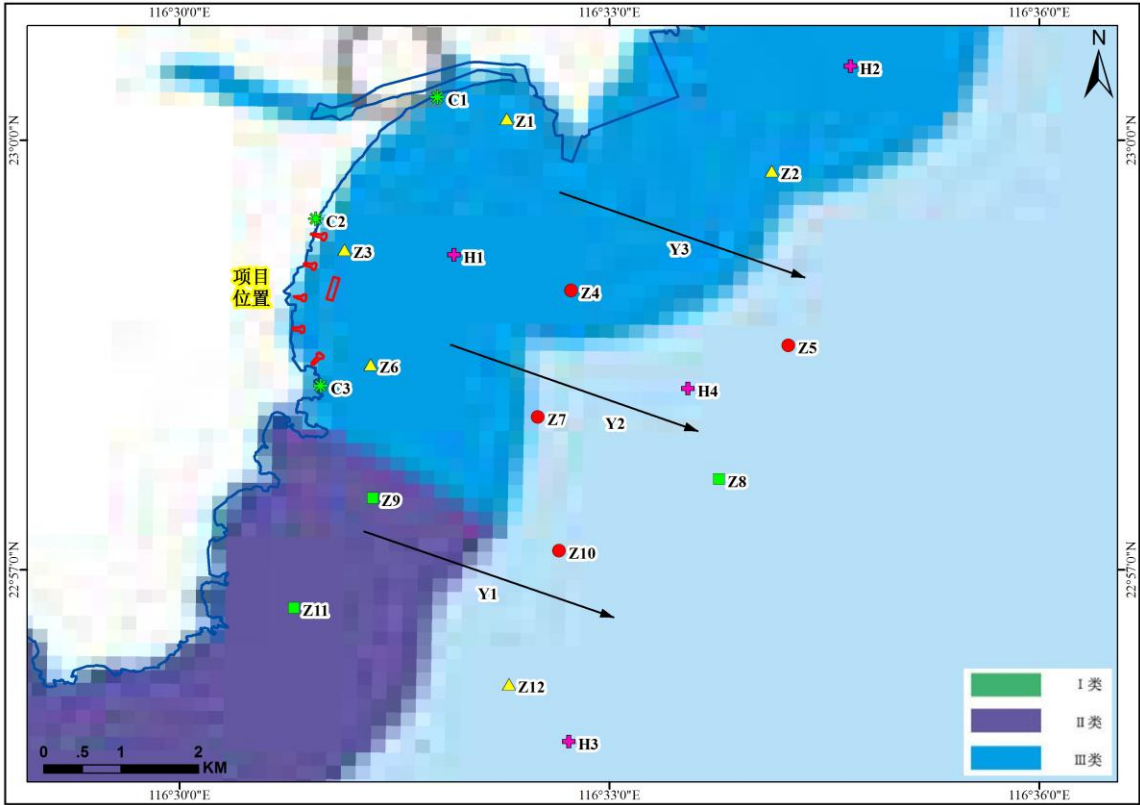


图 5.4.2-2 各调查站位在近岸海域环境功能区的分布

表 5.4.2-1 水质评价标准

站位	评价标准
Z1、Z3、Z6	三类
Z2、Z4、Z7、Z9、Z10、Z11、Z12	二类
Z5、Z8	一类

5.4.2.3 评价方法

采用单项标准指数法对监测海区进行水质现状评价。

对于水中溶解氧采用模式：

$$Q_j = (C_f - C_j) / (C_f - C_o)$$
$$Q_j = 10 - 9C_j / C_o$$
$$Q_{ij} = 0.00$$

当 $C_j > C_o$ 时；

当 $C_j \leq C_o$ 时；

当 $C_{ij} \geq C_f$ 时。

对于水中 pH 采用模式：

$$Q_j = (2C_j - C_{o,upper} - C_{o,lower}) / (C_{o,upper} - C_{o,lower})$$

对于水中其他评价因子采用模式：

$$Q_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{oi}}$$

式中： Q_{ij} 为站 j 评价因子 i 的标准指数； C_{ij} 为站 j 评价因子 i 的实测值； C_{oi} 为评价因子 i 的评价标准值； C_f 为现场水温和盐度条件下溶解氧的饱和含量； $C_{o,upper}$ 为 pH 的评价标准值上限； $C_{o,lower}$ 为 pH 的评价标准值下限。

5.4.2.4 评价结果

依据公式计算出水质调查各个站位表层和底层海水在涨潮和落潮时各评价因子的单项标准指数，并结合环境标准进行对比分析。评价结果见表 5.4.2-2 和表 5.4.2-3。

由表 5.4.2-2 和表 5.4.2-3 可见，调查海区所有样品中 pH、DO、COD、石油类、无机氮、总汞、硫化物、镉和砷等评价因子的单项标准指数均小于 1，符合所在海洋功能区要求的海水水质标准。

主要超标因子为 BOD₅、活性磷酸盐、锌、铅和铜；涨潮 BOD₅ 超标率为 16.7%，活性磷酸盐超标率为 14.3%，锌超标率为 7.1%，铅超标率为 14.3%，铜超标率为 3.6%；落潮 BOD₅ 超标率为 16.7%，活性磷酸盐超标率为 14.3%，铅超标率为 3.6%，铜超标率为 7.1%。

BOD₅：Z5 和 Z8 表底层海水中 BOD₅ 在涨潮和落潮时单项标准指数均大于 1，超出第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准；其余站位涨潮和落潮时海水中 BOD₅ 含量均符合所在海洋功能区要求的水质标准。

活性磷酸盐：Z5 和 Z8 表底层海水中活性磷酸盐在涨潮和落潮时单项标准指数均大于 1，超出第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准；其余站位涨潮和落潮时海水中活性磷酸盐含量均符合所在海洋功能区要求的水质标准。

锌：涨潮时 Z8 表底层海水中锌的单项标准指数分别为 1.03 和 1.07，超出第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准；其余站位涨潮和落潮时海水中锌含量均符合所在海洋功能区要求的水质标准。

铅：涨潮时 Z5 和 Z8 表底层以及落潮时 Z5 表层海水中铅含量大于第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准；其余站位涨潮和落潮时海水中铅含量均符合所在海洋功能区要求的水质标准。

铜：涨潮时 Z8 表层以及落潮时 Z5 和 Z8 底层海水中铜的单项标准指数分别为 1.06、1.17 和 1.15，超出第一类海水水质标准，但符合第二类海水水质标准；

其余站位涨潮和落潮时海水中铜含量均符合所在海洋功能区要求的水质标准。

调查海区活性磷酸盐超标的主要原因为陆地排污；锌、铅和铜超标的主要原因为人类活动。

表 5.4.2-2 涨潮时水质各评价因子的标准指数

站位	评价标准	层次	pH	DO	BOD ₅	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	总汞	硫化物	锌	镉	铅	铜	砷
Z1	三类	表	0.23	0.04	0.38	0.21	0.08	0.62	0.54	0.04	0.003	0.14	0.02	0.10	0.06	0.02
		底	0.24	0.00	0.29	0.21	0.08	0.49	0.49	0.08	0.002	0.15	0.03	0.08	0.09	0.01
Z2	二类	表	0.34	0.02	0.53	0.23	0.07	0.77	0.62	0.04	0.003	0.29	0.04	0.16	0.53	0.03
		底	0.29	0.05	0.57	0.36	0.03	0.55	0.69	0.07	0.003	0.21	0.05	0.16	0.35	0.02
Z3	三类	表	0.22	0.03	0.29	0.23	0.14	0.64	0.50	0.05	0.003	0.12	0.02	0.09	0.12	0.01
		底	0.21	0.01	0.32	0.22	0.13	0.66	0.44	0.09	0.003	0.10	0.02	0.11	0.08	0.01
Z4	二类	表	0.29	0.01	0.56	0.23	0.09	0.74	0.56	0.09	0.003	0.29	0.05	0.19	0.45	0.02
		底	0.29	0.01	0.34	0.32	0.06	0.67	0.63	0.05	0.003	0.21	0.05	0.16	0.42	0.03
Z5	一类	表	0.29	0.08	1.82	0.59	0.39	1.55	0.81	0.26	0.01	0.80	0.25	1.09	0.55	0.03
		底	0.31	0.12	1.62	0.41	0.34	1.19	0.88	0.14	0.003	0.45	0.25	1.03	0.88	0.04
Z6	三类	表	0.21	0.04	0.21	0.20	0.10	0.67	0.45	0.06	0.003	0.10	0.02	0.08	0.09	0.01
		底	0.21	0.02	0.25	0.28	0.07	0.70	0.39	0.08	0.002	0.12	0.02	0.08	0.09	0.01
Z7	二类	表	0.37	0.04	0.47	0.38	0.09	0.80	0.63	0.09	0.002	0.38	0.03	0.20	0.52	0.03
		底	0.34	0.08	0.24	0.37	0.07	0.77	0.59	0.08	0.002	0.44	0.03	0.22	0.66	0.02

Z8	一类	表	0.34	0.10	1.39	0.62	0.73	1.52	0.90	0.22	0.002	1.03	0.20	1.08	1.06	0.03
		底	0.34	0.14	1.62	0.62	0.56	1.59	0.82	0.26	0.002	1.07	0.19	1.17	0.95	0.04
Z9	二类	表	0.31	0.05	0.24	0.38	0.07	0.66	0.70	0.06	0.003	0.20	0.04	0.19	0.43	0.02
		底	0.31	0.03	0.66	0.39	0.06	0.69	0.67	0.07	0.003	0.23	0.04	0.19	0.28	0.02
Z10	二类	表	0.31	0.02	0.52	0.39	0.09	0.73	0.58	0.07	0.004	0.14	0.04	0.21	0.36	0.02
		底	0.31	0.01	0.63	0.42	0.06	0.66	0.58	0.08	0.004	0.12	0.04	0.19	0.27	0.02
Z11	二类	表	0.31	0.04	0.21	0.26	0.07	0.62	0.63	0.06	0.003	0.11	0.04	0.19	0.33	0.02
		底	0.34	0.04	0.87	0.22	0.05	0.67	0.59	0.06	0.003	0.23	0.05	0.22	0.22	0.02
Z12	二类	表	0.31	0.07	0.20	0.37	0.04	0.64	0.64	0.09	0.004	0.25	0.04	0.18	0.55	0.02
		底	0.34	0.04	0.55	0.36	0.05	0.70	0.69	0.10	0.004	0.30	0.04	0.17	0.46	0.02

表 5.4.2-3 落潮时水质各评价因子的标准指数

站位	评价标准	层次	pH	DO	BOD5	COD	石油类	活性磷酸盐	无机氮	总汞	硫化物	锌	镉	铅	铜	砷
Z1	三类	表	0.24	0.05	0.35	0.14	0.06	0.66	0.48	0.08	0.004	0.08	0.02	0.10	0.07	0.02
		底	0.23	0.02	0.33	0.18	0.04	0.70	0.48	0.06	0.004	0.07	0.03	0.08	0.12	0.02
Z2	二类	表	0.26	0.08	0.42	0.23	0.05	0.79	0.60	0.05	0.003	0.29	0.05	0.19	0.53	0.02

		底	0.26	0.09	0.45	0.32	0.03	0.58	0.59	0.05	0.003	0.24	0.03	0.20	0.42	0.03
Z3	三类	表	0.23	0.07	0.19	0.19	0.16	0.69	0.58	0.08	0.004	0.13	0.02	0.10	0.12	0.01
		底	0.23	0.04	0.34	0.25	0.12	0.77	0.55	0.07	0.004	0.09	0.02	0.10	0.09	0.01
Z4	二类	表	0.34	0.10	0.31	0.22	0.09	0.74	0.59	0.06	0.003	0.21	0.05	0.22	0.58	0.02
		底	0.37	0.09	0.32	0.26	0.04	0.70	0.57	0.06	0.003	0.13	0.04	0.18	0.45	0.03
Z5	一类	表	0.31	0.14	1.05	0.37	0.53	1.61	0.91	0.26	0.004	0.27	0.16	1.15	0.74	0.03
		底	0.31	0.15	1.64	0.38	0.61	1.15	0.96	0.18	0.004	0.60	0.22	0.81	1.17	0.04
Z6	三类	表	0.23	0.06	0.29	0.27	0.09	0.79	0.48	0.09	0.003	0.11	0.02	0.10	0.08	0.01
		底	0.24	0.06	0.27	0.25	0.07	0.75	0.50	0.10	0.003	0.10	0.02	0.08	0.08	0.02
Z7	二类	表	0.34	0.07	0.27	0.29	0.10	0.80	0.65	0.08	0.004	0.24	0.04	0.17	0.51	0.03
		底	0.34	0.06	0.47	0.36	0.07	0.81	0.56	0.08	0.004	0.26	0.04	0.19	0.54	0.03
Z8	一类	表	0.34	0.12	1.04	0.48	0.81	1.37	0.91	0.38	0.003	0.69	0.15	0.71	0.77	0.04
		底	0.34	0.07	1.08	0.48	0.65	1.37	0.91	0.42	0.003	0.59	0.21	0.99	1.15	0.04
Z9	二类	表	0.31	0.10	0.36	0.42	0.10	0.75	0.67	0.12	0.004	0.15	0.05	0.16	0.47	0.02
		底	0.31	0.04	0.23	0.44	0.10	0.69	0.66	0.11	0.004	0.14	0.04	0.17	0.50	0.02
Z10	二类	表	0.31	0.08	0.30	0.36	0.08	0.71	0.64	0.10	0.003	0.25	0.03	0.17	0.44	0.02
		底	0.31	0.05	0.25	0.31	0.06	0.71	0.62	0.09	0.003	0.13	0.04	0.17	0.41	0.02

Z11	二类	表	0.31	0.10	0.30	0.41	0.07	0.73	0.73	0.09	0.004	0.29	0.03	0.14	0.39	0.03
		底	0.31	0.05	0.24	0.38	0.04	0.73	0.68	0.07	0.004	0.20	0.03	0.13	0.48	0.03
Z12	二类	表	0.31	0.05	0.25	0.22	0.06	0.66	0.58	0.12	0.004	0.28	0.04	0.20	0.34	0.02
		底	0.31	0.04	0.24	0.24	0.05	0.69	0.59	0.10	0.004	0.25	0.04	0.18	0.49	0.02

5.5 海洋沉积物质量现状调查与评价

5.5.1 沉积物现状调查结果

5.5.1.1 组成及其类型

调查结果显示，调查海区表层沉积物粒度以砂（60%）为主，其次是砂质粉砂（40%）。

各站各粒级含量变化范围为：砂：含量范围 32.1~100.0%，平均为 69.5%；粉砂：含量范围 0.0~61.2%，平均为 27.8%；粘土：含量范围 0.0~6.7%，平均为 2.7%；基本不含砾。

作为粒度参数之一的中值粒径 Md ，指示了沉积物粒度频率分布的中心趋势，其大小反映了沉积物的平均动能情况，是水动力强弱的综合表征。中值粒径 Md 的变化范围在 $2.25\sim 5.19\Phi$ ($0.2102\sim 0.0274\text{mm}$) 之间，平均值为 3.54Φ (0.1361mm)，详见表 5.5.1-1。

表 5.5.1-1 表层沉积物粒度含量及类型

站号	粒级含量 (%)				中值粒径 (mm)	中值粒径 (Φ)	代号及名称
	砾	砂	粉砂	粘土			
Z1	0.0	83.0	17.0	0.0	0.2059	2.88	S 砂
Z2	0.0	32.1	61.2	6.7	0.0274	5.19	ST 砂质粉砂
Z3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.2088	2.26	S 砂
Z6	0.0	32.4	61.0	6.6	0.0284	5.14	ST 砂质粉砂
Z12	0.0	100.0	0.0	0.0	0.2102	2.25	S 砂
最小值	0.0	32.1	0.0	0.0	0.0274	2.25	----
最大值	0.0	100.0	61.2	6.7	0.2102	5.19	----
平均值	0.0	69.5	27.8	2.7	0.1361	3.54	----

5.5.1.2 质量监测结果及其分布特征

沉积物质量监测结果见表 5.5.1-2。表层沉积物中各项污染物调查结果均较低且平

面分布规律相似，基本符合粒度较粗的沉积物中污染物含量相对较低，反之较高。单看各项污染物的调查结果，调查海域沉积物中污染物含量无明显污染源区。

表 5.5.1-1 表层沉积物中各要素含量分析统计结果

站号	层次	有机碳	硫化物	总汞	铜	铅	镉	锌	总铬	石油类
	(cm)	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-6}$							
Z1	0-5	0.42	31	0.011	3.6	16.7	0.18	31.8	20.2	9.21
Z2	0-5	0.55	52	0.010	5.5	21.4	0.13	36.6	21.1	51.6
Z3	0-5	0.48	20	0.007	3.4	24.5	0.17	32.9	19.3	11.8
Z6	0-5	0.58	62	0.006	3.8	18.8	0.22	21.2	24.0	17.3
Z12	0-5	0.42	44	0.006	3.9	20.2	0.36	18.1	20.1	13.7
最小值		0.42	20	0.006	3.4	16.7	0.13	18.1	19.3	9.2
最大值		0.58	62	0.011	5.5	24.5	0.36	36.6	24.0	51.6
平均值		0.49	42	0.008	4.0	20.3	0.21	28.1	20.9	20.7

5.5.2 沉积物质量现状评价

5.5.2.1 评价因子

本次调查沉积物的评价因子有：有机碳、硫化物、总汞、铜、铅、镉、锌、铬和石油类共 9 项。

5.5.2.2 评价标准

海洋沉积物质量评价根据《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》调查站位所在功能区的海洋沉积物质量标准执行。各调查站位在广东省海洋功能区的分布见图 5.4.2-1。本次调查海洋沉积物质量采用的评价标准见表 5.5.2-1。

表 5.5.2-1 沉积物质量评价标准

站位	评价标准
Z1、Z3、Z6	二类

5.6 海洋生物与生态现状调查与评价

5.6.1 叶绿素 a 与初级生产力

5.6.1.1 叶绿素 a

2015 年 1 月调查海区叶绿素 a 涨、落潮差异小，垂直水体混和较为均匀，表、底层差异小，涨潮表层高值中心在近岸 Z5 站，涨潮底层近岸区域含量较低（从东到西含量减少），落潮表层近岸区域含量较高（从东到西含量增加），落潮底层海区东北和西南含量较高，平面分布差异不大且无明显规律。参照美国环保局（EPA）关于叶绿素-a 含量的评价标准： $<4\text{mg}/\text{m}^3$ 为贫营养， $4\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 为中营养， $>10\text{mg}/\text{m}^3$ 为富营养；调查海区叶绿素 a 含量指示该海区属于贫营养海区。

表 5.6.1-1 调查海区的叶绿素 a 含量 (mg/m^3) 和初级生产力 ($\text{mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)

站号	叶绿素 a (mg/m^3)						初 级 生 产 力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)	
	涨潮			落潮			涨潮	落潮
	表层	底层	平均	表层	底层	平均		
Z1	0.80	0.66	0.73	0.97	0.8	0.89	35.51	43.05
Z2	1.00	0.64	0.82	1.14	0.59	0.87	35.45	37.40
Z3	0.39	0.57	0.48	0.73	0.67	0.70	12.97	22.70
Z4	0.91	0.65	0.78	1.09	0.83	0.96	33.72	41.51
Z5	1.18	0.62	0.90	1.17	0.68	0.93	38.91	39.99
Z6	0.67	0.65	0.66	0.67	0.84	0.76	21.40	24.48
Z7	0.84	0.85	0.85	0.53	1.04	0.79	27.40	25.46
Z8	0.75	0.66	0.71	0.48	0.54	0.51	22.86	16.54
Z9	0.92	0.78	0.85	0.77	0.73	0.75	27.56	24.32
Z10	0.77	0.77	0.77	0.73	0.67	0.70	24.97	18.92
Z11	0.74	0.76	0.75	0.2	0.71	0.46	24.32	14.75
Z12	0.78	0.73	0.76	0.66	0.79	0.73	24.48	23.51
最小值	0.39	0.57	0.48	0.20	0.54	0.46	12.97	14.75
最大值	1.18	0.85	0.90	1.17	1.04	0.96	38.91	43.05
平均值	0.81	0.70	0.75	0.76	0.74	0.75	27.46	27.72

5.6.1.2 初级生产力

调查海区初级生产力各站差异不大，涨落潮生产力水平无差异；涨潮变化范围在 12.97~38.91mg C/（m² d）之间，平均值为 27.46mg C/（m² d），为低水平；落潮变化范围在 14.75~43.05mg C/（m² d）之间，平均值为 27.72mg C/（m² d），为低水平。平面分布呈现海区近岸 Z5 站和靖海湾北部 Z1 站初级生产力较高，其余海区较低。

5.6.2 浮游植物

5.6.2.1 种属组成

调查海区浮游植物种类共记录到 3 门 30 属 60 种（详见附录 I），海区出现的浮游植物种类最多的为硅藻，出现 24 属 45 种，占总种数的 75.0%，甲藻出现 5 属 12 种占 20.0%，蓝藻出现 1 属 3 种占 5.0%。海区浮游植物出现种类较多的属为圆筛藻属、角毛藻属、角藻属、根管藻属和束毛藻属，依次出现 9 种、8 种、7 种、4 种、3 种，共占总种数的 51.7%，其它 25 属有 29 种占 48.3%。海区发现赤潮生物 24 种，占总种数的 40.0%；发现有毒赤潮生物 3 种，为夜光藻、扁平多甲藻和红海束毛藻。海区硅藻、甲藻和赤潮生物种类数分布规律基本一致；蓝藻仅在部分站位出现。

5.6.2.2 个体数量

调查海区各调查站位浮游植物的个体数量变化范围较大，在 3.48×10⁴~182.3×10⁴ 个/m³ 之间，平均个体数量为 41.53×10⁴ 个/m³，最大值出现在 Z12 站，最小值出现在 Z1 号站。海区出现赤潮生物数量平均为 8.42×10⁴ 个/m³，占浮游植物总个体数量的 20.3%。

海区浮游植物分布以惠来电厂东南 Z12 站数量最高，显示为高水平；近岸 Z3 站和 Z6 站数量水平为中等水平，其余 5 个站数量为低水平。

表 5.6.2-1 调查海区的浮游植物个体数量（×10⁴ 个/m³）

站号	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
Z1	3.30	0.18	0	3.48
Z2	5.13	0.38	0	5.51
Z3	47.70	0.84	0.12	48.66
Z6	64.30	3.30	0.10	67.70
Z8	9.68	1.76	0	11.45

站号	硅藻	甲藻	蓝藻	合计
Z9	6.92	0.56	0	7.47
Z11	5.30	0.32	0.05	5.68
Z12	178.01	4.19	0.08	182.29
最小值	3.30	0.18	0	3.48
最大值	178.01	4.19	0.12	182.29
平均值	40.04	1.44	0.04	41.53

5.6.2.3 优势种及生态类型

调查海区各浮游植物种类的优势度采用以下公式计算：

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中： n_i 为第*i*种的数量； f_i 为该种在各站出现的频率； N 为群落中所有种的数量。

当 $Y \geq 0.02$ 时，判定为该种位调查海区的主导种。

调查海区的主导种（ $Y \geq 0.02$ ）的有细弱海链藻、琼氏圆筛藻、中华盒形藻和夜光藻共4种，优势度分别为0.44、0.11、0.038、0.025。海区浮游植物优势种种类优势度较高，在海区分布不均匀。各站优势种组成与海区优势种组成基本一致，靖海湾内近岸区域以琼氏圆筛藻为主要的种类（除Z6站细弱海链藻占有绝对优势），离岸较远区域以细弱海链藻为主要种类，优势种组成较为相似。

细弱海链藻为海区第一优势种，主要出现在Z6、Z8、Z12站，近岸的Z1、Z2和Z3站未出现该种，平均个体数量为 29.14×10^5 个/ m^3 ，占总数量的70.2%。

海区出现的浮游植物生态类型主要有4个，分别为沿岸广温群落、沿岸暖温群落和外洋广温群落（各11种，各占18.3%；优势种细弱海链藻属于外洋广温种，琼氏圆筛藻和中华盒形藻属于沿岸暖温种，夜光藻属于沿岸广温种）；外洋暖温群落（10种，占16.7%）。其它在海区少量出现的类群还有底栖种和广布种等。从与温度相适应的生态特性看，本海区本次调查浮游植物以广温种为主（出现30种，占50.0%）；从与盐度相适应的生态特性看，本次调查浮游植物出现的沿岸种较多（28种占46.7%）。由此可见，浮游植物的生态类型数量上以外洋广温种为主，海区优势种多为沿岸种。

表 5.6.2-2 浮游植物主要优势种各站分布情况

站号	第一优势种		第二优势种		第三优势种	
Z1	柔弱角毛藻	26.3%	琼氏圆筛藻	15.8%	伏氏海毛藻	15.8%
Z2	琼氏圆筛藻	27.7%	窄隙角毛藻	12.9%	相似角毛藻	11.9%
Z3	琼氏圆筛藻	44.9%	中华盒形藻	25.9%	布氏双尾藻	7.6%
Z6	细弱海链藻	82.7%	琼氏圆筛藻	5.2%	夜光藻	4.6%
Z8	细弱海链藻	43.4%	琼氏圆筛藻	17.2%	夜光藻	14.0%
Z9	琼氏圆筛藻	35.5%	丹麦角毛藻	8.3%	洛氏角毛藻	5.8%
Z11	琼氏圆筛藻	32.1%	窄隙角毛藻	7.6%	虹彩圆筛藻	7.6%
Z12	细弱海链藻	94.3%	夜光藻	2.2%	琼氏圆筛藻	1.4%

5.6.2.4 物种多样性、均匀度和丰富度

物种多样性指数、均匀度和丰富度均是评价浮游生物群落的重要指标，本报告采用 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielous 均匀度和 Margalef 丰富度表示，具体计算公式如下：

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

$$J' = \frac{H'}{\log_2 s}$$

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

式中： H' 为多样性指数； s 为种类数； $P_i = n_i/N$ （ n_i 是第 i 个物种的个体数， N 是全部物种的个体数）； J' 为均匀度； d 为丰富度。

调查海区各站浮游植物的物种多样性指数变化范围为 0.49~3.81，南低北高，参照《海洋赤潮监测技术规程》，多样性指数在 1~2 为中度污染，2~3 为轻度污染，小于 1 为富营养化的表现。可见调查海区 1 个站属于富营养化，1 个站属于中度污染，均为细弱海链藻数量占绝对优势致使；37.5%站属于轻度污染，37.5%站属于清洁。数量高的 Z12 站和 Z6 站多样性低，因细弱海链藻数量集中占绝对优势致使，海区其它区域多样性较高。均匀度变化范围为 0.11~0.92，丰度变化范围为 0.53~1.73。

5.6.3 浮游动物

5.6.3.1 种类组成及生态类型

本次监测期间共鉴定出终生浮游动物 50 种和 3 类阶段性浮游幼体（详见附录 II，鱼卵和仔稚鱼不纳入统计，在下一章节单独描述）。其中，桡足类和刺胞动物种类最

多，分别有 14 和 11 种，各占总种数的（含阶段性浮游幼体）26.4%和 20.8%；毛颚类和被囊类各有 6 种和 5 种；其余类群的种类数皆在 1~4 种之间。

靖海湾无大型河流注入，主要受沿岸流影响，根据该海域浮游动物对温度和盐度的适应性，可将其大致划分为以下三种生态类型：

暖水近岸生态类群：适应高温低盐的种类，这是监测海域的主要类群，种类多、数量大，代表种有球型侧腕水母、肥胖三角溞、鸟喙尖头溞、中华哲水蚤、瘦尾胸刺水蚤、锥形宽水蚤、百陶箭虫等，这是监测海域的主要类群。

广盐暖水生态类群：即能在高盐外海水域，也可在沿岸低盐水域广泛分布，如两手筐水母、宽额假磷虾、精致真刺水蚤、肥胖箭虫、红住囊虫等，该类群在监测海域也有一定的数量。

暖水外海生态类群：适应外海高盐环境的种类，监测中出现的种类很少数量也不多，代表种有蝴蝶螺、长额磷虾、太平洋箭虫等。这一类群的种类不多，数量也较少。

表 5.6.3-1 浮游动物的种类组成

类别	种类数	比例
原生生物	3	5.7%
栉板动物	1	1.9%
刺胞动物	11	20.8%
软体动物	3	5.7%
枝角类	2	3.8%
桡足类	14	26.4%
糠虾类	1	1.9%
磷虾类	4	7.5%
毛颚类	6	11.3%
被囊类	5	9.4%
阶段性浮游幼体类	3	5.7%
合计	53	—

5.6.3.2 丰度、生物量及其分布特征

调查海区浮游动物的丰度在 50.26~389.98ind/m³ 之间，平均丰度 150.56ind/m³，站位间差距较大。浮游动物的丰度呈北高南低的分布趋势。

在各浮游动物类群中，原生动物的平均丰度最高，达 78.94ind/m^3 ，占总平均丰度的 52.4%；其次是桡足类，平均丰度为 37.83ind/m^3 ，占 25.1%；接着是枝角类，平均丰度为 8.37ind/m^3 ，占 5.6%；其他类群的平均丰度合计为 25.43ind/m^3 。

调查海域浮游动物的生物量在 $85.29\sim 238.1\text{mg/m}^3$ 之间，平均 170.69mg/m^3 。生物量的分布呈明显的斑块状，Z8 和 Z12 站的生物量较高。生物量与丰度的分布趋势并不一致，这表明浮游动物的丰度和个体大小都对生物量产生较大影响。

表 5.6.3-2 浮游动物的丰度和生物量

站号	丰度 (ind/m^3)					生物量 (mg/m^3)
	原生动物	桡足类	枝角类	其他类	合计	
Z1	322.4	14.17	25.8	27.4	389.	166.6
Z2	45.23	45.69	6.59	18.6	116.	113.6
Z3	94.00	29.00	9.50	30.5	163.	165.0
Z6	49.22	15.76	5.38	20.7	91.0	146.1
Z8	23.94	107.8	4.47	33.9	170.	215.7
Z9	23.82	6.77	3.53	16.1	50.2	85.29
Z11	37.09	10.01	7.09	28.3	82.5	107.1
Z12	35.72	73.33	4.52	27.6	141.	238.1
平均值	78.94	37.83	8.37	25.4	150.	170.6

5.6.3.3 优势种

浮游动物优势种的判断方法和标准与浮游植物相同。监测海域的浮游动物优势种为夜光虫 (0.519)、中华哲水蚤 (0.138) 和瘦尾胸刺水蚤 (0.061)。夜光虫的优势度极大，各优势种在所有监测站位均有出现。

5.6.3.4 物种多样性、均匀度和丰富度

浮游动物的物种多样性指数、均匀度和丰富度的计算方法与浮游植物的相同。

调查海域各站点的浮游动物种类多样性指数在 $1.36\sim 3.65$ 之间，平均值为 2.95；均匀度在 $0.29\sim 0.69$ 之间，平均值为 0.57；丰富度指数在 $3.02\sim 5.97$ 之间，平均值为 5.23。浮游动物的种类多样性指数和丰富度总体处于较高的水平，均匀度较低，主要是因为夜光虫的优势度较大。

5.6.4 底栖生物

5.6.4.1 种类组成

本次调查共鉴定出底栖生物 7 大门类 37 种（含少数未鉴定到种的种类，详见附录 III）。其中节肢动物（甲壳类）的种类数最多，有 11 种，占总种类数的 29.7%；其次为环节动物（多毛类），有 10 种，占总种类数的 27.0%；脊索动物（鱼类）、软体动物、棘皮动物和其它类动物（包括腔肠动物和纽形动物）分别有 5 种、4 种、4 种和 3 种。其中大部分种类为亚热带-热带暖水性种类，分布于近岸浅水区域。

5.6.4.2 栖息密度和生物量

本次调查站底栖生物栖息密度变化范围为 0~300.00ind/m²，平均栖息密度为 52.50ind/m²；生物量变化范围为 0~5.91g/m²，平均生物量为 2.02g/m²。底栖生物在海底一般呈不均匀的斑块状分布，某些种类常大量群居生活，本次调查的底栖生物分布也符合这一规律（见表 5.6.4-1）。其中底栖生物栖息密度最高的站在电厂附近的 Z1 号站，该站有高密度（260.00ind/m²）的丝鳃稚齿虫，它属于个体很小的多毛类环节动物。Z11 号站定量采样则未获得活的底栖生物。

底栖生物定量样品共 10 种，多为栖息在沉积物中的小个体无脊椎动物，其中环节动物种类最多（8 种），环节动物多以有机碎屑为食，可在泥中生活，因此大部分调查站都有分布。棘皮动物和纽形动物的个体较大，栖息密度相对较低，但生物量较高。

表 5.6.4-1 各调查站底栖生物的栖息密度和生物量

站号	栖息密度 (ind/m ²)	生物量 (g/m ²)
Z1	300.00	4.95
Z2	20.00	0.30
Z3	10.00	0.12
Z6	20.00	0.38
Z8	20.00	3.88
Z9	30.00	0.66
Z11	0	0
Z12	20.00	5.91

5.6.4.3 数量分布及优势种

本次调查所获底栖生物多为中等个体的底栖生物，8 个站共获生物 81 个，平均为 10 个/网。拖网的结果表明：节肢动物的数量最多，共获得 42 个，占拖网生物总数的 51.9%。

底栖生物优势种的海区优势度计算方法与浮游植物相同，调查海区定性拖网中底栖生物的优势种为哈氏仿对虾、细巧仿对虾、管鞭虾和孔鰕虎鱼，它们的海区优势度分别为 0.123、0.023、0.028 和 0.028。哈氏仿对虾是冬季调查海区的第一优势种，占拖网生物总数的 19.8%。

定量样品主要为小个体的环节动物，优势种为丝鳃稚齿虫，其海区优势度为 0.259。

5.6.4.4 物种多样性、均匀度和丰富度

根据定性拖网样品分析结果进行计算调查海域的底栖生物群落的物种多样性指数 H' 、均匀度指数 J' 和丰度指数 d ，其计算方法与浮游植物的相同，计算结果见表 5.6.4-2。底栖生物群落的种类多样性指数平均为 2.17，均匀度指数平均为 0.92，丰度指数平均为 1.29。从平均值看，调查海区底栖生物群落的种类多样性和丰度处于较低水平，但由于生物数量不多，在海底的分布反而较均匀，因此均匀度指数较高（大部分站其指数值接近于 1）。

表 5.6.4-2 底栖生物群落指数

站号	H'	J'	d
Z1	1.89	0.95	0.95
Z2	2.62	0.93	1.62
Z3	1.70	0.73	1.08
Z6	2.50	0.97	1.58
Z8	2.25	0.97	1.33
Z9	2.24	0.96	1.42
Z11	2.27	0.88	1.31
Z12	1.91	0.95	1.00

平均值	2.17	0.92	1.29
-----	------	------	------

5.6.5 潮间带生物

5.6.5.1 种类组成

本次调查的 3 条潮间带生物调查断面共鉴定出生物两大门类 9 种（含少数未鉴定到种的种类，详见附录 IV）。其中软体动物的种类数最多，有 6 种，占总种类数的 66.7%；其次为节肢动物（甲壳类），有 3 种，占总种类数的 33.3%。

5.6.5.2 栖息密度和生物量

3 条潮间带生物调查断面均为软相底质，以沙滩为主，每条断面在不同潮带各设 1 个调查站，潮间带生物各站的栖息密度和生物量详见表 5.6.5-1。

一般情况下，岩石海岸由于有较多的附着和固着生物，其栖息密度和生物量高于沙滩。本次调查的 C3 断面的沙滩边有少量岩石，因此该断面潮间带生物的平均栖息密度和平均生物量相对较高。从水平分布来看，3 条潮间带生物调查断面栖息密度按从大到小顺序排列为：C3>C2=C1，生物量按从大到小顺序排列为：C3>C2>C1。

从垂直分布来看，高潮带由于暴露于空气中的时间较长，沙滩也不利于保留水分，因此其中的潮间带生物较少，中、低潮带的生物相对较多。3 条潮间带生物调查断面中 C1 和 C2 断面的潮间带生物栖息密度的垂直分布均为低潮带=中潮带>高潮带，生物量的垂直分布均为中潮带>低潮带>高潮带；C3 断面的潮间带生物栖息密度的垂直分布为低潮带>高潮带>中潮带，生物量的垂直分布为中潮带>低潮带>高潮带。

表 5.6.5-1 潮间带生物栖息密度和生物量的垂直分布

断面		潮带			
		高潮带	中潮带	低潮带	平均
C1	栖息密度 (ind/m ²)	0	4.00	4.00	2.67
	生物量 (g/m ²)	0	35.04	30.24	21.76
C2	栖息密度 (ind/m ²)	0	4.00	4.00	2.67
	生物量 (g/m ²)	0	43.52	35.76	26.43
C3	栖息密度 (ind/m ²)	20.00	8.00	24.00	17.33

	生物量 (g/m ²)	0.56	207.20	44.16	83.97
--	-------------------------	------	--------	-------	-------

5.6.5.3 种群结构分布及优势种

3 条断面以沙滩为主，因此节肢动物甲壳类分布较广，软体动物则较少出现，主要分布于沙滩边的岩石上。

从惠来靖海湾附近海域潮间带生物的种群结构分布来看，C1 断面高潮带无生物，中、低潮带有痕掌沙蟹群落，其它动物很少；C2 断面高潮带无生物，中、低潮带有痕掌沙蟹群落，与 C1 断面较为接近；C3 断面高潮带岩石上有甲壳类海蟑螂，中、低潮带以软体动物为主，岩石上有嫁（虫威）、鬃荔枝螺和拟口螺群落，沙滩上有甲壳类环纹蟬。

5.6.6 渔业资源及鱼卵仔鱼

5.6.6.1 渔业资源

(1) 种类组成及总渔获率

本次监测海区内共捕获游泳生物 32 种，其中鱼类隶属于 7 目 14 科 19 种，头足类隶属于 2 目 2 科 2 种，甲壳类隶属于 2 目 5 科 11 种，详见附录 V。

调查的 3 个站点捕获游泳生物总种数均差不多，都包含鱼类、头足类和甲壳类 3 类游泳动物。其中 Y1 站捕获到 9 目 15 科 21 种游泳动物，Y2 站捕获到游泳动物共 10 目 15 科 21 种，Y3 站捕获到 9 目 18 科 26 种游泳动物（表 5.6.6-1）。

在监测的 3 个站点中游泳生物的平均渔获率为 36.7kg h⁻¹。其中，Y2 站的渔获率最高，为 42.0kg h⁻¹；其次为 Y1 站，为 36.0kg h⁻¹；最低出现在 Y3 站，渔获率为 32.0kg h⁻¹。从游泳动物渔获物的各大类分析，渔获物以鱼类占优势，其次为甲壳类，而头足类的渔获率最低。整体而言，该海域鱼类的平均渔获率为 21.3kg h⁻¹，占游泳动物总渔获量的 58.1%；甲壳类的平均渔获率为 12.6kg h⁻¹，占 34.4%；头足类的平均渔获率为 2.8kg h⁻¹，占 7.5%。在调查中出现的主要游泳动物种类有褐菖鲉、口虾蛄、龙头鱼和短蛸等。

表 5.6.6-1 各站渔获物出现种数、现存资源密度和尾数密度

站号	鱼类			头足类			甲壳类			总渔获物		
	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度
Y1	12	611.77	24.81	2	85.62	2.22	7	299.45	27.25	21	996.84	54.28

Y2	11	679.09	21.38	2	66.91	2.22	8	416.99	26.36	21	1162.99	49.96
Y3	16	477.93	20.38	2	76.31	3.10	8	331.85	25.70	26	886.09	49.18
平均	13	589.60	22.19	2	76.28	2.51	7.7	349.43	26.44	22.7	1015.31	51.1

注：重量密度 (kg km^{-2})；尾数密度 ($10^3 \text{ ind. km}^{-2}$)

(2) 现存资源密度评估

拖网资源密度的估算采用扫海面积法（唐启升，2006）。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（C/T 9110-2007），本报告设定拖网网具鱼类、虾蟹类和头足类尾数、重量逃逸率逃逸率均为 0.5。渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为：

$$\rho_i = C_i / a_i q$$

式中： ρ_i 为第 i 站的资源密度（重量： kg km^{-2} ；尾数： 10^3 ind km^{-2} ）； C_i 为第 i 站的每小时拖网渔获量（重量： kg h^{-1} ；尾数： ind h^{-1} ）； a_i 为第 i 站的网具每小时取样面积 ($\text{km}^2 \text{ h}^{-1}$)；q 为网具捕获率（可捕系数=1—逃逸率），取 0.5。

根据公式的估算，各站渔获物现存重量密度和尾数密度见表 5.6.6-1。由表可见，调查海区游泳生物的重量密度范围为 $886.09 \sim 1162.99 \text{ kg km}^{-2}$ ，其中，重量密度最高出现于 Y2 站，最小出现在 Y3 站；尾数密度范围为 $49.18 \sim 54.28 \times 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ ，最高值出现在 Y1 站，最小值出现在 Y3 站，各站点中的尾数密度差别较小。

鱼类的重量密度范围为 $477.93 \sim 679.09 \text{ kg km}^{-2}$ ，其重量密度最高出现于 Y2 站，最小出现在 Y3 站；其尾数密度范围为 $20.38 \sim 24.81 \times 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ ，最高值出现在 Y1 站，最小值出现在 Y3 站（表 5.6.6-1）。

头足类重量密度范围为 $66.91 \sim 85.62 \text{ kg km}^{-2}$ ，其重量密度最高出现于 Y1 站，最小出现在 Y2 站；其尾数密度范围为 $2.22 \sim 3.10 \times 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ ，最高值出现在 Y3 站，而 Y1 站和 Y2 站的尾数密度相同但均少于 Y3 站（表 5.6.6-1）。

甲壳类重量密度范围为 $299.45 \sim 416.99 \text{ kg km}^{-2}$ ，其重量密度最高出现于 Y2 站，最小出现在 Y1 站；尾数密度范围为 $25.70 \sim 27.25 \times 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ ，最高值出现在 Y1 站，最小值出现在 Y3 站（表 5.6.6-1）。

总体而言，3 个站点的鱼类、头足类和甲壳类的重量密度和尾数密度差别较大。鱼类的重量密度和尾数密度最高，而头足类的密度最低；表现规律为鱼类>甲壳类>头足类。

(3) 鱼类的资源状况

① 种类组成及数量分析

从捕获游泳动物种类组成分析发现：监测区域共捕获鱼类 19 种，分属于 7 目 14 科。以鲈形目的种类数最多，共有 5 科 7 种，分别为小带鱼、孔鰕虎鱼、须鰕虎鱼、六带拟鲈、青石斑鱼、叫姑鱼和印度白姑鱼；鲽形目其次，共出现 4 种，隶属于舌鳎科和鳎科；鲱形目中的鳀科有 2 种，分别为赤鼻棱鳀和黄鲫。捕获的大多数种类均为南海主捕或兼捕对象，其中叫姑鱼、六指马鲛、带鱼、石斑鱼和龙头鱼等均为南海的主要捕捞对象，而舌鳎类等均为沿岸、浅海渔业的兼捕对象。

从 3 个站点共捕获游泳动物的数量分析发现：鱼类中褐菖鲉的平均捕获数量最多为 404ind h⁻¹，其次为叫姑鱼 136ind h⁻¹ 和龙头鱼 64ind h⁻¹，而须鰕虎鱼（61ind h⁻¹）和赤鼻棱鳀（37ind h⁻¹）也相对较多，其余鱼类的捕获数量较少。

②渔获率分布

在拖网采样的 3 个监测站位中，渔获的鱼类重量占游泳生物总重量的 58.1%。鱼类的平均渔获率为 21.3kg h⁻¹。从各站点鱼类的渔获重量分析，Y2 站的鱼类渔获率最高，为 24.5kg h⁻¹，主要由褐菖鲉、叫姑鱼和龙头鱼等种类组成；其次为 Y1 站，为 22.1kg h⁻¹，主要由褐菖鲉和叫姑鱼等种类组成；3 个监测站中 Y3 站的鱼类渔获率稍低为 17.3kg h⁻¹，主要由褐菖鲉、龙头鱼和小带鱼等种类组成。

调查海区鱼类渔获物中占鱼类总渔获量 1%以上的种类有 10 种（表 5.6.6-2），其中大部分属于沿岸到浅海种类。其中，褐菖鲉的渔获重量最多为 9.50kg h⁻¹，约占鱼类总渔获量的 44.64%，而叫姑鱼和龙头鱼的渔获重量次之，其余各鱼类种类的渔获量较低。

表 5.6.6-2 鱼类渔获率及渔获组成

种类	渔获率（kg h ⁻¹ ）	占鱼类总渔获量比例（%）
褐菖鲉	9.50	44.6
叫姑鱼	4.85	22.8
龙头鱼	2.67	12.5
须鰕虎鱼	0.79	3.7
小带鱼	0.70	3.3
印度白姑鱼	0.42	2.0
食蟹豆齿鳗	0.37	1.7
赤鼻棱鳀	0.37	1.7
鰕鲮	0.37	1.7
孔鰕虎鱼	0.35	1.6

少鳞舌鳎	0.18	0.8
黄鲫	0.18	0.8
青石斑鱼	0.13	0.6
峨眉条鳎	0.11	0.5
卵鳎	0.10	0.5
长吻红舌鳎	0.08	0.4
尖尾鳎	0.07	0.3
六指马鲛	0.04	0.2
六带拟鲈	0.03	0.2
合计	21.29	100.0

③主要优势种类

本次调查过程中鱼类的捕获数量和重量均以褐菖鲉为绝对优势种。褐菖鲉为暖温性底栖鱼类，喜栖于近海岩礁海区，一般不成大群，不行远距离洄游。食甲壳类、头足类和小鱼。我国各沿海均有分布，为底拖网渔获物中常见种类。褐菖鲉营养价值高，素有“假石斑鱼”之美誉，肉味鲜美，但产量不高。

调查中褐菖鲉平均渔获率为 9.5kg h^{-1} ，其渔获率最高出现在 Y2 站，渔获率为 12.1kg h^{-1} ；其次为 Y1 站，为 8.4kg h^{-1} ；Y3 站相对较少，为 8.0kg h^{-1} 。调查中褐菖鲉的渔获量约占鱼类总渔获量的 44.6%，居第 1 位。在捕获数量密度上，褐菖鲉在 Y1 站点最高为 404ind h^{-1} ，其次为 Y2 站点 (372ind h^{-1})，而 Y3 站点稍小 (360ind h^{-1})。在本次调查中，渔获的褐菖鲉体长范围为 5.8~8.7cm。

(4) 头足类的资源状况

①种类组成和数量分析

监测海区渔获的头足类，经鉴定隶属于 2 目 2 科 2 种，分别为枪形目的火枪乌贼和八腕目的短蛸。从各站点平均捕获数量分析发现火枪乌贼的捕获数量 (61ind h^{-1}) 要高于短蛸 (29ind h^{-1})。以此同时，在调查的 3 个站位都有捕获到上述 2 种头足类动物。

②渔获率分布

本次渔获的头足类重量占底拖网总渔获量的 7.5%，平均渔获率为 2.8kg h^{-1} 。Y1 站点、Y2 站点和 Y3 站点的头足类捕获率分别为 3.1kg h^{-1} 、 2.4kg h^{-1} 和 2.8kg h^{-1} ，各站点间头足类的渔获率相差较小。头足类中捕获到的种类仅有短蛸和火枪乌贼，但

在各监测站点均有捕获。其中短蛸的渔获量 (2.1kg h^{-1}) 要高于火枪乌贼 (0.6kg h^{-1})，短蛸的渔获量占头足类总渔获量的 76.5% (表 5.6.6-3)。

表 5.6.6-3 头足类渔获率及渔获组成

种类	渔获率(kg h^{-1})	占头足类总渔获量比例 (%)
短蛸	2.11	76.5
火枪乌贼	0.65	23.5
合计	2.76	100.0

③主要优势种类

综合头足类捕获数量和重量，分析发现短蛸和火枪乌贼为该海域的主要优势种。

a.短蛸

“短蛸”又称“望潮”或“短爪章鱼”，是属于章鱼科章鱼属的头足动物。生活在浅海的小型章鱼，常被大量地捕捉食用，体长最大可达 30 厘米。短蛸肉味鲜美，可鲜食，在我国南北沿海均有分布，渔期分春秋两季，春季 3~5 月份，秋季 9~11 月份。

本次调查中，短蛸捕获重占头足类总渔获量的 76.5%；在该海域的平均渔获密度为 29ind h^{-1} 。短蛸的渔获密度和渔获重量在各站点均相差较小。本次调查所捕获短蛸的胴长范围为 5.4~7.6cm。

b.火枪乌贼

火枪乌贼隶属枪形目枪乌贼科枪乌贼属。体型较小，胴体呈圆锥形，体表有大小点状的色素斑，游泳能力较弱，在我国南北沿海和日本均有分布。

调查中，3 个站点均有捕获火枪乌贼。火枪乌贼的平均渔获率为 0.65kg h^{-1} ，占头足类总渔获量的 23.5%；但是该种生物的平均渔获数量在头足类中相对较多（约为 61ind h^{-1} ），这要高于短蛸的捕获数量。渔获的火枪乌贼的胴长范围为 3.2~7.8cm。

(5) 甲壳类的资源状况

①种类组成和数量分析

本次调查共渔获的甲壳类，经鉴定共 2 目 5 科 11 种，其中十足目 4 科 10 种，包括梭子蟹科 3 种，对虾科 5 种，管鞭虾科 1 种和长脚蟹科 1 种；口足目 1 科 1 种，为虾蛄科的口虾蛄。本次调查甲壳类中口虾蛄的平均捕获数量最多(约为 600ind h^{-1})，并且在 3 个站点中均有捕获；其次为中华管鞭虾（约为 192ind h^{-1} ），该种也在各站点均有捕获到。其余种类捕获到的数量相对较少。

②渔获率分布

调查渔获的甲壳类重量占底拖网总渔获量的 34.4%，平均渔获率为 12.6kg h^{-1} ，详见表 5.6.6-4。从头足类的渔获率分析发现，Y2 站的头足类渔获率最高，为 15.1kg h^{-1} ；其次为 Y3 站，为 12.0kg h^{-1} ；Y1 站最少为 10.8kg h^{-1} 。

表 5.6.6-4 甲壳类渔获率及渔获组成

种类	渔获率 (kg h^{-1})	占甲壳类总渔获量比例 (%)
口虾蛄	9.50	75.3
中华管鞭虾	0.91	7.2
锈斑蟊	0.69	5.4
日本蟊	0.66	5.3
亨氏仿对虾	0.18	1.4
须赤虾	0.16	1.2
近缘新对虾	0.16	1.2
鹰爪虾	0.12	1.0
刀额新对虾	0.10	0.8
变态蟊	0.10	0.8
隆绒强蟹	0.03	0.2
合计	12.62	100.0

③主要优势种类

综合甲壳类捕获数量和重量，甲壳类渔获物的主要优势种为口虾蛄。口虾蛄隶属节肢动物门，甲壳纲，口足目，口虾蛄科，是南海主要经济虾蛄类。属于沿海近岸性品种，为底栖穴居虾类，生活于浅潮（水深不超过 30 米）和深海泥沙或珊瑚礁中，昼伏夜出，是拖网兼捕对象。中国沿海均产，以福建、广东、浙江、渤海及海南为主要产地。

调查中，3 个站点均捕获到口虾蛄。口虾蛄的平均渔获率为 9.5kg h^{-1} ，占甲壳类总渔获量的 75.3%。本次调查中该种生物的最高渔获率出现于 Y2 站，为 12.1kg h^{-1} ；其次为 Y1 站，为 8.4kg h^{-1} ；Y3 站相对较少，为 8.0kg h^{-1} 。口虾蛄的平均捕获数量在甲壳类中也最多（约为 600ind h^{-1} ）。从渔获的数量分析，在站点 Y2 的捕获数量最多，然后依次为 Y1 站点和 Y3 站点。渔获的口虾蛄的体长范围为 8.2~13.8cm。

5.6.6.2 鱼卵仔鱼

(1) 种类组成

本次调查共捕获鱼卵 4 粒、仔稚鱼 14 尾；经分析鉴定，鱼卵种类数为 1 种，仔稚鱼种类数为 3 种，合计 4 种，鱼卵或仔稚鱼均鉴定到属或科（详见附录 VI）。垂直拖网捕获到 1 种鱼卵，3 种仔稚鱼，鱼卵和仔稚鱼的总种类数为 4 种。水平拖网捕获到的鱼卵和仔稚鱼种类数同垂直拖网均为 4 种；水平拖网共捕获 1 种鱼卵，3 种仔稚鱼。

鱼卵和仔稚鱼种类数在站位分布上表现为，Y1 站种类数最高（4 种），Y3 站点种类数为 3 种，而 Y2 站点的种类数为 2 种。各站位的种类分布情况详见表 5.6.6-5。

表 5.6.6-5 各监测站位鱼卵仔稚鱼种类数

项目 \ 站位		Y1	Y2	Y3	合计
垂直拖网	鱼卵	nd	nd	1	1
	仔稚鱼	1	1	2	3
水平拖网	鱼卵	1	nd	1	1
	仔稚鱼	2	2	1	3
合计		4	2	3	4

注：“nd”表示未出现鱼卵或仔稚鱼

(2) 数量分布

在垂直拖网过程中，仅在 Y3 站点捕获到 1 粒鱼卵，该站的鱼卵丰度为 $0.19\text{ind}/\text{m}^3$ 。通过垂直拖网发现 Y1 站点捕获到 1 尾鰕虎鱼的仔鱼，该站的仔稚鱼丰度为 $0.19\text{ind}/\text{m}^3$ ；同样 Y2 站点也仅捕获到 1 尾褐菖鲉的仔鱼（丰度为 $0.19\text{ind}/\text{m}^3$ ）；而在 Y3 站点捕获到 1 尾小公鱼的稚鱼和 1 尾褐菖鲉的仔鱼，该站点仔稚鱼的丰度为 $0.38\text{ind}/\text{m}^3$ 。因此，调查阶段该海域的仔稚鱼平均丰度为 $0.25\text{ind}/\text{m}^3$ 。

在水平拖网过程中，Y1 站点捕获到 1 粒鲱科鱼卵，而在 Y3 站点捕获到 2 粒该种鱼卵，但是在 Y3 站点未捕获到鱼卵。水平拖网在 Y2 站捕获的仔稚鱼数量最多为 6 尾/网（4 尾褐菖鲉和 2 尾鰕虎鱼），而 Y1 站点的仔稚鱼捕获数量为 3 尾/网（2 尾褐菖鲉和 1 尾小公鱼），Y3 则只捕获到 1 尾褐菖鲉（捕获数量为 1 尾/网）。三个监测站点通过水平拖网捕获到的褐菖鲉仔稚鱼数量占到水平总拖网数量的 70%。

(3) 主要种类

本次监测出现的仔稚鱼主要种类为褐菖鲉。褐菖鲉属暖温性底层鱼类。栖息于

近岸岩礁海区，喜钻石洞，棘有毒。我国南海，东海，黄海和渤海均有分布。体长一般为 15~20cm，最大可达 30cm，重可达到 500g。本次调查中，该种鱼在垂直拖网中捕获到 2 尾，而水平拖网中捕获到 7 尾。垂直和水平拖网捕获到的褐菖鲉仔鱼的捕获数量占仔鱼捕获总量的比例为 64.3%。该种鱼在各站出现的频率为 100%。

5.6.7 生物质量分析与评价

5.6.7.1 生物质量状况

本次调查共选取底栖生物和潮间带生物共 5 个样品进行生物体残毒分析，其中甲壳类有 3 个，软体类和鱼类各有 1 个。生物体残毒分析共测试总汞 (Hg)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镉 (Cd)、锌 (Zn) 和石油烃 6 种污染物。各类生物体内污染物质的含量统计情况见表 5.6.7-1。

本次调查数据的统计数据表明：在不同类群的生物之间，软体类生物（生活于潮间带）体内重金属铅和镉的含量明显高于鱼类和甲壳类（生活于潮下带）。同一类群生物中，口虾蛄体内重金属铜、铅和镉的含量明显高于哈氏仿对虾，这是由于不同种类生物对重金属等污染物的富集能力并不相同，也与生物体的大小和生活习性有关。

表 5.6.7-1 生物体内残毒含量（鲜重：mg/kg）

站号	名称	总汞	铜	铅	镉	锌	石油烃
Z1	孔鰕虎鱼	0.019	0.3	0.2	0.13	9.7	2.69
Z2	哈氏仿对虾	0.018	5.3	0.2	0.06	15.0	5.90
Z3	哈氏仿对虾	0.022	5.1	0.2	0.07	16.5	6.60
Z8	口虾蛄	0.020	13.8	0.6	0.60	21.6	4.78
C3	嫁（虫威）	0.026	1.8	2.1	0.81	13.0	6.60

5.6.7.2 生物质量评价

按照评价技术的要求，甲壳类、软体类和鱼类的生物体内污染物质（除石油烃外）含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合监测简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，具体评价标准见表 5.6.7-2。

表 5.6.7-2 生物体污染物评价标准（鲜重：mg/kg）

	汞	铜	铅	镉	锌	石油烃
甲壳类	0.20	100	2.0	2.0	150	20
软体类	0.30	100	10.0	5.5	250	20
鱼类	0.30	20	2.0	0.6	40	20

与水质评价方法相同，生物质量评价亦采用单项标准指数法，统计结果列于表 5.6.7-3。从统计结果看，生活于潮下带的甲壳类和鱼类的单项标准指数值小于 1，所有指标均未超标。生活于潮间带的软体类生物各项指标的单项标准指数值均小于 1，所有指标均未超标。

本次调查测试的 5 个样品的 6 项评价因子均未超标，甲壳类、软体类和鱼类的生物质量状况良好。

表 5.6.7-3 生物评价标准指数

站号	名称	汞	铜	铅	镉	锌	石油烃
Z1	孔鰕虎鱼	0.06	0.02	0.10	0.22	0.24	0.13
Z2	哈氏仿对虾	0.09	0.05	0.10	0.03	0.10	0.30
Z3	哈氏仿对虾	0.11	0.05	0.10	0.04	0.11	0.33
Z8	口虾蛄	0.10	0.14	0.30	0.30	0.14	0.24
C3	嫁（虫戚）	0.09	0.02	0.21	0.15	0.05	0.33

6 环境影响预测与评价

6.1 水动力环境影响预测与评价

6.1.1 二维潮流数学模型

(1) 控制方程

模型是基于二维平面不可压缩雷诺 (Reynolds) 平均纳维埃-斯托克斯 (Navier-Stokes) 浅水方程建立, 对水平动量方程和连续方程在 $h=\eta+d$ 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (6.1.1-1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = & f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \\ & \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s s \end{aligned} \quad (6.1.1-2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = & -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \\ & \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s s \end{aligned} \quad (6.1.1-3)$$

式中: t 为时间; x 、 y 为卡迪森 (Cartesian) 平面坐标; η 为潮面高程; d 为静水深度; $h=\eta+d$ 为总水深; $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 为 x 、 y 方向平均流速的分量; S 为源汇项排放量; u_s 、 v_s 为源项排水量的 x 、 y 向速度分量; f 为科氏力系数 ($f=2\Omega\sin\varphi$, φ 为纬度, Ω 为地球自转速度); g 为重力加速度; ρ 为海水密度; ρ_0 为基准水密度; S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 为辐射应力张量分量; T_{ij} 为水质点侧向应力, 包括粘滞摩擦力、紊流摩擦力、对流力等, 在该模型中采用一个涡旋粘滞系数, 根据垂直平均流速梯度场对上述几种力进行总和估计, 可按下列式计算:

$$T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = 2A \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right), \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

式中: A 为水平涡动粘滞力系数, 可按下列各式计算:

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}, \quad S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (i, j=1, 2), \quad \text{在该模型中通过输入 } C_s$$

来确定 A 值, S_{ij} 由系统自动计算捕获。

τ_{sx} 、 τ_{sy} 为海面风摩阻 x、y 方向分量; τ_{bx} 、 τ_{by} 为海底摩阻 x、y 方向分量, 可按下列各式确定:

$\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, $\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b|$, $c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$, $M = \frac{25.4}{k_s^{1/6}}$, 在该模型中通过输入曼宁数 M 值来实现对海底摩阻的模拟。

(2) 计算区域及网格布置

本项目位于惠来靖海湾。为拟合复杂岸线, 岛屿、码头等建筑物边界, 计算模式采用非结构三角形网格, 该方式网格布设灵活, 边界拟合好, 并对工程区域进行局部加密。计算范围及网格布置见图 6.1.1-1。工程模型计算网格共 22661 个节点, 42435 个单元格, 工程区域最小网格为 10 m, 最大网格为 30m。

模型计算时 Manning 数取 50, Smagorinsky 公式中的水平涡旋粘滞系数取 0.28, 考虑科氏力的影响, 时间步长设为 30s, 初始水位场(开边界除外)和流速场均为 0, 流的法向分量在闭边界上恒为 0, 外海开边界从 Mike (2012) 自带全球潮汐模型中提取。模型中加入 2015 年 4 月 1 日-2015 年 4 月 16 日风场。

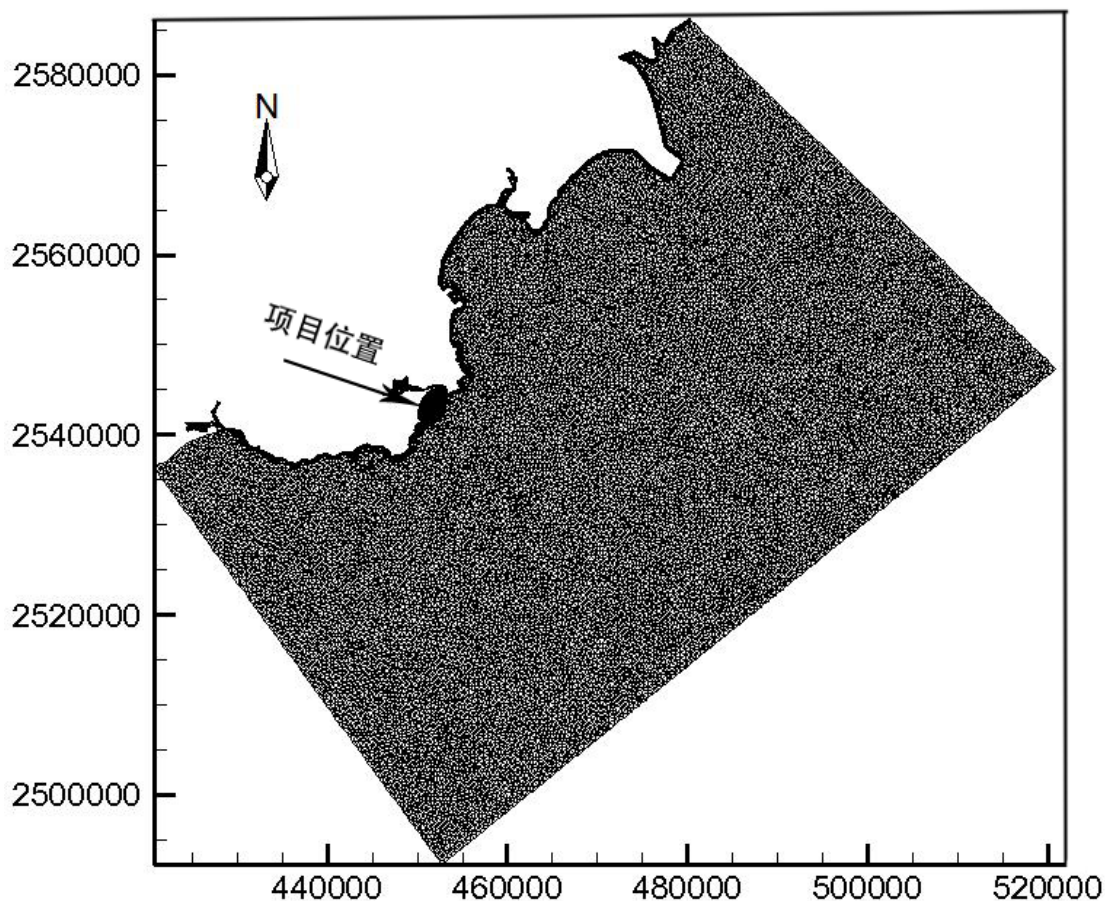


图 6.1.1-1 计算范围网格示意图

(3) 模型验证

采用 2015 年 4 月 2 日 0:00 至 4 月 3 日 23:00 大潮的潮位和潮流逐时观测资料进行验证, 其中潮位测点 1 个, 潮流测点 4 个。选取数学模型计算范围内的 4 个流速观测点进行对比, 测点布置见图 6.1.1-2 所示。

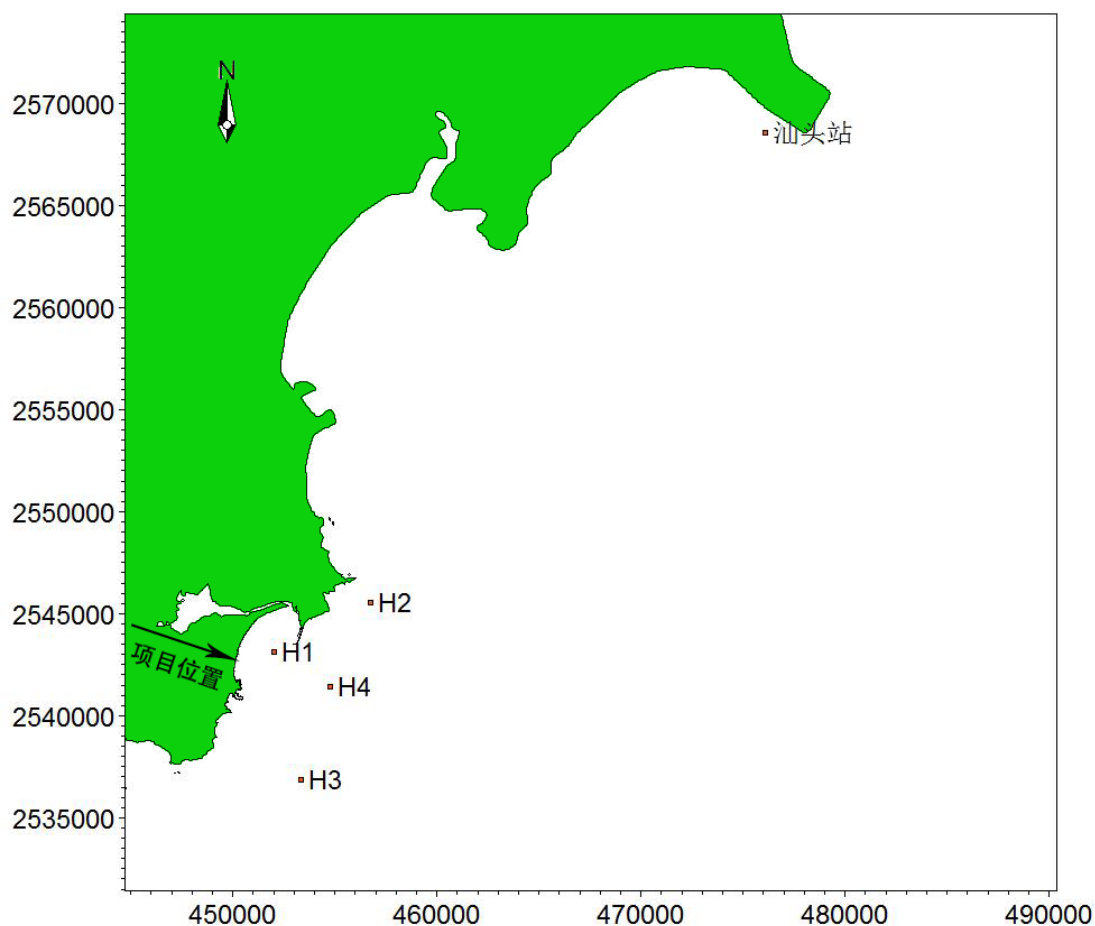


图 6.1.1-2 各潮位流速观测点流速验证位置示意图

图 6.1.1-3~图 6.1.1-4 给出了模型计算值与实测潮位值和潮流值的比较结果, 从图中可以看出, 汕头站潮位计算值与实测值验证很好, 基本一致。工程水域测点的, 计算海流流速和实测海流流速变化趋势大体一致, 流向模拟值与实测值符合程度较好, 模拟流速与实测基本一致, 但个别时段有偏差。通过分析可知, 潮位误差在 1%-50%左右, 流速总体误差在 1%-55%左右, 流向误差较小, 在 1%-15%左右。总体而言, 计算域内流速模拟验证计算结果较好, 计算结果基本能够反映工程附近海域的潮流运动特征。

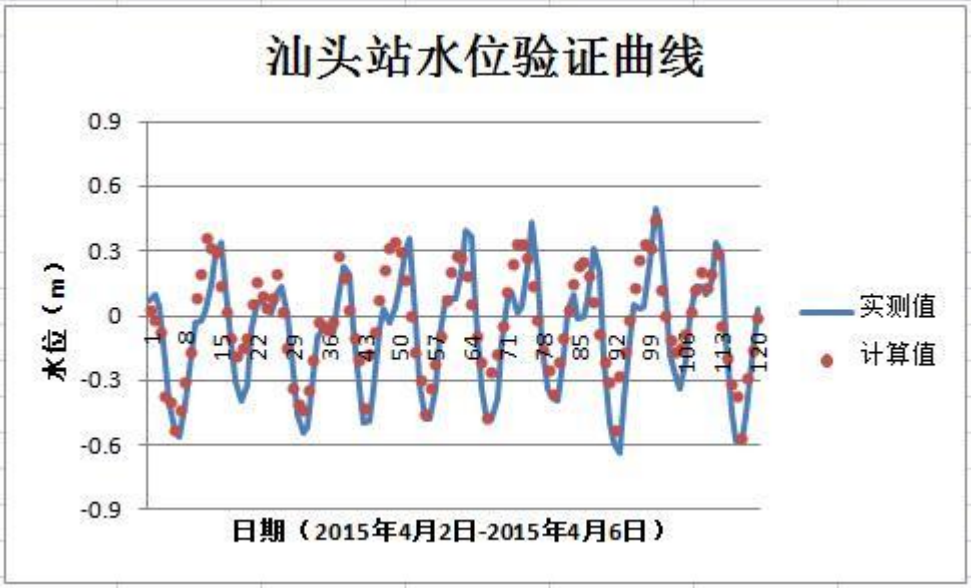
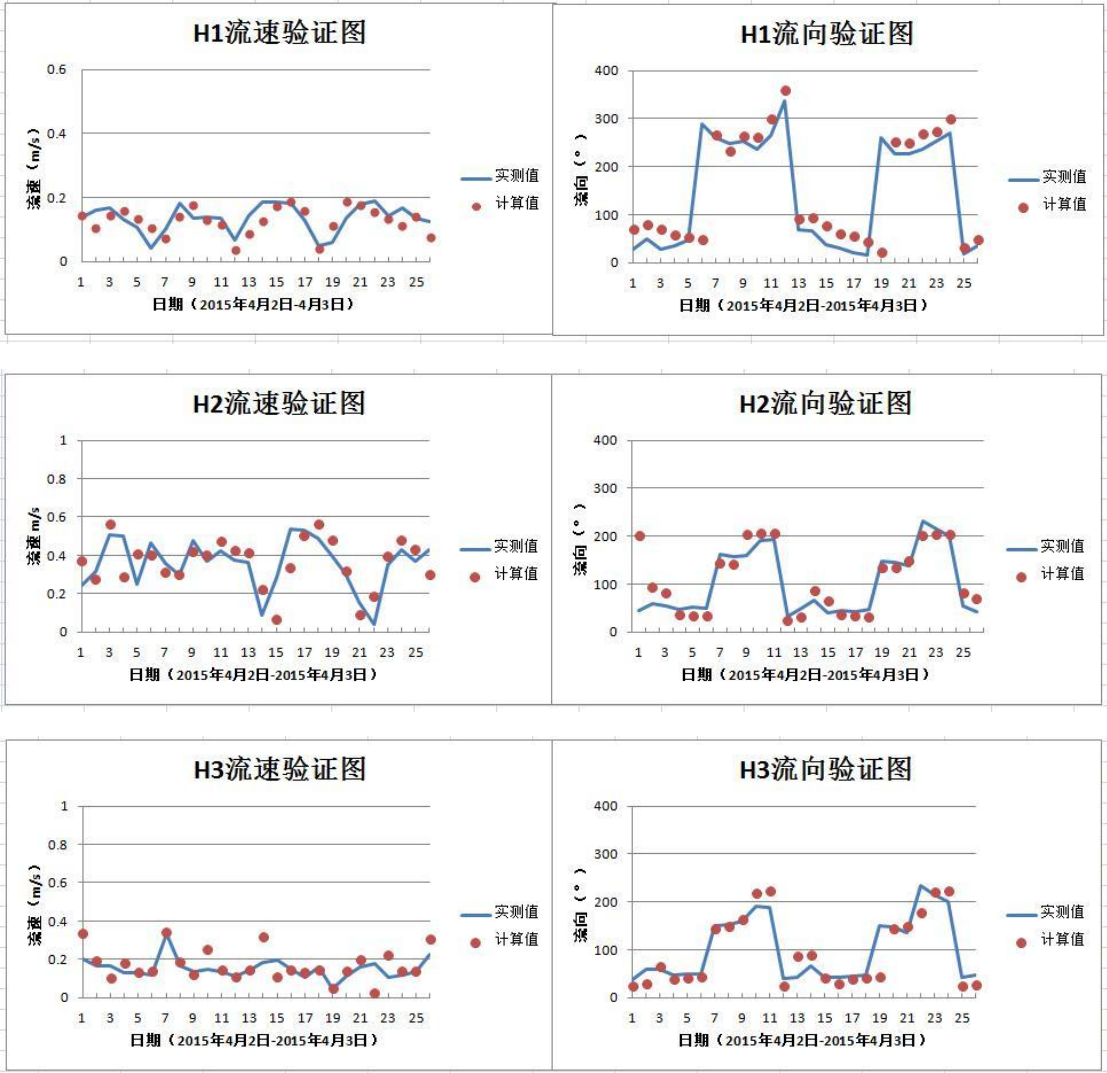


图 6.1.1-3 汕头站水位验证曲线



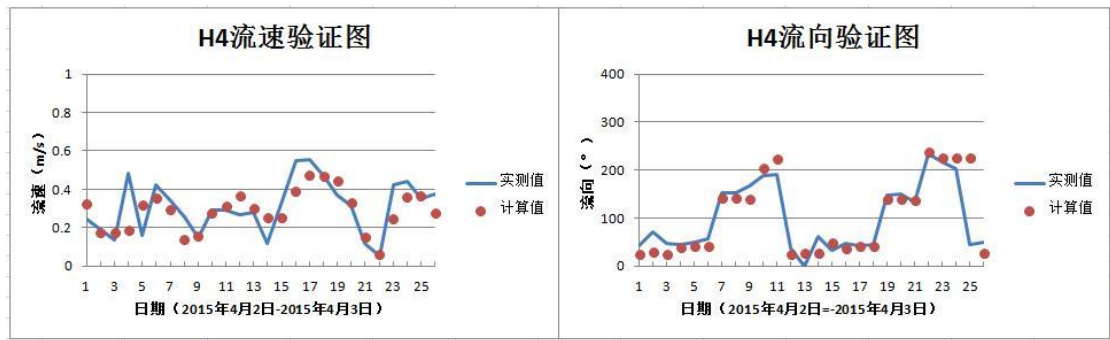


图 6.1.1-4 大潮流速流向验证图

6.1.2 工程前水动力环境分析

模拟期内涨急、落急流场如图 6.1.2-1 和图 6.1.2-2 所示。模拟结果显示，涨急时外海潮流流向靖海湾及其北部的海门湾。靖海湾和外海张潮流流向以东北流为主，海门湾流向则以北向流为主。受地形边界控制，以及靖海湾东北的防波堤影响，靖海湾内流速较小，0.02m/s 左右，外海流速 0.6m/s 左右。落急时刻的态势则相反，靖海湾和外海落潮流流向以西南流为主，海门湾则以南向流为主。同样，靖海湾内流速较小，外海流速明显大于湾内流速。

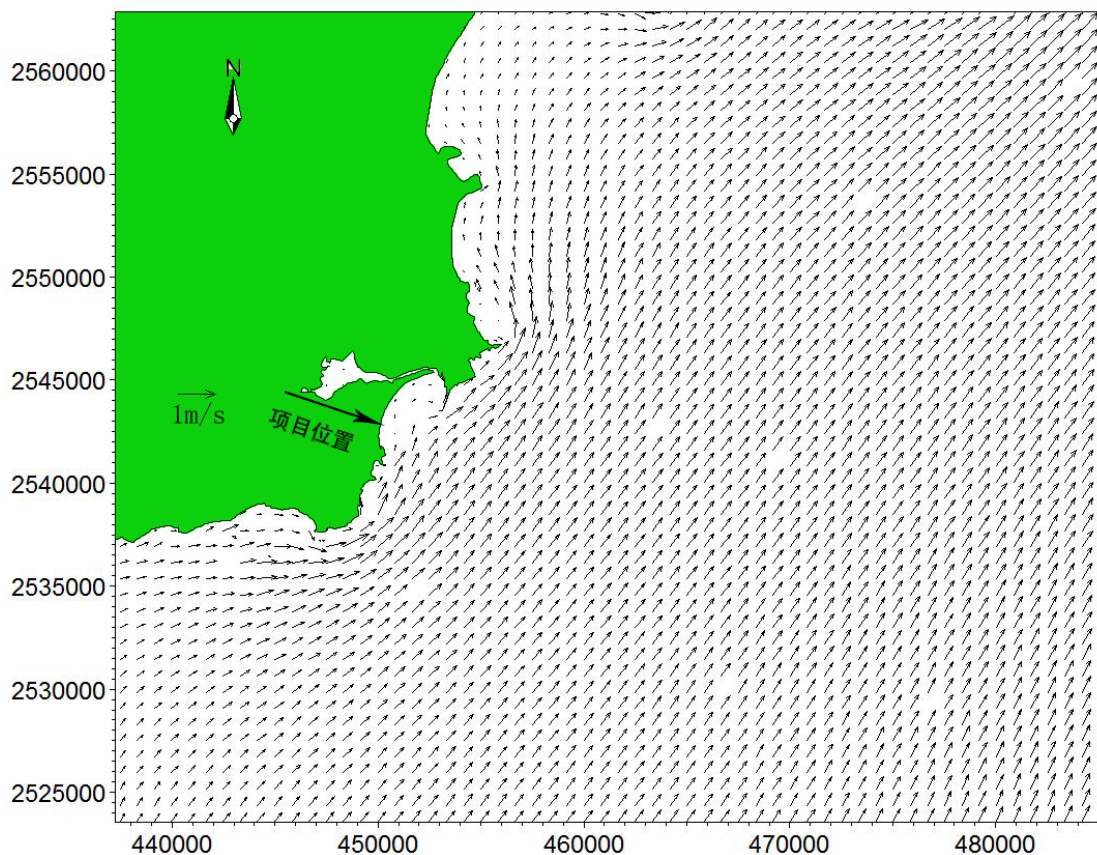


图 6.1.2-1 工程前工程附近海域涨急流场图

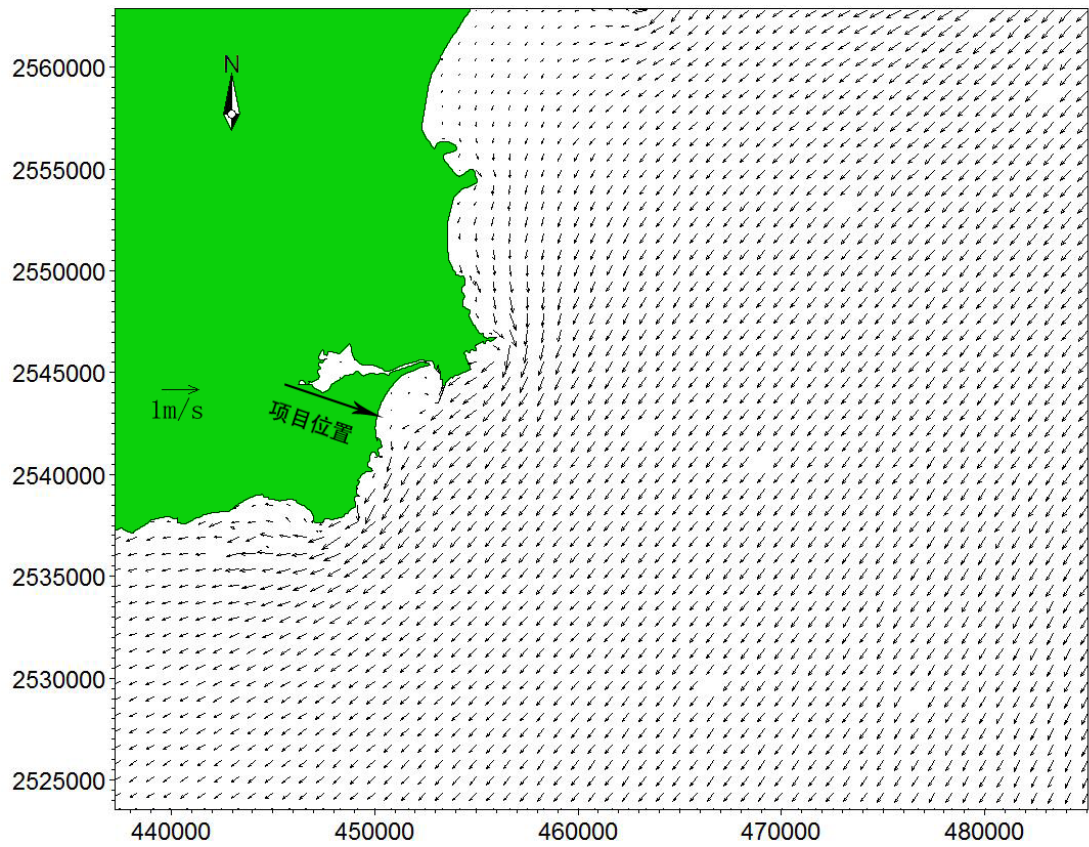


图 6.1.2-2 工程前工程附近海域落急流场图

6.1.3 工程附近海域流场变化分析

工程实施后改变了岸线和地形，由此带来工程周边水动力特征的变化，对流场和流速流向均产生影响。为了更清楚说明工程对水动力的影响程度，在工程区域附近选取 24 个代表点进行工程前后的水动力状况对比，其具体位置如图 6.1.3-1 所示。工程实施后各代表点在涨急和落急情况下，潮流特征值变化的统计结果见表 6.1.3-1~表 6.1.3-2。流场对比图见 6.1.3-2~图 6.1.3-3。

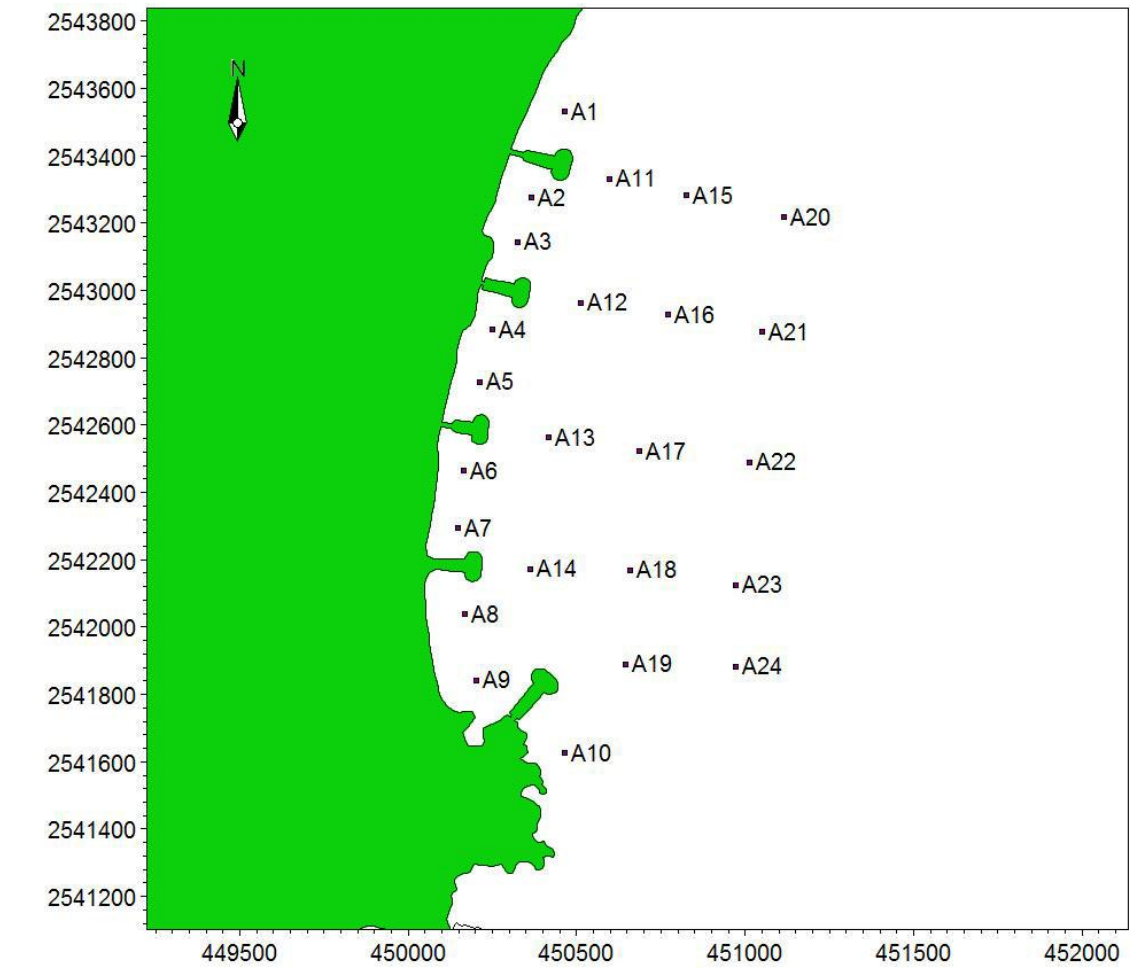


图 6.1.3-1 流速流向对比点位置示意图

表 6.1.3-1 工程前后涨急流速流向变化

代表点	流速（m/s）				流向（°）		
	工程前	工程后	变化值	变化率（%）	工程前	工程后	变化值
A1	0.042	0.012	-0.03	-71.43	17.7	288.1	270.4
A2	0.035	0.008	-0.027	-77.14	10.4	246.7	236.3
A3	0.032	0.013	-0.019	-59.38	5.2	237.1	231.9
A4	0.019	0.008	-0.011	-57.89	10.6	307.0	296.4
A5	0.013	0.010	-0.003	-23.08	339.8	215.0	-124.8
A6	0.019	0.019	0	0.00	208.4	218.9	10.5
A7	0.030	0.021	-0.009	-30.00	193.7	167.4	-26.3

A8	0.047	0.028	-0.019	-40.43	179.1	200.7	21.6
A9	0.049	0.026	-0.023	-46.94	138.9	135.6	-3.3
A10	0.098	0.066	-0.032	-32.65	143.9	163.4	19.5
A11	0.055	0.052	-0.003	-5.45	11.4	13.5	2.1
A12	0.043	0.036	-0.007	-16.28	354.7	352.7	-2
A13	0.022	0.017	-0.005	-22.73	294.2	263.4	-30.8
A14	0.037	0.037	0	0.00	203.6	192.8	-10.8
A15	0.068	0.068	0	0.00	10.2	10.3	0.1
A16	0.066	0.061	-0.005	-7.58	350.3	348.4	-1.9
A17	0.048	0.039	-0.009	-18.75	326.8	314.1	-12.7
A18	0.046	0.024	-0.022	-47.83	314.5	283.2	-31.3
A19	0.016	0.017	0.001	6.25	306.4	181.2	-125.2
A20	0.082	0.084	0.002	2.44	8.8	8.9	0.1
A21	0.086	0.087	0.001	1.16	349.2	345.9	-3.3
A22	0.071	0.070	-0.001	-1.41	344.0	330.7	-13.3
A23	0.083	0.058	-0.025	-30.12	355.2	344.8	-10.4
A24	0.116	0.078	-0.038	-32.76	5.5	8.6	3.1

表 6.1.3-2 工程前后落急流速流向变化

代表点	流速 (m/s)				流向 (°)		
	工程前	工程后	变化值	变化率 (%)	工程前	工程后	变化值
A1	0.003	0.005	0.002	66.67	346.1	15.0	-331.1
A2	0.008	0.015	0.007	87.50	201.9	55.6	-146.3
A3	0.016	0.015	-0.001	-6.25	193.5	332.1	138.6
A4	0.028	0.008	-0.02	-71.43	197.5	334.5	137
A5	0.034	0.010	-0.024	-70.59	196.4	27.4	-169
A6	0.054	0.014	-0.04	-74.07	189.2	102.8	-86.4

A7	0.045	0.010	-0.035	-77.78	178.0	222.9	44.9
A8	0.040	0.016	-0.024	-60.00	169.4	52.3	-117.1
A9	0.032	0.023	-0.009	-28.13	130.3	305.6	175.3
A10	0.128	0.094	-0.034	-26.56	153.1	180.5	27.4
A11	0.015	0.011	-0.004	-26.67	230.7	224.6	-6.1
A12	0.038	0.032	-0.006	-15.79	207.6	205.3	-2.3
A13	0.062	0.056	-0.006	-9.68	194.2	193.3	-0.9
A14	0.071	0.062	-0.009	-12.68	177.0	170.2	-6.8
A15	0.025	0.022	-0.003	-12.00	244.4	244.9	0.5
A16	0.049	0.046	-0.003	-6.12	221.1	219.9	-1.2
A17	0.079	0.074	-0.005	-6.33	202.9	200.7	-2.2
A18	0.104	0.099	-0.005	-4.81	185.4	184.7	-0.7
A19	0.140	0.145	0.005	3.57	169.3	170.5	1.2
A20	0.039	0.035	-0.004	-10.26	261.4	265.4	4
A21	0.067	0.058	-0.009	-13.43	234.7	234.9	0.2
A22	0.094	0.087	-0.007	-7.45	213.9	214.7	0.8
A23	0.129	0.123	-0.006	-4.65	197.8	197.8	0
A24	0.164	0.155	-0.009	-5.49	190.7	191.7	1

从统计表中可以看出，总体而言，由于工程位于靖海湾内，且受其东北部防波堤影响，工程区域相对外海流速较小。在工程区域即五个丁字坝附近的 A1-A10 点，工程前后流速和流向有比较大的变化。涨急和落急情况下，工程后流速有相应的增加或减小，流向也发生一定的偏转。说明工程实施后对该处的流场有一定的影响。A11-A24 距离丁字坝较远，因而前后流速流向变化也较小。涨急情况下，工程前对比点流速在 0.013m/s~0.116m/s 之间，工程后对比点流速在 0.008 m/s~0.087 m/s 之间，流速变化值介于-0.038m/s~0.002 m/s 之间。工程前流向在 5.2° ~355.2° 之间，工程后流向在 8.6° ~352.7° 之间，变化介于-152.2° ~296.4° 之间。

落急情况下，工程前对比点流速在 0.003 m/s~0.164m/s 之间，工程后对比点流速在 0.005 m/s~0.155 m/s 之间，流速变化值在-0.040m/s~0.007m/s 之间。工程前流向在

130.3° ~346.1° 之间，工程后流向在 15° ~334.5° 之间，流向变化介于-331.1° ~175.3° 之间。

从流场整体变化的趋势看，工程实施后，对周边海域影响较明显的区域集中在工程区域范围内。

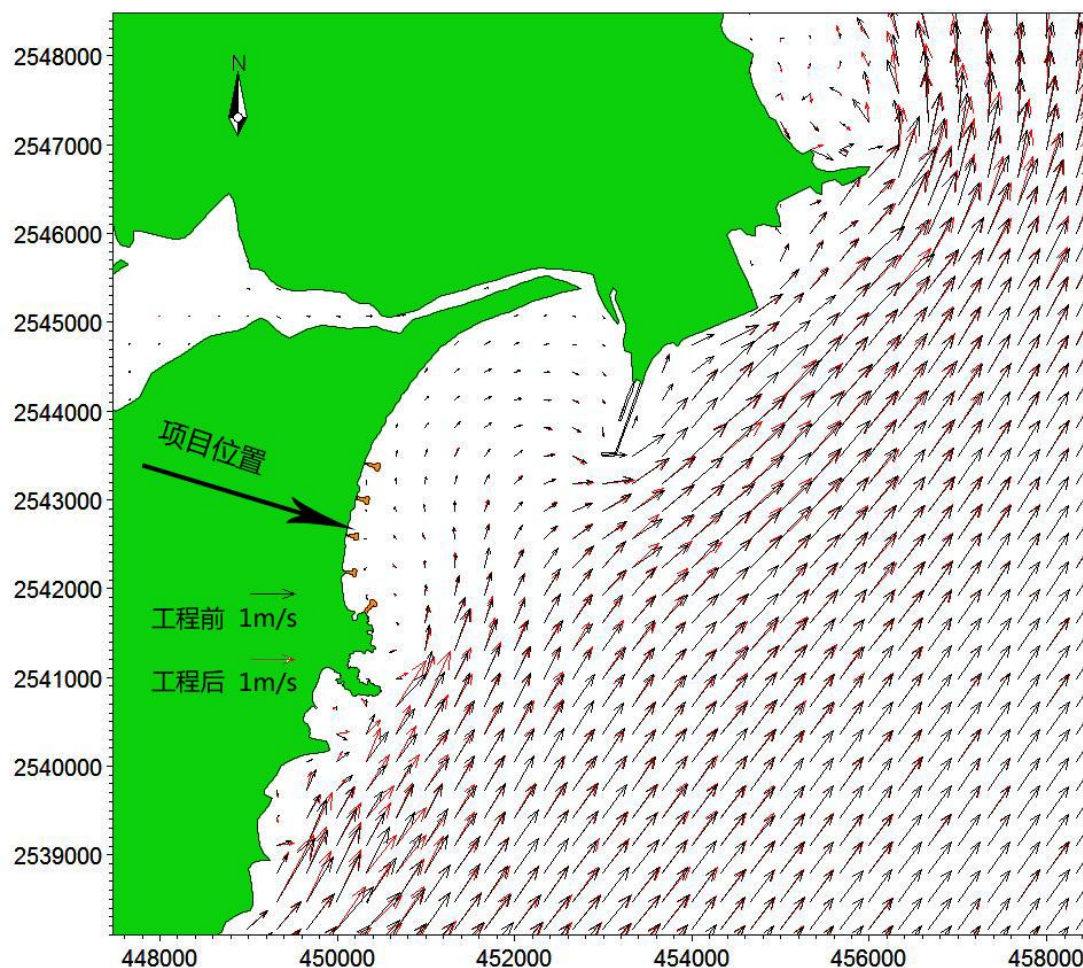


图 6.1.3-2 大潮涨急条件下工程前后流场对比图

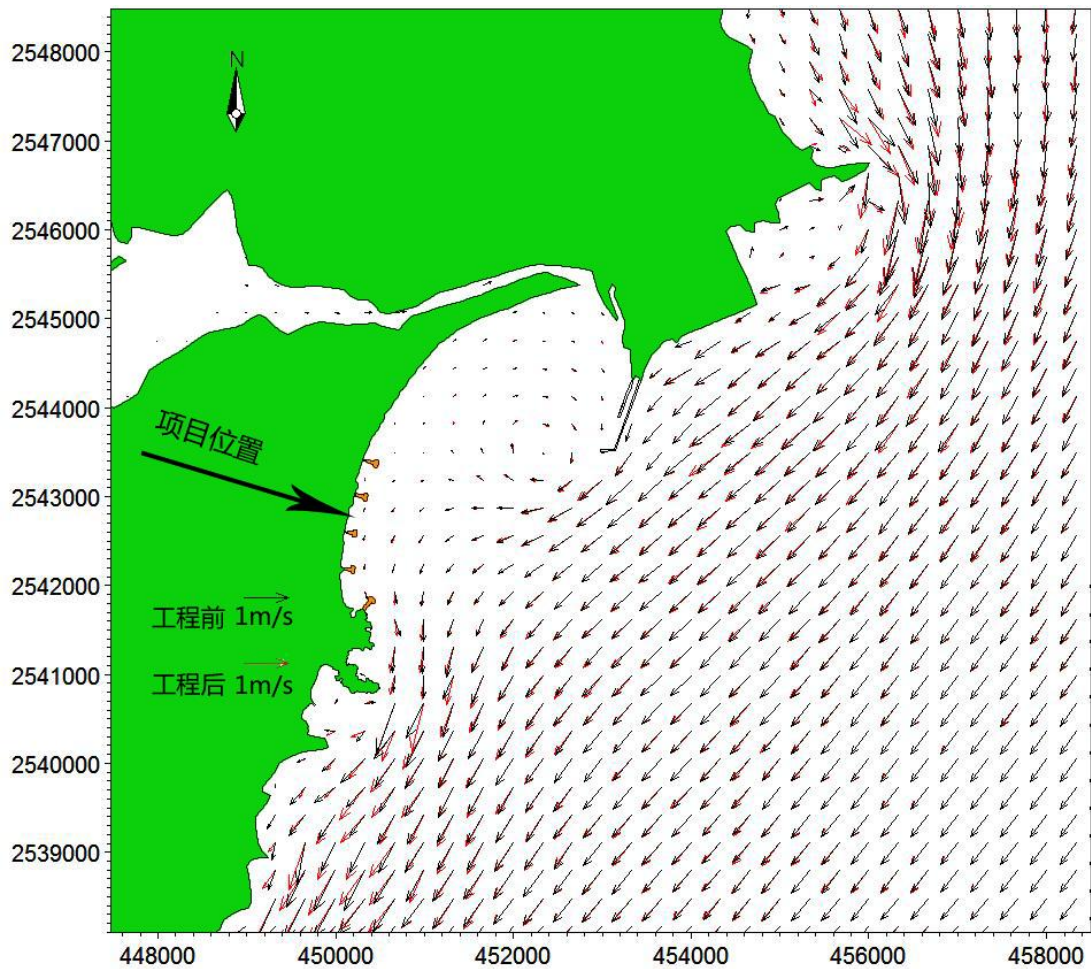


图 6.1.3-3 大潮落急条件下工程前后流场对比图

6.1.4 工程附近波浪场变化分析

根据《惠来靖海湾波浪数模试验报告》（中山大学工程力学研究所，2016 年 10 月）分析项目对波浪场的影响。

6.1.4.1 大区域数值模拟结果

整个大区域的有效波高分布情况如图6.1.4-1所示。惠来电厂防波堤对波高分布有较明显的影响。同时可知小区域边界处的有效波高约为1.35m。

整个区域的波浪周期如图6.1.4-2所示，小区域边界处波浪的周期约为4~4.4s之间。

波浪传播方向分布如图6.1.4-3所示。由图可知，惠来电厂防波堤对计算区域的北部有较大影响。而在规划布置防波堤和丁字堤的区域，波浪传播方向依然为边界的来波方向。

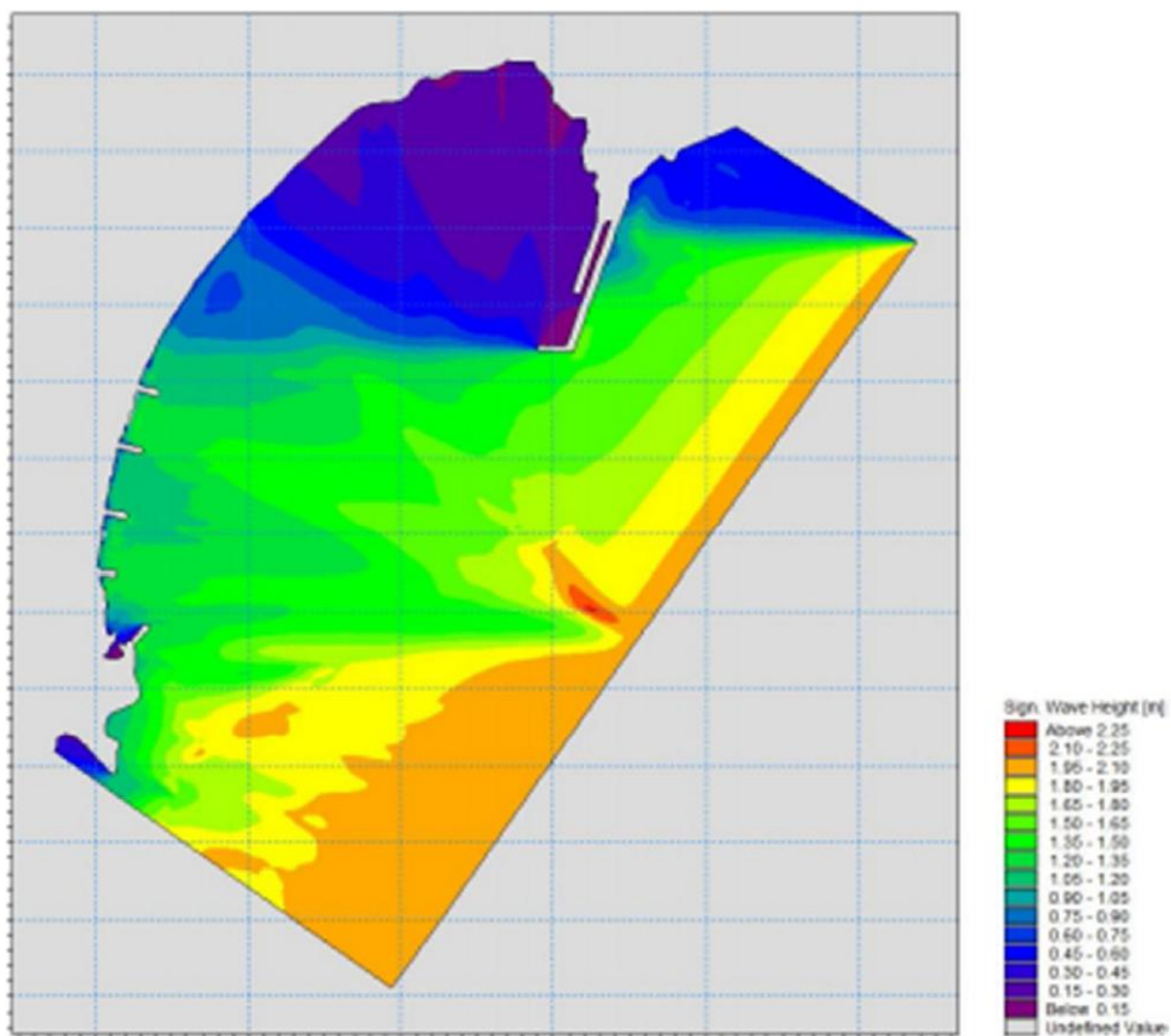


图 6.1.4-1 大区域有效波高分布

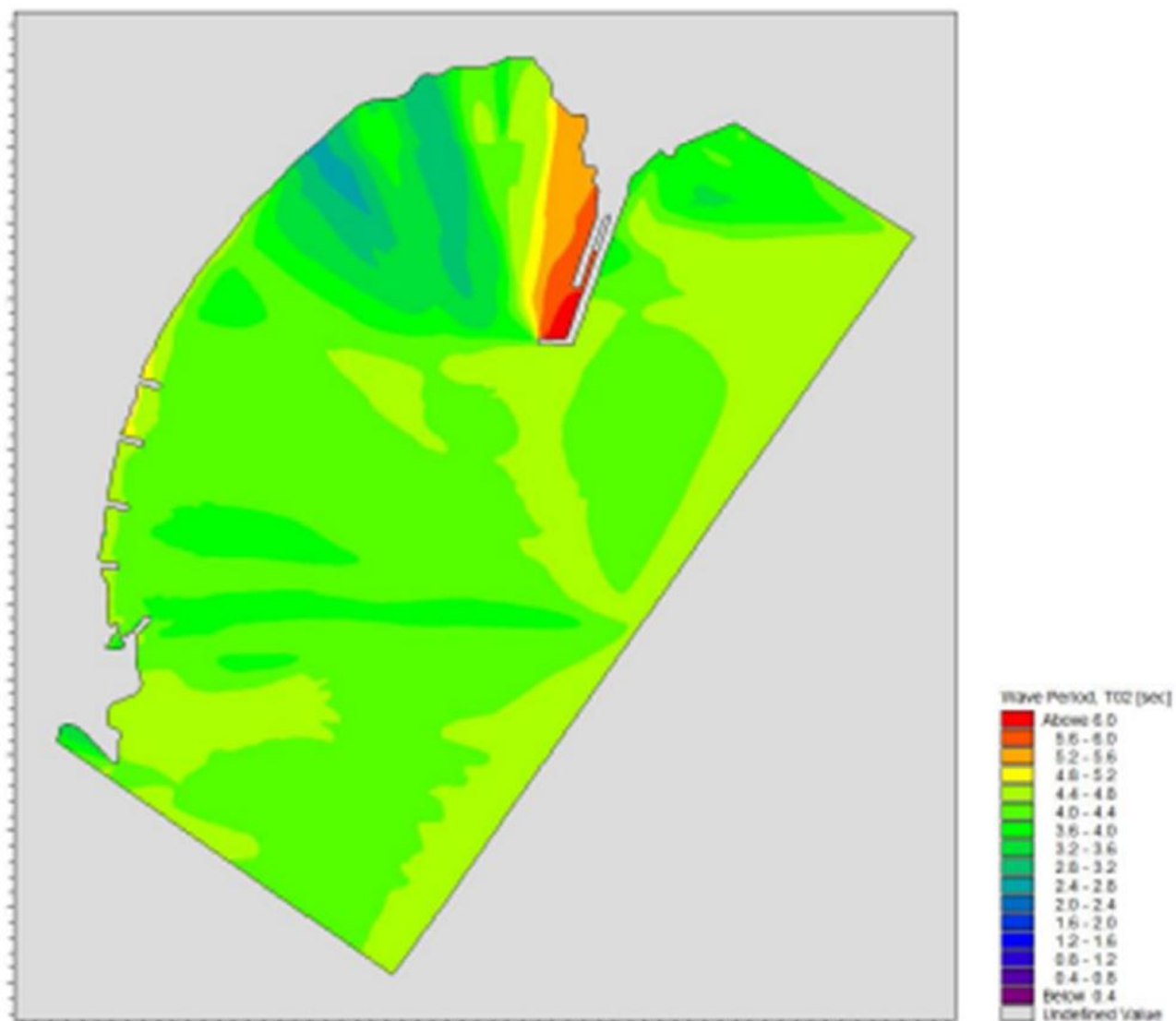


图 6.1.4-2 大区域波浪周期

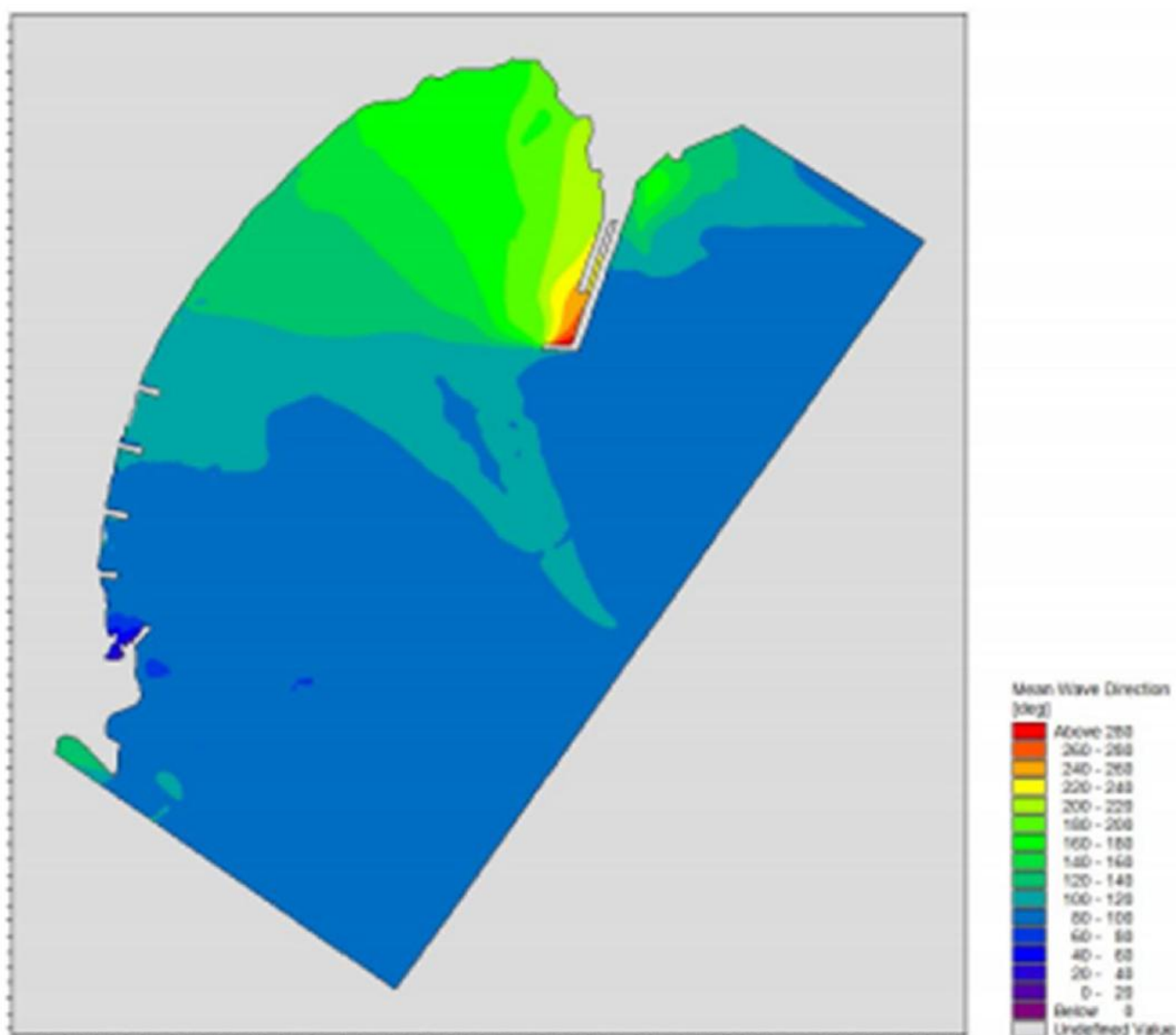
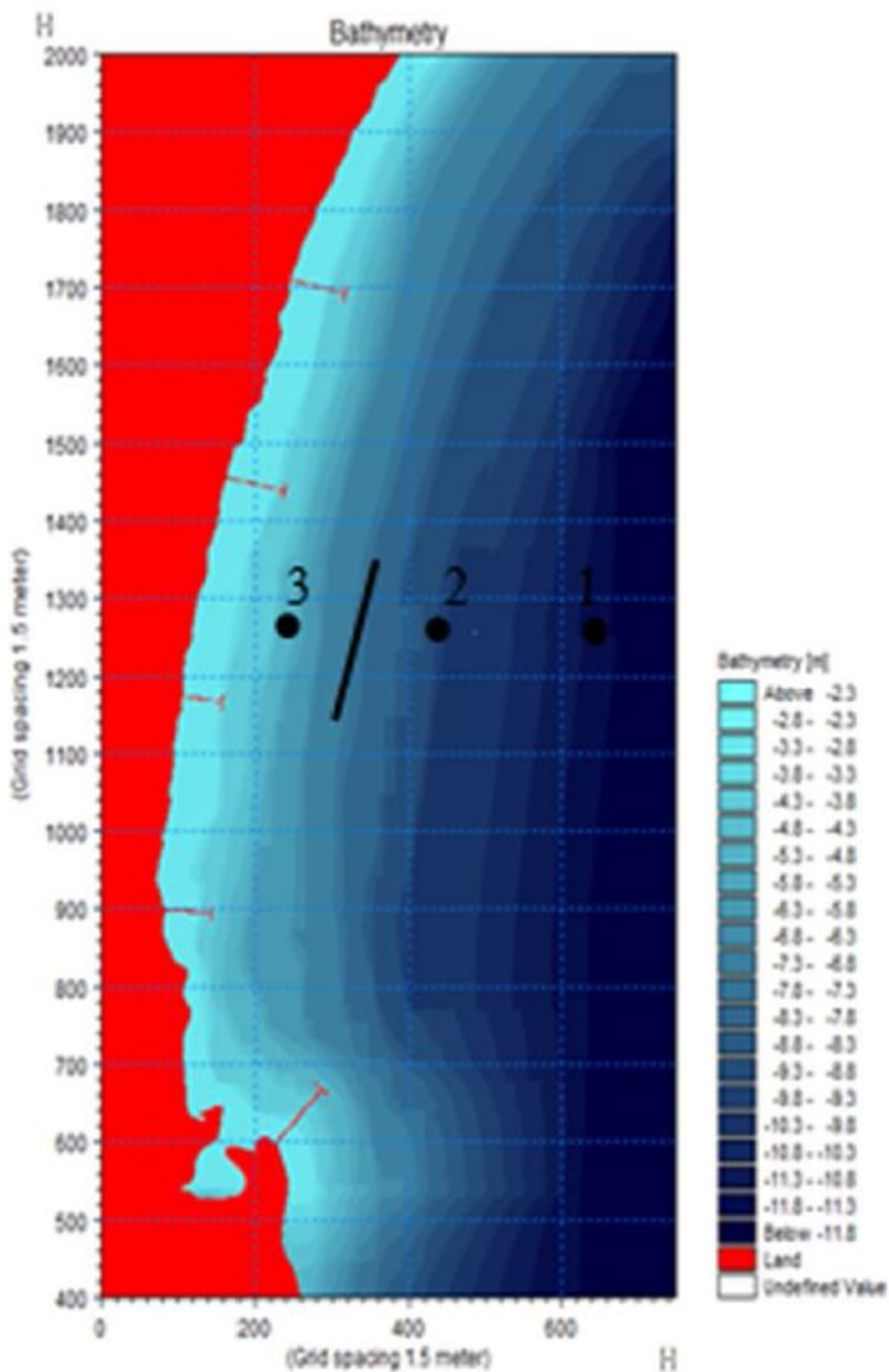


图 6.1.4-3 大区域波向分布图

6.1.4.2 小区域数值模拟结果

模拟水位采用设计高水位，最大水深为11.8m。来波是单向不规则波，有效波高为0.7m，周期为4s-4.5s 的规则波。浮式防波堤的孔隙率应设定为0.8。孔隙率如图6.1.4-5所示，防波堤位置可以从图6.1.4-5中看出。



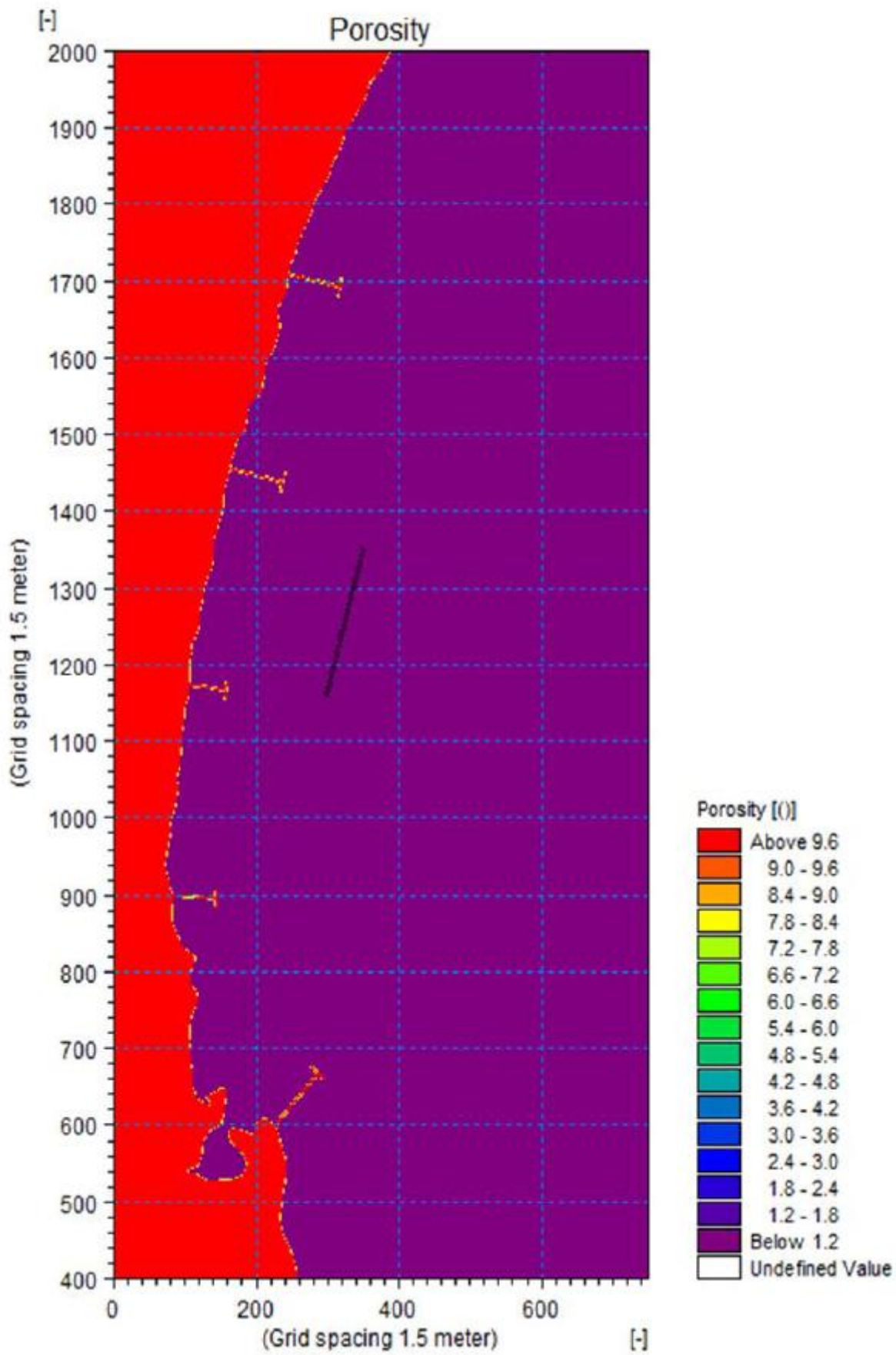


图 6.1.4-5 孔隙层图及防波堤位置

定义相对波高为当地实际波高与来波波高（0.7m）的比值。

1 SE 向浪

SE向浪的波高分布如图6.1.4-6所示。可看出防波堤对波高有明显的消减作用。浮式防波堤附近的波高分布如图6.1.4-7所示。其中在计划设置浮式防波堤的位置前方与后方各取一个测点，并标出该测点的相对波高。可看出，防波堤对波高削减了38.7%。

整个区域的水面高程如图6.1.4-8所示。五组丁字堤附近的波高分布如图6.1.4-9所示。

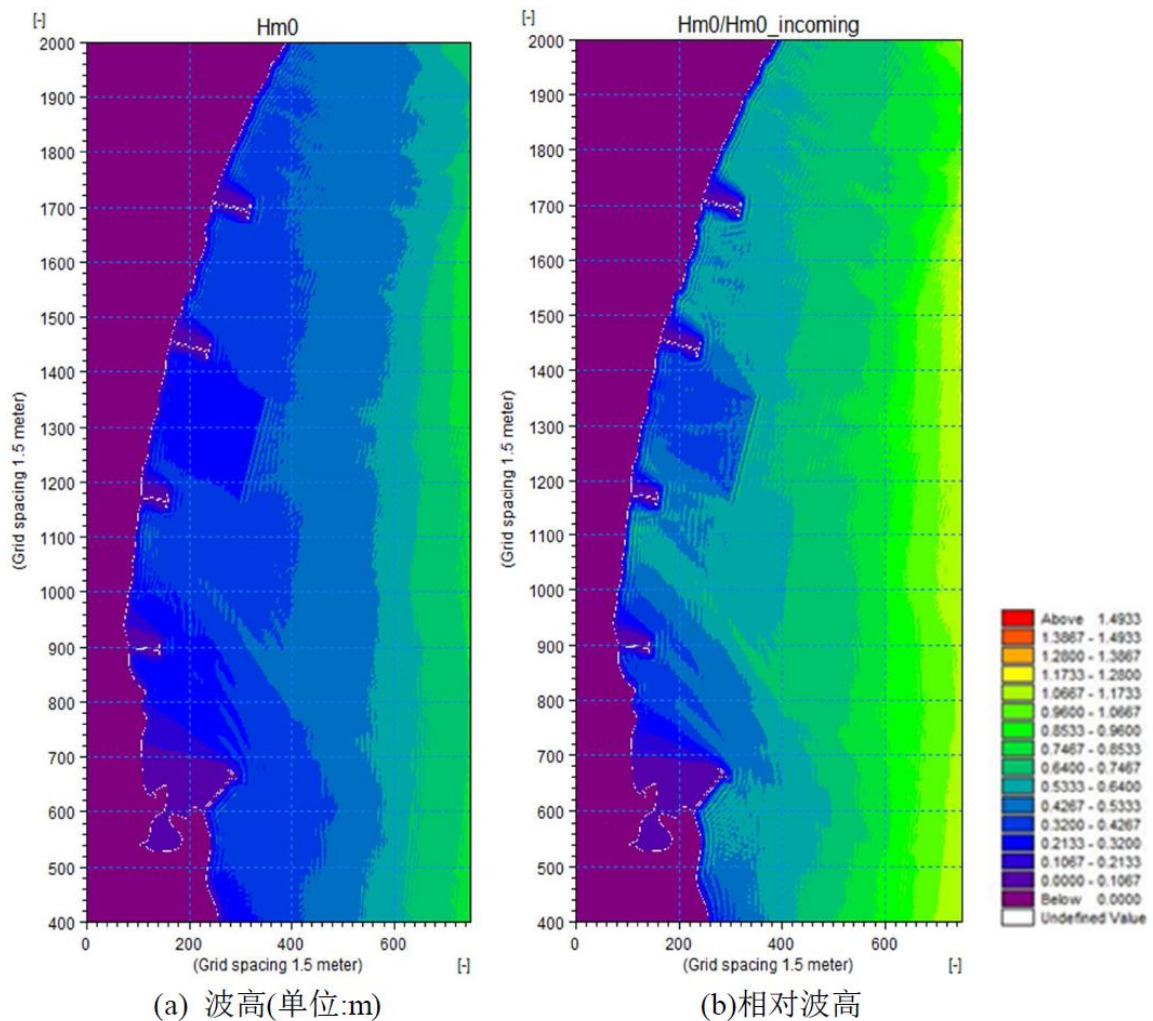


图 6.1.4-6 SE 向浪，波高和相对波高分布

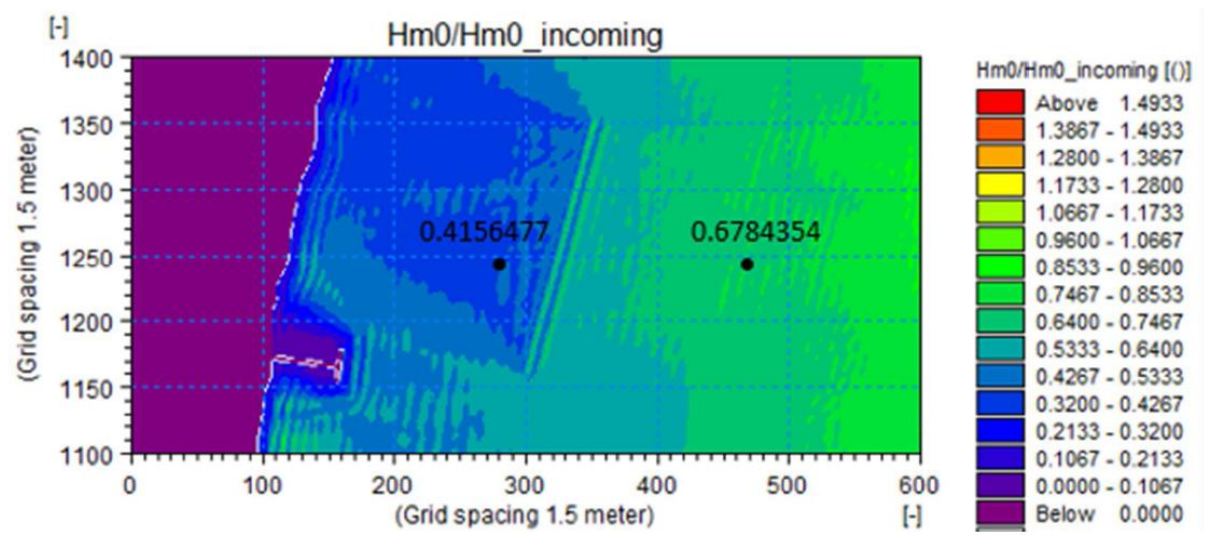


图 6.1.4-7 SE 向浪，相对波高（浮式防波堤附近）

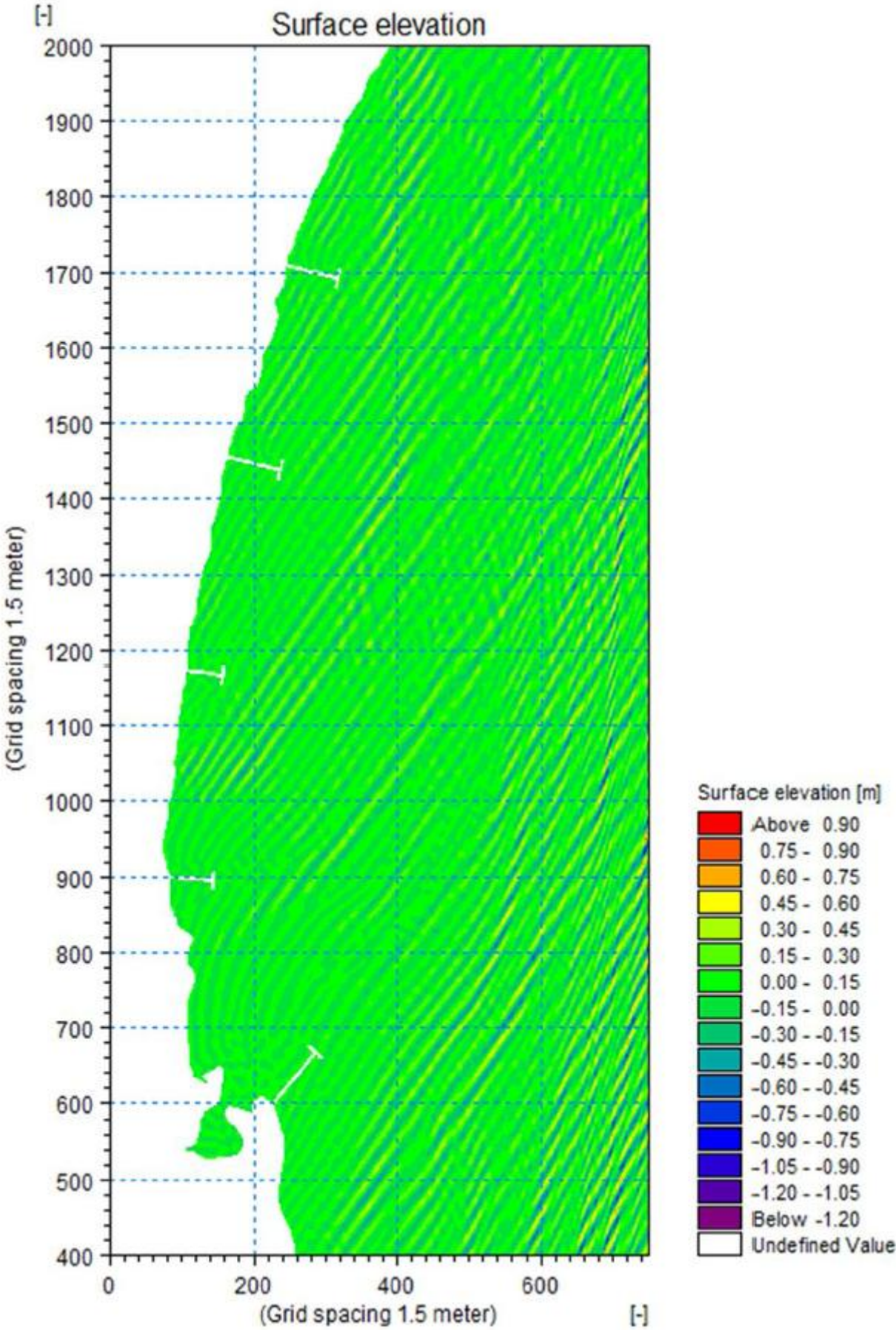


图 6.1.4-8 SE 向浪，水面高度

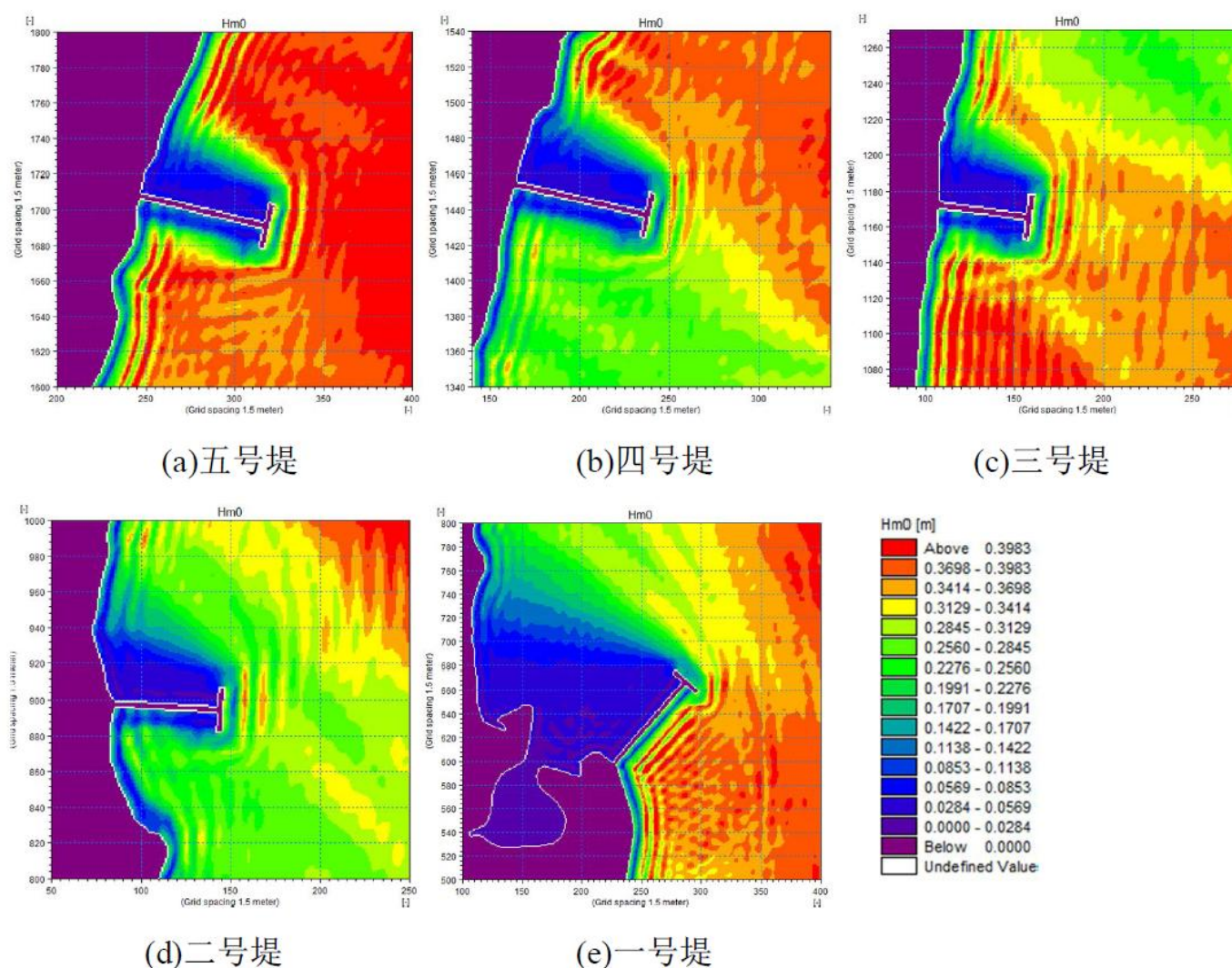


图 6.1.4-9 SE 向浪，丁字堤周围波高分布

为更清楚的了解浮式防波堤对波浪的作用情况，在图 6.1.4-4 所示的点增加 3 个测点来测量这 3 个点的水面抬升高度，取样频率为 0.1s。测点 1、2 位于防波堤前，测点 3 位于防波堤后。测点 1、测点 2、测点 3 的水面抬升高度随时间的变化情况分别见图 6.1.4-10、图 6.1.4-11 和图 6.1.4-12。从图 6.1.4-10、图 6.1.4-11 和图 6.1.4-12 可见，测点 3 的水面抬升高度明显小于测点 1 和测点 2，由此反映出浮式防波堤的消波效果。同时，在对应无/有浮式防波堤的情况，测点 3 的水面高程对比见图 6.1.4-13，有效波高分别为 0.3694463m, 0.2835082m，得知防波堤对波高消减了 23.3%，波能消减了 41.1%。

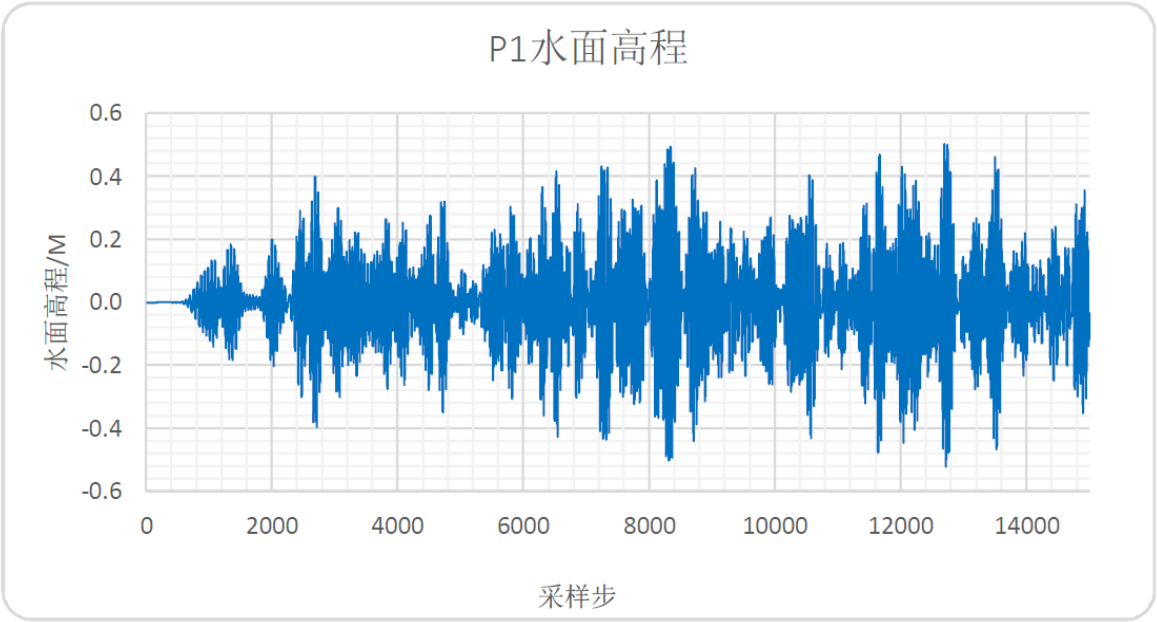


图 6.1.4-10 SE 向浪，测点 P1 水面高程

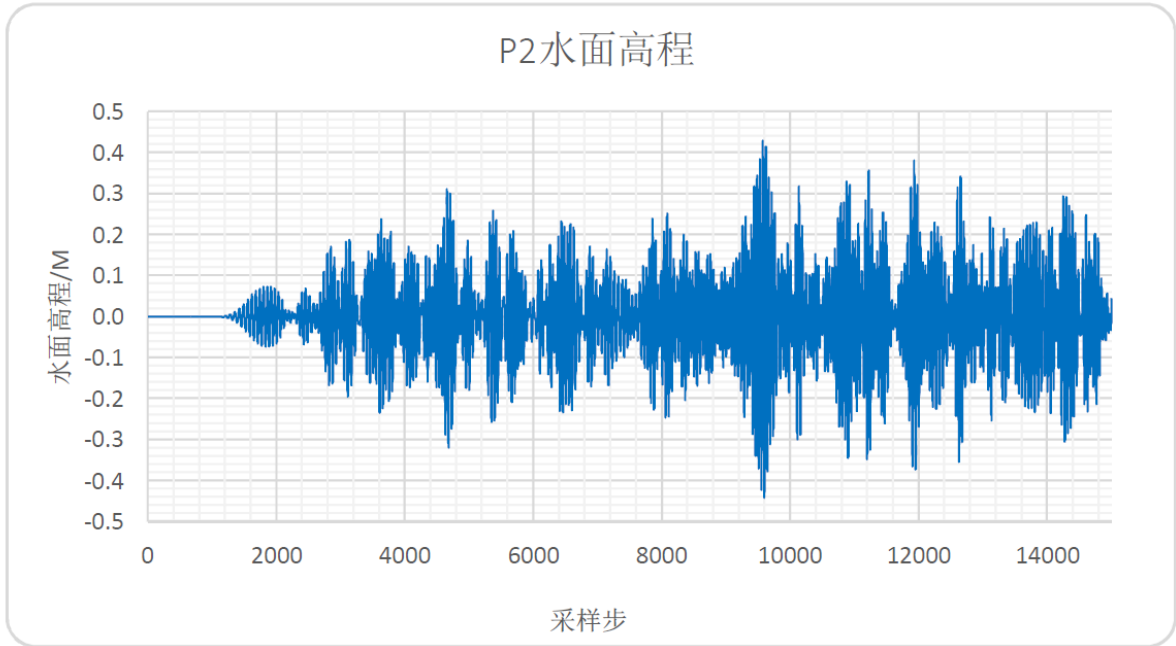


图 6.1.4-11 SE 向浪，测点 P2 水面高程

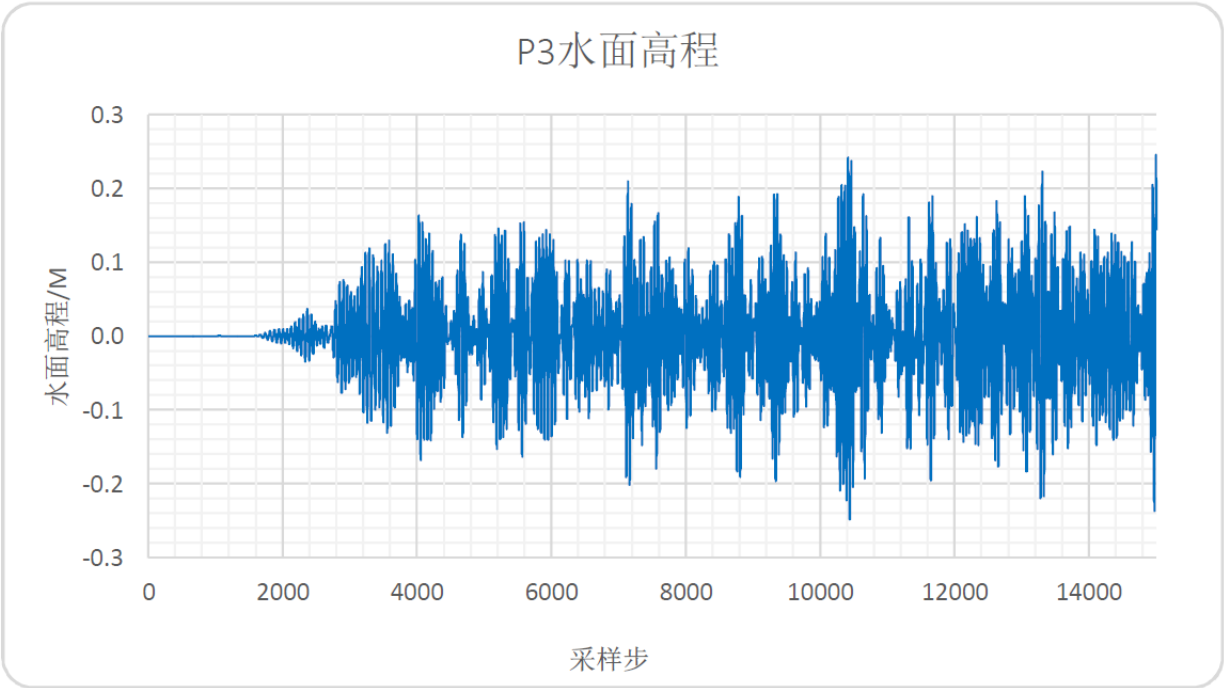


图 6.1.4-12 SE 向浪，测点 P3 水面高程

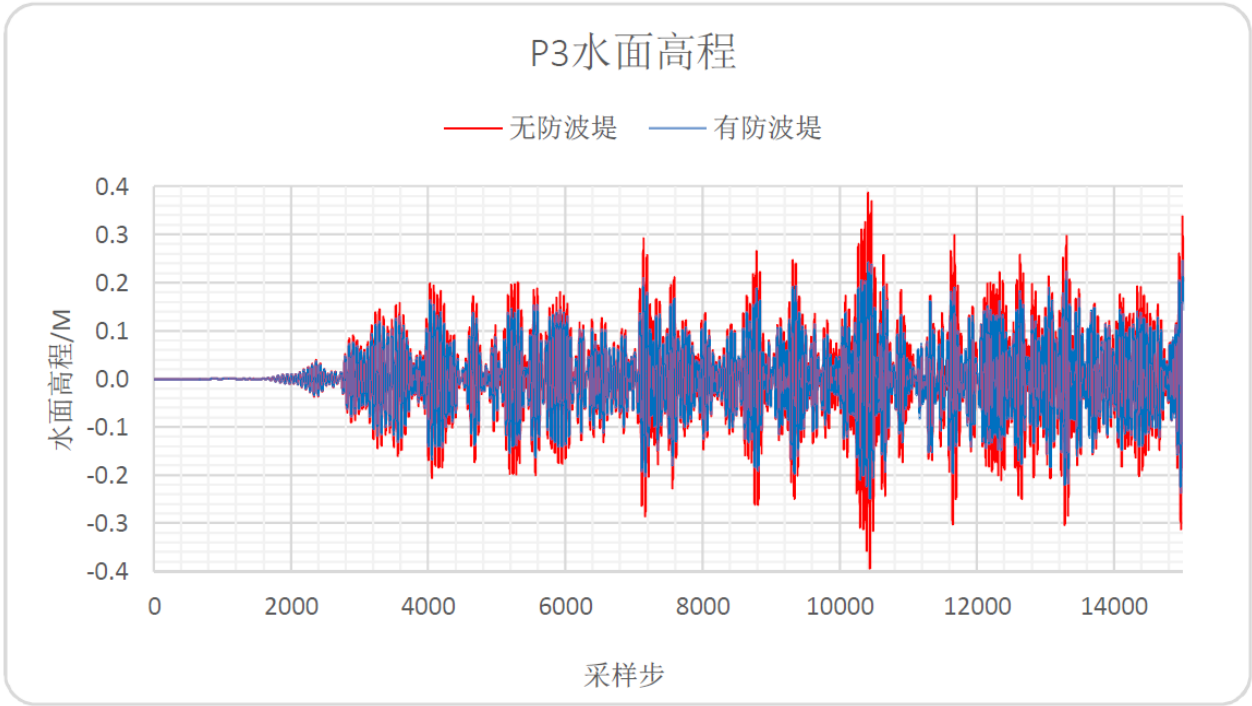


图 6.1.4-13 SE 向浪，有/无浮式防波堤时，测点 P3 水面高程

2 E 向浪

E 向浪的波高分布如图 6.1.4-14 所示。可看出防波堤对波高有明显的消减作用。浮式防波堤附近的波高分布如图 6.1.4-15 所示。其中在计划设置浮式防波堤的位置前方与后方各取一个测点，并标出该测点的相对波高。可看出，防波堤对波高消减了 44.8%。整个区域的水面高程如图 6.1.4-16 所示。五组丁字堤附近的波高分布如图 6.1.4-17 所示。

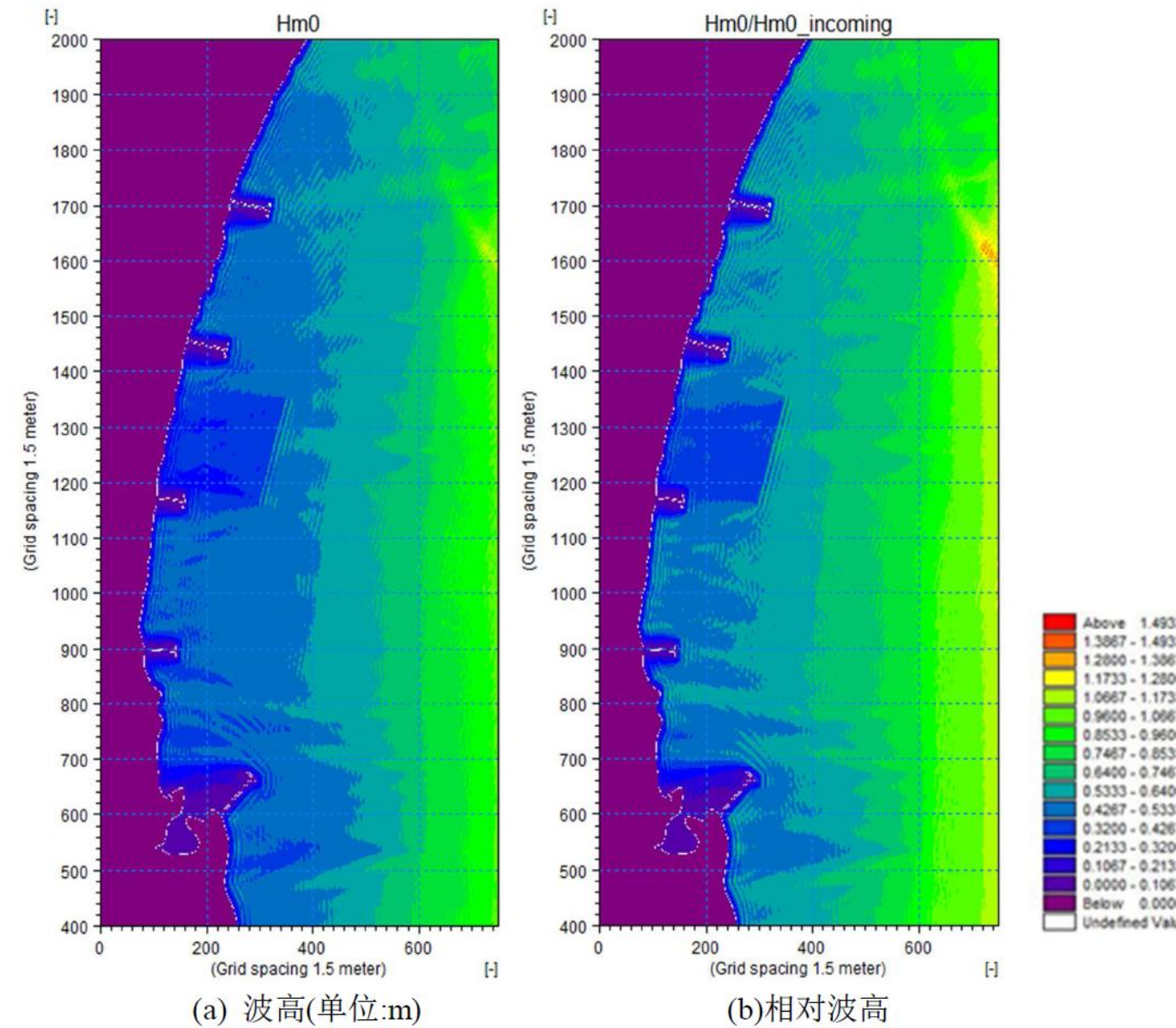


图 6.1.4-14 E 向浪，波高和相对波高分布

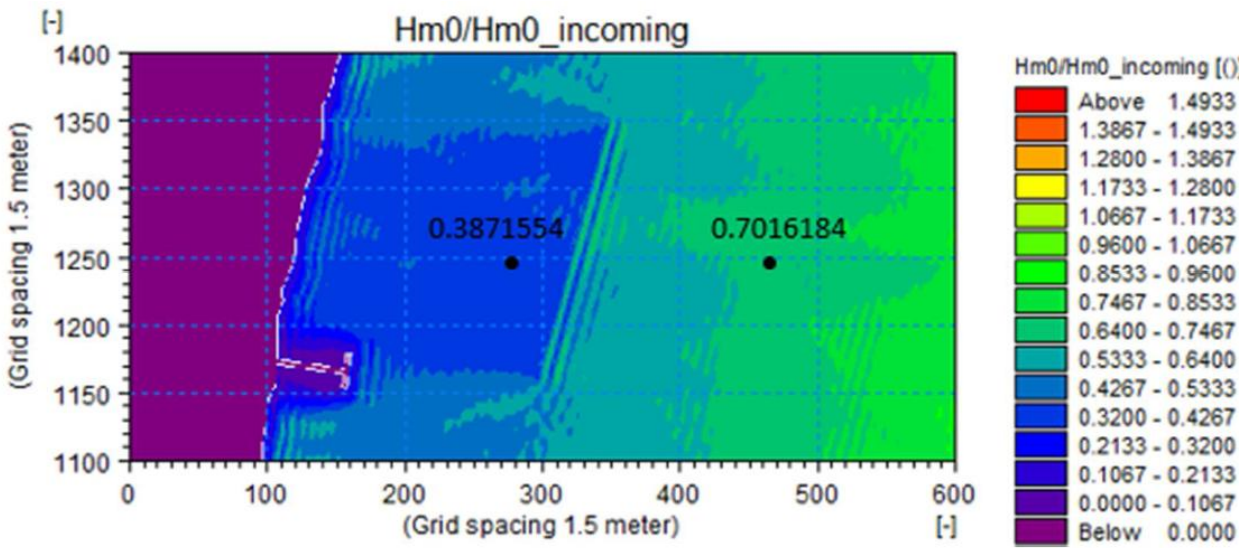


图 6.1.4-15 E 向浪，相对波高（浮式防波堤附近）

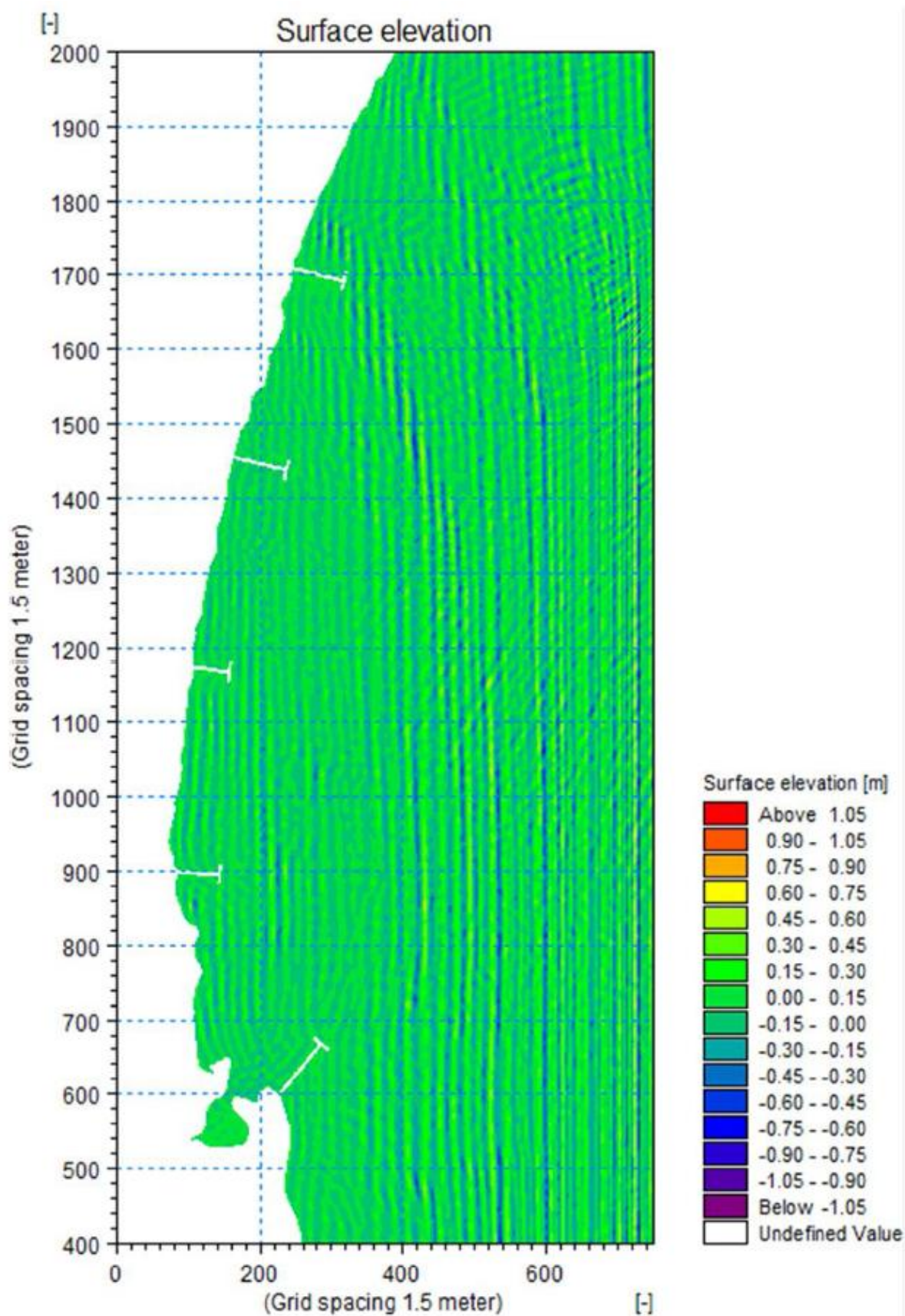
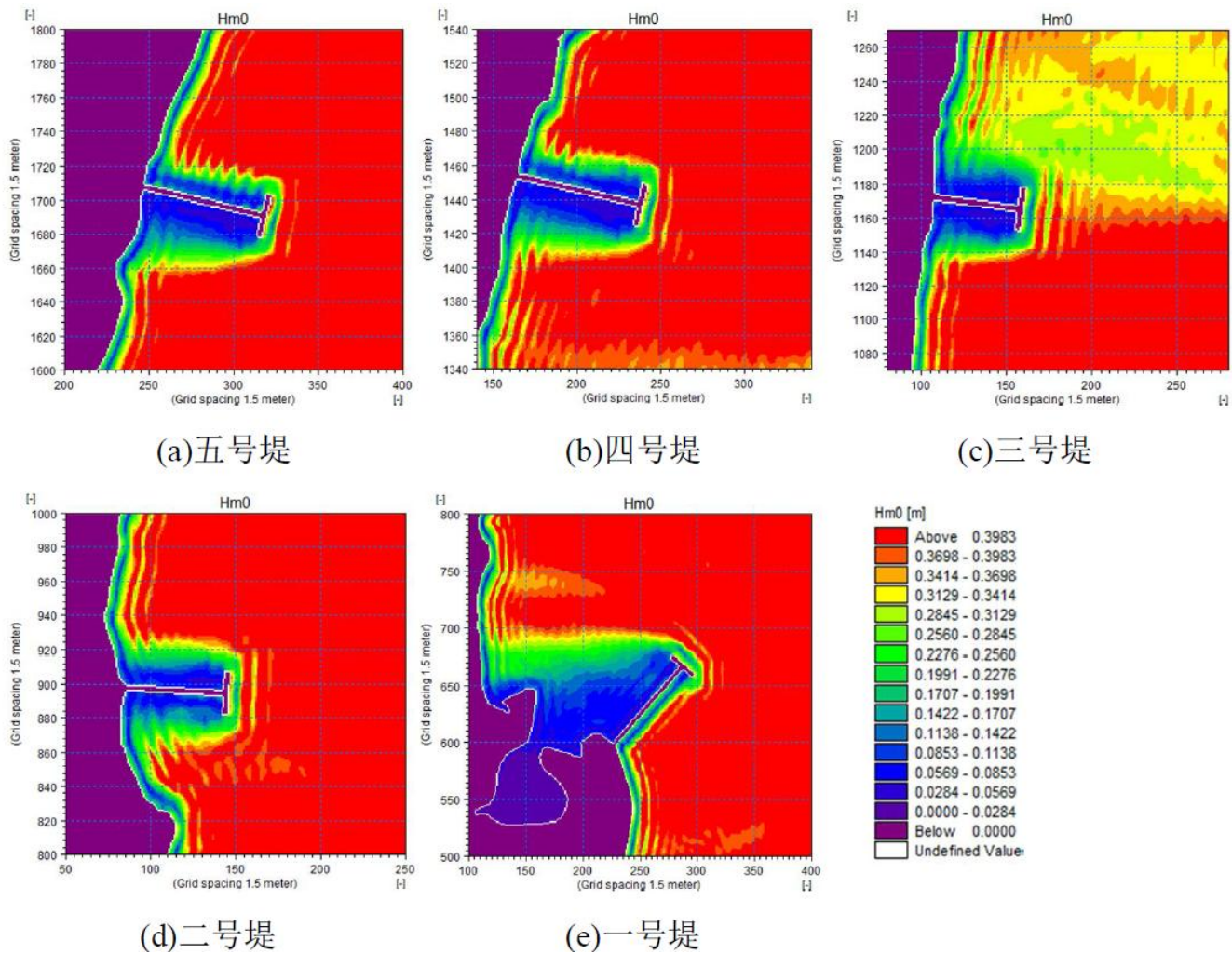


图 6.1.4-16 E 向浪，水面高程



为更清楚的了解浮式防波堤对波浪的作用情况，在 6.1.4-4 所示的点增加 3 个测点来测量这 3 个点的水面抬升高度，取样频率为 0.1s。测点 1、2 位于防波堤前，测点 3 位于防波堤后。测点 1、测点 2、测点 3 的水面抬升高度随时间的变化情况分别见图 6.1.4-18、图 6.1.4-19、图 6.1.4-20。从图 6.1.4-18、图 6.1.4-19、图 6.1.4-20 可见，测点 3 的水面抬升高度明显小于测点 1 和测点 2，由此反映出浮式防波堤的消波效果。同时，在对应无/有浮式防波堤的情况测点 3 的水面高程对比见图 6.1.4-21，有效波高分别为 0.4505379m，0.3322971m，得知防波堤对波高消减了 26.2%，波能消减了 45.6%。

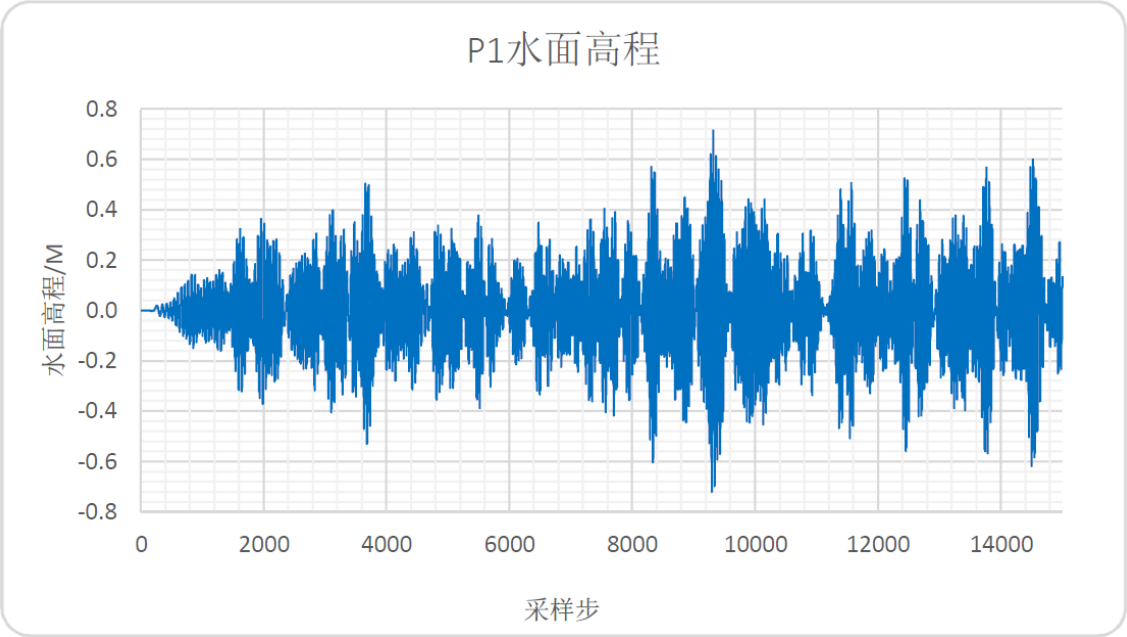


图 6.1.4-18 E 向浪，测点 P1 水面高程

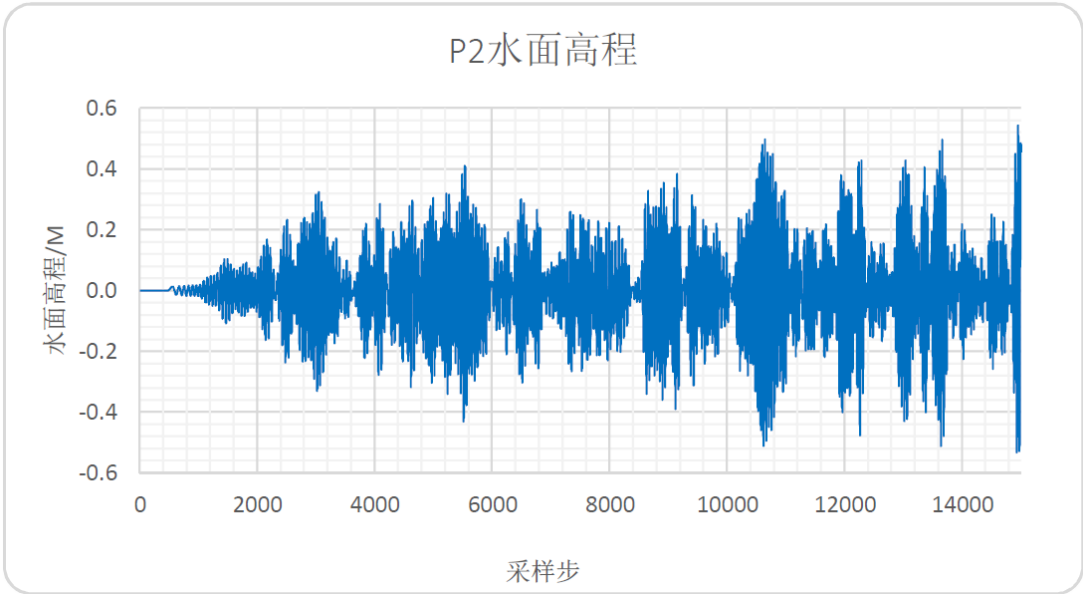


图 6.1.4-19 E 向浪，测点 P2 水面高程

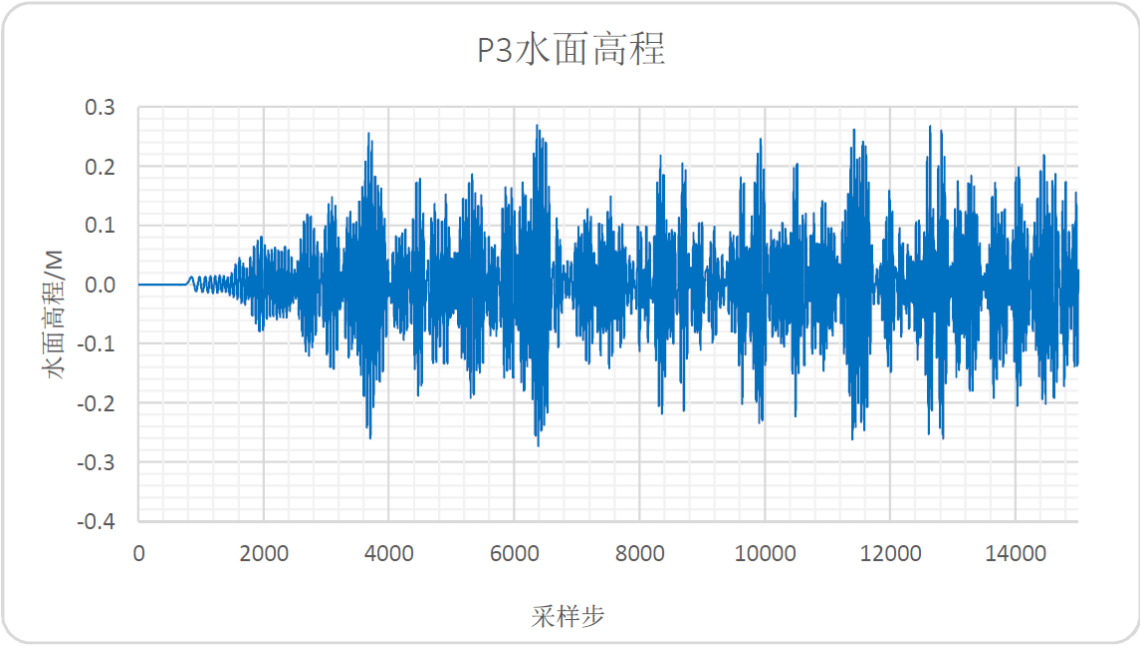


图 6.1.4-20 E 向浪，测点 P3 水面高程

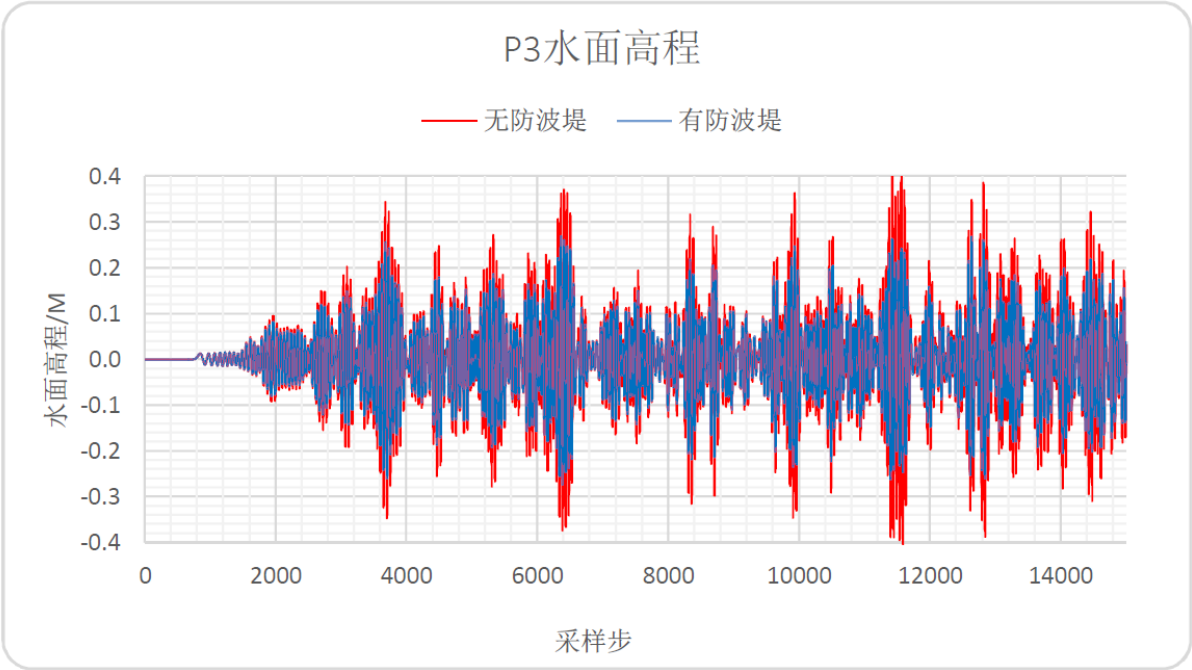


图 6.1.4-21 E 向浪，有/无浮式防波堤时，测点 P3 水面高程

3 NE 向浪

NE 向浪的波高分布如图 6.1.4-22 所示。可看出防波堤对波高有明显的消减作用。

浮式防波堤附近的波高分布如图 6.1.4-23 所示。其中在计划设置浮式防波堤的位置前方与后方各取一个测点，并标出该测点的相对波高。可看出，防波堤对波浪消减了 45.4%。整个区域的水面高程如图 6.1.4-24 所示。五组丁字堤附近的波高分布如图 6.1.4-25 所示。

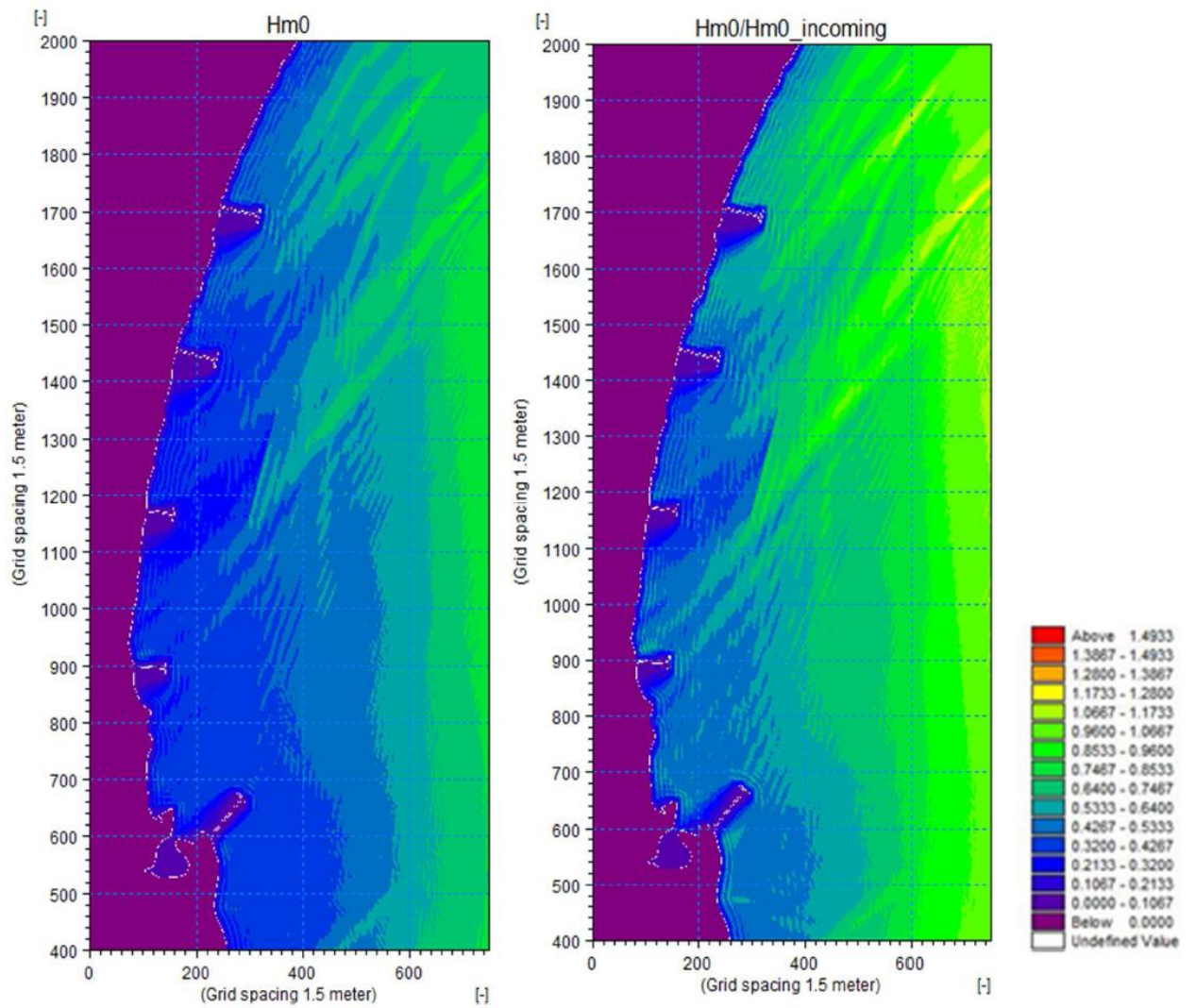


图 6.1.4-22 NE 向浪，波高和相对波高分布

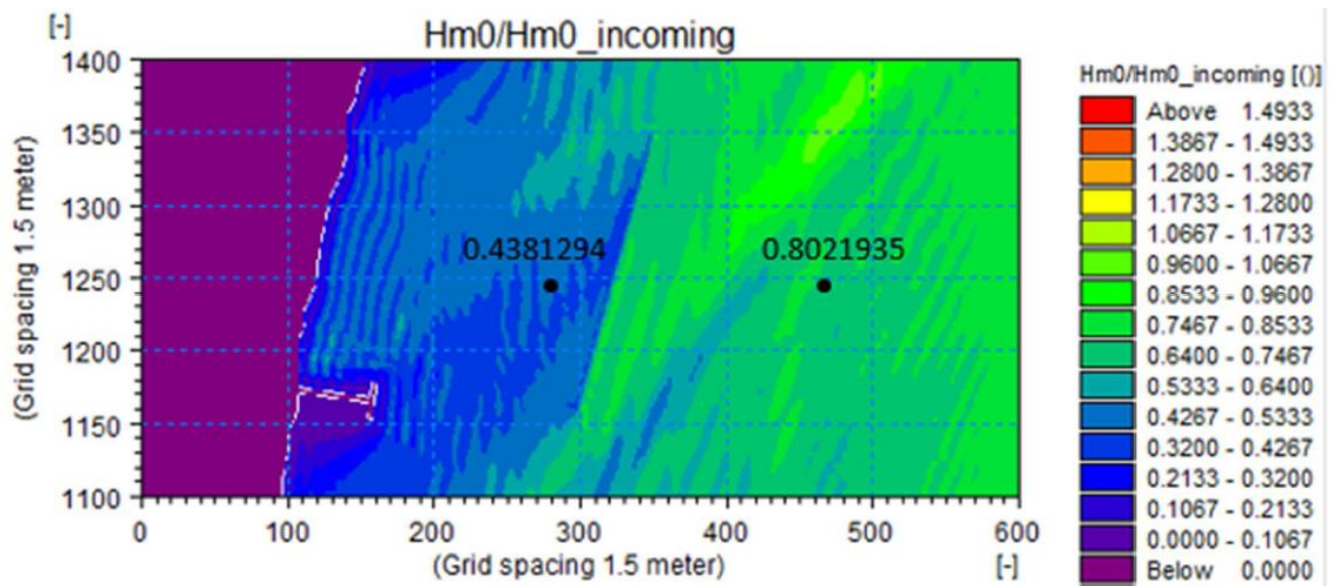


图 6.1.4-23 NE 向浪，相对波高（浮式防波堤附近）

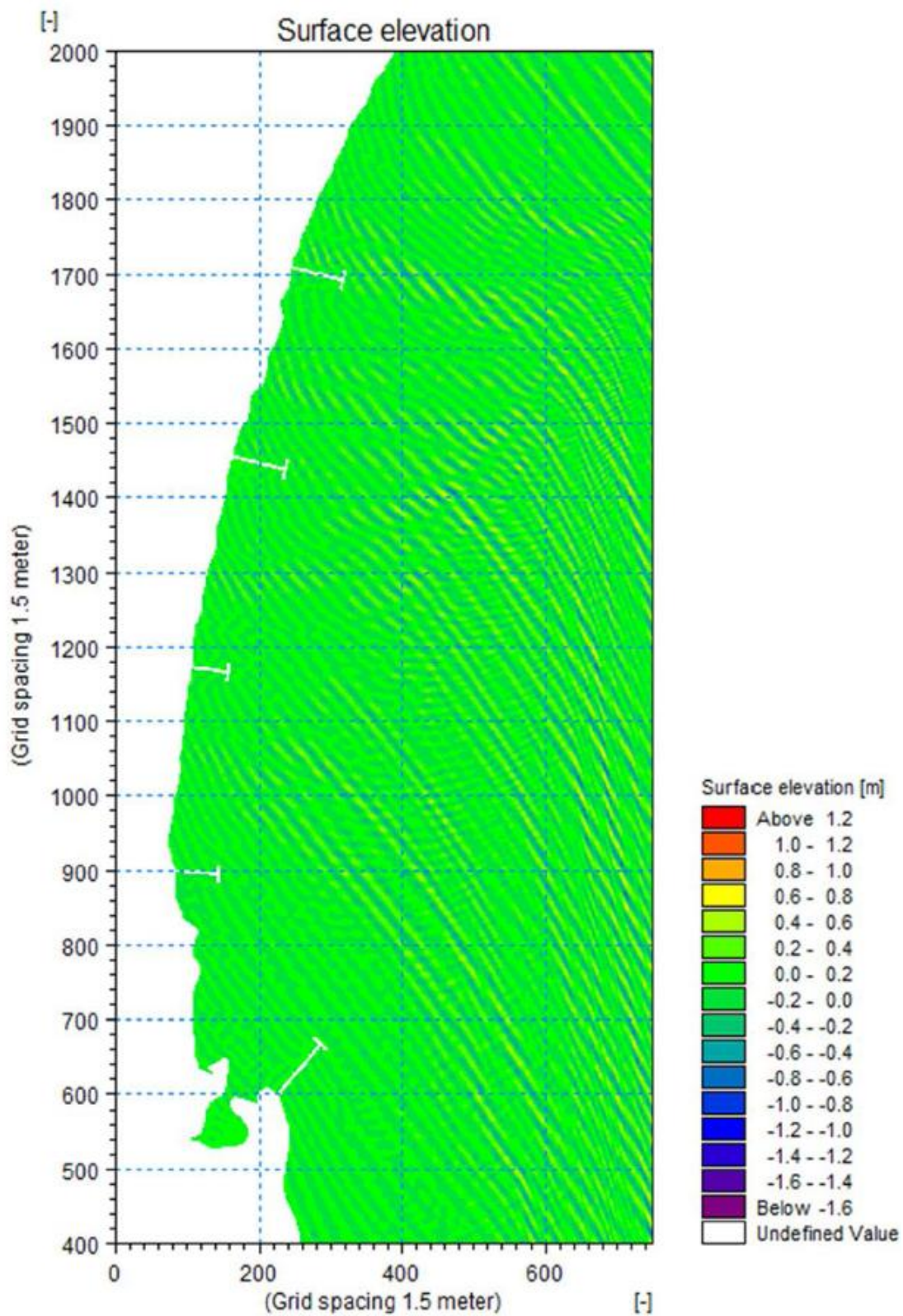


图 6.1.4-23 NE 向浪，水面高度

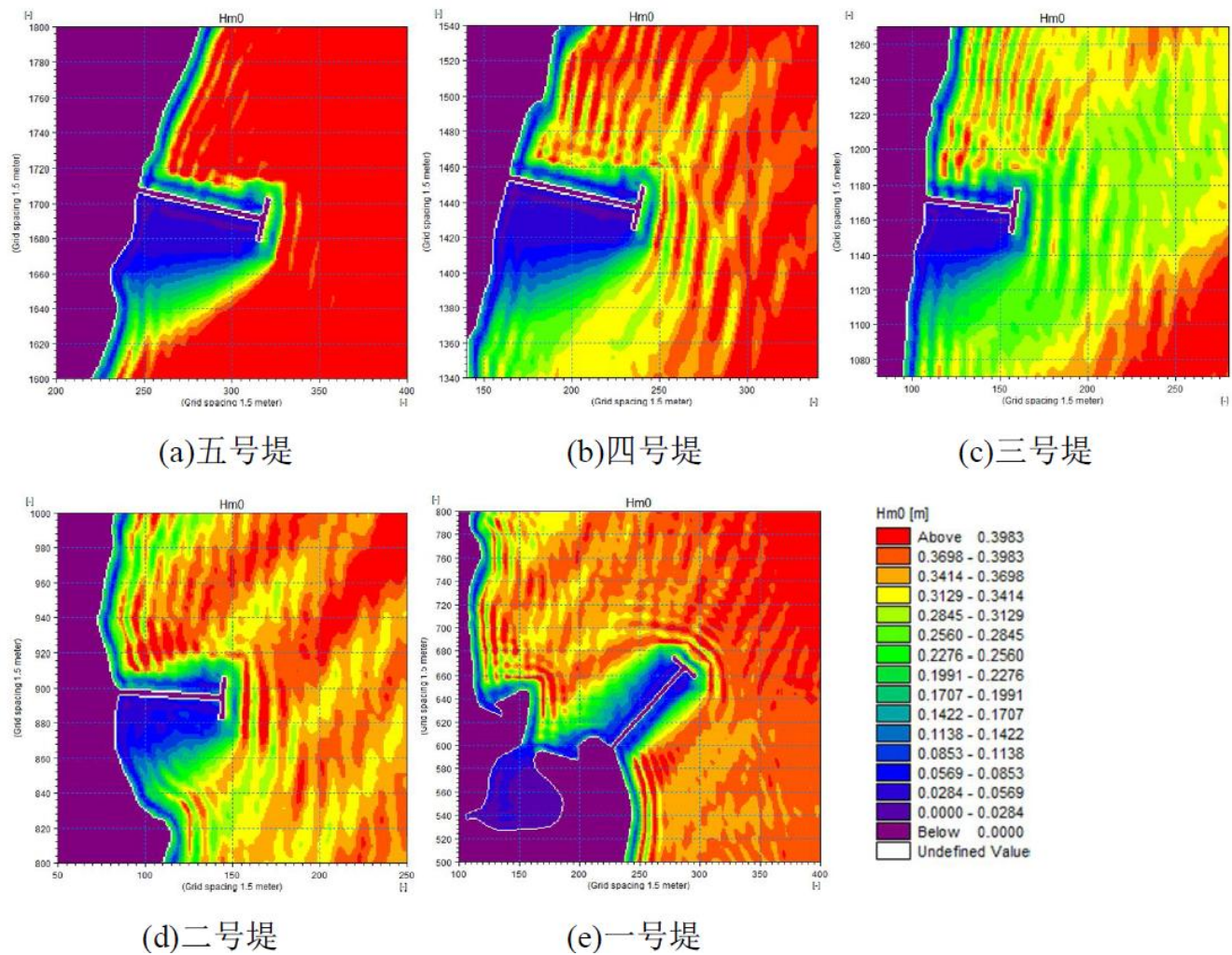


图 6.1.4-24 NE 向浪，丁字堤周围波高分布

为更清楚的了解浮式防波堤对波浪的作用情况，在图 6.1.4-4 所示的点增加 3 个测点来测量这 3 个点的水面抬升高度，取样频率为 0.1s。测点 1、2 位于防波堤前，测点 3 位于防波堤后。测点 1、测点 2、测点 3 的水面抬升高度随时间的变化情况分别见图 6.1.4-25、图 6.1.4-26、图 6.1.4-27。从图 6.1.4-25、图 6.1.4-26、图 6.1.4-27 可见，测点 3 的水面抬升高度明显小于测点 1 和 2，由此反映出浮式防波堤的消波效果。同时，在对应无/有浮式防波堤的情况测点 3 的水面高程对比见图 6.1.4-28，有效波高分别为 0.4422641m，0.3204359m，得知防波堤对波高消减了 27.5%，波能消减了 47.5%。

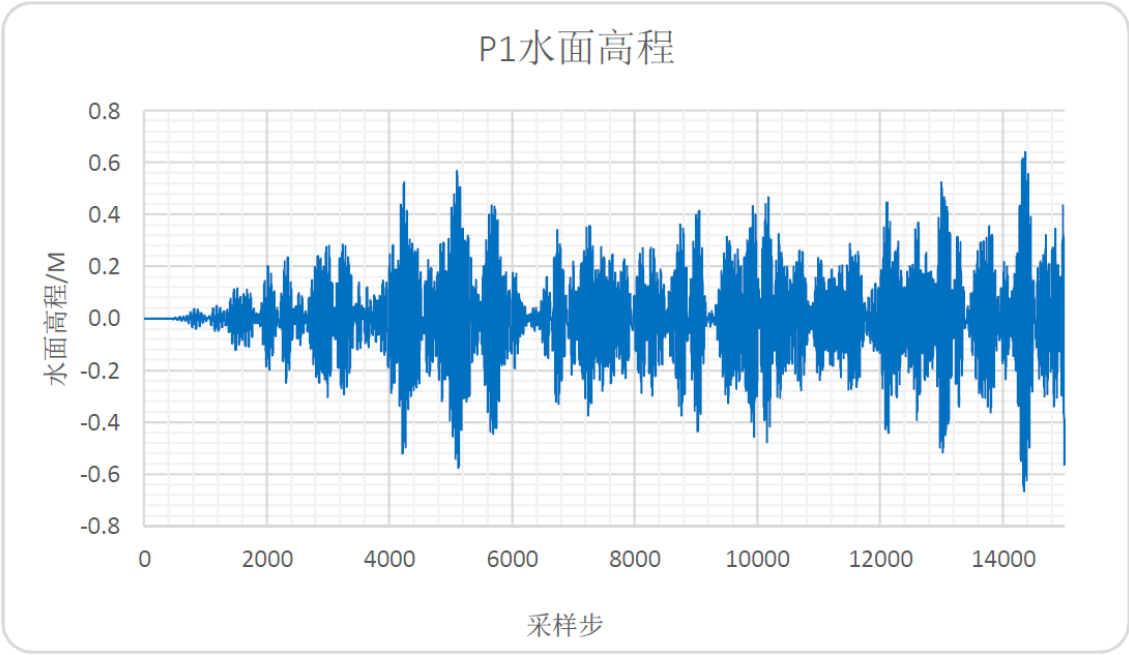


图 6.1.4-25 NE 向浪，测点 P1 水面高程

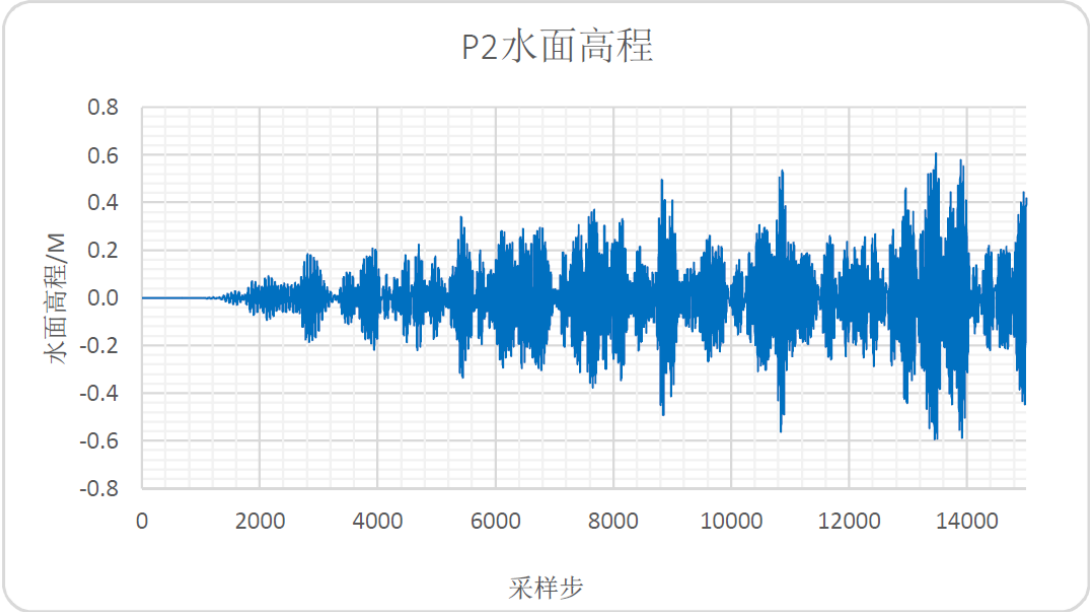


图 6.1.4-26 NE 向浪，测点 P2 水面高程

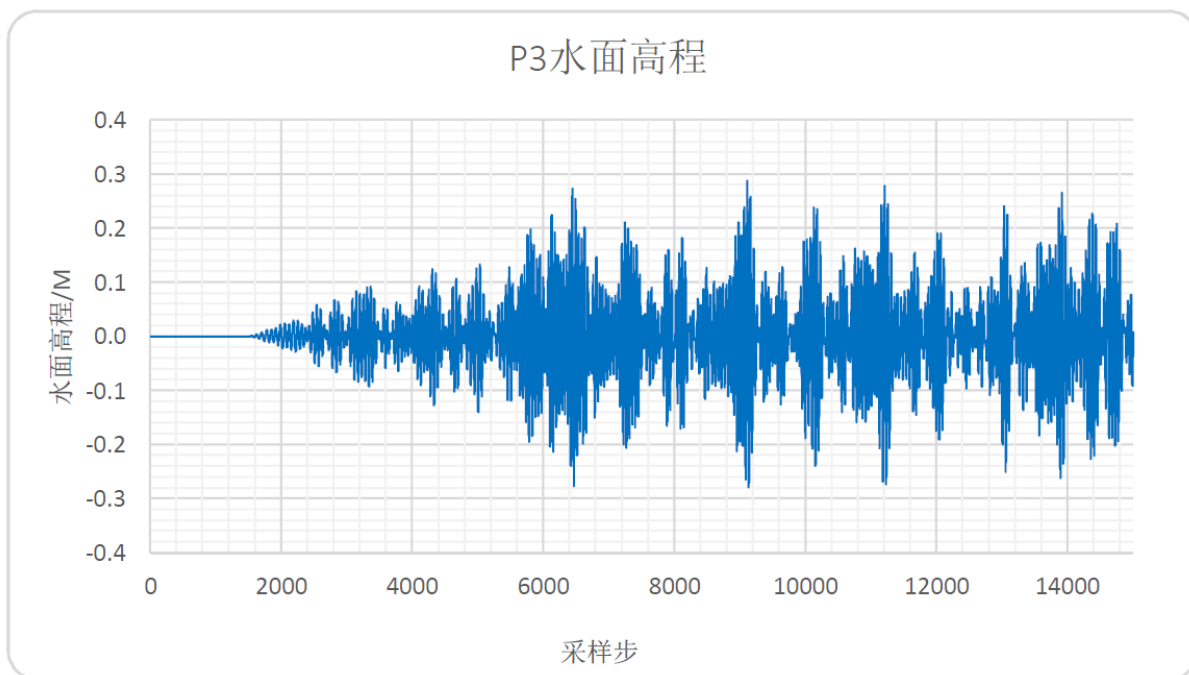


图 6.1.4-27 NE 向浪，测点 P3 水面高程

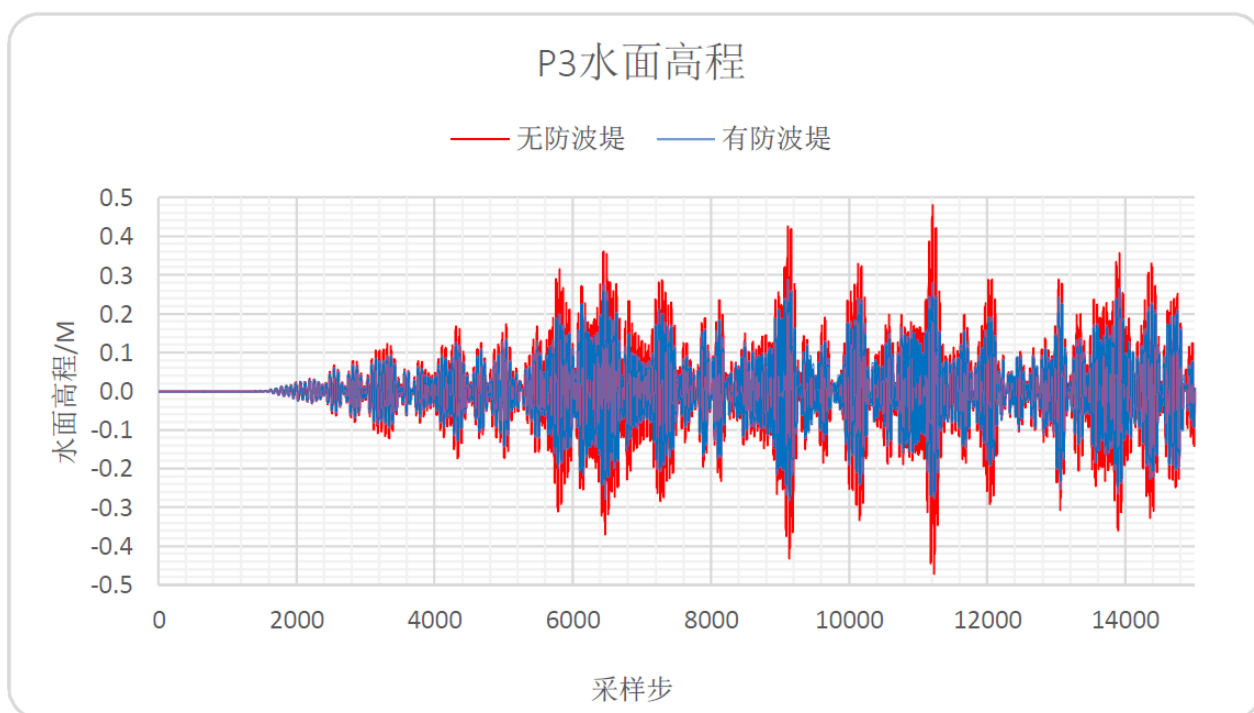


图 6.1.4-28 NE 向浪，有/无浮式防波堤时，测点 P3 水面高程

6.1.4.3 小结

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程，针对海岸带侵蚀后退的成因机制，拟布置 5 组间距为 400m 左右的垂岸丁字堤，由海岸向外延伸至水深 2m 处。模拟结果得出，无论来波方向为 SE 向浪、E 向浪还是 NE 向浪，丁字堤附近区域的有效波高都显著减小，尤其在一号堤附近区域，当来波方向为 SE 和 E 向浪时，消波效果最为显著，有利于港湾内波浪稳定和船舶的泊稳性。另外，在三号堤

和四号堤之间离海岸约 450m 处建设的一组浮式防波堤，无论来波方向为 SE 向浪、E 向浪还是 NE 向浪，都对波浪进行了有效地反射、折射和衍射，显著地分散了波浪在传递方向上的能量，对波浪起到“以柔克刚”、对海岸起到护岸养岸的作用。

6.2 地形地貌与冲淤环境影响预测与评价

本节内容引自《惠来县靖海湾绿洲海岸带综合整治与修复工程泥沙专题研究报告》（珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2016 年 4 月）。

6.2.1 模型介绍

近岸海区的潮流与波生流是不可分割的，并与该区域的波浪泥沙构成了一个耦合系统，如由于涨潮落潮的作用，波浪在海滩及河口的影响区域也随之不断变迁：高潮时，波浪传播的范围广；低潮时，波浪传播的范围小。高潮和低潮时水深差异，将导致破波位置的不同，进而产生不同的波生流系统，同时波浪对床面泥沙作用的强度也有很大区别。此外，潮流对波浪传播也具有强烈的折射作用，如流速方向正好与波浪传播方向相反，波高波陡将骤然增加；而当流速方向与波浪传播方向一致时，又将波浪展平。因此，为了能更有效地研究近岸带的泥沙输移，有必要考虑潮流、波浪和泥沙的综合作用。

（1）近岸波浪场的模拟

为了描述砂质海岸近岸的波浪场的反射、折射和绕射等效应，采用 Berkhoff 提出的椭圆型缓坡方程。

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \phi) + k^2 CC_g \phi = 0$$

式中， $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ ，为梯度算子； ϕ 为平面速度势函数； $C = \frac{\omega}{k}$ ，为波速； ω 为波频率； k 为波数； Cg 为波群速度。

波浪由深水向近岸浅水的传播过程中，随着水深变浅，波浪传播速度逐渐减小，波能不断汇聚，波陡不断增加，当波陡超过该处极限波陡时，波浪发生破碎、波能耗散、波高迅速衰减。一般认为当某点的波高大于该点的破碎波高 H_b 时，波浪发生破碎。破碎波高 H_b 采用经验公式确定，如下：

$$H_b = \gamma_b h$$

式中， h 为当地水深， γ_b 为波浪破碎指标，取值范围为 0.6~0.8。

此时，考虑波浪破作用的椭圆型缓坡方程可表示为

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \phi) + k^2 CC_g \phi + i \frac{D_b}{E} \phi = 0$$

式中, Db 为波浪破碎的能量损失率, 它对波浪破碎区波高的分布有着一定的影响。可以下式计算。

$$D_b = \frac{KC_g}{h}(E - E_s)$$

式中, K 为经验系数, 约为 0.15; $E=1/8 \rho g H^2$ 为单位面积的水柱体内在一个波周期中具有的平均波能; E_s 为波浪稳定能量, 可取 0.4h 水深以下的波浪能量。

(2) 近岸流场的模拟

在波浪传向海岸过程中, 伴随质量、动量和能量的传输且在地形影响下形成复杂的近岸水流。对其中波生流驱动力的计算应用波浪水平动量通量的辐射应力概念, 同时考虑海水在运动中受到的摩擦阻力、静压力梯度及涡粘产生的内摩擦, 因此近岸流场的 x 方向和 y 方向运动及连续方程可表示为:

$$\frac{\partial V_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(V_i V_j) + \frac{\partial P}{\rho \partial x_j} + R_i + B_i = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu_e \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} + \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \right]$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(V_j) = 0$$

式中, $i=1, 2$; V_j ($j=1, 2, 3$) 分别为 x, y, z 方向的速度分量; $\nu_e = \nu_t + \nu$, ν 为运动粘性系数, ν_t 为湍动粘性系数; B_i 为底部摩阻力项, R_i 为辐射应力项, 其表达式为:

$$R_x = \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) / [\rho(h + \eta)]$$

$$R_y = \left(\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) / [\rho(h + \eta)]$$

其中, η 为波浪增水或减水后相对平均水面的波面高度; S_{xx}, S_{xy}, S_{yy} 为由波场计算得到的辐射应力分量, 形式为

$$S = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix} = \frac{E}{2} \begin{bmatrix} 2n(1 + \cos^2 \alpha) - 1 & n \sin 2\alpha \\ n \sin \alpha & 2n(1 + \sin^2 \alpha) - 1 \end{bmatrix},$$

其中, α 为波向角; E 为波能。对于湍流引起的涡粘系数 ν_t , 采用 K 方程模型进行模拟, K 方程形式为:

$$\frac{\partial K}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(V_j K) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial K}{\partial x_j} \right) + G_k - \epsilon$$

式中, $\epsilon = C_d K^{3/2} / L$, 为耗散系数, K 为湍流动能; L 为混合长度,

在此取为水深; $\nu_t = C_\mu K^2 / \epsilon$; $G_k = \nu_t \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} + \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial V_i}{\partial x_j}$; C_μ, σ_k, C_d 为经验参数。

在浅水中，垂向速度分量远小于水平的 x , y 方向的速度分量，因此可在垂向进行水深积分平均。可得到深度平均后的连续方程和动量方程：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{H} \right) &= -gH \frac{\partial \eta}{\partial x} - H(R_x + B_x) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_w \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_w \frac{\partial p}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{H} \right) &= -gH \frac{\partial \eta}{\partial y} - H(R_y + B_y) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu_w \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu_w \frac{\partial q}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

式中， $\nu_w = \nu_e + \nu_d$ ， ν_d 为由于垂向分布不均匀而引起的积分粘性系数，由经验公式： $\alpha_1 H [C_f(u^2 + v^2)]^{1/2}$ 确定。 C_f 为底部摩阻系数。 u 、 v 记为深度平均后的 x , y 方向的速度分量，此时深度平均后的湍流动能方程为：

$$\frac{\partial K}{\partial t} + u \frac{\partial K}{\partial x} + v \frac{\partial K}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial K}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_e}{\sigma_k} \frac{\partial K}{\partial y} \right) + G_k + G_{kv} - \frac{C_d K^{3/2}}{L}$$

式中， $\varepsilon = C_d K^{3/2} / L$ ，为耗散系数， K 为深度平均后的湍流动能； G_{kv} 为表示深度平均造成的新的源项， $G_{kv} = C_f (u^2 + v^2)^{3/2} / H$ ， $\sigma_k \nu_e = \nu + C'_\mu K^{1/2} L$ ， C'_μ 为经验参数。

(3) 泥沙输运模拟

泥沙输运模型在波浪模型和近岸流模型模拟结果的基础上，计算推移质输沙率和悬移质输沙率，并将两者之和即总输沙率传递给地形变化模型。

近岸泥沙的输送形式主要包括推移质和悬移质。总输沙率为推移质输沙率和悬移质输沙率之和，即为： $q = qb + qs$ 。

波流共同作用时的推移质输沙率公式如下：

$$\frac{q_b}{\sqrt{(s-1)gd_{50}^3}} = a_n \sqrt{\theta_c} \theta_{cw,m} \exp(-b \frac{\theta_{cr}}{\theta_{cw}})$$

式中, q_b 为单宽体积推移质输沙率 $m^3/(m \cdot s)$, $s = \rho_s / \rho_0$ 为泥沙的相对密度, d_{50} 为泥沙中值粒径; 经验系数 $\alpha_n = 12$ 、 $b = 4.5$; θ_{cr} 为临界起动 Shields 参数, $\theta_{cr} = \frac{0.30}{1 + 1.2D_*} + 0.055[1 - \exp(-0.020D_*)]$, $D_* = d_{50}[\frac{g(s-1)}{\nu^2}]^{1/3}$ 。 $\theta_{cw,m}$, θ_{cw} 分别为波流共存时的平均、最大 Shields 数,

$$\theta_{cw,m} = (\theta_c^2 + \theta_{w,m}^2 + 2\theta_c\theta_{w,m}\cos\varphi)^{0.5}, \quad \theta_{cw} = (\theta_c^2 + \theta_w^2 + 2\theta_c\theta_w\cos\varphi)^{0.5},$$

φ 为波浪与水流的夹角。

波流共同作用时的悬移质输沙率公式如下:

$$q_s = \frac{U_m S D}{\rho_s (1-n)} = \frac{U_m}{(\rho_s - \rho_0)(1-n)g w_s} \left[\beta_1 \tau_c U_m + \beta_2 \frac{\rho_0 f_w H^3}{T^3 \sinh^3(kD)} + \beta_3 D_b \right]$$

式中, U_m 为平均流速; S 为波流共存时的挟沙能力; n 为泥沙的孔隙率; w_s 为泥沙沉速; f_w 为波浪摩阻系数; D_b 是破碎波能耗散率; β_1 , β_2 和 β_3 是经验系数。

(4) 海岸演变区域模拟

为建立海岸演变区域数学模型, 首先在波浪和近岸流已知的情况下, 计算出输沙率的空间分布, 之后通过求解泥沙平衡方程得到海底各部位地形高程。考虑重力作用的泥沙平衡方程为:

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} = [-\frac{\partial}{\partial x}(q_x - \varepsilon_s |q_x| \frac{\partial z_b}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y}(q_y - \varepsilon_s |q_y| \frac{\partial z_b}{\partial y})] / (1-n)$$

式中, z_b 为海床高程; q_x 、 q_y 分别总输沙率 q 在 x , y 方向分量; ε_s 为经验系数。

在海岸演变区域数学模型的计算中, 波浪和近岸流采用准恒定条件, 即假定某一时间段内, 即使海底地形发生变化, 波浪和水流条件均保持不变, 因此输沙率(q_x 、 q_y)也保持不变。在该时间段后, 以新的床面地形作为初始条件, 重新计算波场、近岸流场及输沙率空间分布, 由此计算新一时刻海底地形, 达到预报海岸演变的目的。

6.2.2 沿岸输沙计算与分析

沿岸输沙引起成的沿岸带泥沙顺岸作纵向运动称为沿岸输沙, 跟泥沙的垂岸运动一样, 沿岸输沙是海岸泥沙运动另一主要方式沿岸输沙是海滩侵蚀的一个重要原因, 对于海岸长期演变有着重要的影响。常浪情况下, 波浪所引起的泥沙横向运动只是把泥沙在近岸区来回搬运, 从较长时间看并不引起海岸的侵蚀。实际上, 沙质海岸的长期岸滩演变是由沿岸输沙所造成的。

靖海湾上岬角为北炮台, 下岬角为资深角, 上岬角在海湾的NE向, 下岬角在海

湾的SW向，湾口向东敞开，是粤东沿海典型的砂质岬间弧形海湾体系。对于这种海岸来说，其供沙条件与冰后期海侵过程以来陆架和破碎带的泥沙交换有关，发育过程受波浪和水流的共同作用所支配，泥沙运动和沉积分布主要取决于湾内的波能分布，其次取决于潮流和径流的作用。靖海湾上岬角处有潮汐通道入海，因而有少量的陆相泥沙供给海湾发育，但对波浪作用而言，影响很小。可见，靖海湾受上、下岬角的保护，基本上无岬外泥沙进入海湾，湾内沉积物大部分属于当地海岸岩石风化破坏的产物或者来自内陆架，但这种来向泥沙数量有限。

6.2.2.1 沿岸输沙公式的选取

在沙质海岸上，沿岸输沙主要发生在破波带内，其主要动力是波浪及破波产生的沿岸流。沿岸输沙主要是由于波浪斜向入射造成的。波浪斜向入射破碎后，产生剧烈的紊动，可以掀动大量的泥沙，而斜向波破碎引起的沿岸流则提供了沿岸搬运泥沙的条件。因此，沿岸输沙的机理是波浪掀沙，沿岸流输沙。另外，对于岬间海湾，由于岬角的影响，进入海湾的波浪发生绕射造成波高沿岸不相等而产生的沿岸流也是引起沿岸泥沙输运一个较为重要的因素。

直接观测波浪作用下的沿岸输沙量是很困难的，因而在计算沿岸输沙时，通常采用间接的研究方法。常用的方法有三种：测量在沿岸障碍物如突堤或防波堤附近泥沙堆积或绕射速率；测量海滩沙内重矿物稀释速率；根据波浪统计资料，利用波参数或沿岸输沙的关系式计算沿岸输沙率。对于沿岸输沙，波浪的非线性作用居次要地位，可以忽略不计。因此跟横向输沙相比，沿岸输沙问题较易于处理。因而利用波参数或沿岸输沙关系来计算沿岸输沙的方法应用较为广泛并有较为成熟的研究成果。近几十年来出现了许许多多的沿岸输沙公式。基本上可以分为两类：一类是从能量观点出发的波能流法。另一种可称为沿岸流法，是从沿岸流流速及输沙率的基本关系式出发，推导出沿岸输沙率公式。波能流法把沿岸输沙率与作用在海岸上的波功率联系起来，有较多的实验室资料和现场资料作为依据，因而比较可信，为较多的人所接受，应用较为普遍，也为我国《海港水文规范》（JTS145-2-2013）所采用。《规范》还指出，沿岸输沙率是单位时间内的沿岸输沙量，沿岸输沙量是沿着海岸线通过破碎线以内海岸断面的泥沙量。沿岸输沙方向为波浪破碎时的波向在海岸线上的投影方向，由于波向的变化，某一海岸断面沿岸输沙方向有时为正向；有时为逆向。在一定时间内，正向与逆向输沙率之和为总输沙量，两者之差为净输沙量。由于季节性的变化，一般要求估算年输沙量。

波能流法把沿岸输沙与波功率（或波能流）的沿岸分量联系起来。破波点处单位长度岸线所接受的沿波浪前进方向的波能流为：

$$P_l = (Ecn)_b \cos \alpha_b$$

上述波能的沿岸分量为： $P_l = (Ecn)_b \cos \alpha \sin \alpha_b$ ，利用浅水波条件， $n=1$ ，

$c = \sqrt{gh}$ ，则有：

$$P_l = \frac{\rho g}{16} H_b^2 c_b \sin 2\alpha_b = \frac{\rho g}{16} H_b^2 \sqrt{gh_b} \sin 2\alpha_b$$

其中 α_b 为破碎点处波向角。上式也反映了辐射应力侧向分量 S_{xy} 与波速的乘积。*Komar* 和 *Inman* 在大量现场实测资料的基础上，建立了沿岸输沙和波能流的沿岸分量的关系：

$$I_l = 0.77 P_l$$

体积输沙率 Q_l 与浮重输沙率 I_l 之间的关系为： $I_l = Q_l(\rho_s - \rho)g(1 - \varepsilon)$ ，

式中， Q_l 以 m^3/s 计， ε 为孔隙率，对于沙质海滩而言， ε 为 0.4。

$$Q_l = K (Ecn)_b \cos \alpha_b \sin \alpha_b$$

当 Q_l 的单位为 m^3/s ， $(Ecn)_b$ 的单位为 W/m 时， $K = 0.812 \times 10^{-4}$ 。对于天然不规则波，波高 H_b 按均方根波高 H_{rms} 计算。该公式又称为 CERC 公式，已收入美国《海岸防护手册》。

本文计算中，选用 CERC 公式。

6.2.2.2 现状条件下沿岸输沙能力分析

项目所在靖海湾为砂质岬间弧形海湾体系，波浪是塑造形成这种地形地貌的主要动力条件。由前面统计可知，本区域波浪常浪向，即优势浪为E向。优势浪进入海湾后，受地形及惠来电厂防波堤的影响而发生变形，进而引起湾内波浪力的重新分布并在湾内逐渐偏转，最终达到与岸线走向呈锐角相交之势，见图6.2.2-1，优势波对北段岸线的影响大为减弱。此时，湾内南部平均波高在0.9~1.2m左右，北部受惠来电厂防波堤的掩护，平均波高已很小。

结合工程方案布置情况，选取8个与岸线垂直的计算断面（断面分布图见图6.2.2-2），用数值计算得到波浪传播要素，再代入模型，利用输沙率公式计算，即可得到工程区域各计算断面的沿岸年输沙量，统计结果见表6.2.2-1，根据海岸走向和波向区别出输沙方向见图6.2.2-2。图6.2.2-3还给出了典型时刻沿岸输沙分布图。

在现状条件下，靖海湾北部圆弧岸段（I~II断面）的沿岸输沙方向指向北炮台，即湾顶。年输沙量在5.36~17.52万 m^3 左右，与2008-2015年的岸线向外海推进的情况

一致，即淤积前展。靖海湾弧形海岸直线段（III~IV断面）的沿岸输沙方向指向资深角，输沙量在2.18~3.56万m³左右，由于与弧顶侧沿岸输沙方向相反，得不到沿岸泥沙流的补给，表现为岸线侵蚀。靖海湾弧形南部岸线段（V~VIII断面）的沿岸输沙方向指向北炮台，输沙量在17.89~52.11万m³左右。基于靖海湾相对独立且海域（内陆架）来沙长期不足的考虑，该段海岸区段的侵蚀后退将会是一个长期的持续过程和趋势。

表 6.2.2-1 现状条件下沿岸输沙计算成果表

断面编号	波浪条件			计算结果	
	H _{1/10} (m)	T(s)	波向角(°)	输沙量 (万 m ³)	输沙方向(°)
I	0.4	6.39	155	5.36	85
II	0.69	6.39	136	17.52	86
III	0.84	6.38	122	-3.56	196
IV	0.86	6.38	110	-2.18	186
V	0.96	6.37	109	17.89	42
VI	1.00	6.37	106	24.46	38
VII	1.08	6.34	98	51.07	28
VIII	1.15	6.34	96	52.11	25

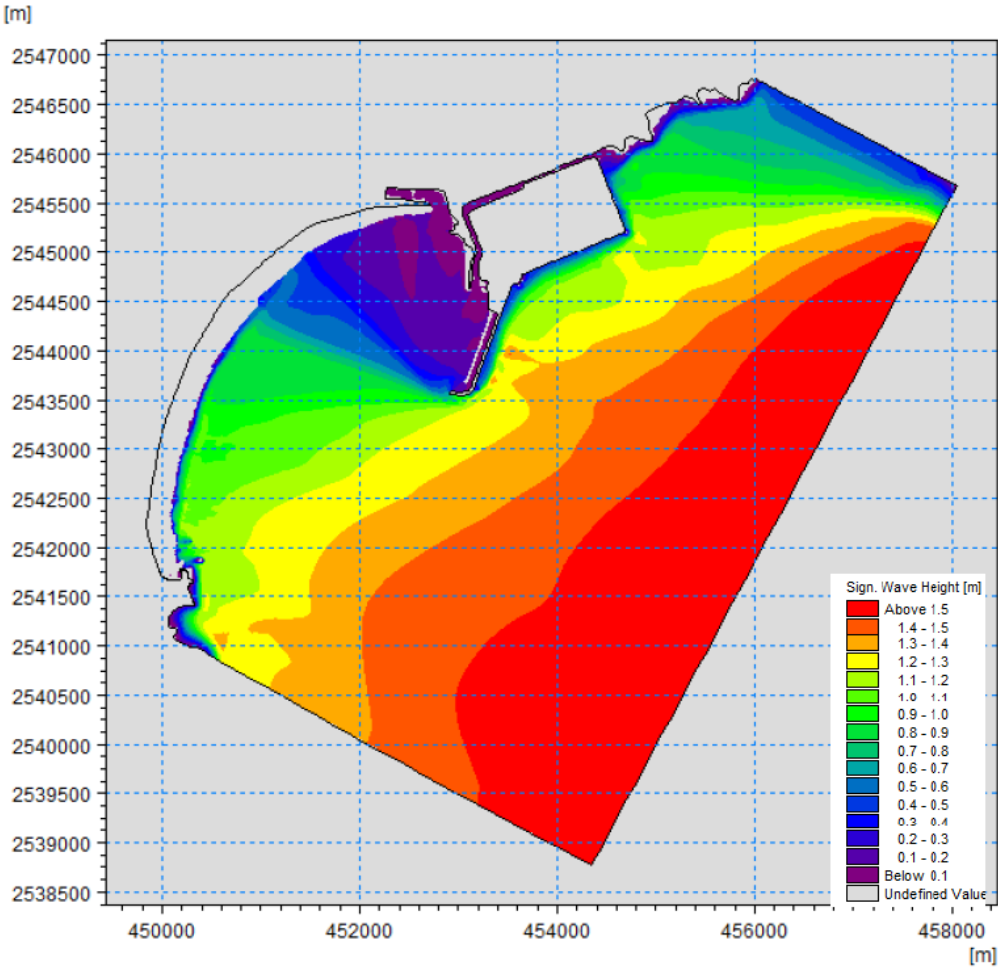


图 6.2.2-1a 现状条件下靖海湾内 E 向有效波高分布图

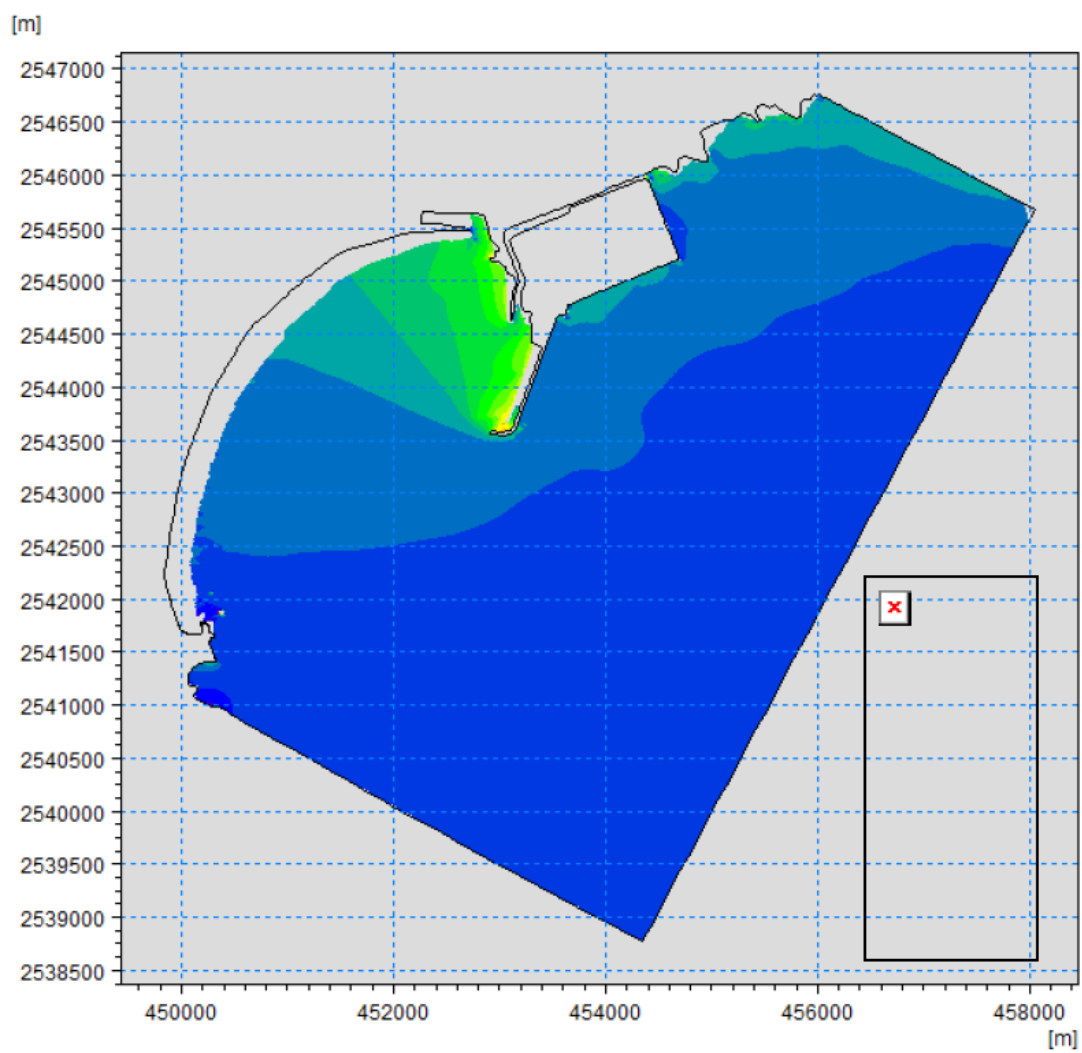


图 6.2.2-1b 现状条件下靖海湾内 E 向波向角分布图

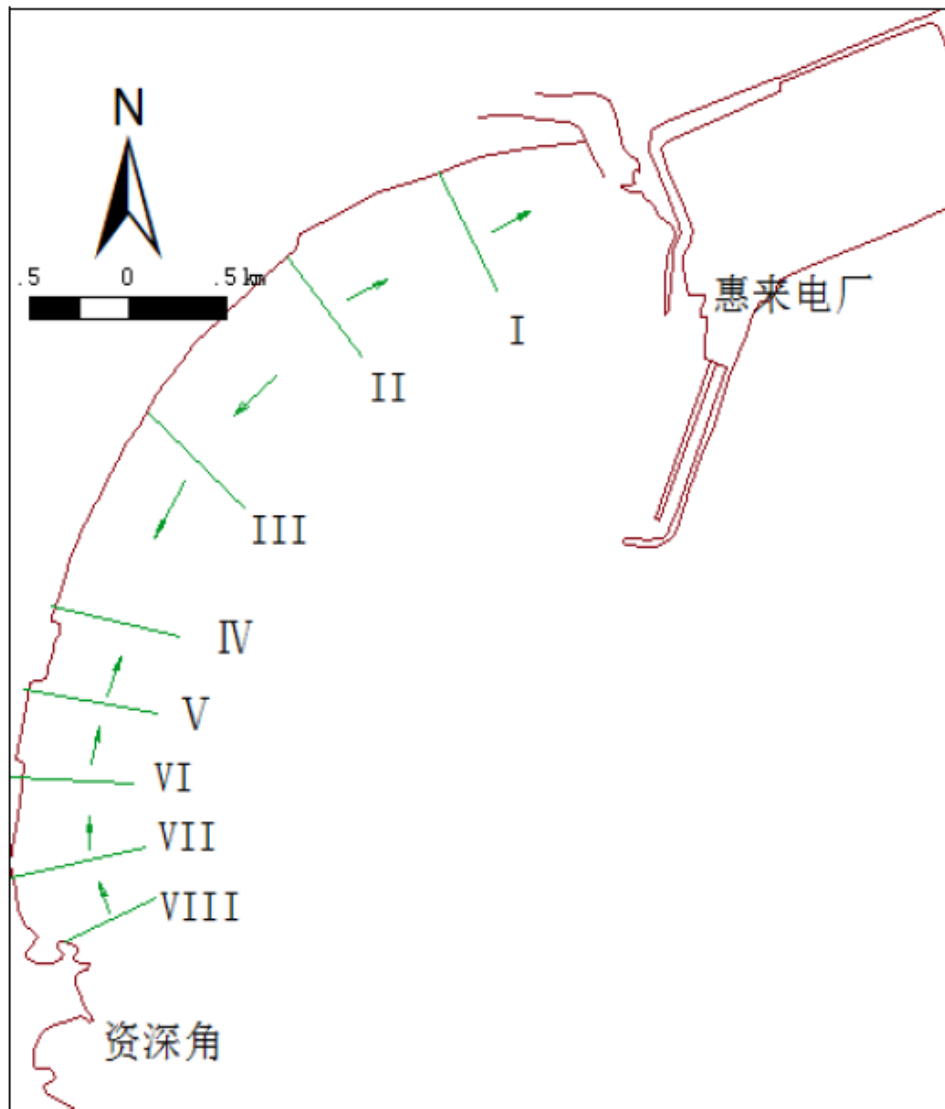


图 6.2.2-2 现状条件下靖海湾沿岸输沙方向示意图

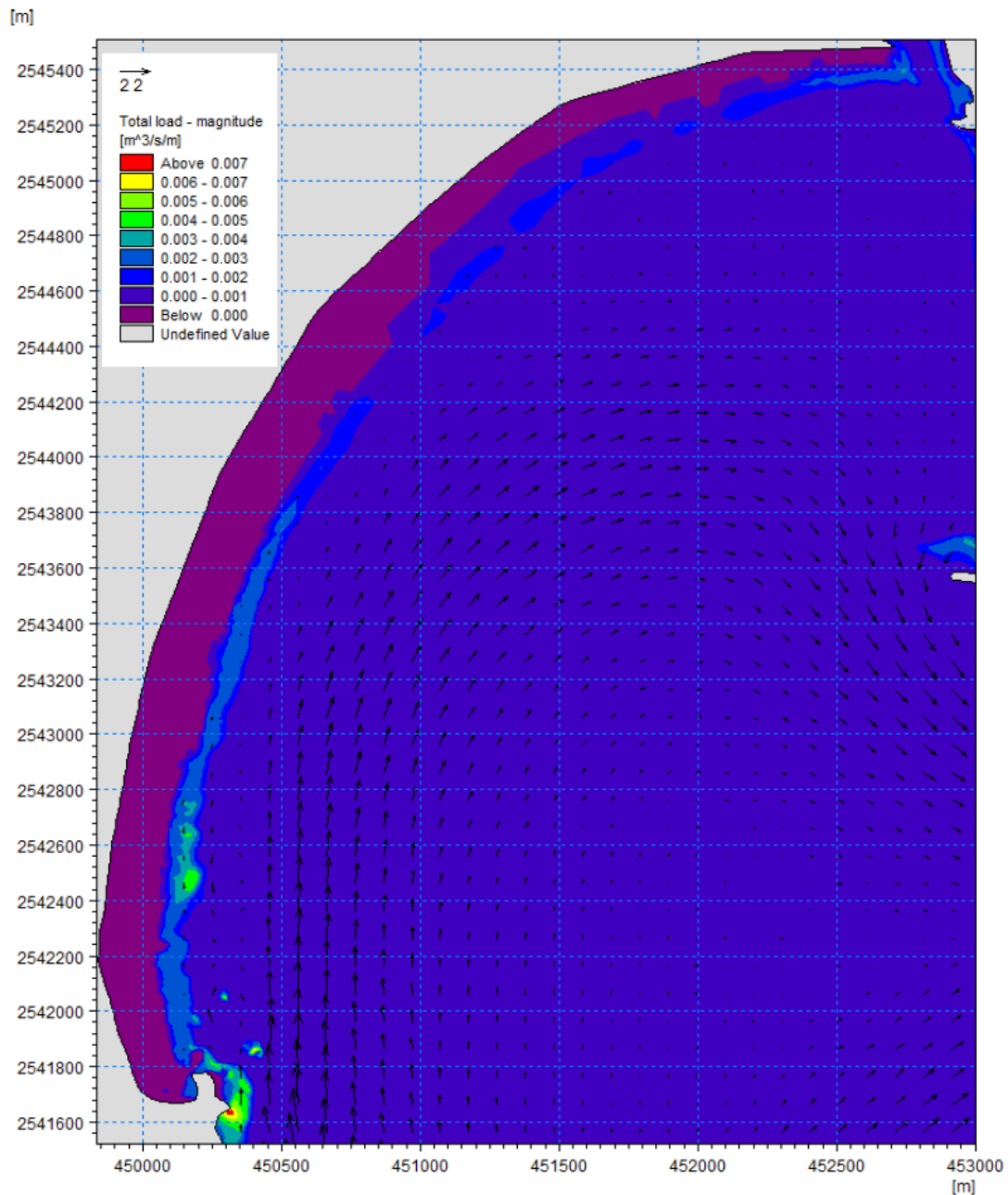


图 6.2.2-3 现状条件下靖海湾沿岸输沙分布示意图

6.2.2.3 工程实施对沿岸输沙能力的影响

在工程方案条件下，优势浪进入海湾后，主要受惠来电厂防波堤的影响，在弧顶北部形成遮蔽区。而拟布置的丁坝，对靖海湾整体水域波浪传播方向影响不大，仍为边界的来波方向。拟建丁坝对波浪的影响主要体现在丁坝附近区域的波浪的发生绕射现象，进而在两丁坝的坝田区形成遮蔽区。对沿岸流输沙的影响亦主要在坝田区及坝头附近区域，使靖海湾沿岸输沙能力略有降低。仍选取 8 个与岸线垂直的计算断面（与现状方案一致）分析靖海湾沿岸输沙能力。

在工程方案条件下，靖海湾北部圆弧岸段（I~II 断面）及弧形海岸直线段（III~

IV断面) 的沿岸输沙方向及输沙量基本无变化。靖海湾弧形南部岸线段 (V~VIII断面) 的沿岸输沙方向未变化, 输沙量在 15.89~51.33 万 m³ 左右, 较现状方案略有减小。该段海岸区段的侵蚀后退略有缓解。

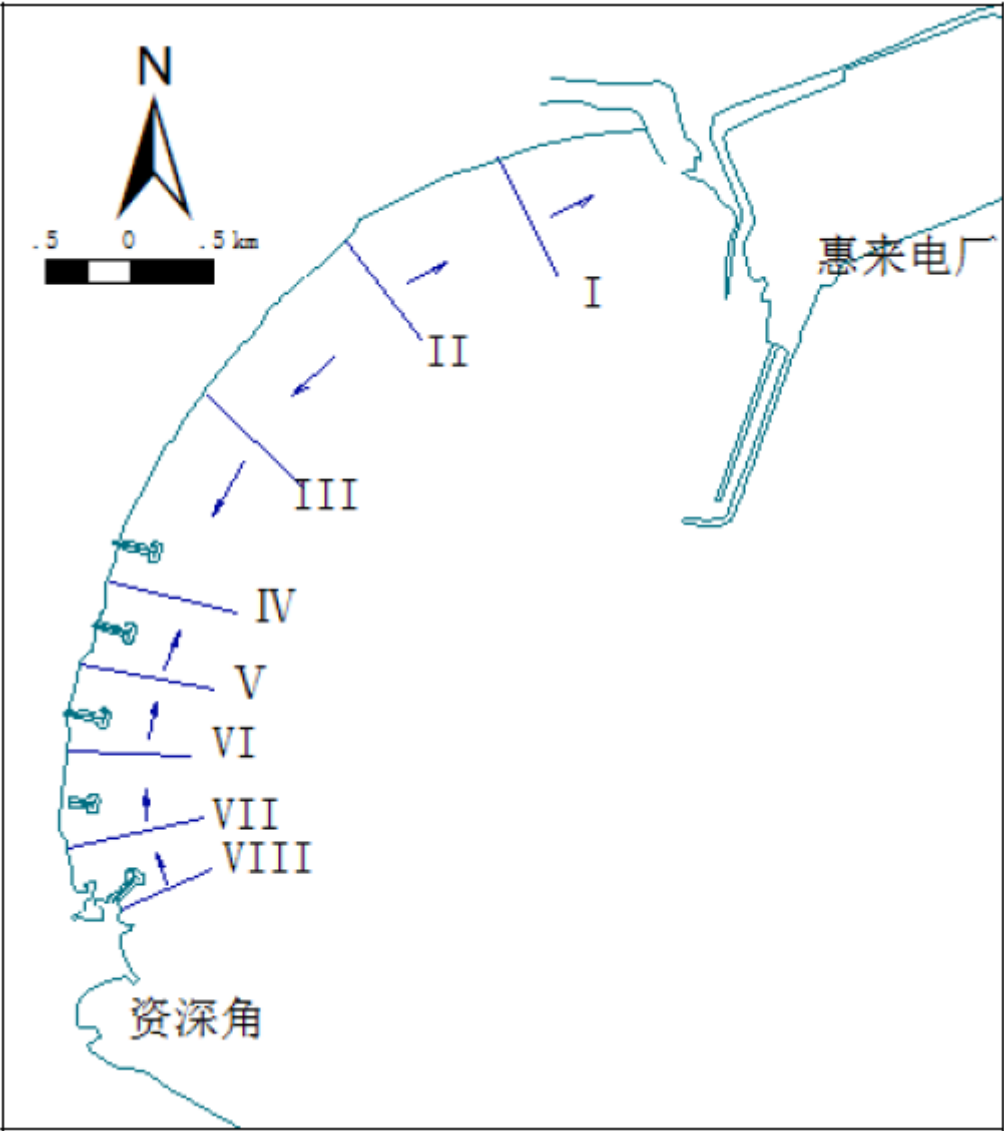


图 6.2.2-4 工程方案条件下靖海湾沿岸输沙方向示意图

表 6.2.2-2 工程实施后沿岸输沙计算成果表

断面编号	波浪条件			计算结果	
	$H_{1/10}(m)$	$T(s)$	波向角($^{\circ}$)	输沙量(万 m^3)	输沙方向($^{\circ}$)
I	0.4	6.39	155	5.36	85
II	0.69	6.39	136	17.52	86
III	0.84	6.38	122	-3.56	196
IV	0.86	6.38	110	-2.18	186
V	0.95	6.37	109	15.89	42
VI	0.98	6.34	105	23.36	38
VII	1.02	6.32	96	50.17	28
VIII	1.05	6.30	95	51.33	25

6.2.3 靖海湾岸滩侵蚀与淤积调整趋势

丁字坝工程实施后，对波浪进行了反射和折射，有效地分散了波浪在传播方向上的能量，起到了对岸线附近波能的重新分布和调整作用。原来的沿岸输沙方向由下向上输沙，修建丁字坝后，输沙被拦截，在丁字坝下方形成淤积区。

沿绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸“⊥”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙。靖海湾丁字坝工程实施后，项目附近冲淤变化图见图 6.2.3-1~图 6.2.3-2。绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解。在局部岸线段设置人工岬角后，靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化趋势有以下特点：

(1) 1#丁坝呈 SW-NE 向，受 1#、2#两丁坝影响，新岬角的遮蔽段位于 1#丁坝的上侧，碎波带沿岸输沙指向上岬角方向（2#丁坝），岸滩呈堆积外展拓宽趋势，以减小圆弧湾顶段过大的凹入度。1#~2#丁坝坝田区淤积带基本沿岸线分布，平均淤积强度在 0.06m/a，最大淤积强度 0.24m/a。E 向波仍能作用 1#~2#丁坝坝田区，加上 1#丁坝对波浪的产生的绕射影响，在靠近 1#丁坝区产生冲刷区，基本以弧形分布，平均冲刷强度在 0.05m/a，最大冲刷强度 0.12m/a。

(2) 2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝形成的人工岬角区域形成相似的岬角区，上岬角位于上丁坝，下岬角位于下丁坝，优势波浪经“⊥”型结构丁字坝折射、绕射后，在上丁坝下方形成遮蔽区，同时沿岸输沙带受阻后，在丁坝下方形成淤积区。随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小，新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征。2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝坝田区沿岸分布淤积带，其中，2#~3#坝田区淤积强度最大，4#~5#坝田区最小。同样在丁坝坝头连线附近分布有冲刷区，2#~3#的区域与 E 向波峰线基本平行，冲刷幅度最大，约为-0.20m/a。

(3) 在 5#丁坝与惠来电厂间亦形成新的岬角区。该区域的趋势与现状条件基本一致。沿岸线同样分布有淤积带，受工程方案的影响，丁坝切断了沿岸输沙路径，该区域泥沙来源减少，淤积强度略有降低。在下岬角，即 5#丁坝北部区域分布有冲刷区，因为该区域仍为波浪作用区，冲刷幅度在 -0.02m/a 。

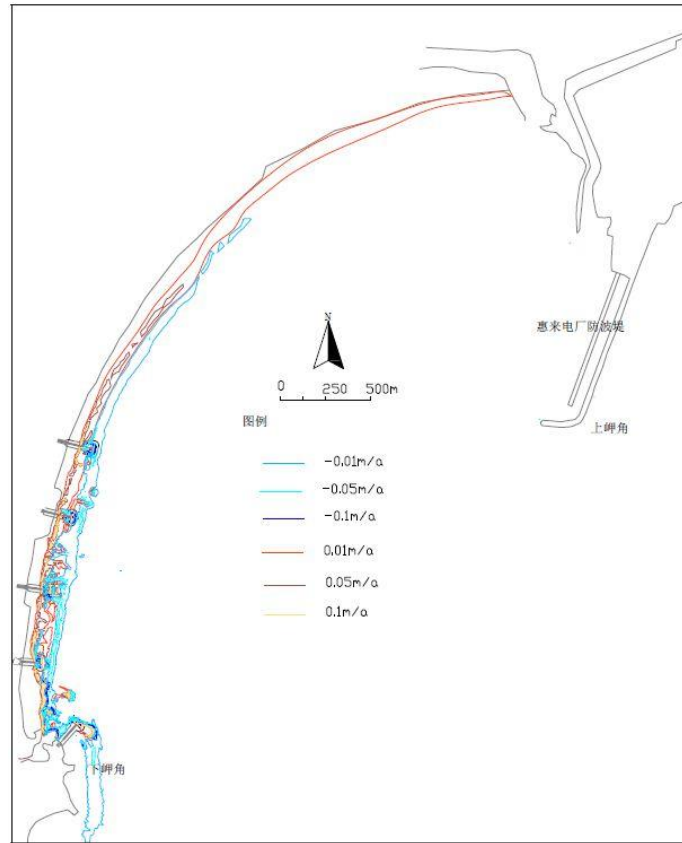


图 6.2.3-1 项目实施后地形冲淤分布图

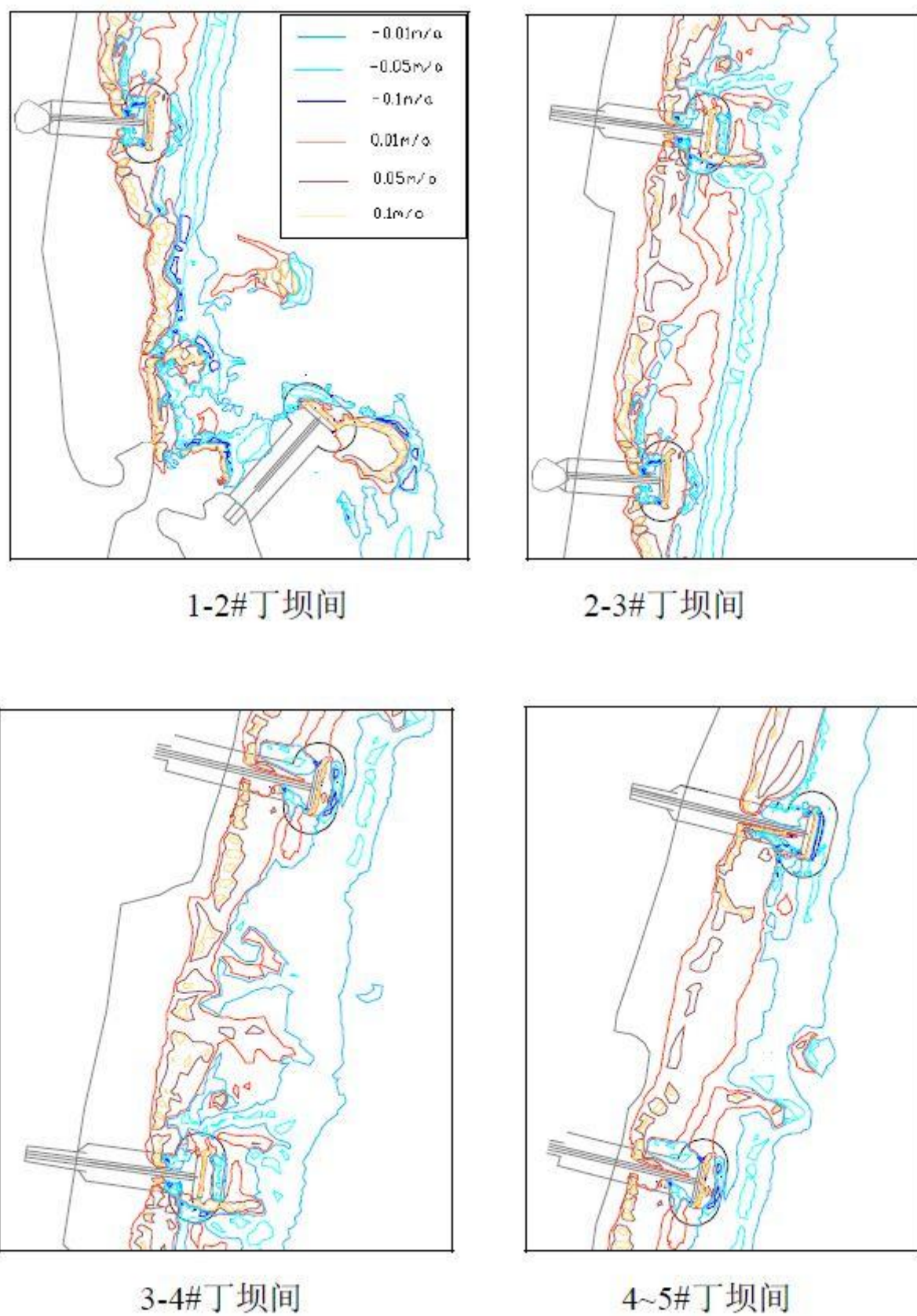


图 6.2.3-2 项目实施后丁字坝间地形冲淤分布图

6.3 水质环境影响预测与评价

6.3.1 施工期对水质环境的影响

本工程施工对水质影响主要考虑基础开挖和抛石作业，在施工时，在基础开挖点和抛石区周围会形成高浓度悬沙，其后悬沙随海流输运、扩散和沿程落淤，浓度逐渐减小，范围逐渐增大。沉到海底的疏浚泥初始较为松散，受底层流与地形作用而迁移，沉到海床的泥沙随着时间的增长，松散泥沙排出颗粒之间的含水，密度加大，最后固结成泥块。施工带来的悬浮泥沙输运扩散对水质环境的影响可采用悬沙扩散方程进行预测。

6.3.1.1 模型介绍

施工产生的悬浮泥沙在潮流作用下向周围输运，其输移方式可按照物质的对流扩散方程进行数值模拟，其基本方程如下：

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} \left(H D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} \left(H D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{Q_L C_L}{H} + F_s \quad (6.3-1)$$

式中： $\bar{c}$ 为垂线平均含沙量，单位 kg/m^3 ；

D_x ， D_y 为泥沙扩散系数，单位 m^2/s ；

F_s 为底部泥沙通量，单位 $\text{kg/m}^3/\text{s}$ ；

Q_L 为泥沙源在单位面积上的输入流量，单位 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ；

C_L 为泥沙源的含沙量，单位 kg/m^3 。

6.3.1.2 源强分析

(1) 基础开挖

本工程丁字坝基础开挖采用 2m^3 抓斗式挖泥船进行作业，挖掘频率取 $2\text{min}/\text{次}$ ，悬浮比例为 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，则可估算出挖泥源强为 $0.33\text{kg}/\text{s}$ 。

(2) 抛石挤淤

丁字坝堤心抛石产生的水体悬浮物包括两部分，一部分为块石自身携带的泥土进入水体形成的悬浮物，一部分为抛填块石时扰动底床产生的悬浮物。项目丁字坝抛石包括堤心石和护底块石。其中护底块石抛填量仅约为 12692.00m^3 ，可不予以考

虑，仅考虑抛填堤心石。堤心石抛填量约 14357m³，块石中的泥土含量很低(含泥、砂<10%)，以抛石体积的 2%计，该部分泥沙进入海水后形成悬浮泥沙的比率以 10%计，则可形成悬浮泥沙的量约为 29m³；工程区底质为淤泥质细砂，抛石过程中搅动产生的悬浮泥沙量按抛石量的 1%计，约为 144m³。抛填堤心石悬浮泥沙产生总量为 173m³，以每天施工 8 个小时计，堤心石抛填施工时间以 2 个月计，悬浮泥沙干容重取 1.12t/m³，则抛石工序产生的悬浮泥沙量约为 0.12kg/s，为近似移动连续源。

模拟施工 15 天（包含一个大、中、小潮期）所产生的输运和扩散结果。按此悬浮物源强计算施工期不同浓度下悬浮泥沙最大扩散范围的计算结果见表 6.3.1-3，最大扩散范围见图 6.3.1-2。

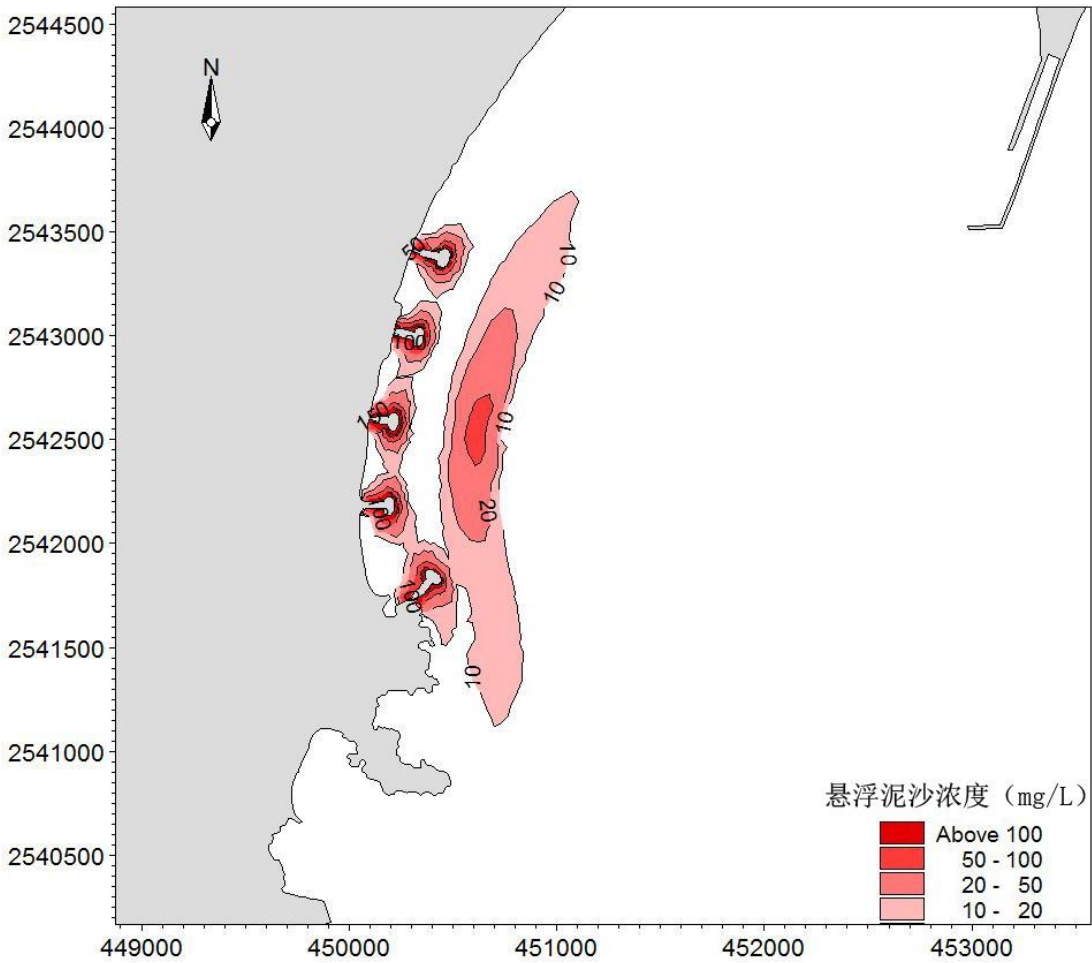


图 6.3.1-2 悬浮泥沙最大浓度平面分布

表 6.3.1-3 施工期不同浓度下悬浮泥沙最大扩散范围

悬沙浓度	> 10mg/L	> 20mg/ L	>50mg/ L	>100 mg/L
扩散面积 （km ² ）	0.948	0.351	0.091	0.029

扩散距离	东西向：0.236 km
	南北向：2.280 km

由模型计算可知，项目施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，高浓度中心点主要分布在开挖区和抛石区周边区域。大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络面积分别为 0.948 km²、0.351 km²、0.091 km²，0.029 km²。施工超过 10mg/L 悬沙增量为纵向扩散距离 2.280km，横向扩散距离 0.236 km。

6.3.2 营运期水质环境影响

本项目丁字坝工程，为海岸整治修复项目。营运期不产生污染物，初期雨水自然排入海中，基本不会对水质环境产生影响。

6.4 沉积物环境影响预测与评价

（1）施工期

丁字坝所永久占用的海域底土上的沉积物环境将被彻底破坏，且是不可恢复的。

水工结构构筑过程中底泥中的细颗粒泥沙被搅动上扬，再回落到沉积物表层。由于疏浚和抛石施工产生底土扰动，根据水质环境影响预测，其产生的悬沙增量浓度超过 10mg/L 的包络线面积仅为 0.549km²，且仅限于丁字坝两侧很小的范围内，施工超过 10mg/L 悬沙增量为纵向扩散距离 2.394km，横向扩散距离 0.278 km。产生的悬沙经海流扩散和沉降后，也仅限于项目附近很小的范围内，且海区整体沉积物环境质量良好，沉积物的环境质量不会产生明显变化，即沉积物质量状况仍将基本保持现有水平。

（2）营运期

丁字坝建成后，初期雨水含尘量较小，直排入海，对沉积物环境影响较小。

6.5 生态环境影响预测与评价

6.5.1 对底栖生物的影响

丁字坝工程位于潮间带海域和浅海海域。丁字坝基础占用海域，尤其对底栖生物的影响是最大的，海域大部分底栖生物将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝

大多数将死亡，导致生物资源损失。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i \quad \text{公式 (1)}$$

式中：

W_i —第 i 种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指潮间带生物和底栖生物受损量。

D_i —评估区域内第 i 种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]或千克每平方千米（kg/km²）。在此为潮间带生物和底栖生物的资源密度。

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。在此为丁字坝占用海域面积。

根据 2015 年 1 月生态调查结果，项目附近 C2 和 C3 潮间带生物资源平均密度为 (26.43+83.97) /2=55.2g/m²。项目附近 Z3 和 Z6 站位底栖生物资源平均密度为 (0.152+0.38) /2=0.27g/m²。

根据工程概况，本项目丁字坝占用潮间带海域面积 0.3776 公顷，占用浅海海域面积 3.2749 公顷。浮式防波堤占用浅海海域 2.1608 公顷。则根据公式 (1)：

丁字坝工程造成生物损失：

潮间带生物损失量：0.3776×10⁴×55.2×10⁻³=208.44kg

底栖生物损失量：3.2749×10⁴×0.27×10⁻³=8.84kg

浮式防波堤造成底栖生物损失：

2.1608×10⁴×0.27×10⁻³=5.83kg

综上本项目施工造成潮间带生物和底栖生物损失为 223.11kg。

6.5.2 对浮游生物的影响

项目施工过程中将产生一定量的悬浮泥沙。从水生生态角度来看，施工水域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。在水生食物链

中，除了初级生产者——浮游藻类以外，其它营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，那么再以这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个水生生态食物链的影响是多环节的。

同时，浮游动物也将因阳光的透射率下降而迁移别处，浮游动物将受到不同程度的影响。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的印制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。

浮游生物由于经济价值较难进行量化，因此，不进行损失量的估算。

6.5.3 对渔业资源的影响

渔业资源主要包括游泳生物（主要为鱼、虾、蟹）和鱼卵仔鱼。对部分游泳生物来讲，悬浮物影响是比较显著的。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因饥饿而死亡；水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物和浮游动物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，悬浮物质含量变化其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，水体浑浊度将比较高，透明度明显降低，若高浓度持续时间较长，将影响水生动、植物的生长，尤其对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。悬浮物对鱼卵的影响也很大，水体中若含有过量的悬浮固体，细微颗粒会粘附在鱼卵的表面，妨碍鱼卵呼吸，不利于鱼卵的孵化，从而影响鱼类繁殖。据研究，当悬浮固体物质含量达到 1000mg/L 以上，鱼类的鱼卵能够存活的时间将很短。

项目施工过程中会有一定范围的 SS 浓度增量超过 10mg/L。但游泳生物会由于施工影响范围内的 SS 增加而游离这范围，施工作业完成后，SS 的影响也将消失，鱼类等水生生物又可游回，这种影响持续时间在施工结束后比较短，是暂时性的，一般不会对该水域的渔业资源造成长期的不良影响，但短期内会造成一定量的损失。

丁字堤坝水下施工进度约 3 个月，项目施工产生悬浮泥沙会对渔业资源造成影

响。按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（简称《规程》），悬浮物扩散范围内对海洋生物产生持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \quad \text{公式 (2)}$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克(kg)；

T ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

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

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

根据水质预测估算，项目施工产生的悬浮泥沙增量超 10mg/L 的包络线面积为 0.948km²，超过 20mg/L 的包络线面积为 0.351km²，超过 50mg/L 的包络线面积为 0.091km²，超过 100mg/L 的包络线面积为 0.029km²。因此，悬浮物浓度增量分区数为 4。参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，基础开挖和抛石施工过程中悬浮泥沙增量超标倍数、超标面积和在区内各类生物损失率如表 6.5.3-1 所示，生物损失率按《规程》中的数值进行内插，小于 10mg/l 增量浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 6.5.3-1 本工程悬浮物对各类生物损失率

分区数	各污染区内悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区的面积 (km ²)	污染物 i 的超标倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I 区	10~20mg/L	0.597	$B_i \leq 1$ 倍	5	0.5
II 区	20~50mg/L	0.260	$1 < B_i \leq 4$ 倍	17.5	5

III区	50~100mg/L	0.062	$4 < Bi \leq 9$ 倍	40	15
IV区	>100mg/L	0.029	$Bi > 10$ 倍	60	75

项目水下施工工期为 3 个月，污染物浓度增量影响的持续周期数为 6（15 天为 1 个周期），悬沙扩散范围内的海域平均水深以 3m 计算。游泳生物平均资源密度为 $1015.31\text{kg}/\text{km}^2$ ，鱼卵平均密度为 0.19 粒/ m^3 ，仔稚鱼平均密度 0.25 尾/ m^3 ，则根据公式（2）：

$$\begin{aligned} \text{游泳生物损失量} &= 1015.31 \times 0.597 \times 0.5\% \times 6 + 1015.31 \times 0.260 \times 5\% \times 6 \\ &\quad + 1015.31 \times 0.062 \times 15\% \times 6 + 1015.31 \times 0.029 \times 75\% \times 6 \\ &= 286.53\text{kg}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵损失量} &= 0.19 \times 0.597 \times 10^6 \times 3 \times 5\% \times 6 + 0.19 \times 0.260 \times 10^6 \times 3 \times 17.5\% \times 6 \\ &\quad + 0.19 \times 0.062 \times 10^6 \times 3 \times 40\% \times 6 + 0.19 \times 0.029 \times 10^6 \times 3 \times 60\% \times 6 \\ &= 4.02 \times 10^5 \text{粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔稚鱼损失量} &= 0.25 \times 0.597 \times 10^6 \times 3 \times 5\% \times 6 + 0.25 \times 0.260 \times 10^6 \times 3 \times 17.5\% \times 6 \\ &\quad + 0.25 \times 0.062 \times 10^6 \times 3 \times 40\% \times 6 + 0.25 \times 0.029 \times 10^6 \times 3 \times 60\% \times 6 \\ &= 5.29 \times 10^5 \text{尾} \end{aligned}$$

因此，项目施工产生的悬浮泥沙共造成游泳生物 286.53kg、鱼卵 4.02×10^5 粒、仔稚鱼 5.29×10^5 尾受损。

6.5.5 生态补偿协调方案

由以上计算可知，丁字坝工程造成生物损失量如下：潮间带和底栖生物 223.11kg、游泳生物 286.53kg、鱼卵 4.02×10^5 粒、仔鱼 5.29×10^5 尾。

潮间带生物按成体生物处理，商品价格按照经济贝类市场价格计算（10 元/kg），则工程底栖生物直接经济损失额为 $223.11 \times 10 \times 10^{-4} = 0.22$ 万元。

游泳生物按成体生物处理，鱼卵仔鱼折算成鱼苗进行计算。游泳生物的价格按海鱼的平均价格计算（15 元/kg），则游泳生物的经济损失额为 $286.53 \times 15 = 0.43$ 万元。

鱼卵仔鱼的经济价值应折算成鱼苗进行计算，按下述公式进行计算：

$$M = W \times P \times V \dots\dots\dots \text{公式（3）}$$

式中：

M ——鱼卵和仔稚鱼经济损失金额，单位为元；

W ——鱼卵和仔稚鱼损失量，单位为个和尾；

P ——鱼卵和仔稚鱼折算为鱼苗的换算比例，鱼卵生长到商品鱼苗按1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按5%成活率计算，单位为百分比（%）；

V ——鱼苗的商品价格，按当地主要鱼类苗种的平均价格计算，单位为元每尾。

取市场平均鱼苗价格为 0.5 元/尾。则鱼卵仔鱼直接损失额= $(4.02 \times 10^5 \times 0.01 + 5.29 \times 10^5 \times 0.05) \times 0.5 = 1.52$ 万元。

该丁字坝工程造成的直接经济损失额为 0.22（底栖生物）+0.43（游泳生物）+1.52（鱼卵仔鱼）=2.17 万元。

当进行生物资源损害赔偿时，应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。丁字坝工程对底栖生物造成不可逆影响，生物资源损害的补偿年限应不低于 20 年，按 20 年进行赔偿，则生物赔偿额为 $0.22 \times 20 = 4.4$ 万元，浮式防波堤为透水构筑物，对生物影响补偿年限按 3 年进行，生物赔偿额为 $0.89 \times 10 \times 3 \times 10^{-4} \approx 0.01$ 万元。项目施工产生的悬浮物对渔业资源产生持续性影响的年限低于 3 年，按 3 年进行补偿，则赔偿额为 $(0.43 + 1.52) \times 3 = 5.85$ 万元。

生物资源损害赔偿总额为 $4.4 + 0.01 + 5.85 = 10.26$ 万元。

6.6 工程建设对敏感目标的影响分析

根据 1.6 节分析，项目附近的环境敏感区及保护目标主要有：幼鱼、幼虾保护区、惠来电厂、惠来港靖海作业区通用码头工程、靖海渔港、石碑山风电厂、惠来验潮站、资深渔港、前詹海洋保护区。项目施工期产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙与敏感目标叠加图见图 6.6-1。由图 6.6-1 可见，项目施工产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙局限在项目附近。



图 6.6-1 施工期产生增量超过 10mg/L 的悬浮泥沙与敏感目标叠加图

6.6.1 对幼鱼、幼虾保护区的影响

本项目占用部分南海幼鱼、幼虾保护区，根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的纵向扩散距离 2.28km，横向扩散距离 0.236km，施工期产生的悬浮泥沙会对渔业资源造成一定损失，其定量分析结果见 6.5 节。施工期产生的悬浮泥沙的影响是暂时的，随施工的结束而结束。此外，本项目用海主要为构筑物的方式，对该保护区占用较少。施工期应尽可能降低施工强度，减少对水生生物的影响。

6.6.2 对惠来电厂的影响

惠来电厂在本项目东北侧约 2.7km，本项目施工期产生悬沙扩散北向不超过 1km，施工期悬沙扩散基本不会对惠来电厂产生影响。项目实施引起的地形地貌冲淤变化在项目附近区域，基本不会对惠来电厂产生影响。

6.6.3 对惠来港靖海作业区通用码头工程的影响

惠来港靖海作业区通用码头工程尚未施工。本项目施工期产生的悬沙扩散，对

惠来港靖海作业区通用码头工程所在海域的水质会产生一定影响，但随施工的结束而结束。丁字坝工程建成后，有利于减轻岸线和地形地貌的侵蚀。

6.6.4 对靖海渔港的影响

靖海渔港距本项目约 3.1km，距离较远。根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙北侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km；由图 6.2-1 可见，丁字坝工程实施后，项目引起的水形冲淤变化不会影响到靖海渔港。项目施工船舶进驻现场，通行过程会增加附近海域船舶密度，增加船舶碰撞风险。

6.6.5 对石碑山风电厂的影响

石碑山风电厂位于毗邻陆域，丁字坝工程建成后，有利于减轻岸线和地形的侵蚀，对石碑山风电厂区域起到保护作用。

6.6.6 对惠来验潮站的影响

国家海洋局惠来验潮站在本项目东北侧约 3km，距离较远。根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙北侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km 由图 6.2-1 可见，丁字坝工程实施后，项目引起的水形冲淤变化不会影响到惠来验潮站。因此，本项目施工对该敏感目标基本没有影响。

6.6.7 对资深渔港的影响

资深渔港位于本项目西南侧约 0.8km，由于岬角的存在，施工期悬沙扩散增量超过 10mg/L 的不会到达此处；由图 6.2-1 可见，丁字坝工程实施后，项目引起的水形冲淤变化不会影响到资深渔港。因此，本项目施工对该敏感目标基本没有影响。

6.6.8 对前詹海洋保护区的影响

前詹海洋保护区位于本项目西南侧约 5.5km，该区域表层悬浮泥沙南侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km；由图 6.2-1 可见，丁字坝工程实施后，项目引起的水形冲淤变化不会影响到前詹海洋保护区。因此，本项目施工对该敏感目标基本没有影响。

6.7 工程建设对通航环境的影响分析

施工期本项目施工船舶进驻现场，通行过程会增加项目附近惠来电厂航道通行密度，对其他船舶正常进出造成一定影响，通航环境变得更为复杂，增加了船舶通航安全风险发生的概率，海域发生碰撞及事故溢油概率增加。在建设单位严格落实安全生产责任，自觉服从海上交通主管部门和海事部门的安排和调度下，船舶通航事故风险可控。

7 环境事故风险分析与评价

按照《建设项目环境风险评价技术导则》和相关文件要求，通过风险识别、风险分析和风险后果计算等开展环境风险评价，为建设项目的环境风险预防和管理提供资料和依据，以达到降低危险，减少对海洋环境危害的目的。

本次评价只针对项目堤坝建设过程进行风险识别和分析从重大危害性事故造成的环境危害分析，本项目事故风险主要来源于施工期施工船舶造成的溢油事故等。根据评价项目的物质危险性和功能单元重大危险源判定结果以及项目所处海域环境敏感程度判定项目环境风险评价等级为二级。

7.1 风险识别

海洋环境事故风险是指由于人为或自然因素引起的、对海域资源环境或海域使用项目造成一定损害、破坏乃至毁灭性事件的发生概率及其损害程度。根据拟建项目性质，结合项目所在海域自然环境特点考虑，本项目为海上堤坝工程，发生风险事故的可能性主要是施工期施工船舶事故造成的溢油风险事故。

(1) 施工船舶溢油事故

随着海上交通运输业的增加，溢油事故屡有发生。大量资料分析表明，船舶发生事故性溢油的主要原因有：船舶触礁搁浅、船与码头相撞、操作失误、失火、风浪、进水及机舱事故等，其中因触礁搁浅而引起溢油的事故最多。造成溢油事故除了一些不可抗拒的自然因素外，绝大多数是由于操作不当或者违章作业等人为因素引起的。引起这些事故的原因很多，例如船舶值班监督、定位、了望人员责任感不强，引航判断有误，船速控制不当，对航行水域不够熟悉，驾驶员过于疲劳，对恶劣气象条件不重视与心理准备不够，潜水区或冲浪时对船舶吃水估计有误，对风海流变化引走锚的估计有误，繁忙水域的船舶回旋操作失误，复杂情况下的操船应变能力与经验不足，良好海况与气候条件下船员的心理警觉程度不够等。

根据工程特点分析，本项目施工期引起溢油事故发生的主要因素如下：

①施工船舶在工程位置作业或者行进时，由于管理疏忽、操作违反规程或失误等原因引起石油类跑、冒、滴、漏事故，这类溢油事故对环境影响相对较小，但也会对水域造成油污染；

②由于船舶本身出现设施损废，在行进中受海上风浪影响，或者发生船舶碰撞，有可能使油类溢出造成污染；

③施工期间施工船舶活动提高了该海域海上交通安全事故的发生概率，施工船在航行及进出该水域时可能发生船舶碰撞油舱破损，从而引发溢油事故。

(2) 风暴潮

项目所在区域可能受到热带气旋、台风风暴潮、暴雨等自然灾害的影响。施工期环境风险事故考虑极端天气导致护岸崩堤而造成泥沙入海的情况。

7.2 源项分析

7.2.1 风暴潮风险分析

项目所在区域可能受到热带气旋、台风风暴潮等自然灾害的影响，根据 1954 年~2007 年期间的《台风年鉴》统计，台风最早出现于 5 月中旬，最迟至 12 月中旬（1974 年）。强热带风暴和台风形成的风暴潮时滨海地区的最大自然灾害。

根据《风暴潮对广东省沿海港航设施影响及防护对策研究》（贾良文，谢凌峰等），通过实地调查以及历史记录资料等，统计出近年广东省沿海港航设施受台风风暴潮影响损毁的典型案例，具体见表 7.2-1。

表 7.2-1 广东省沿海港航设施受风暴潮影响损毁案例

区域	受损港口	台风类型	受损情况	基本成因
粤东沿海	汕头港广澳港区	9903 号台风	正在施工的东防波堤堤根部位严重受损	施工期受损
	汕头港老港区	2003-09 13 号台风“杜鹃”	导流拦沙堤已建成的 AB、BC 和在建的 CD 段均受到不同程度的损坏。AB 段浆砌块石损坏，削角块产生较大位移和变形；BC 段削角王字块接高混凝土断裂；CD 段 200 m 区段航道侧部分 2 t 扭王块滚落海中。	削角王字块结构稳定处于临界平衡状态、安全储备偏低。
	汕尾遮浪运帆船基地	2011-09 11 号台风“纳沙”	防波堤中部拦腰折断，部分浆砌石护面开裂。	波浪越过挡浪墙后冲刷堤后基础，使得堤身失稳向岸方向垮塌。
	惠来电厂期港口工程	0601 号台风“珍珠”	防波堤 800 m 还未最终成形完整断面里程段 0 + 0295 ~ 0 + 1095 标高在 + 1.0 m 以上均受损破坏。	施工期受损
珠三角沿海	惠州港港口作点	9509 号台风	防波堤严重损毁，堤面几乎被全部削去。	护面块石小
	惠州大亚湾马鞭洲华瀛石化码头	9803 号热带风暴	南护岸被冲垮 > 70 m	底坡缺乏保护
	惠州大亚湾芒洲岛华瀛石化码头	2011-09 11 号台风“纳沙”	围堰施工过程中被冲垮了 > 70 m	堤心石裸露，缺乏护面块石保护，堤心石被大量掏刷，冲毁部位恰处于转角波能集中处。
	平海电厂码头	0814 号台风	防波堤在施工过程中受损	施工期受损

		“黑格比”		
	珠海市万山区桂山岛十三湾	0307 号台风“伊布都”	防波堤从堤头起 30~120m 堤段外护面和堤面损坏十分严重，内护面也有损坏有的堤段断为两截。从堤头起算，120~210 m 堤段外护面和堤面均有不同程度的损坏，只有堤末端完好。	实际波高超过设计波高
	台山鱼塘港	0307 号台风“伊布都”	南防波堤胸墙发生后移。位移较大的在南防波堤中间段，长度约 220 m，其中有两段最大位移分别达到 3.8 m 和 2.4 m。受损后未经修复，再次遭受 0814 号台风“黑格比”的影响大面积受损。	实际波高超过设计波高
粤西沿海	阳江海陵大堤	0814 号台风“黑格比”	造成 14 处缺口约 1187 m 被全毁，>300 m 半幅受毁，两侧护坡被毁约 6000 m，路面损毁约 27000 m ² ，波型梁钢护栏及钢索护栏全部被毁。	越浪掏刷导致堤基失稳
	阳西沙扒渔港	2011-09 11 号台风“纳沙”	围堤挡浪墙受损，挡浪墙与堤身连结处断开，挡浪墙后移，需修复的长度约 400 m。另外，围堤后坡在越浪后遭受冲刷。	施工已基本完成，仅后方填土尚未完成 实际波高超过设计波高。
	阳江港保丰码头、粤电码头	0814 号台风“黑格比”	保丰码头码头面被 30~50 cm。粤电码头被淹约 20~30 cm，吊机窗户上的防风玻璃受损、码头上的水泥档板被掀翻。	台风增水、台风浪的作用
	阳西电厂码头	0814 号台风“黑格比”	施工期沉箱位移了约 60~70 cm	施工期受损
	湛江吴川博茂港	1003 号台风“灿都”	防波堤堤头受损	堤头波能集中

通过表 7.2-1 可见，广东省沿海港口设施受风暴潮影响的重要特点为防波堤受损最为严重，护岸及围堰被损坏也有发生。损坏成因重要包括波浪基础资料不足、设计波浪偏低、护面块体偏小以及施工过程中严重受损等。

本项目位于靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段。项目结构采用斜坡式扭王字块护面结构，丁字坝堤根至水深-0.0m 的堤身采用斜坡式浆砌块石护面结构方案，采用在原地面上抛 $W>150\text{kg}$ 棱体块石，棱体上为斜坡式浆砌块石护面，坡度系数 $m=1.5$ ，浆砌石后 5~80 混合碎石倒滤层，堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，砌筑 0.6m 厚的 M10 浆砌石。

堤身(0~-2.0)米水深处采用斜坡式浆砌块石护面结构型式，坡度系数为 $m=1.5$ ，堤顶高程取 2.5m；堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，砌筑 0.9m 厚的 M10 浆砌石，内外侧均采用 0.9m 厚浆砌块石护面，护坦抛石宽 5m，采用 60~150kg 块石。

堤头（-2.0~-3.0）米水深处采用斜坡式扭王字块护面结构型式，坡度系数为 $m=1.5$ ，堤顶高程取 2.5m；堤心为 10~100Kg 块石。堤顶宽 4.0m，内外侧均采用 3t 扭王字块护面，护坦抛石宽 10m，采用 60~150kg 块石。

丁字坝堤头段满足 $H_{13\%}=3.3m$ 波浪设计值要求，能够抵御 50 年一遇的风暴潮作用。

由于本项目工程施工期较长，难以避开风暴潮期的影响，施工期间不可预见因素多，因此本工程建设，应考虑海洋自然条件的特点，严格按有关规范进行设计、施工，确保海上构筑物的抗风抗浪要求。同时应及时了解天气的监测和预报信息，警惕台风、风暴潮等自然灾害的突然袭击，并做好应急防范措施。

7.2.2 碰撞溢油风险分析

项目位于位于靖海镇资深村后港，靖海湾绿洲海岸带岸段。考虑到项目建设施工期间，抛石填埋、护岸建设等海上施工作业将占有一定的海域空间，同时物料运输船等来回运输、进出较频繁，加大了该海区的通航密度，船只碰撞几率增高，存在一定的交通安全隐患。

施工船舶在进出该水域时可能发生船舶碰撞燃油舱破损，或加装燃油时部分燃油泄漏入海，引发溢油事故。溢油发生后，油膜在海面上漂浮扩散，阻止海气交换，将对海洋水环境、生态环境和景观造成影响。

7.3 事故风险计算及后果评价

7.3.1 溢油在海上运动形态及归缩

溢油在海面上的变化是极其复杂的，其中主要有动力学和非动力学过程。动力学过程初期为扩展过程：主要受惯性力、重力、粘性力和表面张力控制，形成一定面积的油膜，其后油膜在波浪、海流和风的作用下作漂移和扩散运动，油膜破碎分成多块，其过程要持续数天。非动力学过程指油膜发生质变的过程，主要包括蒸发、溶解、乳化、沉降和生物降解等过程。

（1）扩展：由于油比水轻，将漂浮于水面。在初期阶段由于受重力和表面张力的作用而在水面上向四周散开，范围越扩越大。这个过程称为油的扩展。

（2）漂移：油膜在海流、风、波浪、潮汐等因素的作用下引起的漂移。

（3）分散：溢油在海面形成油膜以后，受到破碎波的作用使一部分油以油滴形式进入水中形成分散油。一部分油滴重新上升到水面，也有部分油滴从海面逸出挥发到大气中。

（4）蒸发：油膜蒸发是指石油烃类从液态变为气态的过程，油膜与空气之间的

物质交换与油膜表面积、溢油的组分及其物理特性有关，与风速、海面温度、海况以及太阳辐射的强度等也有关。实验表明，含量占 0~40% 的低烃类油膜在溢油后 24 小时内就会蒸发掉。

(5) 溶解：油膜溶解是指烃类物质由浮油体到水体的混合交换过程，溶解量和溶解速率取决于石油的组成及其物理性质、油膜扩展度、水温 and 水的湍流度以及油的乳化和分散程度。一般低烃类既有高蒸发率，又有高溶解度，它们的总效应导致油膜的密度和粘度增加，从而抑制扩展过程和湍流扩散过程。实验表明，溶解量仅为蒸发量的百分之几。

(6) 乳化：油膜乳化是一个油包水的过程，已有研究表明，发生乳化的内在因素是原油的沥青烯中含有乳化剂，当其含量达到一定程度时，即发生乳化现象，形成油包水颗粒。海况能影响乳化的速度，但最终的乳化总量与海面状况无关，仅取决于乳化剂的含量，当乳化颗粒与碎屑或生物残骸结合而变重时，油滴将沉降到海底。沉降主要发生在近岸，浅水混浊区较为显著。

(7) 吸附沉淀：油的部分重组分可自行沉降或粘附在海水中的悬浮颗粒上，并随之沉到海底。

(8) 生物降解：生物降解为海水中的某些生物通过对石油类物质的吸收来获取碳元素，生物降解过程是起作用较晚的过程。生物降解过程不仅对漂浮油膜起作用，对沉降的油滴也同样起作用。降解过程与油膜所处环境中微生物群的种类、数量有关，与海水温度、含氧量和无机营养的含量等因素也有关。

溢油在海洋环境中的归宿问题是个复杂的问题，由于受到各种环境条件（温度、盐度、风、波浪、悬浮物、地理位置和油本身的化学组成等）的影响，每一次溢油的归宿也不尽相同。其主要的影响因素有乳化、吸附沉淀和生物降解等。

油膜非动力学过程及其复杂，发生的时间尺度为 1 天到数周。

7.3.2 溢油风险事故影响预测条件

(1) 预测模型

溢油事故对海洋环境和海洋生态的影响是严重的，为了了解发生溢油事故时，溢油漂移的轨迹以及影响距离，这里采用了溢油漂移模型进行预测分析（2003，孙长青等）。这里的溢油漂移是指其在风、表层和次表层流作用下的平移运动，实质上是溢油在风的切应力、表层及次表层流合成的环境动力作用下的拉格朗日漂移过程。具体计算模型如下：

油膜质心的运动速度：

$$\vec{V} = \vec{V}_c + a\vec{W} \quad (7-1)$$

式中： $\vec{V}$ 为油膜质心运动速度； $\vec{V}_c$ 为潮流流速； $\vec{W}$ 为海面上方 10m 处风速； a 为风因子，一般取为 0.01~0.05。

油膜质心位置：

$$\vec{S} = \vec{S}_0 + \int_{t_0}^{t_0+T} \vec{V} dt \quad (7-2)$$

式中： $\vec{S}_0$ 为溢油初始位置； t_0 为溢油持续时间； $\vec{S}$ 为溢油后 Δt 时刻的油膜质心位置。

静止点源连续溢油的体积：

$$\text{溢油阶段 } (t \leq t_j), \quad V(t) = \sum_{j=1}^n Q \Delta t [1 - K(t - j \Delta t)] \quad (7-3)$$

$$\text{停止溢油后 } (t > t_j), \quad V(t) = V_j [1 - K(t - t_j)] \quad (7-4)$$

式中： Q 为油的流量； t_j 为溢油持续时间； K 为油体积衰减系数； j 为计算时间步长数； Δt 为时间步长； V_j 为 $t = t_j$ 时的油体积。

溢油的扩展：油膜除随风和潮流共同作用而飘移外，油膜还在溢油后不同阶段受重力、惯性力、粘性力和表面张力的不同作用而扩展，油膜将扩展成椭圆状，椭圆的长轴在潮流和风海流的合成方向上。其短轴 dn 和长轴 ds 分别为：

$$dn = C_1 \nabla^{1/3} V^{1/3} t^{1/4}$$

$$ds = C_1 (\nabla V)^{1/3} t^{1/4} + C_2 W^{4/3} t^{3/4}$$

式中： ∇ 为 $(\rho_w - \rho_0) / \rho_0$ ； ρ_0 和 ρ_w 为油和海水的密度； W 为海面风速； t 为溢油经历时间； C_1 ， C_2 为经验常数，一般取 C_1 为 1.7， C_2 为 0.03。

溢油的蒸发： $G = at^b$

式中系数 $a = A_0 + A_1 T + A_2 W + A_3 H$ 和 $b = B_0 + B_1 W + B_2 H$ 。

系数 a ， b 与油种、风速 W (m/s)、油膜厚度 H (cm) 有关， a 还与温度 T (°C) 有关； G 为蒸发速率。 a 与 b 均为经验系数，由实验得出，其中： $A_0 = 0.001$ 、 $A_1 = 0.005$ 、 $A_2 = 0.015$ 、 $A_3 = 0.012$ 、 $B_0 = 0.893$ 、 $B_1 = 0.007$ 、 $B_2 = -0.006$ 。

据此可以计算不同时刻于不同地点发生溢油时油膜在潮流与不同风速和风向作用下的输移轨迹、可能抵岸的地点、时间及残留量等。

7.3.3 溢油事故预测结果及分析

计算中外溢物取船舶燃料油作为代表物质，项目中采用的船型是 100t。根据《船舶污染海洋环境风险评价规范》，非油轮船舶燃油最大携带量可用船舶总吨推算，根据船型的不同，一般取船舶总吨的 8~12%，本次预测取 10%。非油轮一般设有十个油舱。燃油泄露一般取一个油舱的油量。因此，按碰撞事故考虑，外溢量取为 1t，考虑最不利的两种组合工况进行一个潮周期（25 小时）的溢油预测，按涨潮加西南风和落潮加东北风情况进行计算。溢油点设置在较易发生碰撞事故的航道处。表 7.3-1 是大潮 SW、NE 风况落潮情况下溢油影响范围统计，图 7.3-1 和图 7.3-2 是油膜扫海面积图。

落潮加东北风情况下，油膜主要向西南扩散，但受到靖海湾内环流的影响，油膜先向北扩散再向南扩散，到达项目位置。而涨潮加西南风情况下，油膜受潮流影响，向东北扩散。落潮情况下，油膜在 4 小时到达岸界，随后油膜扩散缓慢，24 小时油膜扫海面积为 1.933 km²。同理，对于涨潮加西南风的情况，由于该航道处，流速较大，油膜在潮流的影响下，向东北漂移扩散，同时，受到西南风的影响，进一步使得油膜向东北方向扩散，从而进一步加大了油膜的扫海面积，24 小时油膜扫海面积为 93.115 km²。

表 7.3-1 大潮 NE 和 SW 风况落潮、涨潮油膜漂移扩散影响的范围 (km²)

溢油后时间	NE 风向、3.0m/s，落潮 (扫海面积 (km ²))	SW 风向、3.0m/s，涨潮 (扫海面积 (km ²))
2	0.771	6.830
6	1.919 (4 小时到达岸界)	20.752
10	1.930	35.278
18	1.932	73.894
24	1.933	93.115

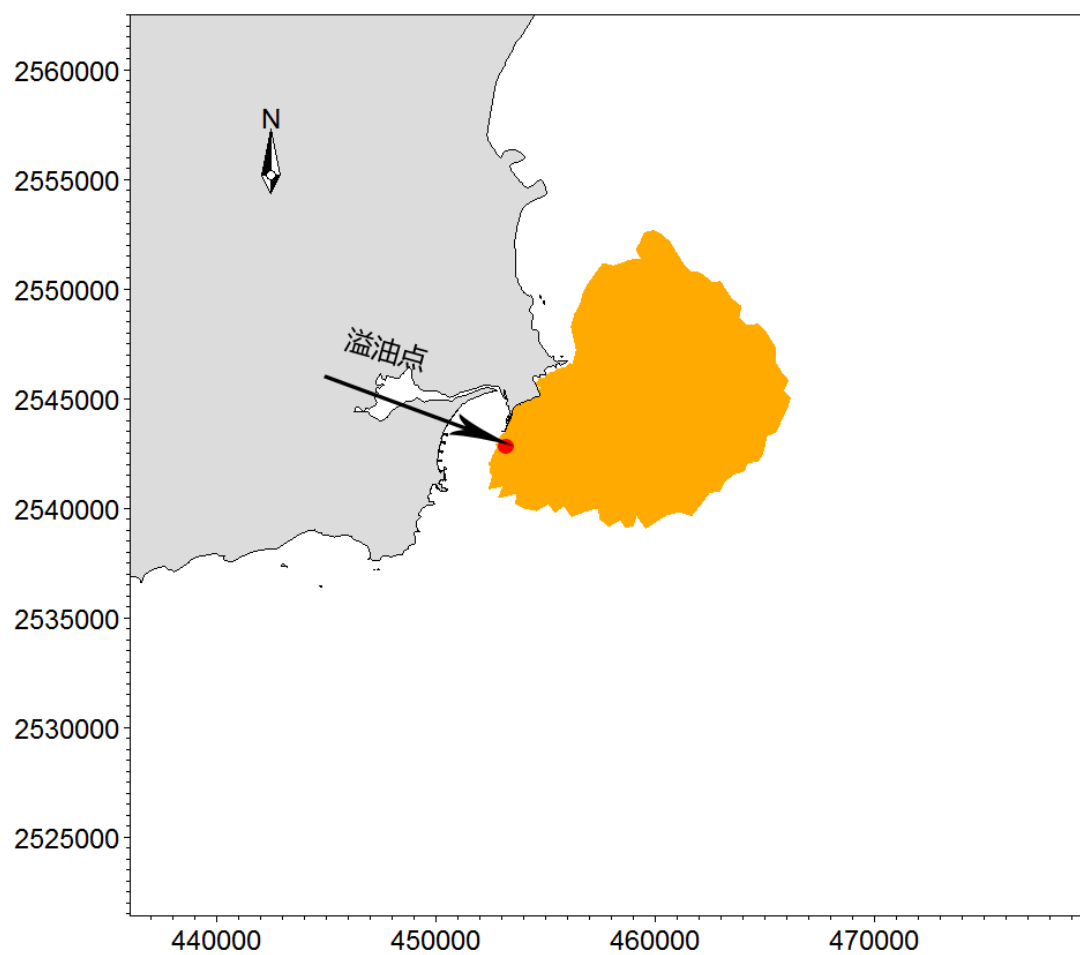


图 7.3-1 NE 风向、3.0 m/s、大潮落潮时溢油油膜扫海面积图

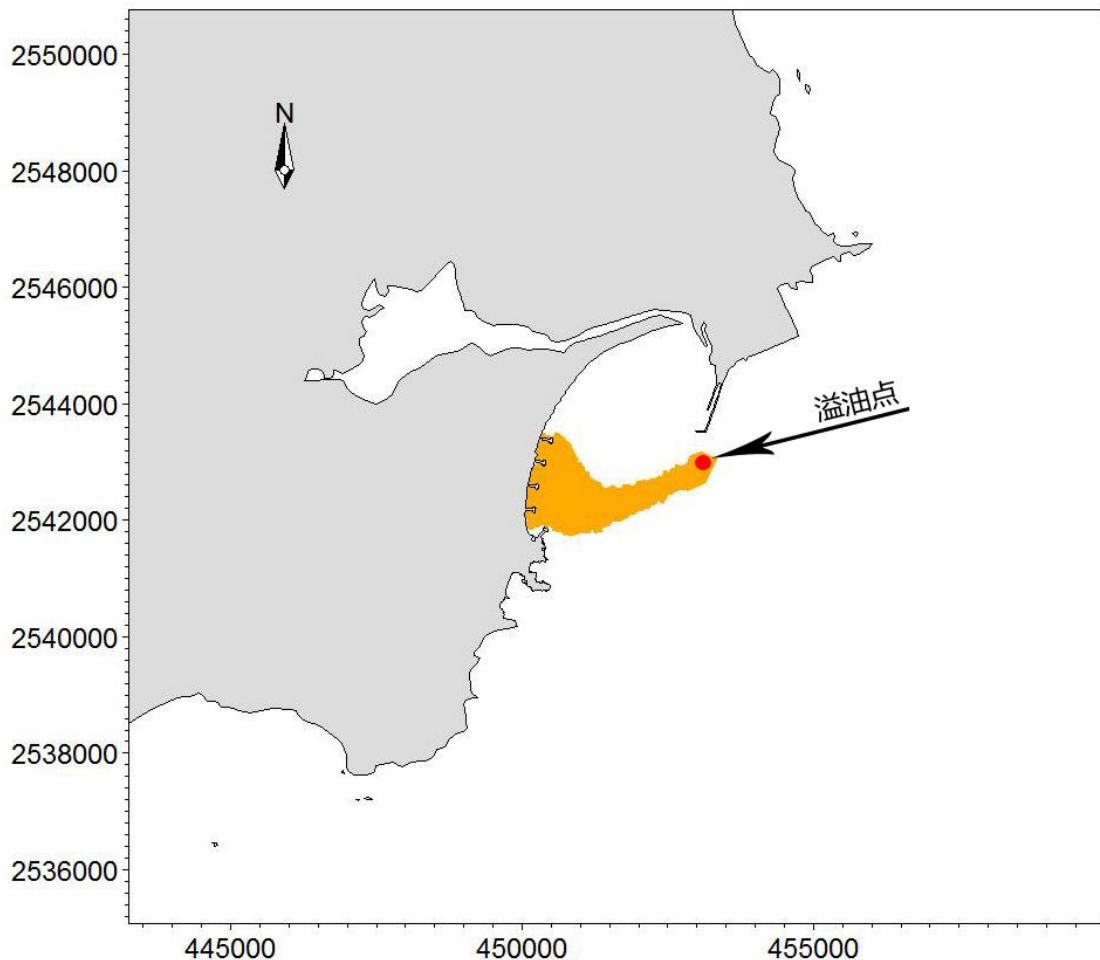


图 7.3-2 SW 风向、3.0 m/s、大潮涨潮时溢油油膜扫海面积图

由图表上可以看出，随着时间的推移，油膜不断扩散，污染面积逐渐变大，因此，一旦发生溢油事故，最好在 3 小时内采取行动，使溢油造成的危害降到最低。事故一旦发生，可以采取立即铺设围油栏的措施，防止扩散。同时要注意如果有火灾危险，应先用凝油剂固化溢油，再用网式回收法回收。没有火灾危险时，则应尽量以回收为主，并使用吸油材料、简易的撇油器或小型的集油器等进行人工回收。如果允许的话，应该考虑用喷洒分散剂的方法迅速分散溢油。机械回收后海面上剩余的残油用溢油分散剂做海面清洁净化处理。总之，要做好溢油事故的预防和应急工作，尽量避免溢油事故的发生，而一旦发生后，能够采取及时有效的措施，尽力使事故危害性降到最低。

7.3.4 溢油事故对敏感目标的影响分析

溢油油膜扩散包络线和敏感目标叠加见图 7.3-3~7.3-4。由图 7.3-3~图 7.3-4 可见，事故溢油发生后，24h 内油膜扩散会影响到幼鱼、幼虾保护区、惠来电厂、石碑山风电厂及项目附近的岸线。24h 小时内油膜扩散不会影响到惠来港靖海作业区通用码头

工程、靖海渔港、资深渔港和前詹海洋保护区等环境敏感目标。

(1) 事故溢油对水质及底质环境的影响分析

溢油在海面形成油膜以后，受到破碎波的作用，使一部分以油滴形式进入水里形成分散油，另外，由于机械动力，如涡旋、破碎浪花、湍流等因素，使油和水激烈混合，形成油包水乳物和水包油乳物化。这两种作用都将增加水质的油类浓度，特别是上层水中的浓度将明显增加。根据溢油扩散预测结果，不利风向组合下溢油后 2 小时 0.014km^2 海面受到油污染。

据有关资料及室内的模拟实验表明，油膜由分散作用和乳化作用而引起的上层海水中油类浓度增加值可超过 0.10mg/L 的二类海水水质标准。在近岸水域，由于粘附在岩石沙滩上油在波浪的往复作用，水质中油类浓度将大大增加，将超过 0.50mg/L 的三类海水水质标准。

同时，溢油后，油的重组分可自行沉积，或粘附在海区悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面。从而对底质造成影响，且这种影响不易扩散出去。

(2) 事故溢油对水生生物资源的影响分析

油膜覆盖下，影响水一气之间的交换，致使溶解氧减小，光照减弱，从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害。沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。特别幼鱼、幼虾保护区海域海洋生物资源丰富，因此，一旦发生事故溢油，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

● 急性致死影响

不同的石油对海洋生物的致死浓度不同，不同种类的海洋生物以及同种生物的不同生命阶段对石油的敏感性和耐受能力亦不相同。总的来说，石油对大部分成体海洋鱼、虾、贝类的致死浓度为 $1\text{mg/L} \sim 100\text{mg/L}$ ，对较敏感的幼体和仔体阶段的致死浓度为 0.1mg/L (Hyland 等, 1976)。大多数浮游藻类在 $0.1\text{mg/L} \sim 1.0\text{mg/L}$ 的石油浓度中细胞死亡，某些藻类（如缘刺双尾藻）的细胞甚至在低至 0.0001mg/L 的浓度中都会死亡 (Connell 等, 1981)。Rice 等 (1979) 曾报道了 Cook Inlet 燃料油对 39 种海洋生物的毒性，其中对 5 种上层鱼类(如太平洋鲱)的 96hTLm 值为 $1.22\text{mg/L} \sim 2.55\text{mg/L}$ (水溶性组分)，对 4 种虾（如阿拉斯加褐虾）的 96hTLm 值为 $(0.87 \sim 4.94)\text{mg/L}$ ，对 13 种软体动物（如贻贝、节孔扇贝）的 96h TLm 值为 $(0.15 \sim 1.31)\text{mg/L}$ ，对 6 种甲壳类的 96hTLm 值为 $(0.36 \sim >3.36)\text{mg/L}$ ，对 5 种软体动物的 96hTLm 值为 $(1.25 \sim >3.36)\text{mg/L}$ 。由此可见，鱼类和虾类（尤其是他们的仔、幼体）对石油类的耐受力相对要低于其他类动物，而同类生物的不同生命阶段中以仔、幼体发育阶段较为敏感。

溢油风险预测表明，白藤河大桥事故溢油 2 小时扫海面积可达 0.236km^2 ，油膜所过海域的石油类浓度将远远超过海水水质标准要求，受油膜污染的海域内的海洋

生物将大部分受到急性致死影响。鱼类游动性较强，损失较小，而幼鱼仔虾和浮游生物影响很大。

● 长期慢性污染影响

如果溢油油膜在有效时间内未得到全部的截拦或回收，漂移出去的油膜将使所过海域中石油类污染物质浓度增加，其浓度虽未达到产生急性毒性的浓度，但可能存在长期的慢性毒性影响。慢性影响的主要对象为珠江口伶仃洋天然渔业资源，主要的慢性污染效应如下：

① 生理和行为效应：主要表现在麻醉效应干扰基础生物化学机制、降低浮游植物的光合作用合生长率、影响视觉感觉及诱变效应等（Hyland 等，1976）。

② 生态效应：试验生态曝油的研究结果表明，长期曝露于（0.01-0.05）mg/L 的石油浓度中，可造成生态、群落结构的破坏。群落结构中某些对石油敏感的种类消失或者数量减少，代之以某些嗜污种类增加，使不同营养级别生物的比率失调而可能导致局部海域海洋生物食物链（网）的破坏。

③ 异味效应：海洋动物具有从栖息环境中积累石油烃的能力。一般来说，鱼类和甲壳类对水体石油烃的富集系数可达 102~103，软体贝类的可达 105，有些甚至可高达 107。Kerhoff（1974）曾报道紫贻贝 *Mytilus edulis* 肌肉中的烃类浓度约 5ppm 时就有油臭味。Moore 等（1974）报道过牡蛎曝露于低至 0.001ppm 的融解性烃类中 24h 内即可致嗅。Nita（1972）也曾报道过 0.01ppm 的含油海水在 24h 内即可使鱼类致嗅。国内有关研究结果表明，胜利原油对中国对虾的致嗅阈值 9.4ppb（受试 9d），对鲈鱼的致嗅阈值未 8.2ppb（受试 10d），对毛蚶的致嗅阈值为 8.90ppb（10d），对文蛤的为 ppb（9d）。

石油类污染物质的长期慢性影响作用是相当复杂的，尚难做出准确定量的预测，尤其是对整个生态系统的影响，还需要深入的专门研究。

（3）事故溢油对岸线的影响分析

根据预测，本项目发生溢油最快可以在 4 小时内登陆。溢油发生后，一旦水面上的浮油在风浪和潮汐等因素作用下，浮上岸边，便会堆积在高潮线附近，粘附在岸边岩土表面，渗入上层的砂子里，这将对岸线生态环境造成严重影响。

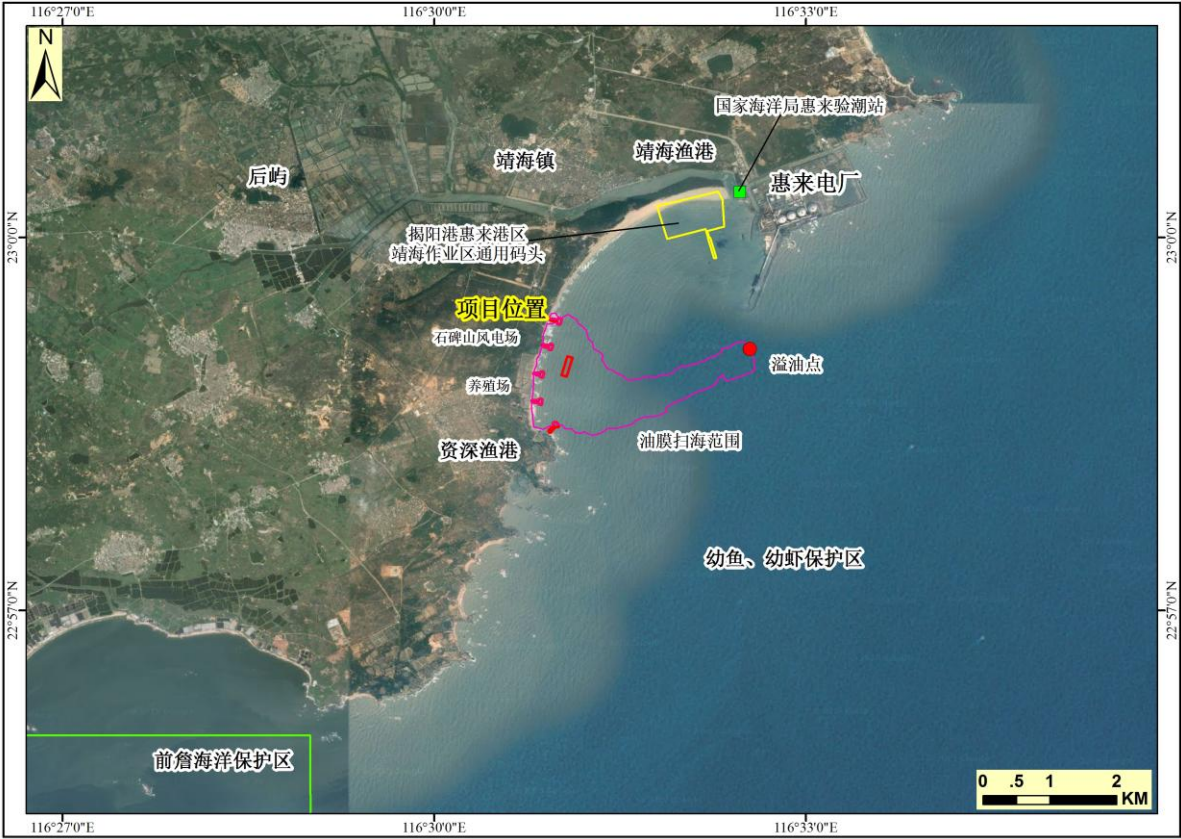


图 7.3-3 大潮落潮时溢油油膜扩散包络线和敏感目标叠加



图 7.3-4 大潮涨潮时溢油油膜扩散包络线和敏感目标叠加

7.4 风险事故环境影响分析

一旦发生由船舶碰撞等引起的船舶燃料油溢出事故，对海洋水质、海洋生物及渔业资源的影响将是巨大的。以石油污染为例，其危害是由石油的化学组成、特性及其在海洋中的存在形式所决定的。在石油的不同组分中，低沸点的芳香族烃对一切生物均有毒性，而高沸点的芳香族烃则是长效毒性的，均会对海洋生物构成威胁危害，直至死亡。

7.4.1 对水质和底质的影响分析

溢油在海面形成油膜以后，受到破碎波的作用，使一部分以油滴形式进入水形成分散油，另外，由于机械动力，如涡旋、破碎浪花、湍流等因素，使油和水激烈混合，形成油包水乳物和水包油乳化物。这两种作用都将增加水质的油类浓度，特别是上层水中的浓度将明显增加。

据有关资料及室内的模拟实验表明，油膜由分散作用和乳化作用而引起海水上层油类浓度增加值可超过 0.050mg/L 的二类海水水质标准。在近岸水域，由于粘附在岩石沙滩上油在波浪的往复作用，水质中油类浓度将大大增加，将超过 0.3mg/L 的三类海水水质标准。另外，由于油膜覆盖，将影响到海—气之间的交换，致使溶解氧减小。同时，溢油后，油的重组分可自行沉积或粘附在海区悬浮物颗粒中，沉积在沉积物表面，从而对底质造成影响。

7.4.2 对海洋生物的影响分析

（1）对浮游生物的影响

泄漏油类一进入受纳水体便迅速扩散，在水面扩散成为光滑的油膜，它隔绝了大气与水体的气体交换，减少了水体的复氧作用。油类的生物分解和其自身氧化作用又消耗水体中的溶解氧，使水体缺氧并可能导致生物体死亡。另外，油膜还能降低表层水体中的阳光辐射量，阻碍浮游植物的光合作用，甚至引起死亡，同时也使以浮游植物为主要食物来源的浮游动物大量减少死亡。油类化学毒性还会破坏细胞膜的正常结构，干扰生物体的酶系。

（2）对底栖生物的影响

底栖生物随种类的不同而产生对石油浓度适应的差异，多数底栖生物石油急性中毒致死浓度范围在 $2.0\sim 15\text{ mg/L}$ ，其幼体的致死浓度范围更小些。软体动物双壳类能吸收水中含量很低的石油，受石油污染的牡蛎会引起因纤毛鳃上皮细胞麻痹而破坏其摄食机制并进而死亡。某些底栖甲壳类动物幼体（无节幼虫）当海水中石油浓度在 $0.1\sim 0.01\text{ppm}$ 时，对藤壶幼体和蟹幼体有明显的毒效。

（3）对海洋贝类的影响

溢油一旦搁滩，在大量原油覆盖的滩面，固着性生物，如贝类、甲壳类生物和藻类会窒息死亡。在油膜蔓延的滩面上，幼贝发育不良，产量下降，成年贝会因沾染油臭而降低市场价值。在潮下带的养殖贝类，也会受到严重的油污染。这些滤食性双壳类、在摄食时也同时摄入海水中的悬浊油分（乳化油滴）。进入蛤类胃中的乳化油滴破乳后结合成更大的油滴，并在体内积累，引起某些生理功能障碍，终因胃中油积累过多不能排泄而死亡。据 Cilfillan 实验，当油浓度达到 1.0mg/L 时，可使贻贝产生呼吸加快，捕食减少的致死效应。沉积在底质孔隙中的油浓度过高，会引起贝类大量死亡。此外，由于做为对虾饵料的贝类大量减少，对虾即便不直接中毒致死也会因缺乏饵料而影响生长发育，降低产量。值得注意的是，溢油对贝类的危害不是暂时性的。漫滩的污油会随潮汐涨落在附近周期性摆动，面积逐渐扩大，在波浪扰动下部分被掩埋进入沉积环境；潮下带溢油也会由于风化和吸附沉降进入沉积环境。这些进入底泥中的油类靠化学降解作用去除需数月之久。使贝类幼体或中毒发育不良或窒息死亡，使急性污染变成沉积环境的长期污染。

（4）对鱼类和虾类的影响

发生溢油事故后，进入海洋环境的石油类，在波生湍流扰动下形成乳化水滴进入水体，直接危害鱼虾的早期发育。据黄海水产研究所对虾活体实验，油浓度低于 3.2mg/L 时，无节幼体变态率与人工育苗的变态率基本一致；但当油浓度大于 10mg/L 时，无节幼体因受油污染影响变态率则明显上升。对虾的蚤状幼体对石油毒性最为敏感，浓度低于 0.1mg/L 时，蚤状幼体的成活率和变态率基本一致，即无明显影响；当浓度达到 1.0mg/L 时，蚤状幼体便不能成活， 96hL50 值为 $(0.62\sim 0.86)\text{mg/L}$ ，即安全浓度为 $(0.062\sim 0.086)\text{mg/L}$ ；浓度大于 3.2mg/L 时，可致幼体在 48 小时内死亡。

溢油对鱼类的影响是多方面的，首先石油会引起鱼类摄食方式、洄游路线、种群繁殖的改变或个体失衡。在鱼类的不同发育阶段其影响程度也不相同，其中对早期发育阶段的鱼类危害最大。油污染对早期发育鱼类的毒性效应，主要表现在滞缓胚胎发育，影响孵化，降低生理功能，导致畸变死亡。以对鲱鱼的实验为例，当石油浓度为 3mg/L 时，其胚胎发育便受到影响，在 $3.1\sim 11.9\text{mg/L}$ 浓度下，孵出的大部分仔鱼多为畸形，并在一天内死亡。对真鲷和牙鲆鱼也有类似结果。当海水油含量为 3.2mg/L 时，真鲷胚胎畸变率较对照组高 2.3 倍；牙鲆孵化仔鱼死亡率达 22.7%，当含油浓度增到 18mg/L 时，孵化仔鱼死亡率达 84.4%，畸变率达 96.6%。Linden 的研究认为，原油中可溶性芳香烃的麻醉作用导致鱼类胚胎活力减弱，代谢低下，当胚胎发育到破膜时，由于能量不足引起初孵仔鱼体形畸变。此外，溢油漂移期间，渔区和捕捞作业会受到很大的影响。成龄鱼类为回避油污而逃离渔场，渔场遭到破坏导致渔获减少；捕获的鱼类也可因沾染油污而降低市场价值。

根据模拟预测结果在大潮落潮+NE 风组合下，油膜向东北向漂移，会比较靠近

幼鱼、幼虾保护区，溢油事故有可能会对保护区内鱼类产生影响。

(5) 溢油对海岸线生态的影响分析

油膜抵达沙质或岩礁质海岸线时，油膜将较长时间粘附在海岸线上，对其生态系统将造成长期严重破坏，其恢复期可长达几年，严重破坏附近海域的景观。根据数模结果，在大潮涨潮+SW 风组合下，油膜向西南漂移至靖海湾内，经 4.0 小时油膜登岸，如发生溢油事故，必然会对靖海湾海岸线造成一定的影响。

(6) 对海洋生态长期累积影响

溢油事故对渔业资源的中、长期累积影响主要是造成渔业资源种类、数量及组成的改变，从而使渔业长期逐渐减产。这种影响在海域环境中可持续数年至十几年，因溢油规模及溢油地点而异。

由于海洋生态系统是多样性和复杂性，迄今为止，尚未找到整个种群发展趋势与污染之间的相关性。水面被油膜覆盖，阻碍空气和水体的氧交换。水层光照减弱，作为食物链中基础营养层次的浮游植物生长受到抑制，初级生产力下降；同时海水中低浓度油会刺激某些耐污性单细胞浮游植物大量增殖。这些藻类过渡增殖会形成赤潮，造成极大的生态性危害——鱼、虾、贝类大量死亡，改变了浮游植物群落结构，大大降低浮游植物多样化水平。进入水中的乳化油达到一定浓度可造成贝类大量死亡。在鱼、虾繁殖季节里，海水油污迫使鱼、虾、蟹类回避迁移，导致产卵场和育幼场消失或产下卵子不能孵化。油污粘附在海洋生物的呼吸和运动器官上都会导致海洋生物因缺氧而窒息死亡。轻质油和精炼油比原油和重燃料油对成体鱼的危害更大。潮下带和潮间带的底栖生物受意外溢油及其处理措施的危害尤为严重。受害种群的完全康复需要数年甚至数十年时间。

生态实验的研究结果表明，长期暴露于（0.01~0.1）mg/L 的石油浓度中，可造成生态、群落结构的破坏。当海洋草食动物遭受污染损害时，会导致破坏海洋的生态平衡。当石油烃进入海洋细菌种群后，有利于以石油烃为饵料的种群的生长，而有损于（至少在早期）其余的种群。微型藻类受油污染的影响程度差异极大。较高的油浓度会导致微型藻类固碳作用减弱，生长终止，最终死亡。石油能渗入较高等级的植物，堵塞细胞间的空隙，阻碍呼吸和繁殖。某些滩涂植物能忍受轻度油污，但严重污损常会导致其慢性死亡，这种过程的发生往往需要若干年之久。海上油膜能毒杀或损害某些浮游动物（包括挠足类等完全漂浮性动物）以及浮游鱼卵、仔稚鱼和底栖无脊椎动物。栖息于海洋近表层的鱼卵和幼鱼对油污的适应性很差，对轻质油特别敏感。

7.4.3 对旅游娱乐休闲区的影响

滨海旅游区一旦遭受溢油污染，会造成海水质量下降。海面上的飘浮的油污

随着风浪和潮汐的推动被冲到海岸或海滩上，堆积在潮间带，特别是在高潮线附近的岩石坑或洼地里，油污有的粘在海边岩石表面，还有的粘在鹅卵石和砂砾上。如果沙的粘性小，溢油还能渗入海滩表层砂子里，形成厚厚的油沙混合层，带来视觉的厌恶感，令人望而却步。溢油还可能使接触污染海水的游客感染皮肤病、眼疾、呼吸道疾病等。这些都降低了海滨的使用价值，恶化海岸的自然环境，使海域的旅游资源价值下降。由于油污的污染导致游客减少，游客的减少使滨海旅游风景区的收益减少，造成旅游经济的萧条。

7.4.4 对人体健康的间接影响

溢油通过食用油污染鱼虾或贝类对人体健康产生间接影响。石油中对哺乳类有致癌作用的多环芳烃，如 3、4 苯并芘和 1、2-苯并蒽等。生物资源，特别是软体动物和藻类常含有较高量的多环芳烃。海洋生物体中多环芳烃的含量不仅取决于摄食，而且取决于它们积蓄和代谢这类化合物的能力。在积蓄和保护芳香族化合物和多环芳烃类能力方面，富脂鱼胜于贫脂鱼，在某一鱼种体内，富脂组织胜过贫脂组织。鱼类和甲壳类动物能够代谢多环芳烃类，并以水溶性更大的羟基物形式排泄。软体动物在这方面的能力较差。软体动物富集多环芳烃类所达到的含量高于任何其它海洋生物，但在人类饮食中多环芳烃仅占很小一部分，因而它们在加剧致癌危险方面的作用较小。

7.4.2 风暴潮事故影响分析

护岸及堤坝工程在施工期间遭遇风暴潮受损，将可能导致工程泥沙、块石入海，使工程周边海域悬浮物浓度增加，影响周边海洋环境，此外，还将影响工程施工进度，增加工程人力物力消耗，扩大工程成本投资。

7.5 环境风险防范措施

溢油事故的发生，很大部分是由于人为因素造成的，这部分事故可通过严格质量控制和完善的管理予以防范。但是，由于存在多种不可预见因素，突发性事故是不可绝对避免的。溢油事故一旦发生，其影响程度很广，危害程度也很大，因此，必须制定污染防范、控制措施。

7.5.1 自然灾害风险防范措施

(1) 施工前制定科学合理的施工工艺，堤坝设计应符合抗浪、抗震、抗风等相关规范要求。

(2) 从堤防实际遭受破坏的情况来看，护面、护底块石的重量和厚度对防波堤的稳定性起着关键作用。因此，在按设计波浪确定的护面、护底块石标准基础上，可增加一些富裕量，根据广东省沿海的实践经验，护面、护底块石重量可在

标准基础上增加 20%~30%的富裕量。

(3) 合理安排施工时间，避开台风多发期施工，使工程安全度汛。4~10 月为热带气旋影响季节，施工期间应对工程各类设施都要作好防台风的安全措施，切实加强监管。

(4) 业主单位应积极配合相关政府职能部门做好应对台风、暴雨等气象灾害的措施，当台风来临时，需按照防台要求对船舶进行妥善安置，避免热带气旋等恶劣天气带来的损失。

(5) 业主单位应加强对灾害性天气条件下水上交通安全监管，不得超过安全适航抗风等级开航，避免在恶劣天气及危及航行安全的情况下航行。

7.5.2 溢油风险防范措施

(1) 建设单位施工前需向海事部门申请水上作业施工许可证，工程建设应在批准的海域使用范围内进行，工程区域设置醒目的安全标志。

(2) 业主单位应加强对施工单位施工作业和施工机械的管理和监督，施工船舶施工前要向社会发布航行安全通告，严格按照《海上交通安全法》和《海上避碰章程》的规定航行和作业。船舶航行和施工作业应在适航的天气条件下进行。

(3) 加强对作业人员操作技能和环保意识的培训，确保按照规范进行操作，树立良好的风险安全意识，配备必要的人员负责海上通讯联络、船舶导航、引航、助航、航标指示、海事警报等安全监督业务。

(4) 经常对施工船舶进行检查，进行必要的维修保养，避免由于机械故障或者出现跑、冒、滴、漏等情况所造成的对海域的污染。

(5) 根据国家有关法规和条例的要求，施工船舶应配备《船上油污应急计划》，在人员和器材配备上做到有备无患。

(6) 建立海域自然灾害的监测、监视和预报、警报、应急系统，制定海上船舶突发事件应急预案，还可联合海事、交通、环保部门进行应急救援演练。

7.5.3 总体评价

总体上来说，本工程在切实落实工程设计中和本评价提出的各项安全对策措施的情况下，通过加强安全监督与管理，能够满足国家及行业在安全方面的相关要求，事故和环境风险在可接受的水平。

7.6 环境风险应急对策

风险事故发生后，能否迅速而有效地做出应急反应，对于控制污染、减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。目前按照国家处理突发性环境污染事故

要求建立的应急响应机构包括三级，分别是国家级、区域(地区)级和企业级，其中企业应急机构是最先启动应急预案的执行机构，本评价针对企业这一级提出要求。

本项目环境风险主要是施工期施工船舶事故造成的溢油风险，建设单位应联合施工单位制定应急预案，建立应急响应机构，该机构主要职责包括：负责制定应急预案，并组织演练；负责发布预案启动和关闭命令；负责统一调配救援人员、应急设备和器材等；负责协调和指挥应急救援工作；负责及时向地方政府通报环境污染事件，必要时请求增援；负责对环境污 染事件进行调查。

7.6.1 碰撞应急措施

(1) 尽量减轻碰撞损失

当两船即将发生碰撞时，操纵者必须沉着冷静，适当而果断地下令停船、倒船或抛锚，以尽力减少船舶运动速度，减轻碰撞力，并且妥善用舵，以减小碰撞角度，避免拦腰相撞。如果距离太近已经来不及背向他船转出，并且继续按此方向转动反而有可能加剧碰撞后果时，应该向他船转向，以减轻碰撞力和避免船尾与它船相撞。

(2) 应立即采取损害管制

有关人员检查船体，进行损害管制及抢救伤员和落水人员。若碰撞不严重，应就近选择锚地抛锚，迅速而详细地了解碰撞的全过程，做好善后处理事宜。

(3) 尽力援救受损的他船

如发现他船已遭损坏，应遵守有关规定，停留在附近尽力援救对方。只有确定对方仍可航行后，方可驶离。

(4) 严重相撞情况下的措施

如果船首插入他船船体或被 他船插入，插入船不宜立即高速退离，否则可能扩大破口，使破损进一步恶化。因此在上述情况下，应在堵漏、加固并确信无危险情况后 方可退出。万一损害严重，有沉没可能，应做好防沉的工作。

7.6.2 防台应急措施

靖海湾受台风影响频繁，必须做好防台工作。

1、防台工作的组织

应当加强工程设施预防和抵御台风的管理工作，建立防台应急小组；具体应做到以下几点：

(1) 掌握台风信息注意台风动态，及时通报台风动向，发布防风防台状态命令；

(2) 台风来临前，事先与海事主管部门联系，做好施工船舶防台的组织工作，做到：及时通知船上人员做好避风准备。离船船员应立即回船。船舶不得拆修主机

和其它动力设备，正在拆检的应立即恢复。检查防台设备情况，包括锚设备、系缆设备、动力设备、水密设备、通讯设备的工作情况，并做好记录。相关机构开始实行 24 小时昼夜值班，并保持与海事局联系。船舶在疏散过程中要服从海事部门的统一指挥。

(3) 负责与相关部门的沟通与协调；

(4) 对船舶有关防台的设备和属具应于台风季节来临的前一个月组织一次系统的检查。确保台风季节期间，船舶有关防台的设备和属具的技术状况符合《船舶防台技术操作规则》的规定；

(5) 组织船员和公司船务、机务、安全、供应、通信等部门的执行人员学习并正确执行《船舶防台技术操作规则》；

(6) 对每年的防风防台工作进行总结。

2、台风过后的工作

(1) 台风袭击过后，应即检查船舶遭受损失情况，特别注意检查船舶车、舵、锚及重要属具等有无在风浪中遭受潜在的损伤。

(2) 台风袭击过后各船在航行中，应警惕潮汐规律可能发生紊乱，浮标可能漂移，航道通航条件可能发生变动等异常情况。

7.6.3 溢油应急预案

作为溢油事故风险防范和应急对策的重要组成部分，应急组织机构应制定应急计划，其基本内容应包括应急指挥组织、应急响应、应急设施（设备器材）、应急通讯联络、应急措施、应急监视监测、应急安全保卫、应急状态终止、事故后果评价、应急报告等。

(1) 应急预案的主要内容

本项目的海上溢油应急预案应包括以下主要内容：

- 项目的作业情况，项目海域的环境和资源状况。
- 项目可能发生溢油事故的可能性分析、发展趋势及后果预测。
- 事故报告制度及程序。
- 事故现场人员应采取的初步应急行动。
- 动员企业及地方力量协同救灾的程序。
- 应急指挥中心。
- 应急组织及成员的职责分工和应采取的行动。

- 通讯联络。
- 信息发布。
- 救急设备设施。
- 培训、演习和计划的修改等。
- 应急组织应包括：应急指挥中心、现场指挥小组等。

(2) 应急响应通知程序

为了确保有关人员能在发生事故时能及时得到警报并针对发生的紧急情况作出相应的反应，采取应对措施而设定应急响应通知程序，一旦通知在应急小组指挥责任范围内，应急措施程序就立即生效。事故的通知取决于事故的种类和事故大小级别，并针对不同的种类、级别作出适当的响应。应急响应通知程序详见图 7.6-1。

(3) 应急机构建立

为了对突发的紧急事故于第一时间作出反应并采取相应的措施，使突发事故得以消除或控制在尽可能小的范围内，有必要建立一个高效率、强有力的应急小组来对紧急情况作出反应、进行处理，并根据事故的级别和区域有应急小组响应进行处理。应急机构成员包括指挥、对外联络人、法律顾问、人力调配主管、作业主管等等多方面的责任主管人员。

当地政府各部门的职责及其分工的应急组织结构见图 7.6-1，报告和报警（通报）及应急程序分别见图 7.6-2 和图 7.6-3。

(4) 应急措施程序

紧急事故分为 3 个级别：级别 I—少量溢油(1~10t)、级别 II—有效溢油(10~50t)、级别 III—大量溢油(50 t 以上)。根据事故级别采取相应的应对措施。

本项目施工船只吨位较小，因此本次评价针对 I 级溢油事故发生制定应急措施程序。

在出现 I 级溢油事故时，于第一时间通知通知海事部门，尽可能详细报告现场泄漏情况，并告知布拦船工作人员，立即布拦封堵。调度确认警报的真实性后，尽可能收集第一手资料，并通知施工单位、当地港航管理局等相关部门主管，同时通知船队最好出动准备。生产部主管根据情况对事故做出判断，向部门分管领导汇报推荐处理方案，由布拦船利用吸油机和吸油拖拦等先进机械进行回收，机械回收完毕后根据海面剩余尾油的数量和对环境的影响决定是否用削油剂或让自然降解。

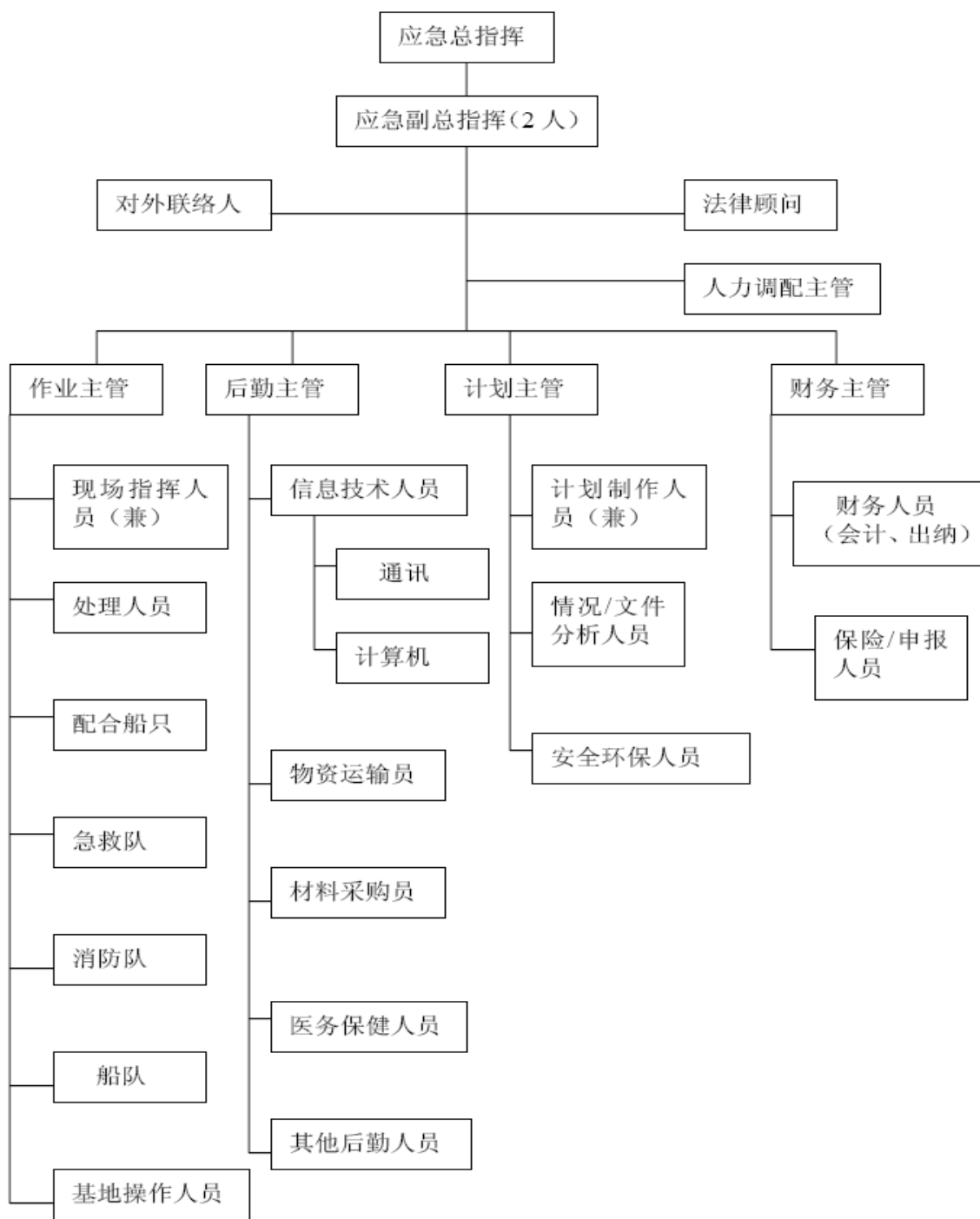


图 7.6-1 环境风险事故应急指挥系统结构组成图

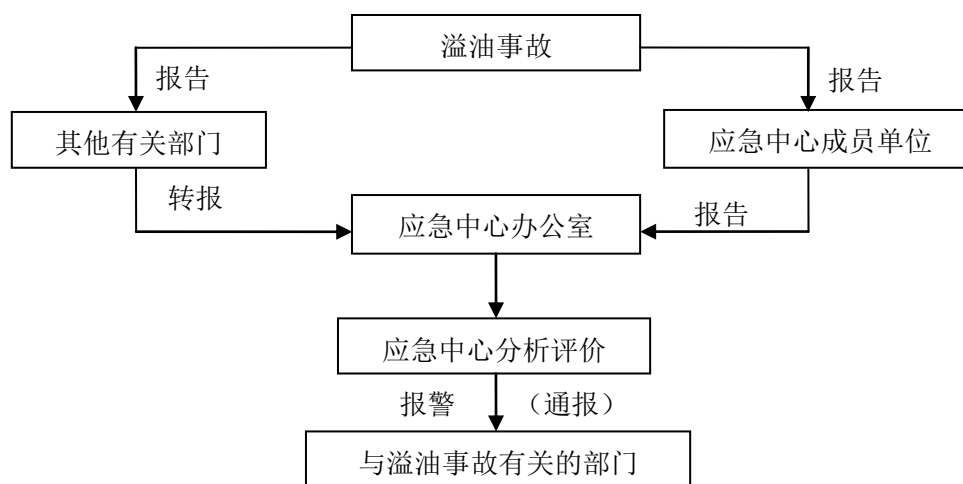


图 7.6-2 报告和报警（通报）程序

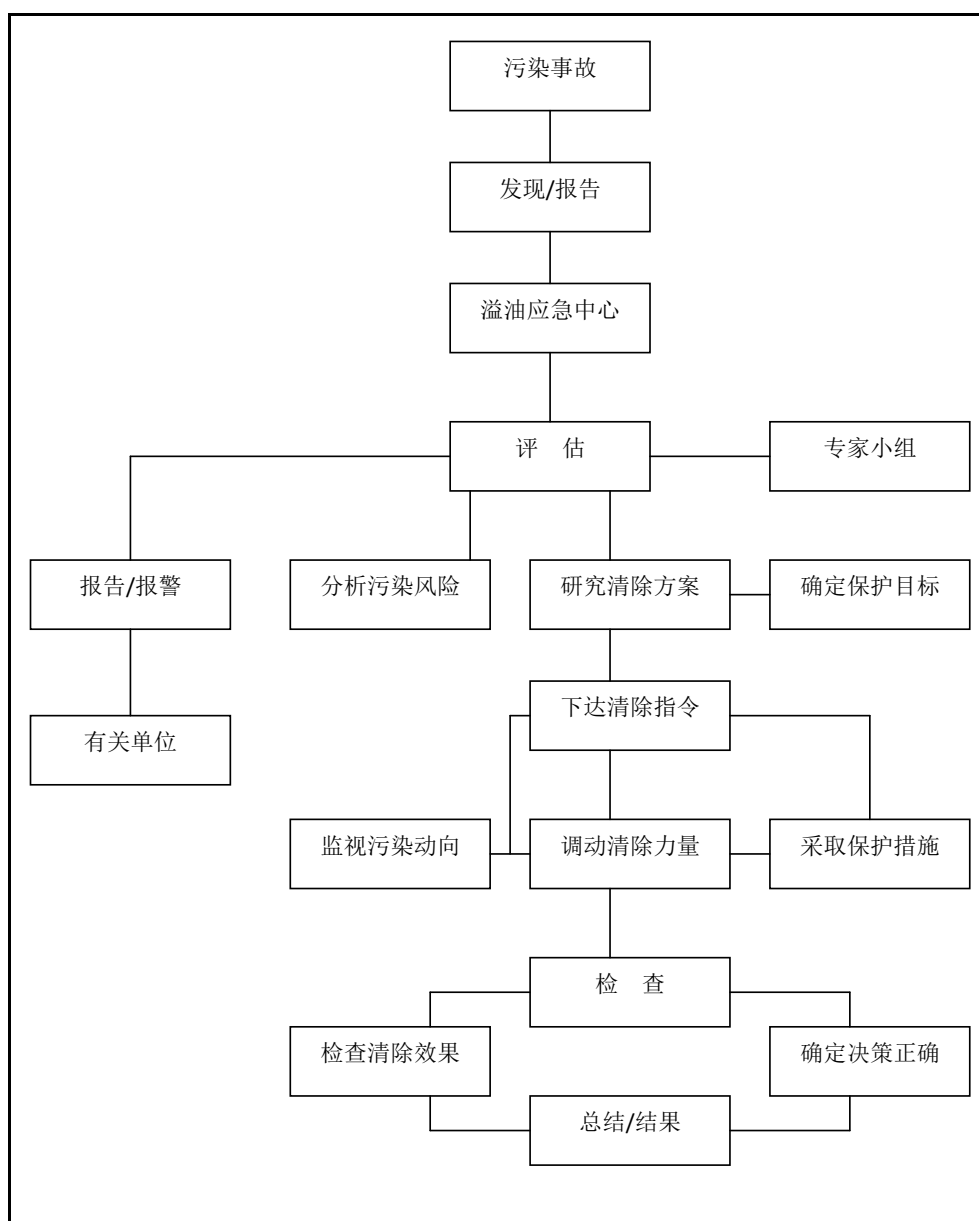


图 7.6-3 应急行动反应程序

（5）应急通讯联络

为确保船舶突发性海损、污染事故的报告、报警和通报以及应急反应各种信息能及时、准确、可靠的传输，工程必须建立通畅有效、快速灵敏的报警系统和指挥通讯网络，包括与惠来海事局应急反应指挥系统的联络。

（6）应急监视监测

船舶溢油污染事故的应急监视系统是通过监视手段，及时发现船舶溢油、泄漏及其它海上事故，迅速确定船舶事故发生的位置、性质、规模等，为应急反应对策措施及方案的选定提供依据。本工程要充分依托惠来海事局现有监视系统进行日常监视，施工期还要充分依靠当地群众的举报，及时发现事故险情。

溢油事故会对周围环境造成严重污染，一旦发生溢油事故，应立即采取措施，用围油栏把事故船舶围起来，尽可能减小油膜漂移扩散的范围，并及时启动溢油应急计划，在最短时间内将事故及其影响控制到最小范围。溢油事故对环境影响巨大，必须严加防范，杜绝发生。

（7）溢油事故控制措施

施工船舶在施工过程中出现溢油事件、事故，能自行处理就自行处理，事件、事故较大且不能自行处理的应立即启动应急预案，告知上级和当地海事、水上公安、环保、消防等单位 and 自行控制。

当溢油事故发生后，除应及时启动溢油事故应急案外，还应立即采取适当的溢油清理措施，如使用围油栏将出事船舶围住，以预防油泄漏后的蔓延扩散；同时应根据溢油量的大小，油的扩散方向、气象及海况条件，迅速调整围油方向和面积，缩小围油栏的包围圈，然后加消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。

（8）溢油应急设备及材料

考虑到本海区的环境功能特点，为加强生态风险防范应急措施，除了依托海事局现有的海上应急的围油、回收设施，建设单位联合施工单位应配备必要的溢油事故应急反应设施，以满足突发性事故应急反应的实际需要。一旦出事，能迅速出击，使生命财产损失和对周围生态及环境的污染减少至最低限度。

根据交通部《港口溢油应急设备配备要求》（JT/T451-2009），结合本项目的自然环境情况（包括气象、水文、环境等情况）和施工等情况，本项目船舶事故溢油应急处置措施应配备质量可靠，技术先进，产品升级能力强的相关设施。根据本工程施工船舶代表船型，采用《港口溢油应急设备配备要求》（JT/T45-2009）中相关的溢油应急设备配备标准（见表 7.6-1），作为本工程应急设备的基本配备要求。

表 7.6-1 溢油应急设备配备要求

设备及材料	规格	配备量
围油栏	应急型	不低于最大施工船型的 3 倍船长
收油机	1m ³ /h	1 套
消油剂	-	0.2t
消油剂喷洒装置	-	1 套
吸油材料	-	0.2t
轻便储油罐	1 m ³	1 个

8 清洁生产

8.1 建设项目清洁生产内容与符合性分析

8.1.1 清洁生产内容

清洁生产是指将综合性预防的战略持续地应用于生产过程、产品和服务中，以提高效率和降低对人类和环境的危害，是从被动控制污染到主动预防污染，通过工艺技术的改进和管理水平的提高来实现污染削减。清洁生产的主要内容包括清洁能源、清洁的产品和清洁的生产过程。2002 年我国《中华人民共和国清洁生产促进法》的颁布实施，从法律层面促进企业实施清洁生产。

对于生产过程来说，清洁生产是指节约能源和原材料、淘汰有害原材料，减少污染物和废物的排放及它们的有害性；对于产品来说，清洁生产指降低产品全生命周期（包括从原材料的开采到寿命终结的处置）对环境的有害影响；对服务来说，清洁生产指将预防性环境战略结合到服务的设计和提供活动中。

实施清洁生产的途径包括：用无污染、少污染的产品替代毒性大、污染重的产品；用无污染、少污染的能源和原材料替代毒性大、污染重的能源和原材料；用消耗少、效率高、无污染、少污染的工艺设备替代消耗高、效率低、产污量大、污染重的工艺、设备；最大限度地利用能源和原材料，实现物料最大限度的厂内循环；强化企业管理，减少跑、冒、滴、漏和物料流失；对少量的、必须排放的污染物，采用低费用、高效能的净化处理设备和“三废”综合利用措施进行最终的处理、处置。

本项目为丁字坝工程，运营期本项目不产生污染物质，仅从该项目施工期的施工过程、污染物产生与治理措施等方面考虑拟建项目是否符合清洁生产的原则和要求。

8.1.2 清洁生产分析

从海洋环境影响的性质来看，施工期本项目是直接或通过影响海域悬浮物含量而间接对海洋生态环境产生影响的基础设施建设项目，其他污染物还有施工人员产生的生活污水、施工机械油污水和生活垃圾。

根据项目施工和营运特点，结合丁字坝工程的实际情况，主要从建设期的清洁生产措施等方面分析本项目的清洁生产水平。施工过程的清洁生产主要体现在减少污染物的产生量、降低对环境的干扰上，本项目施工期的清洁生产具体表现在：

① 采用合适的施工方式

本工程丁字坝基础开挖采用 2m^3 抓斗式挖泥船进行作业，抓斗式挖泥船对底泥的扰动较小，可有效减少基础开挖过程悬浮泥沙的产生量，并满足工程设计的要求。施工单位合理安排、调度船舶，丁字坝堤心抛石产生悬浮物较小。本项目基础开挖采用的抓斗式挖泥船是较先进的施工船舶，符合清洁生产的要求。

② 采用先进的施工设备

对施工过程中所需的混凝土搅拌机、输送泵等，一律采用国内外先进设备，严禁

采用高噪声和高耗能的不合格产品施工，从源头控制施工过程的环境污染问题。搅拌机等主要施工设备，声源强度必须达到相关机械产品的噪声标准；施工阶段执行《建筑施工场界噪声限值》（GB12523—90）的各项要求，控制施工作业时间。

业主单位将与所有施工单位签署协议，并由监理单位负责监督，要求所有施工单位确保使用品质优良的施工车辆及各种机械设备，实现噪声和尾气排放达标。一律在营地附近的临时停车场进行维护和保养，不得随意停靠、清洗和抛弃维修废弃物。

③严守规范、科学施工、降低对环境不必要的干扰

有了合适的施工方案和机械，还需要注重施工方式，各个环节都必须始终贯彻环境保护意识，才能将对环境的影响减至最低程度，具体应做到：合理安排施工顺序、位置及施工进度，在施工过程中严格按照施工组织方案进行，尽可能缩短施工期以减小对周围环境的不利影响；陆域生产、生活污水统一收集处理；施工期尽量避开经济鱼类繁育期和幼鱼幼虾保护期；建设单位应会同地方海洋环保部门做好施工期间环境监测检查工作，并实施公众参与制度，对公众提出的环境投诉应由建设单位和监理单位责成施工单位整改，直到公众满意为止。

④文明施工，爱护环境

A、抓好施工现场管理，制定文明施工计划。对职工的操作技能和环保意识都要加以必要的培训，确保按照规范进行操作。既要保证工作效率，又要尽量减少对海域水体和底质的扰动；

B、加强对施工设备运行情况的检查，经常进行维修保养，避免由于机械故障造成的对海域的污染；

C、加强事故防范措施：遇到风暴潮、台风或者暴雨等恶劣天气时，应停止施工作业，提前做好安全防护工作。

8.2 建设项目清洁生产评价

在本项目的建设施工过程中，采用了合适的施工方案，使用先进的工艺装备、使作业高效、节能，减少不必要的消耗，也就降低了对环境的不必要的影响；同时，在作业过程中严格遵守技术规范，以环境保护意识贯穿于整个建设过程中，文明施工，爱护环境，这些都是清洁生产原则在本项目建设过程中的体现。因此，从总体上说，本项目施工期的清洁生产水平较高。

9 环境保护对策措施

9.1 建设项目各阶段的污染环境保护对策措施

9.1.1 施工期污染防治措施

9.1.1.1 减少悬浮泥沙污染措施

(1) 施工应严格按照交通部《水域工程测量规范(JTJ203-2001)》执行。根据工程施工计划,施工需要船舶进行基础开挖作业,为减少其施工活动的影响程度、范围和时间,施工单位应合理制定施工计划、合理安排施工进度和合理划定施工范围。对抛石的速度进行适当的控制,减少淤泥散落海中。

(2) 施工作业尽可能避开底栖生物、鱼类的产卵期、浮游动物的生长期及鱼卵、仔鱼、幼鱼的高密度季节,尤其在4~7月应减少施工强度,注意生物保护。

(3) 在施工过程中需加强管理,文明施工,定期对施工设备进行维修保养,确保设备长期处于正常状态,发生故障后应及时修复。

9.1.1.2 施工船舶污染防治措施

(1) 施工船舶含油污水将严格按照《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》,排放至岸上或水上移动油污水接收设施,并交由有资质的单位处理。建设单位委托施工单位时应在施工合同中应承诺施工期的含油污水100%收集处理,由施工单位自行与油污水接受单位签订船舶油污水接受协议。

(2) 船舶生活污水采用污水收集仓集中收集,再安排吸粪车将污水罐中的生活污水吸走。

(3) 严禁向施工海域排放废油、残油等污染物。不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

(4) 施工单位应加强安全与质量管理,加强对施工船舶和运输船舶的安全性和环保意识教育,遵守海上航行和作业的有关规定,消除船舶碰撞、漏油、往海域投弃垃圾的不良现象。

9.1.1.3 施工期固体废物处理措施

(1) 施工期垃圾由各施工单位负责处理,不得随意抛弃或填埋。建设单位应在施工招标书中提出相应的条款和处罚制度。

(2) 施工单位应加强施工管理和环保教育施工垃圾应定点集中堆放,尽量分类回

收利用，垃圾收集集中后送到市政固废处理场所无害化处理。

(3) 基础开挖沙土就近抛在岸边进行护岸处理。

(4) 施工区设置杂物停滞区、垃圾箱和卫生责任区，经常清理各类施工垃圾，并确定责任人和定期清除的周期。

(5) 加强对施工单位的监督管理，禁止将施工垃圾，特别是有毒有害固体废物混入石料中。

(6) 建设工程竣工后，施工单位应在一个月内将工地的剩余建筑垃圾等处理干净，建设单位应负责督促。

9.1.1.4 施工期其它环保措施

(1) 施工期陆地生活污水由环保厕所和化粪池收集处理，船舶生活污水由船舶自备的临时污水储存柜收集，靠岸后由惠来县环卫部门用槽车接收后处理。

(2) 在施工场地建设临时导流沟，导流沟上设置沉砂池，将暴雨径流经沉砂后引至雨水管网排放，避免雨水横流现象。针对设备车辆冲洗，设置沉淀池，将冲洗废水简单处理后循环使用。严禁将施工过程中砂石料的冲洗、混凝土搅拌产生的废水及混浊泥浆等倒入海中，必须经临时沉淀后有组织排放。

(3) 施工散料堆场四周应用石块围出高 0.5m 左右的防冲墙，防止散料被雨水冲刷流失，降低水土流失。

9.1.2 营运期污染防治措施

本工程的营运期污染物主要是初期雨水。初期雨水含尘量较小，自然排入海中。

9.2 建设项目各阶段的非污染环境保护对策措施

严格按照批准的用海范围、用海方式进行施工，减少不必要的开挖和破坏，减少施工建筑材料的散落入海、避免废弃土石方入海，这样以减少对地形地貌改变程度，从而减少对水文动力及冲淤环境的影响。采取前一节的减少污染物排放的环境保护措施，能够降低施工期间污染因子对海水水质、沉积物质量的影响，从减少海洋生物的损失量。

9.3 建设项目各阶段的海洋生态保护对策措施

9.3.1 海洋生态保护措施

本工程在施工过程中会对海洋生物栖息地造成短时期的破坏，施工过程中应当尽可能防止破坏超出施工范围，以防止不可恢复的破坏和影响，具体生态保护对策如下：

(1) 建议尽可能避开鱼类的繁育期进行影响较大的海上施工，以减少对渔业资源

和水生生物的影响；

(2) 施工过程中须密切注意施工区域及其周边海域的水质变化。如发现因施工引起水质变化而对周围海域海洋生物产生不良影响，则应立即采取措施，必要时可短暂停工；

(3) 施工作业会对海洋生物栖息地造成破坏，应当尽可能防止超出施工范围，不得随意丢弃施工废渣，避免不可恢复的破坏和影响；

(4) 项目应对整个施工进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻施工可能带来的水生生物的影响；

(5) 施工单位在施工前期充分做好生态环境保护的宣传教育工作，增强施工人员对海洋环境保护意识；建议施工单位制定有关海洋生态环境保护奖惩制度，落实岗位责任制；

(6) 施工期间和工程建成后，应对项目附近的生态环境进行跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

9.3.2 生态补偿方案

本项目施工过程中会对工程附近海域的底栖生物和渔业资源造成一定的损失，详见第六章。建议工程建设单位对工程建设造成的生物资源损失进行补偿。生态补偿按照等量补偿原则确定。本项目造成的渔业资源的经济损失金额应纳入项目投资的环保投资。具体的补偿方式由项目建设单位跟海洋和渔业主管部门协商确定。根据国务院《关于印发中国水生生物资源养护保护行动纲要的通知》的精神，建设单位应当按照有关法律规定，制定补偿方案或补救措施，采取增殖放流等修复措施，改善水域生态环境，实现渔业可持续发展，促进人与自然的和谐发展，维护水生生物多样性。根据渔业资源调查结果，以及项目所在海区的主要经济鱼类分布情况，建议工程建设单位采取增殖和放流的方式进行资源补偿。

9.4 建设项目的环境保护对策措施一览表

本项目为丁字坝非透水构筑物工程，对海洋生态环境造成的影响和破坏主要发生在项目施工期。本项目丁字坝工程将永久性的占用海域资源，使得该海域的生态环境的破坏。本项目环境保护对策措施见表 9.4-1。

表 9.4-1 环境保护和对策措施一览表

	环保措施	预期效果	备 注
污 水 处 理	陆地生活污水由环保厕所收集处理，船舶生活污水由	生活污水集中处理,对海洋环境影响很小	施工单位负责落实和管理，建设

	船舶自备的临时污水储存柜收集,靠岸后由惠来县环卫部门用槽车接收后处理		单位进行监督
	对于工地污水,设置导流沟、污水沉淀池收集	废水沉淀后排放,对海洋环境影响很小	
	船舶油污水由施工单位交给有资质的单位进行处理	不对海洋环境产生影响	
固废处理	锚块基础开挖沙土进行回填	回收利用	
	垃圾桶	收集后的垃圾由由环卫部门接收后统一处置	
	设置建筑垃圾堆放点	尽量回收利用,不可回收利用的分类收集,由施工单位负责清运	
渔业资源	建议施工期加强施工区附近海域的水质监测	掌握施工活动与水体中悬浮物增量的规律,尽可能避免对海洋生态产生不利影响	
	选择适合本海域生长的鱼类进行放流。	通过人工放流,增加渔业资源量	
底栖生物	对施工准确定位、详细记录其过程,严格按照施工平面布置进行作业,避免在一个区域重复作业	减少对项目所在海域底质扰动的强度	
	选择适合本海域生长的贝类底播。	通过贝类底播,增加底栖生物资源量	
其它	禁止滥捕滥挖	保护水生生物	
	加强环境管理和环境监理工作,做好环境跟踪监测工作。	减轻项目建设对海洋环境的影响	
	对护岸和护坡进行绿化美化,增加生态护坡。	提升景观环境,发挥岸线的景观功能。	

10 环境保护技术经济可行性分析

10.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

为了加强建设项目的环境管理，防止环境污染，减轻或防止环境质量下降，根据“建设项目环境保护设计规定”的要求，建设项目的环保设施必须与主体工程同时建设。环保建设投资主要包括环保工程建筑、安装、调试、运转、维修及环境绿化费。

本报告拟采取的清洁生产和污染防治措施主要针对会对海洋环境造成影响的水污染和固体废物污染，并提出了生态保护措施，比较清楚、具体，可以有效执行，能够达到环境保护的要求。经计算，项目各污染防治措施的实施费用约为76.76万元，项目总投资约2775.57万元，占总投资的2.8%。从经济角度论证，该环境保护措施投资对业主也是可接受的。

表10.1-1 环保措施及投资估算

序 号	环保措施	单 位	数 量	单 价 (万 元)	总 价 (万元)	备 注
第 I 部分 环境监测						
	施工期环境监测			10	10	
	营运期环境监测			20	20	
	竣工验收环境监测			20	20	
第 II 部分 环保设施及安装						
	垃圾桶	个	10	0.05	0.5	
第 III 部分 环保措施						
	施工期洒水、道路清扫、垃圾处置等费用	项	1		6	
	含油污水处理委托费	年	1	10	10	按照 300 元/t 计算。

	施工期生态补偿	项	1		10.26	
	I ~ III部分合计				76.76	

本工程为靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目，通过建设丁字坝工程为改善该海域海岸带的破坏现状，促进海岸带经济可持续发展。营运期不排放任何污染物，不配备环保设施。

10.2 环境保护的经济损益分析

10.2.1 经济效益分析

直接经济效益：项目建设对于吸引资金、吸引人才、吸引项目和技术、增加旅游及其他方面的就业乃至推动揭阳的经济发展具有重要的作用。工程的实施能保护岸段的稳定，改善和提高当地的旅游价值，促进滨海旅游业的发展。建设区域开展科普性旅游、生态休闲观光旅游的条件也将得到进一步改善，形成旅游的黄金岸段。工程的实施将为建设区域带来更多的直接经济效益，增加客流量，带动附近相关第三产业的发展，提高海岸的发展动力，使靖海湾更加健康持续地向前发展。

间接经济效益：本项目的建设将有利提高绿洲海域海岸带质量，维护海岸安全，促进海岸的快速持续发展，有力推进和谐海洋、高效海洋、健康海洋的建设，拓展海岸海域空间，满足国家海岸与近岸海域资源有序、适度、可控制开发利用与沿海地区社会经济不断增长的需求。通过靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程的实施，保护超过四亿万元的资产，保护资深村 2 万多人口的生命财产安全，是防灾减灾的重要举措。

10.2.2 环境损益分析

(1) 环境直接、间接经济损失估算

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，对于本工程建设项目来说，主要环境损失体现在两个方面：一是施工造成的底栖生物损失，二是和渔业资源损失。

在工程建设中，由于丁字坝施工作业改变了生物的原栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少量活动能力强的底栖种类逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。据估算，工程总生物损失量如下：潮间带和底栖生物 223.11kg、游泳生物 286.53kg、鱼卵 4.02×10^5 粒、仔鱼 5.29×10^5 尾。

根据工程分析，本项目对水质环境的影响主要来源于抛石等施工引起的悬浮泥沙扩

散。根据水质预测结果，项目施工产生的悬浮泥沙增量超 10mg/L 的包络线面积为 0.948km²，该区域表层悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的纵向扩散距离 2.28km，横向扩散距离 0.236 km，引起的悬浮泥沙扩散范围很小，基本局限在工程沿线附近。工程施工属于短期行为，其影响也属于短期、可恢复性质。悬浮物浓度增加引起的水质超标也属于短期、可恢复性质。营运期无污染产生，不会对水质环境基本产生影响。

(2) 环境直接、间接经济收益估算

在环境经济损益分析中除需计算用于控制污染所需投资的费用外，还要同时核算可能收到的环境与经济效益。环境经济收益是指在采取环境保护措施后所得到的直接和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失。对本建设工程来说，环境经济效益只由间接效益组成。

根据本报告前述章节的相关分析可知，项目施工期对水环境的影响主要为悬浮物，其影响是暂时性的，将会随着工程项目的竣工而停止，只要在施工过程中做到文明施工、合理作业、落实各项环境保护措施和防范措施，可以将施工期对水环境的影响减少到较低水平；项目施工期产生的固体废物对环境的影响不大；总环境影响和损失可以接受，项目建成后的环境正效益明显。

10.3 环境保护的技术经济合理性

10.3.1 环境保护措施可行性分析

本项目环境保护措施预算费用为 76.76 万元，用于环境监测和环境保护设备费等，可有效控制施工期的环境污染，最大限度减缓对海域生态环境的影响，环境效益明显，措施可行。

环境监测时段为施工期，项目环境保护做到了全过程管理，所监测项目包括海水水质、沉积物、海洋生物、生物体质量和水深地形，所获监测数据可全面反映工程的环境影响，对于本项目的环境影响综合评价起到重要技术支撑作用。

本报告考虑了项目施工对海洋生态的实际影响，并按照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》上推荐方法计算了补偿费用，计算依据充分，结果合理，因此海洋生态补偿方案具有可行性。

环保投资中还包括了环境监理费等可能发生的费用，对于本项目施工期环保临时措施、环境监测、生态补偿等顺利实施起到组织保障作用。

10.3.2 环境保护投资经济合理性分析

经计算，本项目环境保护投资费用约为 76.76 万元，环保投资占总投资的 2.8%，相

对较低。从环境保护角度而言，该环境保护措施投资对业主也是可接受的，从经济角度论证，该项目的环境保护措施是可行的。

10.3.3 环境保护措施技术经济合理性分析

项目的建设有着较大的社会效益和经济效益，能够改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，促进和恢复靖海湾绿洲海域和海岸带的生态功能。与项目涉及利益相关者的协调，本项目对利益相关者的影响较小，项目建设受到各方的支持；项目投资对区域经济社会发展具有拉动作用，项目对增加就业、促进当地经济、社会和生态的可持续发展等都将起着十分积极的意义。

同时，本工程的施工建设会给项目所在海域环境带来一定负面的影响，项目所在海域的属性发生改变，并由此带来一定的经济损失，但是，与本工程带来社会效益比较而言，这些由环境影响造成的经济损失是可以接受的。同时，在项目施工建设和将来运营生产中，建设单位也将采取一定的环境保护措施来降低环境污染，实现清洁生产，努力将环境影响控制在最小范围和最低程度，并且这些环保措施是该类工程建设应用比较成熟的技术措施。因此，项目所采取的污染防治方法与环境保护措施在技术、经济上是合理的、可行的。

11 公众参与

根据《中华人民共和国海洋环境保护法》的规定，一切单位和个人都有保护海洋环境的义务。国务院第 253 号令《建设项目环境保护管理条例》中也明确规定，“建设单位编制环境影响报告书，应当依照有关法律规定，征求建设项目所在地有关单位和居民的意见”。

评价公众参与的目的主要是了解公众对本工程建设的意见和建议，使项目建设更加完善与合理，从而有利于发挥项目最大综合和长期效益。公众参与对于建设项目的可行性及权衡项目建设的利弊，提供了有价值的参考依据。

本项目公众参与目的主要是了解公众对惠来靖海湾海岸带整治修复丁字坝工程的支持度、对项目施工期、运行期环境影响方面、工程建成后产生的社会效益等，也可提出本工程建设在环境保护方面的意见，了解公众对本工程建设的意见和建议，使项目建设更加完善与合理，从而有利于发挥项目最大综合和长期效益。本评价公众参与的目的主要是公众参与对于建设项目的可行性及权衡项目建设的利弊，提供了有价值的参考依据。

11.1 调查计划

11.1.1 调查范围和对象

(1) 个人调查

本次公众调查的个人对象，确定为建设项目周边的固定居住人群、惠来县靖海镇的相关政府部门、企事业单位以及当地其他各类工作人员等作为主要公众参与对象和团体，对象涵盖不同年龄段、不同职业、不同的文化层次。公众调查对象基本信息统计表见附件 3。

本次调查问卷调查中，首先向寻访公众和群体详细的介绍项目基本概况，施工、建成运营过程中可能产生的环境问题及其项目建成后给当地所带来的生态效益、社会效益、经济效益。其次着重了解公众和群体对项目建设中可能产生的不利影响的意见和建议，解答公众提出的有关项目环境方面的问题。本次公众参与个人调查问卷见表 11.1.1-1。

表 11.1.1-1 广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响
公众参与调查表

姓名		性别		职业		联系方式	
您的年龄：30 岁以下 () 30 岁~50 岁 () 50 岁~60 岁 () 60 岁以上 ()							
文化程度				工作单位或地址			
1、您是否知道本工程？				1 知道 () 2 不知道 ()			
2、您对本工程的态度				1 支持 () 2 反对 () 3 无所谓 ()			
您反对的主要原因是：							
3、您对目前环境现状的满意程度				1 满意 () 2 一般 () 3 不满意 ()			
4、您认为本项目可能导致的不良海洋环境影响是什么？				1 海流动力环境影响 () 2 冲淤环境影响 () 3 水质影响 () 4 生态环境影响 () 5 景观影响 () 6 通航影响 ()			
5、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些？				1 废水 () 2 扬尘 () 3 噪声 () 4 固体废弃物 () 5 悬浮物 () 6 其他 ()			
6、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些？				1 废水 () 2 扬尘 () 3 噪声 () 4 固体废弃物 () 5 悬浮物 () 6 其他 ()			
7、项目对区域社会经济影响？				1 很好 () 2 好 () 3 一般 () 4 不好 () 5 不明显 ()			
8、如果建设单位采取有效的环保措施，您认为该工程是否可以接受？				1 可以接受 () 2 有条件接受 () 3 不能接受 ()			
9、您认为本工程建成后产生的社会效益如何？				1 很好 () 2 较好 () 3 没有 () 4 不知道 ()			
10、您对海岸修复丁字坝工程的建设有何意见或建议？							

工程项目简介

拟建项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲海域。地理位置示意图见附图。

惠来县靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程，水动力条件发生较大改变，靖海湾内绿洲 3000 米岸段受到严重侵蚀。目前已有一家养鲍场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀，粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁，后方资深村 3 万户居民村镇面临着极大的威胁，尽快修复、保护靖海湾绿洲资深段岸海岸带刻不容缓。

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程，针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制，拟布置五组丁字坝，一号至五号丁字坝的建设长度分别为 200m、152m、220m、210m 和 240m，一共 1022m。单个丁字堤堤身水下坡脚线间宽度约 39m，堤头水下坡脚线间宽度约 93m。丁字坝间距约 400m，自岸边起向海伸出至水深 3m 处，丁字堤采用抛石浆砌，构成人工岬角，促进局地稳定岸滩发育，控制海岸侵蚀。

工程施工期间可能对附近海域造成一定的影响。丁字坝建设施工会对水动力、水质和生态环境造成一定影响。丁字坝基础开挖及抛石施工产生的悬浮泥沙对海洋水质和生态会产生一定的影响，但这种影响将随着施工结束而结束。施工期生活废水和固体废弃物集中收集处理。项目施工造成的生态损失将通过交纳生态补偿费的方式进行修复。项

目运营期主要污染物为初期雨水。初期雨水由于含尘量较小，自然排入海中。

衷心感谢您对我们工作及海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程的支持与关心！



附图项目地理位置示意图

(2) 团体调查

为了能充分体现当地团体（单位）的意见，我们主要在惠来县靖海镇资深村民委员会和广东粤电石碑山风能开发有限公司进行了调查。群体访谈团体信息具体见表 11.1.1-2。团体调查问卷内容见表 11.1.1-3。

表 11.1.1-2 本次环评团体访谈调查信息

序号	调查社区（团体名称）	联系人 姓名	联系方式	联系地址	参加访谈人数
1	惠来县靖海镇资深村民委员会	林卓荣	13828102889	资深村委会办 公厅	10 人
2	广东粤电石碑山风能开发有限公司	林青生	13751682358	广东粤电石碑 山风能开发有 限公司	1 人

表 11.1.1-3a 广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

工程项目简介

拟建项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲海域。地理位置示意图见附图。

惠来县靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程，水动力条件发生较大改变，靖海湾内绿洲 3000 米岸段受到严重侵蚀。目前已有一家养鲍场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀，粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁，后方资深村 3 万户居民村镇面临着极大的威胁，尽快修复、保护靖海湾绿洲资深段岸海岸带刻不容缓。

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程，针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制，拟布置五组丁字坝，一号至五号丁字坝的建设长度分别为 200m、152m、220m、210m 和 240m，一共 1022m。单个丁字堤堤身水下坡脚线间宽度约 39m，堤头水下坡脚线间宽度约 93m。丁字坝间距约 400m，自岸边起向海伸出至水深 3m 处，丁字堤采用抛石浆砌，构成人工岬角，促进局地稳定岸滩发育，控制海岸侵蚀。

工程施工期间可能对附近海域造成一定的影响。丁字坝建设施工会对水动力、水质和生态环境造成一定影响。丁字坝基础开挖及抛石施工产生的悬浮泥沙对海洋水质和生态会产生一定的影响，但这种影响将随着施工结束而结束。施工期生活废水和固体废弃物集中收集处理。项目施工造成的生态损失将通过交纳生态补偿费的方式进行修复。项目营运期主要污染物为初期雨水。初期雨水由于含尘量较小，自然排入海中。

衷心感谢您对我们工作及海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程的支持与关心！



附图项目地理位置示意图

表 11.1.1-3b 广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

调查社区（团体）名称：			
联系人姓名		联系方式	
联系地址		参加访谈人数	
1、您是否知道本工程？	1 知道（ ） 2 不知道（ ）		
2、您对本项目的看法？	1 支持（ ） 2 反对（ ） 3 无所谓（ ）		
您反对的主要原因是：			
3、您对项目选址的看法？	1 合理（ ） 2 不合理（ ）		
4、您对项目位置目前海洋环境现状的满意程度	1 满意（ ） 2 一般（ ） 3 不满意（ ）		
5、您认为本项目建设可能导致的不良海洋环境影响是什么？	1 海流动力环境影响（ ） 2 冲淤环境影响（ ） 3 水质影响（ ） 4 生态环境影响（ ） 5 景观影响（ ） 6 通航影响（ ）		
6、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ） 2 扬尘（ ） 3 噪声（ ） 4 固体废弃物（ ） 5 其他（ ）		
7、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ） 2 扬尘（ ） 3 噪声（ ） 4 固体废弃物（ ） 5 其他（ ）		
8、项目对区域社会经济影响	1 很好（ ） 2 好（ ） 3 一般（ ） 4 不好（ ） 5 不明显（ ）		
9、如果建设单位采取了有效的环保措施，您认为该项目是否可以接受？	1 可以接受（ ） 2 有条件接受（ ） 3 不能接受（ ）		
10、您认为本项目建成后产生的社会效益如何？	1 很好（ ） 2 较好（ ） 3 没有（ ） 4 不知道（ ）		

表 11.1.1-3c 广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境
影响公众参与调查表（团体访谈）

[illegible]

11.1.2 调查方法和形式

调查方式有公示和问卷调查两种。

11.1.2.1 公示

(1) 网上公示

按照《环境影响评价公众参与暂行办法》的要求，本项目的环评进行了第一次网上公示（公示网址 <http://zwgk.huilai.gov.cn/OpenInfoView.action?theID=354>），公示时间是2015年4月9日至2015年4月18日，见图11.1.2-1，公示期间未收到任何意见。

2016年3月30日至2016年4月15日，又进行了第二次环评公示(公示网址：<http://zwgk.huilai.gov.cn/OpenInfoView.action?theID=1760>)，见图11.1.2-2，公示期间未收到任何意见。

惠来县政府信息公开目录系统

索引号: 007035897/2015-00002	目录组配分类: 业务工作
发布机构: 惠来县海洋与渔业局	发布时间: 2015-04-09 09:32:13
文号: 无	公开方式: 主动公开

广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目海洋环境影响评价第一次公示

广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目海洋环境影响评价第一次公示

目前广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目的研究工作已经启动, 根据国家环保局《环境影响评价公众参与暂行办法》(2006年3月18日实施)的要求, 现就海洋环境影响评价工作进行公示如下。

1、建设项目的名称及工程情况

项目名称: 广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目

项目性质: 新建

建设地点: 本项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲海域(地理位置见附图)。

工程概况: 惠来县靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程, 水动力条件发生较大改变, 靖海湾内绿洲3000米岸段受到严重侵蚀。目前有一家养殖场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀, 粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁, 后方贫深村3万户居民村镇面临着极大的威胁, 尽快修复、保护靖海湾绿洲深段海岸带刻不容缓。

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程, 针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制, 拟布置9组垂直丁字堤, 共长约900m, 间距约400m, 自风暴大浪作用上界起向海伸出至水深3m处。丁字堤采用抛石装砌, 构成人工岬角, 促进局地稳定岸线发育, 同时人工就近取沙补充岸滩活动泥沙量值, “软”“硬”互济, 控制海岸侵蚀。同时拟自风暴大浪作用上界起的对开海面约300m处建设一组浮式防波堤, 全长约250~300m。项目施工期间可能对附近海域造成一定的影响。施工期产生的悬浮泥沙和废水将对海洋水质和生态产生一定的影响, 应采取防护措施控制悬浮物总量和对水环境的影响。

2、建设项目的建设单位的名称和联系方式

建设单位: 惠来县海洋与渔业局

联系人: 肖文泉

联系电话: 0663-6624208

邮编: 515200

通讯地址: 惠来县农业局二楼

电子信箱: hloa@163.com

3、承担评价工作的环境影响评价机构的名称和联系方式

名称: 国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院

联系人: 英工

联系电话: 020-84228095

邮编: 510300

通讯地址: 广州市新港中路353号

电子信箱: scsmeel@126.com

4、环境影响评价的工作程序和主要内容

建设单位委托并提供有关资料——评价单位调查工作——编制环境影响报告书——报告书评审——报告书修改完善——报告书批复。

5、征求公众意见的主要事项

(1) 是否支持本项目的建设, 提出自己的看法。

(2) 对项目的环境影响提出自己的看法。

(3) 要求署名提交书面意见, 并留联系电话与通讯地址, 以便建设单位与评价单位反馈意见, 必要时会通知举行论证会或者采取其他形式, 征求有关单位、专家和公众对环境影响报告书草案的意见。

6、公众提出意见的主要方式

本项目在本网站共进行两次环评公告, 本次为第一次公告。公众意见通过①邮寄信函(以邮戳日期为准); ②电话告知。发表意见的公众请注明发表日期、真实姓名和联系方式, 以便根据需要提供。或者通过传真和电子邮件方式提交书面意见均可。

在报送环境保护行政主管部门审批或者重新审核前, 将在本网站进行第二次环评公告, 届时将提供环境影响报告书简本内容, 请留意。

7、公众提出意见的起止时间

2015年4月9日至2015年4月18日。

惠来县海洋与渔业局
国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院

2015年4月9日

附: 项目地理位置示意图。

主办单位: 揭阳市惠来县人民政府办公室 建设单位: 揭阳市惠来县综合政务管理办公室

技术支持: 广东信源信息技术有限公司 0663-8763222
建议使用1024*768分辨率 IE8.0以上版本浏览器

图 11.1.2-1 网上第一次公示内容(截屏)

惠来县政府信息公开目录系统

索引号: 007035897/2016-00002	目录组配分类: 业务工作
发布机构: 惠来县海洋与渔业局	发布时间: 2016-03-30 15:18:59
文号: 无	公开方式: 主动公开

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响评价第二次公示

一、建设项目的名称及工程情况

项目名称: 广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程

项目概要: 拟建项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲海域。

惠来县靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程, 水动力条件发生较大改变, 靖海湾内绿洲3000米岸段受到严重侵蚀。目前已有一家养殖场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀, 粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁, 后方资深村3万居民村镇面临着极大的威胁, 尽快修复、保护靖海湾绿洲资深段海岸带刻不容缓。

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程, 针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制, 拟布置五组丁字坝, 一号至五号丁字坝的建设长度分别为200m、152m、220m、210m和240m, 一共1022m。单个丁字坝堤身水下坡脚线间宽度约39m, 堤头水下坡脚线间宽度约93m。丁字坝间距约400m, 自岸边起向海伸出至水深3m处, 丁字坝采用抛石浆砌, 构成人工岬角, 促进局地稳定岸滩发育, 控制海岸侵蚀。

工程施工期间可能对附近海域造成一定的影响。丁字坝建设施工会对水动力、水质和生态环境造成一定影响。丁字坝基础开挖及抛石施工产生的悬浮泥沙对海洋水质和生态会产生一定的影响, 但这种影响将随着施工结束而结束。施工期生活废水和固体废弃物集中收集处理。项目施工造成的生态损失将通过交纳生态补偿费的方式进行修复。项目营运期主要污染物为初期雨水。初期雨水由于含尘量较小, 自然排入海中。

二、建设项目对环境可能造成影响的概述

详见附件一: 环境影响报告书简本。

三、预防或者减轻不良环境影响的对策和措施的要点

详见附件一: 环境影响报告书简本。

四、环境影响报告书提出的环境影响评价结论的要点

详见附件一: 环境影响报告书简本。

五、公众查阅环境影响报告书简本的方式和期限, 以及公众认为必要时向建设单位或者其委托的环境影响评价机构索取补充信息的方式和期限

公众查阅环境影响报告书简本的方式:

- (1) 点击下载附件一;
- (2) 到项目建设地址查阅环境影响报告书简本印刷版;
- (3) 向联系人咨询。

1、建设单位: 惠来县海洋与渔业局

联系人: 肖文泉

联系电话: 0663-6624208

邮编: 515200

通讯地址: 惠来县农业局二楼

电子信箱: hloaf@163.com

2、环境影响评价机构: 国家海洋局南海规划与环境研究院

联系人: 英工

联系电话: 020-84228095

邮编: 510300

通讯地址: 广东省广州市新港中路353号

电子信箱: scsmeel@126.com

查阅期限: 2016年3月31日至4月15日

六、征求公众意见的范围和主要事项

范围: 项目附近受影响的民众, 企业, 本区各机关、团体、个人。

主要事项: 详见附件二: 公众参与调查表

1、对项目建设对海洋环境的影响给出自己的看法;

2、对项目的环境影响提出自己的看法;

3、要求署名提交书面意见, 并留联系电话与通讯地址, 以便建设单位与评价单位反馈意见, 必要时会通知举行论证会、听证会, 或者采取其他形式, 征求有关单位、专家和公众对环境影响报告书草案的意见。

七、征求公众意见的具体形式

公众在公告期限内请填写表并将主要意见及理由以信函、传真、电子邮件的方式, 向以上联系人提出意见。

(如有不同意见者, 必须注明其依据或理由, 否则作为无效处理。)

八、公众提出意见的起止时间

2016年3月31日至4月15日

附件一《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响报告书简本》

附件二《广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表》

国家海洋局南海规划与环境研究院
2016年3月30日

惠来县海洋与渔业局

图 11.1.2-2 网上第二次公示内容(截屏)

(2) 现场公示

建设单位分别在厚山村、前吴村、西锋村、西山村、资深村等的公告栏进行了张贴公示。现场公示见图 11.1.2-3 至图 11.1.2-7。



图 11.1.2-3 厚山村公示照片



图 11.1.2-4 前吴村公示照片



图 11.1.2-5 西锋村公示照片



图 11.1.2-6 西山村公示照片



图 11.1.2-7 资深村公示照片

11.1.2.2 公众问卷参与

(1) 个人问卷

通过设计问卷调查表、随机派发意见征询调查表、走访调查等方式完成公众参与评价内容。共发放调查问卷 100 份，收回问卷 100 份。主要是：对建设项目可能影响范围内的当地村民、养殖户、教师、工人、公务员、企事业单位员工等访谈，调查对象具有代表性。调查他们对本项目的了解程度，并进行一定程度的讲解和解释工作。针对调查区域内涉及人员不同，调查表设计调查内容主要涉及几个方面，对本工程的了解程度及态度、工程建设对本地社会经济的影响以及对个人经济的影响、工程施工对周围环境的影响以及环境保护在施工期间的重要性，并对项目的总体效应进行评价。选出具有代表性的调查问卷两份，见图 11.1.2-8。

(2) 团体访谈问卷

项目组和建设单位一起对项目附近的单位团体（惠来县靖海镇资深村民委员会和广东粤电石碑山风能开发有限公司）进行了访谈。团体访谈问卷代表性问卷见图 11.1.2-9 和图 11.1.2-10。

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响

公众参与调查表

姓名	许锡吃	性别	男	职业	农民	联系方式	
您的年龄: 30 岁以下 () 30 岁~50 岁 (✓) 50 岁~60 岁 () 60 岁以上 ()							
文化程度	初中	工作单位或地址	西山村				
1、您是否知道本工程?		1 知道 (✓) 2 不知道 ()					
2、您对本工程的态度		1 支持 (✓) 2 反对 () 3 无所谓 ()					
您反对的主要原因是:							
3、您对目前环境现状的满意程度		1 满意 (✓) 2 一般 () 3 不满意 ()					
4、您认为本项目可能导致的不良海洋环境影响是什么?		1 海流动力环境影响 (✓) 2 冲淤环境影响 () 3 水质影响 () 4 生态环境影响 () 5 景观影响 () 6 通航影响 ()					
5、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些?		1 废水 () 2 扬尘 () 3 噪声 () 4 固体废弃物 () 5 悬浮物 () 6 其他 (✓)					
6、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些?		1 废水 () 2 扬尘 () 3 噪声 () 4 固体废弃物 () 5 悬浮物 () 6 其他 (✓)					
7、项目对区域社会经济影响?		1 很好 (✓) 2 好 () 3 一般 () 4 不好 () 5 不明显 ()					
8、如果建设单位采取有效的环保措施, 您认为该工程是否可以接受?		1 可以接受 (✓) 2 有条件接受 () 3 不能接受 ()					
9、您认为本工程建成后产生的社会效益如何?		1 很好 (✓) 2 较好 () 3 没有 () 4 不知道 ()					
10、您对海岸修复丁字坝工程的建设有何意见或建议?		本人对本工程表示支持					

工 程 项 目 简 介

拟建项目位于广东省揭阳市惠来县靖海湾绿洲海域。地理位置示意图见附图。

惠来县靖海湾由于周边填海建设码头、防波堤等工程, 水动力条件发生较大改变, 靖海湾内绿洲 3000 米岸段受到严重侵蚀。目前已有一家养鲍场和多家养虾场近一半建筑物被潮水带走并继续向内陆侵蚀, 粤电临海风能发电机组也受到了严重威胁, 后方资深村 3 户居民村镇面临着极大的威胁, 尽快修复、保护靖海湾绿洲资深段海岸带刻不容缓。

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程, 针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制, 拟布置五组丁字坝, 一号至五号丁字坝的建设长度分别为 200m、152m、220m、210m 和 240m, 一共 1022m。单个丁字堤堤身水下坡脚线间宽度约 39m, 堤头水下坡脚线间宽度约 93m。丁字坝间距约 400m, 白岸边起向海伸出至水深 3m 处, 丁字堤采用抛石浆砌, 构成人工岬角, 促进局地稳定岸滩发育, 控制海岸侵蚀。

工程施工期间可能对附近海域造成一定的影响。丁字坝建设施工会对水动力、水质和生态环境造成一定影响。丁字坝基础开挖及抛石施工产生的悬浮泥沙对海洋水质和生态会产生一定的影响, 但这种影响将随着施工结束而结束。施工期生活废水和固体废弃物集中收集处理。项目施工造成的生态损失将通过

图 11.1.2-8 典型调查问卷 (个人)

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

调查社区（团体）名称： 廉江市靖海湾镇资深村民委员会			
联系人姓名	林卓荣	联系方式	1328122889
联系地址	资深村委会办公室	参加访谈人数	10
1、您是否知道本工程？	1 知道（ ☒ ） 2 不知道（ ☐ ）		
2、您对本项目的看法？	1 支持（ ☒ ） 2 反对（ ☐ ） 3 无所谓（ ☐ ）		
您反对的主要原因是：			
3、您对项目选址的看法？	1 合理（ ☒ ） 2 不合理（ ☐ ）		
4、您对项目位置目前海洋环境现状的满意程度	1 满意（ ☐ ） 2 一般（ ☐ ） 3 不满意（ ☒ ）		
5、您认为本项目建设可能导致的不良海洋环境影响是什么？	1 海流动力环境影响（ ☐ ） 2 冲淤环境影响（ ☒ ） 3 水质影响（ ☐ ） 4 生态环境影响（ ☐ ） 5 景观影响（ ☐ ） 6 通航影响（ ☐ ）		
6、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ☐ ） 2 扬尘（ ☐ ） 3 噪声（ ☐ ） 4 固体废弃物（ ☒ ） 5 其他（ ☐ ）		
7、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ☐ ） 2 扬尘（ ☐ ） 3 噪声（ ☐ ） 4 固体废弃物（ ☒ ） 5 其他（ ☐ ）		
8、项目对区域社会经济影响	1 很好（ ☒ ） 2 好（ ☐ ） 3 一般（ ☐ ） 4 不好（ ☐ ） 5 不明显（ ☐ ）		
9、如果建设单位采取了有效的环保措施，您认为该项目是否可以接受？	1 可以接受（ ☒ ） 2 有条件接受（ ☐ ） 3 不能接受（ ☐ ）		
10、您认为本项目建成后产生的社会效益如何？	1 很好（ ☒ ） 2 较好（ ☐ ） 3 没有（ ☐ ） 4 不知道（ ☐ ）		

图 11.1.2-9a 典型团体访谈记录 1

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

11、您对本项目建设在环境保护方面有何建议或意见？

参加访谈人员：

姓名	性别	年龄	民族	职务	联系方式	工作单位
林卓荣	男	50	汉	村委主任	13228102889	资深村委会
林少瑜	男	62	汉	党支部	15531991316	“
林宇威	男	65	“	“	15089442818	“
林同坤	男	61	“	“	13729411185	“
林俊宏	男	55	“	村治保主任	13531991183	“
柯科昌	男	60	“	党支部	13625135558	“
林允泉	男	61	“	“	13729386586	“
林金通	男	65	“	“	15541982278	“
林立山	男	54	“	“	14172831955	“
许俊贞	女	65	“	村统计员	13729442533	“

访谈单位（盖章）

图 11.1.2-9b 典型团体访谈记录 2

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

调查社区（团体）名称：			
联系人姓名		联系方式	
联系地址		参加访谈人数	
1、您是否知道本工程？	1 知道（ ） 2 不知道（ ☒ ）		
2、您对本项目的看法？	1 支持（ ☒ ） 2 反对（ ） 3 无所谓（ ）		
您反对的主要原因是：			
3、您对项目选址的看法？	1 合理（ ☒ ） 2 不合理（ ）		
4、您对项目位置目前海洋环境现状的满意程度	1 满意（ ） 2 一般（ ☒ ） 3 不满意（ ）		
5、您认为本项目建设可能导致的不良海洋环境影响是什么？	1 海流动力环境影响（ ☒ ） 2 冲淤环境影响（ ☒ ） 3 水质影响（ ） 4 生态环境影响（ ☒ ） 5 景观影响（ ） 6 通航影响（ ）		
6、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ☒ ） 2 扬尘（ ☒ ） 3 噪声（ ） 4 固体废弃物（ ☒ ） 5 其他（ ）		
7、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（ ☒ ） 2 扬尘（ ） 3 噪声（ ） 4 固体废弃物（ ） 5 其他（ ）		
8、项目对区域社会经济影响	1 很好（ ） 2 好（ ☒ ） 3 一般（ ） 4 不好（ ） 5 不明显（ ）		
9、如果建设单位采取了有效的环保措施，您认为该项目是否可以接受？	1 可以接受（ ☒ ） 2 有条件接受（ ） 3 不能接受（ ）		
10、您认为本项目建成后产生的社会效益如何？	1 很好（ ） 2 较好（ ☒ ） 3 没有（ ） 4 不知道（ ）		

图 11.1.2-10a 典型团体访谈记录 1

广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程海洋环境影响公众参与调查表（团体访谈）

11、您对本项目建设在环境保护方面有何建议或意见？		项目施工期和运营期注意保护我司海域风机基础冲蚀、道路冲蚀、电缆沟等设施，避免发生安全事故。				
参加访谈人员：						
姓名	性别	年龄	民族	职务	联系方式	工作单位
林江	男	35	汉	部长	13751082318	广东粤电石湾山风能开发有限公司
访谈单位（盖章） 						

图 11.1.2-10b 典型团体访谈记录 2

11.2 公众参与调查结果分析

11.2.1 问卷调查结果统计分析

1、个人调查结果

针对本项目，本次海洋环境影响评价发放公众调查表 100 份，回收问卷 100 份，回收率为 100%，其中有效问卷 95 份，且内容填写较完整，意见诚恳，对本项目的建设有了一个较全面的认识。按照性别、年龄、职业、学历等分类对调查人群进行了统计分析，被调查人群基本情况见附件 3，公众调查对象基本情况统计见表 11.2.1-1。

根据表 11.2.1-1 统计，30 岁以上的调查者所占比例最大，占收回调查者的 92.6%；男性的占的比例较大，占调查者的 80%，农民（村民）占的比例较大，占调查者的 71.6%，小学占调查者的 52.6%，被调查者均有留下工作单位或地址。所调查的公众对情况的反映比较客观、透彻。因此，本次公众参与的成果是有代表性的，可信的。

表 11.2.1-1 本项目公众意见调查对象统计表（个人调查）

项目	调查结果		统计百分比(%)
调查有效总人数	95 人		100
年 龄	30 岁以下	6	6.3
	30 岁~50 岁	28	29.5
	50 岁~60 岁	27	28.4
	60 岁以上	33	34.7
	未填写	1	1.1
性 别	男	76	80
	女	19	20
职 业 类 型	农民（村民）	68	71.6
	公务员	8	8.4
	教师	8	8.4
	工人	2	2.1
	养殖户	5	5.3
	企业员工	4	4.2
文化程度	小学	50	52.6

	初中	22	23.2
	高中（中专）	7	7.4
	本科（大专）	12	12.6
	未填写	4	4.2

个人调查结果统计结果见表 11.2.1-2，根据统计可以得到调查意见如下：

（1）是否知道本工程

针对本项目的了解程度问题，根据调查结果的统计，52.6%受访者知道本工程，47.4%受访者不知道本工程，可见广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程在社会上有一定的影响力，但建设单位还需进一步加强宣传。

（2）对本工程的态度

对本项目的态度问题，69.5%受访者表示支持，没有反对者，有 30.5%受访者表示无所谓。证明广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程得到绝大多数受访者的支持。

（3）对目前环境现状的满意程度

有 11.6%的受访者对目前环境现状表示满意，53.7%的受访者表示目前环境现状一般，34.7%的受访者对目前的环境现状表示不满意。说明绝大多数受访者对加强环境保护有强烈的愿望。

（4）本项目可能导致的不良海洋环境影响是什么

30.2%的受访者表示本项目建设可能导致的不良海洋环境影响主要是生态环境影响，剩下的影响依次是通航环境影响（27.1%）、冲淤环境影响（16.7%）、海流动力影响（15.6%）、水质影响（6.3%）、景观影响（4.2%）。本工程建设过程中需重视这些方面的环境影响。

（5）本项目施工期间排放的主要污染物有哪些

有 32.3%的受访者表示本项目施工期间排放的主要污染在于其他方面，有 22.2%的受访者表示本工程施工期间排放的主要污染为废水，21.2%的受访者认为施工期间主要污染物是悬浮物，16.2%的受访者认为施工期间主要污染物是固体废弃物，6.1%的受访者认为施工期间主要污染物是噪声，2.0%的受访者表示本工程施工期间排放的污染物主要为扬尘。因此，本工程建设过程中应做好环保措施，避免产生这些污染物影响环境。

（6）本项目营运期间排放的主要污染物有哪些

在受访者中，按照调查选项比例，认为本工程建成后排放的主要污染物依次是其他（43.1%）、悬浮物（21.6%）、扬尘（14.7%）、废水（11.8%）、噪声（5.9%）、固体废弃物（2.9%）。可以看出受访者还是比较了解本工程建成后对环境的影响。

（7）项目对区域社会经济影响

有 45.3%的人认为本项目对区域社会经济会产生很好的影响，40.0%的人表示项目对区域社会经济的影响一般，有 14.7%的人认为工程会产生好的区域社会经济影响，没有人认为项目产生区域社会经济的影响不好或者不明显。说明相当一部分调查者认为本项目建成后，会产生好的区域社会经济的影响。

(8) 如果建设单位采取了有效的环保措施，该项目是否可以接受

超过一半以上的受访者（57.9%）认为在采取了有效的环保措施以后，该项目可以接受，有 42.1%的受访者认为采取了环保措施以后，该项目可以有条件地接受，没有人认为不能接受。

(9) 项目建成后产生的社会效益如何

在广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程建成后的社会效益如何的问题调查中，有 49.5%的受访者表示项目会产生很好的社会效益，有 20.0%的受访者表示会产生较好的社会效益，没有受访者认为该项目不会产生什么社会效益，30.5%的受访者不知道是否会产生社会效益。

表 11.2.1-2 本项目公众意见调查结果统计表（个人调查）

调查内容	调查结果
1、您是否知道本工程？	1 知道（52.6%） 2 不知道（47.4%）
2、您对本工程的态度	1 支持（69.5%） 2 反对（0） 3 无所谓（30.5%）
您反对的主要原因是：	
3、您对目前环境现状的满意程度	1 满意（11.6%） 2 一般（53.7%） 3 不满意（34.7%）
4、您认为本项目可能导致的不良海洋环境影响是什么？	1 海流动力环境影响（15.6%） 2 冲淤环境影响（16.7%） 3 水质影响（6.3%） 4 生态环境影响（30.2%） 5 景观影响（4.2%） 6 通航影响（27.1%）
5、您认为本项目施工期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（22.2%） 2 扬尘（2.0%） 3 噪声（6.1%） 4 固体废弃物（16.2%） 5 悬浮物（21.2%） 6 其他（32.3%）
6、您认为本项目营运期间排放的主要污染物有哪些？	1 废水（11.8%） 2 扬尘（14.7%） 3 噪声（5.9%） 4 固体废弃物（2.9%） 5 悬浮物（21.6%） 6 其他（43.1%）
7、项目对区域社会经济影响？	1 很好（45.3%） 2 好（14.7%） 3 一般（40.0%） 4 不好（0） 5 不明显（0）
8、如果建设单位采取有效的环保措施，您认为该工程是否可以接受？	1 可以接受（57.9%） 2 有条件接受（42.1%） 3 不能接受（0）
9、您认为本工程建成后产生的社会效益如何？	1 很好（49.5%） 2 较好（20.0%） 3 没有（0） 4 不知道（30.5%）

10、您对海岸修复丁字坝工程的建设有何意见或建议？	
---------------------------	--

2、团体访谈调查结果

对惠来县靖海镇资深村民委员会进行访谈后的结果显示：受访团体知道本工程的情况，表示支持项目建设，并认为项目选址合理。对项目位置目前海洋环境现状的满意程度，受访团体表示不满意。对于本项目建设可能导致的不良海洋环境影响问题，受访团体认为是冲淤环境影响。对于本项目施工期间排放的主要污染物，受访团体认为是固体废物。对于本项目营运期间排放的主要污染物，受访团体认为是固体废物。关于项目对区域社会经济影响问题，受访团体认为影响很好。受访团体认为在采取了有效的环保措施后，工程的建设是可以接受的。认为本项目建成后产生很好的社会效益。总体来说，惠来县靖海镇资深村民委员会支持本项目建设。

对广东粤电石碑山风能开发有限公司进行访谈后的结果显示：受访团体不知道本工程的情况，表示支持项目建设，并认为项目选址合理。对项目位置目前海洋环境现状的满意程度，受访团体表示一般。对于本项目建设可能导致的不良海洋环境影响问题，受访团体认为是海流动力环境影响和生态环境影响。对于本项目施工期间排放的主要污染物，受访团体认为是废水、扬尘和固体废物。对于本项目营运期间排放的主要污染物，受访团体认为是废水。关于项目对区域社会经济影响问题，受访团体认为影响好。受访团体认为在采取了有效的环保措施后，工程的建设是可以接受的。认为本项目建成后产生较好的社会效益。总体来说，广东粤电石碑山风能开发有限公司支持本项目建设，也提出了环境保护建议。

3、对本工程建设在环境保护方面有何建议或意见

在调查过程中，受访者（个人和团体）提出的建议或意见主要是：

项目施工期和营运期注意保护广东粤电石碑山风能开发有限公司海边风机基础护坡、道路护坡、电缆沟等设备设施，避免发生安全事故。

11.2.2 调查结果分析与建议

根据上述调查表统计结果可见，项目用海附近的村民和相关受访者当中，绝大部分受访者表示知道广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程项目建设，支持本项目建设，但建设单位还需进一步加强宣传。大多数人认为目前项目环境现状好，但也有不少人持不满意的态度。多数人认为项目建设可能导致的不良海洋环境影响是生态环境影响。多数人认为本工程施工期间和运营期的主要污染物为废水、悬浮物和其他，绝大部分人表示本项目建成后，对区域社会经济的影响好，且会产生较好的社会效益。

建议施工单位应加强广泛宣传，加强与地方居民的沟通，让当地居民了解本项目的情况以及施工过程中采取的环保措施，同时项目用海应加强环境保护工

作，防止本项目的用海对环境造成不良的影响。建议可采取以下具体措施：

（1）对本项目进行更广泛的宣传，使群众对此项目有更深入的了解；提出可行的、系统的环境保护方案，消除部分群众的担忧与疑虑。

（2）严格执行本报告书提出的施工期的环境保护和海洋生态保护措施。

（3）海上施工期在确保工程质量前提下，尽可能缩短施工时间。

11.3 公众参与结论

本次公众参与的调查涉及到各个层次的居民，调查具有代表性，调查的结果比较真实可靠。调查结果显示：广东省靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目丁字坝工程项目得到大多数（69.5%）受访人员的支持，没有反对者，绝大多数受访者对加强环境保护有强烈的愿望。

多数受访者认为项目用海能够促进当地经济的发展，对项目用海表示支持，受访对象对本项目用海和实施后可能给海洋环境带来的影响表示可以接受，并提出了要保护当地群众利益和环境质量的希望，同时也要求用海单位必须严格按照国家和地方有关法律法规的要求，在施工期间采取有效的预防和减轻不良环境影响的对策和措施，尽可能将对海洋环境的影响程度降到最低。

用海单位认真考虑和研究了公众参与的有关内容、结论和建议，对当地村民、企事业单位和相关管理部门的意见和建议表示采纳，并明确表示将严格遵守有关法律法规，施工过程中注意海洋环境保护，加强环境管理。

12 海洋工程环境可行性

12.1 海洋功能区划和海洋环境保护规划的符合性

12.1.1 与海洋功能区划的符合性

12.1.1.1 项目所在海域及周边海域海洋功能区

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），项目所在海域的海洋功能区为靖海港口航运区。周边海域海洋功能区有：珠海-潮州农渔业区、海门湾工业与城镇用海区、前詹海洋保护区等。各功能区的分布详见图 12.1.1-1 及表 12.1.1-1，海洋功能区划登记表见表 12.1.1-2。

表 12.1.1-1 项目周围海域海洋功能区划分布状况

编号	海洋功能区名称	与本项目的方位关系及最短距离	功能区
1	靖海港口航运区	部分占用	港口航运区
2	珠海-潮州近海农渔业区	西侧，约 1.7km	农渔业区
3	海门湾工业与城镇用海区	东北侧，约 5.6km	工业与城镇用海区
4	前詹海洋保护区	西南侧，约 5.9km	海洋保护区



注：引自《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年），图中编号与表 6.1.1-1 中序号相对应。

图 12.1.1-1 项目所在海域及周边海域海洋功能区分布示意图

表 12.1.1-2 项目周边海洋功能区登记表—海岸基本功能区

序号	代码	功能区名称	地区	地理位置 (东经, 北纬)	功能区类型	面积(公顷) 岸 段 长 度 (米)	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
134	A2-2 7	靖海港口航运区	揭阳市	东 至:116°34'55" 西 至:116°29'51" 南 至:22°55'25" 北 至:23°01'07"	港口 航运 区	2894 28036	1. 相适宜的海域使用类型为交通运输用海; 2. 保障资深渔港、靖海渔港、防灾减灾体系建设用海需求, 适当保障临海能源的用海需求; 3. 保护砂质海岸、基岩海岸, 避免破坏海岸防护林; 4. 维持航道畅通, 维护海上交通安全; 5. 围填海须严格论证, 严格控制在靖海港内围填海, 优化围填海平面布局, 节约集约利用海域资源; 6. 工程建设期间采取有效措施, 严禁对石碑山角领海基点造成影响, 降低对	1. 严格保护客鸟尾石笋等海蚀地貌; 2. 加强渔港、港区环境污染治理, 生产废水、生活污水须达标排海; 3. 加强海洋环境监测, 建立完善的溢油事故处理等应急体系; 4. 执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。

							前詹人工鱼礁区的影响,改善水动力条件和泥沙冲淤环境; 7. 加强用海动态监测和监管; 8. 优先保障军事用海需求。	
220	B1-2	珠海-潮州近海农渔业区	珠海市、深圳市、惠州市、汕尾市、揭阳市、汕头市、潮州市	东至:117°31'36" 西至:114°26'02" 南至:21°49'34" 北至:23°35'10"	农渔业区	1272845	1. 相适宜的海域使用类型为渔业用海; 2. 禁止炸岛等破坏性活动; 3. 40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度,维持渔业生产秩序; 4. 经过严格论证,保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求; 5. 优先保障军事用海需求。	1. 保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。
135	A3-2	海门湾	揭阳	东	工业	1136	1. 相适宜的海域使用类型为造地工程	1. 保护海门湾生态环境;

	9	工业与城镇用海区	汕头市、汕头市	至:116°35'57" 西至:116°32'03" 南至:23°01'07" 北至:23°11'30"	与城镇用海区	25661	用海、工业用海; 2. 保障防灾减灾体系建设用海需求,在基本功能未利用前,保留增养殖等渔业用海; 3. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源; 4. 工程建设期间采取有效措施降低对周边功能区的影响; 5. 加强对围填海的动态监测和监管。	2. 基本功能未利用前,执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准; 3. 工程建设期间及建设完成后,执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准。
234	B6-34	前詹海洋保护区	揭阳市	东至:116°28'59" 西至:116°25'59" 南至:22°53'27" 北至:22°55'59"	海洋保护区	2394	1. 相适宜的海域使用类型为特殊用海; 2. 严格按照国家关于海洋环境保护以及自然保护区管理的法律、法规和标准进行管理; 3. 禁止炸岛等破坏性活动。	1. 保护龙虾、海龟、鲎及其生境,保护人工鱼礁礁体及礁盘生态系统; 2. 加强保护区海洋生态环境监测; 3. 执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

12.1.1.2 项目用海对海洋功能区划的影响分析

根据第六章预测结果，本项目施工产生的悬浮泥沙将给靖海港口航运区及周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，高浓度中心点主要分布在项目附近区域，见图 12.1.1-2。



图 12.1.1-2 项目施工造成的悬沙增量包络线与项目附近的海洋功能区叠置图

表 12.1.1-2 项目对周边海洋功能的利用、影响情况

序号	受影响的功能类型	影响范围	影响程度	对策措施
	靖海港口航运区	本项目丁字坝占用潮间带海域面积 0.3776 公顷，占用浅海海域面积 3.2749 公顷，浮式防波堤占	(1)施工造成潮间带生物和底栖生物死亡。 (2)悬沙扩散造成鱼卵仔稚鱼、游泳生物的死亡。	(1) 施工过程中，严禁越界施工，加强监管。 (2) 在施工过程中采取有效的水污染防治措施，缩小悬沙

序号	受影响的功能类型	影响范围	影响程度	对策措施
		用浅海海域面积 0.3291 公顷，悬浮泥沙扩散导致的超第一、二类海水水质的海域面积约为 0.948 万 m ²		在水中的扩散范围。 (3) 本项目为海岸整治修复项目。营运期不产生污染物，初期雨水自然排入海中，基本不会对水质环境产生影响。
	珠海-潮州近海农渔业区	施工产生的悬浮泥沙未扩散至珠海-潮州近海农渔业区		
	海门湾工业与城镇用海区	施工产生的悬浮泥沙未扩散至海门湾工业与城镇用海区		
	前詹海洋保护区	施工产生的悬浮泥沙未扩散至前詹海洋保护区		

综上所述，本项目建设过程中，对海洋底栖生物的生态平衡会造成一定的破坏，并由于施工悬沙扩散导致局部海水质量降低。因此，必须加强生态环境保护工作，维护海洋生态环境。本工程必须按照《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年）的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，加强管理，维护海洋功能区的正常运行，可避免或减少对毗邻海洋功能区的影响。

12.1.1.3 与海洋功能区划的符合性分析

本项目占用《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年）中的靖海港口航运区。

(1) 与海洋功能区海域使用用途管制要求的符合性分析

靖海港口航运区的用途管制要求为“相适宜的海域使用类型为交通运输用海；保障资深渔港、靖海渔港、防灾减灾体系建设用海需求，适当保障临海能源的用海需求”。本项目是为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程，通过有效途径解决海岸侵蚀、海岸建筑物冲刷，保护超过四亿万元的资产，保护资深村 2 万多人口的生命财产安全，是防灾减灾的重要举措，是防灾减灾的需要。因此，项目的建设符合《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年）中关于靖海港口航运区的用途管制要求。

（2）与海洋功能区用海方式控制要求的符合性分析

靖海港口航运区的用海方式控制要求为“保护砂质海岸、基岩海岸，避免破坏海岸防护林；维持航道畅通，维护海上交通安全；围填海须严格论证，严格控制在靖海港内围填海，优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源”。本项目通过保护 3000 多亩的防护林，整治靖海湾近海海域，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况。项目在绿洲岸段布置 5 组垂岸丁字坝，建设长度分别为 200m、140m、180m、170m、200m，实施后对周边海域影响较明显的区域集中在工程区域范围内，不会影响航道和海上交通安全。因此，项目的建设符合海域使用管理用海方式控制要求，没有对海域的基本功能造成不可逆转的转变。

（3）与海洋功能区环境保护要求的符合性分析

靖海港口航运区环境保护要求为“加强渔港、港区环境污染治理，生产废水、生活污水须达标排海；执行海水水质三类标准、海洋沉积物质量二类标准和海洋生物质量二类标准”。本项目施工和营运期间，根据相关要求对项目所在海域海洋环境要进行监视监测，并严格执行相关评价标准。

根据本报告 6.3 节对水环境影响预测分析，本项目施工将给周边水域带来一定的污染。从整体分布趋势看，高浓度中心点主要分布在项目附近区域。大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L 的包络面积分别为 0.948 km²、0.351 km²、0.091 km²，0.029 km²。项目施工造成的悬浮物增量包络线（10mg/L）与项目附近的海洋功能区叠加图见 12.1.1-2，项目用海对周边海洋功能的利用、影响见表 12.1.1-2。由图、表可以看出，项目施工造成的悬浮物扩散主要集中在工程所在的靖海港口航运区，且仅在项目附近区域，工程结束后，悬浮泥沙的影响将会消失。营运期不产生污染物，初期雨水自然排入海中，基本不会对水质环境产生影响。因此，项目的建设是与靖海港口航运区的环境保护要求相符合。

综上，本项目用海符合海域使用管理要求和海洋环境保护要求，对周边海洋功能区影响不大，本项目用海与《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》（2012 年）相符合。

12.1.2 与海洋环境保护规划的符合性

《广东省海洋环境保护规划（2006~2015 年）》中明确珠江口及其临近海域需要排在优先治理的位置。而位于广东东西两翼的汕头附近海域和湛江附近海域，其污染程度仅次于珠江口海域，需要抓紧重点治理。项目所在海域位于汕头附近重点治理海域（见图 12.1.2-1）。项目一方面不产生工业污染，符合“截源”战略，同时项目建设通过综合整治修复，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，另一方面，项目属于防灾减灾体系建设用海的要求，符合海洋功能区划，属于利

于海洋产业协调发展的行业，不是粗放型用海，不会有大规模污染产生，不会造成周边海域生物资源的衰退。项目建设符合《广东省海洋环境保护规划（2006~2015 年）》。

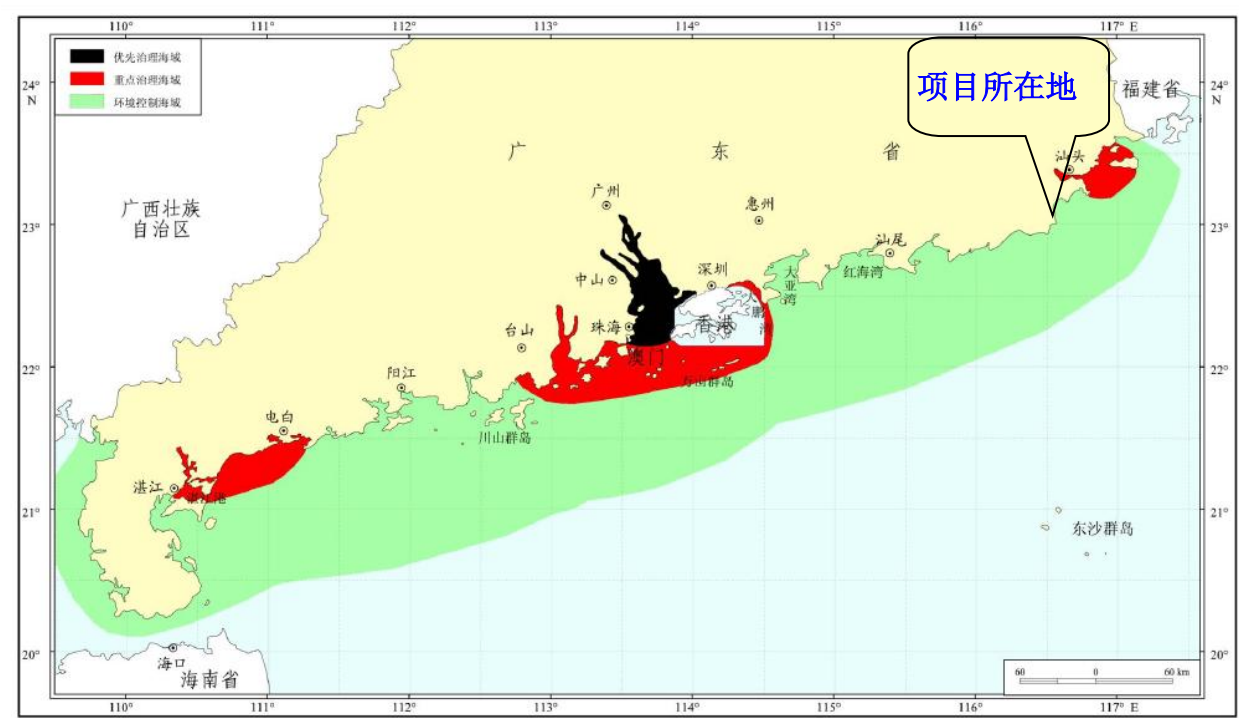


图 12.1.2-1 海洋环境污染治理和修复重点区域

12.2 区域和行业规划的符合性

12.2.1 与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性分析

根据《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，“十三五”期间推进生态修复和生态建设。坚持保护优先理念，加强生态环境建设、修复和综合治理。开展蓝色海湾整治行动，构建蓝色生态屏障。本项目的建设旨在解决近年来靖海湾周边建设开发导致的绿洲海岸侵蚀问题，进行海岸整治修复，保护岸线资源，坚持海岸带可持续发展的绿色发展。因此，本项目的建设符合《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的要求。

12.2.2 与《广东省海洋经济发展“十二五”规划》的一致性分析

根据《广东省海洋经济发展“十二五”规划》，“十二五”期间加快滨海绿带建设。以滨海绿带建设为重点，依托海岸线构筑带、网、片相结合的生态植被体系。

将海岸生态防护与绿化、美化、园林化相互融合，形成布局合理、环境优美的生态景观体系。通过保护3000多亩的防护林，对于整治靖海湾近海海域，改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，促进海洋环境与海洋经济协调发展，坚持海洋可持续发展具有重要的作用。因此，项目建设符合《广东省海洋经济发展“十二五”规划》的要求。

12.3 建设项目的政策符合性

项目所在的靖海湾是揭阳市乃至广东省海洋经济的热点区域，附近有大型的滨海电厂、大型风能基地、重要渔港和优良的滨海旅游度假区，环靖海湾海洋经济带初步形成。海洋经济的蓬勃发展迫切要求海洋部门提升对资源开发利用的掌控能力，对区域海域海岸带空间资源进行科学合理的整理。通过本项目的实施，将为制定和实施海洋开发战略，提高海洋开发、控制、综合管理能力”的陆海统筹发展战略和提高海洋综合管理能力提供有益的经验借鉴。

综上，项目的施工和运营符合国家产业政策、清洁生产政策、节能减排政策、循环经济政策和集约节约用海等要求，且项目的环保标准符合海洋功能区划和海洋环境保护规划的要求，不影响海洋功能区的环境质量控制要求，不损害相邻海域的功能，因此具有较好的政策符合性。

12.4 工程选址与布置的合理性

12.4.1.1 区域社会经济条件适宜性

项目所在的靖海湾附近有大型的滨海电厂、大型风能基地、重要渔港和优良的滨海旅游度假区，环靖海湾海洋经济带初步形成。海洋经济的蓬勃发展迫切要求改善靖海湾内海域生态环境和海域状况，促进海洋环境与海洋经济协调发展。通过本项目的实施，将为落实陆海统筹发展战略和提高海洋综合管理能力提供有益的经验借鉴。

惠来县城至靖海镇已通县级公路，靖海镇至厂址也通有海滨公路。深汕高速公路从靖海镇北边约 5km 的地方经过，深汕高速公路的仙庵出口距离电厂只有约 9km，因此，对外公路交通十分方便。此外，本地区有着良好的外部协作条件，采用的水工结构为常见的结构型式，不仅有长期从事海洋工程建设的施工队伍，可以优质高效地承担本工程的施工任务，市政道路、供水供电设施等配套也日益完备。

本工程的建设符合靖海港口航运区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，不会影响周边功能区，符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》。

同时本项目也是符合《广东省海洋环境保护规划（2006~2015 年）》和《广

东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《广东省海洋经济发展“十二五”规划》。

可见，工程所处区位和社会条件优越，可以满足工程建设和营运要求。

12.4.1.2 自然资源适宜性分析

工程所在区域属亚热带季风气候，海洋性气候明显，气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足，适合本项目施工需要。

项目建设削弱或减小波浪动力对岸滩的直接冲击侵蚀作用，阻滞侵蚀泥沙形成的沿岸沉积物流，形成拦蓄效果，有利于促进绿洲海岸海滩循环的良性过程和岸滩稳定形态。选址的所在海域水文动力条件适宜，潮位变化不大，潮流速度合适，在陆域阻隔作用下波浪较小。在正常天气情况下，海域的水文条件对工程建设较为有利。

该场地地质构造稳定，全段未发现塌岸、海水冲刷等不良现象及不稳定岸坡，但存在软弱淤泥质细砂及淤泥质土层，强度低，易失稳，承载力低，对堤基、堤身抗滑稳定、抗冲稳定不利，软弱土层可进行适当处理改良。综上所述勘察场地适宜进行丁字坝及护岸建设和修复工程。

可见，该海域的自然资源与项目用海是适宜的。

12.4.1.3 生态环境适宜性分析

本项目生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要是由于施工直接对底栖生物生境造成的破坏，使得底栖生物栖息地部分被掩埋；间接影响是由于施工产生的悬浮泥沙使工程附近海域的悬浮物增加对海洋生态环境造成一定影响。

根据生态影响估算，工程造成潮间带和底栖生物 223.11kg、游泳生物 286.53kg、鱼卵 4.02×10^5 粒、仔鱼 5.29×10^5 尾的损失。根据选址区域环境和生态现状调查结果表明项目区域的生态环境状况较好，项目建设和营运期间产生的悬浮物、污废水在环境承载力容许范围之内。在加强工程的环境保护、环境管理和监督工作，采取积极的预防及环保治理措施，并进行生态补偿的前提下，可以有效降低对生态环境的影响程度。可见，项目选址与区域生态环境有一定的适宜性。

12.4.1.4 与周边敏感目标的适宜性分析

项目附近的环境敏感区及保护目标主要有：幼鱼、幼虾保护区、惠来电厂、惠来港靖海作业区通用码头工程、靖海渔港、石碑山风电厂、惠来验潮站、资深

渔港、前詹海洋保护区。

本项目占用部分南海幼鱼、幼虾保护区，根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的纵向扩散距离 2.28km，横向扩散距离 0.236 km，施工期产生的悬浮泥沙会对渔业资源造成一定损失，但这些影响是暂时的，随施工的结束而结束。此外，本项目为非透水构筑物的方式，对该保护区占用较少。施工期应尽可能降低施工强度，减少对水生生物的影响。

项目的建设对其他敏感区基本无影响，石碑山风电厂位于毗邻陆域，丁字坝工程建成后，有利于减轻岸线和地形的侵蚀，对石碑山风电厂区域起到保护作用。

12.4.1.5 平面布置的合理性分析

绿洲岸段布置 5 组垂岸丁字坝，间距 400m 左右，自风暴大浪作用上界起向海伸出至水深 2m 处，丁字坝采用“⊥”型结构，抛石浆砌，构成人工岬角，促进局地稳定岸滩发育，“软”“硬”互济，控制海岸侵蚀。“⊥”型丁字坝兼具掩护和拦沙功能，利用岬间弧形海岸平衡原理，有利于局地岸段的长期稳定。因此本项目的平面布置合理。

12.5 环境影响可接受性分析

综上，拟建工程所在位置自然条件较好，水文、气象等因素均能满足使用要求，具备建设的地质条件。工程附近基础条件较为完善，原料充足，水、电、道路等外部协作条件可行。

工程的建设符合海洋功能区划、海洋环境保护规划、相关区域及行业规划和当地政策环境要求，符合产业发展方向，选址科学，平面布局合理，施工期产生的悬浮泥沙扩散范围局限在项目附近，且这种影响是暂时的，随施工的结束而结束。营运期不产生污染物。因此，施工期和营运期不会对海洋水环境质量产生较大的影响。

因此，本项目对环境的影响是可接受的。

13 环境管理与环境监测

本次评价将结合本工程环境影响预测分析结果、评价工程所在海区的环境保护目标，并据此提出针对本工程的环境管理、监测和监理方案。

13.1 环境管理与监理

环境管理是工程管理和公司管理的重要组成部分，环境管理机构是实施环境管理的组织保证。为了做好本项目的环境保护工作，减轻本项目外排污染物对海洋环境的影响程度，建设单位及本项目施工单位应高度重视海洋环境保护工作，应成立专门机构进行环境保护管理工作。

根据丁字坝建设的实际情况，工程施工期间，工程指挥部应设专人负责环境保护事宜。环境保护工作受广东省海洋主管部门、揭阳市海洋主管部门及环保部门的指导和监督。

13.1.1 施工单位环境管理机构设置

建设施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专人负责环境保护工作，实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境管理工作，保证施工期环保设施的正常进行，各项环境保护措施的落实。施工期的环境管理应着重于施工场所的现场检查和监督。应采取日常的、全面的检查和重点监督检查相结合。对于违规施工的，应及时予以处罚和追究责任。

施工单位的管理内容主要有：

（1）负责制定、监督、落实有关环境保护管理规章制度，负责实施环境保护控制措施、管理污染治理设施，并进行详细的记录，以备检查；

（2）及时向环境保护主管机构或向单位负责人汇报与本项目施工有关的污染因素、存在问题、采取的污染控制对策、实施情况等，提出改进建议；

（3）按本报告提出的各项环境保护措施，编制详细施工期环境保护措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的有效落实；

（4）所有的检查计划、检查情况和处理情况都应当有现场的文字记录，并应及时通报给各有关部门。记录应定期汇总、归档。

13.1.2 建设单位环境管理机构

为了有效保护项目所在海域环境质量, 切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实, 除了施工单位应设置环境保护管理机构外, 针对本项目的建设施工实际情况, 项目建设单位还应成立专门小组, 定员为 3~4 人, 负责环境管理和环境监测计划的制定和实施, 监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况, 并在选择施工单位前, 将主要环境保护措施列入到招标文件中, 将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素, 将需落实的环境保护措施列入与施工中标单位签署的合同中, 聘请有资质的施工监理单位对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理, 并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

建设单位环境保护管理机构的主要职责为:

(1) 对工程辖区范围内的环境保护实行统一管理, 贯彻执行国家和地方的有关环境保护法规;

(2) 做好环境教育和宣传工作, 提高各级管理人员和操作人员的环保意识, 加强员工对环境污染防治的责任心, 自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度;

(3) 加强建设项目的环境管理, 根据本报告提出的污染防治措施和对策, 制定出切实可行的环境污染防治办法和措施, 并对其实施情况进行监督、检查;

(4) 制定本项目的环境保护规划和年度目标计划, 制定污染物排放控制指标, 并组织实施;

(5) 领导和组织工程辖区范围内的环境监测工作, 建立监控档案; 负责环保资料的收集、汇总、保管、归档工作;

(6) 负责对丁字坝工程施工所在地各工程项目的各项环保设施运行状况的例行监测和检查工作, 并及时纠正违规行为, 防止污染事故的发生;

(7) 加强与环境保护管理部门的沟通和联系, 主动接受主管部门的管理、监督和指导。

13.2 环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求, 为了及时了解和掌握建设项目在其施工期和运营期对海洋水质、沉积物和生态产生的影响, 使可能造成环境影响的因素得以及时发现, 需要对建设项目的施工期和运营期对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。本项目施工期悬浮泥沙源强较小, 产生的悬浮泥沙扩散范围较小, 因此, 施工期可不进行环境监测。

丁字坝和浮式防波堤建成运营后, 对附近海洋环境质量基本上不会产生影

响,但存在对岸线和地形的影响,应对项目附近岸线、地形地貌与冲淤环境进行跟踪监测,每6个月一次,以后根据监测评估结果对监测频次进行调整。岸线监测为靖海湾全段岸线,在丁字坝区域,每隔10m,布设一个观测点;在丁字坝以外区域,每隔30m,布设一个观测点。水深地形的监测,以靖海湾项目附近外扩500m范围、比例尺按1:1000进行监测。

13.3 环境监理

该项目在用海过程中,应接受海洋主管部门的监控监视。当发现有超出海域使用范围、改变海域使用用途和性质,或海域使用对环境、资源造成不良影响时,应采取相应措施对违规行为及时纠正,对出现问题及时加以解决。

环境监理是工程监理的重要组成部分,工程指挥部需委托具有资质的环境监理单位进行环境监理工作。环境监理单位应按照合同条款,独立、公正的开展工作。环境监理实行环境监理工程师负责制,监理人员应具备环境方面的专业知识。业主和承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师,以保证命令依据的唯一性。根据本项目对环境产生破坏的范围和程度,制定本项目的环境监理计划。

监理单位需帮助建设单位对项目中的环保设计把关并对环保设施的选购提供参考意见,同时,监理过程中监理人员对施工过程中出现的环境问题及时与业主和施工单位沟通并采取相应措施把这些问题控制在源头,将施工中对环境的各种不利影响降到最低限度。

环境监理的具体内容包括:

(1) 现场环境监理

环境监理人员对重点污染源及其污染防治设施的现场监理每月不少于1次;对一般污染源及其污染防治设施的现场监理每季不少于1次;对建设项目现场监理每月不少于1次。

环境监理人员进行例行现场检查时,需填写现场监理单,对异常情况要制作《询问调查笔录》,必要时需采样取证并按规定采取相应处理措施。对违法行为,属现场处罚范围的,填写《现场处理决定通知书》,执行现场处罚。

(2) 监理工程建设

受委托的监理公司应派人员进驻施工现场,监督工程的施工进度、施工质量和是否按国家主管部门批准的用海区域用海,核查用海范围及面积;了解并掌握是否按施工合同约定的工程量进行施工等。

(3) 调查、处理环境污染事故和环境污染纠纷

环境监理机构发现环境污染事故或接到举报后,将根据污染事故报告制度及时向环保行政主管部门、海洋行政主管部门报告,实地调查和记录环境污染或事故污染状况,进行取证,并采取应急措施控制污染,必要时通报周围单位或疏散

群众。

环境监理人员应参与污染事故的处理。环境监理机构要对当事人参加的协调会提出调解处理意见，制作会议纪要。

另外，监理人员需对施工人员进行生物多样性保护的宣传教育，协调工程施工中因环境问题产生的纠纷；参加每周的工程例会，根据现场监理的情况及时编报环境监理的周报、月报。

14 结论与建议

14.1 工程概况

本项目为靖海湾绿洲海岸带侵蚀综合整治修复工程,针对靖海湾绿洲海岸带侵蚀后退的成因机制,拟布置 5 组垂岸丁字堤,间距约 400m,一号至五号丁字坝的长度分别为 200m、140m、180m、170m、200m,一共 890m。单个丁字堤堤身水下坡脚线间宽度约 38m,堤头水下坡脚线间宽度约 89m。丁字坝采用斜坡式扭王字块护面结构,浮式防波堤长度为 246m,宽度为 6m,共计 19 个钢筋混凝土结构浮式防波构件(浮箱)和 22 个钢筋混凝土结构重力锚。本项目海域使用面积 5.8133 公顷,丁字坝海域使用总面积 3.6525 公顷,浮式防波堤海域使用总面积 2.1608 公顷。

自风暴大浪作用上界起向海伸出至水深 2m 处,丁字坝采用“⊥”型结构,抛石浆砌,构成人工岬角,促进局地稳定岸滩发育。浮式防波堤和丁字坝“软”“硬”互济,控制海岸侵蚀。

本项目丁字坝施工进度计划为 12 个月,丁字堤坝水下施工进度约 3 个月。浮式防波堤陆上预制时间 6~10 个月,海上施工进度约 4 个月。项目工程总投资为 2775.57 万元。

14.2 工程分析结论

施工期的环境影响主要有:1)施工产生的悬浮泥沙,浮式防波堤锚块基础开挖施工产生的悬浮泥沙源强为 0.33kg/s,丁字坝抛石施工产生的悬浮泥沙源强为 0.12kg/s;2)施工人员产生的生活污水,产生量约 2.8m³/d;3)施工建设场地工地污水;4)施工机械运行、冲洗及维修产生的油污水;5)施工产生的生活垃圾及建筑垃圾,生活垃圾约 52.5kg/d。项目施工产生的悬浮物是暂时的,随工程的结束而结束,其对海洋环境影响不大。施工期陆地生活污水由环保厕所处理;施工期工地污水由沉淀池沉淀后排放;施工期产生的油污水交由有资质的单位进行处理;施工期产生的生活垃圾由环卫部门收集后送城市垃圾处理厂处理。因此,施工期对海洋环境影响很小。

此外,还存在工程对水动力环境、地形地貌与冲淤环境和海洋生态环境等的非污染影响。

14.3 环境现状分析与评价结论

14.3.1 水文现状分析

监测结果表明,各站各层潮流均以旋转流为主,旋转流的旋转方向为顺时针。表层流最大流速 0.28m/s~0.66m/s, 底层流最大流速 0.24m/s~0.58m/s。

14.3.2 水质现状分析

调查海区所有样品中 pH、DO、COD、石油类、无机氮、总汞、硫化物、镉和砷等评价因子的单项标准指数均小于 1,符合所在海洋功能区要求的海水水质标准。

主要超标因子为 BOD₅、活性磷酸盐、锌、铅和铜;涨潮 BOD₅ 超标率为 16.7%,活性磷酸盐超标率为 14.3%,锌超标率为 7.1%,铅超标率为 14.3%,铜超标率为 3.6%;落潮 BOD₅ 超标率为 16.7%,活性磷酸盐超标率为 14.3%,铅超标率为 3.6%,铜超标率为 7.1%。

14.3.3 沉积物质量现状分析

调查海区内各站位各污染物评价因子均未超标,均符合所在海洋功能区所要求的海洋沉积物质量标准要求,大部分污染物的单项标准指数均在 0.5 以下,整个海区沉积物环境良好。

14.3.4 海洋生物现状分析

(1) 叶绿素 a 和初级生产力

2015 年 1 月调查结果显示,叶绿素 a<4mg/m³ 属于贫营养海区。初级生产力涨潮变化范围在 12.97~38.91mg·C/(m²·d) 之间,平均值为 27.46mg·C/(m²·d),为低水平;落潮变化范围在 14.75~43.05mg·C/(m²·d) 之间,平均值为 27.72mg·C/(m²·d),为低水平。

(2) 浮游植物

2015 年 1 月调查结果显示,浮游植物共出现了 3 门 30 属 60 种,其中以硅藻门的种类最多。浮游植物个体数量在 $3.48 \times 10^4 \sim 182.3 \times 10^4$ 个/m³ 之间。浮游植物多样性指数变化范围为 0.49~3.81,均匀度变化范围为 0.11~0.92,丰度变化范围为 0.53~1.73。调查海区的优势种有细弱海链藻、琼氏圆筛藻、中华盒形藻和夜光藻共 4 种。

(3) 浮游动物

2015 年 1 月调查结果显示, 调查区内出现 50 种和 3 类阶段性浮游幼体; 调查区域浮游动物优势种为夜光虫、中华哲水蚤和瘦尾胸刺水蚤。浮游动物的生物量在 $85.29\sim 238.1\text{mg}/\text{m}^3$ 之间; 多样性指数在 $1.36\sim 3.65$ 之间; 均匀度在 $0.29\sim 0.69$ 之间; 丰富度指数在 $3.02\sim 5.97$ 之间。

(4) 底栖生物

2015 年 1 月调查结果显示, 调查共鉴定出 7 门 37 种。优势种为哈氏仿对虾、细巧仿对虾、管鞭虾和孔鰕虎鱼等。底栖生物栖息密度变化范围为 $0\sim 300.00\text{ind}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $52.50\text{ind}/\text{m}^2$; 生物量变化范围为 $0\sim 5.91\text{g}/\text{m}^2$, 平均生物量为 $2.02\text{g}/\text{m}^2$ 。底栖生物多样性指数平均为 2.17, 均匀度指数平均为 0.92, 丰度指数平均为 1.29。

(5) 潮间带生物

2015 年 1 月调查结果显示, 共鉴定出 2 门 9 种。节肢动物甲壳类分布较广。潮间带生物平均生物量变化范围在 $21.76\sim 83.97\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度变化范围在 $2.67\sim 17.33\text{ind}/\text{m}^2$ 。

(6) 渔业资源

①游泳生物

2015 年 1 月调查结果显示, 共捕获游泳生物 32 种, 隶属于 7 目 14 科 19 种。平均重量密度为 $1015.31\text{kg}/\text{km}^2$ 。

②鱼卵与仔稚鱼

2015 年 1 月调查结果显示, 共鉴定出鱼卵 1 种和仔稚鱼 3 种。垂直拖网捕获鱼卵 1 粒。垂直拖网捕获仔稚鱼 4 尾, 3 站丰度值分别为 $0.19\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.19\text{ind}/\text{m}^3$ 、 $0.25\text{ind}/\text{m}^3$, 分布种类主要为褐菖鲉。

14.3.5 海洋生物质量现状分析

生活于潮下带的甲壳类和鱼类的单项标准指数值小于 1, 所有指标均未超标。生活于潮间带的软体类生物各项指标的单项标准指数值均小于 1, 所有指标均未超标。本次调查测试的 5 个样品的 6 项评价因子均未超标, 甲壳类、软体类和鱼类的生物质量状况良好。

14.4 环境影响预测分析与评价结论

(1) 对水动力环境的影响

涨急和落急情况下，工程后流速有相应的增加或减小，流向也发生一定的偏转。距离丁字坝较远处，工程前后流速流向变化较小。涨急情况下，工程前对比点流速在 $0.013\text{m/s}\sim 0.116\text{m/s}$ 之间，工程后对比点流速在 $0.008\text{ m/s}\sim 0.087\text{ m/s}$ 之间，流速变化值介于 $-0.038\text{m/s}\sim 0.002\text{ m/s}$ 之间。工程前流向在 $5.2^\circ\sim 355.2^\circ$ 之间，工程后流向在 $8.6^\circ\sim 352.7^\circ$ 之间，变化介于 $-152.2^\circ\sim 296.4^\circ$ 之间。

落急情况下，工程前对比点流速在 $0.003\text{ m/s}\sim 0.164\text{m/s}$ 之间，工程后对比点流速在 $0.005\text{ m/s}\sim 0.155\text{ m/s}$ 之间，流速变化值在 $-0.040\text{m/s}\sim 0.007\text{m/s}$ 之间。工程前流向在 $130.3^\circ\sim 346.1^\circ$ 之间，工程后流向在 $15^\circ\sim 334.5^\circ$ 之间，流向变化介于 $-331.1^\circ\sim 175.3^\circ$ 之间。

从流场整体变化的趋势看，工程实施后，对周边海域影响较明显的区域集中在工程区域范围内。

(2) 对地形地貌与冲淤环境的影响

丁字坝工程实施后，对波浪进行了反射和折射，有效地分散了波浪在传播方向上的能量，起到了对岸线附近波能的重新分布和调整作用。原来的沿岸输沙方向由下向上输沙，修建丁字坝后，输沙被拦截，在丁字坝下方形成淤积区。

沿绿洲侵蚀岸段布置 5 组垂岸“ $\perp$ ”型结构丁字坝改变了靖海湾内波浪动力，使绿洲段波浪波能的重新分布和调整，减小了沿岸输沙。绿洲段岸线侵蚀现象得到一定程度的缓解。在局部岸线段设置人工岬角后，靖海湾岸滩侵蚀和堆积调整变化趋势有以下特点：

1) 1#丁坝呈 SW-NE 向，受 1#、2#两丁坝影响，新岬角的遮蔽段位于 1#丁坝的上侧，碎波带沿岸输沙指向上岬角方向（2#丁坝），岸滩呈堆积外展拓宽趋势，以减小圆弧湾顶段过大的凹入度。1#~2#丁坝坝田区淤积带基本沿岸线分布，平均淤积强度在 0.06m/a ，最大淤积强度 0.24m/a 。E 向波仍能作用 1#~2#丁坝坝田区，加上 1#丁坝对波浪的产生的绕射影响，在靠近 1#丁坝区产生冲刷区，基本以弧形分布，平均冲刷强度在 0.05m/a ，最大冲刷强度 0.12m/a 。

2) 2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝形成的人工岬角区域形成相似的岬角区，上岬角位于上丁坝，下岬角位于下丁坝，优势波浪经“ $\perp$ ”型结构丁字坝折射、绕射后，在上丁坝下方形成遮蔽区，同时沿岸输沙带受阻后，在丁坝下方形成淤积区。随着沿岸输沙能力(或沿岸泥沙流强度)的减小，新堆积岸滩的泥沙粒径、外展宽度、纵延长度和剖面形态的变化都会表现出相应的空间递变特征。2#~3#、3#~4#、4#~5#丁坝坝田区沿岸分布淤积带，其中，2#~3#坝田区淤积强度最大，4#~5#坝田区最小。同样在丁坝坝头连线附近分布有冲刷区，2#~3#的区域与 E

向波峰线基本平行，冲刷幅度最大，约为-0.20m/a。

3) 在 5#丁坝与惠来电厂间亦形成新的岬角区。该区域的趋势与现状条件基本一致。沿岸线同样分布有淤积带，受工程方案的影响，丁坝切断了沿岸输沙路径，该区域泥沙来源减少，淤积强度略有降低。在下岬角，即 5#丁坝北部区域分布有冲刷区，因为该区域仍为波浪作用区，冲刷幅度在-0.02m/a。

(3) 对水质环境的影响

施工期，项目的施工作业产生的悬浮泥沙将给周边水域带来一定的污染。大于 10mg/L、20mg/L、50mg/L 和 100mg/L 的包络面积分别为 0.948 km²、0.351 km²、0.091km² 和 0.029 km²。施工超过 10mg/L 悬沙增量为纵向扩散距离 2.28km，横向扩散距离 0.236 km。

营运期，初期雨水自然排入海中，对周边海洋水环境质量产生影响较小。

(4) 对沉积物环境的影响

丁字坝工程所在海域的沉积物特征将在施工时受到彻底破坏。同时，抛石等施工产生的悬浮泥沙在水流和重力的作用下，在施工地附近扩散、沉淀。由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区，因此经扩散和沉降后，沉积物的环境质量不会产生明显变化，沉积物质量状况仍将保持现有水平。

(5) 对海洋生物损失的影响

本项目施工期造成生物损失如下：潮间带和底栖生物 223.11kg、游泳生物 286.53kg、鱼卵 4.02×10^5 粒、仔鱼 5.29×10^5 尾。

营运期初期雨水对生态环境影响很小。

本工程造成的海洋生物损失赔偿额为 10.26 万元。

(6) 对环境敏感目标的影响

1) 对幼鱼、幼虾保护区的影响

本项目占用部分南海幼鱼、幼虾保护区，根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙增量超过 10mg/L 的纵向扩散距离 2.28km，横向扩散距离 0.236 km，施工期产生的悬浮泥沙会对渔业资源造成一定损失，其定量分析结果见 6.5 节。施工期产生的悬浮泥沙的影响是暂时的，随施工的结束而结束。此外，本项目用海主要为构筑物的方式，对该保护区占用较少。施工期应尽可能降低施工强度，减少对水生生物的影响。

2) 对惠来电厂的影响

惠来电厂在本项目东北侧约 2.7km，本项目施工期产生悬沙扩散北向不超过

1km，施工期悬沙扩散基本不会对惠来电厂产生影响。项目实施引起的地形冲淤变化基本不会影响到惠来电厂。

3) 对惠来港靖海作业区通用码头工程的影响

惠来港靖海作业区通用码头工程尚未施工。本项目施工期产生的悬沙扩散，对惠来港靖海作业区通用码头工程所在海域的水质会产生一定影响，但随施工的结束而结束。丁字坝工程建成后，有利于减轻岸线和地形的侵蚀。

4) 对靖海渔港的影响

靖海渔港距本项目约 3.1km，距离较远。根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙北侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km，本工程施工产生的悬浮泥沙对该敏感目标基本没有影响。项目实施引起的地形冲淤变化基本不会影响到靖海渔港。项目施工船舶进驻现场，通行过程会增加附近海域船舶密度，增加船舶碰撞风险。

5) 对石碑山风电厂的影响

石碑山风电厂位于毗邻陆域，丁字坝工程建成后，有利于减轻岸线和地形的侵蚀，对石碑山风电厂区域起到保护作用。

6) 对惠来验潮站的影响

国家海洋局惠来验潮站在本项目东北侧约 3km，距离较远。根据施工期水质影响预测结果，该区域表层悬浮泥沙北侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km，因此，本工程施工产生的悬浮泥沙对该敏感目标基本没有影响。项目实施引起的地形冲淤变化基本不会影响到惠来验潮站。

7) 对资深渔港的影响

资深渔港位于本项目西南侧约 0.8km，由于岬角的存在，施工期悬沙扩散增量超过 10mg/L 的不会到达此处。本工程施工产生的悬浮泥沙对该敏感目标基本没有影响。项目实施引起的地形冲淤变化基本不会影响到资深渔港。

8) 对前詹海洋保护区的影响

前詹海洋保护区位于本项目西南侧约 5.5km，该区域表层悬浮泥沙南侧增量超过 10mg/L 的最远距离不超过 1km，因此，本工程施工产生的悬浮泥沙对该敏感目标基本没有影响。项目实施引起的地形冲淤变化基本不会影响到前詹海洋保护区。

14.5 环境风险分析与评价结论

本工程施工期的主要环境风险是项目附近施工船舶发生碰撞导致燃料油溢漏入海对海洋生态环境的影响。本项目通过采取成立应急组织机构、建立区域应急联动机制和完善溢油应急设备等方式防范风险事故的发生。

14.6 清洁生产结论

在本项目的建设施工过程中,采用了合适的施工方案,使用先进的工艺装备、使作业高效、节能,减少不必要的消耗,也就降低了对环境的不必要的影响;同时,在作业过程中严格遵守技术规范,以环境保护意识贯穿于整个建设过程中,文明施工,爱护环境,这些都是清洁生产原则在本项目建设过程中的体现。因此,从总体上说,本项目施工期的清洁生产水平较高。

14.7 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

14.7.1 废水防治措施

本项目施工期生活废水由环保厕所收集处理;油污水由施工单位交给有资质的单位进行处理;施工废水排入沉淀池沉淀后排放。

以上废水防治措施在技术上是可行的,建设单位在经济上亦接受。

14.7.2 固体废物防治措施

本项目施工期浮式防波堤锚块基础开挖产生的沙料用于回填。施工期产生的生活垃圾由环卫部门收集后送城市垃圾处理厂处理。

固体废物防治措施方法简单有效,技术上可行,经济上可接受。

14.8 公众参与分析与评价结论

本项目公众参与的调查涉及到各个层次的居民,调查具有代表性,调查的结果比较真实可靠。调查结果显示,多数受访者认为项目用海能够在一定程度上保护海岸,促进当地经济的发展,对项目用海表示支持,但有少部分受访对象对本项目用海可能带来的环境影响问题等也存在一定的担忧,并提出了要保护当地群众利益和环境质量的希望和建议,同时也要求用海单位必须严格按照国家和地方

有关法律法规的要求,施工期间采取有效的预防和减轻不良环境影响的对策和措施,尽可能将对海洋环境的影响程度降到最低。建设单位认真考虑和研究了公众参与的有关内容和结论,对当地居民、企事业单位和相关管理部门的意见和建议表示采纳,并明确表示将严格遵守有关法律法规,施工过程中注意海洋环境保护,加强环境管理,尽可能消除公众的担忧。

14.9 区域规划和政策符合性结论

本项目与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《广东省海洋经济发展“十二五”规划》及《广东省海洋环境保护规划》(2006-2015)等区域规划符合。根据《广东省海洋功能区划(2011~2020年)》,项目所在海域的海洋功能区为靖海港口航运区,本项目符合广东省海洋功能区划的要求。在施工期全过程的各环节上考虑采用能减轻环境污染、减少对海洋生物造成影响的施工方式,因此,本项目符合清洁生产政策要求。

14.10 建设项目环境可行性结论

本项目具有较好的社会效益和经济效益,得到了当地人民群众的广泛支持,项目的建设符合广东省海洋功能区划和相关规划的要求,项目所在海域环境质量现状一般。项目按照其设计要求,落实报告书提出的环境保护措施,进行合理施工和科学营运管理,其对海洋环境的影响程度和对海洋生态环境造成的损失比较小,其影响也是可以接受的。项目建设存在环境风险的可能性不大。本项目实施丁字坝和浮式防波堤后,项目海岸附近波高显著减小,丁字坝间发生淤积,项目有助于减小海岸侵蚀,促进淤积,起到护岸养岸的作用。在建设单位严格落实各项环保措施,切实实施工程环境监理的情况下,本项目的建设从环境保护角度是可行的。

14.11 其他意见和建议

(1) 建议业主委托相关的环境监理机构进行施工期环境监理工作,这样对建设项目施工期全过程监管将是强化施工期环境管理的有效手段,是对现行的建设项目环境管理制度的补充和完善,对控制污染、改善环境有着重要的作用。

(2) 建议施工期的环境保护和管理工作按照本报告书中提出的措施和对策进行,从而有效控制工程的污染物排放,减轻工程建设对周围环境的影响。

(3) 建议项目海域施工避开项目附近幼鱼、幼虾保护区的保护期(3月1

日至5月31日)。

(4) 应组织人员定期检查安全隐患，建立突发事件处理机制，使事故对环境的影响控制在最低限度。

(5) 项目施工期和营运期注意保护广东粤电石碑山风能开发有限公司海边风机基础护坡、道路护坡、电缆沟等设备设施，避免发生安全事故。

附录

附件

附件 1 《委托书》，惠来县海洋与渔业局，2015 年 4 月；

附件 2 关于惠来县靖海湾绿洲海岸带综合整治与修复项目选址的意见，中国人民解放军 91960 部队，2016 年 7 月 19 日；

附件 3 公众参与调查基本信息表；

附件 4 2015 年海水水质、沉积物和生物质量检测报告，国家海洋局南海环境监测中心；

附件 5 《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书专家组评审意见》，2016 年 8 月；

附件 6 《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书专家评审意见修改说明》，2016 年 10 月；

附件 7 《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目一丁字坝工程和浮式防波堤工程初步设计专家评审意见》，2015 年 12 月；

附件 8 《广东省惠来县靖海湾绿洲海域海岸带综合整治与修复项目工程海洋环境影响报告书报批稿复核意见表》，2016 年 12 月。