

国道 G228 线惠来靖海月山至石化大
道段改建工程

海域使用补充论证报告书

(公示稿)

广东智环创新环境科技有限公司

(91440101MA59CHG40J)

二〇二六年三月

项目基本情况表

项目名称	国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程			
项目地址	广东省揭阳市惠来县			
项目性质	公益性 (√)	经营性 (/)		
用海面积	1.0291ha	投资金额	5660 万元	
用海期限	40 年	预计就业人数	0 人	
占用岸线	总长度	110.90m	临近土地平均价格	129 万元/ha
	自然岸线	0m	预计拉动区域经济产值	_ 万元
	人工岸线	110.90m	填海成本	_ 万元/ha
	其他岸线	0m		
海域使用类型	路桥用海		新增岸线	0m
用海方式	面积		具体用途	
跨海桥梁用海	1.0291ha		建设跨海桥梁	
<p>注：临近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值，根据《揭阳市人民政府关于公布实施征收农用地地区片综合地价的公告》（揭府公〔2021〕9号），神泉大桥两端的赤洲村和文昌村一带的土地征收价格为 8.6 万元/亩（129 万元/公顷）。</p>				

摘要

1、项目用海基本情况

项目名称：国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程

项目性质：新建。本项目为国道 G228 惠来段的改建工程，主要为在不改变现有 G228 路段的基础上实施改线建设，改线段均为新建线路，因此本项目神泉大桥建设性质为新建。

建设单位：惠来县公路事务中心

地理位置：本项目涉海段位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，跨越惠城运河，下游约 2km 为神泉港。跨海桥梁用海范围为北纬 22°59'08.351"至 22°59'12.115"，东经 116°17'38.485"至 116°17'45.752"。

建设规模和内容：本项目工程全线长 39.3km，分为陆域和海域。其中跨海段主线桥梁由东向西跨越 G238 后，采用（38+64+38）m 三跨预应力混凝土连续梁桥，主桥全长 140m，桥面总宽度 32.5m，双向六车道。项目施工用海包括 2 处施工栈桥（均位于用海范围内，不重复申请用海）。

申请用海概况：本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。本项目用海段为神泉大桥主桥，以及两侧引桥的部分桥段，申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。项目申请用海期限为 40 年。

总投资额及施工期：本工程跨海桥梁造价约 0.566 亿元，计划施工期 20 个月。

2、项目立项情况

G228（丹东线，丹东—东兴），为《国家公路网规划》的国家普通国道网北南纵线，规划的国道 G228 线惠来段分三段实施建设：一是仙庵至靖海月山段；二是靖海月山至石化大道段；三是溪西（石化大道）至览表段。本项目为靖海月山至石化大道段工程，已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》以及《揭阳市“十四五”交通基础设施建设项目表》。

3、项目用海必要性

本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项。项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通

道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。

本项目为规划国道 G228 线惠来段的先行段，全长 39.3km，线位贯穿靖海、前詹、神泉和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点。根据 2022 年广东省政府批复岸线，神泉大桥跨惠城运河段为海域。具体为神泉大桥桥身部分占用海域上方的空间资源，桥墩占用部分海域底土及海水空间。

为满足神泉大桥建设需要，结合本项目施工特点，需在桥墩周围设置施工栈桥及施工平台，桥侧设置施工主栈桥，以满足原材料运输、设备及人员进场与施工需求。

因此，项目建设是必要的，用海也是必要的。

4、项目建设与相关规划符合性

项目用海不涉及海洋生态保护红线，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》等各级国土空间规划成果要求。项目符合国家产业结构政策，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》中各项准入及管控要求；项目符合广东省和揭阳市交通体系规划、国民经济发展规划，符合生态环境保护相关政策要求；项目用海与揭阳市港口总体规划和滩涂水域养殖规划无冲突。

5、项目占用岸线情况

本项目用海桥段跨越惠城运河，大桥桥墩距靖海月山侧海岸线最近为 12.9m，距石化大道侧海岸线最近为 10.0m，跨两岸堤防时，桥梁梁底高程不低于 9.7m。

经量算，大桥用海范围跨越靖海月山侧人工岸线 57.98m，跨越石化大道侧人工岸线 52.92m。大桥构筑物实际跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m，跨越石化大道侧人工岸线 33.26m，两侧大桥均为直接跨越，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。

本项目施工栈桥分为两段，一段临近靖海月山侧堤岸，另一段临近石化大道侧堤岸，但均不与岸线直接接触，且栈桥均位于主桥用海范围内，施工活动结束后，将对施工栈桥进行拆除，对原有岸线形貌进行恢复。

6、利益相关者协调情况

(内容不公开)

7、资源生态影响

工程实施后，桥墩之间海域流速有所增强，桥墩上下游小范围区域流速有所减弱，其它区域流速变化不大。由于桥址所在河道断面宽阔，桥墩尺寸阻水面积相对较小，神泉大桥建设对桥址所在河道水动力影响不大，工程前后流速变化大于 0.1cm/s 的影响范围为桥轴线上游约 50m，下游约 120m。神泉大桥建设对附近水域流场的影响仅限于桥位上、下游小范围河段内，对桥梁所在惠城运河的整体流场影响很小，可以认为本项目对工程海域的水动力环境不产生明显影响。

本项目海工施工引起的悬浮物主要在潮流输运下向西南-东北方向输运、扩散，悬浮物增量浓度包络线大致呈东南-西北方向的条状分布。施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，增量浓度 10mg/L 的包络线向项目用海桥段上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m。

本项目实施后，大桥桥墩上、下游小范围海域流速减弱，海床总体呈淤积态势，最大淤积厚度约 0.158m/a；桥墩之间的过流通道则因流速增大呈冲刷态势，最大冲刷深度约 0.057m/a。冲淤厚度大于 0.01m/a 的海域在桥墩上游 35m~下游 50m 范围内。本次计算的冲淤强度为工程刚实施后的冲淤强度，随着冲淤过程的深入，地形向适应工程后水动力环境方向调整，冲淤强度将逐年减小。

8、项目用海合理性

本项目选址的区位和社会条件满足项目建设和营运的需求，与项目所在海域的自然资源和生态环境相适宜，在严格执行本报告提出防范措施的前提条件下，项目无潜在的、重大的安全和环境风险，与其他用海活动和海洋产业相协调，其选址是合理的。

本项目平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，其平面布置是合理的。

本项目用海方式基本维护了海域的基本功能，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，项目用海方式有利于保护和保全区域海洋生态系统。

项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。本项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。用海面积符合项目用海需求，符合相关

行业的设计标准和规范，海域使用面积较合理。

根据《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程工程可行性研究报告》，神泉大桥设计使用年限为 100 年。同时，本项目为公益性项目。按照《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定公益性项目最高用海期限为 40 年。综合项目设计年限和海域使用管理法的规定，项目用海桥段申请用海期限为 40 年是合理的。

9、项目用海可行性结论

项目的建设符合广东省及揭阳市综合交通体系规划，有利于揭阳地区经济发展，项目建设是必要的，用海也是必要的。

项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。工程建设对项目所在海域及周边海域海洋环境不可避免地会造成一定的影响，其影响随施工结束将不再持续，因此工程施工对海洋环境影响是可承受的。

本项目用海符合所在海域的空间准入要求，项目申请用海选址、方式和期限合理，用海面积较合理。建设单位应就相关问题与利益相关方达成一致，则项目用海与利益相关方可协调。

综上所述，从项目用海多方面出发考虑，本论证报告认为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程用海是可行的。

目 录

摘 要.....	I
1 概述.....	1
1.1 论证工作由来.....	1
1.2 论证依据.....	5
1.3 论证等级和范围.....	12
1.4 论证重点.....	13
2 项目用海基本情况	15
2.1 用海项目建设内容.....	15
2.2 平面布置和主要结构、尺度	28
2.3 项目主要施工工艺和方法.....	37
2.4 土石方平衡.....	45
2.5 项目用海需求.....	46
2.6 项目用海必要性.....	52
3 项目所在海域概况	59
3.1 海洋资源概况.....	59
3.2 海洋生态概况.....	70
4 资源生态影响分析	121
4.1 资源影响分析.....	121
4.2 生态影响分析.....	127
4.3 通航安全影响分析.....	162
4.4 防洪纳潮影响分析.....	162
5 海域开发利用协调分析	163
5.1 海域开发利用现状.....	163
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	171
5.3 利益相关者界定.....	172
5.4 相关利益协调分析.....	174
5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析	174
6 国土空间规划符合性分析	175

6.1 与国土空间规划的符合性分析	175
6.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的符合性分析---	179
6.3 与产业政策符合性分析-----	183
6.4 项目用海与相关规划符合性分析	183
7 项目用海合理性分析	190
7.1 用海选址合理性分析-----	190
7.2 用海平面布置合理性分析-----	195
7.3 用海方式合理性分析-----	196
7.4 占用岸线合理性分析-----	197
7.5 用海面积合理性分析-----	201
7.6 用海期限合理性分析-----	206
8 生态用海对策措施	208
8.1 生态用海对策-----	208
8.2 生态保护修复措施-----	214
9 结论.....	216
9.1 结论-----	216
9.2 建议-----	219

1 概述

1.1 论证工作由来

2021年3月，国家发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年（2021—2025年）规划和2035年远景目标纲要》，纲要提出加快建设交通强国，推进各种运输方式一体化融合发展，提高网络效应和运营效率。2021年12月，广东省交通运输厅按照省委省政府贯彻落实交通强国建设纲要的实施意见，制定《广东省普通国省道“十四五”发展规划》，按照加快构建综合交通运输体系的要求，推进普通国省道高质量发展，构建更加安全、便捷、高效、绿色的普通国省道网络，为促进现代化经济体系建设、开启全面建设社会主义现代化新征程提供坚实保障。

国道G228线（丹东线，丹东—东兴），为《国家公路网规划》的国家普通国道网北南纵线，惠来境内现有路线长55.387km，全线贯穿惠来东西两翼，起点位于桥仔头，与汕头市交界处，经仙庵、周田、华湖、惠城、东陇、隆江、溪西、岐石镇，终点位于览表村，与陆丰市交界处。随着城市的快速发展，交通量逐年增长和城镇面积的不断拓展，国道G228局部路段两侧街道化严重，拓宽空间十分有限，且被交路口多，摩托车比例高，过境车流的出行效率较低，不利于区域形成高效的交通运输体系路网，亟待改善，但由于现有国道G228途径顶溪水库和葫芦潭水库等饮用水水源保护区，若对既有国道G228线走廊带拓宽改建的难度较大且存在一定的环境风险。

为贯彻实施交通强国建设纲要，进一步完善交通网络结构，推动揭阳滨海产业发展，2022年8月，惠来县交通运输局提出国道G228线惠来段拟按下述线位进行改建：起点位于仙庵镇桥观村，途径仙庵镇、靖海镇、靖海镇月山村、前詹镇、临港产业园、神泉镇、广东工业大学揭阳校区、东陇镇、粤东新城管委会、汕汕高铁惠来站、隆江镇、溪西镇、大南海石化工业区、岐石镇，终点止于岐石镇览表村（与国道G228线陆丰市甲子至南塘段改建工程相交接），总体线路走向见图1.1-1。改建工程共分三段实施建设：一是仙庵至靖海月山段；二是靖海月山至石化大道段；三是溪西（石化大道）至览表段，已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》。惠来县拟先推进国道G228靖海月山至石化大道

段工程（K5527+300~K5566+600）的建设，建设《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程》（以下简称“本项目”）。

本项目线位贯穿靖海、前詹、神泉和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点。本项目的建设对于实现产城联动，加速惠来县经济发展，构建“一核一带一区”区域发展新格局，将惠来县建设成为国家级临海产业重要集聚区、滨海产城融合绿色发展实践区均具有重要意义。根据 2022 年广东省政府批复岸线，本项目架设神泉大桥以跨越神泉港海域，需要申请用海。为此，惠来县公路事务中心委托广东智环创新环境科技有限公司承担本项目的海域使用论证工作，并于 2023 年 8 月 24 日取得了惠来县自然资源局《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程用海预审意见的函》（惠自然资函〔2023〕323 号）：同意国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程通过用海预审，项目选址位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，拟申请用海总面积为 1.0174 公顷，用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁，项目用海桥段跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线，申请用海期限 40 年。

本工程于 2023 年 11 月 23 日取得广东省发展改革委《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程可行性研究报告的批复》（粤发改投审核〔2023〕63 号），2024 年 11 月 11 日取得广东省交通运输厅《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程初步设计的批复》（粤交基〔2024〕737 号），项目涉海段暂未动工建设。根据本工程初步设计批复，工程应进一步查明神泉大桥处断层的类型，空间产出，断层破碎带的物理性质，为桥梁布设提供详实的地质资料，进一步核实被交道路线位、规划断面等，明确桥墩布设边界条件，有条件时要优化桥跨布置和桥型方案。本项目自取得初步涉及批复后，随着工程施工条件的进一步探明，拟对神泉大桥线位进行优化调整，以契合实际建设需求，工程调整后的涉海工程仍为神泉大桥，主要海洋工程变化情况为：桥梁整体向南偏移，总长由 1006.4m 调整为 1085.5m，双向六车道，设计速度 80km/h，涉海段长度仍为 194m。本项目施工图设计已于 2024 年 11 月 29 日取得广东省交通运输厅《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程施工图设计的批复》（粤交基〔2024〕772 号）。

为了合理、科学地使用海域，保障用海项目得以顺利实施，并为海域使用审

批提供重要依据，调整后项目用海位置、用海面积放生改变，用海类型和用海方式不变，根据《中华人民共和国海域使用管理法》《广东省海域使用管理条例》和《海域使用论证技术导则》等的规定，需要对本项目用海进行海域使用补充论证。受惠来县公路事务中心委托，广东智环创新环境科技有限公司承担本项目的海域使用补充论证工作。广东智环创新环境科技有限公司接受委托后，立即成立了项目组，组织相关技术人员全面收集相关资料，深入现场进行踏勘测量，论证分析了本项目用海的必要性与可行性，结合本工程的特点，编制完成了《国道G228线惠来靖海月山至石化大道段改建工程海域使用补充论证报告书》。

(内容不公开)

图 1.1-1 国道 G228 惠来县境内现有及改建工程位置示意图

(内容不公开)

图 1.1-2 本项目线路走向及涉海段图

1.2 论证依据

1.2.1 国家法律、行政法规及部门规章

1. 《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第六十一号，2002年1月1日施行；

2. 《中华人民共和国环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，主席令第九号，2015年1月施行；

3. 《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，全国人民代表大会常务委员会令第九号，2023年10月24日第三次修订，2024年1月1日施行；

4. 《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第七十九号，2021年9月1日施行；

5. 《中华人民共和国港口法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第五号，2018年12月29日第三次修正；

6. 《中华人民共和国航道法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第十七号，2016年7月2日修正；

7. 《中华人民共和国渔业法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第二十五号，2013年12月28日修订；

8. 《中华人民共和国野生动物保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2022年12月30日第二次修订，2023年5月1日起施行；

9. 《中华人民共和国海岛保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2010年3月1日起施行；

10. 《中华人民共和国湿地保护法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第一〇二号，2022年6月1日施行；

11. 《中华人民共和国水污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令第十二号，2017年6月27日修正；

12. 《中华人民共和国大气污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2018年10月26日第二次修订；

13. 《中华人民共和国噪声污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2022年6月5日施行；

14. 《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，中华人民共和国国务院令 第 475 号，2018 年 3 月 19 日第二次修订；
15. 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，国务院，中华人民共和国国务院令 第 62 号，2018 年 3 月 19 日修订；
16. 《中华人民共和国自然保护区条例》，国务院，中华人民共和国国务院令 第 167 号，2017 年 10 月 7 日第二次修订；
17. 《生态保护补偿条例》，2024 年 2 月 23 日国务院第 26 次常务会议通过，2024 年 6 月 1 日起施行；
18. 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》，中华人民共和国国务院，2017 年 3 月 1 日第二次修订；
19. 《中华人民共和国海洋倾废管理条例实施办法》，原国家海洋局，国家海洋局令 第 2 号，2017 年 12 月 27 日第二次修正；
20. 《海域使用权管理规定》，原国家海洋局，国海发〔2006〕27 号，2007 年 1 月 1 日施行；
21. 《海域使用权登记办法》，原国家海洋局，国海发〔2006〕28 号，2007 年 1 月 1 日施行；
22. 《海洋自然保护区管理办法》，国海发〔1995〕251 号，1995 年 5 月 29 日；
23. 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》，交通运输部，中华人民共和国交通运输部令 2021 年第 24 号，2021 年 8 月 25 日经第 22 次部务会议通过，2021 年 9 月 1 日施行；
24. 《国家海洋局关于进一步规范海域使用论证管理工作的意见》，原国家海洋局，国海规范〔2016〕10 号，2016 年 12 月 29 日；
25. 《自然资源部办公厅关于印发〈国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南〉的通知》，自然资发〔2023〕234 号，2023 年 11 月 22 日；
26. 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行；
27. 《市场准入负面清单（2025 年版）》，国家发展改革委、商务部、市场监管总局，发改体改规〔2025〕466 号，2025 年 4 月 16 日；
28. 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管

理的通知(试行)》，自然资源部生态环境部国家林业和草原局，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日；

29.《自然资源部办公厅关于北京等省(区、市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕2207号，2022年10月14日；

30.《自然资源部办公厅关于依据“三区三线”划定成果报批建设项目用地用海有关事宜的函》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2022〕2072号，2022年09月28日；

31.《全国“三区三线”划定规则》，自然资源部，2022年4月；

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

33.《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》，自然资源部办公厅，自然资办函〔2021〕2073号，2021年11月10日；

34.《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640号；

35.《关于印发<生态保护红线生态环境监督办法(试行)>的通知》，生态环境部，国环规生态〔2022〕2号，2022年12月27日；

36.《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》，自然资规〔2023〕8号)。

37.《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资源部，自然资发〔2023〕89号，2023年6月13日；

38.《农业农村部关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》，农业农村部，农渔发〔2022〕1号，2022年1月13日；

39.《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，中共中央办公厅、国务院办公厅，2020年11月1日；

40.《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年3月31日；

41.《中国海洋渔业水域图(第一批)》，中华人民共和国农业部公告第189号；

42.《关于调整海域、无居民海岛使用金征收标准的通知》，财政部、原国家海洋局，财综〔2018〕15号，2018年3月13日。

1.2.2 地方性法规及地方政府规章

1. 《广东省海域使用管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 92 号，2021 年 9 月 29 日修正；
2. 《广东省环境保护条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2022 年 11 月 30 日第三次修正；
3. 《广东省水污染防治条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2021 年 9 月 9 日修正；
4. 《广东省大气污染防治条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2022 年 11 月 30 日修正；
5. 《广东省固体废物污染环境防治条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2022 年 11 月 30 日第三次修正；
6. 《广东省湿地保护条例》，广东省人民代表大会常务委员会，广东省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 124 号，2022 年 11 月 30 日第三次修正；
7. 《广东省固体废物污染环境防治条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2022 年 11 月 30 日第三次修正；
8. 《广东省渔业管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2019 年 9 月 25 日第三次修正；
9. 《广东省野生动物保护管理条例》，广东省人民代表大会常务委员会，2020 年 3 月 31 日修订，2020 年 5 月 1 日起施行；
10. 《广东省海洋特别保护区管理规定》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2012〕29 号，2012 年 4 月 17 日；
11. 《广东省近岸海域污染防治实施方案》，原广东省环境保护厅、原广东省海洋与渔业厅，粤环函〔2018〕1158 号，2018 年 7 月 6 日；
12. 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，广东省人民政府，粤府〔2021〕28 号，2021 年 4 月 6 日；
13. 《广东省财政厅广东省自然资源厅关于印发〈广东省海域使用金征收标准（2022 年修订）〉的通知》，广东省财政厅、广东省自然资源厅，粤财规〔2022〕4 号，2022 年 6 月 17 日；
14. 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》，广

东省自然资源厅办公室，2022年2月22日；

15. 《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》，粤自然资发〔2023〕11号，2023年11月28日；

16. 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2017〕62号，2017年10月15日；

17. 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省项目用海政策实施工作指引〉的通知》，广东省自然资源厅，粤自然资函〔2020〕88号；

18. 《广东省自然资源厅关于下发生态保护红线和“双评价”矢量数据成果的函》，广东省自然资源厅，2020年12月24日；

19. 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知（粤自然资规字〔2025〕1号）》；

20. 《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》，广东省自然资源厅，粤自然资海域〔2023〕149号，2023年2月6日；

21. 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）〉的通知》，广东省自然资源厅，粤自然资发〔2025〕1号，2025年1月23日；

22. 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）〉的通知》，广东省自然资源厅，2024年6月；

23. 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省用海政策实施工作指引〉的通知》（粤自然资函〔2020〕88号）；

24. 《广东省自然资源厅关于印发省管用海项目审查审批工作规范的通知》（粤自然资规字〔2024〕5号）；

25. 《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕31号，2021年9月29日；

26. 《广东省生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，粤环〔2021〕10号，2021年11月9日；

27. 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，粤环〔2022〕7号；

28. 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕33号，2021年9月30日；
29. 《广东省人民政府办公厅关于印发〈广东省综合交通运输体系发展“十四五”规划〉的通知》，广东省人民政府办公厅，粤府办〔2021〕27号，2021年9月4日；
30. 《广东省国土空间规划(2021-2035年)》，广东省人民政府，2023年8月；
31. 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》，广东省自然资源厅，2023年5月10日；
32. 《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（2021年2月1日市六届人大七次会议审议批准）；
33. 《揭阳市人民政府关于印发揭阳市自然资源“十四五”规划的通知》（揭府〔2021〕55号）；
34. 《揭阳市综合交通运输体系发展“十四五”规划》（揭府〔2021〕58号）；
35. 《揭阳市生态环境保护“十四五”规划》；
36. 《揭阳市人民政府办公室关于印发揭阳市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（揭府办〔2021〕25号）；
37. 《揭阳市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》；
38. 《揭阳市城市总体规划（2011—2035年）》；
39. 《惠来县城市总体规划（2017-2035年）》；
40. 《揭阳市人民政府关于印发揭阳市国土空间总体规划（2021—2035年）的通知》（揭府〔2024〕13号）；
41. 《惠来县国土空间总体规划》（2020-2035年）；
42. 《广东省人民政府关于〈惠来县国土空间总体规划（2021-2035年）〉的批复》（粤府函〔2023〕284号）；
43. 《揭阳港总体规划（2035年）》，揭阳市人民政府，2023年6月。

1.2.3 标准规范

1. 《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；
2. 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
3. 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；

4. 《海域使用管理技术规范》（国家海洋局，2001.02）；
5. 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
6. 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
7. 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
8. 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）；
9. 《海洋生物质量》（GB18421-2001）；
10. 《渔业水质标准》（GB11607-89）；
11. 《海域使用面积测量规范》（HY070-2022）；
12. 《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009）；
13. 《中国海图图式》（GB12319-1998）；
14. 《海洋工程地形测量规范》（GB/T17501-2017）；
15. 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（2002.04）；
16. 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007，中华人民共和国农业部）；
17. 《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）；
18. 《港口码头水上污染事故应急防备能力要求》（JT/T451-2017）；
19. 《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）；
20. 《公路路线设计规范》（JTGD20-2017）。

1.2.4 项目技术资料

1. 《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程工程可行性研究报告》，广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司，2023 年 3 月；
2. 《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程工程地质勘查报告》，广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司；
3. 《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程海域使用论证报告书（报批稿）》（广东智环创新环境科技有限公司，2023 年 8 月）；
4. 《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程用海预审意见的函》（惠自然资函〔2023〕323 号）。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

1.3.1.1 本项目申请用海情况

1、用海类型

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009),判定本项目用海类型为“交通运输用海”(一级类)中的“路桥用海”(二级类),根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》,本项目海域使用类型为“交通运输用海”(一级类)中的“路桥隧道用海”(二级类)。

2、用海方式

根据《海域使用分类》(HY/T123-2009),本项目用海方式为“构筑物”(一级方式)中的“跨海桥梁”(二级方式)。

3、用海规模

本项目用海长度为 194m,用海面积为 1.0291 公顷。

4、占用岸线情况

本项目神泉大桥用海跨越人工岸线长度 110.90m,不占用自然岸线。

1.3.1.2 用海等级判定

依据《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023)论证等级的判定依据(见表 1.3-1,节选导则中表 1),确定本项目海域使用论证等级为二级(见表 1.3-2),需要编制海域使用论证报告书。

表 1.3-1 海域使用论证工作等级判据

一级 用海方式	二级 用海方式	论证等级判据		
		用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物	跨海桥梁	长度大于(含)2000m	所有海域	一
		长度(800~2000)m	敏感海域	一
			其他海域	二
		长度小于(含)800m	敏感海域	二
			其他海域	三
单跨跨海桥梁	所有海域	三		

注 1: 敏感海域是指海洋生态保护红线区,重要河口、海湾,红树林、珊瑚礁、海草床等重要生态系统所在海域,特别保护海岛所在海域等。

注 2: 构筑物总长度按照构筑物中心线长度界定,并行铺设的海底电缆、海底管道等的长度,按最长的管线长度计。

一级 用海方式	二级 用海方式	论证等级判据		
		用海规模	所在海域特征	论证等级
注 3：项目占用自然岸线并且改变海岸自然形态和影响海岸生态功能的，占用长度大于（含）50m 的论证等级为一级，占用长度小于 50m 的论证等级为二级。				

表 1.3-2 本工程海域使用论证等级

本项目用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
一级 用海方式	二级 用海方式			
构筑物	跨海桥梁	用海长度 194m 用海面积 1.0291 公顷	敏感海域 (本项目位于河口区域)	二
本工程				二

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》(GB/T42361-2023)，论证范围应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。一般情况下，论证范围以项目用海外缘线为起点进行划定，跨海桥梁等线性工程用海的论证范围划定，二级论证每侧向外扩展 3km。结合项目周边开发利用现状完整性、海域敏感程度，确定项目论证范围为：以工程用海外缘线向南外扩 4km 至神泉港海域，向东、西、北外扩 0.6~5.5km 以覆盖整个河口海域，面积约为 11.99km²，如表 1.3-3 和图 1.3-1 所示。

表 1.3-3 本项目论证范围端点坐标表

序号	经度	纬度
A		
B		
C		
D		

(内容不公开)

图 1.3-1 本项目论证范围图

1.4 论证重点

本项目用海应严格落实节约优先、保护优先的用海管理要求，结合本项目海

域使用类型和用海方式、所在海域特征和对资源生态影响程度等因素确定论证重点。本项目属于交通运输用海中的路桥用海，参照《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）中附录 C 论证重点参照表，因此确定论证重点如下：

- （1）项目选址（线）合理性；
- （2）用海面积合理性；
- （3）海域开发利用协调分析；
- （4）用海生态影响分析和用海生态对策措施。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

2.1.1 已预审用海基本情况

5.已预审用海项目基本情况引自《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程海域使用论证报告书（报批稿）》中相关内容。

2.1.1.1 建设内容及规模

工程全线长 39.3km，分为陆域和海域。其中跨海段主线桥梁由东向西跨越 G238 后，采用 45+70+45 m 的预应力砼现浇梁桥，主桥全长 160m，桥面总宽度 32.5 m，双向六车道。项目施工用海包括 2 段施工主栈桥、4 段施工支栈桥、4 个施工平台（均位于主桥用海范围内，不重复申请用海）。

2.1.1.2 总平面布置方案

国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程整体呈东西走向，起点位于惠来县月山村东侧，与规划国道 G228 线仙庵至靖海月山段对接（本项目起点现阶段沿现状 S235，于仙庵镇接回 G228 老路（对应国道 G228 养护桩号 K5516+700）），路线向西依次途经靖海镇、周田镇、前詹镇、神泉镇、粤东新城、东陇镇、隆江镇、溪西镇和大南海石化工业区，终点止于石化大道（对应国道 G228 养护桩号 K5557+450），与国道 G228 线溪西（石化大道）至览表段对接，路线全长约 39.3km。项目在神泉港附近设神泉大桥，全桥总长 1006.4m，双向六车道，设计速度 80 km/h。主桥采用（45+70+45）m 预应力砼连续梁，跨越神泉港海域，神泉大桥建设防洪标准为 100 年。

神泉大桥工程设计内容主要分为以下三部分：

（1）靖海月山侧引桥

靖海月山侧引桥桩号为 K5550+146.8~K5550+805，全长 658.2m；双向六车道，桥梁总宽为 32.5m。

（2）神泉大桥主桥工程

神泉大桥主桥设计范围为 K5550+805~K5550+965，全长 160m，宽 32.5m，采用（45+70+45）m 预应力砼连续梁跨越惠城运河。

(3) 石化大道侧引桥

石化大道侧引桥桩号为 K5550+965~K5551+153.2，全长 188.2m；双向六车道，桥梁总宽为 32.5m。

本报告高程系统除特别说明外，均采用 1985 高程系统。

(内容不公开)

图 2.1-1 本项目原线路走向及涉海段图

2.1.1.3 水工构筑物结构、尺度

神泉大桥桥梁全长 1006.4m，其中涉海段约长 194m。根据项目施工方法及工艺需要，涉海工程还包括施工栈桥。

1、主桥

根据线路总体布置，主桥设计范围为 K5550+805~K5550+965，全长 160 m，宽 32.5 m，采用 (45+70+45) m 预应力砼连续箱梁跨越神泉港海域。

(1) 纵断面设计

① 防洪控制标高

靖海月山段 4.2 m，石化大道段 2.2 m。

② 通航要求

本项目神泉大桥跨越神泉港海域中部为惠城运河，根据《关于同意全省五至七级航道定级方案的批复》(粤府函〔1998〕270 号)以及《广东省交通运输厅关于印发广东省航道发展规划(2020-2035 年)的通知》(粤交规〔2020〕786 号)，惠城运河为规划为内河 VI 级航道。

最高通航水位：2.86m，单孔双向通航，通航净高 6.0m，通航孔宽度 40 m，通航孔范围内梁底高程不低于 8.86 m。本项目预留通航条件满足《内河通航标准》(GB50139-2014)中内河 VI 级航道通航净高(6.0m)和双向通航孔净宽(40m)的要求。

③ 跨水道两岸堤防的桥梁净空高度要求

大桥两岸均为人工海堤，东岸为西港海堤，西岸为东陇海堤，堤防等级为二级，跨海桥梁梁底高程不低于 9.7 m。

(2) 标准横断面布置

项目全线标准路基宽度为 33m，桥梁外侧内收各 25cm，桥梁宽度为 32.5m。

推荐的预应力砼连续梁桥标准横断面宽度如下：0.5m(护栏)+3 m(硬路肩)+3.75 m(车行道)+3.75 m(车行道)+3.75 m(车行道)+0.5 m(路缘带)+2 m(中间分隔带)+0.5 m(路缘带)+3.75 m(车行道)+3.75 m(车行道)+3.75 m(车行道)+3m(硬路肩)+0.5 m(护栏)=32.5 m。

标准横断面布置见下图。

(内容不公开)

图 2.1-2 原项目标准横断面布置(单位: cm)

(3) 主桥结构设计

1) 桥式布置

主桥桥跨布置为(45+70+45) m 的预应力砼连续梁桥, 主梁采用单箱双室结构, 边中跨比为 0.64。主桥总体布置如下图。

(内容不公开)

图 2.1-3 原项目主桥总体布置图(单位: cm)

2) 下部结构

① 主墩基础

主墩墩身采用方柱墩, 墩身尺寸 2.5×2.5m。采用“工”字形承台, 承台埋置于河床下, 承台尺寸 11.0×9.5m(横向×纵向), 每个承台下布置 4 根圆形 D2.2m 的钻孔桩。

为降低桥墩阻水作用, 在满足《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)等相关技术要求的前提下, 本项目神泉大桥桥墩设置根据水流方向进行了优化调整, 桥墩总体与水流方向平行。根据本项目设计方案, 桥墩与河道走向基本平行, 桥轴线法线方向与水流流向夹角约为 3°, 有效降低了桥墩的阻水影响。

(内容不公开)

图 2.1-4 原项目主墩基础布置图(单位: cm)

② 过渡墩基础

20#、23#号为过渡墩, 采用柱式墩, 河床以上桥墩截面 D1.6m; 河床以下基础 D1.8m 的钻孔灌注桩, 桩基间距为 8.7m, 桩基间设置矩形连接梁(河床以下), 梁尺寸为 1.2×1.5×8.7m, 桩基础按柱桩设计。

(内容不公开)

图 2.1-5 原项目过渡墩基础布置图 (单位: cm)

本项目主桥配套的桥墩等下部结构情况见下表所示。

表 2.1-1 原项目主桥下部结构设置情况

序号	结构	尺寸	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				

3) 主梁

主梁材料采用预应力混凝土,单幅为单箱双室结构。支点到跨中梁高采用二次抛物线变化,主梁梁高 1.8~4.3m,单幅桥面宽 16m,主梁全宽 32.5m,两幅间隙 0.5m。

(内容不公开)

图 2.1-6 原项目箱梁一般构造图 (单位: cm)

4) 防撞设施

根据桥梁结构、设防代表船型等,并结合防撞装置结构自重、船舶碰撞力等情况,在 21#、22#墩上设置浮动式 80 型钢覆复合材料防撞设施,削减部分船舶撞击力,保护桥梁与船舶安全。

(内容不公开)

图 2.1-7 原项目防撞设施立面布置图 (单位: cm)

2、引桥

(1) 靖海月山侧引桥

靖海月山侧引桥(直线起始桩号: K5550+146.8, 终止桩号: K5550+805.0)引桥全长 658.2m, 桥宽 32.5m; 全桥共 6 联, 跨径为: 3*30+(40+60+40)+4*30+3*30+3*30+2*30+35m。

上部结构均采用 35m 预制小箱梁跨越靖海月山侧堤防。引桥侧涉海长度约

16m。

(2) 石化大道侧引桥

石化大道侧引桥（直线起始桩号：K5550+965.0，终止桩号：K5551+153.2）引桥全长 188.2m，桥宽 32.5m；全桥共 2 联，跨径为： $(35+2\times 30)+3\times 30$ 。

上部结构均采用 35m 预制小箱梁跨越靖海月山侧堤防。引桥侧涉海长度约 18m。

(内容不公开)

图 2.1-8 原项目靖海月山侧引桥桥位平面图

(内容不公开)

图 2.1-9 原项目靖海月山侧引桥桥型布置图 (10-20 号墩) (单位: cm)

(内容不公开)

图 2.1-10 原项目靖海月山侧引桥断面图 (单位: cm)

(内容不公开)

图 2.1-11 原项目石化大道侧引桥桥位平面图

(内容不公开)

图 2.1-12 原项目石化大道侧引桥桥型布置图 (21-29 号墩) (单位: cm)

(内容不公开)

图 2.1-13 原项目石化大道侧引桥断面图 (单位: cm)

3、施工用海

本工程神泉大桥跨越神泉港海域,桥位处河道宽度约 194 m,最大水深约 5m,跨越河道及部分水塘施工通道拟采用钢栈桥,在主墩及过渡墩处设置支栈桥连接主栈桥,水中基础作业平台采用钢平台方案,为保证河道通航要求,在航道位置预留航道通航。

靖海月山侧主栈桥长度 72 m,石化大道侧主栈桥长度 81 m,宽度为 8 m,桥跨布置标准跨径 12 m。支栈桥 20、23#过渡墩支栈桥长度各为 33 m,21、22#主墩支栈桥长度各为 66 m,宽度为 8 m。21#、22#主墩钢平台面积为 459 m²。

(内容不公开)

图 2.1-14 原项目施工栈桥立面示意图

(内容不公开)

图 2.1-15 原项目施工栈桥断面图

2.1.1.4 已预审用海情况

本项目已于 2023 年 8 月 24 日取得了惠来县自然资源局《关于国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程用海预审意见的函》(惠自然资函〔2023〕323 号):同意国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程通过用海预审。已预审项目用海情况如下:

1、用海类型

本项目原预审用海工程为跨海桥梁，用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥用海（二级类）。

2、用海方式

根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），跨海桥梁用海方式界定为构筑物用海（一级方式）中的跨海桥梁（二级方式）。

3、用海面积及期限

本项目原预审的用海总面积为 1.0174 公顷，均为跨海桥梁用海。神泉大桥用海跨越人工岸线长度 106.19m，施工栈桥临时占用人工岸线长度 16.17m，不占用自然岸线。申请用海期限为 40 年。

项目主桥原预审的用海宗海位置见图 2.1-16，宗海界址见图 2.1-17，宗海平面布置见图 2.1-19。

(内容不公开)

图 2.1-16 原预审项目用海宗海位置图

(内容不公开)

图 2.1-17 原预审项目主桥用海宗海界址图

(内容不公开)

图 2.1-18 原预审项目用海宗海界址图 (附表)

(内容不公开)

图 2.1-19 原预审项目宗海平面布置图

2.1.2 调整后项目基本情况

项目名称：国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程

项目性质：新建。本项目为国道 G228 惠来段的改建工程，在不改变现有 G228 路段的基础上实施改线建设，改线段均为新建线路，因此本项目涉海工程神泉大桥建设性质为新建。

建设单位：惠来县公路事务中心

地理位置：本项目涉海段位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，跨越惠城运河，下游约 2km 为神泉港，项目地理位置见图 2.1-20。跨海桥梁用海范围为北纬 22°59'08.351"至 22°59'12.115"，东经 116°17'38.485"至 116°17'45.752"。

建设规模和内容：本项目工程全线长 39.3km，分为陆域和海域。跨海段为神泉大桥，总长 1085.5m，等级为一级公路，设计时速为 80km/h，包括主桥和东西两侧引桥，其中主桥长 140m，采用 (38+64+38)m 三跨预应力混凝土连续梁桥，单幅桥宽 16.0m；主桥东侧为靖海月山侧引桥，长 677m，主桥西侧为石化大道侧引桥，长 268.5m，引桥上部结构采用先简支后桥面连续组合箱梁，下部结构桥墩为柱式墩、板式墩，桥台为柱式台、座板台，基础为承台桩基础、单桩基础。项目施工用海包括 2 段施工主栈桥、3 段施工支栈桥、3 个施工平台（均位于主桥用海范围内，不重复申请用海）。

申请用海概况：本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。本项目用海段为神泉大桥主桥，以及两侧引桥的部分桥段，申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。项目申请用海期限为 40 年。

总投资额及施工期：本工程跨海桥梁造价约 0.566 亿元，计划施工期 20 个月。

(内容不公开)

图 2.1-20 项目地理位置示意图

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 项目总体方案概况

国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程整体呈东西走向，起点位于惠来县月山村东侧，与规划国道 G228 线仙庵至靖海月山段对接（本项目起点现阶段沿现状 S235，于仙庵镇接回 G228 老路（对应国道 G228 养护桩号 K5516+700）），路线向西依次途经靖海镇、周田镇、前詹镇、神泉镇、粤东新城、东陇镇、隆江镇、溪西镇和大南海石化工业区，终点止于石化大道（对应国道 G228 养护桩号 K5557+450），与国道 G228 线溪西（石化大道）至览表段对接，路线全长约 39.3km。项目在神泉港附近设神泉大桥，全桥总长 1085.5m，双向六车道，设计速度 80km/h，起点桩号 K5550+168.500，终点桩号 K5551+257.200，中心桩号为 K5550+712.850，跨径组合为： $(3 \times 30) + (30+50+30) + (4 \times 30) + (4 \times 30) + (3 \times 26) + (3 \times 26) + (30+22+29) + (38+64+38) + (28.5+30+30) + (3 \times 30) + (3 \times 30) = 1085.5\text{m}$ 。其中主桥采用 $(38+64+38)\text{m}$ 预应力砼连续梁，跨越神泉港海域，神泉大桥建设防洪标准为 100 年。项目线位见图 2.2-1。

神泉大桥工程设计内容主要分为以下三部分：

（1）靖海月山侧引桥

靖海月山侧引桥桩号为 K5550+168.5~K5550+845.5，全长 677m；双向六车道，桥梁总宽为 32.5m。

（2）神泉大桥主桥工程

神泉大桥主桥设计范围为 K5550+845.5~K5550+985.5，全长 140m，宽 32.5m，采用 $(38+64+38)\text{m}$ 预应力砼连续梁跨越惠城运河。

（3）石化大道侧引桥

石化大道侧引桥桩号为 K5550+985.5~K5551+245，全长 268.5m；双向六车道，桥梁总宽为 32.5m。

本报告高程系统除特别说明外，均采用 1985 高程系统。

(内容不公开)

图 2.2-1 本项目线路走向图

(内容不公开)

图 2.2-2 本项目神泉大桥总平面布置图

2.2.2 项目涉海工程概况

神泉大桥桥梁全长 1085.5m，其中涉海段约长 194m。根据项目施工方法及工艺需要，涉海工程建设还需配套搭设两处施工栈桥。

项目涉海工程总平面布置见图 2.2-2。

2.2.2.1 主桥

根据线路总体布置，主桥设计范围为 K5550+845.5~K5550+985.5，长 140m，宽 32.5m，采用（38+64+38）m 预应力砼连续箱梁跨越神泉港海域。

（1）纵断面设计

① 防洪控制标高

靖海月山段 4.2m，石化大道段 2.2m。

② 通航要求

本项目神泉大桥跨越神泉港海域中部为惠城运河，根据《关于同意全省五至七级航道定级方案的批复》（粤府函〔1998〕270 号）以及《广东省交通运输厅关于印发广东省航道发展规划（2020-2035 年）的通知》（粤交规〔2020〕786 号），惠城运河为规划为内河 VI 级航道。

最高通航水位：3.09m，单孔双向通航，通航净高 6.0m，通航孔宽度 40m，通航孔范围内梁底高程不低于 9.09m。本项目预留通航条件满足《内河通航标准》（GB50139-2014）中内河 VI 级航道通航净高（6.0m）和双向通航孔净宽（40m）的要求。

③ 跨水道两岸堤防的桥梁净空高度要求

大桥两岸均为人工海堤，东岸为西港海堤，西岸为东陇海堤，堤防等级为二级，跨海桥梁梁底高程不低于 9.7m。

(内容不公开)

图 2.2-3 项目涉海工程总平面布置

(2) 标准横断面布置

项目全线标准路基宽度为 33m，桥梁外侧内收各 25cm，桥梁宽度为 32.5m。

推荐的预应力砼连续梁桥标准横断面宽度如下：0.5m（护栏）+3m（硬路肩）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+0.5m（路缘带）+2m（中间分隔带）+0.5m（路缘带）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3m（硬路肩）+0.5m（护栏）=32.5m。

标准横断面布置见下图 2.2-3。

（内容不公开）

图 2.2-4 标准横断面布置（单位：cm）

(3) 主桥结构设计

1) 桥式布置

主桥桥跨布置为（38+64+38）m 的预应力砼连续梁桥，主梁采用单箱双室结构，边中跨比为 0.64。主桥总体布置如下图 2.2-5。

(内容不公开)

图 2.2-5 主桥总体布置图 (单位: cm)

2) 下部结构

① 主墩基础

桩号 24#、25#为主墩，墩身采用圆形柱墩，墩身直径 3.5m。采用矩形承台，承台埋置于河床下，承台尺寸 8.2×8.2×3.5m（横向×纵向×垂向），每个承台下布置 4 根圆形 2.0m 的钻孔桩。

为降低桥墩阻水作用，在满足《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）等相关技术要求的前提下，本项目神泉大桥桥墩设置根据水流方向进行了优化调整，桥墩总体与水流方向平行。根据本项目设计方案，桥墩与河道走向基本平行，桥轴线法线方向与水流流向夹角约为 3°，有效降低了桥墩的阻水影响。

（内容不公开）

图 2.2-6 主墩基础布置图（单位：cm）

② 过渡墩基础

桩号 23#、26#号为过渡墩，采用矩形柱式墩。河床以下基础为两根直径 2.0m 的钻孔灌注桩，桩基间距为 5.0m，桩基间设置矩形连接梁（位于河床以下），梁尺寸为 8.2×3.2×3.0m（横向×纵向×垂向），连接梁上方为矩形桥墩，墩身尺寸为 4.5×1.5m。

（内容不公开）

图 2.2-7 过渡墩基础布置图（单位：cm）

本项目主桥配套的桥墩等下部结构情况见表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 本项目主桥下部结构设置情况

序号	结构	平面尺寸	数量	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				

3) 主梁

主梁材料采用预应力混凝土，单幅为单箱双室结构。支点到跨中梁高采用二

次抛物线变化，主梁梁高 4.0m，单幅桥面宽 16m，主梁全宽 32.5m，两幅间隙 0.5m。

(内容不公开)

图 2.2-8 箱梁一般构造图 (单位: cm)

2.2.2.2 引桥

(1) 靖海月山侧引桥

靖海月山侧引桥 (直线起始桩号: K5550+168.5, 终止桩号: K5550+845.5) 引桥全长 677m, 桥宽 32.5m; 全桥共 7 联, 跨径为: $(3 \times 30) + (30+50+30) + (4 \times 30) + (4 \times 30) + (3 \times 26) + (3 \times 26) + (30+22+29)$ 。

上部结构采用先简支后桥面连续组合箱梁跨越靖海月山侧堤防。引桥侧涉海长度约 16m, 桩号为 22#。靖海月山侧引桥桥位平面图、桥型布置图详见图 2.2-9~图 2.2-12 (桩号 1#~22#)。

(2) 石化大道侧引桥

石化大道侧引桥 (直线起始桩号: K5550+985.5, 终止桩号: K5551+245) 引桥全长 268.5m, 桥宽 32.5m; 全桥共 3 联, 跨径为: $(28.5+30+30) + (3 \times 30) + (3 \times 30)$ 。

上部结构采用先简支后桥面连续组合箱梁跨越靖海月山侧堤防。引桥侧涉海长度约 18m。石化大道侧引桥桥位平面图、桥型布置图详见图 2.2-9~图 2.2-12 (桩号 26#~35#)。

(内容不公开)

图 2.2-9 本项目神泉大桥设计图 (分幅 1)

(内容不公开)

图 2.2-10 本项目神泉大桥设计图 (分幅 2)

(内容不公开)

图 2.2-11 本项目神泉大桥设计图 (分幅 3)

(内容不公开)

图 2.2-12 本项目神泉大桥设计图 (分幅 4)

(内容不公开)

图 2.2-13 靖海月山侧引桥涉海桩基断面图 (桩号 22#, 单位: cm)

2.2.2.3 施工用海

本工程神泉大桥跨越神泉港海域,桥位处河道宽度约 194m,最大水深约 5m,跨越河道及施工通道拟采用钢栈桥,在主墩及过渡墩处设置支栈桥连接主栈桥,水中基础作业平台采用钢平台方案,为保证河道通航要求,在航道位置预留航道通航。

靖海月山侧主栈桥长度 72m,石化大道侧主栈桥长度 81m,宽度为 8m,桥跨布置标准跨径 12m。支栈桥分别位于 23#、24#和 25#桥墩旁,各支栈桥长度均为 33m,宽 8m。项目施工栈桥平面布置图见图 2.2-14、断面图见图 2.2-15。

(内容不公开)

图 2.2-14 项目施工栈桥立面示意图

图 2.2-15 项目施工栈桥断面图

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 主桥及引桥施工方案

2.3.1.1 施工工艺及流程

主桥施工栈桥和平台桥采用“钓鱼法”施工,桩基采用冲击钻进行钻孔桩施工,采用钢板桩围蔽施工主墩承台,过渡墩通过设置施工栈桥进行基础施工。主墩墩身采用“翻模法”施工。神泉大桥主桥主梁分为悬浇梁段和现浇梁段。现浇梁采用现场拼装支架辅助施工。悬浇梁段采用挂篮悬浇施工。主梁施工步骤如下:

步骤一:

- 1) 搭设施工栈桥。
- 2) 桥梁桩基础施工。
- 3) 桥墩承台施工。
- 4) 主墩、过渡墩承台及墩身施工,安装支座。



图 2.3-1 主梁施工步骤一

步骤二：

- 1) 安装主墩支架。
- 2) 在支架上立模浇筑 0#、1#梁段。
- 3) 张拉临时固结预应力束，在主墩形成临时固结约束。
- 4) 待砼强度达到 90%设计强度且龄期满 7d 后张拉 0#、1#梁段顶板和腹板预应力、横向预应力、竖向预应力钢束。

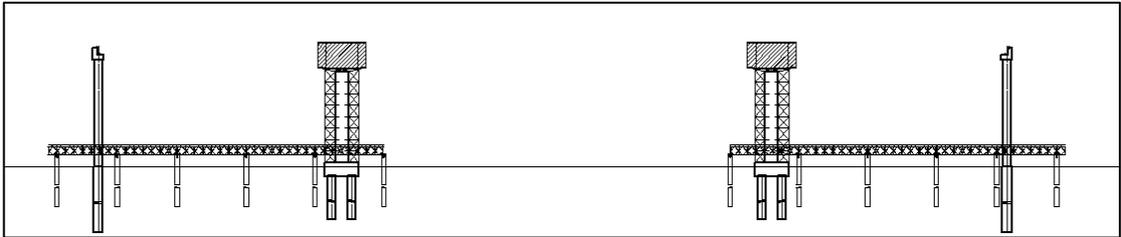


图 2.3-2 主梁施工步骤二

步骤三：

- 1) 挂篮对称悬浇剩余梁段，待悬浇梁段砼强度达到 90%设计强度且龄期满 7d 后，张拉相应梁段的顶板和腹板预应力及前一梁段的横向预应力、竖向预应力钢束。
- 2) 在适当时间同步进行边跨现浇梁段的施工。

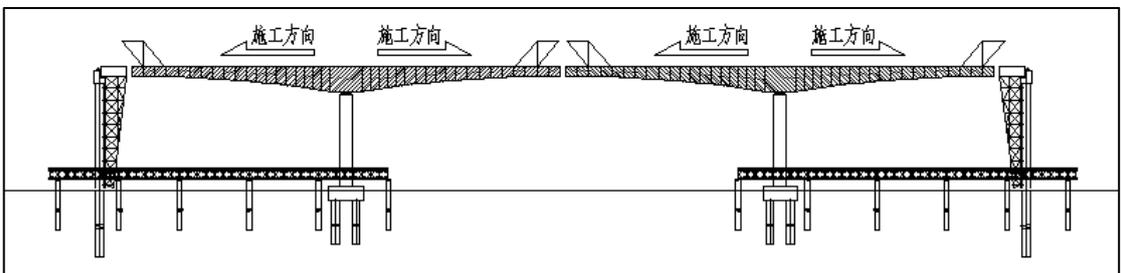


图 2.3-3 主梁施工步骤三

步骤四：

- 1) 施加合拢压重。立模浇筑边跨合拢段，浇筑同时边跨侧水箱对称放水卸载，强度满足钢束要求后张拉合拢钢束；

2) 拆除边跨水箱及支架；

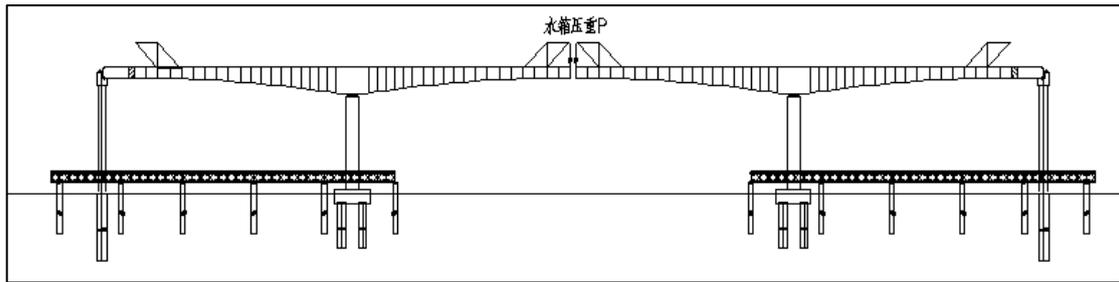


图 2.3-4 主梁施工步骤四

步骤五：

1) 斜浇筑中跨合拢段，浇筑同时中跨水箱对称放水卸载，单位时间内卸载总重量等于同一时间内浇筑的砼重量；

2) 待合拢段砼强度达到 90%设计强度且龄期满 7d 后张拉合拢段纵向预应力、竖向预应力束和横向预应力束,拆除全部吊机及中跨水箱；

3) 拆除桥墩临时约束,移除挂篮,拆除支架和吊架；

4) 浇筑防撞栏、铺设桥面沥青砼、安装伸缩缝、泄水管等,全桥完成。

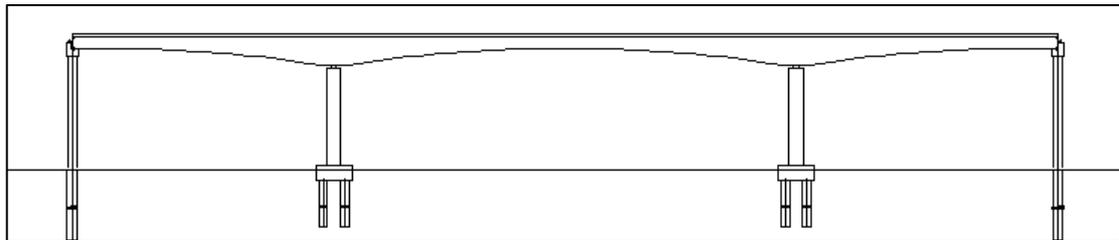


图 2.3-5 主梁施工步骤五

2.3.1.2 临时施工栈桥搭设

神泉大桥主桥 22#~26#墩位于滩地及主河槽内，需搭设钢栈桥施工，施工选择在枯水期施工，其主要施工流程为：①施工准备；②搭建钢栈桥；③下部构造施工平台搭设、钢板桩施工、水中基桩施工、承台及墩身施工；④水中墩施工平台拆除。主要施工方案如下：

1) 概述

22#~26#墩位于滩地及主河槽内，为满足水上施工时人员、设备及材料到达施工墩位，在两岸河堤堤背水外侧和迎水坡外侧设置栈桥，接着在桥墩位置搭设钻孔平台，然后进行钻孔施工；根据不同墩位处的工程地质情况，计划采用气举反循环钻机或旋挖钻。

2) 钢栈桥布置

工作平台主梁采用贝雷梁，贝雷梁上设分配梁，分配梁上铺设槽钢，工作平台桩基础采用 $\phi 630 \times 12\text{mm}$ 钢管桩，桩顶设分配梁，横梁上满铺槽钢。护栏：护栏高度为 120cm，按纵向间距 1.5 米设置，护栏扶手采用 $\phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 钢管。

2.3.1.3 桥梁桩基础施工

桥梁桩基均为灌注桩，钻进成孔施工应设置钢护筒，钢护筒应具有足够的强度和刚度。水中桩基施工工艺流程见图 2.3-6。

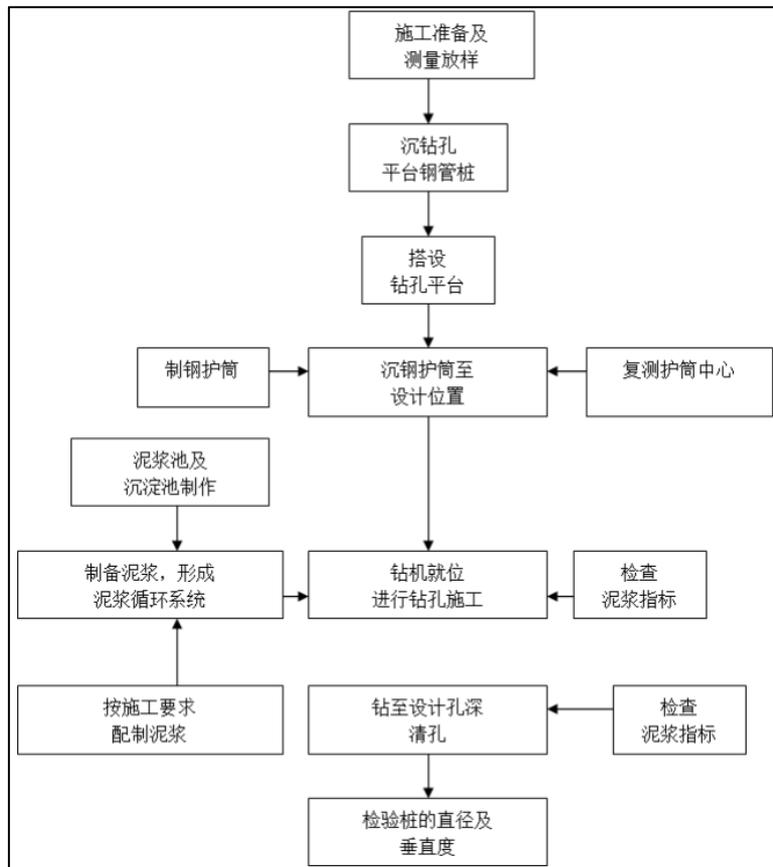


图 2.3-6 水中桩基施工工艺流程图

(1) 钢护筒制作与施工

钢护筒采用大于桩基直径，为防止塌孔影响堤围，堤围两侧的墩桩基钢护筒需下沉至基岩顶，其他钢护筒宜进入河床 4-5m，同时宜穿过软弱层，且满足护筒自重的承载力要求，钢护筒顶标高为控制在高于钢平台标高 30cm，壁厚一般为 $D/120\text{mm}$ (D 为护筒直径)，采用分节制作、下放工艺，钢护筒采用振动锤插打。钢护筒应具有足够的强度和刚度。

① 钢护筒的加工、运输

钢护筒加工厂加工，加工完毕检验合格后运至施工现场。为防止钢护筒在运输过程中变形，钢护筒上、下口及中间位置焊接十字支撑。

②钢护筒的吊装

钢护筒吊装施工时，为保证钢护筒起吊时不变形，采用长吊绳小夹角的方法起吊。

③钢护筒的下沉

钢护筒的沉入可采用振动锤振动下沉，防止钻孔过程中钢护筒底部坍塌，钢护筒必须穿过松散粉细砂层。钢护筒连接处应采用钢板加强，并保证其耐压、耐拉，不漏水。

(2) 钻机选型

钻孔设备应根据地质条件、设计孔径、孔深、水深等因素，采用气举反循环冲击钻机或旋挖钻。

(3) 钢筋笼下放

桩基钢筋笼加工集中在钢筋加工场加工，采用滚焊机统一加工，提高钢筋笼质量，钢筋笼制作完成后由板车集中配送至现场。

钢筋笼采用吊装入孔，将钢筋骨架中心与桩孔对中后插入孔内，下放过程中要保证钢筋笼垂直。沉放时要采用逐段吊装逐段沉放的方法，已插入的钢筋笼，利用钢管或型钢通过其架立筋将该段承托临时固定。

(4) 混凝土灌注

采用直径 $\phi 300\text{mm}$ 、壁厚 6mm 的无缝钢管，在下导管之前，进行水密承压和接头抗拉实验，以检查导管的密封性能、接头抗拉能力。

导管可在钻孔旁预先分段拼装，在吊放时再逐段拼装。分段拼装时应仔细检查，变形和磨损严重的不得使用。

桩基混凝土一次性连续灌注完成，混凝土灌注过程中及时调整导管埋深，导管埋深宜控制在 2~6m。为保证桩顶质量，在桩顶设计标高以上应加灌一定高度 ($\geq 100\text{cm}$) 混凝土，以便灌注结束后，清除桩头混凝土浮浆。

主桥共产生约 2000m³ 钻渣。施工过程中配备运渣车及运浆车，及时将开挖土方和钻渣运输至本项目其他需要填方的路段进行填埋。

2.3.1.4 承台及系梁施工

水中承台采用钢围堰+封底混凝土施工。

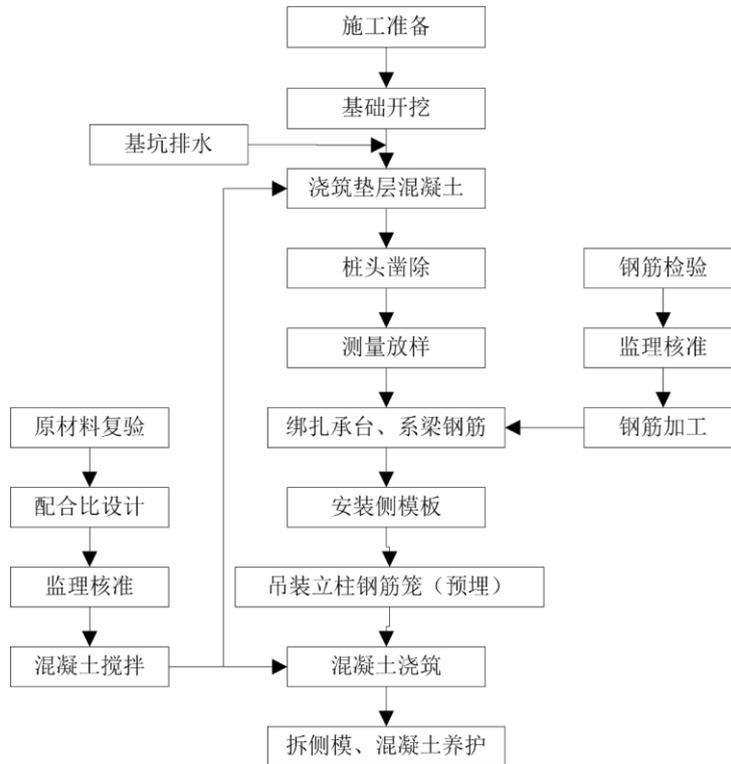


图 2.3-7 承台（桩顶系梁）施工工艺流程图

(1) 钢围堰施工

① 钢板桩围蔽设计

A 钢板桩的选用

根据墩位处地质条件及打入深度，选用拉森IV型钢板桩。

内撑系统属梁杆组合式，设两道，内撑系统分为内撑杆与外圈梁两部份，内撑杆采用 $\phi 630 \times 10$ 钢管，外圈梁采用 2I45 工字钢制作；杆梁组合成整体稳定框架结构，共同抵抗钢板桩外土压力。

B 打桩设备

钢板桩利用振动锤进行打设。

② 钢板桩围蔽施工

A 钢板桩的检验

钢板桩运到工地后，清除锁口内杂物，对缺陷部位加以整修。为保证钢板桩在施工过程中能顺利插拔，并增加钢板桩在使用时防渗性能。每片钢板桩锁口都必须均匀涂以混合油。

B 定位

在钢板桩施工中，为保证沉桩轴线位置的正确和桩的竖直，控制桩的打入精度，设置坚固的导向架。

C 钢板桩插打

顺着导向框用振动锤插打钢板桩至设计深度。

D 承台基坑开挖及支护

基坑排水：在基坑承台范围以外先挖一个汇水井，再在四周挖排水沟，使坑内的水沿排水沟集于汇水井。用水泵将汇水井中的水抽出沟外排出，排水管口应在基坑边缘 5 米以外，以防渗回基坑，致使边坡塌，抽水时需有专人负责汇水井的清理工作，24 小时不断排水，直到承台施工完毕。

基坑顶四周地面做成反坡，距基坑顶 1 米处设截水沟，防止雨水浸入坑内。

用挖掘机开挖基坑时应避免超挖，机械开挖至基底前应预留一定的厚度，再由人工开挖至设计高程。挖土集中堆放，距离基坑边缘不小于 2m。

基坑开挖方式：放坡开挖，地质勘探资料显示，地表多为含砾粉质黏土或粉质黏土，根据《公路桥涵施工技术规范》，坑壁坡度取 1:1 左右。坑底设 30cm 宽集水沟，100cm 宽活动空间。

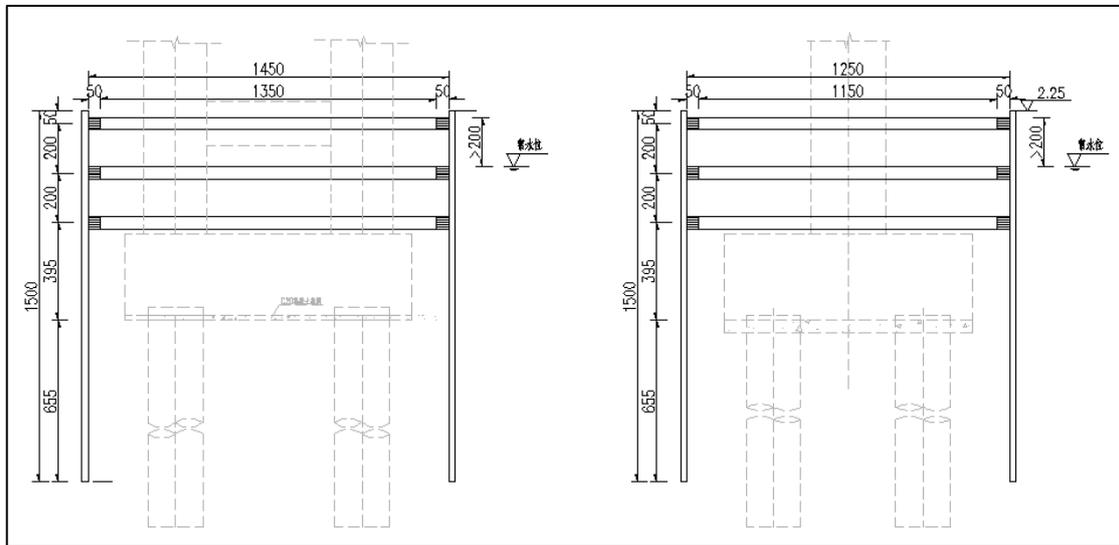


图 2.3-8 承台钢板桩围蔽立面及侧面图

(2) 承台及系梁施工

桩基础施工完成并检测合格后，进行承台及系梁施工。

①混凝土施工

承台及系梁属大体积混凝土结构，为防止产生温度裂缝，满足设计要求，保证大桥使用安全，施工时，须对承台大体积混凝土进行温控计算，计算大体积混凝土内部仿真温度场及应力场，根据计算结果制定不出现有害温度裂缝的温控标准，并以此制定相应的温控措施。对承台混凝土采取合理分层浇筑。混凝土浇筑完毕待初凝后立即在上表面进行养护和保温。

②基坑回填以及钢围蔽拆除

对于钢板桩/钢管桩围蔽施工承台，待混凝土拆模以及钢板桩拔出后，对基坑进行回填，回填物选用粘土回填压实。

2.3.2 临时施工工程拆除方案

栈桥和平台的拆除分两步拆除，首先当盖梁及垫石施工完毕后，拆除施工平台；然后待栈桥使命结束后拆除栈桥。在拆除之前，先做好栈桥和平台未拆除段的加固工作，加固经检查合格后方可进行下道工序施工。上部结构（桥面板、贝雷梁、分配梁）的拆除采用人工配合履带吊，大板车运送到后方加工场地的方案。拆除的顺序与搭设时相反，遵循“先装后拆，后装先拆”的原则。其中水中钢管桩配备潜水工水下切割，水上钢管桩通过履带吊配合割除。

现场物资全部撤出后，在航道、海事管理局的指导下，恢复海域环境、恢复航道环境。

2.3.3 桥面施工

（1）盖梁施工

盖梁施工采用抱箍法，钢筋整体加工吊装，模板采用定型钢模板人工配合吊车立模。混凝土由拌和站集中拌制后，混凝土运输车运输到浇筑地点，采用汽车吊漏斗或泵送方式入模，插入式振捣器振捣密实。

（2）支座垫石、挡块及耳背墙

盖梁施工后，可进行支座垫石、挡块及耳背墙施工，须先将钢筋预埋件位置的混凝土凿毛，使新旧混凝土能结合好，把盖梁表面冲洗干净。支座垫石的混凝土与盖梁混凝土浇注一体，支座垫石是变厚度的，必须严格控制其位置和标高，且支座垫石顶面还要水平，平整。

（3）预制梁安装

箱梁在预制场制作完成后运输至项目现场。本项目梁体架设主线箱梁采用架桥机架设，主要施工工艺如下图所示。

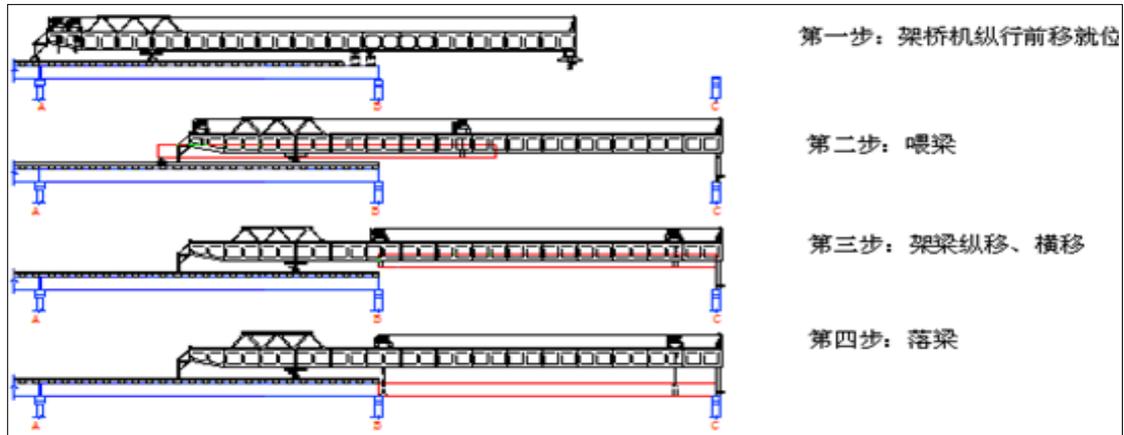


图 2.3-9 梁体架设示意图

(4) 桥面系及附属结构施工

桥面系包括湿接缝、湿接头、横隔板、横隔梁、桥面调平层、混凝土护栏、伸缩缝、桥面排水管安装等。

2.3.4 施工进度

主桥计划总工期 20 个月，各阶段工期安排如图 2.3-10。

施工工序	施工月数																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
施工准备及进场	■																			
钢筋及工厂、混凝土搅拌站		■																		
两岸栈桥平台施工			■																	
钻孔桩施工（含平台拆除）				■																
围堰及承台施工（含围堰拆除）					■															
墩身施工						■														
混凝土梁挂篮悬臂浇筑及边跨现浇							■													
合拢段施工								■												
桥面铺装及围栏等施工																			■	
栈桥拆除																				■

图 2.3-10 本项目神泉大桥施工进度计划

2.4 土石方平衡

根据设计，本项目主桥共产生约 3741m³ 钻渣，其中土方 2757m³，石方 599m³。涉海桥段无需回填，因此钻渣全部为弃方。本项目土石方平衡见表 2.4-1 所示。

施工过程中配备运渣车及运浆车，及时将开挖土方和钻渣运输至惠城镇石古村附近的弃土场进行填埋，该弃土场位于本项目西北侧约 13km，弃土场总面积约 17467.7m²（26.2 亩），平均填高 6m，可填方量约 9.4 万 m³。本项目主桥与弃

土场的位置关系图见图 2.4-1 所示。

表 2.4-1 本项目主桥土石方平衡表 单位：m³

挖方						弃方		
土方		石方			总方量		总方量	
普通土	硬土	软石	次坚石	坚石	土方	石方	土方	石方
2452	305	294	304	386	2757	984	2757	984

(内容不公开)

图 2.4-1 本项目主桥与弃土场的位置关系图

2.5 项目用海需求

2.5.1 项目用海类型

根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，海域使用类型采用两级分类体系，共分为 9 个一级类和 30 个二级类。本项目主体工程为跨海桥梁，经核查海域使用类型名称和编码，本项目用海类型为交通运输用海(一级类)中的路桥用海(二级类)。

2.5.2 项目用海方式

本项目主体工程为跨海桥梁，根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，跨海桥梁用海方式界定为构筑物用海(一级方式)中的跨海桥梁(二级方式)。

2.5.3 项目用海面积及期限

本项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目神泉大桥用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。项目神泉大桥申请用海期限为 40 年。

项目主桥用海宗海位置图、宗海界址和宗海平面布置图见图 2.5-2~图 2.5-5。

2.5.4 占用岸线情况

①大桥占用(跨越)岸线情况

本项目用海桥段跨越惠城运河，大桥桥墩距靖海月山侧海岸线最近为 12.9m，距石化大道侧海岸线最近为 10.0m，跨两岸堤防时，桥梁梁底高程不低于 9.7m。

经量算，大桥用海范围跨越靖海月山侧人工岸线 57.98m，跨越石化大道侧

人工岸线 52.92m。大桥构筑物实际跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m，跨越石化大道侧人工岸线 33.26m，两侧大桥均为直接跨越，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。

②施工栈桥占用（跨越）岸线情况

本项目施工栈桥分为两段，一段临近靖海月山侧堤岸，另一段临近石化大道侧堤岸，但均不与岸线直接接触，且栈桥均位于主桥用海范围内，施工活动结束后，将对施工栈桥进行拆除，对原有岸线形貌进行恢复。

项目占用（跨越）岸线见表 2.5-1 和图 2.5-1。

表 2.5-1 项目用海占用（跨越）岸线信息一览表

序号	用海单元	岸线长度	总长度 (m)	方式	备注
1	申请用海范围			/	大陆人工岸线
				/	
2	用海桥段			跨越	
				跨越	

备注：本项目施工栈桥未与岸线直接接触，且栈桥均位于主桥用海范围内。

图 2.5-1 项目占用（跨越）岸线示意图

(内容不公开)

图 2.5-2 项目用海宗海位置图

(内容不公开)

图 2.5-3 项目主桥用海宗海界址图

(内容不公开)

图 2.5-4 项目用海宗海界址图 (附表)

(内容不公开)

图 2.5-5 项目宗海平面布置图

2.6 项目用海必要性

2.6.1 项目建设的必要性

(1) 本项目的建设是落实国家公路网规划，同时衔接广东省普通国省道“十四五”发展规划，畅通惠来内联外通公路体系的需要

根据《国家公路网规划》(2022年7月)，国家公路网规划总规模约46.1万公里，由国家高速公路网和普通国道网组成，其中国家高速公路约16.2万公里(含远景展望线约0.8万公里)，普通国道约29.9万公里。普通国道网由12条首都放射线、47条北南纵线、60条东西横线，以及182条联络线组成。《广东省普通国省道“十四五”发展规划》提出，推动交通旅游融合发展。加快完善连接旅游景区的公路网络，拓展交通基础设施的旅游服务功能，提升交通基础设施服务水平。

G228(丹东线，丹东—东兴)，为《国家公路网规划》的国家普通国道网北南纵线，规划的国道G228线惠来段分三段实施建设：一是仙庵至靖海月山段；二是靖海月山至石化大道段；三是溪西(石化大道)至览表段。目前本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项项目。本项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235等主干交通服务全域。

因此，本项目不仅落实了国道网规划，提升国道通行能力，同时有助于构建畅通惠来内联外通公路体系，实现与惠来县的产业规划相结合，促进与沿线旅游、产业、物流等关联产业融合发展，实现综合效益最大化，助力公路提质增效。

(2) 本项目的建设是构建广东省“一核一区一带”区域发展格局，增强国家公路对沿线经济发展带动，打造沿海重要发展极的需要

2019年广东省委和省政府印发《关于构建“一核一带一区”区域发展新格局促进全省区域协调发展的意见》，加快构建由珠三角核心区、沿海经济带、北部生态发展区构成的“一核一带一区”区域发展新格局，包括东西两翼。其中，东翼以汕头市为中心，含汕头、汕尾、揭阳、潮州4市，强化基础设施建设和临港产业布局，疏通联系东西、连接省外的交通大通道，拓展国际航空和海运航线，

把东西两翼地区打造成全省新的增长极，与珠三角沿海地区串珠成链，共同打造世界级沿海经济带。根据规划，揭阳市的功能定位为“一核一带一区”发展战略先行区、广东沿海经济带主战场、“粤东新发展极”，惠来县的总体发展定位为“揭阳滨海新区、粤东增长极”。

项目贯通后，将进一步完善惠来县中心城区南部的交通路网建设，本项目贯穿靖海、前詹、神泉和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点，同时，惠来县作为揭阳市沿海经济区的主战场，西接汕尾，东接汕头，具备良好的区位优势，本项目的建设对于实现产城联动，加速惠来县经济发展，构建“一核一带一区”区域发展新格局，将惠来县建设成为国家级临海产业重要集聚区、滨海产城融合绿色发展实践区均具有重要意义。

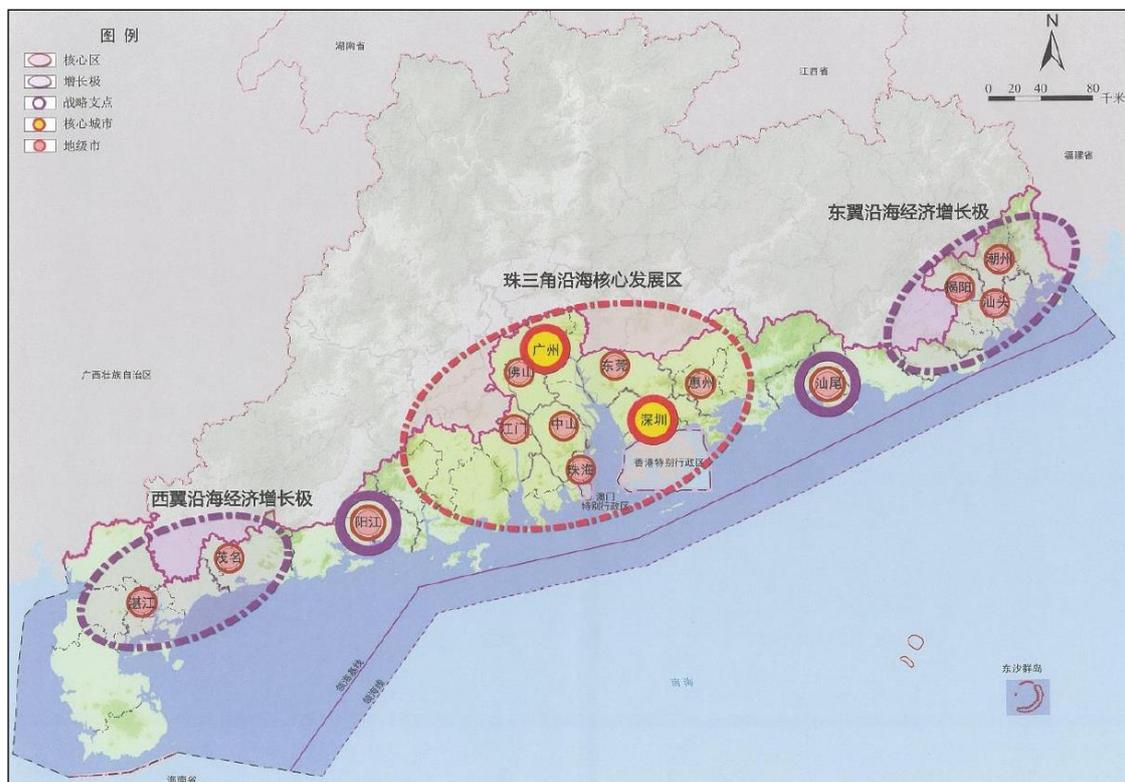


图 2.6-1 广东省沿海经济带总体空间格局示意图

(3) 本项目的建设是落实揭阳市与惠来县城市发展规划，打造海滨海功能集聚带，推动城市空间联动的需要

根据《揭阳市国土空间总体规划》（2020-2035 年），规划形成“一轴三极、一带四廊、三区多组团”的国土空间开发保护总体格局。“一轴”即揭普惠发展轴，是揭阳市发展的中枢和主引擎；“三极”即建设揭阳中心城区、普宁城区、

揭阳滨海新区三大区域发展核心；“一带”即沿海经济发展带；“四廊”即四条经济走廊，包括榕江创新提升走廊、揭西绿色经济走廊、G238-练江整治升级走廊和龙江美丽经济走廊，“三区”即西部生态发展区、中部城镇发展区、南部滨海发展区。其中，揭阳滨海新区做大做强“油、化、气、电、服”五大产业，着力打造粤东城市群新城市中心，实现全市经济跨越式发展。根据《惠来县总体规划》（2017-2035），县域规划形成“一个中心，多点布局；两大基地，高端发展；三轴联动，生态优先”的组团式空间发展格局。“一个中心”指一个综合服务中心，依托高铁站和揭阳滨海新区，打造区域性服务中枢。多点布局指在全县推进公共服务均等化，结合镇区形成多个镇级服务点。“两大基地，高端发展”指两大产业区，即揭阳大南海石化工业区和惠来临港产业园。“三轴联动，生态优先”指在保护生态安全格局的基础上，形成三条南北方向发展轴，即中部城镇辐射轴、西部龙江产业联络轴和东部揭惠产业联络轴。同时，《揭阳滨海新区城市规划》提出，构筑“一心两带、三轴五区”的组团式空间发展格局，以揭阳滨海新区为载体，着力推动惠来中心城区向南、向海拓展，促进资源优化配置，打造区域综合服务中心，打造海洋特色鲜明的滨海功能集聚带。

本项目位于南部滨海发展区，同时项目位于滨海复合功能产业带，是连接沿海主要镇区之间及沿线产业园的主要交通通道，有利于打造南部滨海新城，项目的建设是落实揭阳城市国土空间总体规划及惠来县城市发展规划，推动惠来县城往南扩容，加快滨海新区建设，促进“一城两园”（粤东新城、惠来临港产业园、大南海石化工业园等组团）之间的联系，项目对改善区域交通出行条件，加快揭阳地区经济发展和培育经济增长极，促进惠来各产业组团联动协调具有重要意义。



图 2.6-2 揭阳市及惠来县总体格局及空间结构图（左为揭阳市，右为惠来县）

(4) 本项目的建设是促进沿线产业组团联动协调，提升国家公路服务水平的需要

根据惠来县产业规划，未来在县域内形成 2 条产业发展带、21 个相对集中的产业园区。其中，“两带”分别为：沿海经济带和城镇服务发展产业带；21 个相对集中的产业园区分别为：粤东陆海文化旅游基地、电子信息产业园、高铁现代服务产业区、滨海旅游产业区、神泉特色小镇、环山都市休闲体验区、惠来临港产业园、揭阳大南海石化工业区、先进制造业产业园、岐石工业区、八国风情休闲旅游度假区、商贸物流园（葵潭、东港、华湖）、风能基地、电能基地、金海湾旅游度假区、大南山工业园、大南山休闲疗养度假区、观光休闲农业示范区（周田、鳌江）。

本项目改线工程将串联风能基地、惠来临港产业园、神泉特色小镇、滨海旅游区、先进制造业产业园、大南海石化工业区等多个产业园区，横跨中部城镇辐射轴、西部龙江产业联络轴和东部揭惠产业联络轴，而目前惠来县内部公路网发展不够完善，不能实现各产业园区之间的紧密联系，相关衔接的道路疏散能力较弱，随着产业园区的不断建设，运输供需矛盾将更加突出。因此，项目建成后将成为惠来县南部沿海地区重要的东西向联系通道，加强产业间的联系，促进区域旅游业发展，项目的建设有助于促进惠来各产业组团联动协调。此外，通过港口建设带动海洋经济发展，推动惠来港与粤港澳大湾区核心港口圈对接，改善沿线投资环境，带动区域经济快速发展。

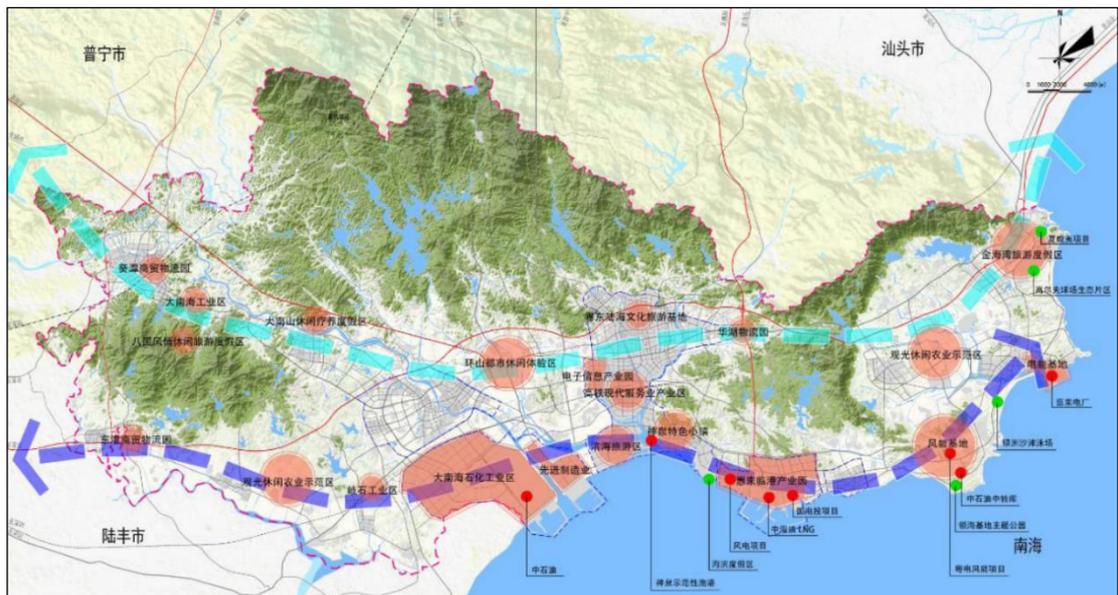


图 2.6-3 惠来县产业规划布局图

(5) 本项目的建设是构建现代交通运输体系，适应惠来县未来交通发展的需要

根据规划，未来揭阳市将形成集“铁水公空”的综合立体交通网络，惠来县规划有厦深高铁、汕尾至汕头铁路和揭惠疏港铁路等重要铁路交通廊道，深汕高速公路、揭阳-惠来高速公路、揭普惠高速公路、陆河-惠来高速公路等高速公路通道以及惠来海港水运枢纽，设立南海码头作业区、神泉码头作业区、前詹码头作业区、资深码头作业区、靖海码头作业区 5 个码头作业区等重点水运枢纽。

目前惠来县的交通运输主要依赖于公路运输，城市空间布局较为分散，城市空间结构主要沿着深汕高速和国道 G228 呈现带状分布，大量制造业工厂和居民住宅楼也坐落于深汕高速公路和国道 G228 沿线两侧。从路网布局来看，以深汕高速公路、国道 G228、国道 G238、省道 S337 和省道 S235 为基本骨架，X103、X105、Y120 等县乡道路构成了区域内部路网结构。但整体上而言，目前惠来县东西向联系通道较为缺乏，路网连接性较差，主要道路联系不畅。根据相关统计，2021 年，国道 G228 兴岗观测点交通量为 11187pcu/d；前埔观测点交通量为 11570pcu/d；岐石观测点交通量为 13082pcu/d。G228 现状为二级公路技术标准，双向两车道，路基宽度为 12-24m，随着社会经济的不断发展，运输供需矛盾将不断突出。此外，G228 现状通过一级水源保护区，沿途村庄已城镇化，按现有路线改扩建难度极大。

因此，本项目建设有利于解决原路扩建难度大问题，有助于构建现代交通运输体系。项目建设完成后，将构成惠来县东西向主通道，不断完善区域交通网络布局，加强县乡道与国省干线的连接，满足加强沿线地区居民、产业的联系，提高公路网的通行能力和服务水平，提高地方道路网的疏散能力。同时，项目建成后将改善道路交通基础设施条件，对于建成布局合理、能力充分、衔接顺畅、运行高效的综合运输一体化体系，适应惠来县未来交通发展具有重要意义。

2.6.2 项目用海的必要性

1、本项目用海的必要性

本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项目。项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需

求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。

本项目为规划国道 G228 线惠来段的先行段，全长 39.3km，线位贯穿靖海、前詹、神泉和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点。根据 2022 年广东省政府批复岸线，神泉大桥跨惠城运河段为海域。具体为神泉大桥桥身部分占用海域上方的空间资源，桥墩占用部分海域底土及海水空间。

为满足神泉大桥建设需要，结合本项目施工特点，需在桥墩周围设置施工支栈桥及施工平台，桥侧设置施工主栈桥，以满足原材料运输、设备及人员进场与施工需求。

2、项目选址唯一性

（1）起终点

国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程起点位于靖海镇月山村东侧，与国道 G228 线仙庵至靖海月山段相接，终点止于石化大道，与国道 G228 线溪西至览表段相接，见图 2.6-4。

（2）主要控制点

路线主要控制点有：

现状及在建：揭惠高速、国道 G238、省道 S235、县道 X105、庆平路、科教西路、输油管线、汕汕高铁（在建）、揭惠铁路（石化专用线）、广东工业大学揭阳校区、新老龙江及其支流、惠城运河、罗溪水、溪东河一级水源保护区（在调）、基本农田、高压电塔及沿线房屋等。

规划：陆惠高速、揭惠铁路（大南海通用码头专用线）、国道 G228 线仙庵至靖海月山段、国道 G228 线溪西至览表段、西外环路、惠来县路网规划、大南海规划、临港产业园规划和赤岭水闸等。

（3）线位比选

项目工可设计报告布设了 K 线、A 线、B 线、C 线、D 线、E1 线、E2 线、E3 线、E4 线、E5 线、E6 线、F 线共 12 条线位，同时对项目线位进行了深入的方案比选。

项目最终选定线位走向为 K 线，在线路各功能区间段分别开展了与其它选

线等进行了对比,在跨越惠城运河段,线位跨越海域不涉及控制因素,无须比选,项目选线具有唯一性(详见图 2.6-5)。

综上所述,本项目用海是必要的。

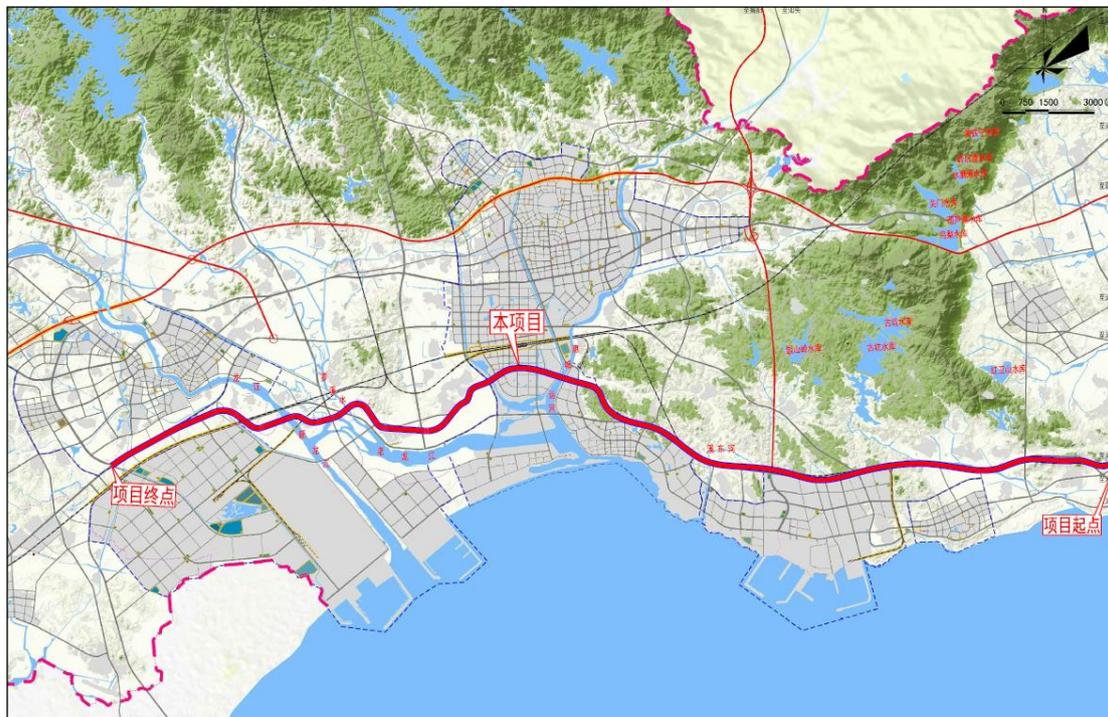


图 2.6-4 项目起终点示意图

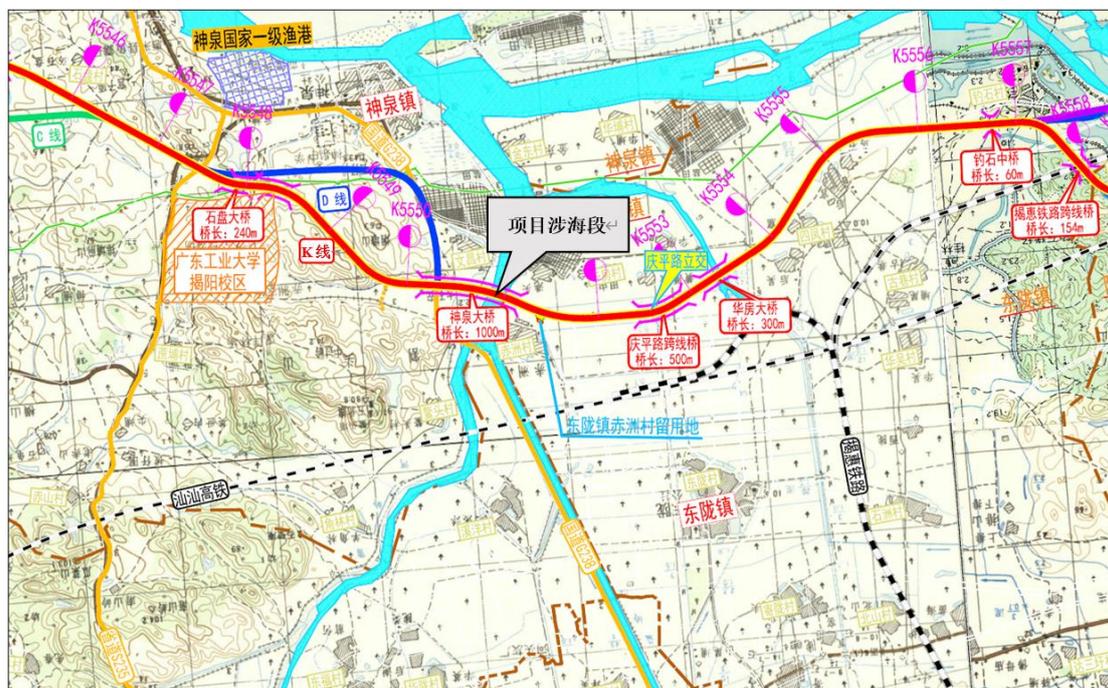


图 2.6-5 项目涉海段附近线位比选方案示意图

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

3.1.1 港口资源

改革开放以来，特别是揭阳建市以后，经济快速发展，外向程度不断提高，许多大型投资项目也将落户揭阳市，给揭阳港带来了前所未有的发展契机。榕江港区抓住发展机遇，依托临港产业发展，建成形成了一批 1000-5000 吨级的泊位，大部分是“前港后厂”的临港产业配套泊位。

《揭阳港总体规划》于 2010 年 10 月经省人民政府同意以粤交规函（2010）2196 号批复后，揭阳市充分发挥岸线优势、海港优势和重大项目优势，统筹港口规划建设发展，建成了粤电煤炭码头、中海油 LNG 码头等 3 个万吨级以上泊位，正在加快建设资深作业区 30 万吨级原油泊位和南海作业区一批大型专业化泊位，有力地促进了经济的发展。

随着大南海石化工业区、惠来县临港产业园等临港产业园加快发展和榕江两岸城市化发展等，现有《揭阳港总体规划》的港区布置已难以适应揭阳市城市和产业发展需求，揭阳市陆续开展了惠来沿海港区南海作业区和资深作业区等的规划调整工作。2023 年 6 月，经广东省交通运输厅批复，揭阳市人民政府以揭府函（2023）84 号印发了《揭阳港总体规划（2035 年）》。

根据《揭阳港总体规划（2035 年）》，揭阳港维持“两港十区”的总体格局，即揭阳港划分为惠来沿海港区和榕江港区。惠来沿海港区包括南海作业区、神泉作业区、前詹作业区、资深作业区、靖海作业区；榕江港区包括仙桥作业区、炮台作业区、石头作业区、青屿作业区、地都作业区和光大枫口作业点，并在南河、北河等合适位置规划游船游艇码头岸线。

（一）惠来沿海港区

惠来沿海港区是揭阳港规模化、综合性港区，以油气化工品、散货、件杂货运输为主，兼顾集装箱运输和旅游客运，大力发展公共物流服务。惠来沿海港区包括南海、神泉、前詹、资深、靖海 5 个作业区。

1.南海作业区

规划南海作业区主要为大南海石化产业服务，以油品、石化产品等能源类货物运输为主，兼顾部分散杂货、汽车滚装和集装箱运输，大力发展公共物流服务。南海作业区共规划生产性泊位 40 个，支持系统泊位 8 个，占用岸线约 5.5km，共形成规划泊位岸线 11330m。

2.神泉作业区

神泉作业区在维持现状码头（1 个 500 吨级件杂货码头）的基础上，结合粤东新城规划布置，依托现有防波堤，新增一个客运泊位港池，主要作为惠来新城的对外客运口岸和游艇中心。神泉作业区共规划生产性泊位 4 个，客轮泊位 3 个，支持系统泊位 3 个，占用岸线 3.1km，共形成规划码头岸线 1540m。

3.前詹作业区

规划前詹作业区主要服务惠来临港产业园的临港产业，以多用途泊位、散货泊位和液体散货泊位为主。前詹作业区共规划生产性泊位 15 个，共形成规划码头岸线 4545m。

4.资深作业区

规划资深作业区作为超大型原油船运输装卸储存的专业化港区。规划形成港口岸线 1792m，其中支持系统岸线 112m。

5.靖海作业区

规划靖海作业区以散货运输为主、适度发展件杂货等运输。港区利用自然岸线约 5km，共规划岸线 2167m，其中支持系统岸线 162m。

（二）榕江港区

榕江港区以件杂货、散货、油气化工品、集装箱运输为主，兼顾旅游客运。榕江港区包括仙桥、炮台、石头、青屿、地都 5 个作业区和光大枫口作业点。

1.仙桥作业区

依托港务总公司码头，整合下六、志发码头，通过改造升级形成连片式公共物流码头，重点发展件杂货运输，适度兼顾集装箱。规划布置 1000-5000 吨级通用泊位和多用途泊位，共占用岸线约 894m。

2.炮台作业区

依托红东码头，推进港口资源整合和老旧码头改造升级，重点发展件杂货运输，适度兼顾集装箱，打造内贸综合港区，近期考虑保留现有油气运输功能。规

划布置 9 个 3000~10000 吨级油气化工、通用和多用途泊位，规划码头岸线长度约 1757m。

3.石头作业区

依托利鸿基物流码头和一类口岸，推进港口资源整合和老旧码头改造升级，强化外贸集装箱运输功能，打造内外贸综合服务港区。规划布置 10 个 3000~10000 吨级通用泊位和多用途泊位，共占用岸线约 1504m。

4.青屿作业区

规划为以成品油、液化气装卸、储存、中转为主要的专业化作业区。规划布置 9 个 5000~10000 吨级油气化工泊位和 4 个 3000~5000 吨级通用泊位，占用岸线长约 3500m。

5.地都作业区

作为核心发展港区，推进连片式、规模化的布局，以多用途泊位和通用泊位为主，打造规模化集约化现代化公共物流港区，近期考虑保留永大化工和协华化工泊位，中远期规划布置 29 个 5000~10000 吨级多用途、通用泊位和 1 个 5000 吨级液体化工泊位，占用岸线长约 5208m。

6.光大枫口作业点

保留现有 1 个 3000 吨级光大枫口码头，占用岸线总长约 179m。

7.市区旅游船码头

为发展“两河四岸”景观观光旅游，规划以市民、游客乘船观光为主的客运码头 6 个。

3.1.2 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。

（一）惠来沿海岸线

惠来沿海岸线长 115.45km，沿海岸线已建港口较少，，主要有南海、神泉、前詹、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。下部为燕山晚期侵入花岗岩残积土，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。

（二）榕江两河岸线

榕江两河岸线可分为南河岸线、北河岸线和榕江（双溪咀）下游岸线。榕江南河等级航道起于三洲拦河坝至双溪咀全长 38km。榕江北河等级航道起于围姑山至双溪咀全长 49km。北河岸线河道较窄，水深条件不及南河，北河的跨河桥梁也较多，桥梁的通航净空对较大船舶的通航起到了限制作用，最大能通航 3000 吨级船舶，岸线陆域大多是将来城市发展扩大后的居民用地，北河也属于“两河四岸”城市景观建设的内容，不宜再建设港口；南河属于弯曲河道，河势基本稳定，泥沙来源少，水体含沙量低，水流平缓，具有建港的优良条件，但南河北岸陆域也大多是将来城市发展扩大后的居民用地；榕江（双溪咀）下游至出海口岸线较为平直，泥沙来源少，水体含沙量低，岸线和水下地形长期稳定，具有建港的优良条件，岸线后方陆域大部分未被开发，属于感潮河段。

根据广东省 2022 年批复修测岸线数据，本项目论证范围内海岸线共计 35.79km，其中人工岸线 28.60km，自然岸线 7.13km，其他岸线 0.06km。

（内容不公开）

图 3.1-1 项目论证范围内岸线示意图

3.1.3 海岛资源

根据《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，全县有无居民海岛 155 个，划入保护类海岛共 103 个。其中项目论证范围内有 4 个无居民海岛，从北至南分别为东西湖礁、香黄石北岛、香黄石和腰龟石，均位于神泉渔港附近。

东西湖礁隶属于揭阳市惠来县，位于神泉镇海域、揭阳市神泉渔业市场市级自然保护区内，原名称代码为 000240。东西湖礁地理位置坐标为

116.323333E,22.956667N,位于项目东南侧约 4.3km 处,海岛类型为无居民海岛,主导用途为农林牧渔业用岛。东西湖礁是当地渔民的惯称,具体名称含义不详;历史沿革:该岛在 1989 年 9 月出版的《广东省海域地名志》、1993 年《广东省海岛、礁、沙洲名录表》均记载为东西湖礁。该岛被纳入 2011 年广东省海岛名称标准化名录范围,标准化名称为东西湖礁,标准名称代码为 4452241001890。该岛为基岩岛,属于未开发无居民海岛,岛上无植被。陆域面积 291.3 平方米,岸线长度 66 米,最高点高程 0.8 米,近陆距离 0.08 千米。

香黄石北岛隶属于揭阳市惠来县,位于神泉镇海域、揭阳市神泉渔业市场市级自然保护区内,原为无名岛,原名称代码为 000241。香黄石北岛地理位置坐标为 116.323333E,22.955N,位于项目东南侧约 4.4km,海岛类型为无居民海岛,主导用途为农林牧渔业用岛。该岛在香黄石北面,故名。该岛被纳入 2011 年广东省海岛名称标准化名录范围,标准化名称为香黄石北岛,标准名称代码为 4452241001892。该岛为基岩岛,属于未开发无居民海岛,岛上无植被。陆域面积 18.9 平方米,岸线长度 17 米,最高点高程 1.2 米,近陆距离 0.13 千米。

香黄石隶属于揭阳市惠来县,位于神泉镇海域、揭阳市神泉渔业市场市级自然保护区内,原名称代码为 000107,香黄石地理位置坐标为 116.325E,22.953333N,位于项目东南侧约 4.7km,海岛类型为无居民海岛,主导用途为农林牧渔业用岛。因澳角故称香黄,前方海域为香黄澳,故得名香黄石。历史沿革:该岛在 1984 年《广东省南澳县海域海岛地名卡片》、1989 年 9 月出版的《广东省海域地名志》、1993 年《广东省海岛、礁、沙洲名录表》均记载为香黄石。该岛被纳入 2011 年广东省海岛名称标准化名录范围,标准化名称为香黄石,标准名称为 4452241001894。该岛为基岩岛,属于未开发无居民海岛,岛上无植被。陆域面积 139.3 平方米,岸线长度 43.5 米,最高点高程 1.5 米,近陆距离 0.1 千米。

腰龟石地理位置坐标为 116.326667E, 22.95N,位于项目东南侧约 5.1km,海岛类型为无居民海岛,主导用途为生态保护区海岛。

表 3.1-1 邻近部分无居民海岛情况一览表

序号	名称	行政辖区	面积 (m ²)	主导用途
76	东西湖礁	揭阳市惠来县	291.3	农林牧渔业用岛
78	香黄石北岛	揭阳市惠来县	18.9	农林牧渔业用岛
80	香黄石	揭阳市惠来县	139.3	农林牧渔业用岛

86	腰龟石	揭阳市惠来县	159.7	生态保护区海岛
----	-----	--------	-------	---------

(内容不公开)

图 3.1-2 项目周边部分岛礁分布示意图

3.1.4 滩涂资源

根据《惠来县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（修订版）（惠来县海洋与渔业局，2021 年 10 月），惠来县水域和滩涂资源现状如下：

惠来县拥有丰富的水域滩涂资源，其中内陆水域滩涂面积 12389 公顷，领海海域面积 131813 公顷，海岸线长 111.53 公里。惠来县境内河流多，大小河流 18 条，总长 273 公里。县内流域面积 100 平方公里以上有 5 条，分别是龙江、螺溪、雷岭河、鳌江、狮石湖；100 平方公里以下河流有铭湖溪、溪东溪、大潭水、赤澳水、东铺水。

惠来县的陆域水域滩涂类型主要包括河流、水库、坑塘和内陆滩涂、沿海滩涂。其中河流水面 2569 公顷，水库 2695 公顷，坑塘水面积 6319 公顷，内陆滩涂面积 146 公顷，沿海滩涂 660 公顷。惠来县海域已开发浅海滩涂主要分布于鳌江河流出口和沿海近岸浅滩。

3.1.5 渔业资源

惠来县地处粤东沿海，是揭阳市唯一的海洋渔业县，全县海域面积 1328.6 平方公里，海岸线长达 115.45 公里。

惠来县地区海洋鱼类有 3 个纲，30 个科 50 多个品种，海域底栖生物种类呈现明显的亚热带沿岸种群区系特征，以适应高盐性种及广盐性分布种为主。种类组成以软体动物和甲壳类为主。全县海域出现 53 科 81 种，其中有：环节动物、蠕虫动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、鱼类等。鱼类已知有 680 多种，其中经济价值较高有 100 多种。惠来县主要有石斑鱼、鳗鱼、带鱼、鲩鱼、鲈鱼、乌鲳、马鲛鱼、乌贼、鱿鱼、金枪鱼、鲨鱼、银鱼、海鳗等。贝壳类有经济价值较高的鲍鱼、海胆、响螺、西施舌、牡蛎、蚶、日月蚝、红螺、花蛤、泥螺等。海藻类以紫菜、赤菜、海带产量居多，并为县名优特产。县内保护区及附近海域生物群落丰富，其中主要包括浮游植物群落、浮游动物群落、底栖生物群落。

惠来县 2024 年全县渔业总产量 90834 吨，其中海洋捕捞 43544 吨、海水养殖 26646 吨、淡水捕捞 893 吨、淡水养殖 19751 吨。

3.1.6 旅游资源

揭阳既是粤东古邑，又是一个新兴城市。市域内人文、自然景观等旅游资源十分丰富，素有“海滨邹鲁”之美誉。揭阳建市以来，充分利用侨乡优势，加大招商引资力度，大发展滨海旅游业涌现了一批上规模、高档次、高品位，以生态环境开发、改善和保护为主题的综合旅游景区。市海域的滨海旅游资源包括金海滩娱乐旅游区、客鸟风景旅游区、绿洲娱乐旅游区和澳角娱乐旅游区。

惠来县靖海镇拥有亚洲第一航标塔、海湾石风电场以及客鸟尾石笋奇观旅游区；神泉镇是我国三处能看到海市蜃楼景观的滨城城镇之一。海角甘泉的独角联每年吸引大批文人墨客；仙庵镇的金海湾沙滩高尔夫球场拥有绵延 7 千米的洁净细软的优良海滩。位于惠来县仙庵镇粤东金海湾国际乡村俱乐部，充分利用沿细软的优良海滩。位于惠来县仙庵镇粤东金湾国际乡村俱乐部，充分利用沿海荒滩，大面积营造自然生态林，建成集科研、科普、生态环境保护、高档运动娱乐、海滨度假于一体的综合型度假旅游区。历史文化游、绿色生态游、滨海风情游、田园风光游、温泉度假游五大特色产品，构成了揭阳旅游的亮点。

3.1.7 海洋保护区及自然保护区

根据《关于同意揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划的批复》（揭府函〔2010〕159号），惠来海域的自然保护区有三处，即：揭阳市神泉渔业市级自然保护区，揭阳市海龟、鲎市级自然保护区，揭阳市龙虾市级自然保护区。其中，神泉海洋保护区与揭阳市神泉渔业市级自然保护区范围一致，揭阳市海龟、鲎市级自然保护区和揭阳市龙虾市级自然保护区位于前詹海洋保护区范围之内。

（1）神泉海洋保护区

神泉海洋保护区位于揭阳市惠来县神泉镇附近海域，地理坐标为东经 116°20'11"~116°18'47"，北纬 22°53'38"~22°54'46"，总面积 493 公顷。海域使用管理要求为：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。主要保护人工鱼礁礁体及海域生态环境。

根据《关于同意揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划的批复》（揭府函〔2010〕159号），该保护区与揭阳市神泉渔业自然保护区重叠，保护对象为海洋渔业资源，为市级海洋海岸保护区，保护区内建设有人工鱼礁。

保护区位于项目的南侧，最近距离约 8.5km。项目建设不会对保护区产生影响。

(2) 前詹海洋保护区

前詹海洋保护区地理位置为 1: E116°25.94', N22°56.01'; 2: E116°29.01', N22°55.99'; 3: E116°29.03', N22°53.50'; 4: E116°25.99', N22°53.53'。主要保护对象为龙虾、海龟、鲎等海洋生物及其生境，主要保护对象为龙虾、海龟、鲎及其生境、人工鱼礁礁体及礁盘生态系统。管理要求为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；禁止炸岛等破坏性活动；加强保护区海洋生态环境监测。鲎生长周期很长，需要近 13 年才能完成繁殖。但鲎资源现在已经急剧减少。由于填海造地、滩涂开发等原因（因为鲎它很挑地方生长）鲎失去了赖以生息的浅海沙滩。由于中华鲎的自身价值不菲，近年来大量出现用它的壳做原料的甲壳素加工厂；同时，鲎具有很高的食用价值，所以无法逃脱被滥捕滥杀的命运，面临着灭绝性的灾难。海龟因为孵化区遭破坏、天敌和非法盗猎、气候变暖等原因面临着严重的威胁。2004 年 2 月，揭阳市海洋渔业局成立该保护区，划定保护区位于揭阳市前瞻镇近岸海域，面积 2394 平方公里。

根据《关于同意揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划的批复》（揭府函〔2010〕159 号），该海洋保护区北部与揭阳市海龟、鲎市级自然保护区重叠，南部与揭阳龙虾市级自然保护区重叠。其中揭阳市海龟、鲎市级自然保护区总面积 934.6 公顷，保护对象为海龟、鲎及其生境，为市级野生动物海洋保护区，保护区内建设有人工鱼礁。揭阳龙虾市级自然保护区总面积 1172.0 公顷，保护对象为龙虾及其生境。为市级夜深动物海洋保护区，保护区内建设有人工鱼礁。

保护区位于项目的东南侧，直线最近距离约 15km。项目建设不会对保护区产生影响。

3.1.8 重要水生生物“三场一通道”分布

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通道”情况如下：

3.1.8.1 南海鱼类产卵场

经叠图识别，本项目所在海域不属于南海中上层鱼类产卵场和南海底层、近

底层鱼类产场内。本项目与南海鱼类产卵场位置关系图详见图 3.1-3 和图 3.1-4。

3.1.8.2 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区是南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1~12 月即全年保护，保护期间禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内，与南海北部幼鱼繁育场保护区范围位置关系详见图 3.1-5。

3.1.8.3 南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。主要功能为渔业水域保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内，与南海区幼鱼、幼虾保护区范围位置关系详见图 3.1-6。

(内容不公开)

图 3.1-3 南海中上层鱼类产卵场示意图

(内容不公开)

图 3.1-4 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

(内容不公开)

图 3.1-5 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

(内容不公开)

图 3.1-6 幼鱼幼虾保护区范围示意图

3.1.9 珍稀海洋生物资源

根据《揭阳市海洋与渔业自然保护区总体规划》(揭阳市海洋与渔业局, 2010 年 6 月), 项目周边海洋海域的重要海洋保护生物有龙虾、海龟、鲨等, 现将其生活习性介绍如下:

(1) 鲨

鲨隶属于节肢动物门、肢口纲、剑尾目、鲨科、鲨属, 俗称三刺鲨、两公婆、海怪、马蹄蟹、鲨鱼、中国鲨、王蟹、六月鲨。鲨起源甚早, 被称为活化石。最

早的鲎化石见于奥陶纪（5.05 亿~4.38 亿年前），形态与现代鲎相似的鲎化石出现于侏罗纪（2.08 亿~1.44 亿年前）。中国鲎在国内主要分布于广东、广西、福建沿海海域，国外分布于日本、菲律宾等地。南方鲎，分布于印度、越南、新加坡、印度尼西亚、马来西亚。圆尾鲎，分布于印度、孟加拉。泰国、印度尼西亚，中国广西钦州、北海、海南儋州、临高、澄迈、海口地区沿海也有分布。幼体鲎食物以单胞藻、轮虫、丰年虫幼体、桡足类为主，成体可以食虾和小鱼。食用后容易发生机体过敏和中毒性休克等，由于鲎具有的特殊生理毒理性质，一直以来极少被人们捕杀，但近些年来，因有些人还没有真正认识到吃鲎对身体健康的危害性，一些小商贩在其经济利益的驱动下，在进行盲目炒作和蓄意误导，致使这种古生物鲎资源遭到严重破坏。中国鲎与南方鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为濒危级别；圆尾鲎为省重点保护动物，《中国物种红色名录》为易危级别。2023 年春季在项目附近水域调查中未发现鲎。

（2）龙虾

揭阳市海域重要的保护龙虾种类有中国龙虾、锦绣龙虾等，2023 年春季在项目附近水域调查中未发现龙虾。现将其生活习性分别介绍如下：

① 中国龙虾

中国龙虾为甲壳纲、龙虾科、龙虾属。体长 200mm~300mm，头胸部略呈圆筒状，腹部较为扁平，尾扇柔软而半透明，橄榄色。额板具 2 对短粗大棘和分散小棘。头胸甲背面密布大大小小的棘。腹部第 2 至第 6 节背面左右各有一较宽的横凹陷，其中密布短毛。体呈橄榄绿或绿中带褐色。腹部背甲上带有白色小点。为中国特有种，分布于中国南海和东海南部近岸海区，栖息于几米、十几米深的岩礁缝隙、石堆和珊瑚丛中。昼伏夜出，杂食性，多以小型双壳贝类、多毛类、小蟹、藤壶等底栖生物为食，可用小鱼作饵诱捕。体外受精，抱卵发育孵化。10 龄可达性成熟。生殖期 3—9 月，盛期为 5—7 月，产卵量高达数十万至百万多粒。中国龙虾行动迟缓，不善游泳，依靠步足爬行。触角反应较灵敏，遇有敌害就转动第 2 触角，由摩擦发音器发出吱吱声响，用以惊吓对方。白天常潜伏于洞内，仅显露 2 对触角和头部，第 2 触鞭常向前摆动或呈八字分开，用于感触外部动向。夜间活动觅食，食量大，耐饥能力强。喜群栖，喜厮斗。受惊时，常屈腹弹跳，引体向后。夏季多活动在浅水处，秋冬移向较深海区，生殖时又返回浅水。

② 锦绣龙虾

锦绣龙虾为无螯下目，龙虾科，龙虾属的一种，俗称青龙虾、花龙虾、山虾、大和虾、沙虾等。体长可达 60 厘米，是龙虾属中体型最大者。腹部、第一触角和步足有黑褐色和黄色相间的斑纹。触角的基部有四对疣刺，后面的一对较小。体色多彩明亮。分布范围：从东非到日本、澳洲和斐济群岛，甚至从红海进入地中海地区。为印度-西太平洋区的重要品种。在中国主要分布于南海和台湾海域。生活在珊瑚外围的斜面至较深的泥沙质地。通常栖息在水深 1 至 10 米处，最深记录为 145 米，以岩礁及礁斜面之静水处为多，有时也可在河口附近水质较混浊之泥底处发现。

昼伏夜出，白天藏匿洞中，仅显露两对触角和头部用以感触洞外动向，夜间外出觅食。主要摄食小鱼、虾蟹类、小贝类、海胆、藤壶、多毛类、藻类等。龙虾依靠步足爬行，不喜游泳，行动迟缓。触角灵敏，遇敌时转动第二触角摩擦发音器发出吱吱声响以惊吓对方。受惊时常屈腹弹跳，引体向后。喜厮斗，常以俯冲方式攻击对方，有群栖习性，虾群区域性明显，常因季节水温变化和索饵、生殖等因素发生迁移，通常夏季栖于浅水处，秋冬移向较深海区，繁殖时复又到浅海处。锦绣龙虾在 5 个月内繁殖 2 次，胚胎发育分为 11 个时期：受精卵、卵裂期、囊胚期、原肠期、膜内无节幼体期、七对附肢期、九对附肢期、十一对附肢期、复眼色素形成期、准备孵化期和孵化期。

(3) 海龟

海龟隶属龟鳖目、海龟科、海龟属。广布于大西洋、太平洋和印度洋。中国海龟北起山东、南至北部湾近海均有分布。长可达 1 米多，寿命最大为 150 岁左右。头顶有一对前额鳞。四肢如桨，前肢长于后肢，内侧各有一爪。头、颈和四肢不能缩入甲内。为国家二级保护动物。海龟适应在水中生活，四肢变成鳍状，利于游泳。一般仅在繁殖季节离水上岸。雌龟将卵产在掘于沙滩的洞穴中。海龟以鱼类、头足纲、甲壳纲动物及海藻为食。4—10 月为繁殖季节，雌、雄海龟常在礁盘或沿岸水域交配，交尾时间长达 3—4 小时，交配后雌龟于晚间爬上岸边沙滩

掘坑产卵，先以前肢挖一深度与体高相当的大坑，伏于坑内，再藉后肢交替动作挖一口径 20cm、深 50cm 左右的“卵坑”，产卵于坑内，产卵一般在夜晚 10

时至翌晨 3 时进行，卵产毕后，将卵坑用沙覆盖后离滩返海。每年可产卵 23 次，每产 91—157 枚，多可达 238 枚。卵白色，圆球形，卵壳革质而韧软，卵径 35—58mm。孵化期 30—90 天，通常 45—60 天，幼龟自出壳即爬归海水中生活。我国广东省惠东、海南的西沙群岛沿岸均为海龟产卵繁殖地。2023 年春季在项目附近水域调查中未发现海龟。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候与气象

惠来县属于南亚热带海洋性季风气候。区内气候温暖湿润，惠来气象站近 20 年的气候资料，近 20 年（2005-2024）的年平均气温 22.62℃，极端最高气温为 38.4℃，极端最低气温为 1.5℃。区内雨量充沛，年平均降水量为 1750.08mm。受南亚热带季风的影响，常年主要风向以东北风为主，年平均风速为 2.6m/s。

惠来气象站近 20 年(2005-2024)的常规气候统计资料的统计结果见表 3.2-1。

表 3.2-1 惠来气象站近 20 年的主要气候资料统计结果表

统计项目	数值
多年平均大风日数 (d)	3.35
多年平均雷暴日数 (d)	52.6
多年平均沙尘暴日数 (d)	1.25
多年平均冰雹日数 (d)	0.05
多年平均相对湿度 (%)	79.26
多年平均气温 (°C)	22.62
多年平均风速 (m/s)	2.6
多年平均静风出现频率 (%)	1.95
多年平均年降水量 (mm)	1775.08
多年平均最大日降水量 (mm)	173.97
年最大降水量 (mm) 及出现的时间	极值：295.4；出现时间：20130818
多年平均极大风速 (m/s) 统计值	23.93
年最大风速 (m/s) 及出现的时间	极值：37.1；出现时间：20130922
多年平均最低气温统计值 (°C)	5.48
年最低气温 (°C) 及出现的时间	极值：1.5；出现时间：20160125
多年平均最高气温统计值 (°C)	36.3
年最高气温 (°C) 及出现的时间	极值：38.4；出现时间：20050718

1、气象站风观测数据统计

(1) 月平均气温及风速

根据惠来气象站近 20 年(2005 年~2024 年)的平均气温和风速月变化数据,见表 3.2-2。惠来常年平均气温 7 月最高,为 28.72℃,1 月最低,为 15.13℃;常年风速 12 月最高,为 2.8m/s,9 月最低,为 2.37m/s。

表 3.2-2 惠来气象站累年各月平均气温 (°C)、各月平均风速 (m/s)

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
气温	15.13	15.94	18.2	21.76	25.09	27.51	28.72	28.31	27.7	24.92	21.39	16.8
风速	2.77	2.77	2.59	2.47	2.54	2.54	2.51	2.38	2.37	2.77	2.72	2.8

(2) 风向特征

根据惠来气象站近 20 年 (2005-2024 年) 的风向频率数据, 见表 3.2-3, 惠来气象站主要风向为 NNE、NE、ENE 和 E, 占 58.04%, 其中以 ENE 为主风向, 占到全年 18.64%左右。惠来县累年风向玫瑰图见图 3.2-1。

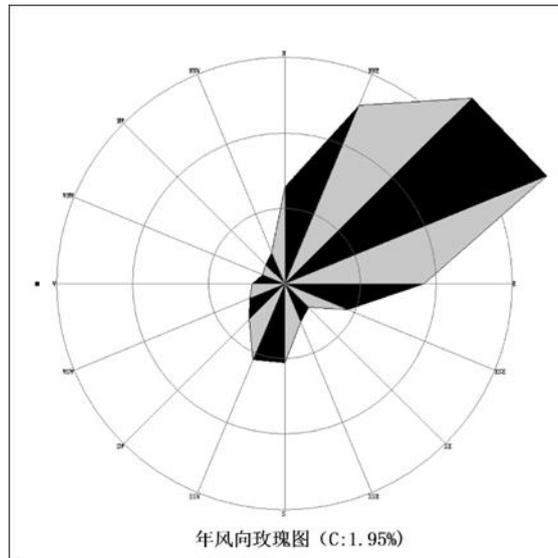


图 3.2-1 惠来气象站风向玫瑰图 (统计年限: 2005-2024 年)

表 3.2-3 惠来累年各风向频率 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
风频	6.44	12.81	17.41	18.64	9.18	4.47	2.21	2.74	5.21
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	最多风向
风频	5.45	3.30	2.49	2.13	1.59	1.77	2.26	1.95	ENE

3.2.2 河流特征

本项目跨越神泉港海域处为河口, 上游及周边分布有较多的河流, 包括龙江、罗溪、雷岭河和盐岭河等。

(1) 龙江河

龙江河发源于普宁市的南水凹，向南流入陆丰市的龙潭水库转向东南，于惠来县的溪口村附近汇入源自普宁市的高埔水和崩坎水，三流合一继续奔向东南，于惠来县的钓石支流罗溪水汇入，并在金东洲处雷岭水及盐岭水支流汇入后由神泉港出南海。1977年龙江下游实施改河方案，从龙江下游的赤吟开挖长5km的新河道向南偏东直出南海。龙江河在惠来县境内流经葵潭镇、溪西镇、隆江镇，境内集水面积357.5km²，河长42km，平均坡降1.63%，多年平均径流量15.84亿m³，平水年径流量15.288亿m³，枯水年径流量9.237亿m³（P=90%）。

（2）罗溪水

罗溪水发源于惠来县的园坪山，集水面积199.9km²，河长50.17km，河道比降0.00345。流域内已建有大（二）型水库——石榴潭水库一座，中型水库一座，小型水库3座。其中石榴潭水库控制集雨面积127.7km²，占流域面积的64.8%，径流量为1.14m³/s。

（3）雷岭水

雷岭水又名东福水，发源于潮阳市的马鞍山，在惠来县安澜桥汇入盐岭水后流入神泉港。雷岭水（含盐岭水）集水面积218.40km²，河道长24.75km，平均坡降0.00037，建有中型水库——蜈蚣岭水库，水库控制集雨35.44km²，径流量为1.9343m³/s。蜈蚣岭水库是惠来县中部地区的重要水利骨干工程，对处于其下游的惠城区、东陇、华湖、神泉四镇具有较大的灌溉、防洪效益。

（4）盐岭水

盐岭水是雷岭水的主要支流，发源于盐岭山顶。盐岭水各支流汇合于水尾潭后环惠城西南流经东陇洋至赤洲安澜桥与雷岭水汇合。赤洲水闸闸址（盐岭水与雷岭水汇合口上游200m）以上集雨面积82.53km²，河流长度22.75km，河流比降0.00547，径流量为0.5708m³/s。盐岭水上游有1座中型水库（蜈蚣岭水库）、2座小（一）型水库（鸡心屿水库和虎头岩水库）、3座小（二）型水库（水流仙水库、小溪水库和风径水库）。这些水库所汇集的水量供给下游当地灌溉、养殖，最终汇入赤洲水闸，然后流经200m与雷岭水汇合，再流经2.3km与龙江老河道汇合。

3.2.3 海洋水文动力

中国科学院南海海洋研究所于2023年4月8日~2023年4月9日在项目附

近海域进行了水文观测。共布设了 4 个水文测站，2 个临时潮位站，水文观测站位示意图 3.2-2，水文观测站位经纬度见表 3.2-4。所有船只在预定时间进入观测站位，并使用 DGPS 进行定位，测量水深，在海流观测开始前，投放水位计；海流观测结束后，回收水位计。

图 3.2-2 项目附近海域水文调查站位图

表 3.2-4 水文调查各测站坐标和观测项目
(内容不公开)

3.2.3.1 潮汐

1、基面换算关系

潮位换算至 1985 国家高程基准面，基准面及换算关系见图 3.2-3。

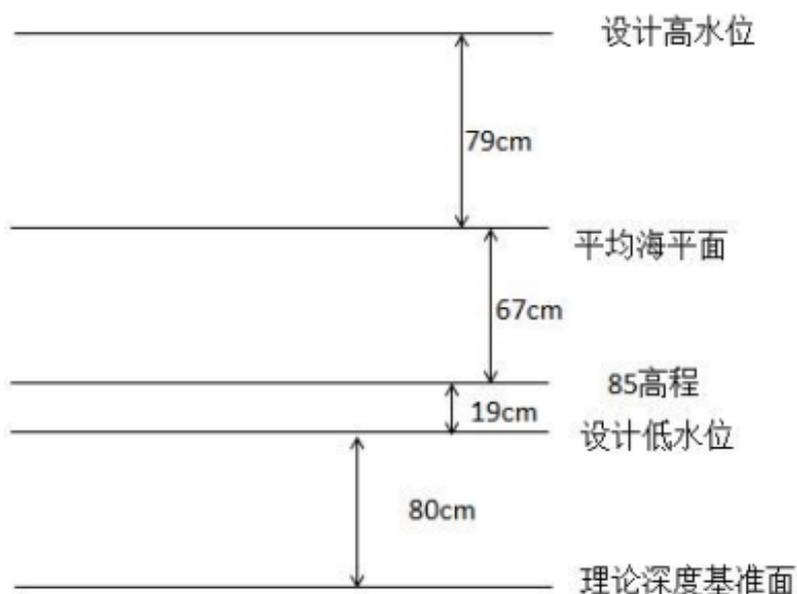


图 3.2-3 基面换算关系图

2、潮汐特征

地球上的海水，受到月球和太阳的作用产生的一种规律性的上升下降运动称为潮汐。南海的潮汐主要是由太平洋潮波传入引起的协振潮。由引潮力产生的潮汐振动不大。

在大部分港口和海区，K1、O1、M2 和 S2 是四个振幅最大的主要分潮。这四个分潮的振幅值通常用来对潮汐运动形态进行分类。在我国，通常采用比值

$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ 来进行海港潮汐类型的判别, 其中 H 表示分潮的振幅。当 $F < 0.5$,

潮汐为正规半日潮港或规则半日潮港; 当 $0.5 \leq F < 2.0$, 潮汐为不规则半日潮港或不规则半日潮混合潮港; 当 $2.0 \leq F \leq 4.0$, 潮汐为不规则日潮港或不规则日潮混合潮港; 当 $F > 4.0$, 潮汐为正规日潮港或规则日潮港。

(1) 潮汐类型和调和常数

由于此次潮位观测的潮位资料时间只有 26 小时左右, 为了获得较准确的潮汐调和常数, 采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和分析。差比数取自邻近的长期验潮站甲子站的调和常数。

据此调和常数, 计算了 V1 和 V4 站的特征值 $F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$, 得出 F 值分别为 5.6 和 6.1, 属于正规日潮。

混合潮港的特点是显著的潮汐日不等现象, 相邻高潮或低潮的不等以及涨落潮历时的不等情况每天都在改变。从潮位过程曲线可以看到, 本海域一天中出现一次高潮和一次低潮, 相邻两潮期的高潮或低潮高度不相等, 且涨潮时间与落潮时间也不相等, 表现出典型的不规则日潮性质。

(2) 潮汐特征值

虽然观测时间较短, 涨落潮历时的统计值还不够稳定, 大潮期间, 涨潮历时略大于落潮历时, 可能受观测时间段涨潮时间略长影响。观测期间 V1 站最大潮差 0.76m, 最小潮差 0.73m, 平均潮差 0.75m; V4 站最大潮差 0.72m, 最小潮差 0.70m, 平均潮差 0.71m。

3.2.3.2 海流

本节利用大潮期 4 个测站的同步连续观测资料, 对调查海区的实测流场进行了以下分析。

(1) 实测流场分析

大潮期海流观测于 2023 年 4 月 8 日 10 时~2023 年 4 月 9 日 11 时期间进行。根据上述图表分析如下:

各站层的流速值过程随涨落潮起伏。总体而言, 潮流呈略带旋转性质的往复流, 涨潮流从外海进入神泉港后转向西北, 之后在 V2 附近分叉一支转向偏西向,

一支转向偏北向；落潮流方向与涨潮流方向大致相反。

根据大潮期涨、落潮的统计结果，大潮期间涨潮流流速的平均值在 5.4 cm/s~14.8 cm/s 之间，落潮流流速的平均值在 3.6 cm/s~12.4 cm/s 之间。从涨、落潮的平均流速垂向分布来看，最大涨潮流平均值为 14.8 cm/s，方向为 38.7°，出现在 V1 站表层；最大落潮流速平均值为 12.4 cm/s，方向 89.7°，均出现在 V3 站表层。涨、落潮平均流速大小大致相当，V2 站平均落潮流速略大于平均涨潮流速。

实测涨潮流的最大流速为 30.5 cm/s，流向为 252.3°，出现在 V3 站表层；实测落潮流的最大流速为 35.8 cm/s，流向为 134.0°，出现在 V2 站表层。实测涨、落潮最大流速大小大致相当，V2 站实测落潮最大流速略大于涨潮最大流速。

总体而言，各站涨潮历时略大于落潮历时，可能受观测时段影响。

(2) 潮流分析

① 潮流分析

选用“引入差比关系的准调和分析方法”对各站层海流观测资料进行分析计算，得出观测期间各站层的余流和 O_1 （主要太阴全日分潮）、 K_1 （太阴太阳合成全日分潮）、 M_2 （主要太阴半日分潮）、 S_2 （主要太阳半日分潮）、 M_4 （ M_2 分潮的倍潮）和 MS_4 （ M_2 和 S_2 的复合分潮）等 4 个主要分潮流的调和常数以及它们的椭圆要素等潮流特征值。

在我国通常采用主要分潮流的椭圆长半轴之比 F 作为划分潮流性质的依据， F 值在 1.3~3.9 之间，潮流性质在 V1、V2、V3 站表现为不规则日潮流，V4 站表现为不规则日潮流。

表 3.2.2-5 给出了调查海域各站层主要分潮流的椭圆要素值。总体而言，除 V4 站外，在上述 6 个主要分潮流中基本表现为 O_1 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）为最大，其次为 K_1 分潮流， M_2 分潮流和 S_2 分潮流次之， M_4 和 MS_4 分潮流较小。 O_1 分潮和 K_1 分潮较大反映了日潮流的特征。各站中 O_1 分潮流长半轴（最大流速）的最大为 12.3 cm/s、方向 35.6°，出现在 V1 站表层，最小为 1.7 cm/s，方向为 339.7°，出现在 V4 站底层； K_1 分潮流长半轴（最大流速）的最大为 10.0 cm/s、方向 35.6°，出现在 V1 站表层，最小为 1.4 cm/s，方向为 339.7°，出现在 V4 站底层； M_2 分潮流长半轴（最大流速）的最大为 5.7 cm/s、方向 25.0°，出现在 V1 站表层。主要分潮流最大流速的方向（即潮流椭圆长半轴的方向）在惠来

神泉水道附近主要受地形影响表现为东北-西南向（V1 站）、东-西向（V3 站）、西北-东南向（V2、V4 站）。

（3）可能最大流速和水质点可能最大运移距离

由表 3.2-5 可见，调查海区潮流可能最大流速为 44.6 cm/s（V3 站表层），各站层可能最大流速介于 11.4 cm/s~44.6 cm/s 之间，主要表现为偏北-偏南向或偏东-偏西向。水质点可能最大运移距离为 11.0km（V1 站表层），各站层可能最大运移距离介于 1.9km~11.0km 之间，主要表现为偏北-偏南向或偏东-偏西向。

表 3.2-5 调查海区各站层潮流可能最大流速及水质点可能最大运移距离
(内容不公开)

（4）余流分析

余流通常指实测海流中扣除了周期性的潮流后的剩余部分，一般取周日海流观测资料中消去潮流后的平均值，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合反映，是由热盐效应和风等因素引起，岸线和地形对它有显著影响。下面根据本海域调查的 26 小时海流实测资料，结合海面风场，分析调查海区的余流特征。

大潮余流量值介于 2.3~5.6 cm/s 之间，最大余流出现在 V2 站表层，为 5.6 cm/s，方向 120.1°；最小余流出现在 V3 站底层，为 2.3 cm/s，方向 111.6°。

就整个海域而言，调查期间余流较小，余流主要表现为偏东南向，与落潮流方向基本一致。

3.2.3.3 悬浮泥沙

悬浮泥沙浓度是一种随机性很强的变量，在时间与空间上变化很大。其变化与分布特征主要受泥沙来源、潮流、波浪、底质等诸多因素控制。通常近海泥沙来源主要有：河流入海泥沙、海岸海滩和岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙。

为获取调查海域悬浮泥沙浓度分布变化情况，对悬浮泥沙进行了观测。悬沙采样频率为每 2 小时一次，采样层次为表层或表、底层。

（1）悬浮泥沙浓度

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站含沙量不超过 0.02 kg/m³。大潮期，悬浮泥沙浓度最低值为 0.0030 kg/m³，出现在 V4 表层；悬浮泥沙浓度最大值为 0.0164 kg/m³，出现在 V2 站表层。总体上，悬浮泥沙浓度较低。

(2) 输沙量

影响悬沙运动的因素众多，有波浪、潮流、风等动力条件，此外悬沙运动与水质点的运动也不一致，为便于问题简化，在此仅讨论悬沙质量浓度与流速之间的关系，输沙量计算公式概化为 $Q_s=A \cdot C_s$ 。

大潮期，涨潮期最大单宽输沙量为 0.11 t/m，方向 260.6°，出现在 V1 站；落潮期最大单宽输沙量为 0.16 t/m，方向 90.9°，出现在 V3 站；最大单宽净输沙量为 0.09 t/m，方向 114.8° 和 195.6°，分别出现在 V2 站和 V4 站。净输沙方向与余流方向基本一致。

(3) 悬浮泥沙粒径

悬浮泥沙以砂质粉砂为主，平均粒径在 $3.914\Phi \sim 6.153\Phi$ 之间，平均值为 4.759Φ ；中值粒径在 $4.555\Phi \sim 6.777\Phi$ 之间，平均值为 5.776Φ 。即平均粒径在 0.066mm \sim 0.014mm 之间，平均值为 0.037mm；中值粒径在 0.043mm \sim 0.009mm 之间，平均值为 0.018mm。

3.2.3.4 水温

海水温度的分布（包括平面和垂向）和变化主要受太阳辐射、风、海浪、海流等诸因素的影响。根据项目合同的技术要求，在设置的 4 个测流站上同时进行了水温观测。

调查期间调查海区测得的水温最大值为 22.65℃，出现在 V1 站表层；测得水温的最小值为 20.09℃，出现在 V3 站表层。利用本次测得到的水温资料，按层次分别计算平均值。由表可见，各站层水温相差不大。水温沿着水道向海大致呈逐渐降低趋势，各站层水温日变化较小。

3.2.3.5 盐度

海水盐度主要受蒸发、降水、潮流、沿岸流和海水混合等因素的影响。对本次全潮水文观测得到的盐度资料（见附件）统计分析，结果如下：

大调查期间调查海区测得的盐度最大值为 32.80，出现在 V4 站；测得盐度的最小值为 17.20，出现在 V1 站表层。利用本次测得到的盐度资料，按层次分别计算平均值。由表可见，各站盐度变化较大。盐度沿着水道向海大致呈逐渐升高趋势。

盐度曲线随涨落潮波动，涨潮时升高，落潮时降低；V4 站盐度表现为底层

盐度略高，表层盐度略低。

3.2.4 区域地质与活动断裂

(1) 构造单元划分

根据《中华人民共和国区域地质调查报告 1:200000 汕头-惠来幅》，本项目位于东南沿海，区内广泛发育新华夏构造，以北东向构造为主体，与区域北西向构造相互配套，构成“多字型”控制全区。东西向构造时隐时现，断续展开，它们延续时间颇长，迭次再现，造成复杂的交接复合关系。

(2) 断裂

项目附近主要断裂为 F12 隆江断裂和 F13 田心-普宁断裂，其中隆江断裂距本项目直线距离约 13.5km，田心-普宁断裂距本项目直线距离约 28km，场地区域内无活动断裂穿过。

(内容不公开)

图 3.2-4 项目附近构造图

3.2.5 地形地貌与地形演变

惠来县地处大南山南麓，枕山面海。县域形态呈长条状东西向展布，地势北高南低，自西北向东南倾斜。位于县城西北侧的犁头冻，海拔 822.7m，是全县的最高峰，最低地带为神泉镇，平均海拔不足 3m，全县基本属滨海丘陵类型，地貌由山地、丘陵、平原和沙滩塍地与海岛构成。海岸线曲折多湾，岬角发育。

项目神泉大桥上游雷岭水河流和盐岭河，至项目位置汇成一支，河道宽度约 190~390m，上游窄，下游宽，大桥下游约 400m，淤积成滩，滩面长有水生植物。

根据建设单位提供的水深地形资料（1985 高程），项目所在海域高程呈两侧高、中间低的趋势，总体高程在-2.32m~3.38m。项目水深图详图 3.2-5。

(内容不公开)

图 3.2-5 项目水深图

3.2.6 工程地质

本工程地质现状引用建设单位提供的《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程施工图设计》(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司),在涉海区域共设置了 4 个钻孔点位(XQZQ58、70、71、73),其钻孔位置及工程地址剖面图见图 3.2-6。

3.2.6.1 地层岩性

根据勘探成果,钻孔 CQZK57(桩号 K5550+883)揭示一断层破碎带(F1),带宽 13.4m,岩体极破碎并伴有破碎辉长岩脉,偶见断层泥,带宽破碎带上下基岩多见蚀变现象,岩芯推测断层倾角 $45^{\circ}\sim 80^{\circ}$,根据断层成份及特征,推测为饶平-潮阳断裂构造带的次级配套断裂。根据《地震安评报告》,该断裂构造带为非活动断裂。

根据钻孔资料,桥位区覆盖层主要为第四系素填土、淤泥质粉质粘土、粉质黏土、砂类土组成,基底由燕山期花岗岩及其风化层组成。钻孔揭露岩土层分述如下:

1、素填土(Q^{ml}):杂色,稍湿,中等压实,主要由粘土、少量碎石组成,顶部 20cm 为砼路面。局部分布,厚度 1.50~4.00m,地层编号为 1_1。

2、细砂(Q^{al}):黄灰色,饱和,松散,级配较差,分选性好,含少量粘粒。零星分布,厚度 2.20~2.60m,地层编号为 3_4ss。

3、淤泥质粉质粘土(Q^{mc}):深灰色,饱和,流塑,局部呈软塑状,粘性好,含有机质,具有腥臭味。大部分布,厚度 1.70~12.00m,地层编号为 4_0。

4、粉质粘土(Q^{mc}):灰黑色,可塑,粘性较好,土质较均匀,由淤泥质粉质粘土固结而成。零星分布,厚度 2.00~2.90m,地层编号为 4_1k。

5、粉砂(Q^{mc}):灰色,饱和,稍密,级配差。零星分布,厚度为 1.90m。地层编号为 4_3sm。

6、淤泥质粉砂(Q^{mc}):深灰色,饱和,松散,级配差,夹淤泥质土。零星分布,厚度 1.70~4.00m,地层编号为 4_13。

7、粉质粘土(Q^{mc}):深灰色,湿,可塑,粘性较好,夹少量贝壳碎屑。零星分布,厚度为 1.20m。地层编号为 5_0_1k。

8、细砂(Q^{al}):褐黄色,饱和,稍密~中密,级配差。零星分布,厚度为 5.50m。

地层编号为 5_4sm。

9、中砂 (Q₄^{al}): 褐黄色, 饱和, 中密, 级配一般, 含少量粘粒。零星分布, 厚度为 1.50m。地层编号为 5_5zm。

10、砾砂 (Q₄^{al}): 灰黄色, 饱和, 中密, 主要成分石英砂, 级配较好, 分选性较差。零星分布, 厚度为 1.50m。地层编号为 5_7zm。

11、砂质粉质粘土 (Q^{el}): 灰褐色, 湿, 硬塑, 粘性差, 可见母岩结构, 为花岗岩风化残积土。零星分布, 厚度 0.70~4.40m, 地层编号为 11-2_1y。

12、全风化花岗岩 (γ_y): 黄褐色, 岩石完全风化, 岩芯呈土状, 遇水易软化, 饱水崩解。大部分布, 厚度 0.80~4.00m, 地层编号为 12a_35。

13、强风化花岗岩 (γ_y): 黄褐色~灰褐色, 岩石风化强烈, 岩芯呈碎块状, 岩质极软, 锤击易碎。大部分布, 厚度 2.90~8.50m, 地层编号为 12b_35s。

14、强风化花岗岩 (γ_y): 灰褐色~黄褐色, 岩石风化强烈, 岩芯呈半岩半土状, 手捏易散, 遇水易软化, 其中 16.8-17m 夹强风化碎块。大部分布, 厚度 1.10~9.90m, 地层编号为 12b_35t。

15、中风化辉长岩 (γ_y): 灰色, 辉长结构, 块状构造, 节理裂隙很发育, 岩芯呈块状, 岩质较软。零星分布, 厚度为 1.70m。地层编号为 12c_33。

16、中风化花岗岩 (γ_y): 肉红、灰白色, 中粗粒花岗结构, 块状构造, 节理裂隙发育, 裂隙面见铁锰质浸染, 岩芯较破碎, 岩芯呈短柱状、长柱状, 少量块状, 节长不小于 10cm 的岩芯约占 65%, 岩质较新鲜, 岩质较硬。大部分布, 厚度 7.00~21.60m, 地层编号为 12c_35。

17、强风化断层破碎带 (γ_y): 肉红色~灰褐色, 岩芯呈块状为主, 局部呈压碎状, 岩质差。零星分布, 厚度 13.40m, 地层编号为 12-0。

18、中风化蚀变花岗岩 (γ_y): 灰色, 粗粒花岗结构, 块状构造, 节理裂隙很发育, 裂隙面见铁锰质浸染, 岩芯破碎, 岩芯块状为主, 少量短柱状, 局部多见蚀变, 强度差, 局部手掰可断。零星分布, 厚度为 32.10m。地层编号为 12c_36。

19、微风化花岗岩 (γ_y): 灰色、肉红色, 中粗粒花岗结构, 块状构造, 节理裂隙较发育, 岩芯较破碎, 岩芯呈短柱柱、长柱状, 少量块状, 节长不小于 10cm 的岩芯约占 65%, 岩质新鲜, 岩质硬。零星分布, 最大揭示厚度为 8.17m。地层编号为 12d_35。

桥位地处近海平原，地下水分为第四系松散层孔隙水和裂隙水，以第四系松散层孔隙水为主，水量较为丰富。地下水迳流型式为水平迳流和垂直迳流，以水平迳流为主。地下水主要靠大气降水及侧向迳流补给。地下水位埋深较浅，勘察期间测得稳定水位埋深 0~6m，标高 0.85~2.19m。

3.2.6.2 岩土工程评价

1、场地稳定性评价

(1) 根据区域地质资料和本次钻孔揭露情况，场地范围内未发现明显的全新世活动断裂构造痕迹；场地地表地形总体较为平坦、开阔，场地除上部分布有较厚的软土层外，不良地质主要为液化等级为轻微~中等的饱和砂土层及可能存在的软土震陷，未发现其它明显的不良地质及地质灾害现象，场地总体属抗震不利地段，综合判断场地稳定性可划分为稳定性差。

场地稳定性差，岩土种类多，场地地基对工程建设影响最大的主要是软土，工程性质差，工程建设适宜性为差。

自 1067 年以来的 900 多年间，粤东山区、潮汕地区发生过多 M \geq 5 级的地震。地震震中主要分布于 NW 向与 NE 向活动断裂的交汇处或断陷边缘。第四纪不同阶段的沉积物厚度变化表明，两组断裂的交汇处一般是断裂活动最显著的部位，也是最有可能引发地震的场所。

(2) 根据《中国地震动参数区划图》(GB18036—2015)，桥位区抗震设防烈度为 7 度，II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。设计地震分组为第二组。桥位区属冲积平原区，软弱土和液化土发育，场地属建筑抗震不利地段。

2、震效应

(1) 桥位区属冲积平原区，场地软弱土和液化土发育，属抗震不利地段。

(2) 根据钻孔资料，按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 年版)进行工程场地类别划分，桥位区场地土类型为软弱土，覆盖土厚度一般大于 15m，小于 80m，建筑场地类别为 III 类，调整后场地基本地震动峰值加速度为 0.125g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.55s。

(3) 粉细砂层属液化土，液化等级为轻微~中等。

3、不良地质及特殊性岩土

桥位区不良地质现象有饱和砂土液化、软土震陷、潜在的浅层气、岸坡稳定性。特殊性岩土主要有填土、软土、花岗岩残积土、孤石等。

(1) 不良地质

① 饱和砂土液化：第四系全新统冲积层粉细砂层属液化土，液化等级为轻微~中等。液化土层在强震时，由于液化造成地基失稳，是场地和地基的稳定性的不利因素，设计时其承载力、桩周摩阻力及桩水平抗力均应根据液化折减系数予以折减。

② 软土震陷：场区软土厚度大且分布广，在强震作用下，有发生软土震陷的可能。需要时，建议进行专门的地震安全性评价工作。

③ 潜在的浅层气：淤泥在有机质含量较高及封闭的环境下，存在产生类似沼气的浅层气的可能性，本次勘察期间暂未发现潜在的浅层气。

④ 岸坡的稳定性：桥位区跨越的河流主要为盐岭河，河流两岸均建设有路堤堤坝，勘察期间岸坡处于稳定状态。

(2) 特殊性岩土

① 人工填土：根据勘察成果，桥位区人工填土广范分布，主要为汕汕高铁施工便道填土。主要分布在施工便道上，填土一般呈稍压实~欠压实，土质较疏松，孔隙比较大，压缩模量较大，压缩系数较大，土质不均匀等特点，对桥梁桩基施工影响较小，不宜直接利用做道路基础持力层。

② 软土：场区软土主要为淤泥、淤泥质粉质粘土，呈流塑状态，具有触变性和流变性，含水量高，孔隙比大，压缩性高，渗透性低，灵敏度高，自然固结程度低，固结变形持续时间长，承载能力低的工程性质。在地面荷载作用下或降低地下水位，软土将产生固结沉降，可造成管道下沉、断裂或脱节等，并对桩基产生负摩阻力作用。此外，场地软土含有机质，有机质对搅拌桩水泥土固化有较大影响。

③ 花岗岩残积土：场区基岩为燕山期花岗岩，其全、强风化土及残积土层，具有遇水易软化崩解的特性。土体在水的浸泡、冲刷等作用下，土的地基承载力大幅降低，土体易产生坍塌；在地势低洼处开挖基坑，如地下水的水力坡度较大，还会产生流砂现象。

④ 孤石：场地的基岩主要为燕山期花岗岩，在其残积层或全、强风化带常

发育有球状风化体（孤石）。本次勘察钻孔 CQZK7 揭露孤石发育，因孤石的分布不规律，且对于冲孔灌注桩的实施影响较大，对于未实施钻探的桩基也可能发育有孤石，设计时应注意不可将孤石误判为基岩作为桩基持力层，同时后续勘察应予以进一步查明。

3.2.6.3 结论与建议

（1）根据区域地质资料和本次钻孔揭露情况，场地范围内未发现明显的全新世活动断裂构造痕迹，不良地质及特殊性岩土较发育，场地总体属抗震不利地段，综合判断场地稳定性可划分为稳定性差。

（2）根据《中国地震动参数区划图》（GB18036—2015），桥位区抗震设防烈度为 7 度，建筑场地类别为 III 类，调整后场地基本地震动峰值加速度为 0.125g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.55s。

（3）桥位区的环境水对砼结构腐蚀作用等级为弱腐蚀，环境水对砼结构中的钢筋腐蚀作用等级为微腐蚀。

（4）根据桥位区岩土层分布情况等地质条件，基底由花岗岩及其风化层组成，属较硬岩，桥位区墩台桩基基础建议采用端承桩，以中风化岩为桩端持力层。

（5）特殊性岩土主要有填土、软土、花岗岩残积土、孤石等，人工填土对桥梁桩基施工影响较小；软土全场地分布，厚度较大，桥梁桩基设计施工时应考虑地面堆载时软土固结沉降产生的负摩阻问题，桥台区软土应结合路基工程同步进行软基处理，防止出现桥头跳车现象；花岗岩残积土在水的浸泡、冲刷等作用下，土的地基承载力大幅降；孤石对桥梁桩基影响较大，设计时应注意不可将孤石误判为基岩作为桩基持力层。

（6）地质条件可能造成的工程风险如表 3.2-6。

表 3.2-6 地质条件可能造成的工程风险

风险点	对工程影响	处理建议
软土震陷或固结沉降	1、道路工程：路基沉降、变形等现象； 2、对桩基产生负摩阻力，不平衡土压力差影响桩基安全。	1、进行软基处理； 2、桩基计算应予以考虑。
软土有机质含量较高	搅拌桩不成型或承载力不足。	充分考虑搅拌桩的适用性；论证适用的，要做好试桩，严格控制水灰比。

风险点	对工程影响	处理建议
淤泥、淤泥质砂层发育	1、桩基施工过程中因侧壁淤泥、砂层不稳定而塌孔，或因漏浆而塌孔，进而发生地面坍塌、埋钻等事故； 2、桩基开挖施工时孔壁坍塌。	1、注意控制泥浆浓度； 2、防止周边施工荷载过大。
孤石	花岗岩地区，局部遇到勘察未查明的“孤石”，要确认持力层深度	若遇岩面突变，采用超前钻进一步查明“孤石”发育情况
风化岩和残积土	具遇水易软化崩解、承载力降低的特性。	成孔后尽快浇筑混凝土，避免土层长时间被水浸泡，并控制好泥皮和沉渣厚度，确保桩基承载力。
基坑开挖	基槽开挖施工时坑壁、井壁坍塌，坑底隆起、流土等，导致地面变形沉降。	1、基槽开挖时，做好坑壁的支护措施，确保基底软基处理的质量； 2、避免基坑周边出现过大荷载； 3、加强基坑周边变形监测； 4、做好相关应急预案。

(内容不公开)

图 3.2-6 工程钻孔位置及地质剖面图

3.2.7 主要海洋灾害

该海域出现的灾害性天气主要包括热带气旋、风暴潮、雷暴等。

(1) 热带气旋

本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来自西太平洋和南海，热带气旋分为热带低压（TD）、热带风暴（TS）、强热带风暴（STS）、台风（TY）、强台风（STY）和超强台风（SuperTY）六个等级。

根据《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》及相关统计资料，1949~2017年期间，登陆广东沿海的台风达238次，其中在惠来县登陆的有14个。热带气旋8、9月出现最多，1月至3月没有热带气旋影响本海域，1949年~2014年期间，热带气旋登陆时达到超强台风的有29个，强台风29个，台风37个，强热带风暴36个，表3.2-7是登陆或影响本海域的热带气旋的统计。

1949~2017年期间，对神泉镇渔港海域最具影响的热带气旋有12个，遮浪海洋站记录的风速均在33m/s以上，分别是6903、7908、8819、9009、9509、0104、0313、0601、0812、1319、1622和1713热带气旋，路径如图3.2-7和图3.2-8。

表 3.2-7 1949~2017 年登陆或影响神泉镇渔港海域热带气旋统计

热带气旋等级 (m/s)	月										合计	年平均
	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
超强台风 (≥51.0)	1	0	0	6	7	10	3	2	0	29		
强台风 (41.5-50.9)	0	2	3	5	7	7	4	0	1	29		
台风 (32.7-41.4)	0	3	6	7	6	10	5	0	0	37		
强热带风暴 (24.5-32.6)	0	1	3	10	11	9	1	1	0	36		
热带风暴 (17.2-24.4)	0	2	5	7	6	2	1	0	0	23		
热带低压 (10.8-17.1)	0	3	3	3	4	2	2	0	0	17		
出现个数 (个)	1	11	20	38	41	40	16	3	1	171	2.6	
出现频率 (%)	0.6	6	12	23	24	25	6	2	0.6	100	—	

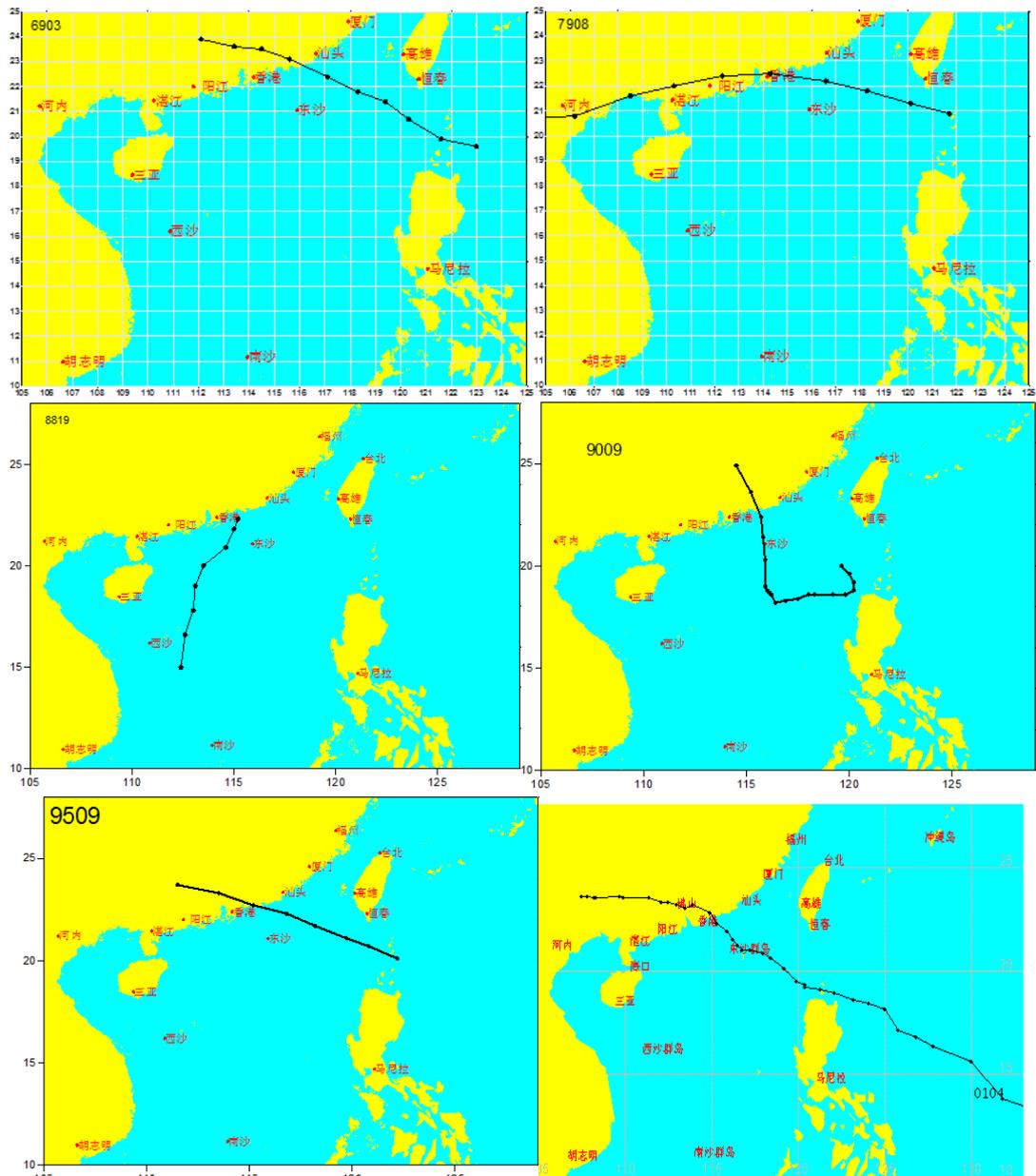


图 3.2-7 6903、7908、8819、9009、9509、0104 热带气旋路径图

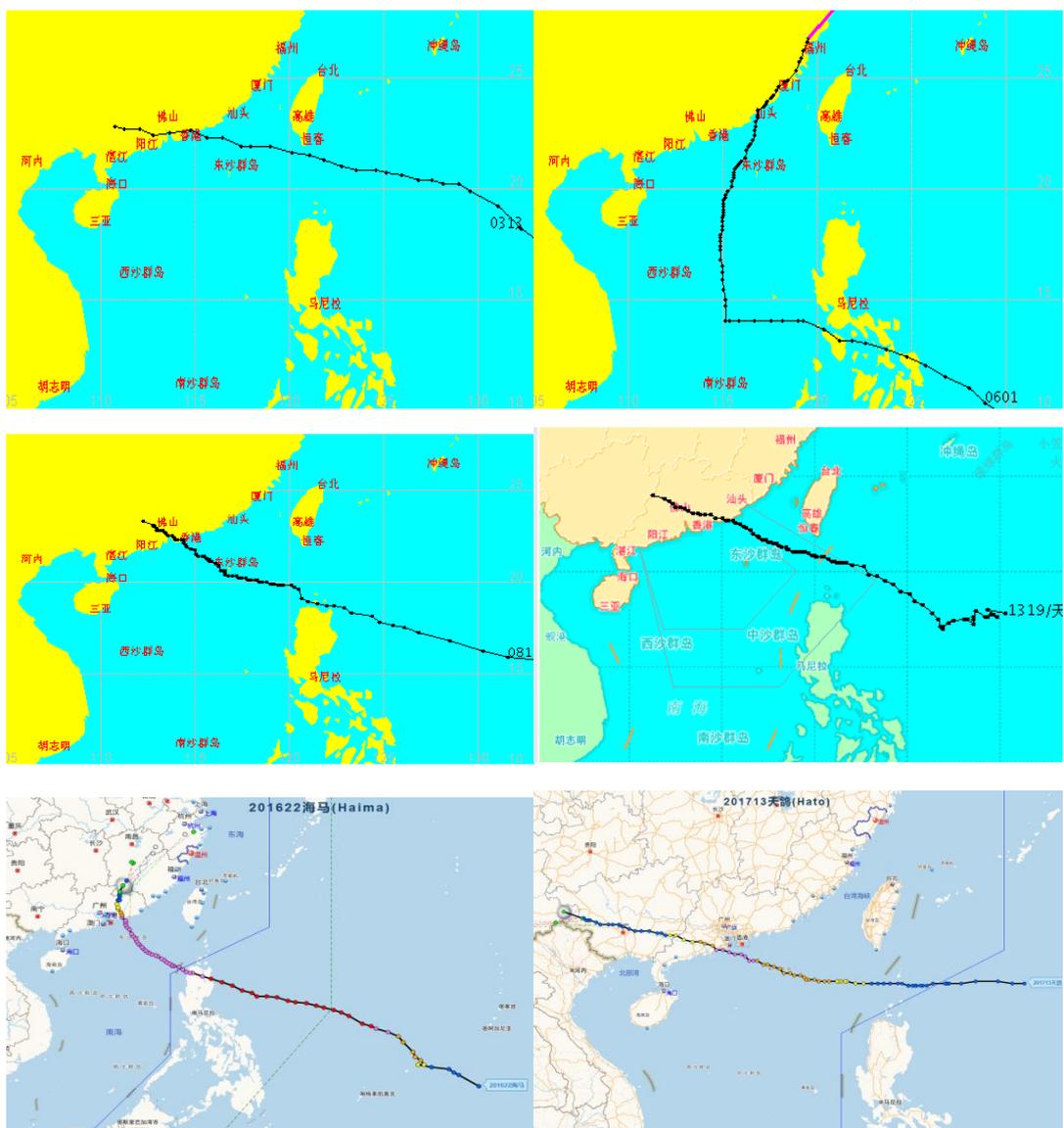


图 3.2-8 0313、0601、0812、1319、1622、1713 热带气旋路径图

影响神泉海域的西太平洋台风，7908 号台风是建国以来登陆广东省台风中较强的一次西太平洋台风，其特点是：风力强、范围广、移速快。1979 年 8 月 2 日 13~14 时，7908 号台风在广东省深圳市沿海登陆，登陆时中心风速达 55m/s，中心气压 925hPa（资料来自上海台风研究所），1979 年 8 月 1 日 24 时~2 日 12 时，神泉镇渔港海域平均风力 12 级以上（遮浪海洋站 1979 年 8 月 2 日实测风速 61m/s，风向东北），8 级以上大风时间持续 24 个小时，12 级大风时间持续 12 个小时。

0104 尤特（Utor），于北京时间 2001 年 7 月 1 日 14 时生成于北纬 7.2 度，东经 138.5 度，生成时的中心风速 15 米/秒，中心气压 1000 百帕；3 日 8 时加强为强热带风暴，20 时加强为台风。该台风以较稳定的西北方向穿过巴林塘海峡进入

南海北部，最后于7月6日早上7:50在广东海丰至惠东之间沿海登陆。

1319 超强台风天兔 (Usagi) 是 2013 年全球最强热带气旋，气象部门均评定天兔接近中心最高持续风速达每小时 200 公里或以上；9 月 15 日，一个低压区在菲律宾东北部海面上形成。9 月 17 日早上升格为热带风暴，9 月 18 日，天兔将东南方的云带卷入中心附近，使得中心得以巩固。早上 8 时 45 分升格为强热带风暴。晚上 8 时升格为中度台风。9 月 19 日，天兔急剧增强，下午 1 时开始，天兔发展出一个完整而细小的风眼。下午 9 时 25 分把天兔进一步升为超强台风。9 月 20 日，天兔采取西北偏西路径，并加速至每小时 18 公里。天兔强度在上午达到颠峰，中午时分开始发展“双重眼壁”现象，导致天兔稍作减弱。9 月 21 日，天兔向西或西北偏西移动，穿越吕宋海峡，并进入南海东北部。22 日 19 时 40 分登陆广东汕尾。

1622 号强台风“海马”，2016 年 10 月 16 日下午 2 时由强热带风暴级加强为台风级，10 月 21 日 5 时台风海马位于惠东县南偏东方大约 230 公里的南海东北部海面上，21 日 12 时 40 分在汕尾市鲘门镇沿海地区登陆，登陆时中心附近最大风力 14 级 (42m/s)，受其影响广东全省倒塌房屋 327 间，严重损坏房屋 2749 间，农作物受灾面积 17.8 万公顷，惠州市渔业养殖场受损面积 6069 亩；汕尾市损坏堤防 59 处 8160 米，损坏护岸 51 处，损坏水闸 21 座，损坏水利设施 179 处。

1713 号超强台风“天鸽”，2017 年 8 月 20 日 14 时，在西北太平洋洋面上生成。之后强度不断加强，8 月 22 日 8 时加强为强热带风暴，15 时加强为台风。8 月 23 日 7 时加强为强台风，一天连跳两级，最强达 15 级 (48m/s，年鉴中修改为 16 级，52m/s)，12 时 50 分前后以强台风级 (14 级，45m/s) 在中国广东省珠海市登陆。为 2017 年以来登陆中国的最强台风。

2018 年第 22 号台风“山竹”的中心 16 日 17 时前后在广东省江门市台山沿海登陆，是 2018 年来登陆我国最强台风，给惠来县带来暴雨。

2019 年有影响的台风有 2 个，1907 号台风“韦帕”和 1911 号台风“白鹿”，给惠来县带来强降水，但未造成直接经济损失，台风“韦帕”影响期间，惠来沿海出现 6-7 级、阵风 9-10 级的大风。

2020 年有影响的台风有 2 个，06 号台风“米克拉”和 07 号台风“海高斯”，

给惠来县带来暴雨，但未造成直接经济损失。

(2) 风暴潮

据 1979~2018 年间登陆粤东沿海的台风风暴潮资料统计，产生显著的风暴潮增水共 33 次，平均每年约 1 次。随着社会经济日益发展繁荣，虽然预警预报和防灾措施在不断加强和完善，死亡人数大大减少，但风暴潮、洪涝灾害造成的经济损失却越来越大，且本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。比较典型的风暴潮、洪涝灾害有如下几次：

1969 年 7 月 28 日的 6903 号台风，最大风速 52.1m/s，适逢农历十五大潮期，妈屿站出现实测最高潮位 3.02m，降雨量约 200~300mm，造成交通瘫痪、通讯中断，农作物受灾严重，其它损失不计其数。

1986 年 7 月 11 日的 8607 号强台风在陆丰至惠来登陆，本地风力 8~9 级，阵风 12 级，由于台风持续时间达 36 小时，带来特大暴雨，又恰逢大潮，造成内涝等灾害发生，使民居、工业设施、水利工程、农作物损失严重。

1988 年 7 月 19 日的太平洋第 5 号强台风袭击汕头（惠来登陆），这次台风雨量少、风力大，有“火台风”的俗称，因台风袭击时正值早稻成熟期和水果挂果期，造成农作物损失十分严重，供电和交通、通讯方面遭到严重破坏，水利工程也受到很大的破坏，堤围多处决口。

1997 年 8 月 2 日 9710 号台风在香港登陆，由于受台风外围影响，给本地带来罕见的暴雨至大暴雨，降雨量超过 200mm，造成农田受淹严重。

2001 年 7 月 6 日的 0104 号台风“尤特”在汕尾市登陆，受台风影响，本地最大风力达 12 级以上，最大风速 53m/s，台风登陆正逢大潮期，海潮暴涨，妈屿站最高潮 2.61m，堤围多处被冲毁，造成农工商各业遭受严重损失。

2001 年 9 月 20 日第 16 号强热带风暴“百合”在潮阳至惠来登陆，最大风力 11 级，受其影响，造成部分农作物受损，堤防、涵闸等损失严重。

2005 年的“珊瑚”，2006 年的“碧丽斯”等台风带来的强降水，造成内涝严重，居民受灾严重，堤围多处被冲毁。

2006 年 5 月的“珍珠”台风正面袭击汕头，最大风速 46m/s，各地普降大暴雨和特大暴雨，大部分区域受到严重水浸，有的城市居民区水深高达 2 米，部分

工矿企业停产，大片农田、水产养殖更是损失惨重，堤围多处损坏严重。

2013年9月22日，“天兔”台风在汕尾市登陆，中心附近最大风力达14级（45m/s），台风登陆正逢大潮期，海潮暴涨，损失严重。

2016年10月21日，“海马”台风在汕尾市海丰县鲘门镇登陆，中心附近最大风力达14级（42m/s），汕头附表站录得最大阵风39m/秒（13级），汕头市受灾人口60.76万人，房屋倒塌86间，直接损失9.74亿元该项目所使用海域受风暴潮影响较大，在工程的建设施工过程中，风暴潮的影响是不容忽视的。

（3）雷暴

全年各月均有雷暴发生，年际和季节变化明显，雷暴日数主要集中在4~9月，沿岸平均发生雷暴48.8天，最多73天（1973年），最少也有30天（1963年），夏季雷暴频繁，历年各月平均雷暴最多出现在8月，为9.1天，6月次之，也有8.6天，4~6月及9月均有5~8天的雷暴发生，11月至翌年1月发生雷暴的天数较少，各月发生雷暴日数。雷暴次数与气温的日变化在时间上基本同步。

3.2.8 海洋水质现状与评价

3.2.8.1 调查概况

中国科学院南海海洋研究所于2023年4月（春季）在揭阳神泉港附近海域进行了环境质量现状调查，共布设了12个综合调查站位，其中水质12个站位点，沉积物6个站位，海洋生态8个站位，渔业资源断面8条断面，并选取代表性样品（鱼、虾、贝三类生物）进行生物质量分析，潮间带生物2个断面。调查站位见图3.2-9和表3.2-8。

表 3.2-8 项目附近海域调查站位表

序号	经度	纬度	调查内容
S1	116°17.827'E	22°59.395'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
S2	116°17.636'E	22°59.056'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
S3	116°17.468'E	22°58.466'N	水质
S4	116°15.536'E	22°57.904'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
S5	116°16.315'E	22°58.139'N	水质
S6	116°17.083'E	22°58.136'N	水质
S7	116°17.744'E	22°58.092'N	水质、生态、渔业资源
S8	116°18.390'E	22°57.803'N	水质
S9	116°16.234'E	22°56.537'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
S10	116°17.189'E	22°56.823'N	水质、生态、渔业资源

序号	经度	纬度	调查内容
S11	116°18.218'E	22°57.013'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
S12	116°19.191'E	22°57.136'N	水质、生态、沉积物、渔业资源
C1	116° 17.648'E	22° 59.193'N	潮间带
C2	116° 17.741'E	22° 59.127'N	潮间带

3.2.8.2 调查项目

pH、水温、盐度、悬浮物、溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD_{Mn})、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、活性磷酸盐、石油类、挥发酚、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镉 (Cd)、锌 (Zn)、总汞 (Hg)、砷 (As) 和铬 (Cr) 共 19 项。

3.2.8.3 监测方法

调查时间为春、秋季的大潮期, 10m 以内采表层水样, 10~20m 采表、底层, 大于 20m 采表、中、底三层, 其中中层为 0.6 H, 底层为离底 0.5m (H 为水深)。样品的采集、保存、运输和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007) 的要求进行, 具体分析方法表 3.2-9。

表 3.2-9 水质要素分析方法

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法	检出限
1	pH	现场测定	GB17378.4/26-2007 pH 计法	/
2	盐度	现场测定	GB17378.4/29.2-2007 (温盐深仪) CTD	/
3	水温	现场测定	GB17378.4/29.2-2007 (温盐深仪) CTD	/
4	悬浮物	0.45 μm, φ60mm 微孔滤膜现场过滤	GB17378.4/27-2007 重量法	2.0mg/L
5	溶解氧 (DO)	加 1mLmnCl ₂ 和 1mL KI-NaOH 溶液固定, 现场测定	GB17378.4/31-2007 碘量法	/
6	化学需氧量 (COD _{Mn})	现场测定	GB17378.4/32-2007 碱性高锰酸钾法	/
7	氨	现场用 0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤、现场测定或过滤后 -20°C 冷冻保存	GB17378.4/36.2-2007 次溴酸盐氧化法	0.0004mg/L
8	硝酸盐		GB17378.4/38.2-2007 锌-镉还原法	0.0007mg/L
9	亚硝酸盐		GB17378.4/37-2007 奈乙二胺分光光度法	0.0003mg/L
10	活性磷酸盐		GB17378.4/39.1-2007	0.01mg/L

序号	监测项目	样品采集、预处理及保存方法	测定方法	检出限
			磷钼蓝分光光度法	
11	石油类	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2, 正己烷萃取	GB17378.4/13.2-2007 紫外分光光度法	0.004mg/L
12	挥发酚	加 H ₃ PO ₄ 至 pH<4, 每升水样加 2g 硫酸铜	GB17378.4/19-2007 4-氨基安替比林分光光度法	1.1mg/L
13	铜 (Cu)	用 0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加 HNO ₃ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/6.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
14	铅 (Pb)		GB17378.4/7.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
15	镉 (Cd)		GB17378.4/8.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
16	锌 (Zn)		GB17378.4/9.1-2007 火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
17	砷 (As)	用 0.45μm, φ60mm 微孔滤膜过滤加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/11.1-2007 原子荧光法	0.5μg/L
18	汞 (Hg)	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2	GB17378.4/5.2-2007 冷原子吸收分光光度法	0.001μg/L
19	总铬 (Cr)	加 H ₂ SO ₄ 至 pH<2 低温冷藏	GB17378.4/10.1-2007 无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L

*盐度和 pH 无单位。

(内容不公开)

图 3.2-9 2023 年 4 月项目附近海洋环境现状调查站位图

3.2.8.4 评价方法

采用单因子标准指数（Pi）法，评价模式如下：

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

式中：

$S_{i,j}$ ——评价因子 i 的水质指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$C_{i,j}$ ——评价因子 i 在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

C_{Si} ——评价因子 i 的水质评价标准限值，mg/L。

溶解氧（DO）的标准指数计算公示：

$$S_{DO,j}=DO_s/DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$
$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

式中：

$S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO_j ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO_s ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

DO_f ——饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流， $DO_f=468/(31.6+T)$ ，对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域， $DO_f=(491-2.65S)/(33.5+T)$ ；

S ——实用盐度符号，量纲一；

T ——水温，℃。

pH 的指数计算公式：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$
$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_j > 7.0$$

式中：

$S_{pH,j}$ ——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH_j ——pH 值实测统计代表值；

pH_{sd} ——评价标准中 pH 值的下限值；

pH_{su} ——评价标准中 pH 值的上限值。

3.2.8.5 水质现状分析

2023 年 4 月海水水质调查见表 3.2-11。

1、评价标准

位于近岸海域环境功能区划范围内的海水水质评价按照近岸海域环境功能区划确定的质量目标，执行《海水水质标准》(GB38097-1997)中相应标准限值。位于近岸海域环境功能区划范围外的海水水质质量，按照《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035年)》(粤自然资发(2025)1号)中规划的海洋空间功能，对照《海水水质标准》(GB38097-1997)中不同海域的使用功能、保护目标和质量分类，执行相应标准限值。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》(粤府办(1999)68号)，各调查站位均位于揭阳市近岸海域规划范围内，本项目所在海域水质评价标准执行如下表。S1~S9、S12 站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第三类标准，S10、S11 站位执行《海水水质标准》(GB3097-1997)的第一类标准。

表 3.2-10 水质调查站位执行标准确定表

站位	调查站位所在功能区划		水质执行目标
	近岸海域环境功能区	海洋空间规划分区	
S1	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S2	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S3	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S4	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S5	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S6	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S7	304 神泉港区	粤东新城游憩用海区	三类
S8	304 神泉港区	神泉南部渔业用海区	三类
S9	304 神泉港区	粤东新城南部生态控制区	三类
S10	306A 浅海渔业区	粤东新城南部生态控制区	一类
S11	306A 浅海渔业区	神泉南部交通运输用海区	一类
S12	304 神泉港区	神泉南部渔业用海区	三类

(内容不公开)

图 3.2-10 调查站位与揭阳市近岸海域环境功能区划位置关系图

2、海水水质调查结果与评价

采用上述单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点水质评价因子的标准指数见表 3.2-12。

执行海水水质第三类标准的 10 个站位中，S1~S8 站位出现无机氮超标情况，

S1~S5、S7、S8 出现活性磷酸盐超标。其中，无机氮的超标倍数在 0.367~4.055 之间，最大超标倍数为 4.055，位于 S2 站位；活性磷酸盐的超标倍数在 0.467~5.467 之间，最大超标倍数为 5.467，位于 S2 站位。除上述外，其余监测因子水质均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准。

执行海水水质第一类标准的 2 个站位中，S11 站位出现无机氮超标情况，S10、S11 站位出现锌超标情况。其中，S11 站位无机氮超标倍数为 0.030；S10 站位锌超标倍数为 0.060，S11 站位锌超标倍数为 0.120；除上述外，其余监测因子水质均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）的第一类标准。

综上所述，2023 年春季调查航次中，项目附近及其周围海水质量整体状况较差，主要超标因子为无机氮、活性磷酸盐和锌，超标主要原因为调查海域靠近陆地，受陆源输入影响较大，如居民生活污水、养殖及农业排水等。

表 3.2-11 春季大潮水质现状监测结果
(内容不公开)

表 3.2-12 春季大潮海水水质质量指数
(内容不公开)

3.2.9 海洋沉积物质量现状与评价

3.2.9.1 调查概况

中国科学院南海海洋研究所于 2023 年 4 月在项目附近布置了 6 个沉积物站位，调查站位（详见图 3.2-9 和表 3.2-8。调查项目为有机碳、硫化物、石油类、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、总铬（Cr）、锌（Zn）、总汞（Hg）、砷（As）共 10 项，调查时间与水质同步。各调查项目的采样、分析方法和技术要求按《海洋监测规范》（GB17378-2007）的规定进行，各项目分析方法见表 3.2-13。

表 3.2-13 沉积物分析方法

监测项目	测定方法	引用标准	检出限
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	GB17378.5-2007	0.03%
铜	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	0.5×10^{-6}
铅	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	1.0×10^{-6}
镉	无火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	0.04×10^{-6}
锌	火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	6.0×10^{-6}
砷	氢化物—原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007	3.0×10^{-6}
总汞	冷原子吸收光度法	GB17378.5-2007	0.005×10^{-6}
石油类	紫外分光光度法	GB17378.5-2007	3.0×10^{-6}
硫化物	碘量法	GB17378.5-2007	0.3×10^{-6}

3.2.9.2 评价方法与评价标准

1、评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式 $P_i = C_i / C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 > 1 ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

2、评价方法

海洋沉积物质量评价标准执行《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）。

沉积物质量标准执行较海水水质标准高一级的沉积物质量评价标准，最高为一类沉积物质量标准。项目所在海域海水水质执行第一类标准，则海洋沉积物质量执行第一类标准。S1、S2、S4、S9、S12 执行《海洋沉积物质量》（GB18668-

2002) 中第二类标准限值要求; S11 执行《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 中第一类标准限值要求。海洋沉积物质量标准的具体限值详见表 3.2-14。

表 3.2-14 海洋沉积物质量

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	大肠菌群/(个/g 湿重) ≤	200 ¹⁾		/
2	粪大肠菌群/(个/g 湿重) ≤	40 ²⁾		/
3	汞(×10 ⁻⁶) ≤	0.20	0.50	1.00
4	镉(×10 ⁻⁶) ≤	0.50	1.50	5.00
5	铅(×10 ⁻⁶) ≤	60.0	130.0	250.0
6	锌(×10 ⁻⁶) ≤	150.0	350.0	600.0
7	铜(×10 ⁻⁶) ≤	35.0	100.0	200.0
8	铬(×10 ⁻⁶) ≤	80.0	150.0	270.0
9	砷(×10 ⁻⁶) ≤	20.0	65.0	93.0
10	有机碳(×10 ⁻²) ≤	2.0	3.0	4.0
11	硫化物(×10 ⁻⁶) ≤	300.0	500.0	600.0
12	石油类(×10 ⁻⁶) ≤	500.0	1000.0	1500.0

1) 除大肠菌群、粪大肠菌群、病原体外, 其余数值测定项目(序号 6~18)均以干重计。
 2) 对供人生食的贝类增殖底质, 大肠菌群(个/g 湿重)要求≤14。
 3) 对供人生食的贝类增殖底质, 粪大肠菌群(个/g 湿重)要求≤3。

备注: 按照海域的不同使用功能和环境保护目标: 海洋沉积物质量分为三类。第一类适用于海洋渔业水域, 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水域, 特殊用途的海洋开发作业区。

3.2.9.3 调查结果与评价

本次调查沉积物现状监测结果见表 3.2-15。采用单项指数法, 对现状监测结果进行标准指数计算, 各监测点沉积物评价因子的标准指数见表 3.2-16。

执行海洋沉积物质量第二类标准的 5 个调查站位中, S1 站位出现硫化物、石油类超标情况, S4 站位出现锌、石油类超标情况。其中 S1 站位硫化物的超标倍数为 1.877, 石油类超标倍数为 4.495; S4 站位锌超标倍数为 0.379, 石油类超标倍数为 1.217。除上述外, 其他监测因子均满足《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 中第二类标准限值要求。

执行海洋沉积物质量第一类标准的 S11 站位, S11 站位全部监测因子均满足《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002) 中第一类标准限值要求, 没有出现超标情况。

表 3.2-15 沉积物现状监测结果（春季）
（内容不公开）

表 3.2-16 沉积物质量指数（春季）
（内容不公开）

3.2.10 海洋生物质量现状与评价

3.2.10.1 调查概况

中国科学院南海海洋研究所于 2023 年 4 月在项目附近海域选取了 8 种代表性海洋生物进行生物残毒测试，测试项目有石油烃、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As 和 Hg 共 8 项指标。

3.2.10.2 采样与分析方法

1、采样方法

根据《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)中的要求，在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后，选取具有代表性的样品进行分析检测。

(1) 贝类

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品，选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中，压出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口，存于冷冻箱中。

(2) 虾与中小型鱼类

按要求选取足够数量的完好生物样，放入干净的聚乙烯袋中，应防止袋子被刺破。挤出袋内空气，将袋口打结或热封，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

(3) 大型鱼类

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的刀切下至少 100g 肌肉组织，厚度至少 5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

2、分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》(GB 17378.6-2007) 进行。

3.2.10.3 评价方法及标准

1、评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式 $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： P_i 为第 i 种评价因子的质量指数；

C_i 为第 i 种评价因子的实测值；

C_{si} 为第 i 种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数 >1 ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

2、评价标准

双壳类贝类的海洋生物质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)，双壳类贝类的海洋生物质量标准执行较海水水质标准高一级的海洋生物质量评价标准，最高为一类标准。项目所在海域海水水质执行第一类标准，则双壳类贝类的海洋生物质量执行第一类标准。其他软体动物、甲壳动物和定居性鱼类等的重金属、石油烃的评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ1409-2025) 附录 C，其中铬没有相应的评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

本次评价双壳类贝类生物体内污染物质含量相应执行《海洋生物质量》(GB18421-2001) 标准，海洋生物质量标准的具体限值见表 3.2-17 和表 3.2-18。

表 3.2-17 海洋生物质量标准 (GB18421-2001) (双壳类贝类) (鲜重: mg/kg)

项目	第一类	第二类	第三类
粪大肠菌群 (个/kg) ≤	3000	5000	/
麻痹性贝毒 ≤	0.8		
总汞 ≤	0.05	0.10	0.30
镉 ≤	0.2	2.0	5.0
铅 ≤	0.1	2.0	6.0
铬 ≤	0.5	2.0	6.0
砷 ≤	1.0	5.0	8.0
铜 ≤	10	25	50 (牡蛎 100)
锌 ≤	20	50	100 (牡蛎 500)
石油烃 ≤	15	50	80

项目	第一类	第二类	第三类
注：以贝类去壳部分的鲜重计			

表 3.2-18 其他海洋生物质量参考值（鲜重：mg/kg）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	砷	铬	石油 烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	1	/	20	《环境影响评价技术 导则 海洋生态环境》 (HJ1409-2025)
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	1	/	20	
软体动物（非 双壳贝类）	100	10.0	5.5	250	0.3	1	/	20	

3.2.10.4 调查结果及评价

本次调查生物质量现状监测结果见表 3.2-19。采用单项指数法，对现状监测结果进行标准指数计算，各监测点生物质量评价因子的标准指数见表 3.2-20 和表 3.2-21。由调查及评价结果可知，采集到的鱼类、甲壳类均无超标现象，表明本次调查海洋生物体质量良好。

表 3.2-19 生物体质量监测结果（春季）
（内容不公开）

表 3.2-20 春季海洋生物质量指数（甲壳类）
（内容不公开）

表 3.2-21 春季海洋生物质量指数（鱼类）
（内容不公开）

3.2.11 海洋生态现状与评价

中国科学院南海海洋研究所于 2023 年 4 月（春季）和 2021 年 9 月（秋季）在项目附近海域进行了环境质量现状调查，共布设了 8 个海洋生态，8 条渔业资源断面，2 个潮间带生物断面。调查站位见前文图 3.2-9 和表 3.2-8。

调查内容包括叶绿素 a、初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼、游泳生物。

样品的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）中规定的方法进行。

3.2.11.1 海洋生物采集、处理和分析方法

(1) 叶绿素 *a* 和初级生产力

用容积为 5L 的有机玻璃采水器采集表层 0.5m 的水样，现场过滤，滤膜用保温壶冷藏，带回实验室分析，采用分光光度法测定叶绿素 *a* 的含量（引用标准：《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007））。

初级生产力采用叶绿素 *a* 法，按照 CaXee 和 Hegeman（1974）提出的简化公式估算。

(2) 浮游植物

浮游植物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范—海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

利用浮游生物浅水 III 型浮游生物网，网口面积 0.1m²，采用垂直拖网法。样品现场用 5%甲醛溶液固定，带回实验室，进行种类鉴定和定量分析。定量计数用计数框，视野法计数，取其平均密度，通过过滤的水柱，测算出每个调查站位浮游植物的密度，单位以每立方米多少个细胞数表示（cells/m³）。

(3) 浮游动物

浮游动物的采集和分析均按《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范-海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）中规定的方法进行。

以浅水 II 型浮游生物网采样，网口面积 0.08m²，每个调查站从底至表垂直拖曳 II 型网，样品现场用 5%甲醛溶液固定保存，带回实验室进行种类鉴定，总生物量及栖息密度分布等分析。总生物量的研究采用湿重法，栖息密度分布采用个体计数法，然后根据滤水量换算为每 m³ 水体的浮游动物数量。

(4) 底栖生物

底栖生物调查方法按照《海洋监测规范》（GB17378.1-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763.1-2007）中有关底栖生物的规定执行。

采泥底栖生物调查方法是采用抓斗式采泥器进行定量取样，取样面积为 0.05m²，每个站采样 2 次。样品用 5%甲醛溶液固定后带回室内分析鉴定，生物量和栖息密度分别以 g/m² 和栖息密度 ind/m² 为单位。

(5) 潮间带生物

分别在项目区周边设 2 处潮间带代表断面，以 C1~C2 表示，其中 C1 的调

查断面为岩石相，C2 的调查断面为泥沙相。调查方法按照《海洋监测规范》（GB17378.1-2007）和《海洋调查规范》（GB/T 12763.1-2007）进行。生物量和栖息密度分别以 g/m^2 和 ind/m^2 为计算单位。

（6）鱼卵仔鱼

采用拖网法，每个调查站采用水平拖网和垂直拖网两种方法，网具采用浅海浮游生物 I 型网。水平拖网于表层水平拖曳 10 分钟取得，拖速保持在 2-3 节左右，共获得 8 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定性样品。垂直拖网每个调查站从底至表垂直拖曳浮游生物网，获得 8 个鱼卵仔鱼样品，此样品为定量样品。海上采得的浮游生物样品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。定性样品以 ind/net 为计量单位进行统计，定量样品以 ind/m^3 为计量单位进行统计分析。

（7）海洋渔业资源（游泳动物）

渔业资源调查均按《海洋调查规范》及中华人民共和国农业部 2008 年 3 月颁布的《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》进行，采样均于白天进行，每次放网 1 张。

本次 S1-S7 号站水深浅并且有大量养殖蚝排无法进行拖网采样，采取刺网定性采样，S9-S12 号站渔业资源调查租用“粤惠来渔 43300”渔船进行。渔船主机功率 112kW，船长 22.1m、船宽 5.35m、型深 3m，使用的网具为底拖网，网宽 4m，网长 12m，平均拖速为 3.0 kn。

对渔获物的渔获重量和尾数进行统计，记录网产量。根据调查海域的物种分布特征和经济种类等情况，将本次调查海域的渔获物分为鱼类、甲壳类和头足类等 3 个类群，并分别从渔获率、资源密度、优势种、幼体比例、主要物种的生物学特征等方面统计分析。

3.2.11.2 计算方法

（1）初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

P ——初级生产力 ($\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$);

C_a ——表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3);

Q ——同化系数 ($\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{a}\cdot\text{h})$), 根据南海海洋研究所以往调查结果, 这里取 3.7;

L ——真光层的深度 (m);

t ——白昼时间 (h), 11h。

(2) 优势度

优势度 (Y) 应用以下公式计算:

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

式中: n_i 为第 i 种的个体数; f_i 是该种在各站中出现的频率; N 为所有站每个种出现的总个体数。

(3) 多样性指数

Shannon-Wiener 指数计算公式为:

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

式中: H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

P_i ——第 i 种的个体数与总个体数的比值。

(4) 均匀度

Pielou 均匀度公式为:

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

式中: J ——均匀度

H' ——种类多样性指数

S ——样品中的种类总数

(5) 鱼卵仔鱼

鱼卵仔鱼的密度计算方法根据面积、拖网距离和鉴定的鱼卵仔鱼数量, 按以下公式计算单位体积内鱼卵仔鱼的分布密度:

$$V = N / (S \times L)$$

式中: V ——鱼卵仔鱼的分布密度, 单位为个/ m^3 、尾/ m^3

N——每网鱼卵仔鱼数量，单位为（个，尾）

S——网口面积，单位为 m^2

L——拖网距离，单位为 m

（6）渔业资源（游泳动物）

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法（密度指数法），来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度，求算公式为：

$$S = (y) / a (1-E)$$

式中：S—重量密度 (kg/km^2) 或个体密度 (ind/km^2)

a—底拖网每小时的扫海面积（扫海宽度取浮纲长度的 2/3）

y—平均渔获率 (kg/h) 或平均生物个体密度 (ind/h)

E—逃逸率（取 0.5）

确定优势种的方法：根据渔获物中个体大小悬殊的特点，选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数 *IRI*，来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位，依此确定优势种。*IRI* 计算公式为 $IRI = (N+W) F$ 。

式中：N—某一种类的尾数占渔获总尾数的百分比

W—某一种类的重量占渔获总重量的百分比

F—某一种类的出现的站位数占调查总站位数的百分比

3.2.11.3 海洋生态概况

1、叶绿素 a 和初级生产力

（1）叶绿素 a

本次调查海区表层水体叶绿素 a 含量的变化范围为 $1.13mg/m^3 \sim 7.53mg/m^3$ ，平均值为 $3.16mg/m^3$ ，其中 S1 号站叶绿素 a 含量最高，S12 号站叶绿素 a 含量最低，为 $1.13mg/m^3$ （表 3.2-22）。

（2）初级生产力

调查海域初级生产力的变化范围为 $55.24mg \cdot C / (m^2 \cdot d) \sim 382.95mg \cdot C / (m^2 \cdot d)$ ，平均值为 $169.57mg \cdot C / (m^2 \cdot d)$ ，其中 S1 号站初级生产力水平最高，S12 号站最低，为 $21.70mg \cdot C / (m^2 \cdot d)$ （表 3.2-22）。

表 3.2-22 叶绿素 a 和初级生产力测定结果

（内容不公开）

2、浮游植物

(1) 种类组成和优势种

本次调查共记录浮游植物 6 门 47 属 98 种。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 33 属 69 种，占总种数的 70.41% (表 3.2-23)；甲藻门出现 4 属 18 种，占总种数的 18.37%，绿藻出现 5 属 6 种，占总种数的 6.12%。硅藻门的角毛藻和甲藻门的角藻出现种类数最多，均为 13 种，其次硅藻门的根管藻，为 10 种，其它属出现的种类见表 3.2-23 (附录 I)。

表 3.2-23 浮游植物种类组成
(内容不公开)

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准，本次调查的浮游植物优势种出现 5 种，均为硅藻门，分别为拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、并基角毛藻 (*Chaetoceros decipiens*)、环纹劳德藻 (*Lauderia annulata*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*) 和格氏圆筛藻 (*Coscinodiscus granii*)。拟旋链角毛藻的优势度为 0.548，丰度占调查海区总丰度的 49.58%，该优势种在 8 个调查站位中均有出现，出现率为 100.00%；并基角毛藻的优势度为 0.129，丰度占调查海区总丰度的 12.20%，该优势种在在 8 个调查站位中均有出现，出现率为 100.00%。

(2) 丰度组成

本次调查结果表明，调查海区浮游植物丰度变化范围为 147.00×10^4 cells/m³ ~ 2679.05×10^4 cells/m³，平均为 842.50×10^4 cells/m³ (表 3.2-24)。最高丰度出现在 S10 号站，S9 号站次之，其丰度为 1870.09×10^4 cells/m³，最低丰度则出现在 S2 号站。

浮游植物丰度组成以硅藻占首位，其丰度占各站总丰度的 20.93%~97.84%，平均为 72.89%，硅藻在 8 个测站中均有出现；隐藻次之，其丰度占各站总丰度的 0.00%~71.50%，平均为 16.51%，隐藻在 8 个测站中 4 个站有出现；其他类的丰度占各站总丰度的 1.51%~38.78%，平均为 10.05%；甲藻在各站丰度中的所占比例为 0.00%~1.60%，平均为 0.54% (表 3.2-24)。

表 3.2-24 浮游植物丰度 ($\times 10^4$ cells/m³) 及其百分比值 (%)
(内容不公开)

(3) 多样性水平

本次调查,各站位浮游植物种数变化范围 19~56 种。Shannon-wiener 多样性指数范围为 1.990~3.769,平均为 2.786,多样性指数以 S7 号站位最高,S1 号站最低,多样性属于中等水平;Pielou 均匀度指数范围为 0.398~0.664,平均为 0.532,其中 S4 和 S7 号站均匀度指数最高,均为 0.664,S9 号站最低,各站物种间分布较为均匀。

3、浮游动物

(1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 10 个生物类群 45 种(见附录 II—浮游动物种类名录),其中桡足类 22 种,浮游幼体类 9 种,毛颚类 4 种,被囊类、翼足类和枝角类各 2 种,水螅水母类、端足类、十足类和栉水母类各 1 种。

(2) 浮游动物生物量、密度及分布

本次调查结果显示,各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $100.96\text{mg}/\text{m}^3 \sim 382.14\text{mg}/\text{m}^3$,平均生物量为 $188.11\text{mg}/\text{m}^3$ 。在整个调查区中,生物量最高出现在 S12 号采样站,最低出现在 S11 号采样站。在个体数量分布方面,浮游动物密度变化幅度为 $187.50\text{ind}/\text{m}^3 \sim 4275.00\text{ind}/\text{m}^3$,平均密度 $1313.92\text{ind}/\text{m}^3$ 。浮游生物最高密度出现在 S12 号采样站,最低密度则出现在 S1 号采样站(表 3.2-25)。

表 3.2-25 浮游动物生物量及密度

(内容不公开)

(3) 生物多样性指数及均匀度

本次调查海域各测站的浮游动物种数变化范围为 7~25 种;种类多样性指数范围为 2.157~3.357 之间,平均为 2.682,多样性指数最高出现在 S9 号采样站,其次为 S11 号采样站,最低则出现在 S7 号采样站,多样性属于中等水平;种类均匀度变化范围在 0.502~0.928 之间,平均为 0.739,最高出现在 S1 号采样站,最低出现在 S12 号采样站,各站物种间分布较均匀。

(4) 浮游动物优势种及其分布

以优势度 ≥ 0.02 为判断标准,本调查海域在调查期间浮游动物的优势有 5 种,为桡足类的小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、拟长腹剑水蚤(*Oithona similis*)、

菱大眼水蚤 (*Corycaeus limbatus*) 和被囊类的住囊虫属 (*Oikopleura* sp.)、浮游幼体的蔓足类幼体 (*Cirripedia larvae*)，势度指数分别为 0.389、0.172、0.060、0.024 和 0.023。小拟哲水蚤的平均密度为 530.68ind/m³，占浮游动物总密度的 40.39%，在 8 个调查站位中均有出现，其中在 S12 号站位密度最高，为 2000.00ind/m³，其次为 S11 号站，为 730.77ind/m³，为该调查海区的第一优势种；拟长腹剑水蚤的平均密度为 267.68ind/m³，占浮游动物总密度的 20.37%，在 8 个调查站位中 7 个站有出现，其中在 S12 号站位密度最高，为 1428.57ind/m³。

4、底栖生物

(1) 种类组成

本次调查共记录大型底栖动物 40 种，其中环节动物 22 种、节肢动物 8 种、软体动物 6 种和其他动物（纽形动物、刺胞动物、帚形动物和星虫动物各 1 种）4 种（附录 III）。环节动物、节肢动物和软体动物分别占总种数的 55.00%、20.00% 和 15.00%，环节动物是构成本次调查海区大型底栖生物的主要类群。

(2) 底栖生物栖息密度和生物量

大型底栖生物定量采泥样品分析结果表明，调查海区大型底栖生物平均栖息密度为 1092.50ind/m²，以环节动物的平均栖息密度最高，为 752.50ind/m²，占总平均密度的 68.88%；节肢动物的平均栖息密度为 256.25ind/m²，占总平均密度的 23.46%；软体动物的平均栖息密度为 77.50ind/m²，占总平均密度的 7.09%；其他动物的平均栖息密度之和为 6.25ind/m²，占总平均密度的 0.57%（表 3.2-26）。

底栖生物的平均生物量为 11.37g/m²，以环节动物的平均生物量居首位，该种类的平均生物量为 9.25g/m²，占总平均生物量的 81.37%；其次为其他动物，其平均生物量之和为 0.85g/m²，占总平均生物量的 7.50%；软体动物的平均生物量为 0.73g/m²，占总平均生物量的 6.44%；节肢动物平均生物量较少，为 0.53g/m²（表 3.2-26）。

本次调查结果表明，各采样站位的底栖生物栖息密度分布不均匀，变化范围从 20.00ind/m²~3340.00ind/m²，其中 S4 号站位栖息密度最高，为 3340.00ind/m²。该站位密度最高的原因在于记录到数量多的环节动物稚齿虫属 (*Prionospio* spp.)，它们在站位的栖息密度为 2000.00ind/m²；其次为 S7 号站位，为 2350.00ind/m²，该站位密度较高的原因是记录到数量多的节肢动物地中海巨亮钩虾

(*Cheiriphotis mediterranea*) 和环节动物稚齿虫属, 它们在站位的栖息密度分别为 $1150.00\text{ind}/\text{m}^2$ 和 $870.00\text{ind}/\text{m}^2$, 最低的站位为 S1 号站, 该站出现相对较少的底栖生物。

表 3.2-26 底栖生物各类群的生物量和栖息密度

(内容不公开)

本次调查海域的底栖生物的生物量平面分布也不均匀, 变化范围从 $0.13\text{g}/\text{m}^2 \sim 32.55\text{g}/\text{m}^2$, 仅 S4 号站生物量大于 $30.00\text{g}/\text{m}^2$, 为 $32.55\text{g}/\text{m}^2$, 构成 S4 号站位高生物量的原因在于出现数量较多个体较大的环节动物羽须鳃沙蚕 (*Dendronereis pinnaticirris*), 生物量为 $24.42\text{g}/\text{m}^2$ 。

环节动物在调查海区的平均密度为 $752.50\text{ind}/\text{m}^2$, 在 8 个站位中均有出现, 出现频率为 100.00%。密度分布范围为 $10.00\text{ind}/\text{m}^2 \sim 2220.00\text{ind}/\text{m}^2$; 平均生物量为 $9.25\text{g}/\text{m}^2$, 生物量分布范围为 $0.01\text{g}/\text{m}^2 \sim 29.05\text{g}/\text{m}^2$ 。

软体动物在调查海区 8 个站位中 5 个站出现, 出现频率为 62.50%, 平均密度为 $77.50\text{ind}/\text{m}^2$, 密度分布范围为 $0.00\text{ind}/\text{m}^2 \sim 460.00\text{ind}/\text{m}^2$; 平均生物量为 $0.73\text{g}/\text{m}^2$, 生物量分布范围为 $0.00\text{g}/\text{m}^2 \sim 2.18\text{g}/\text{m}^2$ 。

节肢动物在调查海区 8 个站位中 7 个站有出现, 出现频率为 87.50%, 平均密度为 $256.25\text{ind}/\text{m}^2$, 密度分布范围为 $0.00\text{ind}/\text{m}^2 \sim 1180.00\text{ind}/\text{m}^2$; 平均生物量为 $0.53\text{g}/\text{m}^2$, 生物量分布范围为 $0.00\text{g}/\text{m}^2 \sim 2.55\text{g}/\text{m}^2$ 。

(3) 底栖生物种类优势种和经济种类

大型底栖动物种类若按其优势度 $Y \geq 0.02$ 时即被认定为优势种, 本次调查海区的底栖生物有 5 个优势种, 为环节动物的稚齿虫属、粗突齿沙蚕 (*Leonnates decipiens*)、奇异稚齿虫属 (*Paraprionospio* spp.) 和节肢动物地中海巨亮钩虾、日本长尾虫 (*Apseudes nipponicus*), 优势度分别为 0.302、0.050、0.046、0.051 和 0.039。稚齿虫属在 8 个站位中的 6 个站出现, 其平均栖息密度为 $440.00\text{ind}/\text{m}^2$, 占调查海区底栖生物总平均密度的 40.27%, 为该调查海区的第一优势种; 地中海巨亮钩虾在 8 个站位中的 3 个站出现, 其平均栖息密度为 $148.75\text{ind}/\text{m}^2$, 占调查海区底栖生物总平均密度的 13.62%。

(4) 底栖生物物种多样性指数

调查海域的各定量采样站位大型底栖生物出现种数变化的范围在 2~17 种/站。多样性指数 (H') 变化范围在 1.000~3.182 之间, 平均值为 2.137。多样性指数最高出现在 S10 号站, 最低则为 S1 号站, 调查海域底栖生物多样性指数属于中等水平。均匀度范围在 0.534~1.000 之间, 平均值为 0.717, 均匀度指数最高出现在 S1 号站, 最低则为 S7 号站, 各站位之间物种分布较均匀。

5、潮间带生物

(1) 种类组成

本次调查共记录潮间带生物 10 种, 其中环节动物 6 种和节肢动物 4 种 (附录IV)。环节动物占总种数的 60.00%, 节肢动物占总种数的 40.00%。

C1 的调查断面为岩石相, C2 的调查断面为泥沙相。

高潮区: 生物群落组成以环节动物潮间洋蚓 (*Pontodrilus littoralis*) 和节肢动物近亲拟相手蟹 (*Parasesarma affine*) 为主, 它们在高潮区的平均栖息密度分别为 16.00ind/m² 和 12.00ind/m², 它们在高潮区的平均栖息密度之和占高潮区总平均栖息密度的 77.78%。

中潮区: 生物群落组成由环节动物潮间洋蚓和节肢动物近亲拟相手蟹两种物种组成, 它们在中潮区的平均栖息密度分别为 13.33ind/m² 和 12.00ind/m²。

低潮区: 生物群落组成以环节动物粗突齿沙蚕 (*Leonnates decipiens*) 和小头虫 (*Capitella capitata*) 为主, 它们在低潮区的平均栖息密度分别为 48.00ind/m² 和 140.00ind/m², 它们在低潮区的平均栖息密度之和占低潮区总平均栖息密度的 85.45%。

(2) 潮间带生物量及栖息密度

①生物量及栖息密度的组成

调查断面潮间带生物平均生物量为 12.37g/m², 平均栖息密度为 93.78ind/m²。

在潮间带平均生物量的组成中, 以节肢动物占首位, 平均生物量为 10.81g/m², 占总平均生物量的 87.43%; 环节动物的平均生物量为 1.55g/m², 占总平均生物量的 12.57%。

在平均栖息密度方面, 总平均栖息密度为 93.78ind/m²。其中环节动物占首位, 为 82.44ind/m², 节肢动物的平均栖息密度为 11.33ind/m² (表 3.2-27)。

表 3.2-27 潮间带平均生物量及平均栖息密度的组成

(内容不公开)

②生物量及栖息密度的水平分布

调查断面的潮间带生物平均生物量和平均栖息密度的水平分布方面,平均栖息密度表现为 C1 断面 > C2 断面;平均生物量则表现为 C1 断面 > C2 断面(表 3.2-28)。

表 3.2-28 潮间带平均生物量及平均栖息密度的水平分布

(内容不公开)

③生物量及栖息密度的垂直分布

在垂直分布上,潮间带生物的平均生物量表现为高潮区最高,中潮区居中,低潮带最低(表 3.2-29),其高潮区的平均生物量主要由节肢动物组成。平均栖息密度的垂直分布,则表现为低潮区 > 高潮区 > 中潮区(表 3.2-29),低潮区的平均栖息密度主要由环节动物组成。

表 3.2-29 潮间带平均生物量及平均栖息密度的垂直分布

(内容不公开)

(4) 潮间带生物多样性指数

计算结果显示,2条调查断面出现的种类数在4~7种/断面,多样性指数和均匀度指数平均值分别为1.518和0.630,多样性指数属于较低水平,各断面物种间分布较为均匀。

6、鱼卵仔鱼

(1) 种类组成

在水平拖网和垂直拖网两种方法采集的16个样品中,经鉴定,至少共出现了鱼卵仔鱼9种,其中鲈形目鉴定出5种,鲱形目鉴定出2种,鲽形目和未定种各鉴定出1种(表 3.2-30)。

表 3.2-30 调查海区鱼卵、仔鱼种类组成

(内容不公开)

(2) 数量分布

①水平拖网定性调查

本次水平拖网定性调查共采到鱼卵 294 粒，仔鱼 12 尾。调查海区 8 个测站中全部采集到鱼卵，鱼卵出现率为 100.00%，各站平均捕获鱼卵数量为 36.75ind/net。捕获鱼卵数最大是 S10 号站，为 68ind/net，各站捕获鱼卵数变化范围在 17ind/net ~68ind/net（表 3.2-31）。

仔鱼在 8 个监测站 6 个站有出现，出现率为 75.00%，仔鱼的各站平均捕获数量平均为 1.50ind/net，捕获仔鱼数最大是 S9 号站，为 6ind/net，各站捕获仔鱼数变化范围在 0ind/net ~6ind/net（表 3.2-31）。

表 3.2-31 鱼类浮游生物水平拖网捕获数量及其分布
(内容不公开)

②垂直拖网定性调查

本次垂直拖网定量调查共采到鱼卵 14 粒，仔鱼 3 尾。调查期间 8 个测站中 7 个站采集到鱼卵，鱼卵出现率为 87.50%，调查海区的鱼卵平均密度为 2.10ind/m³，捕获鱼卵数量密度最高的是 S4 号站，为 5.00ind/m³，鱼卵密度变化范围在 0.00ind/m³~5.00ind/m³（表 3.2-32）。

仔鱼在 8 个监测站中 2 个站有出现，出现率为 25.00%，仔鱼的平均密度为 0.39ind/m³（表 3.2-32）。

表 3.2-32 鱼类浮游生物垂直拖网密度及其分布
(内容不公开)

(3) 主要种类数量分布

①水平拖网定性调查主要种类及数量占比

鳊科和小公鱼是本次水平拖网定性调查中的主要鱼卵种类，鳊科鱼卵数量共 106 粒，占本次定性调查鱼卵总数的 36.05%；小公鱼鱼卵数量共 74 粒，占本次定性调查鱼卵总数的 25.17%。眶棘双边鱼和小公鱼是本次水平拖网定性调查中的主要仔鱼种类，眶棘双边鱼仔鱼数量共 5 尾，占本次调查仔鱼总数的 41.67%，小公鱼仔鱼数量共 3 尾，占本次调查仔鱼总数的 25.00%。

②垂直拖网定量调查主要种类及数量分布

鳊科和小公鱼是本次垂直拖网定量调查中的主要鱼卵种类。鳊科鱼卵在 8 个调查站中 5 个站有出现，出现频率为 62.50%，鱼卵密度在 0.00ind/m³~2.50ind/m³

之间,其中鱼卵密度最高出现在 S4 号站,密度为 $2.50\text{ind}/\text{m}^3$,鱼卵的平均密度为 $0.92\text{ind}/\text{m}^3$,占本次调查鱼卵总数的 43.95%;小公鱼鱼卵在 8 个调查站中 3 个站有出现,出现频率为 37.50%,小公鱼鱼卵密度在 $0.00\text{ind}/\text{m}^3\sim 2.50\text{ind}/\text{m}^3$ 之间,鱼卵的平均密度为 $0.61\text{ind}/\text{m}^3$,占本次调查鱼卵总数的 29.01%。本次垂直拖网定量调查仅出现眶棘双边鱼和小公鱼两种仔鱼,眶棘双边鱼仔鱼在 8 个调查站中仅 S9 号站有出现,出现频率为 12.50%,仔鱼的平均密度为 $0.25\text{ind}/\text{m}^3$,占本次调查仔鱼总数的 63.41%;小公鱼仔鱼在 8 个调查站中仅 S10 号站有出现,出现频率为 12.50%,仔鱼的平均密度为 $0.14\text{ind}/\text{m}^3$,占本次调查仔鱼总数的 36.59%。

7、游泳生物

(1) 种类组成

本次调查,共捕获游泳动物 36 种,其中:鱼类 21 种,甲壳类 15 种(附录 V)。

其中 S1-S7 号站刺网定性采样,共捕获游泳动物 16 种,其中鱼类 9 种,甲壳类 7 种。鱼类隶属于 4 目 8 科,其中鲈形目鲷科、鮨科、双边鱼科和真鲈科、鲀形目四齿鲀科、鲉形目鲷科、鲷形目鲷科均出现 1 种,分别为黄鳍棘鲷、横带九棘鲈、尾纹双边鱼、花鲈、弓斑东方鲀、棘线鲷、长鳍莫鲷,鲈形目鰕虎鱼科出现 2 种,分别为斑尾刺鰕虎鱼和金黄舌鰕虎鱼;甲壳类隶属于 1 目 4 科,为对虾科(3 种)、长臂虾科(2 种)、方蟹科(1 种)和梭子蟹科(1 种),分别为刀额新对虾、近缘新对虾、长毛对虾、东方白虾、日本沼虾、绒螯近方蟹和拟穴青蟹。S1 号站断面种类数最多,为 14 种,S2 号站断面的种数最少,为 9 种(表 3.2-10-12)。

S9-S12 号站底拖网采样共捕获游泳动物 20 种,其中:鱼类 12 种,甲壳类 8 种,鱼类隶属于 3 目 6 科,分别为鲷形目舌鲷科、鲱形目鲱科和鳀科、鲈形目的带鱼科、石首鱼科和鰕虎鱼科。甲壳类隶属于 2 目 3 科,分别为十足目对虾科和十足目对虾科和管鞭虾科。S10 和 S11 号站断面种类数最多,均为 15 种,S12 号站断面的种数最少,为 11 种(表 3.2-33)。

表 3.2-33 各断面出现种类统计结果
(内容不公开)

(2) 渔获率

渔业资源的平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 5.91kg/h 和 687.43ind/h，其中：甲壳类的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 2.36kg/h 和 545.14ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 40.30%和 78.36%；鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 3.56kg/h 和 142.29ind/h，占平均总重量渔获率和平均总个体渔获率分别为 59.70%和 21.64%（表 3.2-34）。

表 3.2-34 各断面重量渔获率和个体渔获率及各类群百分比
(内容不公开)

(3) 资源密度

本次调查各断面渔业资源密度分布见表 3.2-35。平均重量密度为 532.13kg/km²，S12 号站断面最高，S11 号站断面最低，范围为 492.01kg/km²~590.82kg/km²；平均个体密度为 61.86×10³ind/km²，个体密度最高的断面为 S10 号站断面，其值为 75.29×10³ind/km²，最低为 S9 号站断面，其个体密度为 46.28×10³ind/km²。

表 3.2-35 调查断面的渔业资源密度
(内容不公开)

(4) 幼体群体占有游泳生物群体的比例

本次调查幼体群体占有游泳动物群体的比例为 63.08%（表 3.2-36）。渔获物中，鱼类幼体比例为 38.55%，甲壳类幼体比例为 69.18%，各类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例见表 3.2-37。

鱼类整体幼体比例较低，除白姑鱼、棘头梅童鱼、尖头黄鳍牙鲷等鱼类的幼体比例均高达 100%外，渔获中的大部分由成体和亚成体组成。

本调查中甲壳动物经济种的幼体较高。其中口虾蛄、沙栖新对虾和长叉口虾蛄幼体比例均高达 100%，渔获中的大部分由幼体和亚成体组成，表 3.2-38 和表 3.2-39 列出本次调查主要物种的生物学特征和幼体比例。

表 3.2-36 各断面幼体比例
(内容不公开)

表 3.2-37 分类群成体尾数、幼体尾数和幼体比例
(内容不公开)

表 3.2-38 S9-S12 号站拖网采样物种的生物学特征和幼体比例

(内容不公开)

表 3.2-39 S1-S7 号站刺网采样定性物种的生物学特征

(内容不公开)

8、主要经济物种的生物学特征

本次调查中, 游泳动物经济种的主要组成为粤东近岸常见的中小型鱼类、梭子蟹科及虾蛄类。鱼类经济种主要有沙带鱼、皮氏叫姑鱼等; 甲壳动物中出现较多的是常见对虾科和虾蛄类物种, 管鞭虾科物种也有广泛出现。以上鱼类和甲壳动物物种经济价值较高, 生长迅速, 是优良的渔业经济种。综合考虑各品种出现站数、优势度、平均渔获率、经济价值和生物类型代表性, 选定以下几种分述生物学特征如下:

(1) 沙带鱼

沙带鱼 (*Lepturacanthus savala*) 为鲈形目 (PERCIFORMES)、带鱼科 (Trichiuridae)、沙带鱼属 (*Lepturacanthus*) 鱼类, 体长可达 100 厘米, 栖息在沿海, 属肉食性, 栖息深度可达 100 米, 以甲壳类、乌贼、鱼类等为食。分布于印度洋北部沿岸、东至澳大利亚、北至日本琉球以及中国南海、台湾海峡等海域。沙带鱼具有结群排队的特性, 每年春天回暖水温上升时, 带鱼成群游向近岸, 由南至北于生殖回游, 是为捕捞季节; 冬至时, 水温降低, 带鱼又游向水深处避寒。

本次调查 4 个站位断面中, 沙带鱼 3 个站有出现, 占总调查断面数的 75.00%。总渔获共 3.18kg、100 尾, 体长区间 95~145mm, 体重区间 9.90~53.83g, 平均体重 31.79g, 捕捞群体以幼体和亚成体为主。各断面平均渔获率为 1.36kg/h、42.86ind/h, 渔获率最高的是 S12 号站断面, 为 96.00ind/h, 为 2.91kg/h。

(2) 皮氏叫姑鱼

皮氏叫姑鱼 (*Johnius belangerii*) 为鲈形目 (PERCIFORMES)、石首鱼科 (Sciaenidae)、叫姑鱼属 (*Johnius*), 为暖温带近岸中下层小型鱼类, 喜栖于泥砂底以及岩礁附近海域。生命周期短, 一般不超过 3 龄, 最高 4 龄。体长在 70~130mm, 1 龄性成熟, 1~4 龄平均体长和平均体重分别为 83.5mm 和 10.9 g 左

右，114.2mm 和 24.3 g，135.8mm 和 43.6 g，150mm 以上和 54 g 以上，氏叫姑鱼喜欢在透明度较低的河口浅水区产卵，是常见的小型食用鱼。

皮氏叫姑鱼在南海区的产卵场分散不集中，在沿海浅水区几乎均有产卵。产卵期间喜栖息于透明度低的河口浅水区，底质大多为细沙泥，水深 5~15m 处。皮氏叫姑鱼春季开始由咸水区洄游至淡水区产卵，冬季游向大海，属于暖温性鱼类，生殖期在 4~7 月。

本次调查 4 个站位断面（S9-S12）中，皮氏叫姑鱼均有出现，占总调查断面数的 100.00%，总渔获共 0.93kg、40 尾，体长区间 92~120mm，体重区间 13.53~31.93g，平均体重 23.30g，捕捞群体以成体和亚成体为主。各断面平均渔获率为 0.40kg/h、17.14ind/h，渔获率最高的是 S11 号站断面，为 0.67kg/h、27.43ind/h。

S9-S12 站位位于神泉港外海域，本项目与上述站位相距在 3km 以上，其建设基本不会对皮氏叫姑鱼产生影响。

（3）哈氏仿对虾

哈氏仿对虾（*Parapenaeopsis hardwickii*）隶属于甲壳纲（Crustacea）、十足目（Decapoda）、对虾科（Penaeidae）、仿对虾属（*Parapenaeopsis*），是我国东南沿海重要的经济虾类。全年皆可捕捞。东海哈氏仿对虾繁殖期在 5~9 月，高峰期在 6~7 月，次高峰期在 9 月，南海区域应较之提前。哈氏仿对虾雌性体长约 90mm 达到性成熟。

本次调查 4 个站位断面中，哈氏仿对虾均有出现，占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 1.65kg、612 尾，体长区间 50~84mm，体重区间 1.40~5.59g，平均体重 2.70g，捕捞群体以幼体为主。各断面平均渔获率为 0.71kg/h、262.29ind/h，渔获率最高的是 S10 号站断面，为 342.86ind/h，0.92kg/h。

（4）长叉口虾蛄

长叉口虾蛄（*Oratosquilla nepa*）属于十足目（Stomatopoda），虾蛄科（Squillaidae），是大型凶猛的甲壳动物，最大可达 165mm。在我国南北沿海均有分布，是重要的渔业资源物种。其食物组成包括小型甲壳类、双壳类、多毛类和小型鱼类。

本次调查 4 个站位断面中，长叉口虾蛄均有出现，占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 1.84kg、232 尾，体长在 70~98mm 之间，体重在 4.94~12.71g 之间，平均体重为 7.95g，渔获中长叉口虾蛄均为幼体。各断面平均渔获率为 0.79kg/h、

99.43ind/h, 渔获率最高的是 S10 号站断面, 为 164.57ind/h, 1.31kg/h。

(5) 中华管鞭虾

中华管鞭虾 (*Solenocera crassicornis*) 属于十足目 (DECAPODA)、管鞭虾科 (Solenoceridae) 虾类, 体长 28-82 毫米, 喜栖息于 25-100 米水深的泥质或泥沙质的海区, 其栖息深度和对温、盐度适应的范围较广, 为广温广盐性的虾类。冬季向沿岸浅水区移动, 近海区较密集, 渔获较高, 12 月后向外海移动, 虾群分散, 渔获量低。分布于印度、马来西亚、印度尼西亚、日本和中国。在中国分布于黄海南部、东海至广东、广西和海南岛浅海。

本次调查 4 个站位断面中, 中华管鞭虾均有出现, 占总调查断面数的 100.00%。总渔获共 0.69kg、228 尾, 体长区间 40~80mm, 体重区间 1.12~5.61g, 平均体重 3.05g, 捕捞群体以成体为主。各断面平均渔获率为 0.30kg/h、97.71ind/h, 渔获率最高的是 S10 号站断面, 为 130.29ind/h, 0.42kg/h。

4 资源生态影响分析

4.1 资源影响分析

4.1.1 对岸线资源和海洋空间资源的影响分析

(1) 岸线资源损耗

本项目神泉大桥跨越惠城运河，用海范围内岸线长度为 110.90m，均为人工岸线；实际用海桥段跨越人工岸线长度 71.17m，其中，大桥跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m，跨越石化大道侧人工岸线 33.26m。两侧大桥均为直接跨越，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。

本项目施工栈桥未与岸线直接接触，且栈桥均位于主桥用海范围内，不会对岸线资源产生其他影响。

(2) 海域空间资源损耗

本项目用海方式为“构筑物”（一级方式）中的“跨海桥梁”（二级方式），用海长度为 194m，用海面积为 1.0291。

项目桥梁工程占用了部分海底、海面及海面上方的海域空间资源，使周围海域空间资源更加紧张，海洋空间开发活动也受到了限制。海洋资源共存于一个主体的海洋环境中，在同一个空间上同时拥有多种资源，有多种用途，其分布是立体式多层状的，其特点决定了该海域是多功能区。根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5号），用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权，可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。本项目用海类型属于跨海桥梁用海，设计已考虑下方惠城运河通航需求，此外，本项目用海范围内无用海权属冲突，因此暂不考虑设置立体确权，未来该海域其他项目需要使用本项目下方海域特定层空间的，应按照国家及地方关于海域使用权立体分层设权的要求开展。

4.1.2 对滩涂资源影响分析

2023年10月24日第三次修订的《中华人民共和国海洋环境保护法》第一百二十四条第四款定义：滨海湿地，是指低潮时水深不超过六米的水域及其沿岸浸湿地带，包括水深不超过六米的永久性水域、潮间带（或者洪泛地带）和沿海低地等，但是用于养殖的人工的水域和滩涂除外。根据以上滨海湿地的定义，该区域中水深浅于6m的水域属于滨海湿地范畴。湿地是重要的自然资源和重要的生态系统之一。但由于本项目用海方式属于跨海桥梁用海，项目建设对海洋生态的影响较小，基本不会导致原有湿地生态系统服务功能的发生改变。本项目的建设虽然占用了部分滩涂资源，但能继续维持原有滩涂的生态系统服务功能，对所在海域的资源影响较小。

4.1.3 对海洋生物资源的影响分析

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)，本项目对海洋生物资源损害的评估主要从工程占用海域、悬浮泥沙扩散影响两方面考虑。

4.1.3.1 工程占用造成的潮间带和底栖生物损失量

本项目桥墩及桩基结构直接占用海域，彻底改变底栖生物、潮间带生物原有的栖息环境，除少量活动能力强的动物逃往他处外，大部分种类将被挖走、掩埋、覆盖，除少量能够存活外，绝大部分种类如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活，而且上述影响是不可逆的。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程（SC/T 9110-2007）》（以下简称《规程》），潮间带生物和底栖生物资源损失量按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中： W_i 为第*i*种生物资源受损量，单位为尾、个或千克（kg）； D_i 为评估区域内第*i*种生物资源密度，单位为尾/km²或个/km²或千克（kg）/km²； S_i 为第*i*种生物占用的渔业资源水域面积，单位为km²。

根据中国科学院南海海洋研究所于2023年春季在揭阳神泉港附近海域开展的海洋生态环境现状调查资料，底栖生物资源密度取项目附近调查站位(S1、S2)底栖生物平均生物量为8.005g/m²。

表 4.1-1 底栖生物资源密度取值

站位	生物量 (g/m ²)
S1	0.13
S2	15.88
平均值	8.005

本项目主桥、引桥工程及施工桩基均不涉及潮间带，共造成底栖生物损失量为 3.45kg。其中，主桥、引桥工程占用海域造成底栖生物损失量为 3.16 kg（表 4.1-2）；施工桩基占用海域造成底栖生物损失量为 0.29kg（表 4.1-3）。

表 4.1-2 主桥、引桥工程占用海域造成的底栖生物损失量

涉海工程		编号	面积/个 (m ²)	数量 (个)	总面积 (m ²)	底栖生物密度 (g/m ²)	生物损失量 (kg)
主桥	主墩承台	24#、25#	65	4	260	8.005	2.08
	过渡墩承台	23#、26#	26	4	104	8.005	0.83
引桥	桩基、横梁	22#	31.3	1	31.3	8.005	0.25
合计					395.3	/	3.16

表 4.1-3 施工桩基占用海域造成的底栖生物损失量

涉海工程	桩基直径 (cm)	半径 (m)	面积/根 (m ²)	数量 (根)	总面积 (m ²)	底栖生物密度 (g/m ²)	生物损失量 (kg)
施工桩基	80	0.4	0.502	72	36.17	8.005	0.29

4.1.3.2 施工悬浮泥沙造成的海洋生物损害量

按照《规程》，施工在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中： M_i 为第*i*种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）； W_i 为第*i*种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）； T 为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），个； D_{ij} 为某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源密度，尾/km²或个/km²或千克（kg）/km²； S_i 为某一污染物第*j*类浓度增量区面积，km²； K_{ij} 为某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源损失率，%； n 为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

(1) 污染物浓度增量区面积 (S_i) 和分区总数 (n)

根据本报告 4.2.2 节悬浮泥沙预测结果，结合《规程》对污染物超标倍数的分类，本项目取“典型工况三”对生物损失量进行估算，潮流影响下“典型工况三”引起的悬浮泥沙增量包络面积及分区见表 4.1-4。

表 4.1-4 典型同步施工工况引起的悬浮泥沙增量面积统计表

工况	分区	超标倍数* (B_i)	悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	各污染区面积 (km^2)
典型工况三	I 区	$B_i \leq 1$ 倍	10~20	0.00012
	II 区	$1 < B_i \leq 4$ 倍	20~50	0.00013
	III 区	$4 < B_i \leq 9$ 倍	50~100	0.00007
	IV 区	$B_i \geq 9$ 倍	≥ 100	0.00015

(2) 生物资源损失率 (K_{ij})

由于悬沙浓度增量小于 10mg/L 对海洋生物影响较小，造成的损失率很小，因此近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，近似按超标倍数 $B_i \leq 1$ 、 $1 < B_i \leq 4$ 倍、 $4 < B_i \leq 9$ 倍损失率范围的中值确定本项目增量区的各类生物损失率，详见表 4.1-5。

表 4.1-5 本工程悬浮物浓度增量对各类生物损失率

超标倍数 (B_i)	《规程》中污染物对各类生物损失率 (%)		本项目悬浮物对各类生物资源损失率取值 (%)	
	鱼卵和仔稚鱼	成体	鱼卵和仔稚鱼	成体
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	0.5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	17.5	5.5
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	40	15
$B_i > 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	50	20

(3) 持续周期数 (T) 和计算区水深

本项目施工期约 20 个月，桥墩涉海工程实际影响约 5 个月，则污染物浓度增量影响的持续周期为 10；根据工程海域测量资料，工程施工悬浮物浓度增量超标范围的平均水深取 3m。

(4) 生物资源密度 (D_{ij})

鱼卵、仔稚鱼及游泳生物资源密度取所有调查站位平均值进行计算，根据中国科学院南海海洋研究所于 2023 年春季在揭阳神泉港附近海域开展的海洋生态

环境现状调查资料,鱼卵分布平均密度为 2.10 粒/m³,仔稚鱼分布平均密度为 0.39 尾/m³, 游泳生物的资源密度为 532.13kg/km²。

表 4.1-6 鱼类浮游生物资源密度取值

站位	鱼卵发育期	
	鱼卵 (ind/m ³)	仔鱼 (ind/m ³)
S1	0.83	0
S2	2.5	0
S4	5	0
S7	0	0
S9	3	2
S10	3.46	1.15
S11	0.88	0
S12	1.1	0
平均值	2.1	0.39

表 4.1-7 游泳生物资源密度取值

断面	重量密度 (kg/km ²)
S9	515.64
S10	530.05
S11	492.01
S12	590.82
平均值	532.13

(5) 悬浮泥沙扩散导致生物损失情况

潮流影响下本项目施工期悬浮泥沙扩散导致的渔业资源损失量见表 4.1-8~表 4.1-9, 其中, 鱼卵损失 8.3×10^3 粒, 仔稚鱼损失 1.54×10^3 尾, 游泳生物损失 0.26kg。

表 4.1-8 典型工况下本项目悬浮物扩散鱼卵、仔稚鱼累计损害量计算一览表

工况	分区	悬浮沙增量浓度 (mg/L)	影响面积 Si (km ²)	生物资源损失率 Kij	生物资源密度 Dij		水深 (m)	影响的持续周期数 T (个)	累计损害量 Mi	
				鱼卵和仔稚鱼	鱼卵 (粒/m ³)	仔稚鱼 (尾/m ³)			鱼卵 (粒)	仔稚鱼 (尾)
典型工况三	I 区	10~20	0.00012	5%	2.10	0.39	3	10	378	70
	II 区	20~50	0.00013	17.50%					1433	266
	III 区	50~100	0.00007	40%					1764	328
	IV 区	≥100	0.00015	50%					4725	878
	合计									8300

表 4.1-9 典型工况下本项目悬浮物扩散游泳生物累计损害量计算一览表

工况	分区	悬浮沙增量浓度 (mg/L)	影响面积 Si (km ²)	生物资源损失率 Kij	生物资源密度 Dij	影响的持续周期数 T (个)	累计损害量 Mi
					游泳生物 (kg/km ²)		游泳生物 (kg)
典型工况三	I 区	10~20	0.00012	0.5%	532.13	10	0.00
	II 区	20~50	0.00013	5.5%			0.04
	III 区	50~100	0.00007	15%			0.06
	IV 区	≥100	0.00015	20%			0.16
	合计						

4.1.3.3 海域生物资源损失总量

本项目对海洋生物资源损害的评估主要从工程占用海域、悬浮泥沙扩散影响两方面考虑，共造成底栖生物损失 3.45kg，鱼卵损失 8.3×10^3 粒，仔稚鱼损失 1.54×10^3 尾，游泳生物损失 0.26kg，见表 4.1-10。

表 4.1-10 本项目海洋生物资源损失总量

类别		生物类型	直接损失量
工程占用	主桥引桥用海	底栖生物 (kg)	3.16
	施工用海	底栖生物 (kg)	0.29
悬浮泥沙		鱼卵 (粒)	8300
		仔稚鱼 (尾)	1541
		游泳生物 (kg)	0.26
合计		鱼卵 (粒)	8300
		仔稚鱼 (尾)	1541
		游泳生物 (kg)	0.26
		底栖生物 (kg)	3.45

4.2 生态影响分析

4.2.1 水文动力环境影响预测与评价

4.2.1.1 潮流场数学模型

针对本工程所在的水域及周边水域的水动力特性，本节采用平面二维水动力模型进行潮流场计算。所用模型的控制方程如下：

(1) 基本方程

对于宽浅型水域且潮混合较强烈、各要素垂向分布较均匀的近岸海域或河口、海湾，其水动力特性可平面二维数值模型近似描述。以静水压力取代动水压力，并沿水深方向积分 N-S 方程，可以得到平面二维水动力模型的控制方程。

连续方程：

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

动量方程：

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} - f\bar{v}h + gh\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_0} \left(h\frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{gh^2}{2}\frac{\partial \rho}{\partial x} \right) + A_x + hu_sS$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + f\bar{u}h + gh\frac{\partial\eta}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0}\left(h\frac{\partial P_a}{\partial y} + \frac{gh^2}{2}\frac{\partial\rho}{\partial y}\right) + A_y + hv_s S$$

式中： t 为时间； x, y, z 为右手 Cartesian 坐标系； d 为静止水深； $h = \eta + d$ 为总水深； η 为水位； u, v, w 分别为流速在 x, y, z 方向上的分量； ρ 为水的密度， ρ_0 则是参考水密度； p_a 为当地的大气压； $f = 2\Omega \sin\phi$ 为 Coriolis 参数（ Ω 是地球自转角速率， ϕ 为地理纬度）； $f\bar{v}$ 和 $f\bar{u}$ 为地球自转引起的加速度； A_x, A_y 为应力项； S 为源汇项， (u_s, v_s) 源汇项水流流速。横线表示深度的平均值。例如， \bar{u} 和 \bar{v} 平均深度的速度，被定义为

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz, \quad h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

应力项 A_x, A_y 为包括水平粘滞应力、表面风应力、底部切应力和波浪辐射应力。其方程如下：

$$A_x = -\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{bx} - \tau_{sx} + \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

$$A_y = -\frac{1}{\rho_0}\left(\tau_{by} - \tau_{sy} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy})$$

(2) 数值解法

模型的空间离散是使用单元中心有限体积法。空间离散是由连续离散细分成非重叠的单元，在水平面上非结构化网格是用三角形单元组成。方程离散时，结果矢量参数 u, v 位于单元中心上。中心上的变量通过该三角形三边的净通量来计算，而节点上变量的计算是通过与该点相连的三角形中心和边中心连线的净通量进行。跨边界通量的计算采用 Riemann 近似求解。

模型的时间差分格式采用显式迎风格式。模型中使用了动态时间步长，依据网格大小在保证模型收敛的条件（ $CFL < 1$ ）下自动调整。

$$CFL = (\sqrt{gh} + |u|)\frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|)\frac{\Delta t}{\Delta y}$$

式中 Δt 为时间步长， Δx 和 Δy 分别为每个单元 x 和 y 方向上的特征长度比例。

4.2.1.2 模型建立

(1) 计算范围和网格设置

本项目位于神泉湾附近惠来运河上，项目所处运河既受上游径流控制，又受

外海潮汐动力影响，水流运动较为复杂，本报告采用二维数值模型，模拟项目水域在径流与潮汐共同影响下的海流状况，项目周边小区逐层加密以反演工程前后的流场特征，分析项目施工对环境的影响，计算模式采用非结构三角形网格，并对工程区域进行局部加密。模型范围，外海的空间分辨率约 800m，工程近区的网格尺度约 3m，桥墩附近网格尺度约 1m。模型的计算范围和网格见图 4.2-1，桥位附近局部海域网格及水下地形见图 4.2-2~图 4.2-3，桥墩附近局部海域网格及水下地形见图 4.2-4。

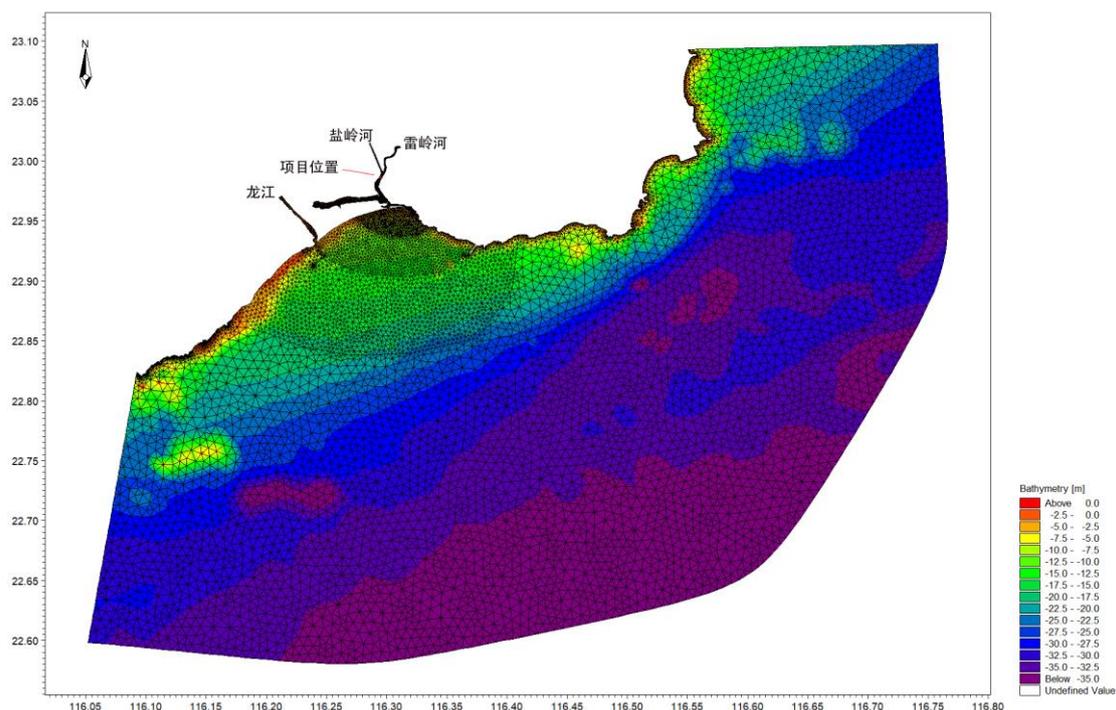


图 4.2-1 模型范围与网格地形图

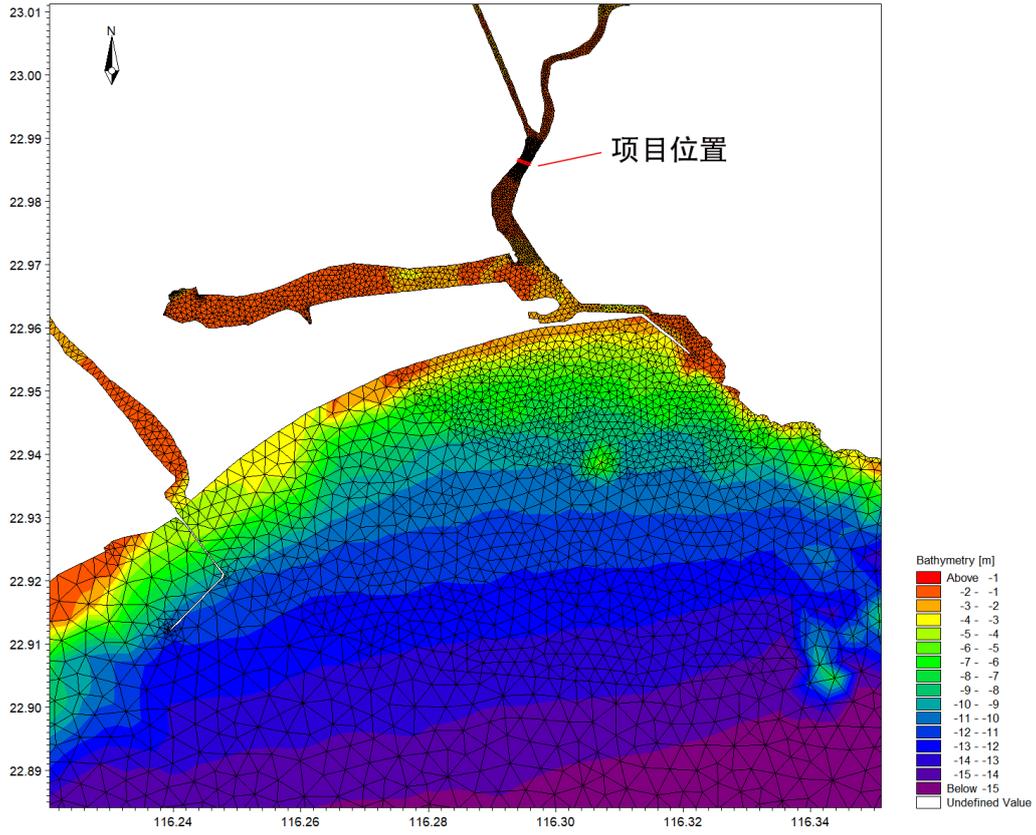


图 4.2-2 桥位附近局部海域网格地形图 (85 高程)

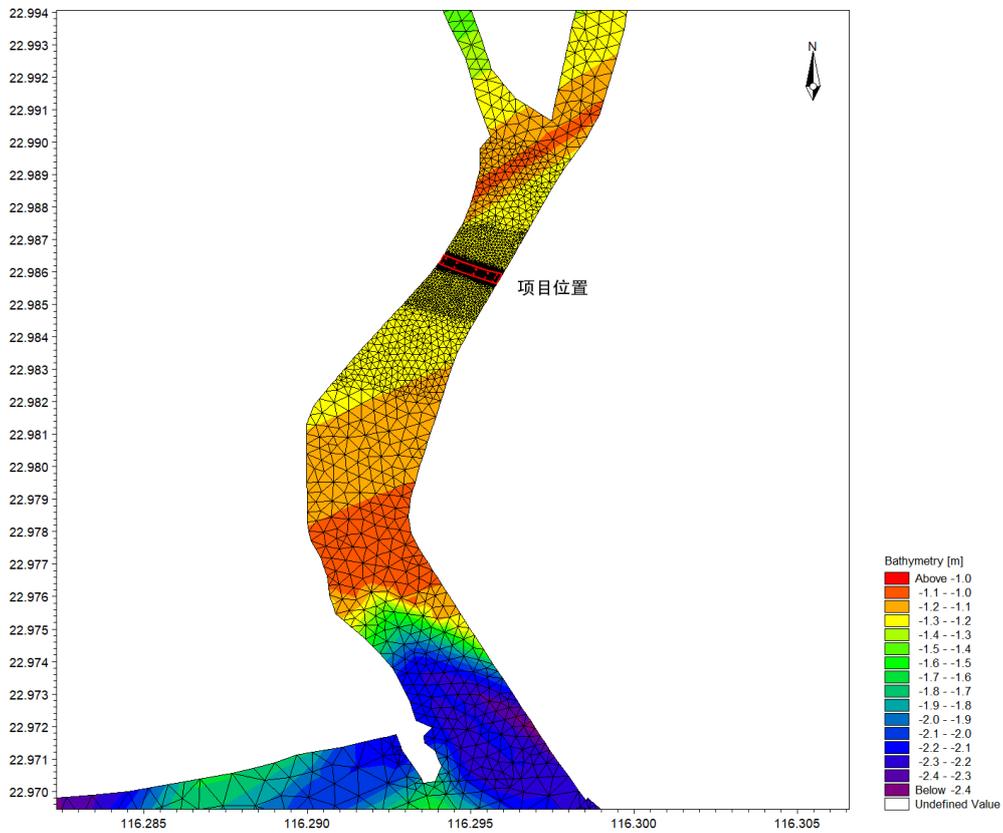


图 4.2-3 桥位附近局部海域网格地形图 (85 高程)

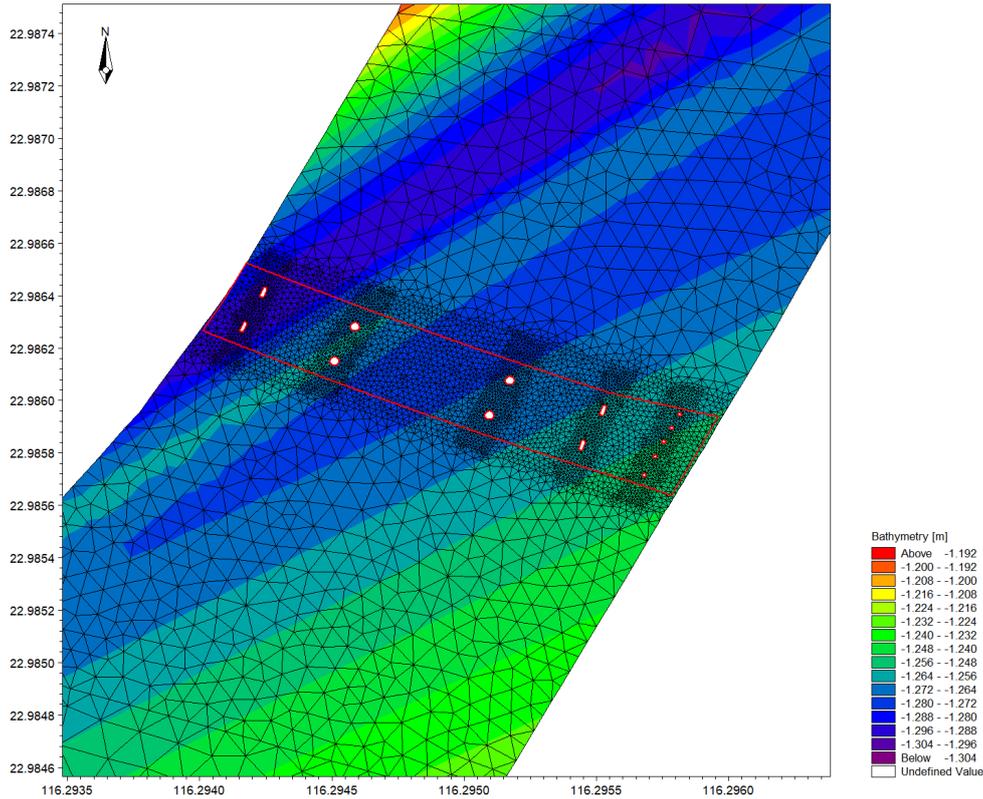


图 4.2-4 桥墩附近局部海域网格地形图（85 高程）

（2）计算参数

本模型的水动力计算采用斜压模式，考虑的强迫驱动条件包括上游径流和外海潮汐。模拟计算时开启干湿网格判断功能模块，以体现水动力模拟过程中的漫滩和露滩效果。结合本报告实际收集的水文验证数据测量时间（潮位数据：2023 年 4 月 8 日 10:00~2023 年 4 月 9 日 11:00；潮流数据：2023 年 4 月 8 日 10:00~2023 年 4 月 9 日 11:00），本报告将模拟 2023 年 4 月 1 日 00:00~2023 年 4 月 15 日 00:00 时段。

（3）采用的地形资料及坐标系、高程系

模型计算范围内涉及的陆地岸线边界和水下地形数据，由中国人民解放军海军司令部航海保证部出版的最新海图提供。采用的 3 张海图分别是：靖海港至神泉港（编号：15151，比例尺 1: 35000，2022 年出版）、甲子港及附近（编号 15171，比例尺 1: 20000，2014 年出版）、表角至田尾角（编号 15110，比例尺 1: 120000，2022 年出版）。

模型平面坐标系采用 2000 国家大地坐标系，3 度带高斯投影平面直角坐标系，中央子午线为 117° ，以当地平均海平面为统一基准面。

上述文件为目前所能获得的最新版本海图资料,并结合最新的卫星图件对岸线进行微调,评价所选用的 MIKE21 模型采用的非结构网格及其局部加密功能,使构建的模型网格能更好地拟合局地岸线,因此,模型总体上能较好地反映真实的局地岸线和水下地形状态。

(3) 边界条件

对应考虑的强迫动力条件,本模型所给定的边界条件包括外海潮汐水位边界、上游河流(包括改道后的龙江河、罗溪、盐岭河、雷岭河)径流量以及气象场上边界(主要考虑风速风向)。径流边界则根据当地水文、水务局提供的相关数据进行赋值。外海潮汐边界水位,由中国海洋大学研发的中国近海潮汐预测程序(ChinaTide)提供,考虑了9个天文分潮,即SA、Q1、O1、P1、K1、N2、M2、S2、K2,给定计算时间内各边界点的潮位过程为输入条件。由于外海边界跨度较大,因此根据外海均匀分布的边界点分别给定潮位数据,以确保其插值数据的准确、稳定。选择ECMWF(European Centre for medium-Range Weather Forecasts)欧洲中心天气预报中心 $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ 空间分辨率的3小时一次海面10m风向、风速数据,作为模型上边界气象场,以提供局地风场驱动力。

综合考虑预测精度和模型运算稳定性的情况下,模型采用动态计算步长,最大取值不超过30s。

4.2.1.3 模型验证

根据本项目实测资料掌握情况,采用2023年4月8日~9日的水文观测资料对模型进行验证。观测资料包括2个站点(V1、V2)的潮位资料和4个站点(V1~V4)的海流资料,站位分布见图4.2-5。

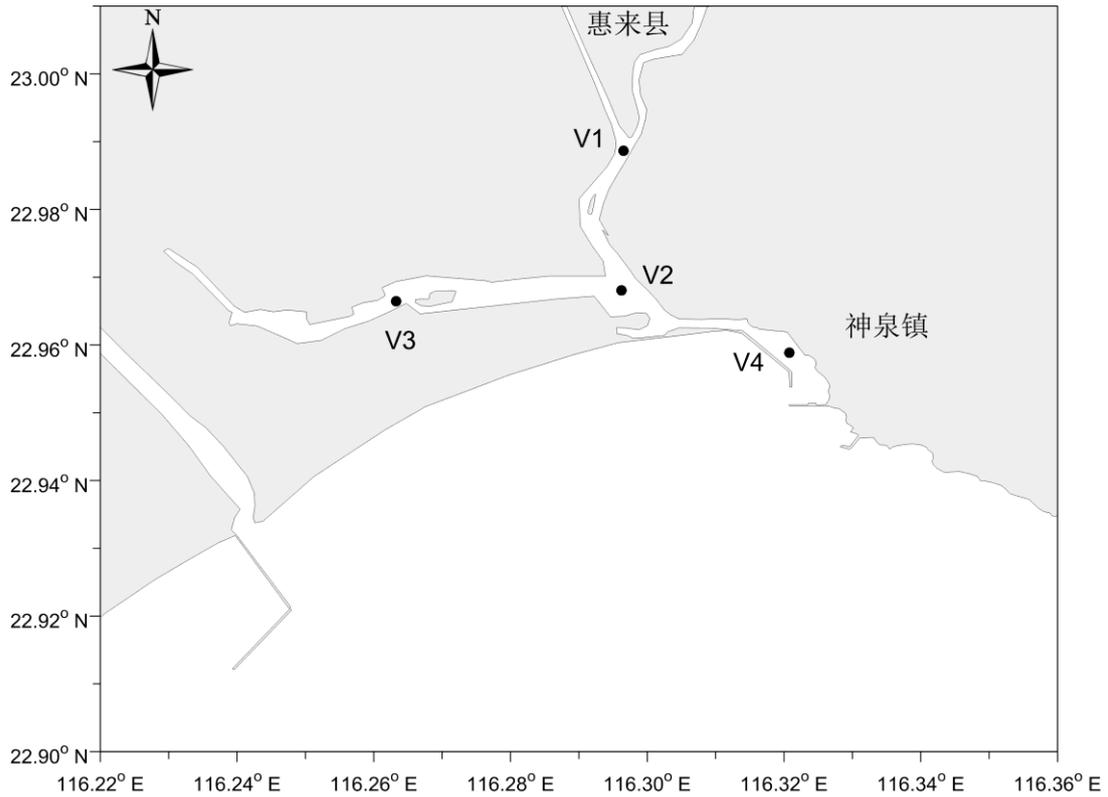


图 4.2-5 2023 年 4 月 8 日~9 日水文观测站位布置图

(1) 潮位验证

潮位验证结果见图 4.2-6。从图上可以看出，2023 年 4 月 8 日~9 日两个潮位站（V1、V2）的计算潮位过程与实测过程总体吻合良好，个别时刻出现一定的偏差，偏差幅度基本控制在 0.1m 范围内，无明显相位差，模型整体把握了海域内的潮汐水位涨落过程，满足规范要求。

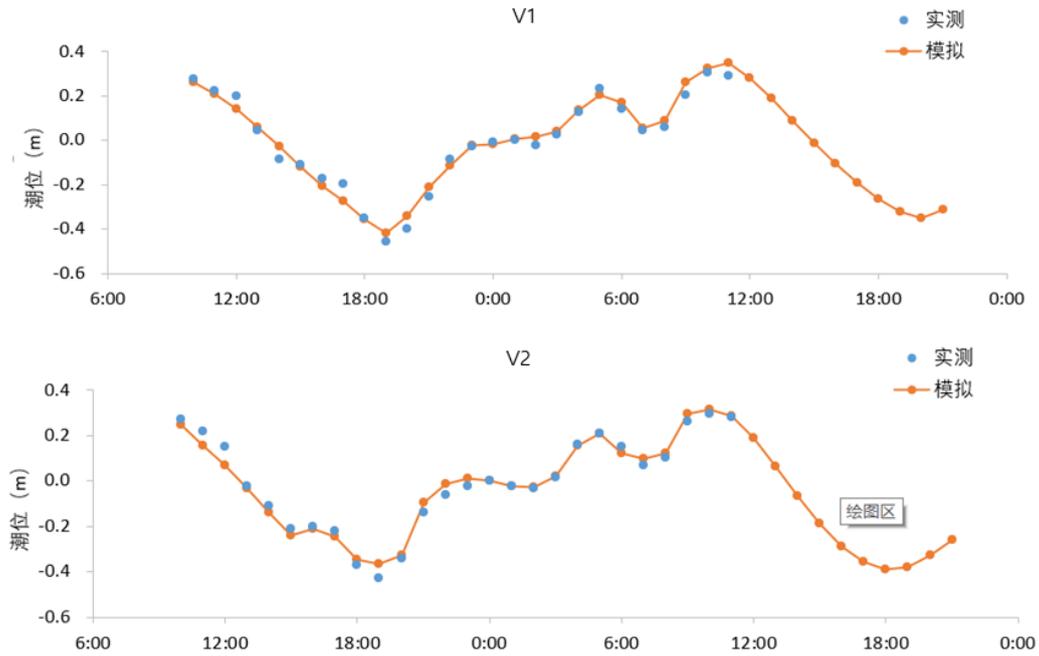


图 4.2-6 潮位验证曲线（2023 年 4 月 8 日~9 日）

（2）海流结果验证

海流验证结果见图 4.2-7。海流验证结果显示，四个海流站（V1~V4）的流向和流速的计算过程与实测过程也基本吻合，仅个别站点在转流时流向存在一定的偏差。由于转流时流速一般较小，此时即便出现短时间的流向偏差，对潮流及物质运输的影响也不大。

总体而言，模型计算的潮位、流速-流向与实测值基本吻合，可认为模型基本反映了工程海域的潮流场运动特征，可作为本项目水动力环境、悬浮泥沙计算的基础。

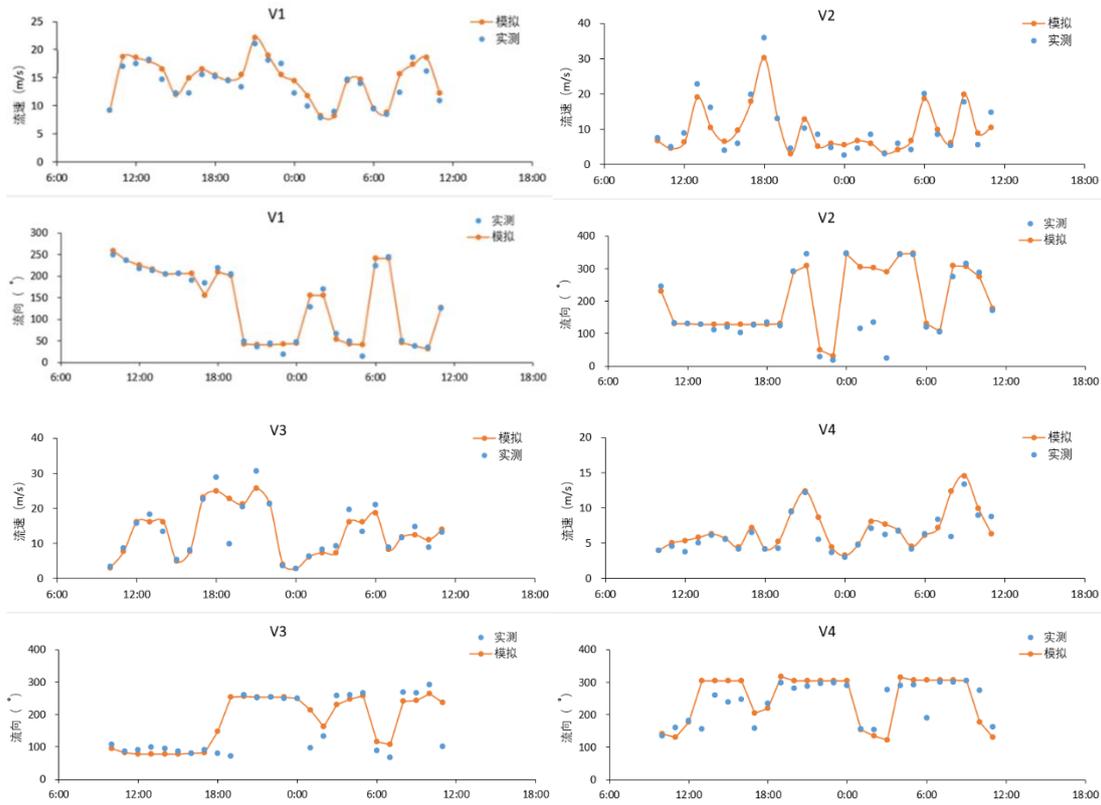


图 4.2-7 海流验证曲线（2023 年 4 月 8 日~9 日）

4.2.1.4 潮流场分析

(1) 工程前潮流场

工程海域的潮汐为不规则半日潮，潮流基本呈往复流形式，项目所在的惠来运河涨潮流向东北，落潮流向西南。潮段平均流速为 9.5 cm/s，总体上落潮流大于涨潮流，大潮涨急、落急的最大流速分别可达 9.2 cm/s、10.7 cm/s。工程前工程海域大潮涨急、落急时刻的流场见图 4.2-8~图 4.2-9，桥位附近局部海域大潮涨急、落急时刻的流场见图 4.2-10~图 4.2-11。

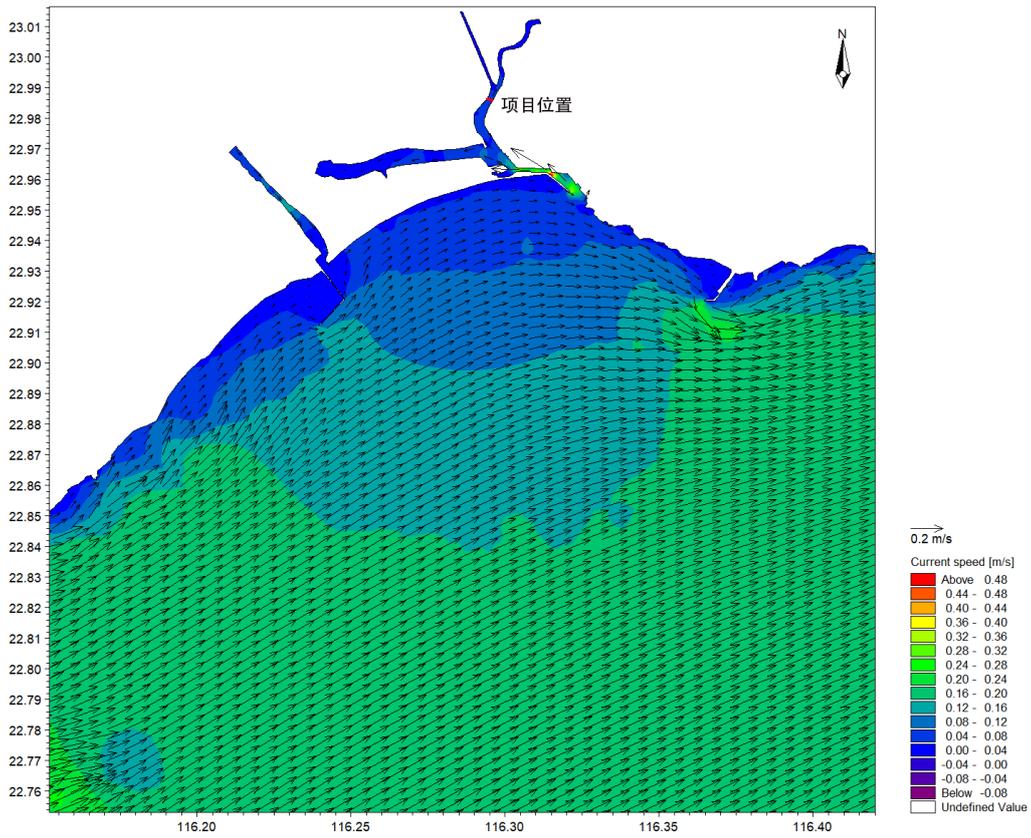


图 4.2-8 工程海域大潮涨潮时流场图

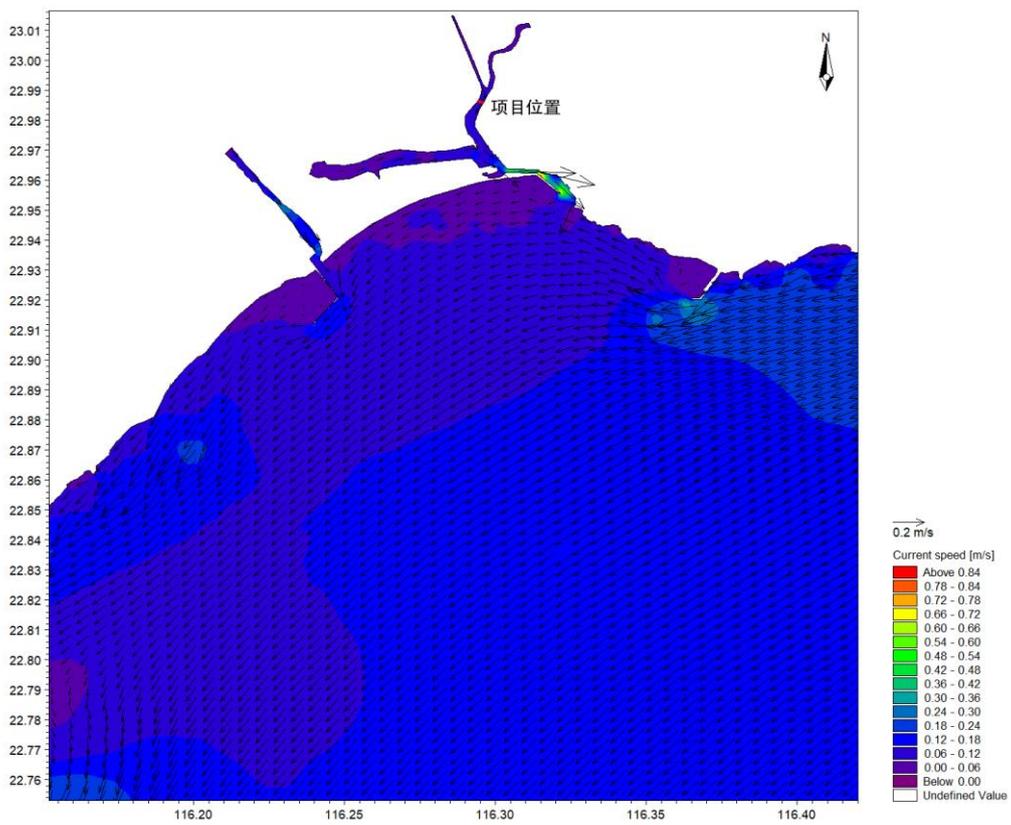


图 4.2-9 工程海域大潮落潮时流场图

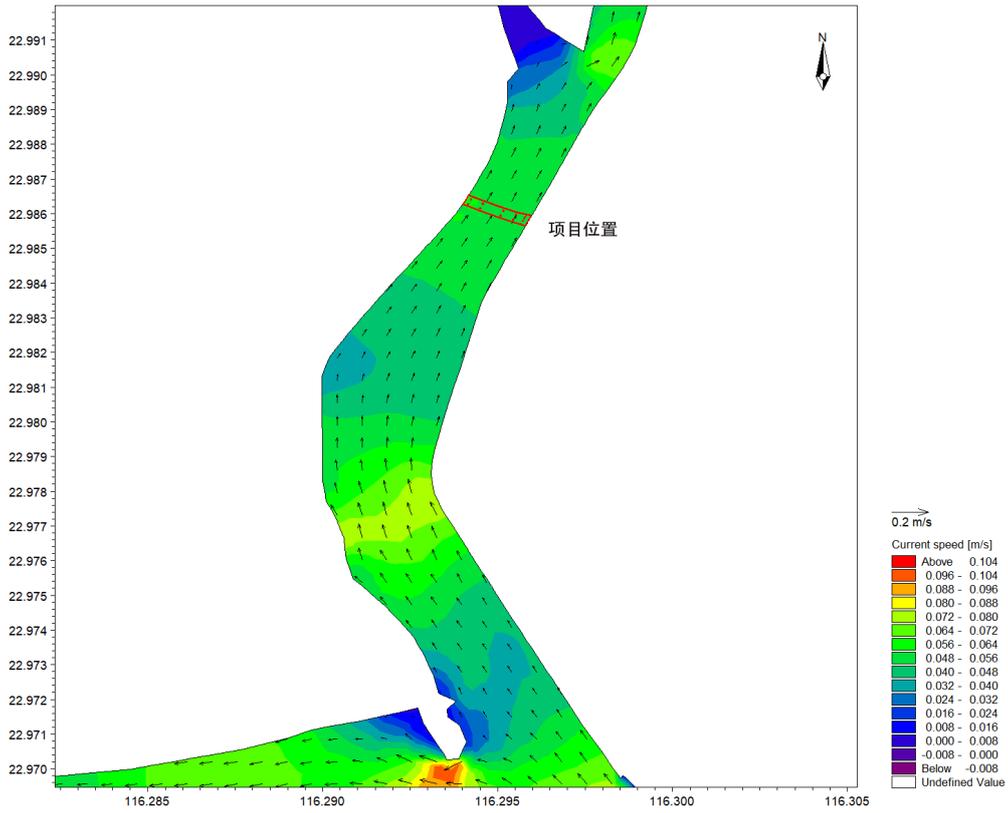


图 4.2-10 桥位附近局部海域涨急流场图

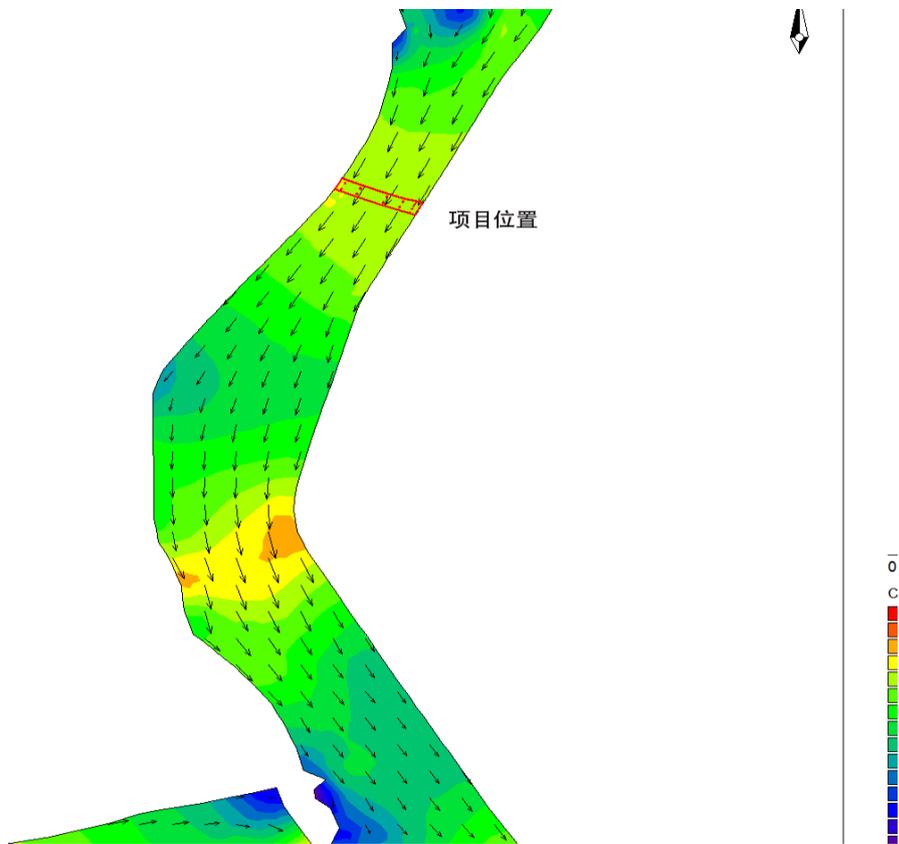


图 4.2-11 桥位附近局部海域落急流场图

(2) 工程前后流场变化分析

为了更直观地观察本项目实施前后工程海域的流场变化特征,将工程前后的流场叠加到一起进行对比,并绘制工程前后流速变化等值线图进行分析。大桥附近海域和桥墩附近局部海域工程前后大潮涨急、落急时刻的流场对比见图 4.2-12~图 4.2-19,工程前后流速变化等值线见图 4.2-20~图 4.2-21。

由图 4.2-12~图 4.2-19 可见,工程实施后,由于桥墩阻水影响,桥墩周围小范围内形成了绕流流态,其他水域工程前后流态变化不明显。

由图 4.2-20~图 4.2-21 可见,工程实施后,桥墩之间海域流速有所增强,桥墩上下游小范围区域流速有所减弱,其它区域流速变化不大。由于桥址所在河道断面宽阔,桥墩尺寸阻水面积相对较小,神泉大桥建设对桥址所在河道水动力影响不大,工程前后流速变化大于 0.1cm/s 的影响范围为桥轴线上游约 50m ,下游约 120m 。

为了更清楚地说明工程对水动力的影响程度,通过在工程周边布设 20 个代表点来统计其水动力特征变化,代表点分布在桥墩附近,具体位置详见图 4.2-22。提取工程前后大潮期的流速、流向值进行对比分析,各站位流速、流向的变化情况具体见表 4.2-1。统计结果显示,工程实施后,涨潮流速、流向变化范围分别为 $-0.22\text{cm/s} \sim 0.79\text{cm/s}$ 、 $-3.65^\circ \sim 5.42^\circ$,落潮流速、流向变化范围 $-0.94\text{cm/s} \sim 1.29\text{cm/s}$ 、 $-6.95^\circ \sim 4.90^\circ$ 。

综上,神泉大桥建设对附近水域流场的影响仅限于桥位上、下游小范围河段内,对桥梁所在惠城运河的整体流场影响很小,可以认为本项目对工程海域的水动力环境不产生明显影响。

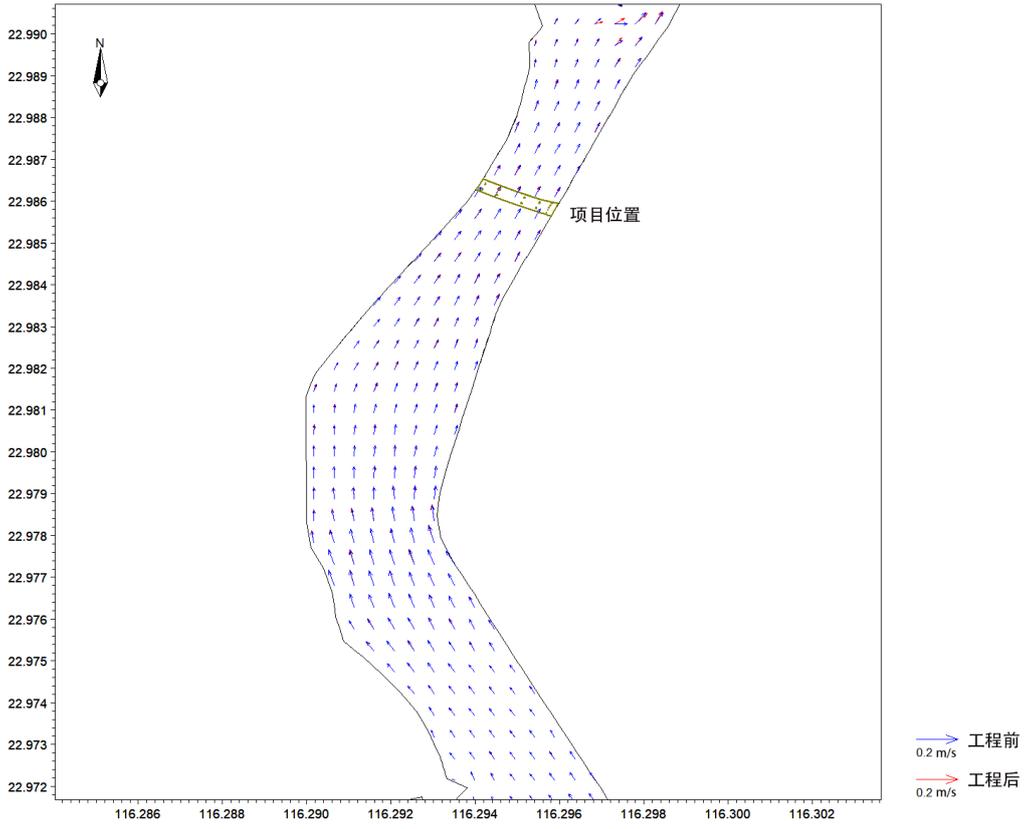


图 4.2-12 大桥附近海域工程前后大潮涨急时刻的流场对比图

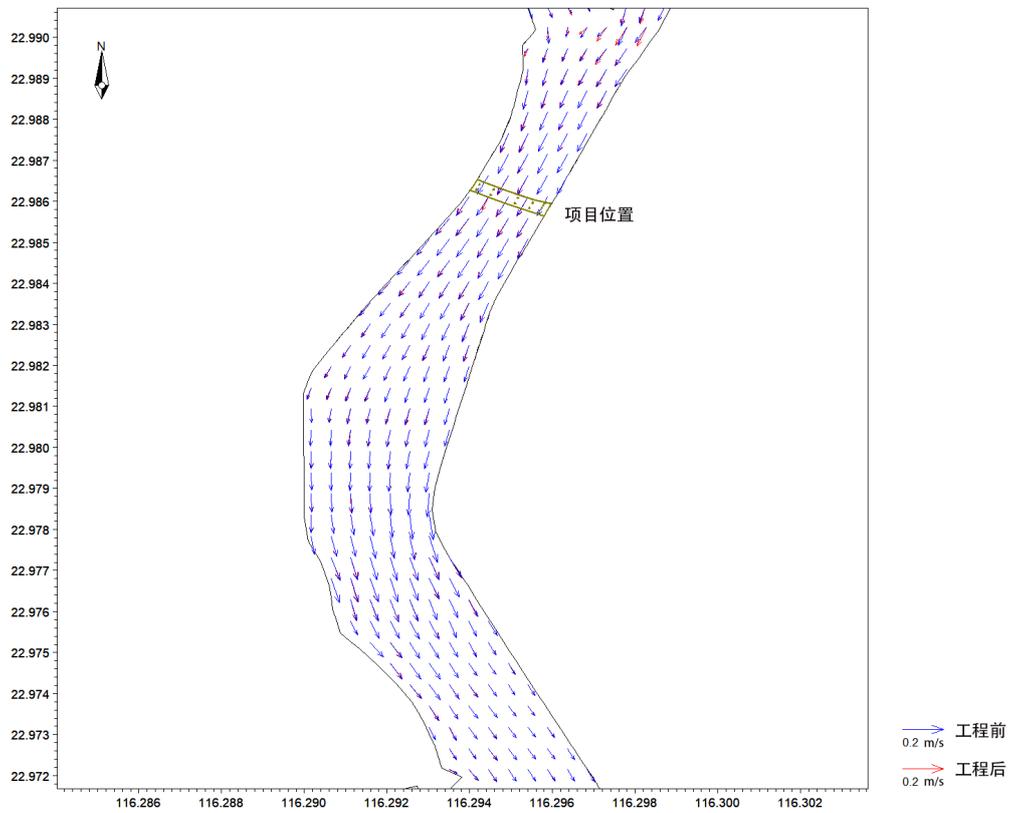


图 4.2-13 大桥附近海域工程前后大潮落急时刻的流场对比图

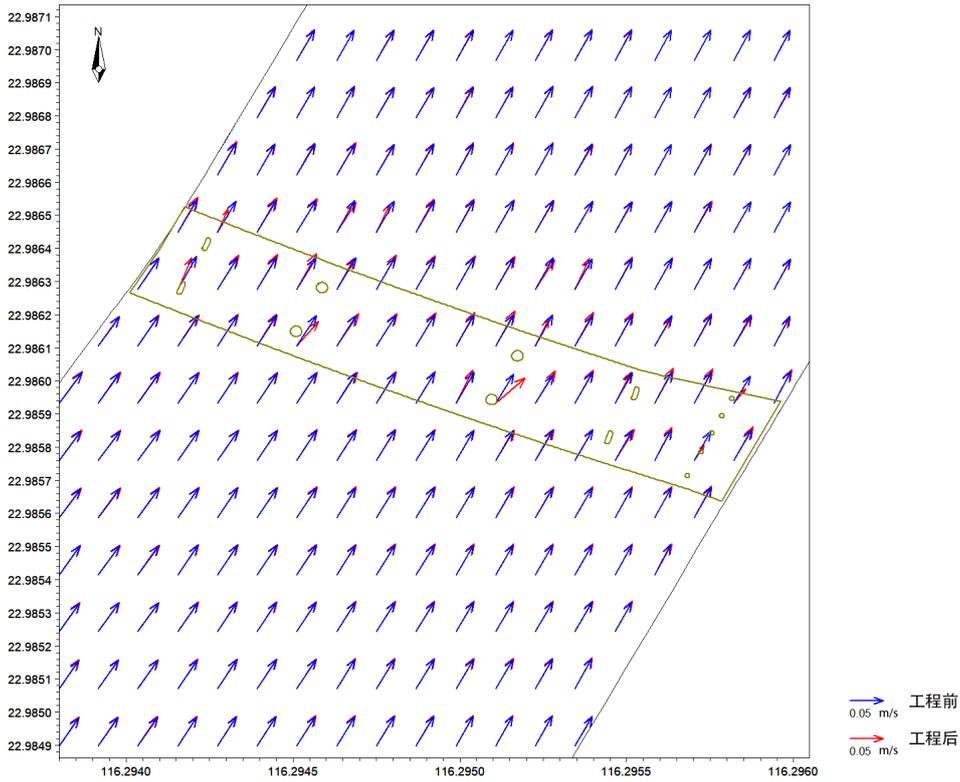


图 4.2-14 桥墩附近局部海域工程前后大潮涨急时刻的流场对比图

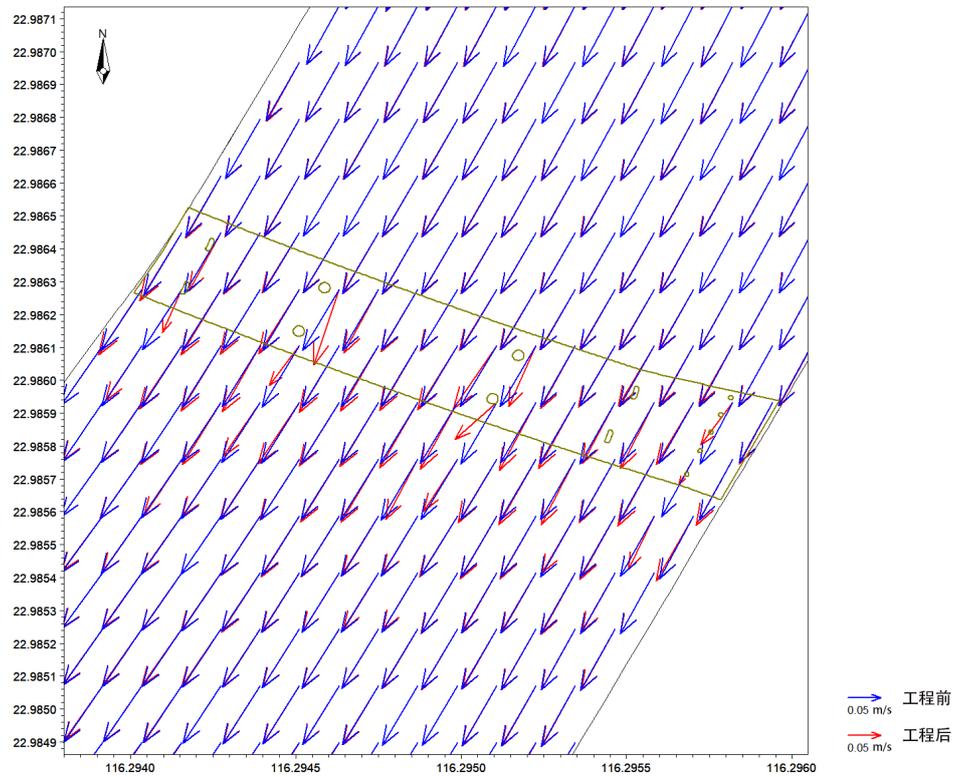


图 4.2-15 桥墩附近局部海域工程前后大潮落急时刻的流场对比图

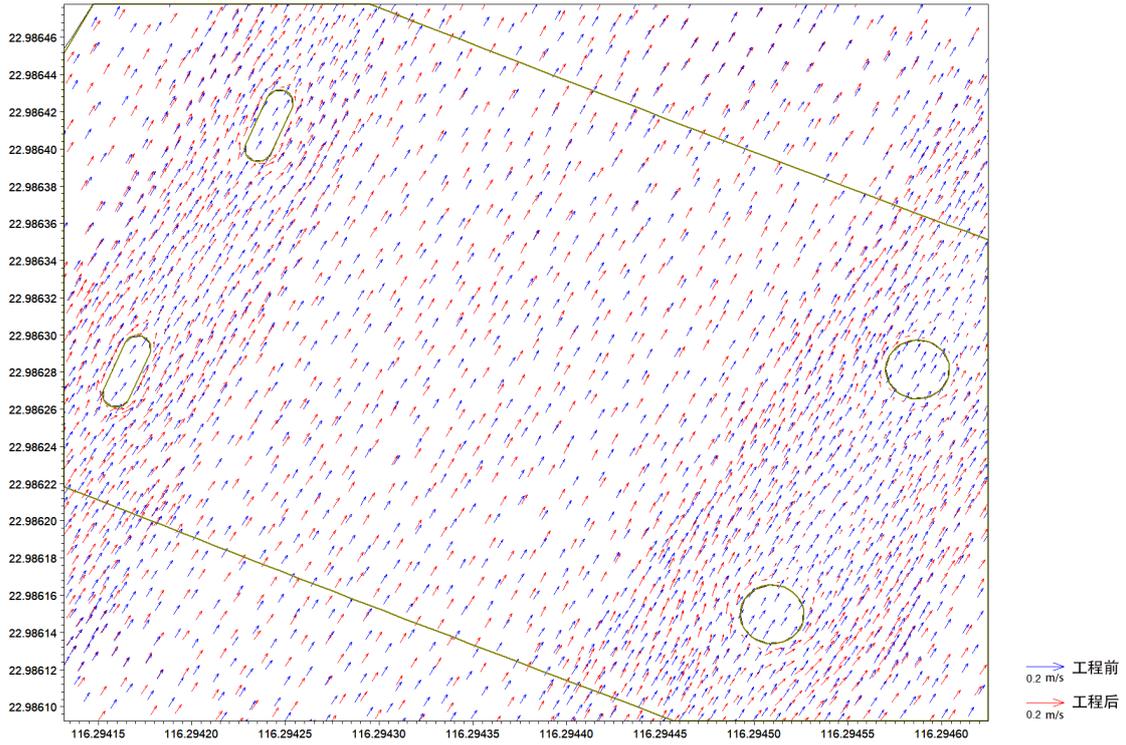


图 4.2-16 桥墩附近局部海域工程前后大潮涨急时刻的流场对比图（放大图）

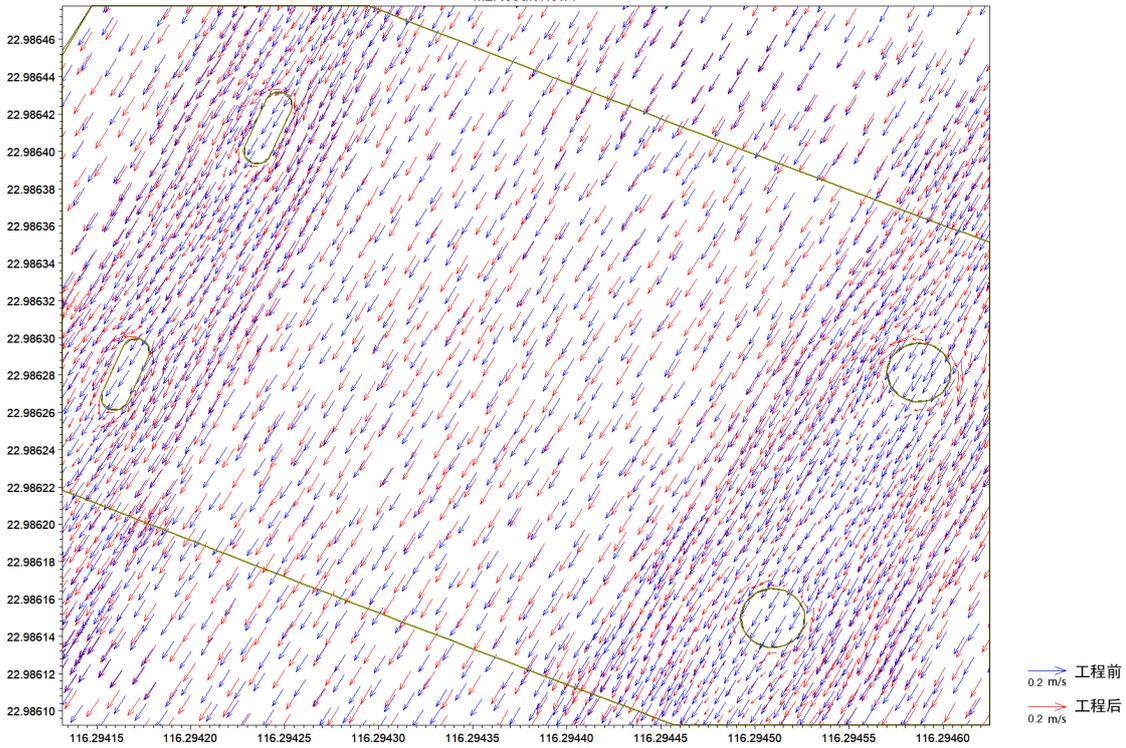


图 4.2-17 桥墩附近局部海域工程前后大潮落急时刻的流场对比图（放大图）

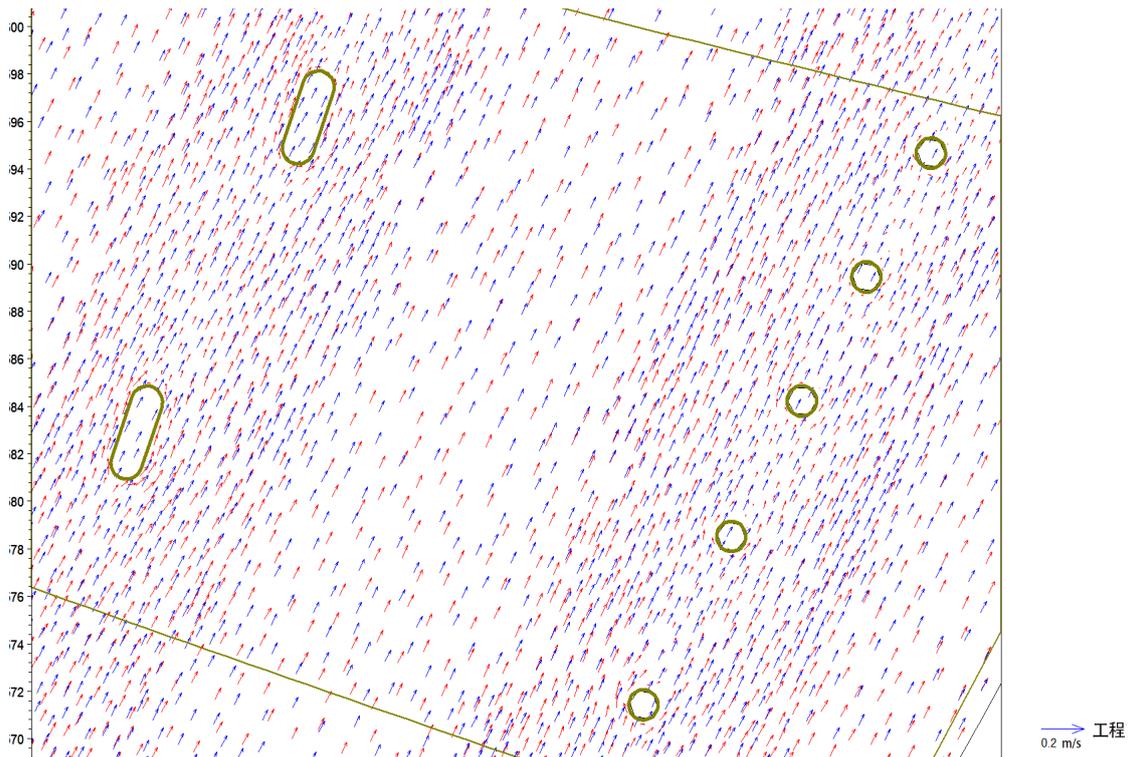


图 4.2-18 桥墩附近局部海域工程前后大潮涨急时刻的流场对比图（放大图）

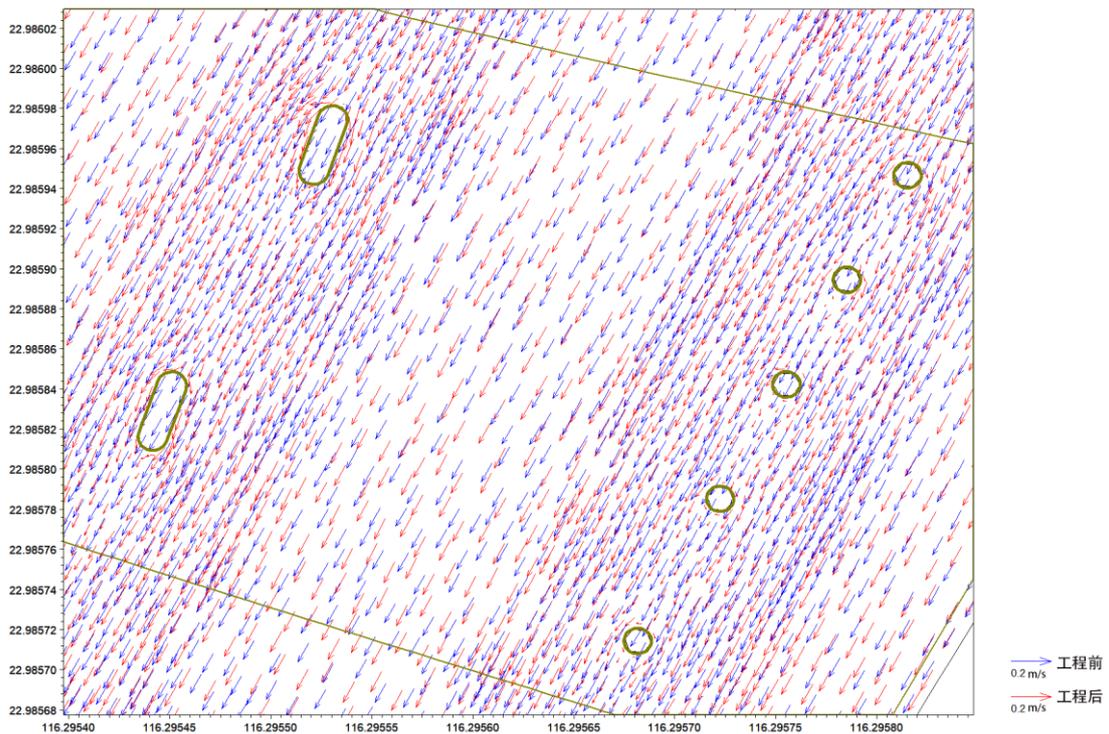


图 4.2-19 桥墩附近局部海域工程前后大潮落急时刻的流场对比图（放大图）

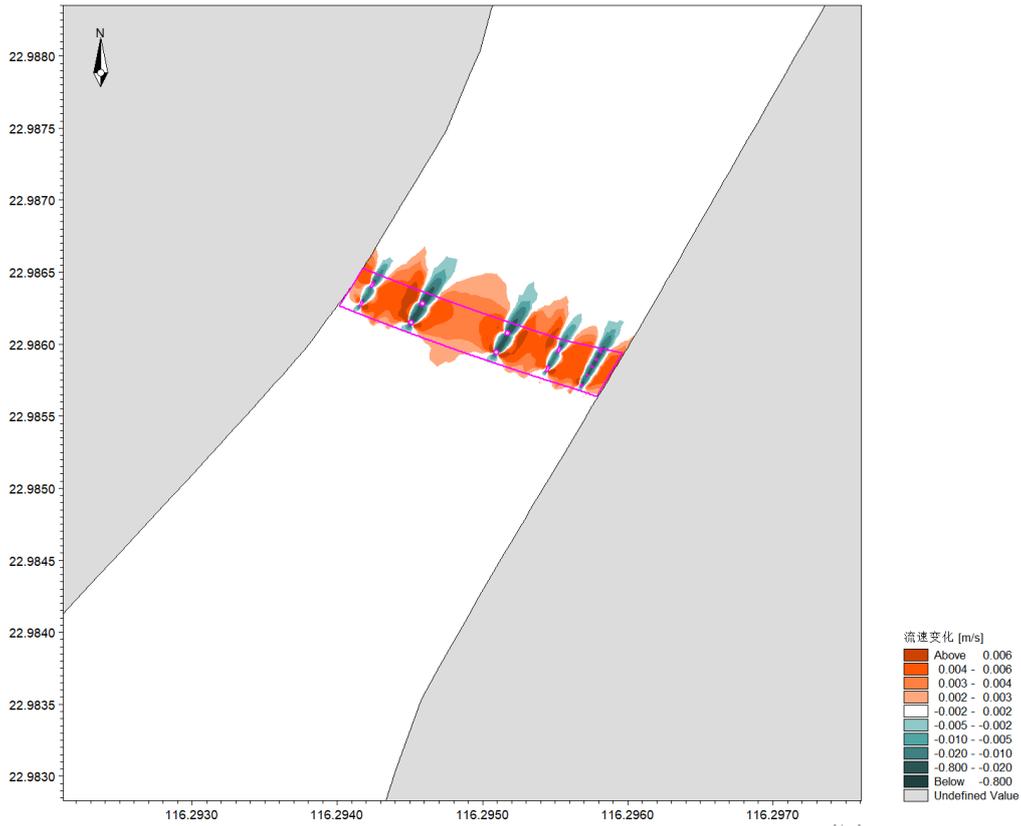


图 4.2-20 大桥附近水域工程前后涨急时刻流速变化等值线图（工程后-工程前）

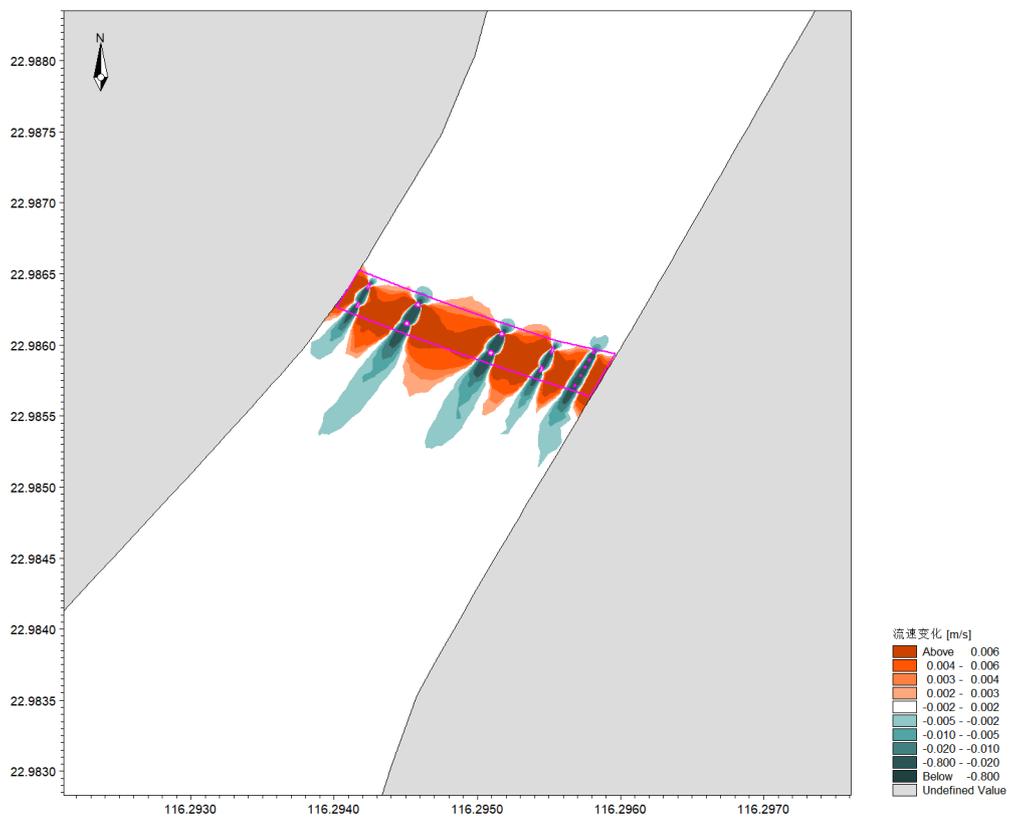


图 4.2-21 大桥附近水域工程前后落急时刻流速变化等值线图（工程后-工程前）



图 4.2-22 项目附近水动力变化情况对比站位示意图

表 4.2-1 工程前后大潮涨、落潮平均流速流向变化

代表点	涨急时刻 (流速: m/s)			涨急时刻 (流向: °)			落急时刻 (流速: m/s)			落急时刻 (流向: °)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
1#	0.0565	0.0596	0.0031	31.26	28.99	-2.27	0.1083	0.1104	0.0022	211.11	207.86	-3.25
2#	0.0564	0.0607	0.0043	31.92	33.15	1.23	0.1092	0.1154	0.0062	211.66	210.48	-1.18
3#	0.0567	0.0609	0.0043	32.77	30.75	-2.02	0.1097	0.1177	0.0080	212.30	209.04	-3.26
4#	0.0564	0.0621	0.0057	33.08	36.29	3.22	0.1099	0.1203	0.0105	212.54	211.78	-0.76
5#	0.0558	0.0536	-0.0022	30.90	27.25	-3.65	0.1075	0.1051	-0.0023	210.52	205.58	-4.93
6#	0.0559	0.0605	0.0046	31.59	33.33	1.74	0.1079	0.1184	0.0104	210.60	207.44	-3.16
7#	0.0557	0.0618	0.0061	32.29	32.44	0.15	0.1084	0.1158	0.0074	211.04	208.41	-2.63
8#	0.0555	0.0592	0.0037	32.63	38.05	5.42	0.1088	0.1201	0.0113	211.32	211.96	0.64
9#	0.0546	0.0557	0.0011	28.92	30.69	1.77	0.1067	0.1195	0.0129	210.78	203.83	-6.95
10#	0.0538	0.0618	0.0079	29.85	33.58	3.72	0.1068	0.1152	0.0084	210.54	207.21	-3.33
11#	0.0541	0.0590	0.0049	29.35	28.58	-0.77	0.1057	0.1124	0.0067	209.61	214.51	4.90
12#	0.0534	0.0553	0.0020	29.90	27.12	-2.78	0.1068	0.1121	0.0053	209.45	208.00	-1.45
13#	0.0541	0.0585	0.0044	29.62	28.17	-1.44	0.1061	0.1068	0.0008	209.71	213.22	3.52
14#	0.0527	0.0532	0.0005	29.43	25.85	-3.59	0.1071	0.1055	-0.0017	209.96	205.99	-3.97
15#	0.0534	0.0535	0.0002	27.86	28.94	1.07	0.1052	0.1097	0.0045	209.49	212.83	3.34
16#	0.0531	0.0509	-0.0022	28.06	28.01	-0.05	0.1054	0.1025	-0.0029	209.54	211.07	1.53
17#	0.0529	0.0551	0.0022	28.16	27.09	-1.07	0.1058	0.0990	-0.0069	209.57	207.86	-1.71
18#	0.0521	0.0571	0.0050	28.21	27.72	-0.49	0.1060	0.0970	-0.0089	209.49	207.91	-1.57
19#	0.0511	0.0542	0.0031	28.34	24.72	-3.62	0.1065	0.0971	-0.0094	209.40	207.32	-2.08
20#	0.0555	0.0579	0.0024	33.94	34.03	0.08	0.1102	0.1096	-0.0005	213.44	214.69	1.25
21#	0.0552	0.0567	0.0015	33.48	33.35	-0.13	0.1086	0.1044	-0.0042	212.68	212.77	0.08
22#	0.0549	0.0564	0.0015	33.09	33.34	0.25	0.1089	0.1122	0.0033	212.46	213.25	0.79

代表点	涨急时刻 (流速: m/s)			涨急时刻 (流向: °)			落急时刻 (流速: m/s)			落急时刻 (流向: °)		
	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值	工程前	工程后	变化值
23#	0.0540	0.0555	0.0016	31.43	31.50	0.08	0.1082	0.1107	0.0024	211.44	210.06	-1.38
24#	0.0525	0.0546	0.0021	30.42	30.93	0.51	0.1071	0.1113	0.0042	210.63	210.50	-0.13
25#	0.0520	0.0541	0.0021	29.38	29.38	0.00	0.1072	0.1097	0.0025	209.16	207.93	-1.23
26#	0.0549	0.0565	0.0016	35.19	35.36	0.18	0.1076	0.1043	-0.0032	214.66	214.81	0.15
27#	0.0538	0.0555	0.0017	33.12	33.24	0.12	0.1073	0.1085	0.0012	212.62	212.50	-0.12
28#	0.0529	0.0544	0.0015	31.28	31.46	0.18	0.1060	0.1054	-0.0006	211.04	211.68	0.64
29#	0.0531	0.0545	0.0014	34.30	34.23	-0.07	0.1048	0.1041	-0.0006	214.20	214.05	-0.16
30#	0.0525	0.0541	0.0016	32.20	32.12	-0.09	0.1043	0.1029	-0.0014	211.98	211.82	-0.15
31#	0.0519	0.0537	0.0018	32.74	32.82	0.08	0.1025	0.1014	-0.0011	212.72	212.84	0.12
32#	0.0542	0.0569	0.0027	30.30	30.50	0.19	0.1057	0.1058	0.0002	210.52	210.62	0.10
33#	0.0550	0.0571	0.0021	29.36	29.50	0.14	0.1066	0.1077	0.0011	210.10	210.13	0.03
34#	0.0532	0.0522	-0.0011	29.42	28.91	-0.51	0.1055	0.1062	0.0007	209.75	210.08	0.33
35#	0.0531	0.0522	-0.0009	28.78	30.19	1.41	0.1048	0.1051	0.0003	209.17	209.82	0.65
36#	0.0531	0.0538	0.0007	29.02	29.05	0.03	0.1051	0.1055	0.0004	209.09	209.22	0.13
37#	0.0540	0.0555	0.0015	28.86	28.91	0.05	0.1057	0.1064	0.0007	209.08	209.24	0.16
38#	0.0536	0.0537	0.0001	29.48	29.32	-0.17	0.1048	0.1053	0.0005	209.81	209.75	-0.06
39#	0.0531	0.0534	0.0004	28.99	28.82	-0.17	0.1043	0.1044	0.0002	208.52	208.37	-0.15

4.2.2 工程施工对水质环境影响预测分析

本项目施工过程中施工栈桥钢管桩、桥墩桩基钢护筒及钢围堰钢板桩施打和拔除过程等会产生悬浮物，造成水体混浊、对项目周边的水质环境产生影响。本节在上述水动力计算的基础上，对施工期产生的悬浮物进行预测，据此评估本项目施工对水质环境的影响。

4.2.2.1 悬沙扩散模型

(1) 悬浮物输运扩散方程

本次预测采用悬浮泥沙对流扩散二维数学模型来计算泥沙输运及泥沙冲淤，其悬沙输移扩散方程如下：

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

式中， \bar{c} 为悬沙含量的垂向平均值 (mg/L)； u 、 v 为东向、北向的水平流速分布 (m/s)； D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向的泥沙扩散系数 (m²/s)； h 为水深 (m)； S 为代表底床泥沙侵蚀和淤积的冲淤函数 (g/m³/s)； Q_L 为单位面积内的点源排放量 (m³/s/m²)； C_L 为点源泥沙浓度 (g/m³)，悬移质泥沙的输运采用被动分量输运求解程序 (对流扩散模块)。

泥沙沉速由 Stoke 沉速公式计算得到，如下。其中： w_s 为泥沙沉速 (m/s)，相对容重为 1.65 (泥沙容重为 2650kg/m³)， g 为重力加速度，取 9.81m²/s， d 为泥沙平均粒径 (m)， ν 为水体运动粘滞系数，一般取 1.006×10⁻⁶m²/s。

$$w_s = \frac{1}{18} \frac{\Delta \rho g d^2}{\nu}$$

(2) 初始场与边界

由于主要考虑施工期引起的悬浮物增值变化，因此计算区域内悬沙初始场为 0，且无外界泥沙输入。

(3) 泥沙参数选取

根据 2023 年春季悬浮泥沙调查结果，惠来神泉附近海域悬浮泥沙以砂质粉砂为主，平均粒径在 3.914 Φ ~6.153 Φ 之间，平均值为 4.759 Φ ；中值粒径在 4.555 Φ ~6.777 Φ 之间，平均值为 5.776 Φ 。即平均粒径在 0.066mm ~0.014mm 之间，平均值为 0.037mm；中值粒径在 0.043mm ~0.009mm 之间，平均值为 0.018mm。

因此，根据 Stoke 沉速公式及泥沙平均粒径，计算得到泥沙沉速约为

0.02896cm/s。

4.2.2.2 悬浮物扩散计算条件

1、计算采用的水动力条件

采用 2023 年 4 月 1 日~2023 年 4 月 15 日包含大、中、小潮的潮汐过程。

2、悬浮物源强

本项目跨海桥梁在施工栈桥钢管桩、桥墩桩基钢护筒及钢围堰钢板桩施打和拔除过程中均会扰动海底周边底泥，使部分悬浮泥沙再次悬浮。

(1) 桩基施打过程悬浮泥沙源强

$$M = \pi \times [0.25 \times D^2 - (0.5 \times D - d)^2] \times h \times \rho \times n \quad (\text{公式 1})$$

$$Q=M/T$$

其中：

M ：桩基施工产生的泥沙量；

D ：桩基直径，m；

d ：桩基厚度，m；

h ：桩基平均入土深度，m；

ρ ：覆盖层泥沙密度。取 1650kg/m³。

n ：泄漏量，参照《码头工程钻孔灌注桩施工产生的悬浮泥沙影响研究》（港工技术，陈华伟，2023 年），按 5%估算。

Q ：工程施工产生的悬浮物源强，kg/s；

T ：施工时间，s。单根桩基施工时间约为 60 分钟/根。

根据上述公式计算可得，单根桩基施打悬浮泥沙产生源强见表 4.2-2。

表 4.2-2 施工栈桥钢管桩、桥墩桩基钢护筒施打过程悬浮泥沙源强

桩基	桩基直径	壁厚	桩基入泥深度	覆盖层泥沙密度	泄漏量	单根桩基施打泥沙量	单根施打时间	单根桩基施打源强
	D (m)	d (m)	h (m)	ρ (kg/m ³)	n	M (kg)	T (s)	(kg/s)
主桥墩钢护筒	2	0.02	13	1650	5%	133.36	3600	0.0370
过渡墩钢护筒	2	0.02	13	1650	5%	133.36	3600	0.0370
引桥钢护筒	1.6	0.02	14	1650	5%	114.60	3600	0.0318
施工栈桥钢管桩	0.8	0.01	15	1650	5%	30.70	3600	0.0085

(2) 桩基拔除过程悬浮泥沙源强

桩基拔除过程中会扰动沉积物，使部分泥沙再次悬浮。通过计算桩基插入泥下部分的表面积，结合附着在桩基表面泥层厚度，可估算出拔除桩基过程中扰动底泥产生的悬浮物源强。源强计算过程可表示为：

$$Q = \frac{[\pi \cdot D \cdot h + \pi \cdot (D - 2d) \cdot h] \cdot \varphi \cdot \rho}{t} \quad (\text{公式 2})$$

式中： Q ——悬浮泥沙发生量，kg/s；

D ——桩基直径，m；

d ——桩基厚度，m；

h_0 ——桩基泥下深度，m；

φ ——桩基外壁、内壁附着泥层厚度，各取 0.015m；

ρ ——附着泥层容重，取 1650 kg/m³；

t ——拔桩时间，单桩拔出时间约 60 分钟。

经计算，单根桩基拔除悬浮泥沙产生源强见表 4.2-3。

表 4.2-3 施工栈桥钢管桩、桥墩桩基钢护筒拔除过程悬浮泥沙源强

桩基	桩基直径	壁厚	桩基入泥深度	覆盖层泥沙密度	附着泥层厚度	单根拔除时间	单根桩基拔除源强
	D (m)	d (m)	h (m)	ρ (kg/m ³)	φ (m)	T (s)	(kg/s)
主桥墩钢护筒	2	0.02	13	1650	0.015	3600	0.56
过渡墩钢护筒	2	0.02	13	1650	0.015	3600	0.56
引桥钢护筒	1.6	0.02	14	1650	0.015	3600	0.48
施工栈桥钢管桩	0.8	0.01	15	1650	0.015	3600	0.51

注：主桥、引桥均为灌注桩，钢护筒拔除时仅考虑护筒外壁附着泥层引起的悬浮泥沙源强；施工栈桥为钢管桩，拔除时考虑钢管桩外壁、内壁附着泥层引起的悬浮泥沙源强。

(3) 钢围堰钢板桩施打过程悬浮泥沙源强

钢围堰钢板桩施打、拔除过程悬浮泥沙产生源强参考公式 1、2 进行计算，见表 4.2-4~表 4.2-5。

表 4.2-4 钢围堰钢板桩施打过程悬浮泥沙源强

类型	长度	宽度	入泥深度	覆盖层泥沙密度	泄漏量	单片施工泥沙量	单片施打时间	单片施工源强
	(m)	(m)	h (m)	ρ (kg/m ³)	n	M (kg)	T (s)	(kg/s)

钢板桩	0.3	0.015	10	1650	5%	3.71	3600	0.001
-----	-----	-------	----	------	----	------	------	-------

表 4.2-5 钢围堰钢板桩拔除过程悬浮泥沙源强

类型	长度	入泥深度	覆盖层泥沙密度	附着泥层厚度	单片拔除时间	单片拔除源强
	(m)	h (m)	ρ (kg/m ³)	ϕ (m)	T (s)	(kg/s)
钢板桩	0.3	10	1650	0.015	3600	0.04

注：钢围堰钢板桩拔除时考虑钢板桩两侧附着泥层引起的悬浮泥沙源强。

3、计算工况

本项目海工施工产生悬浮物的主要环节是施工栈桥桩基、桥墩桩基、钢围堰钢板桩施工，桥墩桩基、钢围堰钢板桩施工悬浮泥沙源强设置于大桥桥墩中心，本次悬浮泥沙预测计算共设置源强点 34 个。选取若干典型点施工的情景作为代表，分析悬浮泥沙的扩散规律，典型情景的计算工况见表 4.2-6。

表 4.2-6 悬浮物扩散计算的典型情景

序号	计算工况 (典型情景)	源强代表点	源强大小 (kg/s)	释放时间
1	引桥桩基施工	23#、24#	0.48	连续释放 8h
2	过渡墩桩基施工	27#、28#、33#、34#	0.56	连续释放 8h
3	主桥墩桩基施工	29#、30#、31#、32#	0.56	连续释放 8h
4	施工栈桥钢管桩施工	14#、7#	0.51	释放 3 次，每次各 1h

注：桥墩桩基、施工栈桥桩基拔除源强大于施打源强，因此取拔除源强进行预测；钢围堰钢板桩施工源强小于桥墩桩基源强，不单独进行预测。



图 4.2-23 悬浮物源强位置示意图

4.2.2.3 悬浮物计算结果与分析

潮流是悬浮物运输、扩散的“载体”，施工产生的悬浮物除因自身重力发生沉降外，主要受潮流作用，进行运输、稀释和扩散。悬浮物计算时，首先进行水动力场计算，然后再施加悬浮物源强，计算出模拟时段内各计算网格点的悬浮物增量浓度，最后统计各计算网格点在模拟时段内的悬浮物增量浓度最大值，再利用各网格点的最大值绘制出各计算工况的悬浮物增量浓度包络线图。

计算得出典型情景的悬浮物增量浓度包络线见图 4.2-24~图 4.2-28。根据各自的源强同时计算，施工期悬浮物增值浓度总包络计算结果详见表 4.2-7 和图 4.2-28。

本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，10mg/L 悬沙增量包络线向国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m。

表 4.2-7 施工期悬浮泥沙（SS）增量包络面积 单位：km²

序号	典型情景	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	典型工况一	0.00017	0.00013	0.00008	0.00006	0.00005
2	典型工况二	0.00044	0.00033	0.00022	0.00015	0.00011
3	典型工况三	0.00047	0.00035	0.00022	0.00015	0.00012

序号	典型情景	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
4	典型工况四	0.00022	0.00017	0.00009	0.00005	0.00004
5	最大包络工 况	0.00373	0.00269	0.00165	0.00112	0.00082

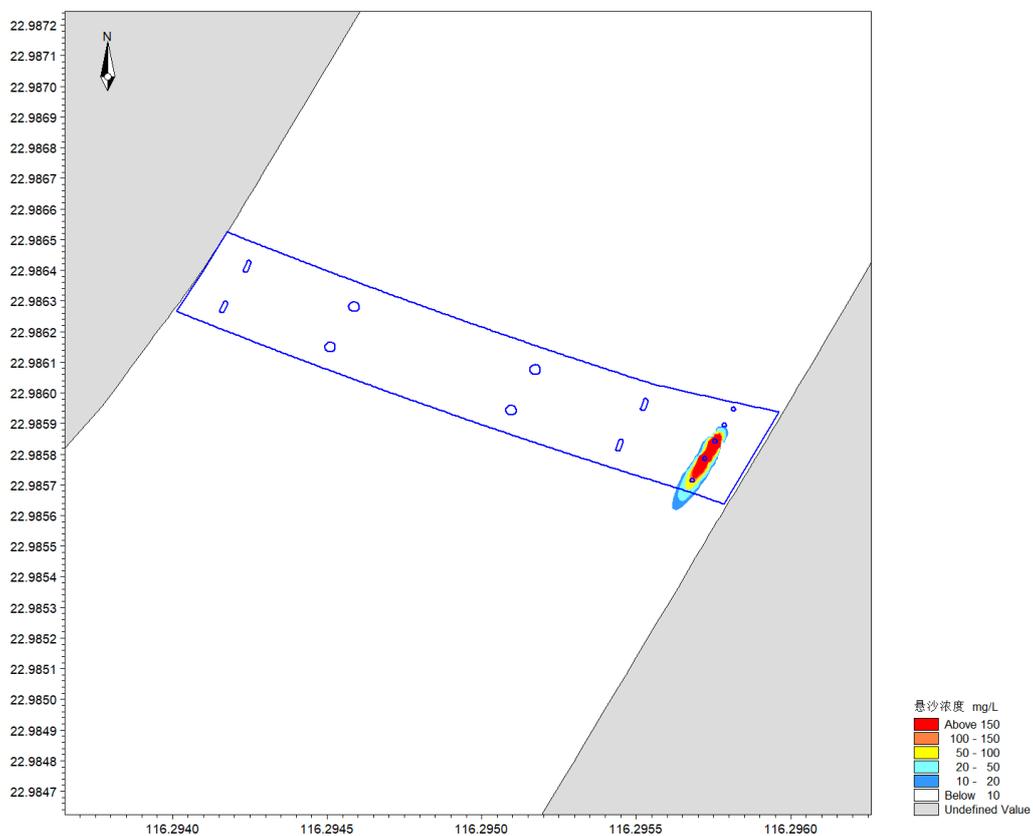


图 4.2-24 引桥桩基施工（工况一）的悬沙增量浓度包络线

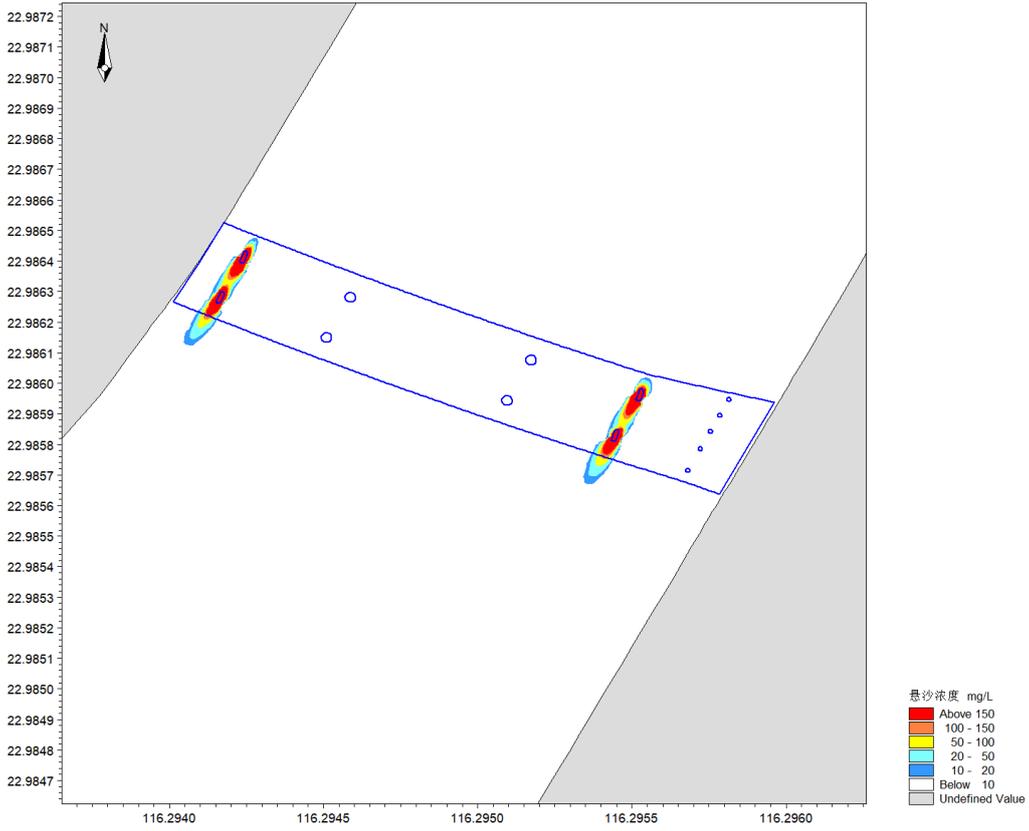


图 4.2-25 过渡墩桩基施工（工况二）的悬沙浓度包络线

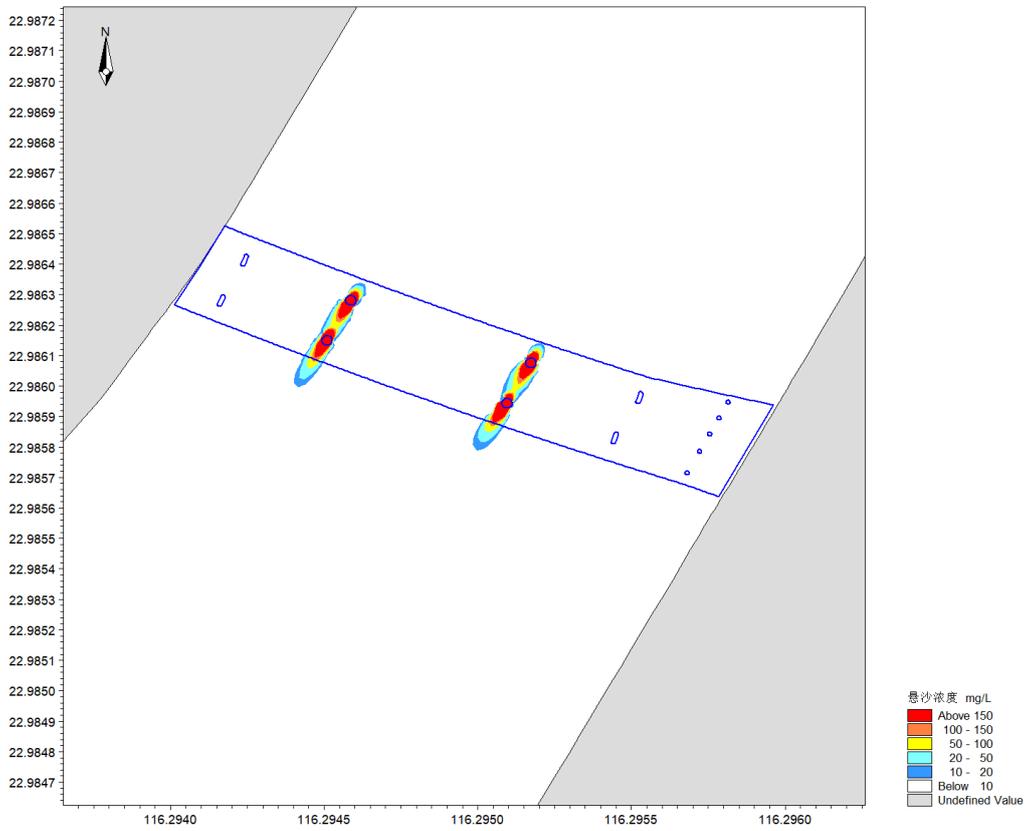


图 4.2-26 主桥墩桩基施工（工况三）悬沙浓度包络线

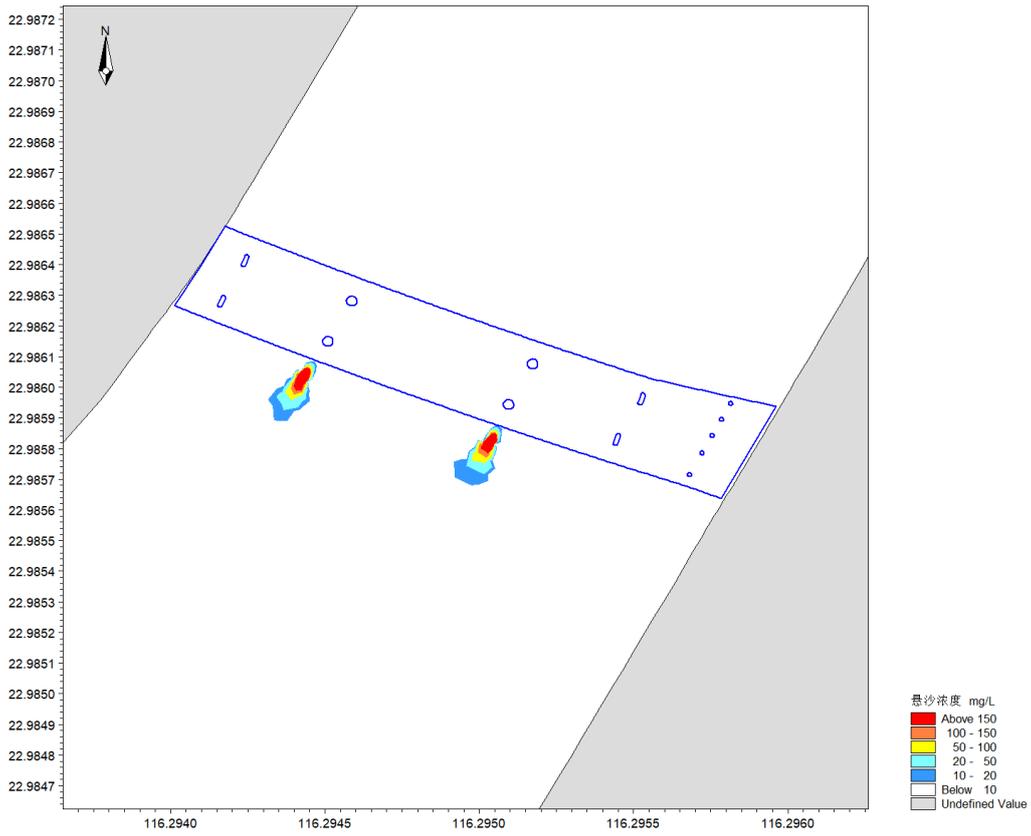


图 4.2-27 施工栈桥钢管桩施工（工况四）悬沙浓度包络线

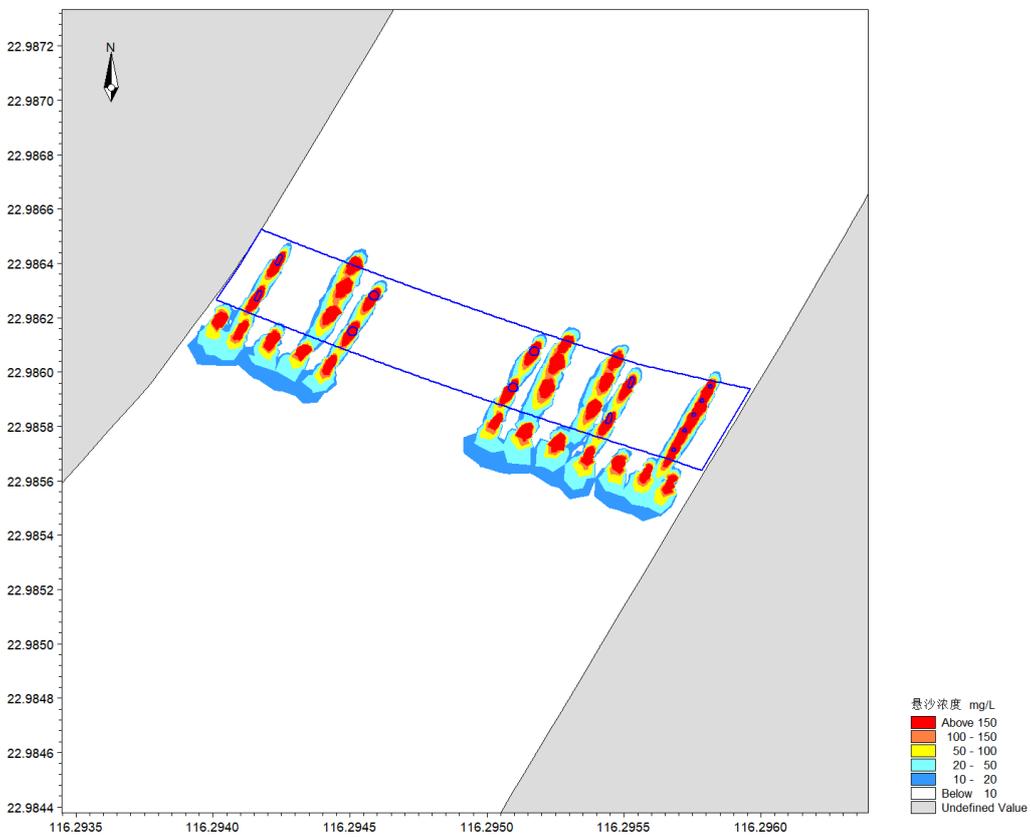


图 4.2-28 最大包络工况悬沙浓度包络线

4.2.3 地形地貌冲淤环境影响分析

从潮流模型计算结果分析可知,本项目实施对流场的影响主要为桥墩周围的小范围海域,其余海域流场基本不受影响,因此,可定性判断本项目对海床的冲淤影响主要限于桥墩附近局部海域。鉴于泥沙运输的复杂性和目前泥沙运输基本理论的不成熟,造成研究床面淤积的计算方法出现多样性,本小节采用床面冲淤的计算模型,具体如下:

根据泥沙运动理论中的输沙平衡原理,则潮流的挟沙能力为:

$$S^* = k \frac{V^2}{gH}$$

式中: H 为实际水深, g 为重力加速度, k 为挟沙系数, 取为 0.5 ~ 0.6, V 为出现平均流速 m/s 。在实际悬沙浓度大于时 S^* , 则泥沙发生沉降过程。若工程前, 水体的泥沙处于冲淤平衡状态, 那么工程后, 由于部分水域流速的衰减, 导致潮流挟沙能力减弱, 使水体的泥沙发生沉降。根据这一原理, 可以估算工程后水体泥沙的冲淤厚度。

选用半经验半理论的回淤强度公式, 预测工程后的海床地形:

$$\Delta H = \frac{\alpha w}{y'_s} (S^* - S') \Delta t = \frac{\alpha w_s S \Delta t}{y'_s} \left[1 - \left[\frac{v_2}{v_1} \right]^2 \left[\frac{h_1}{h_2} \right] \right]$$

式中: α 为悬沙沉降机率, 取为 0.6~0.7; w_s 为沉降速度, 根据上文计算, 取为 0.0002896 m/s ; y'_s 为淤积物的干容重, $y'_s = 1750 d_{50}^{0.183} = 1750 \exp(\ln(0.006003 \times 0.183)) = 686.24 \text{ kg/m}^3$; h_1 为工程前的水深 m ; h_2 为工程后的水深 m ; S' 为挟沙能力 kg/m^3 ; Δt 为时间 s ; S 为工程后的瞬时含沙量 kg/m^3 , 取观测时期的平均值 0.02 kg/m^3 ; v_2 为工程后的流速 m/s ; v_1 为工程前的流速 m/s 。

根据以上参数, 以 2023 年 4 月 1 日~15 日包含大、中、小潮的潮汐过程为代表动力过程, 计算得到正常天气情况下本项目建设后桥位附近海域的海床冲淤变化情况, 见图 4.2-29。

本项目实施后, 大桥桥墩上、下游小范围海域流速减弱, 海床总体呈淤积态势, 最大淤积厚度约 0.158 m/a ; 桥墩之间的过流通道则因流速增大呈冲刷态势, 最大冲刷深度约 0.057 m/a 。冲淤厚度大于 0.01 m/a 的海域在桥墩上游 35 m ~下游 50 m 范围内。本次计算的冲淤强度为工程刚实施后的冲淤强度, 随着冲淤过程的深入, 地形向适应工程后水动力环境方向调整, 冲淤强度将逐年减小。本次采用

的平面二维水动力模型无法反应桥墩周围复杂的旋涡结构，因而桥墩周围小范围内的海床冲淤结果与实际会存在一定偏差。

总体而言，本项目对周边海域的冲淤影响主要位于大桥桥墩附近小范围海域，年冲淤厚度不大，不会对项目附近航道、国控点位、生态保护红线等敏感目标产生影响。

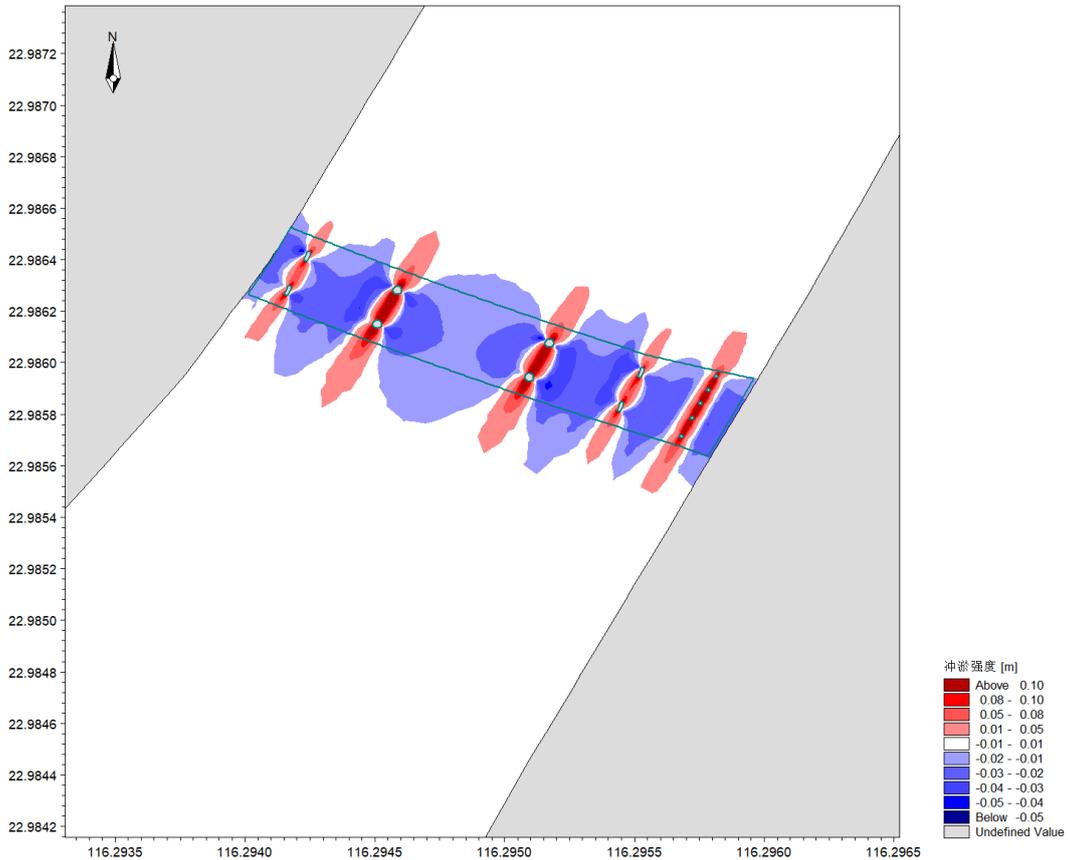


图 4.2-29 大桥附近海域海床年冲淤变化分布图（红色淤积、蓝色冲刷）

4.2.4 沉积物环境影响分析

4.2.4.1 施工期对沉积物环境的影响

项目施工期产生的污水和固体废弃物均具有合理有效的处理方案，不直接排入海水，对沉积物环境影响不大。

项目实施后，桥墩桩基所在海域的沉积物环境将被彻底破坏，且这种破坏是不可恢复的。施工期对沉积物环境的影响还体现在桩基施打、拔除等过程产生的悬浮泥沙影响，施工悬浮泥沙对水质影响包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被

扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于施工区域附近，这部分泥沙对施工区外的沉积物基本没影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响海水水质，并长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后再沉降。随着粒度较小的悬浮物的扩散及沉降，从项目施工区域漂移的悬浮物将成为其所覆盖区域的新的表层沉积物。项目海上施工对沉积物的影响主要是物理性质的改变，根据项目区附近海域沉积物现场调查结果可知，项目附近海域沉积物质量表现良好。根据项目施工期悬浮泥沙影响预测结果，本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，向工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m，影响范围较小。施工悬沙影响时间基本为施工期，影响范围较小，对既有沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化。施工悬沙影响时间基本为施工期，施工期结束后其影响也逐渐消失，不会对沉积物环境产生较大的不利影响。

4.2.4.2 营运期对沉积物环境的影响

由于营运期无人作业，项目本身对沉积物无扰动。桥面雨水由立管收集后排入本项目设置的雨水收集井内，通过管道接入市政雨水检查井。另外，通道运营后须配备专业队伍负责大桥的日常维护与管理，采用先进清扫设备对桥面实施保洁，桥面清扫物严格禁止在海域抛弃。通过实施严格的环境管理措施，运营期发生固体废物污染海洋沉积物环境问题概率较低，对海洋沉积物的影响风险极低。

4.2.5 项目用海生态影响分析

4.2.5.1 施工期对海洋生态的影响分析

项目施工期对海洋生态的影响主要为桥梁桩基施工、施工栈桥钢管桩振沉和拔除等施工过程产生的悬浮泥沙对海洋生物的影响，海洋生物按生活习性可分为浮游生物、游泳生物和底栖生物三大生态类群，工程建设期间悬浮泥沙对不同生态类群的影响方式和影响程度也不尽相同；二是桥墩桩基将占用海域面积，该部分海域生境丧失，影响局部海洋生态系统及渔业资源；三是项目水下施工噪声会对海洋生物活动产生一定干扰。

(1) 项目海上施工作业对底栖生物影响分析

本项目用海方式为“构筑物”中的“跨海桥梁”，除桩基、承台外不改变海域属性，桩基施打、拔除过程对海洋底栖环境影响是暂时的，随工程结束影响不

再持续。但桩基、承台用海区域属于永久地改变海域属性，将彻底改变部分海洋生物原有的栖息环境，除少量活动能力强的底栖动物逃往他处而存活外，大部分底栖生物将被掩埋、覆盖而死亡，绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都难以存活，而且上述影响是不可逆的。项目建成后，在水工构筑物周围将逐渐形成新的底栖生物、潮间带生物群落，慢慢恢复到原有生物水平。

(2) 项目海上施工对浮游动植物影响分析

① 对浮游植物影响分析

从海洋生态角度来看，施工海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。

在海洋食物链中，除了初级生产者—浮游藻类以外，其他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，致使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，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

② 对浮游动物的影响

施工作业引起施工海域内的局部海水的浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物和营光合作用的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。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。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

根据项目施工期悬浮泥沙影响预测结果,本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²,向工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m,影响范围较小。施工产生的悬浮泥沙对浮游生物的影响较小,且这种影响只是暂时的和局部的,当施工结束后,这种影响也将随之消失。

有资料表明,疏浚施工对水质的影响延续 4h~5h 后,对水质的影响可基本消除,因此,疏浚施工对水质的影响属于短期环境效应。随着疏浚作业的结束,水质将逐渐恢复,随之而来的便是生物的重新植入。浮游生物和游泳生物群落的重新建立所需的时间较短,浮游生物群落的重新建立,主要靠海水的运动将其它地方的浮游生物带入作业点及其附近海域,并且有可能很快就会恢复到与周围海域基本一致的水平。

(3) 项目海上施工对游泳生物的影响分析

悬浮物增加对部分游泳生物的影响是比较显著的,悬浮物不仅可以粘附在动物身体表面会干扰动物的感觉功能或引起表皮组织的溃烂,还会阻塞鱼类的鳃组织,造成其呼吸困难,严重的可能会引起死亡。

一般而言,鱼类等水生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。项目施工引起悬浮物质含量变化,并由此造成水体混浊度的变化,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,鱼类将避开这一点源混浊区,产生“驱散效应”。因此施工会影响该区域栖息、生长的一些种类,也会改变其分布和洄游规律。同时,施工产生的混浊水体使某些种类的游动、觅食、躲避致害、抵抗疾病和繁殖的能力下降,降低生物群体的更新能力等。而鱼卵和仔稚鱼由于缺乏一定的运动能力,不能与成鱼一样逃离混浊水域,因而更容易遭受伤害甚至死亡,因此鱼卵和仔稚鱼受工程施工的影响会比成鱼更大。根据相关资料统计,当悬浮物增量达到 125mg/L 时,这种水体中的鱼卵和仔稚鱼将遭受破坏。根据项目施工期悬浮泥沙影响预测结果,本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²,向工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m,不会对大范围的渔业资源造成影响。

此外,施工对渔业的影响还体现在浮游动物与浮游植物食物供应所受到的影响上。浮游植物和浮游动物是海洋生物的初级和次级生产力,施工过程会对浮游

植物和浮游动物的生长产生不利影响，严重时甚至会导致死亡。部分鱼类是以浮游植物为食，而且这些种类多为定置性种类，活动能力较弱，工程施工期就会对其生长产生不利影响。因此，从食物链的角度考虑，施工不可避免对鱼类和虾类的存活与生长产生明显的抑制作用，对渔业资源带来一定负面影响。

综上所述，本项目施工期对工程周边海域生态环境会产生一定的影响，但总体来说影响不大，施工期结束后，经过一段时间的调整与恢复，周边海域海洋生物区系会重新形成。

4、施工噪声对海洋生物影响分析

海洋中人为噪声足够大并且鱼类相对靠近声源时，会造成鱼类内脏破裂导致其死亡或者破坏内耳毛细胞导致暂时（暂时性阈移，TTS）或永久（永久性阈移，PTS）的听力丧失。与许多其他动物不同，鱼类在一生中都可以产生毛细胞，Smith等（2006）对金鱼的观察表明毛细胞在被声音破坏后可以再生。如果听力丧失是暂时的，那么鱼类在几小时或几天内就可恢复听力，恢复的时间取决于噪声的持续时间以及频率。然而，在听力暂时丧失阶段，鱼类会暴露在一个较高的被捕食风险环境中，并且一些具有重要生物学意义的行为可能会受到抑制。

研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离根据程兆龙等的研究显示，东亚江豚以发声鱼类为食，（DavidKastaketal.1999）。在发声鱼类（主要为石首鱼科鱼类）的繁殖季节（5-6月），主要通过窃听获取食物方位，在非发声鱼类繁殖季节，利用回声定位信号主动探测食物方位。施工期的人为噪声很大程度上与鱼类发声频段重叠，会以听觉掩蔽的方式影响捕食者捕食。

根据海洋生态现状调查结果，项目所在海域游泳生物主要包括对虾科、虾蛄科、梭子蟹科、鲱科、舌鳎科、石首鱼科、鳀科、鰕虎鱼科等，其中，石首鱼科具有发达的鳔和鼓肌，对声音非常敏感，属于“有鱼鳔，鱼鳔与听力相关，并且与内耳物理连接”。根据《人为水下噪声对海洋生物影响评价指南》（HY/T 0341-2022），人为水下噪声对鱼类影响阈值见下表。

表 4.2-8 人为水下噪声对鱼类影响阈值

听力分组	致死或潜在致死	损害			行为响应
		物理损伤	TTS	声掩蔽	
无鱼鳔	219 dB SEL _{cum} 或 213 dB SPL _{pk}	216 dB SEL _{cum} 或 213 dB SPL _{pk}	186 dB SEL _{cum}	(近) 中 等	(近) 高
				(中) 低	(中) 中等
				(远) 低	(远) 低
有鱼鳔, 鱼鳔与听 力无关	210 dB SEL _{cum} 或 207 dB SPL _{pk}	203 dB SEL _{cum} 或 207 dB SPL _{pk}	186 dB SEL _{cum}	(近) 中 等	(近) 高
				(中) 低	(中) 中等
				(远) 低	(远) 低
有鱼鳔, 鱼鳔与听 力相关	207 dB SEL _{cum} 或 207 dB SPL _{pk}	203 dB SEL _{cum} 或 207 dB SPL _{pk}	186 dB SEL _{cum}	(近) 高	(近) 高
				(中) 高	(中) 高
				(远) 中 等	(远) 中等
卵和幼体	210 dB SEL _{cum} 或 207 dB SPL _{pk}	(近) 中等	(近) 中 等	(近) 中 等	(近) 中等
		(中) 低	(中) 低	(中) 低	(中) 低
		(远) 低	(远) 低	(远) 低	(远) 低

本项目施工期水下噪声污染源主要为运输船只行驶噪声、机械设备噪声及桩基施打噪声等。运输船只行驶噪声、机械设备噪声源强约为 160~180 dB (A)，桩基施打噪声源强约为 100~110 dB (A)，低于石首鱼科的人为水下噪声对鱼类影响阈值，对石首鱼科的影响有限。施工噪声有间歇性，且声波在水中的传播随距离的增加成反平方规律衰减，因此影响的范围非常有限，主要局限在工程附近水域。鱼类具有良好的回避性，施工期采用“软启动”方式，将范围内的海洋生物驱离危险区域，可减小水下噪声对鱼类的影响。噪声属无残留污染，施工结束噪声污染也随之结束，周围声环境即可恢复至现状水平。在采取以上环保措施后，本项目施工噪声对项目周边海洋生物的影响是可接受的。

4.2.5.2 营运期对海洋生态的影响分析

本项目营运期除车辆燃料尾气及路面扬尘外，基本不涉及污染物排放，不会对该海洋生态环境系统造成不良影响。

4.2.6 对“三场一通道”影响分析

本项目位于“广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域”，属于南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为 3 月 1 日至 5 月 31 日；项目所处海域也属于南海北部幼鱼繁育场保护区，其管理要求为禁

止在保护区内进行底拖网作业。

本项目不涉及底拖网作业等活动，项目施工期间，主要为桩基、承台直接占用保护区海床及桩基施工造成悬浮泥沙在短时间内增加对渔业水域海洋生物环境造成的一定影响，但整体上，本项目建设规模小，施工作业时间短，施工期悬浮物扩散范围很小且可以在短时间内沉降恢复至原水平，同时，项目可通过采取一定的控制措施降低生态影响，如：施工期避开产卵高峰期作业、控制缩短施工时间等。

综上，本项目建设对幼鱼、幼虾保护区及南海北部幼鱼繁育场保护区的影响是可接受的。

4.3 通航安全影响分析

本项目神泉大桥跨越神泉港海域中部为惠城运河，根据《关于同意全省五至七级航道定级方案的批复》（粤府函〔1998〕270号）以及《广东省交通运输厅关于印发广东省航道发展规划（2020-2035年）的通知》（粤交规〔2020〕786号），惠城运河为规划为内河 VI 级航道。本工程目前已委托广东正方圆工程咨询有限公司进行通航论证报告编制，初步结论如下：桥轴线法线方向与水流流向夹角约为 3° ，大桥主跨 $38\text{m}+64\text{m}+38\text{m}$ ，设单孔双向通航，净宽 40m ，净高 6m ，净空尺度满足《内河通航标准》（GB50139-2014）中内河 VI 级航道通航净高（ 6.0m ）和双向通航孔净宽（ 40m ）的要求。

4.4 防洪纳潮影响分析

本项目神泉大桥跨越神泉港海域，在海域处共设置了 2 组主墩和 2 组过渡墩，本项目目前已委托广东岭南水务咨询有限公司进行防洪论证报告编制，初步结论如下：神泉大桥跨越神泉港海域左岸为西港海堤，右岸为东陇海堤，堤防等级均为 2 级，神泉大桥工程防洪标准为 100 年一遇，堤身范围内无落墩，桥梁净高满足堤防净高要求；桥墩与河道走向基本平行，整体流场平顺，为降低桥墩阻水作用，在满足《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）等相关技术要求的前提下，本项目神泉大桥桥墩设置根据水流方向进行了优化调整，桥墩总体与水流方向平行，桥轴线法线方向与水流流向夹角约为 3° ，较大程度减缓了桥墩的阻水影响。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 揭阳市社会经济概况

根据《2024 年揭阳市国民经济和社会发展统计公报》（揭阳市统计局国家统计局揭阳调查队，2025 年 5 月），2024 年揭阳市社会经济概况如下：

经广东省统计局统一核算，2024 年揭阳实现地区生产总值（初步核算数）2529.7 亿元，按不变价格计算，同比增长 3.9%。其中，第一产业增加值 243.79 亿元，同比增长 2.7%；第二产业增加值 980.57 亿元，同比增长 8.1%；第三产业增加值 1305.34 亿元，同比增长 1.2%。三次产业结构比重为 9.6:38.8:51.6。人均地区生产总值 44632 元，增长 3.4%。

2024 年末，全市常住人口 568.21 万人，比年末增加 2.85 万人，其中城镇常住人口 299.01 万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）52.62%，比上年末提高 0.35 个百分点。

全年居民消费价格比上年上涨 0.1%。从分类别看，教育文化娱乐价格上涨 0.5%，其他用品及服务价格上涨 2.6%，衣着价格上涨 2.9%，食品烟酒价格下降 0.2%，医疗保健价格上涨 0.5%；交通通信价格下降 2.5%，居住价格上涨 0.1%，生活用品及服务价格上涨 1.6%。

绿美揭阳成效显著。全市空气质量达到优良天数比例为 96.4%，空气质量六项指标连续八年全面达到国家二级标准。全市建成污水处理设施 2 座，新增污水处理能力 8 万吨/日，城镇污水日处理能力达到 110.6 万吨，增长 7.8%。全市 11 个地表水省考监测断面中，I~III 类水质的断面比例 72.7%，IV 类水质的断面比例 27.3%，V 类、劣 V 类水质断面全面清零。

全年水产品产量 15.68 万吨，比上年增长 2.5%。其中，海水产品 7.02 万吨，增长 1.2%；淡水产品 8.66 万吨，增长 3.6%。

5.1.1.2 惠来县社会经济概况

根据《惠来县 2024 年政府工作报告》（惠来县人民政府办公室，2025 年 3 月

30日): 全域实现地区生产总值 584.86 亿元、比增 15.2%，规模以上工业总产值 1356.23 亿元、比增 12.9%，规模以上工业增加值 355.12 亿元、比增 34%。社会消费品零售总额 109.07 亿元、比增 0.4%，限上商品销售额 49.05 亿元、比增 1.5%，外贸进出口总额 114.87 亿元、比增 32.6%；一般公共预算收入 21.78 亿元、比增 4.69%，其中税收收入 13.06 亿元、比增 242%。全年各季度主要经济指标亮牌评价管理综合排名均列全市第一。

5.1.1.3 海洋产业发展现状

根据《广东海洋经济发展报告（2024）》（广东省自然资源厅 广东省发展和改革委员会，2024 年 6 月），海洋经济总量全国领先，成为引领地区经济发展的“蓝色引擎”。

广东海洋经济总量连续 29 年居全国首位。据初步核算，2023 年全省海洋生产总值为 18778.1 亿元，同比名义增长 4.0%，占地区生产总值的 13.8%，占全国海洋生产总值的 18.9%。海洋经济对地区经济名义增长的贡献率达到 11.0%，拉动地区经济名义增长 0.6 个百分点，服务稳住经济大盘取得积极成效。

海洋产业结构持续优化。2023 年全省海洋三次产业结构比为 3.3:31.4:65.3。实体经济发展取得新成效，海洋制造业增加值为 4675.1 亿元，同比名义增长 4.9%，在海洋经济发展中的贡献作用持续增强。海洋产业增加值为 6809.4 亿元。

2023 年，全省海洋渔业增加值为 615.8 亿元，同比名义增长 1.5%。全省海水产品产量为 478.2 万吨，同比增长 4.3%，其中，海水养殖产量为 357.3 万吨，同比增长 5.2%；海洋捕捞产量为 113.7 万吨，远洋捕捞产量为 7.2 万吨。海水鱼苗量为 67.7 亿尾。

海洋牧场建设加速推进。惠来海洋牧场示范项目正式启动建设，规划养殖面积 194.6 平方千米，产量预计达到 8 万吨，产值约 137 亿元。“惠鲍 1 号”大型深水鲍鱼养殖网箱、前詹风电桁架式网箱等项目扎实推进，国家电投粤东海洋牧场产业研发中心揭牌。国家电投“新能源+海洋牧场”融合创新示范基地在惠来神泉开工，将构建“海上发电、海下牧渔”发展新模式，推进养殖、海工、装备碳汇多领域融合创新。

5.1.2 海域使用现状

本项目涉海段位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，跨越惠城运河，下游约 2km

为神泉港。目前，用海桥段两侧以高位海水养殖为主，少量耕种为辅。

根据现场调查和资料收集，本项目附近海域的用海项目主要包括航道、高位养殖塘及取排水口、水闸、海堤、海底电缆、渔港等。项目周围用海现状见图 5.1-1。

(1) 航道

本项目神泉大桥跨越神泉港海域中部为惠城运河，根据《关于同意全省五至七级航道定级方案的批复》（粤府函〔1998〕270号）以及《广东省交通运输厅关于印发广东省航道发展规划（2020-2035年）的通知》（粤交规〔2020〕786号），惠城运河为规划为内河 VI 级航道，现场踏勘未发现船舶航行，目前尚未形成航路。根据《内河通航标准》（GB50139-2014），内河 VI 级航道通航净高要求为 6.0m，双向通航孔净宽为 40m。

为减小对通航的影响，本项目桥梁充分考虑了跨度及净空要求，设计通航净高 6m，通航孔净宽 40m，满足《内河通航标准》（GB50139-2014）相关要求。

(2) 养殖

项目两岸陆域分布着大量高位养殖塘，现场踏勘发现，部分在养，部分未养。由于高位养殖塘较多，且片片相连，因此取排水口也较为密集。经核实，项目两岸陆域的高位养殖塘分别为文昌村、东龙村和赤洲村的集体土地，租赁给养殖户用于水产养殖。

项目南侧神泉港有两处开放式养殖，为惠来县鸿泰水产养殖有限公司神泉港附近海域底播养殖项目和广东省海源达水产养殖有限公司海上养殖项目，最近直线距离为 3.0km。

(3) 水闸

项目用海桥段上游约 650m 处设有一座水闸，该水闸主要用于控制盐岭河水量，保障该片区的行洪安全。

(4) 海堤

项目用海桥段东岸为西港海堤，西岸为东陇海堤，堤防等级为 2 级。

西港海堤初步设计报告于 2016 年 6 月 16 日经市发展改革局批复（揭市发改农〔2016〕497 号），工程总投资 9629.05 万元，其中省级补助 3625 万元。建设任务为加固达标海堤总长 13.7km（其中赤吟水闸至神泉港出海口段海堤长 10.67km，安澜桥至神泉码头段海堤长 3.03km）、加固（重建）穿堤涵闸 30 座。

东陇海堤加固达标工程于 2016 年 6 月 3 日经市发展改革局批复（揭市发改农〔2016〕448 号），工程总投资 7820.22 万元，其中省级补助 2929 万元，建设任务为加固达标海堤总长 12.52km（其中赤洲水闸至钓石段海堤长 9.38km，钓石桥至龙江老河口段海堤长 3.14km）、重改建小型穿堤涵闸 27 座。

（5）海底电缆管道

项目用海桥段下游约 1.1km 处，有一段海底电缆管道，属中委广东石化 2000 万吨/年重油加工工程的一部分。海域使用权人为中国石油天然气股份有限公司广东石化分公司，用海期限为 2025 年 2 月 7 日至 2075 年 2 月 6 日。

（6）神泉港

项目用海桥段下游约 2km 为神泉港。神泉港汇集惠来境内龙江河、雷岭河、盐岭河三大河流，系粤东地区最大的天然良港，被广东省列为一级渔场，是国家一级渔港。神泉港水域面积广阔、水深条件优越、地质条件优良，适合建设深水港的各类泊位，是大型工程项目的理想港址用地，2010 年 12 月，国务院正式批准神泉港对外开放，成为走向世界的“海上通道”。港内已建渔业码头 300 米，阶梯码头及护岸 132 米，港池、航道疏浚 31.96 万立方米等，完成投资 2393.49 万元，2016 年通过竣工验收。

（7）惠来县神泉示范性渔港建设项目

惠来县神泉示范性渔港建设项目位于项目用海桥段下游约 3.5km。该项目被省政府列为 2016 年十大民生实事之一，总投资 2.72 亿元，分二期建设，一期工程已建成南北护岸堤 2392m，西防波堤 1003m，港池面积 58 万 m² 等；目前已启动神泉示范性渔港二期工程建设，主要建设港区道路 969.5m（透水构筑物），观景平台 6 座、渔民上岸点 4 个及配套工程，工程计划总投资 7429.31 万元。

（内容不公开）

图 5.1-1 项目周边海域开发利用现状图

(内容不公开)

图 5.1-2 项目周边海域开发利用现状照片 (北侧)

(内容不公开)

图 5.1-3 项目周边海域开发利用现状照片 (南侧)

(内容不公开)

图 5.1-4 项目周边海域开发利用现状照片 (西侧)

(内容不公开)

图 5.1-5 项目周边海域开发利用现状照片 (东侧)

5.1.3 海域使用权属

本项目论证范围内取得海域使用权证的用海项目有 7 项。

(内容不公开)

图 5.1-6 项目所在海域权属现状图

表 5.1-1 项目所在海域权属现状一览表
(内容不公开)

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据第 4 章项目用海悬浮泥沙扩散范围，并结合 5.1 节分析，项目用海对海域开发活动的影响分析如下：

（1）项目用海对航道及通航的影响

惠城运河航道为规划六级航道，现场踏勘未发现船舶航行，目前尚未形成航路。同时，本项目设单孔双向通航，净宽 40m，净高 6m，净空尺度满足《内河通航标准》（GB50139-2014）中内河 VI 级航道通航净高（6.0m）和双向通航孔净宽（40m）的要求。

但由于本项目用海范围与航道存在重叠，且建大桥下部结构采用搭设钢栈桥、及钢围蔽的施工方式，客观上缩小了河道的净宽，对船舶通航安全会产生一定的影响。

（2）项目用海对高位养殖塘的影响

项目两岸的高位养殖塘全部位于海岸线向陆一侧，主要通过取水口从惠城运河取水。

根据第 4.2.2 节数模预测结果，本项目施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，向工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m，不涉及高位养殖取水口，正常情况下不会对高位养殖产生影响，但由于本项目周边分布有较多养殖取水，不能完全排除对其产生影响的可能性，项目施工期间需重点关注对养殖活动的影响。

（3）项目用海对水闸的影响

项目上游约 650m 设有 1 处水闸，根据第 4.2.2 节数模预测结果，项目施工期间 10mg/L 悬浮泥沙不会扩散至该水闸位置，因此不会对其产生影响。

（4）项目用海对海堤的影响

本项目神泉大桥将跨越西港海堤和东陇海堤，其建设对两侧海堤影响不大。施工栈桥与两侧海堤结构相接，且栈桥钢管施打在海堤身，将不可避免地对海堤造成一定程度的物理损伤。同时，项目施工期间通过栈桥输送原材料，可能会影响堤防稳固。

（5）项目用海对电缆的影响

项目用海桥段下游约 1.1km 处，有一段中委广东石化 2000 万吨/年重油加工

工程海底电缆管道,该电缆管道深埋于河床底土之下,根据 4.2 节数模预测结果,项目施工期悬浮泥沙不会影响该海底电缆管道,项目建成后地形地貌及冲淤环境变化仅限于桥墩附近,也不会对该海底电缆管道产生影响。

(6) 项目用海对神泉港的影响

神泉港位于项目下游约 2km 处,项目用海不占用神泉港港区资源。预留了船舶通航条件,不会影响港区船舶通航安全,因此不会对神泉港产生影响。

5.3 利益相关者界定

(内容不公开)

表 5.3-1 利益相关方信息一览表
(内容不公开)

5.4 相关利益协调分析

(内容不公开)

5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析

5.5.1 与国防安全和军事活动的协调性分析

项目用海范围内没有国防设施和军事活动区，没有涉及到军事用海，项目用海对国防安全和军事活动不会产生不利影响并与其相协调。

5.5.2 与国家海洋权益的协调性分析

项目用海没有涉及到领海基点，也没有涉及国家秘密，不会对国家海洋权益产生不利影响并与之相协调。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 与国土空间规划的符合性分析

6.1.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的符合性分析

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》提出：“按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的优先序统筹划定落实三条控制线，把三条控制线作为调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线。以三条控制线分别围合的空间为重点管控区域，统筹发展和安全，统筹资源保护利用，优化农业、生态、城镇等各类空间布局”，“以生态保护红线围合的空间为核心，整体保护和合理利用森林、湿地、河流、湖泊、滩涂、岸线、海洋、荒地等自然生态空间，全面改善自然生态系统质量，全力增强生态产品供给功能”。

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》明确，实施海域分区管理。坚持生态用海、集约用海，陆海协同划定海洋“两空间内部一红线”。在海洋生态空间内划设海洋生态保护红线，加强海洋生态保护区和生态控制区的保护。在海洋开发利用空间内统筹安排渔业、工矿通信、**交通运输**、游憩、特殊用海区和海洋预留区，按分区明确空间准入、利用方式、生态保护等方面的管控要求。海洋预留区要保障规划期内国家重大用海需求，严格控制其他开发利用活动。合理布局海洋倾废区，严格海洋倾废监管。

专栏 7-1：海洋开发利用空间重点布局引导。合理安排……揭阳港惠来沿海港区等重要港区交通运输用海布局，落实沿海重要港区港口、航道、锚地和疏港铁路、滨海公路项目及**重要跨江跨海通道建设用海需求**……

符合性分析：经叠图是被，本项目用海区位于“海洋开发利用空间”，不涉及海洋生态保护红线和海洋生态保护空间。本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，用海类型为“交通运输用海”（一级类）中的“路桥用海”（二级类），用海方式为“构筑物”（一级方式）中的“跨海桥梁”（二级方式）。本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》及《揭阳市“十四五”交通基础设施建设项目表》，项目建设有助于完善揭阳市和惠来县内联外通交通路网建设，促进“一城两园”（粤东新城、惠来临港产业园、大南海石化

工业园等组团)之间的联系,对改善区域交通出行条件,加快揭阳地区经济发展和培育经济增长极,促进惠来各产业组团联动协调具有重要意义。综上,本项目建设符合《广东省国土空间规划(2021-2035年)》中“海洋开发利用空间”的功能定位。

(内容不公开)

图 6.1-1 项目与《广东省国土空间规划(2021-2035年)》海洋空间功能布局位置关系图

6.1.2 与《广东省国土空间生态修复规划(2021—2035年)》的符合性分析

《广东省国土空间生态修复规划(2021-2035年)》提出:2025年,着重抓好广东省重点生态功能区、生态保护红线内、重点国家级自然保护区等区域生态保护和修复,解决一批重点区域的核心生态问题,使全省生态安全屏障更加牢固,生态环境质量持续改善,生态系统安全性稳定性显著增强;2035年,全面构建安全、健康、美丽、和谐的高品质国土,人与自然和谐共生格局基本形成,碳排放率先达峰后稳中有降,生态环境根本好转,美丽广东基本建成。

推进重要生态系统保护修复。护卫蓝色海洋生态屏障,以15个生态保护和修复单元为重点,统筹推进河口、海湾、海岛海岸带整治修复,提高海洋带防护功能,加强海洋生物多样性保护。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程--重要海湾生态系统保护修复:大亚湾-大鹏湾生物多样性保护修复拓林湾及周边海域典型海湾保护修复、靖海湾砂质海岸-防护林保护修复、红海湾-石湾滨海湿地保护修复、阳江湾典型海湾生态系统保护修复、水东湾-博贺湾海洋综合整治修复、雷州半岛东部滨海湿地生态系统保护和修复、雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复。

符合性分析:经与规划图件叠加分析(图6.1-2),本项目位于“靖海湾砂质海岸-防护林保护修复”单元,其生态修复目标为:修复湾内受损砂质岸线生态系统,开展环境综合整治修复。建设近自然的海岸立体防护林体系,提高湾内海岸生态防护功能打造华家村、港仔湾、港寮湾、客鸟尾、排角湾等魅力沙滩,建设神泉港美丽海湾。

本项目用海桥段跨越惠城运河,用海范围内岸线长度为110.90m,均为人工

岸线；实际用海桥段跨越人工岸线长度 71.17m，其中，大桥跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m，跨越石化大道侧人工岸线 33.26m。两侧大桥均为直接跨越，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。项目桥墩间距较大，对该区域水动力环境影响有限；桩基施打、拔除过程中产生的悬浮物扩散影响范围较小，随着施工结束，悬沙影响也随之消失；项目施工期间产生的污染物均收集上岸处理，不直接排海，项目营运期除车辆燃料尾气及路面扬尘外，基本不涉及污染物排放，不会对该海洋生态环境系统造成不良影响。项目完工后，所在水域海洋生物系统会重新形成，对于施工造成的海洋生物资源损失影响，建设单位将采取一定措施进行生态补偿，可见，项目用海未造成海域海洋生态环境的恶化，对区域海洋生态系统的影响是可接受的。整体上，本项目建设不会对所在区域功能、资源、环境等造成不良影响，符合《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》中的“靖海湾砂质海岸-防护林保护修复”单元发展要求。

（内容不公开）

图 6.1-2 项目所在广东省重要生态系统生态保护和修复布局位置示意图

6.1.3 与《揭阳市国土空间总体规划》（2021-2035 年）符合性分析

《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（揭府〔2024〕13 号）指出：“海陆空交通全方位发展，初步构建以高速公路、轨道交通、航道为主要运输通道，机场、港口为区域综合交通枢纽的综合立体交通网络……支持陆惠高速公路建设，推进 G206、G238 等国省道改扩建和升级改造，预留并深化研究揭惠高速普宁市区联络线等区域高快速通道，强化高速公路出入口与城市干道的快速连接。

符合性分析：本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，经与规划图件叠加分析（图 6.1-3），本项目不涉及生态保护红线及永久基本农田。本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项目。本项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。综上，本项目建设符合《揭阳市国土空间总体规划》（2021-2035 年）相关要求。

（内容不公开）

图 6.1-3 本项目与市域国土空间控制线规划图位置关系图

6.1.4 与《惠来县国土空间总体规划》（2021-2035 年）符合性分析

《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》提出：统筹惠来陆海关系，保障惠来沿海港区和沿海通道建设空间，支撑揭阳大南海石化工业区、惠来临港产业园等沿海重大产业园区建设……依托粤东新城，培育区域金融商务、商贸物流、会议博览、研发设计、医疗健康等现代服务业中心，打造沿海多元产业集聚带，构建具有区域竞争力的产业体系，推进惠来全域“融湾建带”。

符合性分析：经与规划图件叠加分析（图 6.1-4），本项目位于海洋发展区，不涉及生态保护区。本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，属于《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》附表 8 中的交通类重点建设项目。本项目是完善揭阳市和惠来县内联外通交通路网建设，是落实揭阳城市国土空间总体规划及惠来县城市发展规划，推动揭阳市滨海新区建设，促进“一城两园”（粤东新城、惠来临港产业园、大南海石化工业园等组团）之间的联系，项目对改善区域交通出行条件，加快揭阳地区经济发展和培育经济增长极，促进惠来各产业组团联动协调具有重要意义。综上，本项目的建设符合《惠来县国土空间总体规划》（2021-2035 年）。

（内容不公开）

图 6.1-4 本项目所在《惠来县国土空间总体规划（2021-2035 年）》国土空间控制线规划情况

6.1.5 与广东省“三区三线”符合性分析

根据《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》《自然资源部办公厅关于依据“三区三线”划定成果报批建设项目用地用海有关事宜的函》等文件，广东省已经完成“三区三线”划定工作，正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

本项目涉海段位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，跨越惠城运河，项目用海范

围不涉及生态保护红线，与本项目相距最近的海洋生态保护红线为东南侧的“神泉芦园湾重要滩涂及浅海水域”，该红线区位于论证范围外，与本项目相距约 6.08km，具体位置情况见图 6.1-5~图 6.1-6 所示。根据报告 4.3 节，本项目建设对附近水域流场的影响仅限于桥位上、下游小范围河段内，对桥梁所在惠城运河的整体流场影响很小，对工程海域的水动力环境不产生明显影响；项目建设对周边海域的冲淤影响主要位于大桥桥墩附近小范围海域（约桥墩上游 50m~下游 80m 范围内），年冲淤厚度不大，约 0.057m/a~0.158m/a；施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，向工程上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m，影响范围较小。且施工期的影响是暂时的，施工结束也随之消失。项目施工期间产生的污染物均收集上岸处理，不直接排海，项目运营期除车辆燃料尾气及路面扬尘外，基本不涉及污染物排放。因此，本项目建设不会对周边生态保护红线造成影响，项目建设符合生态保护红线的相关要求。

（内容不公开）

图 6.1-5 本项目与周边海洋生态保护红线位置关系示意图

（内容不公开）

图 6.1-6 本项目与“三区三线”位置关系图

6.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析

2025 年 1 月 23 日，广东省自然资源厅印发《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号）。项目用海位于《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》“海洋功能分区”中的“粤东新城游憩用海区”（登记表见表 6.2-2），项目两侧大陆海岸线属于限制开发岸线，不涉及严格保护岸线，距离最近的严格保护岸线约 2.8km。本项目与各海洋功能分区位置关系见表 6.2-1 及图 6.2-1 所示，与所在“粤东新城游憩用海区”管控要求相符性分析见表 6.2-3。经分析，本项目与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号）相符。

表 6.2-1 项目所在海域海洋功能分区情况表

（内容不公开）

(内容不公开)

图 6.2-1 项目与所在海域海洋功能分区位置关系图

表 6.2-2 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》功能区登记表（摘录）
（内容不公开）

表 6.2-3 本项目与“粤东新城游憩用海区”管控要求相符性分析
(内容不公开)

6.3 与产业政策符合性分析

1、与《市场准入负面清单（2025年版）》符合性分析

本项目为国家级干线公路 G228 改建工程，根据《国民经济行业分类》（GB/T4754-2017），本项目行业类别属“E4812 公路工程建设”。经查《市场准入负面清单》（2025年版），本项目属“二、许可准入类”——“（十九）《政府核准的投资项目目录（2016年本）》明确实行核准制的项目（专门针对外商投资和境外投资的除外）”——“92、未获得许可，不得投资建设特定交通运输项目”——“公路：国家高速公路网和普通国道网项目由省级政府按照国家批准的相关规划核准，地方高速公路项目由省级政府核准，其余项目由地方政府核准。”

广东省人民政府办公厅于2021年9月4日以“粤府办〔2021〕27号”发布了《广东省综合交通运输体系“十四五”发展规划》，国道G228列入《发展规划》中广东省“十四五”规划建设重大交通基础设施项目。因此，本项目已纳入省级政府相关规划，符合《市场准入负面清单（2025年版）》。

2、《产业结构调整指导目录（2024年本）》符合性分析

《产业结构调整指导目录（2019年本）》由鼓励、限制和淘汰三类目录组成。不属于鼓励类、限制类和淘汰类，且符合国家有关法律、法规和政策规定的，为允许类，允许类不列入《产业结构调整指导目录》。

本项目为国家级干线公路 G228 改建工程，对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于鼓励类中的“二十四、公路及道路运输—1.公路交通网络建设：国省干线改造升级”，符合《产业结构调整指导目录（2024年本）》的相关要求。

综上所述，本项目的选址和建设符合相关产业政策。

6.4 项目用海与相关规划符合性分析

6.4.1 与综合交通运输体系发展规划符合性分析

6.4.1.1 与《广东省综合交通运输体系“十四五”发展规划》（粤府办〔2021〕27号）符合性分析

《广东省综合交通运输体系“十四五”发展规划》提出：完善内联外通的干线交通网，优化普通国省道。积极推进普通国省道低等级路升级改造和瓶颈路段

改扩建，整体提升路网通行能力和效率，实现普通国道二级以上比例达 95%、普通省道三级以上比例达 90%以上。完善与重要高速公路通道并行的普通国省道布局，加强与高速公路出入口衔接，增强公路交通可靠性和应急保障能力。推进普通国省道向重要产业园区、旅游景区延伸，完善沿线服务设施建设，提升路网基本公共服务水平。

符合性分析：本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，国道 G228 线列入了《广东省“十四五”规划建设重大交通基础设施项目表》，本项目作为揭阳市惠来县境内的工程段，符合广东省完善内联外通的干线交通网和织密便捷惠民的城乡交通网的发展规划。本项目的建设符合《广东省综合交通运输体系“十四五”发展规划》。

6.4.1.2 与《揭阳市综合交通运输体系发展“十四五”规划》（揭府〔2021〕58号）符合性分析

《揭阳市综合交通运输体系发展“十四五”规划》“构建现代化综合立体交通网络”专题中指出：“十四五”期，紧扣市委市政府“建设宜居宜业宜游的活力古城、滨海新城，努力打造沿海经济带上的产业强市”发展定位，坚持以“联”促“通”，强化综合交通基础设施“硬”支撑，进一步优化网络布局，加快综合交通基础设施建设。提升普通国省干线网服务功能。加快国省道升级改造，消除瓶颈路，提高市区到区县交通运行速度，**加强区域内部交通联系，重点推进国道 G206 线揭阳新亨至地都段改建工程及国道 G238、G228、G235、G324、省道 S237 等线路升级改造。**

符合性分析：本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，项目已列入《揭阳市“十四五”交通基础设施建设项目表》，本项目是完善揭阳市和惠来县内联外通交通路网建设，作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。综上，本项目的建设符合《揭阳市综合交通运输体系发展“十四五”规划》的要求。

6.4.2 与国民经济和社会发展规划符合性分析

6.4.2.1 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》符合性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出：建设现代化综合交通运输体系，完善便捷高效的区域交通网。完善覆盖广泛、通畅便捷的普通干线网，提升普通国省道、普速铁路运输服务水平，推进“四好农村路”提档升级，加快危桥改造，建成互联互通、功能完善的城乡基础交通网。……落实“一核一带一区”区域发展格局，珠三角核心引领作用全面提升，沿海经济带成为全省产业发展主战场，北部生态发展区绿色发展成效明显，基础设施通达程度和基本公共服务均等化水平进一步提升，人民基本生活保障水平差距显著缩小；以人为核心的新型城镇化质量明显提高，乡村振兴取得重大阶段性成效，城乡融合发展的体制机制和发展格局基本形成，城乡区域发展协调性明显增强。”

符合性分析：本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，本项目的建设符合广东省建设现代综合交通体系，有助于完善区域交通路网，提升运输服务水平。同时，本项目作为基础设施，有助于提升以人为核心的新型城镇化建设，增强城乡区域发展协调性，助力乡村振兴工程，同时为惠来县的产业规划、滨海旅游提供基础条件，促进与沿线旅游、产业、物流等关联产业融合发展，实现综合效益最大化。综上，本项目的建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》的要求。

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

《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》专栏 11 综合交通运输体系重点工程中提出，加快潮汕环线高速公路潮汕联络线延长线（京灶大桥）……国道 G206 改线工程、陆河至惠来高速公路、揭阳市区至揭西快速干线、惠来滨海公路等快速通道项目，以及一批国省道改造工程等规划建设。

加强农村基础设施建设。加强农村路、水、电、信等基础设施补短板建设。加强“四好农村路”建设，切实提高农村公路路况水平和技术水平，逐步消除交通

瓶颈路段和穿越城镇的交通拥挤路段，完善连接交通枢纽、国道、省道、中心镇、旅游景区的公路建设。

符合性分析：本项目为国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程，符合揭阳市综合交通运输体系建设规划，有助于完善区域交通路网和补齐农村基础设施建设，助力乡村振兴工程。本项目作为《惠来县国省道升级改建工程》的子工程，纳入了揭阳市“十四五”规划重点项目。综上，本项目的建设符合《揭阳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

6.4.3 与生态环境保护相关规划符合性分析

6.4.3.1 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省生态环境保护“十四五”规划》中指出：“大力优化交通运输结构。积极引导大宗货物运输“公转铁”“公转水”，推动交通运输结构性节能减排。推进多式联运通道化发展，强化与综合交通枢纽、产业集聚区、物流产业园的联动衔接，以港口、铁路等大型枢纽场站为依托，完善铁水、公铁、水水等联运设施。严格控制陆源污染，持续加强入海污染治理，强化河口海湾环境综合整治，深化港口船舶、海水养殖、海洋垃圾等污染治理。统筹海洋生态保护和资源开发利用，加强自然岸线、滨海湿地、典型海洋生态系统保护修复，强化陆海一体生态保护。”

符合性分析：本项目位于滨海复合功能产业地区，是连接沿海主要镇区之间及沿线产业园的主要交通通道。本项目作为交通基础设施，有助于畅通惠来县内联外通公路体系的需要，更好服务于一城两园（粤东新城、大南海石化工业园和惠来县临港产业园）和中石油原油码头，对惠来神泉渔港及特色鲍鱼水产养殖业提供交通运输集散条件，提升以人为核心的新型城镇化建设，增强城乡区域发展协调性，助力乡村振兴工程，有利于推动惠来、揭阳的“生活+交通+产业+旅游”融合新业态发展。

本项目用海桥段跨越惠城运河，用海范围内岸线长度为 110.91m，均为人工岸线；实际用海桥段跨越人工岸线长度 71.17m，其中，大桥跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m，跨越石化大道侧人工岸线 33.26m。两侧大桥均为直接跨越，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。

项目桥墩间距较大，对该区域水动力环境影响有限；桩基施打、拔除过程中产生的悬浮物扩散影响范围较小，随着施工结束，悬沙影响也随之消失；项目施

工期间产生的污染物均收集上岸处理，不直接排海，项目营运期除车辆燃料尾气及路面扬尘外，基本不涉及污染物排放，不会对该海洋生态环境系统造成不良影响。项目完工后，所在水域海洋生物系统会重新形成，对于施工造成的海洋生物资源损失影响，建设单位将采取一定措施进行生态补偿，可见，项目用海未造成海域海洋生态环境的恶化，对区域海洋生态系统的影响是可接受的。整体上，本项目建设不会对所在区域功能、资源、环境等造成不良影响。

综上，本项目的建设符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》优化交通运输结构及海洋环境保护的相关要求，符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》。

6.4.3.2 与《广东省水生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省水生态环境保护“十四五”规划》中实施水环境差别化管控专题对粤东诸河提出：推进陆海统筹，加强河口湿地及河湖生态缓冲带建设，解决水生境退化问题。推进黄江河水生态系统修复示范工程，提升水生态环境状况。

符合性分析：本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁，实际仅桥墩和承台会占用海域面积，占用海域面积积极小，不会对海洋功能产生明显不良影响。本项目用海桥段直接跨越人工岸线，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。因此，本项目的建设不会对造成河口生态环境功能退化等不利影响，符合《广东省水生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

6.4.3.3 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》提出：构筑蓝色海洋生态屏障。加强重要河口、海湾、海岛以及红树林、珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统保护修复，推进沿海防护林、生态海堤等海岸防护体系建设，构筑蓝色海洋生态屏障。……依托“六湾区一半岛五岛群”的海洋空间格局，打造形成陆海一体、协同有序、绿色活力的海洋空间。划定海洋生态空间和海洋开发利用空间，严守海洋生态保护红线。加大海岸带、海湾、海岛等海洋生态空间的保护力度，实行分类保护。统筹布局和优化提升海洋生产、生活、生态空间，提高人工岸线利用效率，严格限制建设项目占用自然岸线。严格落实国家围填海管控政策，除国家重大项目外，全面禁止围填海。”

符合性分析：本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨

海桥梁，不涉及围填海。本项目用海范围不涉及红树林、珊瑚礁和海草床等典型生态系统。本项目实际仅桥墩、承台会占用海域面积，占用海域面积积极小，不会对海洋功能产生明显不良影响。本项目建设不涉及自然岸线，用海桥段直接跨越人工岸线，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。综上，本项目的建设不会对造成河口生态环境功能退化等不利影响，符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

6.4.3.4 与《揭阳市生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

《揭阳市生态环境保护“十四五”规划》指出以下要求：

(1) 加强海洋资源保护利用。坚持生态用海、集约用海原则，落实海洋生态空间和开发利用空间管控要求，严格空间准入，严守海洋生态保护红线。整合优化海洋产业布局，统筹考虑重大战略规划用地用海需求，优先发展海洋战略新兴产业。加强海岸带综合保护，坚守自然岸线保有率底线，恢复岸线的自然和生态功能。

(2) 推进海洋生态修复。强化海岸带、近海海域生态系统保护与修复，优化滨海生态空间，打造海岸带综合保护和利用示范区。加快红树林、沿海防护林建设，保护自然生态岸线。

(3) 优化城市交通运输。完善城市综合交通规划、设计，大力开展城市交通建设、交通结构、交通组织的优化工程，提升城市道路交通和停车系统智能化和精细化管理水平，提高道路通行效率，减少因拥堵而加剧的机动车尾气污染……

符合性分析：本项目作为交通基础设施，有助于畅通惠来县内联外通公路体系，提高道路通行效率，减少因拥堵而加剧的机动车尾气污染。本项目用海范围不涉及海洋生态保护红线、红树林等海洋环境敏感区，项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁，实际仅桥墩和承台会占用海域面积，实际占用海域面积的比例极小。本项目不占用自然岸线，用海桥段以直接跨越的形式跨越现有人工岸线，不会改变现状岸线形貌，不会影响其生态功能。综上，本项目的建设有助于提高道路通行效率，减少因拥堵而加剧的机动车尾气污染，也不会对海洋功能产生明显不良影响。因此，本项目的建设符合《揭阳市生态环境保护“十四五”规划》。

6.4.4 与《揭阳港总体规划（2035年）》符合性分析

根据《揭阳市人民政府关于印发揭阳港总体规划（2035年）的通知》（揭府函〔2023〕84号），揭阳港划分为惠来沿海港区和榕江港区，其中惠来沿海港区包括南海、神泉、前詹、资深、靖海5个作业区。本项目下游为惠来沿海港区神泉作业区，其岸线总长度为4.3km，根据叠图分析，本项目用海范围距离神泉作业区的距离较远，项目建设不占用其港口岸线，符合《揭阳港总体规划（2035年）》的要求。

（内容不公开）

图 6.4-6 本项目与揭阳港惠来沿海港区神泉作业区位置关系图

6.4.5 与《揭阳市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》符合性分析

根据《揭阳市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》，揭阳市将水域滩涂划分为禁养区、限养区和养殖区，禁养区范围内禁止任何单位和个人进行水产养殖；限养区指在一定区域内，结合区域环境容量等环保要求，限定水产养殖规模和密度的区域；养殖区为禁养区和限养区以外的区域。

根据《揭阳市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》，本项目所在区域划定为禁养区，禁止进行水产养殖，根据现场调查，本项目所在区域现状无水产养殖企业和个人。本项目的建设符合《揭阳市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》。

（内容不公开）

图 6.4-7 本项目与揭阳市养殖水域滩涂规划位置关系图

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 选址区位和社会条件适宜性分析

根据《关于构建“一核一带一区”区域发展新格局促进全省区域协调发展的意见》，揭阳市是“一核一带一区”发展战略先行区、广东沿海经济带主战场、“粤东新发展极”，惠来县的总体发展定位为“揭阳滨海新区、粤东增长极”。

G228（丹东线）为《国家公路网规划》的国家普通国道网北南纵线，本项目靖海月山至石化大道段是规划的国道 G228 线惠来段的一部分。目前本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项目。本项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。

本项目线位贯穿靖海、前詹、神泉、东陇和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点。同时，惠来县作为揭阳市沿海经济区的主战场，西接汕尾，东接汕头，具备良好的区位优势。本项目的建设对于实现产城联动，加速惠来县经济发展，构建“一核一带一区”区域发展新格局，将惠来县建设成为国家级临海产业重要集聚区、滨海产城融合绿色发展实践区均具有重要意义。

项目选址区位优势明显，周边基础设施完善，陆路及水路四通八达，集疏运便利，尤其是水运条件十分优越，水、电、通讯均可通至施工地点。选址区域的地理位置、基础设施和区域社会条件满足项目建设的需求。本项目各方面施工条件均已具备，施工条件良好。

综上所述，本项目符合相关规划，选址区位和社会条件适宜，其选线是合理的。

7.1.2 选址与自然资源和生态环境的适宜性分析

（1）工程地质条件适宜性分析

根据勘察成果及区域地质资料，场地总体属抗震不利地段，场地稳定性差，岩土种类多，场地地基对工程建设影响最大的主要是软土，工程性质差，工程建设适宜性为差。

根据桥位区岩土层分布情况等地质条件，基底由花岗岩及其风化层组成，属较硬岩，桥位区墩台桩基基础建议采用端承桩，以中风化岩为桩端持力层，但注意不可将孤石误判为基岩作为桩基持力层。

基于上述，在工程设计及建设时做好安全防护工作的前提下，场地可进行拟建桥梁工程的建设。

(2) 水动力条件适宜性分析

项目所在海域大潮期间涨潮流流速的平均值在 5.4 cm/s~14.8 cm/s 之间，落潮流流速的平均值在 3.6 cm/s~12.4 cm/s 之间，水动力条件较弱，有利于项目工程建设。

工程实施后，桥墩之间海域流速有所增强，桥墩上下游小范围区域流速有所减弱，其它区域流速变化不大。由于桥址所在河道断面宽阔，桥墩尺寸阻水面积相对较小，神泉大桥建设对桥址所在河道水动力影响不大，工程前后流速变化大于 0.1 cm/s 的影响范围为桥轴线上游 800m，下游 120m 内。神泉大桥建设对附近水域流场的影响仅限于桥位上、下游小范围河段内，对桥梁所在惠城运河的整体流场影响很小，可以认为本项目对工程海域的水动力环境不产生明显影响。

因此，项目选址在此建设对附近海域的水动力条件的影响不大。

(3) 地形地貌与冲淤条件适宜性分析

本项目实施后，大桥桥墩上、下游小范围海域流速减弱，海床总体呈淤积态势，最大淤积厚度约 0.158m/a；桥墩之间的过流通道则因流速增大呈冲刷态势，最大冲刷深度约 0.057m/a。冲淤厚度大于 0.01m/a 的海域在桥墩上游 50m~下游 80m 范围内。

总体而言，本项目对周边海域的冲淤影响主要位于大桥桥墩附近小范围海域，年冲淤厚度不大，对附近航道及环境敏感目标的冲淤影响均较小。

(4) 生态环境适宜性分析

本项目用海对生态系统的影响主要为大桥桥墩、栈桥及平台桩基施工的影响。桥墩及桩基施工会直接破坏底栖生物生境，将掩埋底栖生物栖息地，导致大多数

运动能力较弱的底栖生物死亡；打桩会导致施工区局部水域悬浮泥沙浓度升高，在一定时间周期内影响海洋生物的生长，甚至导致海洋生物死亡。此外，施工过程中产生的噪声也会对海洋生物的行为等产生一定的影响。

建议工程建设单位配合渔业主管部门通过适宜本海域的方式进行生态资源补偿。项目在采取一定补偿措施以及环保措施的前提下，工程建设与其所在海域的生态系统相适宜。

7.1.3 项目用海潜在的、重大的安全和环境风险分析

根据 4.5 节风险识别可知，项目用海潜在的、重大的安全和环境风险主要有热带气旋、地质灾害等所引起的安全和环境风险。

项目濒临南海，是海洋灾害的重灾区。一旦遭遇热带气旋等极端天气，施工物料极易入海，可能会对海洋环境造成较大的影响。因此，应严格按照相关规范、施工计划、天气情况做好防风抗浪准备。

根据《公路工程抗震规范》JTG B02-2013，场区场地类别为 III 类，调整后场地基本地震动峰值加速度为 0.125g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.55s。桥位区属冲积平原区，软弱土和液化土发育，场地属建筑抗震不利地段。且不良地质现象有饱和砂土液化、软土震陷、潜在的浅层气、岸坡稳定性。特殊性岩土主要有填土、软土、花岗岩残积土、孤石等。项目建设需按照国家的相关抗震规范进行设计施工，建立必要的地震灾害应急机制。

惠城运河航道为规划六级航道，现场踏勘未发现船舶航行，目前尚未形成航路。本项目施工无施工船，且本项目在设计时已考虑了航道通航，因此溢油事件发生概率极低。

综上所述，本项目用海存在一定的风险，但发生概率很小，且在严格执行本报告提出防范措施的前提下，项目无潜在的、重大的安全和环境风险。

7.1.4 选址与周边其他用海活动和海洋产业的协调性分析

根据 5.1 节的分析，本项目可能影响到的用海活动有项目两岸高位养殖塘、西港海堤和东陇海堤，由此界定项目利益相关者为高位养殖业主，需协调的部门揭阳市惠来县水利局。

建设单位须按照本报告 5.3 节所提的协调方案进行后续利益相关者的协调沟通，在此前提下，项目选址与周边其他用海活动和海洋产业是可协调的。

7.1.5 选址方案比选

(1) 起终点

国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程起点位于靖海镇月山村东侧，与国道 G228 线仙庵至靖海月山段相接，终点止于石化大道，与国道 G228 线溪西至览表段相接，见图 7.1-1。

(2) 主要控制点

路线主要控制点有：

现状及在建：揭惠高速、国道 G238、省道 S235、县道 X105、庆平路、科教西路、输油管线、汕汕高铁（在建）、揭惠铁路（石化专用线）、广东工业大学揭阳校区、新老龙江及其支流、惠城运河、罗溪水、溪东河一级水源保护区（在调）、基本农田、高压电塔及沿线房屋等。

规划：陆惠高速、揭惠铁路（大南海通用码头专用线）、国道 G228 线仙庵至靖海月山段、国道 G228 线溪西至览表段、西外环路、惠来县路网规划、大南海规划、临港产业园规划和赤岭水闸等。

(3) 线位比选

项目工可设计报告布设了 K 线、A 线、B 线、C 线、D 线、E1 线、E2 线、E3 线、E4 线、E5 线、E6 线、F 线共 12 条线位，同时对项目线位进行了深入的方案比选。

项目最终选定线位走向为 K 线，在线路各功能区间段分别开展了与其它选线等进行了对比，在跨越惠城运河段，线位跨越海域不涉及控制因素，无须比选，项目选线具有唯一性（详见图 7.1-2）。

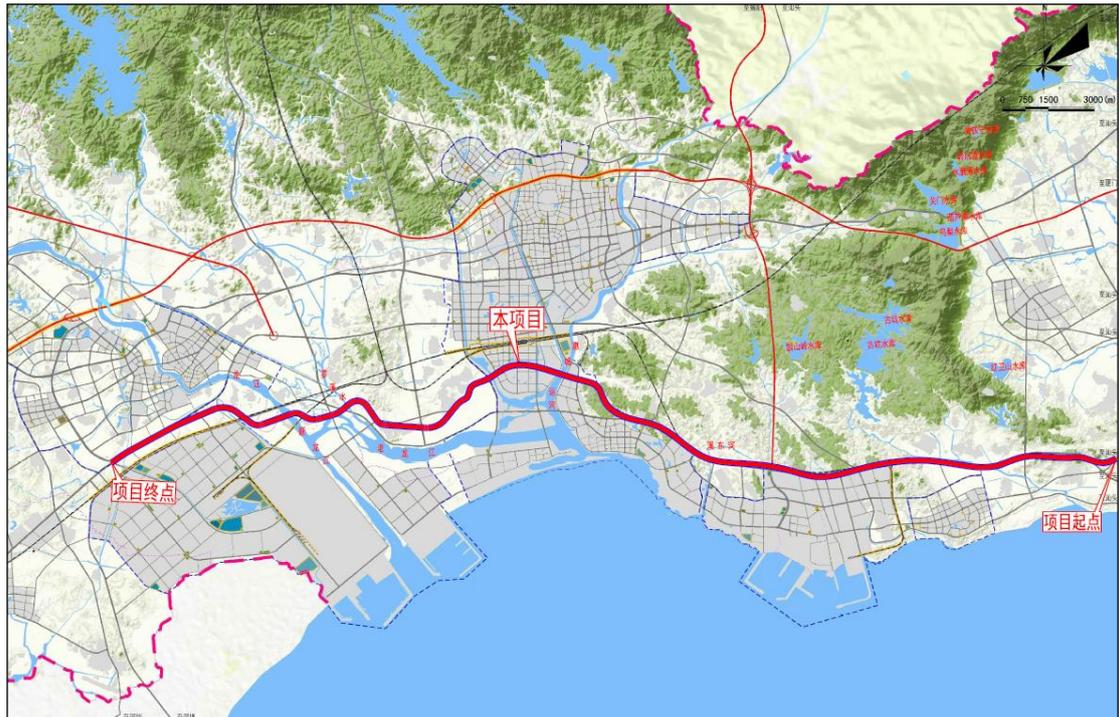


图 7.1-1 项目起终点示意图

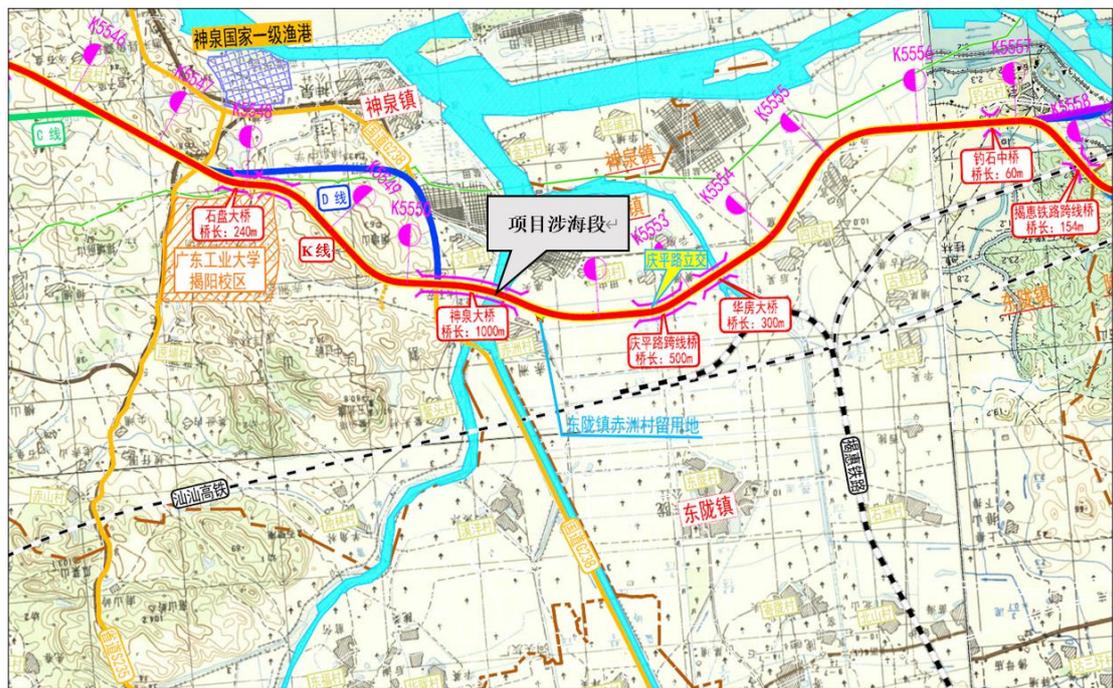


图 7.1-2 项目涉海段附近线位比选方案示意图

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1.1 平面布置体现集约、节约用海的原则

本项目平面布置充分的体现了集约节约用海的原则，主要有以下几方面。

(1) 项目全线线路方案根据其功能适应性、规划符合性、对环境的影响、经济性、风险等多方面综合比选得出，海上线路服从全线线路方案。用海桥段跨越惠城运河，与既有道路相衔接，与水流方向基本垂直，符合相关规划与标准。

(2) 根据项目在路网中的地位和作用，考虑交通量预测结果、地形地质条件、道路通行能力及服务水平分析、与前后路网的衔接、技术指标适应性等各方面因素，依据《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)，综合考虑各比选因素，推荐本项目大桥采用双向六车道，设计速度 80km/h。

(3) 惠城运河航道为规划内河六级航道，通航净高 6.0m，通航孔宽度 40m，通航孔范围内梁底高程不低于 9.09m。为减小对通航的影响，桥梁充分考虑了跨度及净空要求，本项目神泉大桥设计通航净高 6m，通航孔净宽 40m。

(4) 项目施工临时设施的平面依托大桥线路建设，其设置主要服务于大桥建设需求，栈桥及施工平台的建设是必要的。栈桥及施工平台设置在主桥用海范围内，不单独申请用海，体现了集约节约用海原则。

(5) 项目平面布置充分利用了现有的海洋资源，并结合当地的地形地貌特征，选用了合理的平面布置，体现了工程与海洋环境的统一协调。

综上所述，本项目平面布置体现了集约节约用海的原则。

7.2.1.2 平面布置最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目总平面布置紧凑、科学合理，主体工程用海方式为跨海桥梁，不影响潮流通过该片海域，在构筑物周边局部海域流速及流向将发生细小的变化，但对整个海区水动力环境影响不大。

本项目总平面布置方案充分考虑本工程区域的水文条件，因地制宜，合理利用水域自然条件。从数模计算结果来看，项目对水动力、泥沙冲淤环境影响均不大，因此，项目平面布置能最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

7.2.1.3 平面布置有利于生态和环境保护

本项目桥墩及桩基设置增加了该海域海洋生物生活及觅食的立体空间，有利于增加海洋生物的多样性。项目平面结合周边自然环境条件设计，有利于当地海

洋生态和环境的保护。

7.3 用海方式合理性分析

7.3.1.1 用海方式对维护海域基本功能合理性分析

项目采用跨海桥梁用海方式，主桥墩及引桥桥墩将直接插入海底，该部分海域底栖生物将直接被掩埋，彻底改变该海域的属性，不利于维护海域基本功能，但由于桩基占用面积相对较小，桥墩对水动力环境影响较小，因此除桥墩外，跨海大桥用海方式总体上可以维护海域的基本功能。但考虑项目施工期生产及生活污水会对海域水质产生一定影响，因此建设单位必须严格采取污染防治措施控制污染物入海，则项目的用海方式能维护海域基本功能。

本项目施工栈桥和施工平台位于用海桥段用海范围内，不重复申请用海。其用海方式为透水构筑物，与跨海桥梁类似，除了桩基直接插入海底，不利于维护海域基本功能外，施工栈桥对海域的基本功能影响不大。此外，施工结束后，施工栈桥将会拆除，占用海域将会逐渐恢复基本功能。因此，透水构筑物用海方式总体上能维护海域的基本功能。

7.3.1.2 用海方式对减少对水文动力环境、冲淤环境的影响合理性分析

项目跨海桥梁用海方式能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。施工用海设施仅为施工所用，大桥施工完成后，随即拆除。

基于上述，本项目用海方式对水动力环境、冲淤环境影响不大。

7.3.1.3 用海方式对保持自然岸线和海域自然属性合理性分析

项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。跨越方式不破坏现状岸线，有利于保护现状岸线。施工栈桥占用人工岸线，项目施工结束后，施工设施予以拆除，恢复岸线及其周边自然景观。

项目用海跨海桥梁桥墩将占用一定面积的海域，使得该海域自然属性丧失，本项目桥跨设计考虑了规划六级航道通航需求，已尽可能减少对海域自然属性的破坏。

7.3.1.4 用海方式对于保护和保全区域海洋生态系统合理性分析

项目用海方式为跨海桥梁用海。桥墩及桩基也会占用一定的海域，破坏底栖生物的生活环境。施工过程中产生的悬浮泥沙也会对海洋中的浮游生物、底栖生

物以及游泳生物产生一定的影响,由于施工时间不长,悬沙浓度及扩散范围有限。此外,桥墩及桩基设置增加了水体的空间层次,有利于生物附着、生长、产卵、繁殖、躲避敌害,可保持该水域的生物多样性。

经计算,各类渔业资源直接损失如下:底栖生物损失量为 3.45kg;工程施工引起的悬浮物将造成游泳生物损失量为 0.26kg,鱼卵损失量为 8.3×10^3 粒,仔稚鱼损失量为 1.54×10^3 尾。

本报告建议通过生态补偿,把项目施工过程中对海洋生物资源不可避免的损害进行补偿,即通过生态恢复的方式,如增殖放流等,补偿生态的损失,使项目周围海域在工程后能够逐步恢复原来的生态状况,保持区域海洋生态的平衡。

7.3.1.5 用海方式方案比选

本项目采用跨海桥梁方式比采用筑堤方式更合理。

筑堤架公路桥的用海方式为非透水构筑物,非透水构筑物用海方式对海域生态系统等的影响较大,而采用跨海桥梁方式仅桥墩占用海域,能保持海域水流畅通,尽可能维持海域自然属性。

《海域使用论证技术导则》中要求,根据用海项目的性质和规模,按照相关标准或规范要求,遵循尽量少占用海域资源、保护海洋生态与环境的原则进行平面设计布局和理性分析,尽量减少填海等对海洋资源、环境影响较大的用海方式在整个用海项目中的比例。因此,采用跨海桥梁方式更符合科学用海的原则。

综上所述,跨海桥梁用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

(1) 项目占用(跨越)岸线情况

① 大桥占用(跨越)岸线情况

本项目用海桥段跨越惠城运河,大桥桥墩距靖海月山侧海岸线最近为 12.9m,距石化大道侧海岸线最近为 10.0m,跨两岸堤防时,桥梁梁底高程不低于 9.7m。

经量算,大桥用海范围跨越靖海月山侧人工岸线 57.98m,跨越石化大道侧人工岸线 52.92m。大桥构筑物实际跨越靖海月山侧人工岸线 37.91m,跨越石化大道侧人工岸线 33.26m,两侧大桥均为直接跨越,不会改变现状岸线形貌,不会影响其生态功能。

② 施工栈桥占用(跨越)岸线情况

本项目施工栈桥分为两段，一段临近靖海月山侧堤岸，另一段临近石化大道侧堤岸，但均不与岸线直接接触，且栈桥均位于主桥用海范围内，施工活动结束后，将对施工栈桥进行拆除，对原有岸线形貌进行恢复。

项目占用（跨越）岸线见图 7.4-1 和表 7.4-1。

表 7.4-1 项目用海占用（跨越）岸线信息一览表
(内容不公开)

(2) 岸线占补情况分析

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知（粤自然资规字〔2025〕1号）》，海岸线占补是指项目建设占用海岸线（包括大陆岸线和海岛岸线，均包含自然岸线和人工岸线）导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行海岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现海岸线占用与修复补充相平衡。具体占补要求为：大陆自然岸线保有率低于或等于国家下达我省管控目标的地级以上市，建设占用海岸线的，按照占用大陆自然岸线 1:1.5、占用大陆人工岸线 1:0.8 的比例整治修复大陆岸线；大陆自然岸线保有率高于国家下达我省管控目标的地级以上市，按照占用大陆自然岸线 1:1 的比例整治修复海岸线，占用大陆人工岸线按照经依法批准的生态修复方案、生态保护修复措施及实施计划开展实施海岸线生态修复工程；建设占用海岛自然岸线的，按照 1:1 的比例整治修复海岸线，并优先修复海岛岸线。

根据《广东省自然资源厅关于做好海岸线占补历史信息核对工作的通知》（自然资海域〔2021〕1879号）附件 2 岸线统计表注释，以下情况可不纳入占用岸线：（1）粤府办〔2017〕62 号文印发前已办理初始登记，之后申请变更事项不涉及改变海岸线原有形态或生态功能的项目；（2）申请续期且所占用岸线无新增的项目；（3）三年内予以拆除且到期可将海岸线恢复至原状的施工附属设施；（4）建设过程不造成岸线原有形态或生态功能改变的项目，如空中跨越或底一穿越的跨海桥梁、海底隧道、透水构筑物、海底电缆管道，无害对海岸线进行改造施工的港池、蓄水，以及离岸取、排水口；（5）用海方式为开放式的项目，如开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式。

本项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，跨越方式不破坏现状岸线，有利于保护现状岸线，不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，无需进行岸

线占补。本项目施工栈桥不直接与岸线接触，且均位于用海范围内，项目施工期为 20 个月，大桥建成后，将对施工栈桥进行拆除，对原有岸线形貌进行恢复，根据《广东省自然资源厅关于做好海岸线占补历史信息核对工作的通知》（自然资源海域〔2021〕1879 号），无须实行岸线占补。

基于上述，本项目用海无须实施岸线占补。

(内容不公开)

图 7.4-1 项目占用(跨越)岸线示意图

7.5 用海面积合理性分析

7.5.1 用海面积合理性分析

7.5.1.1 项目用海面积符合项目用海需求

(1) 项目用海基本分析

根据《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程（国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程可行性研究报告》，本项目路网连接线均为一级公路，从服从规划和衔接的路网的角度来看本项目采取一级公路技术标准是合适的。

结合交通量预测结果，同时考虑到本项目连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）和中石油原油码头，项目的建设有助于实现产城联动，加速惠来县经济发展，为了保障道路通行能力并提高服务水平，有效利用通道资源，本着“适度超前”的原则，建议项目采用双向六车道。

依据《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）相关规定，设计速度为 80km/h 的一级公路行车道宽度为 3.75m；根据《公路路线设计规范》（JTGD20-2017），本项目右侧硬路肩取 3m。则推荐主桥预应力砼连续梁桥标准横断面宽度如下：0.5m（护栏）+3m（硬路肩）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+0.5m（路缘带）+2m（中间分隔带）+0.5m（路缘带）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3.75m（车行道）+3m（硬路肩）+0.5m（护栏）=32.5m。

根据项目车道布设、路基宽度、跨海长度以及设计要求，项目跨海大桥（跨海桥梁）申请用海面积 1.0291 公顷满足项目需求。此外，施工栈桥用海可保证项目跨海大桥的顺利建设。

(2) 用海面积符合项目用海合理性分析

跨海桥梁的用海面积既要考虑项目的实际用海需求，同时也要按照《海籍调查规范》来确定其用海范围。

项目跨海桥梁采用 38+64+38m 三跨预应力混凝土连续梁桥跨越惠城运河，桥面总宽度 32.5m，涉海长度 194m，双向六车道。

根据《海籍调查规范》，本跨海大桥用海面积是根据桥面外缘线垂直投影向两侧外扩 10m，并结合 2022 年省政府批复岸线闭合区间计算所得。在大桥线路合理且满足要求的前提下，项目用海面积符合用海需求。

7.5.1.2 项目用海面积是否符合相关行业的设计标准和规范

本项目在工程可行性研究阶段是以交通部《公路工程技术标准》(JTG B01-2014)及《公路路线设计规范》(JTGD20-2017)等现行有关行业标准,以技术和经济相统一的原则,确定了各项用地经济指标的。设计中同时考虑国家通用规范、行业规范对本工程进行论证分析,确保结构安全、经济、适用并满足安全性、抗灾害性等要求。因此项目用海面积基本符合相关行业的设计标准和规范。

7.5.1.3 项目用海减少海域使用面积的可能性

本项目其他用海内容面积的合理性在 7.3.1 中已做阐述,其用海面积不仅满足项目本身的用海要求,而且基本符合相关行业的设计标准和规范。

为满足神泉大桥的建设需要,须在堤岸两侧设置施工主栈桥,同时在桥墩周围设置支栈桥和施工平台。上述施工用海均位于用海桥段用海 10m 外扩线内,将不再重复申请用海。

基于上述,本项目申请用海面积已体现了节约海洋资源的精神,避免了过度占海对周边用海活动及资源的影响,项目用海面积不宜减少。

7.5.2 宗海图绘制

本项目宗海位置图是以人民交通出版社股份有限公司发行 2021 年 12 月第 3 版出版的 82001 号海图为底图(石碑山角及红海湾,CGC2000 国家大地坐标(航海用途等同于 WGS-84 世界大地坐标系),深度.....米.....理论最低潮面,高程.....米.....1985 国家高程基准,比例 1:150000,墨卡托投影,基准纬度 22°42')。先将海图进行配准,然后根据总平面布置的具体位置获取界址点坐标(CGCS2000 坐标系),在同一坐标系下,将用海位置叠加之上,最后添加《海籍调查规范》上要求的其他海籍要素,形成该项目国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程宗海位置(见图 7.5-1)。

本项目宗海界址图以项目总平面布置图为底图,根据《海籍调查规范》的宗海确定方法,结合项目平面布置图、横断面图,2022 年省政府批复岸线,确定各用海界址点坐标(CGCS2000 国家大地坐标系)。按照《海籍调查规范》的要求补充其他海籍要素,规范图框和文字等的格式,形成大比例尺的宗海界址图。项目用海共 1 宗,即国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程神泉大桥。项目宗海位置图见图 7.5-1,宗海界址图见图 7.5-2,宗海平面布置图见图 7.5-4。

(内容不公开)

图 7.5-1 项目用海宗海位置图

(内容不公开)

图 7.5-2 项目用海桥段用海宗海界址图

(内容不公开)

图 7.5-3 项目用海宗海界址图 (附表)

(内容不公开)

图 7.5-4 项目宗海平面布置图

7.5.3 项目用海面积量算

7.5.3.1 宗海界址点的确定

界址点 1 为主桥外扩 10m 线与 2022 年省批复岸线的交点，界址点 2~17 为主桥外扩 10m 线上的拐点，界址点 18、19 为主桥外扩 10m 线与 2022 年省批复岸线的交点，界址点 20~33 为主桥外扩 10m 线上的拐点，界址点 34 为主桥外扩 10m 线与 2022 年省批复岸线的交点，界址点 35 为主桥外扩 10m 线的拐点。

折线 1-2-...-34-35-1 围成国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程主桥用海界址范围。

7.5.3.2 用海空间情况

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权，可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。

本项目用海类型属于跨海桥梁用海，设计已考虑下方惠城运河通航需求，此外，本项目用海范围内无用海权属冲突，因此暂不考虑设置立体确权，未来该海域其他项目需要使用本项目下方海域特定层空间的，应按照国家及地方关于海域使用权立体分层设权的要求开展。

7.5.3.3 用海面积量算

项目用海面积的量算是各界址点在 CGCS2000 坐标系，高斯投影（中央经度为 116°30'E）下的面积。本项目面积量算采用 ArcGIS 软件对各用海单元形成的封闭区域进行面积查询，得出本项目用海桥段用海面积 1.0291 公顷，因此该项目用海界址点的选择和面积的量算符合《海籍调查规范》。

7.6 用海期限合理性分析

根据《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程工程可行性研究报告》，神泉大桥设计使用年限为 100 年。同时，本项目为公益性项目。按照《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定公益性项目最高用海期限为 40

年。综合项目设计年限和海域使用管理的规定，项目用海桥段申请用海期限为 40 年是合理的。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

综上所述，本项目申请的用海期限是合理的。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 项目用海主要生态问题

本项目为跨海桥梁工程，经第4章分析，项目用海直接引起的生态问题包括以下3方面：

(1) 项目建设环境影响

项目施工期一定时间内将导致局部海域悬浮泥沙升高，同时也会产生生活污水、施工废水及垃圾，若处理不当，将会影响海域环境。

(2) 项目建设占用海洋生物栖息环境

本项目跨海桥梁桥墩和施工栈桥及施工平台桩基将会直接占用一定范围的海域水体及底土空间，挤占海洋生物生存空间，破坏海洋生物栖息环境。

(3) 项目建设将导致部分海洋生物资源受损

项目建设在挤占海洋生物生存空间的同时，也会直接将部分运动能力较弱的海洋生物直接掩埋，造成直接损失。此外，项目施工过程中产生的悬浮泥沙也会降低水体透明度，影响浮游植物生长，减少局部海域初级生产力，进而影响下游其他生物的生物量。高浓度的悬浮泥沙也会对浮游动物、游泳生物造成物理损伤或生理损伤，进而影响其生长发育，造成浮游动物和游泳生物资源量的减少。

8.1.2 生态保护对策

8.1.2.1 生态环境保护对策

本项目拟采用以下生态保护措施：

(1) 严格落实施工期环境保护措施

① 采用先进的施工工艺控制悬浮泥沙入海，钻孔灌注桩施工作业采用钢围蔽施工方法。

② 控制施工队伍生产、生活污水及船舶垃圾的排放，生活污水通过槽车定期送附近污水处理厂处理，生活垃圾由当地环卫部门收集处理。

③ 对施工过程中产生的泥浆、钻渣进行合理处置，由封闭式装卸式汽车外运至运输至本项目其他需要填方的路段进行填埋。

④ 施工期生活污水可统一收集上岸处理。

⑤ 强化施工期的环境管理，倡导文明施工。施工期间产生的建筑、生活垃圾不得随意堆放和抛弃，应定点堆放收集、及时清运。禁止向海域随意倾倒垃圾和弃土、弃渣。

(2) 营运期环境保护措施

①对桥面初期雨水进行收集，经沉淀池沉淀后就近排入海洋；

②加强大桥运行交通管理，控制车速，减少因交通事故发生而引起的海域污染；

③大桥通航孔及附近海域配备必要的导助航等安全保障设施，降低船舶碰撞引发燃料油泄漏的概率；

④制定油品、化学品泄漏事故应急预案，详细制定预防和事故处理措施。

8.1.2.2 区划实施对策措施

依照《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，海域使用权人不得擅自改变经批准的海域位置、海域用途、面积和使用期限。海洋产业的发展必须符合海域开发利用与保护总体规划的要求，以保护海洋资源和海洋功能为前提，按照中央和省的有关法律、法规和政策开发利用海洋，对违反规定造成海洋污染和破坏生态环境的行为，应追究法律责任。

(1) 本项目位于游憩用海区，空间准入方式包括风景旅游、文体休闲娱乐等，并可兼容海底电缆管道、航运、路桥隧道、海洋保护修复及海岸防护工程等用海。本项目方式为跨海桥梁，符合其空间准入要求，且项目用海与其他用海无权属冲突。

(2) 在项目用海实施前，施工单位应制定各种防范措施，在项目用海过程中，避免采用可能严重损毁海洋功能的开发利用方式。其次，要求在项目用海过程中，根据区域监测与评价结果，针对海洋功能损毁的成因及趋势，对海洋开发利用方式进行适当调整，修复并维护应有的海洋功能。第三，要求在项目用海过程中，如遇海洋功能遭受严重损毁，且无有效的修复办法等评价结论，应妥善终止项目用海。

(3) 建设用海工程必须按照《中华人民共和国海域使用管理法》《中华人民共和国海洋环境保护法》中海域使用管理和海洋环境保护要求，制定严格的各项

管理制度和管理对策，执行海洋使用可行性论证制度、环境评价制度和环境监测制度，做好环境保护和安全维护工作，保证工程对海洋环境的影响最小。同时，也要采取相应的措施，防止其它功能区对工程所在区域功能区的损害，并且，应妥善处理施工所产生的污水、生活垃圾等废弃物，减少对海洋环境的污染和本海区航运的影响。

(4) 项目用海应严格按照批准的用海位置、海域用途、面积和使用期限，避免超范围用海、擅自改变海域用途和面积，施工用海构筑物应在用海期届满前拆除，并在用海期届满后主动注销。

(5) 应加强施工期监测，落实本项目涉及的生态系统状况和生境关键要素的跟踪监测，同时做好生态补偿工作。

项目用海单位须遵守各项用海制度，落实相关用海要求，接受自然资源主管部门的监管。当发现有超出海域使用范围，改变海域使用性质，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。本项目在区划实施方面是可以顺利开展的。

8.1.2.3 开发协调对策措施

本项目利益相关者为高位养殖业主，需协调的部门揭阳市惠来县水利局和航道管理部门。

建设单位应在项目施工前与高位养殖塘养殖户取得沟通，提前发布施工公告，使其错开取水时间可解决，则基本不影响高位养殖塘取水水质。

建设单位应在项目施工过程中严格控制施工作业带范围，不占用航道区域，设置临时航标等助航标志，则基本不影响航道通航。

揭阳市惠来县水利局关注项目用海对堤防安全与正常运行维护及防汛抢险影响。建设单位应在施工过程中加强海堤结构稳定性监测，及时掌握变化情况，如遇险情应及时上报揭阳市惠来县水利局，并采取有效的防治与补救措施。

8.1.2.4 风险防范对策措施

为将自然灾害对项目的影响减至最低，建议工程施工采取以下的措施：

(1) 施工期间应尽量选择避开台风季节，在台风季节施工应做好各项防台抗台预案和安全措施，以减轻灾害带来的损失。

(2) 根据工程特点，编制相关抵御热带气旋和台风暴潮入侵的详细方案，

并严格贯彻执行。

(3) 按规定及时收听气象报告，警惕热带气旋预兆及“热带低压”的突然袭击。

(4) 工程完工后，应加强对岸堤稳定性监测，及时掌握工程海域稳定状况，把项目的用海风险和对环境影响降低到最小程度。

8.1.2.5 监督管理对策措施

1、海域使用面积监督管理对策措施

海域使用面积的监控是实现国有资源有偿、有度、有序使用的重要保障。加强海域使用面积监控可以防止海域使用单位和个人采取少审批、多占海，非法占用海域资源，造成海域使用金流失现象的发生；同时可以防止用海范围超出审批范围造成的海域资源不合理利用，造成海洋资源的浪费、环境的破坏以及引发用海矛盾等现象的发生。因此，进行项目用海的海域使用面积监控是非常必要的。

建设单位应该严格按照项目用海海域使用权证书核定的地点和范围进行现场施工，准确定位，详细记录。若发现工程建设内容偏离既定用海范围，应责令施工单位拆除超范围用海结构，重新核定用海范围，保证用海面积的合规性。同时，建议自然资源主管部门联合执法部门采取定期、不定期，抽查与普查相结合的形式对项目用海面积进行监控管理。

2、海域使用用途监督管理对策措施

按照《中华人民共和国海域使用管理法》第二十八条的规定，海域使用权人不得擅自改变经批准的海域用途；确需改变的，应当在符合海洋功能的前提下，报原批准用海的人民政府批准。

本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁用海。施工前，建设单位应向施工单位明确不得因施工便利擅自改变海域用途。如跨海桥梁用海不得存在填海造地或非透水构筑物用海方式，不得在接岸段采用填筑的方式形成非透水构筑物的施工便道替代施工栈桥。若须改变用途，须按程序向自然资源主管部门重新上报。

3、海域使用时间监督管理对策措施

建设单位应严格按照项目用海批复时间开展用海活动。本项目用海桥段申请用海期限为40年。

海域使用权期限届满，海域使用权人需要继续使用海域的，应当至迟于期限届满前二个月向原批准用海的人民政府申请续期。

4、海域使用动态监管

建议建设单位在项目施工建设阶段定期进行用海面积、位置和用途等的监视和监测，对项目所在海域的自然属性进行监测，包括岸线变化、岸滩冲淤、典型生态系统等。配合自然资源部门以及海上执法部门的监督及监管工作。

8.1.2.6 占用岸线恢复措施

根据前文分析，本项目神泉大桥跨越人工岸线长度 110.90m，项目不占用自然岸线。

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知（粤自然资规字〔2025〕1号）》，大陆自然岸线保有率低于或等于国家下达我省管控目标的地级以上市，建设占用海岸线的，按照占用大陆自然岸线 1:1.5、占用大陆人工岸线 1:0.8 的比例整治修复大陆岸线；大陆自然岸线保有率高于国家下达我省管控目标的地级以上市，按照占用大陆自然岸线 1:1 的比例整治修复海岸线，占用大陆人工岸线按照经依法批准的生态修复方案、生态保护修复措施及实施计划开展实施海岸线生态修复工程；建设占用海岛自然岸线的，按照 1:1 的比例整治修复海岸线，并优先修复海岛岸线。

根据《广东省自然资源厅关于做好海岸线占补历史信息核对工作的通知》（自然资海域〔2021〕1879号）附件 2 岸线统计表注释，以下情况可不纳入占用岸线：（1）粤府办〔2017〕62 号文印发前已办理初始登记，之后申请变更事项不涉及改变海岸线原有形态或生态功能的项目；（2）申请续期且所占用岸线无新增的项目；（3）三年内予以拆除且到期可将海岸线恢复至原状的施工附属设施；（4）建设过程不造成岸线原有形态或生态功能改变的项目，如空中跨越或底一穿越的跨海桥梁、海底隧道、透水构筑物、海底电缆管道，无害对海岸线进行改造施工的港池、蓄水，以及离岸取、排水口；（5）用海方式为开放式的项目，如开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式

本项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，跨越方式不破坏现状岸线，有利于保护现状岸线，不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，无需进行岸线占补。本项目施工栈桥不直接与岸线接触，且均位于用海范围内，项目施工期

为 20 个月，大桥建成后，将对施工栈桥进行拆除，对原有岸线形貌进行恢复，根据《广东省自然资源厅关于做好海岸线占补历史信息核对工作的通知》（自然资源海域（2021）1879 号），无须实行岸线占补。

本项目施工结束后，将及时拆除施工栈桥，并委托有资质单位在揭阳市惠来县水利局的指导下进行堤防稳固与结构安全检测，如有破损等情况，及时修复，修复完成后委托相关单位进行检测，确保海堤功能稳定与安全。

8.1.3 生态跟踪监测

根据《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资源办函（2022）640 号），对于涉及新建的填海用海、非透水构筑物用海（长度 ≥ 500 米或面积 ≥ 10 公顷）、封闭性围海（面积 ≥ 10 公顷）等严重改变海域自然属性的项目，核电、石化、油气、海上风电等可能对资源生态造成严重影响的项目，以及论证范围内涉及典型海洋生态系统的用海项目（包含珊瑚礁、红树林、海草床、盐沼、牡蛎礁等典型生态系统），应开展生态跟踪监测。

本项目用海不属于上述严重改变海域自然属性或可能对资源生态造成严重影响的项目，因此无须开展生态跟踪监测。但为及时准确地掌握项目建设过程中环境质量和污染源动态，及时发现存在问题，以便进一步修正、改进环保工程措施，更好的贯彻执行有关环保法律法规和环保标准，确实保护好环境资源和环境质量，实现经济建设和环境保护协调发展。本次论证根据本建设项目的工程特征和区域环境现状、环境规划要求，制定本项目的环境监测计划，包括环境监测的项目、频次、监测实施机构、监督机构等具体内容，主要在施工期开展。

（1）监测站位布设

施工期水质布设 3 个监测站位，沉积物布设 3 个站位，海洋生态布设 3 个监测站位。站位布设见和表 8.1-1 图 8.1-1。

表 8.1-1 监测站位布设

（内容不公开）

图 8.1-1 监测站位布设示意图

（2）监测项目

海水水文：潮汐、海流、悬浮泥沙、水温、盐度等；

海水水质：水温、盐度、pH、悬浮物(SS)、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD_{Mn})、

氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、活性磷酸盐、石油类、铜、总汞、铅、锌、镉等；跟踪监测的特征参数为悬浮物（SS）；

海洋沉积物：石油类、铅、锌、铜、总汞、镉、砷和有机碳；

海洋生态：叶绿素 a 及初级生产力、浮游动物、浮游植物、底栖生物等。

（3）监测时间与频率

海水水文：施工期每年监测一次。施工结束后进行一次后评估监测。

海水水质：施工期内每个潮汐年的丰水期和枯水期各进行一次监测。施工结束后进行一次后评估监测。

海洋沉积物：施工期每年监测一次。施工结束后进行一次后评估监测。

海洋生态：施工期内每年春、秋各进行一次大潮期的监测。施工结束后进行一次后评估监测。

（4）数据分析与质量保证

监测工作应委托有资质的单位进行，数据分析测试与质量保证应满足《海洋监测规范》（GB 17378.2-2007）和《海洋调查规范》（GB 12763.7-2007）。

（5）执行单位和监督单位

通过实施施工期的环境监测计划，全面及时地掌握工程运行中的环境状况，若发现对本工程或周围其他用海不利的环境变化，应加密监测频次，并根据实际情况，制定必要的工程补救措施或环保措施。监测单位应编制监测报告报送项目环境管理办公室及当地海洋环境保护行政主管部门。建议将运营期的环境监测计划纳入当地年度监测计划中。

8.2 生态保护修复措施

《中国水生生物资源养护行动纲要》（国发〔2006〕9号）明确提出：建立健全水生生物资源有偿使用制度，完善资源与生态补偿机制。按照谁开发谁保护、谁受益谁补偿、谁损害谁修复的原则，开发利用者应依法交纳资源增殖保护费用，专项用于水生生物资源养护工作；对资源及生态造成损害的，应进行赔偿或补偿，并采取必要的修复措施。

本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过程。桥墩将永久性占用海洋生物赖以生存的海域，施工期悬浮泥沙短时间内会对一定范围内的海洋生物的栖息环境及其生长发育造成影响。项目主桥、栈桥将会对海洋生态

系统会造成一定影响。经过计算，各类海洋生物资源直接损失如下：底栖生物损失量为 3.45kg；工程施工引起的悬浮物将造成游泳生物损失量为 0.26kg，鱼卵损失量为 8.3×10^3 粒，仔稚鱼损失量为 1.54×10^3 尾。

本项目渔业资源补偿措施应当和当地有关行政管理部门协商，可采用费用补偿方式补偿，也可采用生态恢复方式补偿，即在当地有关行政管理部门的指导下进行生态修复。

9 结论

9.1 结论

9.1.1 项目用海基本情况

本项目涉海段位于广东省揭阳市惠来县神泉镇，跨越惠城运河，下游约 2km 为神泉港。

工程全线长 39.3km，分为陆域和海域。其中跨海段主线桥梁由东向西跨越 G238 后，采用 38+64+38m 三跨预应力混凝土连续梁桥，跨海桥段全长 194m（主桥长 140m，两侧引桥共长 54.8m），桥面总宽度 32.5m，双向六车道。项目施工用海包括 2 处施工栈桥（用海桥段用海范围内，不重复申请用海）。

本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。本项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目神泉大桥用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。项目用海桥段申请用海期限为 40 年。

9.1.2 项目用海必要性

本项目已纳入《广东省普通国省道“十四五”规划建设项目表》，规划为一级公路升级改造项目。项目建设完成后，将作为惠来县南部地区东西向的重要通道，联通南部地区多个产业园区及旅游景点，不仅可屏蔽惠来县城区过境交通需求，还可满足沿海发展轴交通出行需求，可以高效集散高铁、高速带来的客货运交通流，并与揭惠高速、G238、S337、S235 等主干交通服务全域。

本项目为规划国道 G228 线惠来段的先行段，全长 39.3km，线位贯穿靖海、前詹、神泉和溪西，连接惠来一城两园（粤东新城、大南海石化工业区、临港产业园）、中石油原油码头以及沿线旅游景点。根据 2022 年广东省政府批复岸线，神泉大桥跨惠城运河段为海域。具体为神泉大桥桥身部分占用海域上方的空间资源，桥墩占用部分海域底土及海水空间。

为满足神泉大桥建设需要，结合本项目施工特点，需在桥墩周围设置施工支栈桥及施工平台，桥侧设置施工主栈桥，以满足原材料运输、设备及人员进场与施工需求。

因此，项目建设是必要的，用海也是必要的。

9.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

工程实施后，桥墩之间海域流速有所增强，桥墩上下游小范围区域流速有所减弱，其它区域流速变化不大。由于桥址所在河道断面宽阔，桥墩尺寸阻水面积相对较小，神泉大桥建设对桥址所在河道水动力影响不大，工程前后流速变化大于 0.1cm/s 的影响范围为桥轴线上游约 50m，下游约 120m 内。神泉大桥建设对附近水域流场的影响仅限于桥位上、下游小范围河段内，对桥梁所在惠城运河的整体流场影响很小，可以认为本项目对工程海域的水动力环境不产生明显影响。

本项目海工施工引起的悬浮物主要在潮流输运下向西南-东北方向输运、扩散，悬浮物增量浓度包络线大致呈东南-西北方向的条状分布。施工期引起的悬浮物增量浓度大于 10mg/L 的最大影响面积为 0.0037km²，增量浓度 10mg/L 的包络线向项目用海桥段上、下游扩展的最远距离分别为 25m 和 48m。

本项目实施后，大桥桥墩上、下游小范围海域流速减弱，海床总体呈淤积态势，最大淤积厚度约 0.158m/a；桥墩之间的过流通道则因流速增大呈冲刷态势，最大冲刷深度约 0.057m/a。冲淤厚度大于 0.01m/a 的海域在桥墩上游 35m~下游 50m 范围内。本次计算的冲淤强度为工程刚实施后的冲淤强度，随着冲淤过程的深入，地形向适应工程后水动力环境方向调整，冲淤强度将逐年减小。本次采用的平面二维水动力模型无法反应桥墩周围复杂的旋涡结构，因而桥墩周围小范围内的海床冲淤结果与实际会存在一定偏差。

9.1.4 海域开发利用协调分析结论

(内容不公开)

9.1.5 项目用海符合国家产业政策要求

项目用海不涉及海洋生态保护红线，符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《揭阳市国土空间总体规划（2021-2035年）》等各级国土空间规划成果要求。项目符合国家产业结构政策，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》中各项准入及管控要求；项目符合广东省和揭阳市交通体系规划、国民经济发展规划，符合生态环境保护相关政策要求；项目用海与揭阳市港口总体规划和滩涂水域养殖规划无冲突。

9.1.6 项目用海合理性分析结论

本项目选址的区位和社会条件满足项目建设和营运的需求，与项目所在海域的自然资源和生态环境相适宜，在严格执行本报告提出防范措施的前提下，项目无潜在的、重大的安全和环境风险，与其他用海活动和海洋产业相协调，其选址是合理的。

本项目平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，其平面布置是合理的。

本项目用海方式基本维护了海域的基本功能，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，项目用海方式有利于保护和保全区域海洋生态系统。

项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。本项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。用海面积符合项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，海域使用面积较合理。

根据《国道 G228 线惠来靖海月山至石化大道段改建工程工程可行性研究报告》，神泉大桥设计使用年限为 100 年。同时，本项目为公益性项目。按照《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定公益性项目最高用海期限为 40 年。综合项目设计年限和海域使用管理法的规定，项目用海桥段申请用海期限为 40 年是合理的。

9.1.7 项目用海可行性结论

项目的建设符合广东省及揭阳市综合交通体系规划，有利于揭阳地区经济发展，项目建设是必要的，用海也是必要的。

项目申请用海总面积为 1.0291 公顷，均为跨海桥梁用海。项目用海桥段用海跨越人工岸线长度 110.90m，不占用自然岸线。工程建设对项目所在海域及周边海域海洋环境不可避免地会造成一定的影响，其影响随施工结束将不再持续，因此工程施工对海洋环境影响是可承受的。

本项目用海符合所在海域的空间准入要求，项目申请用海选址、方式和期限合理，用海面积较合理。建设单位应就相关问题与利益相关方达成一致，则项目用海与利益相关方可协调。

综上所述，从项目用海多方面出发考虑，本论证报告认为国道 G228 线惠来

靖海月山至石化大道段改建工程用海是可行的。

9.2 建议

- (1) 建议项目动工前应取得相关主管部门的同意项目建设的意见。
- (2) 建议项目按照用海批复内容及范围进行施工。
- (3) 建议落实施工期和营运期海洋环境跟踪监测。