

小虎二桥项目
海域使用论证报告书
(公示稿)



中国科学院南海海洋研究所
(统一社会信用代码: 1210000455858425K)

2024年4月

目录

摘要	1
1 概述	4
1.1 论证工作来由	4
1.2 论证依据	5
1.2.1 法律法规	5
1.2.2 标准规范	8
1.2.3 项目技术资料	9
1.3 论证等级和范围	9
1.3.1 论证等级	9
1.3.2 论证范围	10
1.4 论证重点	10
2 项目用海基本情况	12
2.1 用海项目建设内容	12
2.2 平面布置和主要结构、尺度	14
2.2.1 工程平面布置	15
2.2.2 涉海工程主要结构和尺度	15
2.3 项目主要施工工艺和方法	17
2.3.1 施工工艺	17
2.3.2 施工顺序	19
2.3.3 施工进度	20
2.4 项目用海需求	23
2.5 项目用海必要性	23
2.5.1 项目建设的必要性	23
2.5.2 项目用海必要性	24
3 项目所在海域概况	25
3.1 海洋资源概况	25
3.1.1 滩涂资源	25
3.1.2 海岛和岸线资源	25
3.1.3 港口资源	26
3.1.4 旅游资源	27
3.1.5 渔业资源	27
3.2 海洋生态概况	40
3.2.1 气候气象	40
3.2.2 水文动力	42
3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况	52
3.2.4 工程地质	56
3.2.5 海域生态现状	60
3.2.6 海洋环境质量现状	73
3.2.7 海洋自然灾害	89
4 资源生态影响分析	90
4.1 资源影响分析	90
4.1.1 项目用海占用岸线资源影响分析	90

4.1.2	项目用海的生物资源影响分析	90
4.1.3	海域通航环境影响	93
4.2	生态影响分析	93
4.2.1	海域水文动力条件影响回顾分析	93
4.2.2	对地形地貌和冲淤环境影响回顾分析	108
4.2.3	水质影响回顾分析	108
4.2.4	沉积物环境影响回顾分析	115
4.2.5	海洋生态影响回顾性分析	115
4.2.6	红树林的影响回顾分析	116
5	海域开发利用协调分析	118
5.1	海域开发利用现状	118
5.1.1	社会经济概况	118
5.1.2	海域使用现状	119
5.1.3	海域使用权属	119
5.2	项目用海对海域开发活动的影响	124
5.3	利益相关者界定	124
5.4	相关利益协调分析	125
5.5	项目用海与国防安全和国家海洋权益的协调分析	125
6	国土空间规划符合性分析	126
6.1	与国土空间规划符合性分析	126
6.1.1	广东省国土空间规划（2021~2035年）	126
6.1.2	《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》（草案）	126
6.1.3	广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035年）（草案）	127
6.2	项目用海与海洋功能区划的符合性分析	127
6.3	与生态保护红线的符合性分析	130
6.4	项目用海与相关规划分析	131
6.4.1	《全国海洋主体功能区规划》的符合性	131
6.4.2	《广东省海洋主体功能区规划》的符合性	132
6.4.3	《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》的符合性分析	133
6.4.4	《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》符合性分析	134
6.4.5	《广州市国土空间生态修复规划（2021—2035年）》	134
6.4.6	与“三线一单”生态环境分区管控方案的符合性	134
6.5	小结	135
7	项目用海合理性分析	136
7.1	项目用海选址合理性分析	136
7.2	用海平面布置合理性分析	136
7.2.1	平面布置体现集约、节约用海的原则	136
7.2.2	平面布置与水文动力和冲淤环境的关系	136
7.2.3	平面布置与生态环境保护的关系	137
7.2.4	平面布置与周边用海活动的适应性	137
7.3	用海方式合理性分析	137
7.4	占用岸线合理性分析	137
7.5	用海面积合理性分析	138

7.5.1	用海面积合理性分析.....	138
7.5.2	宗海图绘制.....	139
7.5.3	项目用海面积量算.....	139
7.6	用海期限合理性分析.....	143
8	生态用海对策措施.....	143
8.1	生态用海对策.....	143
8.2	生态保护修复措施.....	143
9	结论和建议.....	144
9.1	项目用海基本情况.....	144
9.2	项目用海必要性结论.....	144
9.3	项目用海资源环境回顾性影响分析结论.....	145
9.4	海域开发利用协调分析结论.....	145
9.5	项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论.....	145
9.6	项目用海合理性分析结论.....	146
9.7	项目用海可行性结论.....	146

摘要

(1) 项目用海基本情况

小虎二桥初建于 2004 年，位于虎沙大道，东连沙仔岛，西接黄阁立交，原有桥梁为双向 4 车道。2022 年广东省交通运输厅批复对旧桥进行改造（含管线临时迁改），拆除旧桥全部人行系统、管线、花槽等附属设施，并对部分引桥桥孔进行拼宽，改“双四为双六”。2022 年 11 月，改造工程完工，对支撑广丰汽车城的物流交通需求、释放广汽丰田企业龙头效应起着重要作用。

本项目为公益项目，用海申请机构为项目的管理机构：广州市南沙经济技术开发区建设和交通局。项目用海属交通运输用海中的路桥用海，拟申请用海面积 2.4570 公顷，用海方式全部为跨海桥梁，跨越岸线 110.3 米，不直接占用海岸线，申请用海期限为 40 年。

(2) 项目立项和审批情况

初建桥梁在 2016 年开发区发改局补办项目立项手续，认可了项目建设的必要性。2004 年 9 月，项目防洪问题取得了广州市水利局批复。2006 年初建工程通车。

桥梁改扩建工程于 2019 年 11 月取得了广州市南沙经济技术开发区发展和改革局立项批复。2022 年 1 月，项目方案的防洪问题取得水利部珠江水利委员会出具的准予水行政许可决定书（珠许可决[2022]1 号）。2022 年 12 月，项目通航安全问题取得广东省交通运输厅批复。2022 年，改扩建项目建成完工。

(3) 项目用海必要性

项目初建是广州市加大南沙地区基础设施建设，提高地区对经济发展承载能力的需要。随着经济发展，小虎岛交通瓶颈问题逐渐突显。为更好的改善小虎岛的交通状况，对原桥梁进行改造，提升交通品质，也是必要的。项目以桥梁的形式跨越小虎沥，跨海部分桥墩的墩柱必须坐落在海底岩土中，需要使用一定面积的海域，用海也是必要的。

(4) 项目用海资源生态影响

项目为交通运输用海，采用跨海桥梁的形式跨越小虎沥。项目初建于 2004 年，2020 年进行了改扩建，两次建设均已完工。项目不直接占用岸线，对海洋资源影响主要在施工期。对水文动力和泥沙冲淤环境影响小，对海洋环境和海

洋生态影响基本已经结束。

(5) 海域开发利用协调情况

项目初建于 2004 年，对海域的开发和占用早于周边其他用海项目。项目对周边的环境影响基本结束，申请范围内无确权用海活动。因此无需协调的利益相关者。项目取得航道管理部门和防洪主管部门的批复，用海与军事用海不冲突，对国防建设和国防安全没影响，不会危及国家权益和国防安全。

(6) 与相关规划符合性

项目用海位于《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的“狮子洋保留区”，项目用海符合该海洋功能区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求。同时，本项目用海不涉及广东省“三区三线”中生态保护红线海域部分的划定成果，符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》。

此外，本项目用海与项目符合《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》、《广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035 年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省国民经济和社会发展第十四个五年计划和 2035 年远景目标纲要》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广州市国土空间生态修复规划（2021~2035 年）》和《广州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

(7) 项目用海合理性

项目的选址（线）满足区域自然条件要求，具有建设所需的社会条件，符合国土空间区划，并与相关规划要求相一致，项目已经建成通车近 20 年，用海选址（线）唯一，并具有合理性。项目的用海平面布局根据相关行业规范进行设计，既满足项目用海需求，又与周边用海活动相协调，且综合考虑节约、集约用海原则，平面布置是合理的。项目的用海方式为构筑物用海中的跨海桥梁用海，用海方式能够维护海域的基本功能，最大限度地减少了对海域资源环境的影响，用海方式是合理的。项目用海跨越岸线总长度为 110.3m，不直接占用岸线，对岸线自然属性和生态功能基本无影响。项目拟申请用海总面积 2.4570 公顷，均为跨海桥梁用海，项目用海面积的量算符合《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》，项目的用海面积符合有关设计标准和规范，并结合实际，

用海面积是合理的。项目属于公益性，拟申请用海期限为 40 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》年限要求，用海期限合理。

(8) 项目用海可行性

本项目建设有利于广州市南沙区的发展需要，项目建设是必要的，用海也是必要的。本项目占用海域 2.4570 公顷，跨越岸线 110.3 米，不直接占用岸线。

工程对海洋环境和生态的影响主要集中在施工期，目前影响结束。项目建成以来，对地方经济的支撑和促进作用显著。项目选址符合《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年），项目申请用海选址、面积、方式和期限合理。项目不涉及其他利益相关方。项目用海也是相适宜的。从多方面出发考虑，本项目用海可行。

1 概述

1.1 论证工作来由

“广丰汽车城”位于广州市南沙区小虎岛中北部，通过两条主要进岛通道：小虎大桥（黄阁大道）和小虎二桥（虎沙大道）与黄阁镇广汽丰田南沙生产基地相联系。

小虎二桥初建于 2004 年，位于虎沙大道，东连沙仔岛，西接黄阁立交，原有桥梁为双向 4 车道。根据《开发区发改局关于补充完善历史已完工项目建设手续有关意见的函（穗南开发改函[2016]45 号）》，初建桥梁在 2016 年补办项目立项手续。2004 年 9 月，广州市水利局《关于建设南沙开发区黄沙快速干线小虎二桥工程的复函（穗水函[2004]214 号）》针对本项目的防洪问题做出了批复。小虎二桥于 2006 年建成通车。由于 2004 年尚无政府批复的海洋功能区划，也未颁布海陆分界线，项目所在的狮子洋的属性存在一定争议，因此项目一直未完善用海手续。

随着经济和社会的发展，小虎岛交通瓶颈再次显现。2019 年 11 月，广州市南沙经济技术开发区发展和改革局《关于广丰汽车城基础配套设施（一期）项目纳入区项目立项计划的复函（穗南发改项目[2019]178 号）》，批复了项目进行改扩建。2020 年 2 月，广州市南沙经济技术开发区发展和改革局出具了项目可行性研究报告审查意见，同意对小虎二桥进行扩建，工程包括拆除旧桥全部人行系统、管线、花槽等附属设施，并对部分引桥桥孔进行拼宽，改“双四为双六”。2022 年 1 月，水利部珠江水利委员会《关于广丰汽车城基础配套设施（一期）小虎二小旧桥改造工程（含管线临时迁改）洪水影响评价（建设项目建设方案、国家基本水文测站上下游建设影响）准予水行政许可决定书（珠许可决[2022]1 号）》同意项目建设方案。2022 年 12 月，广东省交通运输厅《关于广丰汽车城基础配套设施（一期）项目小虎二桥旧桥改造工程（含管线临时迁改）、水务工程及污水管道工程航道通航条件影响评价审核意见的函（粤交航政函[2022]574 号）》批复了项目通航评价。对旧桥进行改造于 2022 年 1 月完工通车，对支撑广丰汽车城的物流交通需求、释放广汽丰田企业龙头效应起着重要作用。

建设单位拟完善桥梁的用海手续，启动海域论证工作。项目申请面积为

2.4570 公顷，包含初建和改造的全部用海。项目采用桥梁的形式跨越岸线，不直接占用海岸线，申请用海期限为 40 年。

本项目用海属交通运输用海中的路桥用海，桥梁工程的建设需要使用海域。为了能合理、科学地使用海域，为海域使用审批提供重要依据，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》的规定和要求，需要对本项目进行海域使用论证。受广州市南沙经济技术开发区建设和交通局的委托，中国科学院南海海洋研究所承担该海域使用论证工作。项目组人员深入现场测量踏勘，收集相关资料，论证分析了项目用海的可行性，并在此基础上编制了《小虎二桥项目海域使用论证报告书》（送审稿）。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

- 《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人大常委会，2001 年；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人大常委会，2023 年；
- 《中华人民共和国海岛保护法》，全国人大常委会，2009 年；
- 《中华人民共和国渔业法》，全国人大常委会，2013 年；
- 《中华人民共和国野生动物保护法》，全国人大常委会，2022 年 12 月修订；
- 《中华人民共和国湿地保护法》，全国人大常委会，2021 年
- 《中华人民共和国海上交通安全法》，全国人大常委会，2021 年修正；
- 《中华人民共和国港口法》，全国人大常委会，2018 年修订；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，全国人大常委会，2020 年修订；
- 《中华人民共和国防洪法》，全国人大常委会，2017 年修订；
- 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年修订；
- 《防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018 年修订；
- 《中华人民共和国自然保护区条例》，2017 年 10 月修订；
- 《海洋自然保护区管理办法》（国海发〔1995〕251 号），1995 年 5 月 29

日；

- 《海洋特别保护区管理办法》，国家海洋局，国海发〔2010〕21号；
- 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年3月31日；
- 《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，厅字〔2019〕48号；
- 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》，中共中央办公厅 国务院办公厅，2017年2月7日；
- 《全国海洋功能区划（2011-2020年）》，国务院，2012年3月3日；
- 《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》，国务院，国发〔2015〕42号；
- 《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》，国务院，国发〔2018〕24号；
- 《自然资源部 国家发展和改革委员会关于贯彻落实<国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知>的实施意见》，自然资规〔2018〕5号；
- 《关于印发<调整海域 无居民海岛使用金征收标准>的通知》，财政部 国家海洋局，财综〔2018〕15号；
- 《自然资源部 财政部 生态环境部 水利部 国家林业和草原局关于印发<自然资源统一确权登记暂行办法>的通知》，自然资发〔2019〕116号；
- 《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》，自然资规〔2021〕1号；
- 《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》，自然资办函〔2021〕2073号；
- 《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；
- 《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）》，自然资发〔2022〕142号；
- 《自然资源部办公厅关于进一步加强现有自然岸线监管工作的函》，自然资办函〔2022〕977号；
- 《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报批的函》，自然资办函〔2022〕2207号；

- 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资发〔2023〕89号；
- 《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；
- 《自然资源部办公厅关于印发<海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）>的通知》，自然资源部办公厅，2023年11月17日；
- 《国家林业局关于修改<湿地保护管理规定>的决定》，国家林业局，2017年12月5日；
- 《粤港澳大湾区发展规划纲要》，中共中央 国务院，2019年2月18日；
- 《国家发展改革委关于粤港澳大湾区城际铁路建设规划的批复》，发改基础〔2020〕1238号；
- 《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，2021年9月1日；
- 《广东海洋经济综合试验区发展规划》，国务院，国函〔2011〕81号；
- 《广东省国土空间规划（2021—2035年）》，国函〔2023〕76号；
- 《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》，国函〔2012〕182号；
- 《广东省海域使用管理条例》，2021年9月29日修正；
- 《广东省湿地保护条例》，2022年11月30日修正；
- 《广东省人民政府关于广东省海洋主体功能区规划的批复》，粤府函〔2017〕359号；
- 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》，粤府〔2017〕120号；
- 《广东省严格保护岸段名录》，粤府函〔2018〕28号；
- 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法（试行）的通知》，2021年7月2日；
- 《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》，粤府办〔2017〕62号；
- 《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>的通知》，粤财规〔2019〕3号；
- 《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》，粤自然资函〔2020〕88号；

- 《广东省自然资源厅关于转发自然资源部等有关做好用地用海要素保障文件的通知》，粤自然资函〔2022〕880号；
- 《广东省自然资源厅办公室关于启用新修测海岸线成果的通知》，2022年2月22日；
- 《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；
- 《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）》，2023年11月28日；
- 《广东省生态环境厅关于印发广东省海洋生态环境保护“十四五”规划的通知》，粤环〔2022〕7号；
- 《广东省人民政府关于印发广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030年）的通知》，粤府〔2017〕119号；
- 《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纲要》，粤府〔2021〕28号；
- 《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，粤府〔2020〕71号；
- 《广州市人民政府关于印发广州市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，穗府规〔2021〕4号；
- 《广州市国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（穗规划资源字〔2023〕33号，2023年10月）。

1.2.2 标准规范

- 《海域使用论证技术导则》，GB/T 42361-2023；
- 《宗海图编绘技术规范》，HY/T 251-2018；
- 《海域使用分类》，HY/T 123-2009；
- 《海籍调查规范》，HY/T 124-2009；
- 《海洋监测规范》，GB 17378-2007；
- 《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- 《海滨观测规范》，GB/T 14914-2006；
- 《海水水质标准》，GB3097-1997；

- 《海洋生物质量》，GB18421-2001；
- 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- 《海洋工程地形测量规范》，GB17501-1998；
- 《海域使用面积测量规范》，HY070-2020；
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，农业部，SC/T 9110-2007；
- 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T19485-2014；
- 《建设项目环境风险评价技术导则》，HJ 169-2018。

1.2.3 项目技术资料

•《广丰汽车城基础配套设施（一期）小虎二桥旧桥改造工程（含管线迁改）桥梁初步设计》，苏交科集团股份有限公司，2021年10月；

•《黄沙快速干线、黄沙路和小虎二桥工程小虎二桥施工图设计图 第一册道桥工程》，广州市市政工程设计研究院，2004年3月；

《黄阁地区道路建设项目环境影响报告书》，广州市环境保护科学研究所，2005年7月；

《广州南沙小虎二桥工程施工组织设计》，中铁二局股份有限公司，2004年3月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023），本项目用海的主体工程用海类型属于交通运输用海中的路桥用海，用海方式为跨海桥梁。

依据《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）中对海域使用论证等级的判定依据（见表 1.3-1，节选导则中表 1），本项目涉海段长度 0.46km，项目位于珠江口，属于重要河口，为生态敏感区，因此确定本项目海域使用论证等级为二级。

表 1.3-1 海域使用论证工作等级划分表

一级	二级用海方式	论证等级判据
----	--------	--------

用海方式			用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物用海	跨海桥梁、海底隧道用海	跨海桥梁	长度 $\geq 2000\text{m}$	所有海域	一
			长度(800~2000)m	敏感海域	一
				其他海域	二
			长度 $\leq 800\text{m}$ 本项目涉海段长度 0.46km	敏感海域	二
				其他海域	三
单跨跨海桥梁	所有海域	三			

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》论证范围划定要求：跨海桥梁、海底管道等线型工程项目用海的论证范围，一级论证为每侧向外扩展 5km，二级论证 3km。综合考虑项目所在的海域情况，本次论证范围见图 1.3-1 所示，论证范围海域面积约 79km²。

外插图件

图 1.3-1 论证范围示意图

1.4 论证重点

本次论证，主要针对涉海工程本身，考虑到本项目已经建成多年，结合项

目海域适用类型和用海方式，所在海域特征和对资源生态影响程度等因素，确定本次论证重点如下：

- (1) 项目用海面积合理性；
- (2) 项目用海与海域开发利用协调性分析。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

- (1) 项目名称：小虎二桥项目
- (2) 项目性质：已建
- (3) 申请单位：广州市南沙经济技术开发区建设和交通局
- (4) 项目概况

小虎二桥位于广州市南沙区黄阁镇小虎岛中北部，是进入小虎岛的两条重要通道之一。项目位于虎沙大道，东连沙仔岛，西接黄阁立交。

项目 2006 年建成通车，2022 年完成拓宽改造。本次申请用海包含两次建设的全部内容。



图 2.1-1 项目地理位置图

①初建设工程内容

2004 年初建沿线经黄阁东二路、黄阁东一路、小虎北一路、黄沙路平交、立交路口节点，桥梁总长 927 米，共 6 联 25 孔。桥梁双向 4 车道，分左右两幅，单幅桥宽为 9.6 米与 13.1 米两种类型，中央分隔带宽分别为 4 米和 7 米。跨小虎

沥段横断面=0.6米（花槽）+2.5米（人行道）+8.5米（机动车道）+1.5米（管线槽）+4米（中央分隔带）+1.5米（管线槽）+8.5米（机动车道）+2.5米（人行道）+0.6米（花槽）=30.2米；

无人行道段横截面=0.6米（花槽）+9米（机动车道）+7米（中央分隔带）+9米（机动车道）+0.6米（花槽）=26.2米；

小虎二桥纵断面设计是在满足规划通航要求（小虎沥通航水位7.4米，通航净空 ≥ 8 米，通航净宽50米），桥下堤顶防洪通道净高 ≥ 4.5 米及地面道路交通要求（通行净空 ≥ 5 米），并在小虎沥两侧尽快下地的设计原则下进行设计的。

②改造内容

对现状双向四车道拓宽至双向六车道，并对前后交叉口间的主路、辅导及沿线市政管线进行改造。工程内容包括拆除旧桥全部人行系统、管线、花槽等附属设施，并对部分引桥桥孔（1~7孔、21~25孔）桥面外侧进行并宽。

此外，改造还包括对原桥梁的支座、伸缩缝等破损和露筋的修复，对桥面进行重新铺装、人行道拆除、管线迁改、航道标志重新安装等。

③改造后小虎二桥设计标准

桥长：927米，共6联25孔，双向6车道

桥宽：30.2米~40.75米

道路等级：城市主干道

设计车速：60km/h

结构安全等级：一级

设计基准期/使用年限：100年

地震设防烈度：8度

设计用水频率：1/100

通航标准：内河IV级航道，双孔单向，单孔通航净空50×8米

最高通航水位：7.4米

（5）投资和建设工期

改造工程于2022年建成完工，目前已经通车运营。

2004年初建总投资约0.97亿元，2021年改造投资1.15亿元。



图 2.1-2 建成桥梁照片（含改扩建）（2023 年 12 月拍摄）



图 2.1-3 建成桥梁照片（含改扩建）（2023 年 12 月拍摄）

2.2 平面布置和主要结构、尺度

小虎二桥初建 2006 年完工，2022 年完成加固、维修和拓宽改造。本次申请拓宽改造后桥梁的全部用海。本章节工程平面、结构和尺度均为改造后的全桥的情况。

2.2.1 工程平面布置

项目沿线经黄阁东二路、黄阁东一路、小虎北一路、黄沙路平交、立交路口节点，其中桥梁总长 927m。小虎沥北段为南北向，本项目桥梁整体呈东西向横跨小虎沥水道，桥梁走向与水道呈正交。

工程平面布置见附图 1。项目现状的正射影像见图 2.2-1。

2.2.2 涉海工程主要结构和尺度

(1) 桥跨

初建跨径组成：4×30（预制小箱梁）+6×32（预制小箱梁）+2×60（T 型刚构）+4×45（预制 T 梁）+（45+45+30+45）（预制 T 梁+小箱梁）+5×30（预制小箱梁）。

改扩建：对 1#~7#孔和 21#~25#孔桥面外侧拼宽，其中 21#~25#孔拼宽 4.5m，第 7、8、20 孔拼宽 4.9m，拼宽段桥孔跨径布置为：4×30m（预制小箱梁）+（2×32m+2×25.5m）（预制小箱梁）+1×45m（预制 T 梁）+5×30m（预制小箱梁）。

桥梁纵断面结构见附图 2。

表 2.2-1 小虎二桥跨径布置一览表 单位：m

序号	类别	墩号	原桥跨径	拼宽跨径	改扩建后桥面宽度	结构	备注
1	引桥	0#~4#	4*30	4*30	(14.1+3.5)*2	预制小箱梁	2×4.5m
2		4#~6#	2*32	2*32	(14.1+3.5)*2	预制小箱梁	2×4.9m
		6#~8#	2*32	2*25.5	(18+2)*2	预制小箱梁	2×4.9m
4	主桥	8#~10#	2*32	不新增桥墩	(13.1+2)*2	预制小箱梁	
5		10#~12#	2*60			T 型刚构	
6		12#~16#	4*45			预制 T 梁	
7		16#~18#	2*45			预制 T 梁	
8		18#~19#	1*30			预制小箱梁	
9	引桥	19#~20#	1*45	1*45	(18+2)*2	预制 T 梁	2×4.9m
10		20#~25#	5*30	5*30	(14.1+3.5)*2	预制小箱梁	
合计			927	430			

外插图件

图 2.2-1 小虎二桥正射影像图（2023 年 12 月 14 日）

(2) 结构形式

引桥采用分高的上下行桥，半幅桥宽分别为 13.1 米和 9.6 米两种，对应两桥中间设 4 米与 7 米空隙。

东引桥跨河段引桥上部结构采用跨径为 45m 的预制 T 梁，下部采用双柱式桥墩，侧 T 型帽梁， $\Phi 150$ 圆柱配 $\Phi 180$ 或 $\Phi 150$ 圆柱配 $\Phi 200$ 桩基；陆地部分采用跨径为 30m 的预制小箱梁，下部结构采用倒 T 型帽梁，板式桥墩， $\Phi 180$ 桩基。桥台采用座板式桥台，双排 $\Phi 100$ 桩基。

改造后桥梁横断面见附图 3。

表 2.2-2 桥梁结构

序号	类别	墩号	原桥下部结构	并宽下部架构	备注
1	引桥	0#	12* $\Phi 100$	4* $\Phi 130$	
2		1#~5#	2* $\Phi 180$	2* $\Phi 150$	
3		6#~8#	4* $\Phi 150$	4* $\Phi 150$	
4		9#	4* $\Phi 150$	无墩	
5	主桥	10#	4* $\Phi 180$		
6		11#	8* $\Phi 180$		
7	引桥	12#~17#	4* $\Phi 200$		
8		18#	4* $\Phi 180$		
9		19#	4* $\Phi 180$	4* $\Phi 150$	
10		20#	4* $\Phi 180$	4* $\Phi 150$	
11		21#~24#	2* $\Phi 180$	2* $\Phi 150$	
12		25#	12* $\Phi 100$	4* $\Phi 150$	

2.3 项目主要施工工艺和方法

2.3.1 施工工艺

2.3.1.1 初建施工工艺

(1) 桥梁桩基

根据本项目地质情况，鱼塘填土筑岛形成钻孔平台，河中搭设钢管桩平台钻孔。桩基采用冲击钻机成孔，单根桩配备泥浆船，多根桩利用相邻的钢护筒循环泥浆。钢筋笼在钢筋房分节加工成型，运至现场用吊车逐段放入孔内，在孔口焊接。采用提塞法灌注水下砼，罐车能够到达的地方采用罐车直接倾倒灌注，不能到达的地方采用输送泵灌注。

(2) 承台

陆上承台采用人工配合挖掘机放坡开挖，钢筋在加工房加工成半成品，运至现场绑扎成型。模板采用组合钢模，用钢管顶托和木枋木楔外撑加固。砼运至现场后，通过溜槽倾倒灌注。

(3) 墩柱

墩柱采用厂制大块钢模，一次拼装成型。钢筋在加工房加工成半成品，运至现场绑扎成型，陆上墩柱砼采用泵车灌注，水中墩柱砼采用输送泵灌注。

(4) 盖梁

盖梁根据现场情况采用满堂支架或抱箍托架施工，模型采用大块钢模，钢筋在加工房加工成半成品，运至现场绑扎成型，陆上盖梁砼采用泵车灌注，水中盖梁砼采用输送泵灌注。

(5) 连续刚构

连续刚构先在承台上搭设万能杆鹰架施工 0~2#段，以此为依托采用弓弦式挂篮对称悬灌施工。两边现浇段现搭设钢管桩平台，再在平台上搭设满堂门式支架施工。合拢段以边跨挂篮前移形成支架，在气温控相对稳定、变化幅度较小的时迅速进行合拢段砼浇筑。混凝土采用水上拌合站拌合，砼输送泵灌注。

(6) 预制梁架设

小箱梁在 0#台后路在上设置预制场预制，跨墩龙门吊提升上桥并架设 0#~8#跨预制梁，再在 6#~8#跨桥面拼装双导梁架桥机设其余梁。

(7) 人行楼梯施工

桩基采用冲击式钻机施工，现场绑扎钢筋笼，灌注砼。

2.3.1.2 改造工程施工工艺

(1) 桥梁桩基

根据本项目地质情况，河中搭设钢管桩平台钻孔。桩基采用钢板桩围堰施工，如遇桥桩需嵌岩则采用冲击钻机成孔法施工。钢筋笼分节制作，运至现场用吊车逐段放入孔内，最后灌注水下砼。

(2) 承台施工

桩基检测合格后桩头凿除，承台底夯实后绑扎承台钢筋，模板采用木模板，混凝土运输车运输，泵送入模，插入式捣固器振捣。

(3) 墩柱

扩建桥墩采用独柱墩。定型钢立模，满堂支架体系加固。模板一次安装到位，墩身一次浇筑成型。

(4) 盖梁

采用定型钢模，满堂支架体系加固，砼采用泵送入模，插入式振捣。

(6) 桥台

基础完成后安防基础模板。钢筋在加工场加工成半成品，现场安装。采用组合钢板模，混凝土罐车浇筑。

(7) 预制梁架设

架桥机在桥后组装，试验合格后架梁。

(8) 新旧梁翼缘板拼接

将原桥翼缘板凿除 40cm，采用逐跨切除、逐跨拼宽施工。

2.3.2 施工顺序

2.3.2.1 初建施工顺序

(1) 钻孔桩施工

施工准备→测量放线→埋设钢护筒→钻机就位→钻孔→检孔、清孔→下放钢筋笼→灌注水下混凝土→凿除桩头→桩基检测

(2) 承台施工

钢吊箱围堰加工→拼装钢吊箱围堰→拆除钻孔平台→下放钢围堰→钢围堰与钻孔桩钢护筒相固定→灌注封底混凝土→围堰内抽水→割除钢护筒、凿除钻孔桩桩头及桩基检测→测放承台中心十字线→绑扎承台钢筋→灌注承台混凝土→养护→拆除钢吊箱。

(3) 墩柱施工

施工准备→测量放出墩柱中心十字线→绑扎墩柱钢筋→钢筋检查→立墩柱模型→灌注混凝土→混凝土养护

(4) 盖梁施工

施工准备→搭设盖梁施工钢管支架→钢管支架预压→铺设盖梁底模→绑扎盖梁钢筋→钢筋检查→立侧模→灌注混凝土→混凝土养护。

(5) 箱梁预制施工

施工准备→建设制梁台座→铺设箱底模→绑扎箱梁底板及腹板钢筋→安设箱梁内模→穿波纹管及钢绞线→钢筋及波纹管检查→立外侧模→绑扎箱梁顶板及翼缘板钢筋→钢筋检查→灌注混凝土→混凝土养护→拆模→预应力张拉→锚固、压浆→立模封端→横移梁→预制下一片梁

(6) 箱梁架设施工

施工准备→架桥机拼装→移动架桥机就位→龙门吊吊梁在运梁车上→卷扬机牵引运梁车运梁→架桥机喂梁、吊梁→盖梁上移梁→一端固定另一端落梁在支座上就位→另一端顶梁落梁在支座上就位→下一片梁架设

(7) 主桥梁体施工

施工准备→在平台上搭设万能杆件支架→在支架上拼装 0#~2#梁段现浇托架及托架预压→0#梁段现浇施工→1#梁段现浇施工→2#梁段现浇施工→在 0#~2#梁段顶面拼装弓弦式挂篮→3#~15#梁段悬臂施工→边跨 18#、13#梁段支架现浇施工→安装边跨合拢段刚性连接、浇筑边跨 16#梁段→拆除主墩及边跨段支架、主墩边支座落梁→拆除合拢段刚性连接→湿接缝及桥面附属施工。

(8) 人行楼梯施工

施工准备→钻孔桩施工→人行楼梯墩柱施工→人行楼梯底板及踏步施工→楼梯面层及栏杆扶手施工

2.3.2.2 改造施工顺序

改造工程分区分段施工，施工顺序如下：

施工准备→桥梁桩基（西侧 36 根、东侧 24 根）→承台→墩柱→盖梁→现浇 t 型钢构→预制 T 梁、箱梁拼装→桥面铺装→市政雨污水、照明管线等市政公用工程→绿化花槽

2.3.3 施工进度

2004 年桥梁建设周期为 10 个月，2020 年桥梁拓宽工程建设周期约 15 个月。两次建设施工进度见表 2.3-1 和表 2.3-2。

表 2.3-1 小虎二桥施工进度计划表 (2004 年)

项目	时间	2004										2005		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
一	施工准备	■												
二	主桥施工													
(1)	主桥桩基平台			■										
(2)	主墩钻孔桩			■										
(3)	主墩承台和墩身				■									
(4)	主桥梁段					■								
(5)	边墩桩基				■									
(6)	边墩承台和墩身					■								
(7)	边墩梁盖						■							
(8)	主桥合拢										■			
三	梁体预制				■									
四	引桥施工													
(1)	引桥桩基		■											
(2)	引桥承台和墩台			■										
(3)	盖梁桥面系					■								
五	附属及配套工程				■									
(1)	竣工交验收													■

表 2.3-2 小虎二桥改造工程施工计划（2020 年）

项目	时间	2020 年				2021 年												
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	施工准备	■																
2	引桥桥梁桩基		■															
3	引桥承台			■														
4	引桥桥台			■														
5	引桥路面结构					■												
6	引桥墩柱			■														
7	引桥盖梁					■												
8	水中钢平台					■												
9	桥梁桩基（河道内）					■												
10	承台（河道内）						■											
11	桥墩（河道内）						■											
12	盖梁（河道内）							■										
13	现浇 T 型刚构							■										
14	箱梁、T 梁预制							■										
15	引桥路基						■											
16	引桥架梁									■								
17	桥面系													■				
18	附属设施															■		

2.4 项目用海需求

本项目用海类型一级类为交通运输用海，二级为路桥用海，项目用海方式为跨海桥梁。本次申请用海面积为 2.4570 公顷，全部为跨海桥梁，采用跨越的方式从岸线上分穿越，不直接占用岸线。项目申请用海年限为 40 年。

申请用海的宗海图件第 7 章。

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设的必要性

2000 年 6 月，番禺、花都两县级市撤市设区后，广州成为中国南方最大的滨海城市。根据广东省委提出的珠三角城市群和穗港澳经济圈的发展战略，广州在新的历史时期讲承担新的经济转移功能。南沙地处珠江西岸，不仅是珠江三角洲的地理几何中心，同时还是珠江三角洲直通港澳的重要通道。根据南沙地区发展规划，黄阁-南沙组团空间上分为黄阁、南沙经济技术开发区和灵山（部分）-横沥-珠江管理区（大部分地区）三个部分。主要包括南沙科技工业园、地区综合服务中心和结构性生态控制区三大功能区。黄阁地区交通网是南沙地区发展交通路网结构的重要组成部分。

小虎二桥，作为当时黄阁地区 15 个道路项目之一，对于优化南沙区域路网格局具有重要意义。小虎二桥初建于 2004 年，是连接小虎岛和黄阁工业区的重要桥梁，也是小虎岛进出岛的重要通道。其建设广州市加大南沙地区基础设施建设，提高地区对经济发展承载能力的需要。小虎二桥建成后，对南沙特别是小虎岛进出岛交通运输发挥了重要的作用。

随着经济发展，小虎岛交通瓶颈问题逐渐突显。2020 年，为更好的改善小虎岛的交通状况，拟对原桥梁进行改造。改造工程拓宽 4 车道为 6 车道，单侧拓宽 3.5~6m，同时升级照明、引导标识、防撞和绿化等系统。桥梁向内连接沙仔二桥、沙仔一桥、黄阁大道北，向外沟通虎沙大道、市南大道、南沙港快速路，通车后能够极大提升小虎岛企业员工和居民通行效率。作为广汽丰田“新能源汽车”产能扩建项目配套设施，将有效改善丰田汽车生产基地交通运输条件，为广汽丰田建设成全球集约化规模化程度最高的百万产能生产基地奠定重

要的交通运输基础。

综上，项目的建设是 2000 年南沙地区经济发展的需要，而随着地区的持续发展，对交通的需求提高，通过改造提升交通质量，也是必要的。

2.5.2 项目用海必要性

本项目作为跨海桥梁工程建设，项目用海是由工程建设的特殊性及项目建设的必要性决定的。根据选线结果，项目需跨越海域连接小虎岛和黄阁镇，势必要使用海域。

项目以桥梁的形式跨越小虎沥，连接小虎岛与黄阁镇。跨海桥梁设计从施工的难易度、经济性、安全性和对海洋环境影响等方面考虑采用设置桥墩的方式架公路桥，跨海部分桥墩的墩柱必须坐落在海底岩土中，通过桥墩把桥梁的轴向荷载和横向荷载传递到深部土层，因此桥梁的建设需要使用一定面积的海域。

项目建设方 2004 年初建，投入运营十多年后 2021 年扩建拓宽，构成用海事实。及时补充完善项目用海手续，是项目合法合规的需要，也是贯彻和落实海域使用管理法的需要。

因此，项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

广州市南沙区，是广州城市副中心。是珠江出海口和粤港澳大湾区地理几何中心，是广州市唯一的出海通道，也是连接珠江口两岸城市群和港澳地区的重要枢纽性节点。本项目横跨小虎岛西侧的小虎沥水道，项目地理位置见图 2.1-1。

3.1 海洋资源概况

3.1.1 滩涂资源

南沙湿地公园位于广州最南端，地处珠江出海口西岸的南沙区万顷镇十八与十九涌之间，总面积约 10000 亩，是广州市最大的湿地，是候鸟迁徙的重要停息地之一。

由于位于珠江四大口门交汇处，处于咸淡水混合状态，因而湿地主要选种适应咸淡水环境的红树和能有效净化海水的芦苇，其中红树就有桐花、秋茄、无瓣海桑、木榄、拉关木等 18 个品种。同时，为了增加湿地植物的观赏性，湿地还选种了一些颜色上有对比性的树种，例如红色树叶的红乌桕、黄色树叶的千层金、黄色花瓣的美国槐、黄槿等。由于南沙湿地在开发建设和日常维护中比较注重红树林建设和优化水质，特别是在一期湿地范围内划出三分之一的区域将其设置为浅滩专供候鸟觅食，因而吸引了数以十万的候鸟来湿地栖息过冬。

据华南濒危动物研究所的统计，来南沙湿地过冬的候鸟数量占广州市候鸟总数的 50%以上，其中还包括许多珍贵的鸟类品种，例如：国家Ⅱ级保护鸟类东方白鹳、国家Ⅰ级保护鸟类黑脸琵鹭、白琵鹭、普通鵞、黑冠鸛隼、燕隼、白尾鸛、小鸛隼和褐翅鸛隼，还有 16 种省级重点保护鸟类等，到目前为止，在南沙湿地监测发现的鸟类超过 141 种。目前，广州南沙湿地公园已开发成旅游观光景点。

3.1.2 海岛和岸线资源

项目位于珠江口河网地区，海岛众多。南沙区拥有海域面积 351.57 平方千米，大陆海岸线 106.73 千米，占全市岸线长度的三分之二，大部分为人工岸线。海岛 11 个，面积约 63.23 平方公里。

与项目较近的为小虎岛。小虎岛是广州有居民海岛之一，面积 9.54 平方公里，岸线长度 19.92 公里。距陆地最近为 0.2 公里，岛内最高点为海拔 15 米，常驻人口四千余人。岛内属亚热带季风气候、夏秋季受台风影响较大，主要的灾害是热带气旋及其引起的风暴潮和洪涝灾害。岛内产业早年主要为养殖业，随着产业发展逐渐被工业取代。

3.1.3 港口资源

广州港现有码头泊位 912 个，长度 51272.18 米，生产用码头泊位 694 个，长度 38467.18 米，其中：万吨级 41 个，包括 3.5 万吨级以上码头泊位 17 个。广州港务局所属码头泊位，按其分布状况分为 8 个装卸公司和客运总公司及黄埔客运站。

广州港集团生产性库场总面积 215 万平方米，堆存能力 300 万吨。其中仓库总面积 35 万平方米，能力 60 万吨；堆场 180 万平方米，能力 240 万吨。其中集装箱堆场总面积 120 万平方米，堆存能力 15 万 TEU，圆筒舱 6 万立方米，堆存能力 5 万吨。广州港集团共有 1180 台，其中拥有生产用装卸搬运机械 632 台，装卸起重机械类 258 台，专用机械 113 台。广州港铁路专用线总长 48.9 千米，其中装卸作业线 13.4 千米。广州港集装箱码头有限公司、南沙港务公司、新港港务公司、西基港务公司、黄埔港务公司、新风港务公司 etc 公司均有铁路专用线直通码头，铁路只限货运。

珠江口桂山岛锚地至该港黄埔港区的航道，由桂山、伶仃、川鼻、蒲洲、大虎、泥洲、莲花山、赤沙、大濠洲 9 段水道组成，全长 114.15 公里（63 海里），从桂山到南沙航道水深-13 米，从南沙到墩头西基调头区航道水深-11.5 米，底宽 160 米；广州港出海航道二期正在施工，工程完工后，第五、第六代集装箱船可全天候进港。

珠江口设有 12 座灯桩，桂山岛灯桩（22°08'09"N/113°48'48"E）联闪（2）白色光，周期 6 秒，灯光射程 6 海里；石龙角灯桩（22°10'09"N/113°47'39"E）闪白色光，周期 9 秒，灯光射程 10 海里；竹州岛灯桩（21°59'47"N/113°49'32"E）闪白光，周期 3 秒，灯光射程 13 海里，三牙排灯桩（22°04'48"N/113°48'09"E）闪白、红色光，周期 6 秒，灯光射程白色光 13 海里，红色光 8 海里。进港江口，至港区沿途均设有灯浮、灯桩及导标等助航标志。

广州港共有避风作业锚地 54 个（最大锚泊能力为 30 万吨级）。分布在三门岛、大坦尾、桂山岛（垃圾尾）、舢舨洲（沙角）、坭洲头、大虎、莲花山、大濠洲、黄埔及内港港区内，锚地水深-5~-30 米。锚地可供原油、成品油和散货船舶作业。

3.1.4 旅游资源

南沙地区依山环水的自然景观和底蕴深厚的历史文化也使南沙成为了一个旅游胜地。南沙位于珠江三角洲冲积平原中部，倚山傍水，水网密布，河湖众多，自然环境优美。目前南沙已拥有蒲洲公园，天后宫，水乡一条街，百万葵园，南沙大酒店，祈福酒店等一批旅游景点及设施。广州在文化上有四个鲜明的特色：即岭南文化的发源地、近现代中国革命的策源地、海上丝绸之路发祥地、改革开放前沿地（简称为“四地”）。节日里还有好多民间活动，如龙艇竞赛、唱咸水歌等都具有浓厚的民间文化。这些独特的水乡民俗风情也是很好的旅游资源。

3.1.5 渔业资源

本章节根据 2022 年 11 月在论证海域完成的调查结果进行评价。调查概况见 3.2.6.1，调查方法如下：

（1）鱼卵仔鱼调查方法

利用浅水 II 型浮游生物网采样，定性样品采用平行拖网采集，定量样品采用垂直拖网采集。现场对采集的鱼卵仔鱼样品进行适当的浓缩后加入 5%中性福尔马林溶液进行固定，按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定种类和统计数量，并对鉴定结果进行相关数据分析。

（2）游泳动物调查方法

根据项目所在海域的地形地貌，采用符合规格要求的底拖网渔船进行拖网取样。由于站位所处海域均为航道码头附近海域，站位间距不大，因此每个站位各拖 1 网次，每次拖网 1 小时。每一站起网后，现场人员对渔获样品进行挑拣清洗和编号分装，并放入船上冻舱贮存，航次调查结束后运输回实验室，进行种类鉴定、生物称重及生物特征测量，并对结果进行相关数据分析。

现场拖网渔信息：船号为“南沙渔 11128”，底拖网渔船，网口规格 3*4.5m，

网囊网目为 2.5cm。

优势渔获物分析通过 Pinkas 等应用的相对重要性指标 (IRI) 来确定:

$$IRI = (N+W) \times F \times 10^4$$

N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比; W 为某种类的质量占总渔获质量的百分比; F 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。本报告以 IRI 大于 100 为优势种。

资源密度(kg/km²)和现存资源量(t)根据扫海面积法估算, 公式如下:

$$D = Y \times 10^{-3} / (A(1-E)) \quad B = D \cdot S$$

B=现存资源量 (t), D=资源密度 (kg/km²), A=每小时扫海面积 (km²/h), S=调查监测水域面积 (km²), Y=平均渔获率 (kg/h), E=逃逸率 (这里取 0.5)。

3.1.5.1 鱼卵仔鱼

(1) 种类组成

从发育阶段来看, 鱼卵共鉴定出 9 个种类, 隶属于 7 科, 其中鉴定到种属的有 4 个种类, 鉴定到科的有 5 个种类。仔鱼共鉴定出 7 个种类, 隶属于 5 科, 其中鉴定到种属的有 5 个种类, 鉴定到科的有 2 个种类。

水平拖网共捕获鱼卵 86 粒, 仔稚鱼 45 尾。鱼卵数量以鲷科一种占优势, 占总数量的 23.26%; 其次是小沙丁鱼占总数量的 17.44%; 仔鱼数量以小沙丁鱼占优势, 占总数量的 26.67%, 其次是白姑鱼属, 占总数量的 22.22%。本次调查鱼卵优势种鲷科一种, 仔鱼的优势种为小沙丁鱼。见表 3.1-1。

表 3.1-1 鱼卵和仔鱼种类组成

鱼卵		仔鱼	
中文名	占比%	中文名	占比%
鲷科一种			
隆头鱼科一种			
小公鱼			
舌鳎			
石首鱼科			
白姑鱼属			
石首鱼科一种			
小沙丁鱼			
鲷科一种			

(2) 密度分布

本次鱼卵仔鱼垂直拖网样品共采集 16 个样品, 实验室鉴定鱼卵共 31 个,

鱼卵密度范围为(0.25~7.5)粒/m³，平均密度为1.91粒/m³，最大值出现在H23号站位。仔鱼密度范围为(0~2.5)尾/m³，平均密度为0.36尾/m³，最大值出现在H05、H23号站位。详见表3.1-2。

表 3.1-2 鱼卵和仔鱼定量调查结果

站位	鱼卵		仔鱼	
	数量	密度粒/m ³	数量	密度尾/m ³
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

3.1.5.2 游泳动物

(1) 游泳生物资源现状

①种类组成

本次调查采用单拖底拖网采样方式，分析评价该项目海域游泳动物的种类组成。经鉴定，共捕获游泳动物44种，分别隶属于12目27科。其中鱼类9目20科31种，占有种类的70.45%；甲壳类2目6科12种，占有种类的27.27%；头足类1目1科1种，占有种类的2.28%。

②渔获率和现存资源密度

本次调查共采集到游泳动物的渔获量总重量有34.14kg，其中，鱼类重量为27.97kg，占总渔获量的81.93%；甲壳类重量为5.85kg，占总渔获量的17.15%；头足类重量为0.32kg，占总渔获量0.92%。个体数量计，共采集到个体有2309ind，鱼类为1070ind，占总个体渔获数量的46.34%；甲壳类为1236ind，占总个体渔获数量的53.53%；头足类为3ind，占总个体渔获量的0.13%。

游泳动物重量渔获率范围为0.96kg/h~7.09kg/h，游泳动物的平均重量渔获率为2.13kg/h。各站位中重量渔获率以H07号站最高，为7.09kg/h；渔获率较高

的站位还有 H21 号站，渔获率为 6.79kg/h；H10 号站最低，为 0.96kg/h。各类中鱼类重量渔获率为 1.75kg/h，占渔获游泳动物的 81.93%；甲壳类重量渔获率为 0.37kg/h；占渔获游泳动物的 17.15%；头足类重量渔获率为 0.02kg/h；占渔获游泳动物的 0.92%。按个体计，评价区游泳动物的个体渔获率范围为 80ind/h~367ind/h，平均个体渔获率为 144ind/h。各站位中个体渔获率以 H19 号站最高，为 367ind/h；依次为 H07 号站，为 191ind/h；H01 号站最低，为 80ind/h。各类中鱼类个体渔获率为 67ind/h，占渔获游泳动物的 46.34%；甲壳类个体渔获率为 77ind/h，占渔获游泳动物的 53.53%；头足类个体渔获率为 0.19ind/h，占渔获游泳动物的 0.13%。

调查海域中外海海域游泳动物的重量资源密度为 256.03kg/km²。各类中鱼类重量资源密度为 209.76kg/km²，甲壳类重量资源密度为 43.91kg/km²，头足类重量资源密度为 2.37kg/km²。各站中以 H07 号站重量资源密度最高（850.85kg/km²），H21 号站次之（814.22kg/km²），H10 号站较低（115.30kg/km²）；按个体计，游泳动物的资源密度约为 17316ind/km²。各类中鱼类个体资源密度为 8024ind/km²，甲壳类个体资源密度为 9269ind/km²，头足类个体资源密度为 22ind/km²。各站位中个体资源密度以 H19 号站最高（44036ind/km²），H16 号站次之（23398ind/km²），H01 号站最低（9599ind/km²）。其他各站资源密度见表 3.1-3。

表 3.1-3 调查海域游泳动物渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

③优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算评价调查海域内鱼类的相对重要性指标 (IRI), 并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标, 本次调查的优势渔获物鱼类共有 7 种。其中, 中华海鲶的 IRI 最高, 为 2244; 其它优势种依次为棘头梅童鱼 (1520)、红狼牙鰕虎鱼 (464)、凤鲚 (451)、大眼华鳊 (360)、少鳞舌鳎 (341)、短吻鲷 (247)。优势渔获物甲壳类有 5 种优势种。其中, 须亨氏仿对虾的 IRI 最高, 为 1186; 其它优势种依次为近亲螯 (1124)、长毛对虾 (687)、拟穴青蟹 (232)、刀额新对虾 (128)。优势渔获物头足类没有优势种。其它种类的相对重要性指数小于 100。优势种渔获率及百分比组成见表 3.1-4。

表 3.1-4 调查海域渔获物优势种

种类	种	拉丁文名	N	W	F	IRI
鱼类	中华海鲶	<i>Arius sinensis</i>				
	棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>				
	红狼牙鰕虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>				
	凤鲚	<i>Coilia mystus</i>				
	大眼华鳊	<i>Sinibrama macrops</i>				
	少鳞舌鳎	<i>Cynoglossus oligolepis</i>				
	短吻鲷	<i>Leiognathus brevirostris</i>				
甲壳类	亨氏仿对虾	<i>Parapenaeopsis hungerfordi</i>				
	近亲螯	<i>Charybdis affinis</i>				
	长毛对虾	<i>Fenneropenaeus penicillatus</i>				

(2) 鱼类资源状况

①种类组成

经鉴定, 本次调查共捕获鱼类 31 种, 分隶于 9 目 20 科。以鲈形目的种类数

最多，共有 14 种；鲱形目 6 种；鲾形目 3 种；鲻形目、鲤形目 2 种；其他各目均为 1 种，虾虎鱼科、石首鱼科 4 种；鲱科 3 种；鲻科、鳀科、鲤科 2 种，其他各科均为 1 种。

②渔获率与资源密度分布

本次调查底拖网渔获的鱼类总重量为 27.97kg，平均重量渔获率为 1.75kg/h。各站位中以 H07 号站重量渔获率最高，为 6.43kg/h；H20 号站重量渔获率最低，为 0.61kg/h。按个体计，鱼类的平均个体渔获率为 67ind/h。各站位中以 H23 号站个体渔获率最高，为 152ind/h，H13 号站个体渔获率最低，为 33ind/h。结果详见表 3.1-5。

调查海域中外海海域目前鱼类的平均重量资源密度为 209.76kg/km²。各站位中以 H23 号站重量资源密度最高，为 402.17kg/km²；H20 站重量资源密度最低，为 72.95kg/km²。按个体计，鱼类的平均个体资源密度为 8024ind/km²。各站位中以 H23 号站个体资源密度最高，为 18239ind/km²；H13 号站个体资源密度最低，资源密度为 3960ind/km²。结果详见表 3.1-5。

表 3.1-5 调查海域鱼类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

③鱼类优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内鱼类的相对重要性指标（IRI），并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标，本次调查的优势渔获物鱼类共有 7 种。其中，中华海鲶的 IRI 最高，为 2244；其它优势种依次为棘头梅童鱼（1520）、红狼牙鰕虎鱼（464）、凤鲚（451）、大眼华鲷（360）、少鳞舌鳎（341）、短吻鲷（247）。其它种类的相对重要性指数小于 100。优势种渔获率及百分比组成见表 3.1-6。

表 3.1-6 鱼类优势种渔获率及百分比组成

种类	种	拉丁文名	N	W	F	IRI
鱼类	中华海鲶	<i>Arius sinensis</i>				
	棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucidus</i>				
	红狼牙鰕虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>				
	凤鲚	<i>Coilia mystus</i>				
	大眼华鲷	<i>Sinibrama macrops</i>				
	少鳞舌鳎	<i>Cynoglossus oligolepis</i>				
	短吻鲷	<i>Leiognathus brevis</i>				
	中华海鲶	<i>Arius sinensis</i>				

（3）头足类资源状况

①种类组成

本次调查共渔获头足类 1 种，隶属 1 目 1 科，其中，八腕目 1 种。蛸科 1 种；其他各科均为 1 种。

②渔获率和资源密度分布

本次调查，头足类的重量渔获率范围为 0~0.20kg/h，平均 0.02kg/h，按个体计，个体渔获率范围为 0~2ind/h，平均 0.19ind/h。

采用扫海面积法估算附近海域的资源密度。评价区外海海域目前头足类的平均重量资源密度为 2.37kg/km²。各站位中以 H23 号站重量资源密度最高，为 23.55kg/km²；H01、H03、H05、H07、H08、H09、H10、H11、H13、H15、H16、H17、H19、H20 号站重量资源密度最低，为 0kg/km²。按个体计，平均个体资源密度为 22ind/km²。各站位中以 H23 号站个体资源密度最高，为 240ind/km²；H01、H03、H05、H07、H08、H09、H10、H11、H13、H15、H16、H17、H19、H20 号站个体资源密度最低，为 0ind/km²。结果详见表 3.1-7。

表 3.1-7 调查海域头足类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

③头足类优势种

根据相对重要性指数 (IRI) 公式计算评价调查海域内头足类的相对重要性指标 (IRI), 并以 IRI 大于 100 作为优势渔获物的判断指标。优势渔获物头足类没有优势种。

(4) 甲壳类资源状况

①种类组成

经鉴定, 本次调查渔获的甲壳类共 12 种, 分属 2 目 6 科。其中, 十足目 10 种; 口足目 2 种, 对虾科 4 种; 梭子蟹 3 种; 虾蛄科 2 种, 其他各科均为 1 种。

②渔获率和资源密度分布

调查海域甲壳类重量渔获率范围为 0kg/h~1.04kg/h, 平均 0.37kg/h。按个体计, 甲壳类的个体渔获率范围为 0ind/h~323ind/h, 平均 77ind/h。结果详见表 3.1-8。

评价外海海域目前甲壳类的平均重量资源密度约为 43.91kg/km²。各站位中

以H19号站重量资源密度最高，为125.03kg/km²；H03号站重量资源密度最低，为0kg/km²。按个体计，甲壳类的平均个体资源密度为9269ind/km²。各站位中以H19号站个体资源密度最高，为38757ind/km²；H03号站个体资源密度最低，为0ind/km²。结果详见表3.1-8。

表 3.1-8 调查海域甲壳类的渔获率和资源密度

站位	渔获率		资源密度	
	重量渔获率 kg/h	个体渔获率 ind/h	重量资源密度 kg/km ²	个体资源密度 ind/km ²
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

③甲壳类优势种

根据相对重要性指数（IRI）公式计算评价调查海域内甲壳类的相对重要性指标（IRI），并以IRI大于100作为优势渔获物的判断指标，优势渔获物甲壳类有5种优势种。其中，须亨氏仿对虾的IRI最高，为1186；其它优势种依次为近亲螯（1124）、长毛对虾（687）、拟穴青蟹（232）、刀额新对虾（128）。其它相对重要指数均小于100。

（5）主要种类及其生物学和生态学特征

根据调查优势种分析，项目附近海域主要渔业资源种类为中华海鲈、棘头梅童鱼、红狼牙鰕虎鱼、凤鲚、大眼华鳊、少鳞舌鳎、短吻蝠、亨氏仿对虾、

近亲蛄、长毛对虾、拟穴青蟹、刀额新对虾。

中华海鲶 *Arius sinensis*

分布于中国南海和东海等海域。为暖水性近海底层鱼类,常进入港湾和河口。栖息于水流缓慢的泥质水域。

棘头梅童鱼 *Collichthys lucidus*

分布于西太平洋区,包括菲律宾、越南、中国、朝鲜、韩国及日本等沿海。为暖水性近海底栖小型鱼类。主要栖息于河口及深度可达 90 米之砂泥底质中下层水域,群聚性较弱。有向深浅水间移动和发声习性。捕食底栖生物和小鱼、虾和糠虾为主,有自食幼体现象。

红狼牙鰕虎鱼 *Odontamblyopus rubicundus*

分布于辽宁沿海及我国各海区。国外见于日本、马来西亚新加坡、印度尼西亚、印度。为暖水性鰕形假虎鱼。常在泥沙中钻穴营居。属于近岸暖温性鱼类。此鱼在近海与淡水均能生存,在江岸穿穴潜居。性凶猛,食小鱼或小虾等。生活在底质为沙土、砾石、水质清亮而含氧丰富的池塘、湖泊、小河流的浅水区及山涧小溪中。平时分散居住在石隙里,用强有力的吸盘状腹鳍攀附于石壁,觅食时才从石隙中外出。成鱼喜欢跳跃,有时跳出水面,有时从一块石上跳往另一块石头。

凤鲚 *Coilia mystus*

分布于西太平洋,包括中国、韩国、朝鲜、越南和日本。在中国分布于渤海、黄海、东海和南海。大多生活于沿岸浅水区或近海,平时分散活动不集群,进入繁殖期便结成大群游向长江口,钱塘江口等咸淡水区域产卵。食物中几乎全是浮游动物,以甲壳类为主。其中挠足类最为重要,十足类次之,糠虾类、端足类、磷虾类更次之。

大眼华鲮 *Sinibrama macrops*

分布于台湾、福建、广西、广东等地。大眼华鲮,体高,侧扁,头后背部隆起,腹部明显下凸,尾柄短而高,从腹鳍甚至肛门间有腹稜。栖息在江河的缓流处。

少鳞舌鲷 *Cynoglossus oligolepis*

分布于西达印度及斯里兰卡、南达印度尼西亚以及两广、福建到台湾及浙江舟山等近海等,属于暖水性底层海鱼。一般在底层活动觅食,肉食性,以底

栖生物为食。

短吻鲷 *Leiognathus brevirostris*

分布于印度洋和太平洋。中国见于南海与东海。暖水性鱼类。栖息于近岸海区。一般体长为 30~100 毫米。生活在浅水域向下至深度大约 40 公尺, 主要在底部的附近, 成群出现。常出现在河口的咸水域, 捕食小型甲壳类、多毛类维生。

亨氏仿对虾 *Parapenaeopsis hungerfordi*

分布于马来西亚、印尼、中国。栖息于 25 米以内近岸浅海水域, 底质为泥和泥沙, 常常与哈氏仿对虾和刀额仿对虾混栖。

近亲螯 *Charybdis affinis*

分布于泰国、新加坡、印度尼西亚、印度、台湾岛以及中国大陆的广西、广东等地, 生活环境为海水, 主要生活于沙质或泥沙质的浅海底。

长毛对虾 *Fenneropenaeus penicillatus*

分布于中国东海, 南海和台湾海峡、日本、菲律宾等地。在自然海区, 幼虾常喜欢聚集于浅水内湾及河口附近觅食。随着幼虾迅速发育成长和生理生态上的变化, 逐渐离开浅海内湾及河口区域向较深的水域栖息活动。食物主要以单细胞藻类为主, 如小型硅藻类, 甲藻类以及其他动物幼体和有机碎屑等。随着个体的增长, 食物组成也逐步扩大, 主要食物以动物性底栖生物。

拟穴青蟹 *Scylla serrata*

栖息于浅海及潮间带, 多栖息在泥沙底质和有海草而低凹、退潮后还有水的地方, 以及红树的根基附近和浅海岩礁石洞或有其他掩蔽物的地方。食物组成中以软体动物和小型甲壳动物为主, 也常以滩涂蠕虫为食, 也食小鱼、小虾, 有时在胃中也有发现植物的茎叶碎片。广布于印度至西太平洋热带、亚热带海域、海南等。

刀额新对虾 *Metapenaeus ensis*

分布于中国东海和南海, 在日本、斯里兰卡、马来西亚、印度尼西亚、新几内亚及澳大利亚北部等海区也广泛分布。幼体时生活于低盐的河口、内湾, 随着生长逐渐向 15-50 米水深的高盐区水域移动, 以水深 20-30 米为多。对底质的选择性不强, 沙、沙泥、泥沙、泥均能适应。白昼一般潜伏于底部很少运动, 当气温寒冷, 水体透明度大时有钻底现象。黄昏时开始捕食与运动。以捕食底

栖生物为主，兼食底层浮游生物及游泳生物。

(6) 物种多样性分析

项目海域渔获物重量密度多样性指数(H')均值为 2.42(1.17-2.96)，均匀度指数(J')均值为 0.69(0.32-0.89)，单纯度指数(C')均值为 0.28(0.15-0.69)，丰富度指数(d')均值为 1.61(0.80-2.22)。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 2.71(1.50-3.14)，均匀度指数(J')均值为 0.77(0.58-0.85)，单纯度指数(C')均值为 0.21(0.14-0.42)，丰富度指数(d')均值为 0.82(0.39-1.04)。结果详见表 3.1-9。

表 3.1-9 渔获物多样性指数值

站位	个体密度指标				重量密度指标			
	H'	J'	C'	D'	H'	J'	C'	D'
H01								
H03								
H05								
H07								
H08								
H09								
H10								
H11								
H13								
H15								
H16								
H17								
H19								
H20								
H21								
H23								
平均值								

(7) 渔获物体重、体长和幼体比例

根据渔获物个体长度大于其最小性成熟长度为成鱼，而小于最小性成熟长度为幼鱼的划分标准来估算幼鱼的比例。本次调查主要经济鱼类的出现频率、平均体重和幼鱼比例，主要种类幼鱼比例情况如下：

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 40.23%，主要幼鱼渔获物为颈斑鲳、斑鲳、棘头梅童鱼、三角鲂、中华海鲢、佩氏莫鲻、半滑舌鲷、七丝鲚。结果详见表 3.1-10。

表 3.1-10 主要渔获种类幼体比例

种名	出现频率	体长范围 (cm)	幼鱼比例
中华海鲶			
棘头梅童鱼			
红狼牙鰕虎鱼			
凤鲚			
大眼华鳊			
少鳞舌鳎			
短吻鲷			
中华海鲶			

(8) 小结

本次调查共渔获游泳动物 44 种，其中鱼类 31 种，头足类 1 种，甲壳类 12 种。游泳动物的平均渔获率为 2.13kg/h 和 144ind/h。其中，鱼类为 1.75kg/h 和 67ind/h，头足类的平均渔获率为 0.02kg/h 和 0.19ind/h，甲壳类的平均渔获率为 0.37kg/h 和 77ind/h。根据扫海面积法估算，评价区外海海域目前游泳动物的资源密度约为 256.03kg/km² 和 17316ind/km²，其中鱼类约为 209.76kg/km² 和 8024ind/km²，头足类 2.37kg/km² 和 22ind/km²，甲壳类约为 43.91kg/km² 和 9269ind/km²。

本次调查的优势渔获物鱼类共有 7 种。其中，中华海鲶的 IRI 最高，为 2244；其它优势种依次为棘头梅童鱼（1520）、红狼牙鰕虎鱼（464）、凤鲚（451）、大眼华鳊（360）、少鳞舌鳎（341）、短吻鲷（247）。优势渔获物甲壳类有 5 种优势种。其中，须亨氏仿对虾的 IRI 最高，为 1186；其它优势种依次为近亲蛄（1124）、长毛对虾（687）、拟穴青蟹（232）、刀额新对虾（128）。优势渔获物头足类没有优势种。其它种类的相对重要性指数小于 100。

项目海域渔获物重量密度多样性指数(H')均值为 2.42(1.17-2.96)，均匀度指数(J')均值为 0.69(0.32-0.89)，单纯度指数(C')均值为 0.28(0.15-0.69)，丰富度指数(d')均值为 1.61(0.80-2.22)。渔获物个体密度多样性指数(H')均值为 2.71(1.50-3.14)，均匀度指数(J')均值为 0.77(0.58-0.85)，单纯度指数(C')均值为 0.21(0.14-0.42)，丰富度指数(d')均值为 0.82(0.39-1.04)。

在本次调查的渔获物中，鱼类幼体约占 54.30%，主要幼鱼渔获物为中华海鲶、棘头梅童鱼、红狼牙鰕虎鱼、凤鲚、大眼华鳊、少鳞舌鳎、短吻鲷。

3.2 海洋生态概况

3.2.1 气候气象

本区域属亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是：气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春旱，常有发生，夏涝风灾，危害较重。

本工程附近有广州南沙海洋站，根据该海洋站 2007 年 4 月~2015 年 12 月的实测气象资料，统计分析工程区域的气象特征。

(1) 气温

本区域全年气温较高，多年年平均气温为 23.6℃，平均气温年变幅不大，年较差为 4.7℃。最热的月份出现在 6~9 月份，多年月平均气温为 28.7℃以上；5 月和 10 月次之，多年月平均气温为 26.4℃~26.6℃；最冷的月份出现在 12 月至翌年 2 月份，多年月平均气温在 17.0℃以下；3 月次之，多年月平均气温为 19.4℃。平均最高气温出现在 8 月份为 32.5℃，平均最低气温出现在 1 月份为 12.7℃。历年最高气温为 38.0℃，出现在 2014 年 07 月 22 日；历年最低气温为 4.2℃，出现在 2010 年 12 月 17 日。

(2) 降水

本区域年降水量充沛，累年平均降水量为 1573.9mm，年际变化不大，最多年降水量为 2054.4mm（2008 年），最少年降水量为 1059.0mm（2011 年）。季节变化比较明显，有雨季和旱季之分。每年的 4~9 月份为雨季，累年月平均降水量均在 150mm 以上，受季风和热带气旋影响，5~6 月份降水较多，累年月平均降水量为 294mm 以上；整个雨季平均降水量共 1349.5mm，占全年降水量的 86%。10 月至翌年 3 月为旱季，平均降水量总共为 224.4mm，只占全年降水量的 14%。

历年日最大降水量为 304.8mm，出现在 2008 年 06 月 13 日，暴雨及大暴雨也主要出现在雨季的 5~9 月份。

(3) 风况

广州南沙海洋站地处季风区，累年平均风速 2.9m/s，年主导风向为北北东和南南东向，出现频率均为 16%和 14%，风向和风速随季节变化明显。秋、冬

季盛行北北东向风；春、夏季盛行偏南季风，偏南风频率较大，达 30%。常年平均风速变化不大，其平均值在 2.3~3.6m/s 之间。其中 5~8 月份的平均风速最小，多年月平均值为 2.3~2.5m/s。历年最大风速为 19.9m/s，风向北北东，出现在 2008 年 08 月 22 日。

广州南沙海洋站强风向为北北东向，最大风速为 19.9m/s；次强风向为东北东向，其最大风速为 17.5m/s。常风向为北北东和南南东向，累年出现频率为 16% 和 14%，其对应风向的平均风速为 4.2m/s 和 2.5m/s，最大风速为 19.9m/s 和 11.2m/s。其余各风向常年出现频率分布在 1%~12%之间。风速及各风向分布见表 3.2-1。风玫瑰图详见图 3.1-7。

表 3.2-1 广州南沙海洋站各风向累年平均风速、最大风速与频率 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
平均	3.9	4.2	3.1	2.3	2.4	2.2	2.2	2.5	2.3
频率	10	16	8	9	9	3	4	14	9
最大	15.3	19.9	14.2	17.5	17.4	14.7	10.3	11.2	8.9
日期	17	22	24	24	24	04	01	05	30
月份	04	08	06	07	09	08	07	10	06
年份	2007	2008	2008	2012	2008	2008	2007	2008	2007
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
平均	1.9	1.6	1.2	1.3	1.8	2.9	3.4		
频率	1	1	0	1	2	2	12	0	
最大	8.2	8.1	8.3	12.8	13.8	11.6	14.0		
日期	08	22	10	23	19	29	13		
月份	06	06	06	09	07	07	03		
年份	2007	2009	2007	2013	2009	2010	2009		

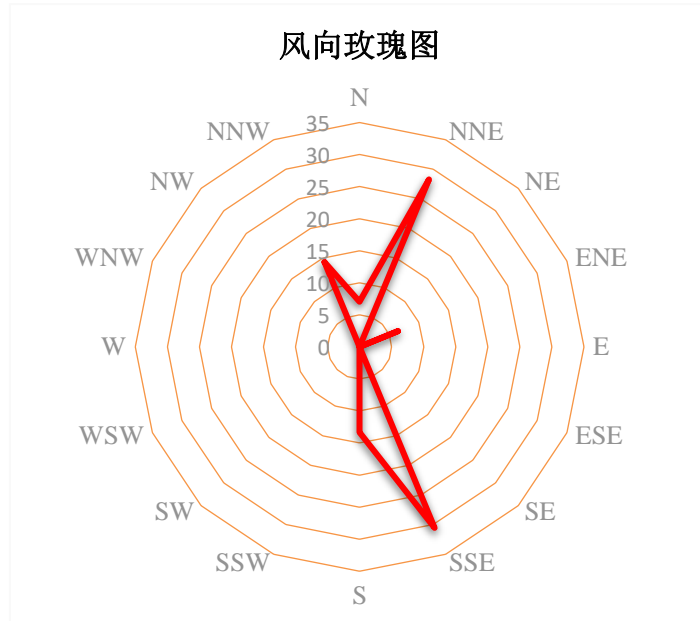


图 3.2-1 项目区域风玫瑰图

(4) 湿度

广州南沙海洋站海域相对湿度一般，多年平均值为 78%，2~9 月份平均相对湿度较大，多年月平均为 78%以上，其余月份的平均相对湿度较小，多年月平均相对湿度在 71%及以下，12 月份平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为 67%；本站观测到极端最小相对湿度为 13%，出现在 2010 年 12 月 09 日。

(5) 能见度

广州南沙海洋站海域能见度一般，多年能见度平均值为 13.9km，6~9 月份平均能见度较大，多年月平均都在 14km 以上，7 月份能见度最大，多年月平均为 15.7km，其余月份平均能见度较小，多年月平均在 13.7km 及以下，本站观测到极端最小能见度为 0.2km，出现在 2011 年 04 月 03 日。

3.2.2 水文动力

采用 2023 年 5 月 4 日至 5 日完成的水文观测，包含 1 个潮位站和 4 个海流、悬沙站观测。调查站位和见图 3.2-2 和表 3.2-2。

外插图件

图 3.2-2 水文测验站位布置图

表 3.2-2 水文测验站位布置

站号	经度 (E)	纬度 (N)	观测项目
H01			
H02			
H09			
H13			

3.2.2.1 潮位过程线

H02 站的潮位变化趋势符合该海区的潮位特征，调查海域为不正规半日潮，在一个朔望月中的大多数日子里，每个太阴日内一般可有两次高潮和两次低潮；但有少数日子（当月赤纬较大的时候），第二次高潮很小，半日潮特征就不明显。

H02 站在大潮观测期间，高高潮位为 129cm，高高潮时是 5 月 5 日 11:00；低高潮位为 81cm，低高潮时是 5 月 4 日 23:00；低低潮位为-98cm，低低潮时是

5月5日 6:00；高低潮位为-92cm，高低潮时是5月4日 18:00；最大潮差为227cm。

潮位过程线如图 3.2-3 所示。

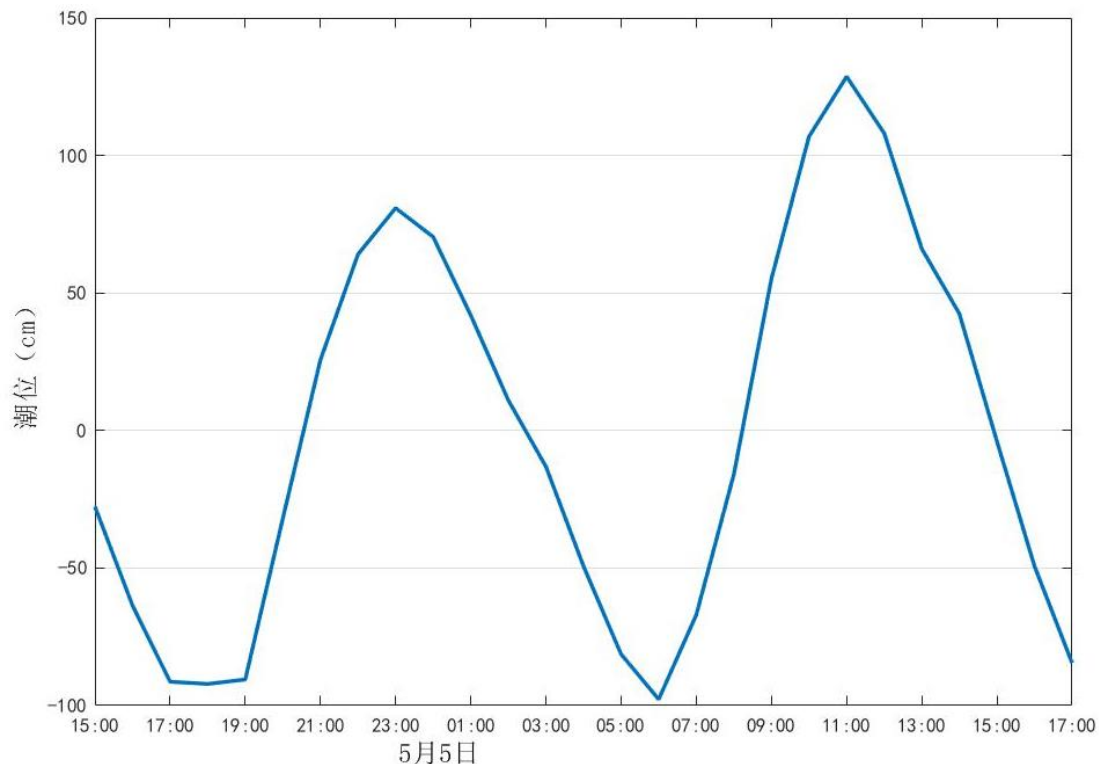


图 3.2-3 H02 站位潮位过程线（平均海面）

3.2.2.2 风速风向

H01 站位的风速风向资料统计如表 3.2-3 所示。风速每小时测一次，从 4 日 15 点整开始，风向以东南为主，风速最大为 4.7m/s，出现在 5 日 14:00，风速最小为 3.7m/s，出现在 5 日 11:00。

表 3.2-3 H01 站位风速风向统计

时间	风速 (m/s)	风向(°)	时间	风速 (m/s)	风向(°)
4 日 15:00	4.2	东南	5:00	4.5	东南
16:00	3.9	东南	6:00	4.1	南
17:00	4.1	东南	7:00	4.0	东南
18:00	3.8	东南	8:00	3.8	东南
19:00	4.3	南	9:00	4.1	南
20:00	4.1	东南	10:00	4.4	东南
21:00	4.6	东南	11:00	3.7	东南
22:00	4.0	东南	12:00	3.9	东南
23:00	4.4	南	13:00	4.1	东南
5 日 0:00	3.8	东南	14:00	4.7	东南
1:00	4.3	南	15:00	4.0	东南
2:00	4.1	东南	16:00	4.3	东南

3:00	3.9	南	17:00	4.5	东南
4:00	4.6	东南			

3.2.2.3 海流

海洋中由各种因素引起的海水运动称之为海流。通常又将海流分为由天体引潮力引起的潮流和由水文、气象等非天文因素引起的非潮流，它们在海洋中所占的成分因地而异。一般来说，大洋中的海流以非潮流为主，而我国近海的海流以潮流为主。海流是塑造海底地形演变的主要外动力之一，它对海洋工程基础设施影响较大。本章中的海流，是指包括潮流成分和非潮流成分在内的综合流动。从周日海流观测资料中扣除潮流后的平均值通常称为余流，它是风海流、密度流、潮汐余流等的综合体现。项目海域位于广东省南部海域，此海域海流不仅受到潮流、风海流、沿岸流和海水密度等因素作用，还受到地形的影响。本章拟从实测海流、潮流和余流等三个方面分析其基本特征及其分布和变化规律。

3.2.2.4 实测海流

观测期间实测海流矢量图中各时刻的 3 层海流的垂线平均流速按如下公式进行矢量计算： $V_{\text{垂线}}=1/3 \times (V_{0.2H}+V_{0.6H}+V_{0.8H})$ ，H 为瞬时水深，本节潮位为随船同步实测的潮位资料。

图 3.2-4~图 3.2-7 为大潮期各站各层（表层、0.6H 和底层，H 为瞬时水深）海流平面分布玫瑰图，图 3.2-8 为大潮期各站各层海流过程矢量图，图 3.2-9 为大潮期各站各层流速流向过程线。表 3.2-4 为大潮期各站各层涨、落潮流对比统计表，表 3.2-5 为大潮期各站涨、落潮流历时统计。

从海流的流态来看，各站海流的主要为往复流。各站海流受地形影响较大，基本同岸线平行。各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致。最大涨潮流及最大落潮流的流速发生时刻基本在半潮面附近，说明潮波为驻波。

涨潮憩流时间发生在高潮时后 2~4 小时之间，落潮憩流时间发生在低潮时后 4~6 小时之间。同时，调查海区的潮流特征是不规则半日潮，一天内潮流转向两次，出现一次涨潮流，一次落潮流，涨、落潮流流速大小不等。

外插图件

外插图件

图 3.2-4 大潮期各站各层（表层）海流平面分布玫瑰图

外插图件

图 3.2-5 大潮期各站各层（0.6H）海流平面分布玫瑰图

外插图件

图 3.2-6 大潮期各站各层（底层）海流平面分布玫瑰图

外插图件

图 3.2-7 大潮期各站各层海流平面分布玫瑰图

外插图件

图 3.2-8 大潮期各站各层海流过程矢量图

外插图件

图 3.2-9 大潮期各站各层流速流向过程线（潮位为平均海面）

大潮期调查海域海流流速较大，实测最大涨潮流速为 125.5cm/s，对应流向为 315°，发生在 H13 站表层；实测最大落潮流速为 116.5cm/s，对应流向为 124°，发生在 H01 站表层。除 H13 号站各层外，该观测区域各层落潮流速均比涨潮流速大（见表 3.2-4）。

表 3.2-4 大潮期最大涨、落潮流速及对应流向统计（流速单位：cm/s，流向单位：°）

站号 \ 层次	表层				0.6H 层				底层			
	涨潮		落潮		涨潮		落潮		涨潮		落潮	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
H01												
H02												
H09												
H13												

就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域涨潮平均流速在 33.7cm/s~66.2cm/s 之间，落潮平均流速在 38.4cm/s~70.4cm/s 之间。除 H13 号站底层落潮平均流速低于涨潮平均流速以外，其余站点各层落潮平均流速均高于涨潮平均流速（见表 3.2-5）。

表 3.2-5 大潮期涨、落潮平均流速及对应流向统计（流速单位：cm/s）

站号	层次	表层				0.6H层				底层			
		涨潮		落潮		涨潮		落潮		涨潮		落潮	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
H01													
H02													
H09													
H13													

3.2.2.5 余流

余流通常指实测海流资料中除去周期性流动（天文潮）之外，剩余的部分流动。其中包括潮汐余流、风海流和密度流等非周期性流动。调查海区各潮期的余流流速及流向列于表 3.2-6。图 3.2-10 为各潮期余流平面分布图。从图和表中，可以看到以下特点：

（1）各站点各层的余流方向均同水系的流向一致。

（2）调查海区余流介于 3.8cm/s~29.4cm/s，总体而言，表层余流流速>0.6H层余流流速>底层余流流速。

表 3.2-6 各潮期的余流流速及流向（流速：cm/s，流向：°）

站号	层次	流速	流向
H01	表层		
	0.6H		
	底层		
H02	表层		
	0.6H		
	底层		
H09	表层		
	0.6H		
	底层		
H13	表层		
	0.6H		
	底层		

外插图件

图 3.2-10 各潮期余流平面分布图

3.2.2.6 小结

(1) 调查海域各站海流的往复流特征明显。各站海流受地形影响较大，基本同岸线平行。各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致。最大涨潮流及最大落潮流的流速发生时刻基本在半潮面附近，说明潮波为驻波。

(2) 大潮期调查海域海流流速较大，实测最大涨潮流速为 125.5cm/s，对应流向为 315°，发生在 H13 站表层；实测最大落潮流速为 116.5cm/s，对应流向为 124°，发生在 H01 站表层。除 H13 号站外，该观测区域各层落潮流速均比涨潮流速大。

(3) 就各站位潮时段平均而言，大潮期，调查海域涨潮平均流速在 33.7cm/s~66.2cm/s 之间，落潮平均流速在 38.4cm/s~70.4cm/s 之间。除 H13 号站、底层落潮平均流速低于涨潮平均流速以外，其余站点各层落潮平均流速均高于涨潮平均流速。

(4) 各站点各层的余流方向均同水系的流向一致。

(5) 调查海区余流介于 3.8cm/s~29.4cm/s，分别出现在 H18 站 0.6H 层、

H22 站表层，总体而言，表层余流流速 $>0.6H$ 层余流流速 $>$ 底层余流流速。

3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

根据《广东省地质志》内的区域地质资料，本场地区域大地构造位置位于华南准地台（一级单位）湘桂赣粤褶皱带（二级单位）中的粤中坳褶皱束（三级单位）之东端，东莞断凹盆地（四级单位）的西南段（根据广东省地质局区域地质测量《广州幅》资料提供）。次级褶皱位于灵山大岗石楼断凹盆地中，东莞断凹盆地为中生代喜马拉雅构造旋回形成的断坳盆地，主要是由白垩系--第三系红色砂砾岩、泥砂岩组成的构造盆地。

本区在地质历史上曾经历过多次构造运动，其中华力西--印支运动使晚古生代发生过渡性褶皱，伴随断裂构造，构造线以北东向为主，次为东西向，而燕山运动规模最大，活动最强烈，对区域构造格局的形成影响较为深远。此次运动的特点是：北东向断裂规模宏大，东西向断裂再次复活，并出现北西向断裂沿断裂多次大规模的岩浆侵入和喷发交替出现，以及伴随的动力变质和接触变质作用普遍出现。新生代以来，本区的构造活动呈现由西北向东南逐渐增强的趋势，喜山运动以来以差异性断块运动和断裂的继承活动为主，并伴随基性偏碱性岩浆的喷溢活动。

本项目接线段的地貌以三角洲冲积平原地貌为主，局部段落为侵蚀低山丘陵地貌。项目过江段位于珠江水道下游，河道弯曲，河流分支复合频繁，上、下游互相贯通或有汊流相接，成典型的河网三角洲地貌。项目所在海域的小虎沥全长约 10km，宽约 250~480 米，河道水深 0~9 米。项目所在河段有江心洲，桥梁横跨江心洲。江心洲东侧水深 0~3 米，西侧水深 0~5 米。

本线路所在海域水深地形情况见图 3.2-11~图 3.2-13。

外插图件

图 3.2-11 项目附近水深地形扫测图

外插图件

图 3.2-12 项目附近水深地形扫测图

外插图件

图 3.2-13 项目附近水深地形扫测图

3.2.4 工程地质

根据钻探揭示的土层结构及其物理力学性质，结合区域性资料，按地质年代、成因类型，将钻探深度范围内的地层划分为：①层为第四系全新统人工堆积层(Q4ml)素填土、填筑土，②第四系海陆交互相沉积层(Q4mc)淤泥质土、淤泥、粉质黏土、粉砂、中砂、砾砂、卵石，③古近系莘庄村组(E1x)泥岩。勘察深度范围内，拟建工程区勘察揭露的地层特征由新到老描述如下：

(1) 第四系全新统人工堆积层(Q4ml)

①1素填土：灰褐色、杂色，稍湿，松散，主要由黏性土和砂类土组成，含少量砾石及植物根系，局部夹有砂岩碎块。该层场地内只在钻孔 QZK8、QZK30、QZK31 表层有揭露，揭露层厚 1.70~2.50m，平均厚度为 2.03m，层底高程 0.35~3.40m。

①2填筑土：灰褐色、杂色，松散-稍压实，稍湿，主要由砂类土和砾石组成，含少量黏性土及砂岩碎块，局部夹有建筑垃圾。该层场地内主要分布于河道两侧岸上表层，揭露层厚 3.10~14.20m，平均厚度为 5.52m，层底高程-7.67~4.83m。

(2) 第四系海陆交互相沉积层(Q4mc)

②1层淤泥质土：褐灰色、灰黑色，流塑为主，局部软塑，受上部荷载(车辆通行、土层自重等)作用下完成部分固结沉降而以淤泥质土产出，土质较均匀，局部含粉细砂及腐殖质，富含有机质，具轻微腐臭味，手捏滑腻染手，韧性高，干强度高，无摇振反应。该层场地内除钻孔 QZK9、QZK17、QZK18、QZK31、QZK39、QZK40 外其余钻孔均有揭露，揭露层厚 0.5~13.90m，平均厚度为 6.54m，层底高程-17.25~1.53m。

②2层淤泥：褐灰色、灰黑色，流塑，土质较均匀，局部含粉细砂、腐殖质及少量贝壳，富含有机质，具腐臭味，手捏滑腻，切面光滑，韧性高，干强度高，无摇振反应。该层场地内除钻孔 QZK1~QZK4、QZK20、QZK24~QZK26、QZK42、QZK43、QZK46、QZK48、QZK49 外其余钻孔均有揭露，揭露层厚 1.40~21.00m，平均厚度为 9.14m，层底高程-19.45~0.05m。

②3层粉质黏土：灰褐色、黄褐色、可塑，主要由黏粒、粉粒组成，土质较均匀，含有少量细砂，粘性一般，切面粗糙，韧性中等，干强度一般。该层场

地内只在钻孔 QZK1~QZK3、QZK6、QZK7、QZK27~QZK31、QZK46、QZK47 中有揭露，揭露层厚 0.80~3.60m，平均厚度为 2.39m，层底高程-24.75~-6.19m。

②4层粉砂：灰褐色，饱和，松散，成分以石英、云母、长石为主，砂质不均匀，含大量淤泥或淤泥质土，分选性一般，级配差。该层场地内只在钻孔 QZK2、QZK22、QZK23、QZK27~QZK31、QZK40、QZK46 中有揭露，揭露层厚 1.30~5.00m，平均厚度为 2.84m，层底高程-21.75~-3.59m。

②5层中砂：黄褐色、褐黄色，饱和，稍密，成分以石英、云母、长石为主，砂质不均匀，含大量黏性土，局部含少量砾石，分选性一般，级配差。该层场地内除钻孔 QZK1、QZK2、QZK22 外其余钻孔均有揭露，揭露层厚 1.50~11.40m，平均厚度为 6.61m，层底高程-29.85~-12.07m。

②6层砾砂：黄褐色、褐黄色，饱和，中密，主要成分以石英、长石为主，砾石含量约占 30%，粒径约 5-20mm，含大量中粗砂，局部夹有卵石。该层场地内只在钻孔 QZK20~QZK23、QZK42~QZK45、QZK48、QZK49 中有揭露，揭露层厚 7.50~13.10m，平均厚度为 9.37m，层底高程-27.07~-24.02m。

②7层卵石土：杂色，饱和，中密，母岩成分为砂岩，呈亚圆形、次圆形，磨圆度一般，一般粒径 20-60mm，最大粒径 100mm，含量约占 65%，余为中粗砂充填。该层场地内只在钻孔 QZK17、QZK18、QZK21、QZK39、QZK40、QZK42 中有揭露，揭露层厚 0.60~2.60m，平均厚度为 1.52m，层底高程-29.45~-25.55m。

(3) 古近系莘庄村组 (E1x)

③1层强风化泥岩：深灰色、紫红色，泥质结构，层状构造，节理裂隙发育，岩芯风化较强烈，岩芯呈碎块状，一般块径 3-8cm，日晒易开裂，轻敲易碎。该层场地内除钻孔 QZK26 外其余钻孔均有揭露，揭露层厚 1.0~5.4m，平均厚度为 2.58m，层底高程-32.25~-14.53m。岩石坚硬程度为软岩，岩体破碎，岩石基本质量等级为 V 级。

③2中风化泥岩：紫红色，泥质结构，层状构造，节理裂隙较发育，岩芯呈柱状、一般节长 10-30cm，最大节长 65cm，局部夹碎块状，一般块径 3-8cm，锤击易碎。该层场地内钻孔均有揭露，揭露层厚 6.0~11.50m，平均厚度为

9.62m，层底高程-42.65~-23.57m，该层未揭穿。岩石坚硬程度为软岩，岩体较破碎，岩石基本质量等级为V级。

外插图件

图 3.2-14 地质钻孔柱状图

外插图件

图 3.2-15 地质钻孔柱状图

3.2.5 海域生态现状

调查概况见 3.2.6.1，调查方法如下：

(1) 叶绿素 a 与初级生产力

使用桶式采水器按《海洋监测规范》GB17378.7-2007（8.2）中有关叶绿素 a 调查方法规定进行采样，使用紫外分光光度计测定叶绿素 a 的含量。

初级生产力的估算采用叶绿素 a 法，按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的下列公式估算：

$$P = \frac{Chla \cdot Q \cdot D \cdot E}{2}$$

式中：

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

$Chla$ —真光层内平均叶绿素 a 含量（ mg/m^3 ）

Q —不同层次同化指数算术平均值，取 3.71

D —昼长时间（h），根据季节和海区情况取 12.0 小时

E —真光层深度（m），取透明度(m)×2.71

(2) 浮游植物

利用浅水Ⅲ型浮游生物网进行网采样品的采集，拖网方式为自底向表垂直上拖。现场对采集的浮游植物样品进行适当的浓缩后加入鲁哥试剂溶液进行固定，按照相关规定进行运输回实验室并贮。实验室使用生物显微镜鉴定种类，统计数量，并对鉴定结果进行相关数据分析。

(3) 浮游动物

利用浅水Ⅱ型浮游生物网进行网采样品的采集，拖网方式为自底向表垂直上拖。现场对采集的浮游动物样品进行适当的浓缩后加入 5%中性福尔马林溶液进行固定，按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定种类、统计数量及生物称重，并对鉴定结果进行相关数据分析。

(4) 大型底栖生物

底栖生物的定量样品采用 0.065m^2 的采泥器采集，每站采样 3 次；定性样品采用阿氏拖网采集，拖拽时间为 10-15min，拖速为 2-3 节。在船上对采集到的沉积物样品进行冲洗分拣，收集所有的大型底栖生物，并加入 75%无水乙醇进行固定。按照相关规定运输回实验室并妥善贮存。实验室使用体视显微镜鉴定

种类、统计数量及生物称重，并对鉴定结果进行相关数据分析。

3.2.5.1 叶绿素 a 与初级生产力

初级生产力采用叶绿素 a 法，按照按联合国教科文组织（UNESCO）推荐的下列公式： $P=ChlaQDE/2$ 计算，其结果见表 3.2-7。

表 3.2-7 调查海区叶绿素 a 含量和初级生产力

站点	表层 ($\mu\text{g/L}$)	底层 ($\mu\text{g/L}$)	平均 ($\mu\text{g/L}$)	透明度 (m)	初级生产力 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
H01					
H03					
H05					
H07					
H08					
H09					
H10					
H11					
H13					
H15					
H16					
H17					
H19					
H20					
H21					
H23					
最小值					
最大值					
平均值					

调查海区叶绿素 a 平均含量范围是 $(0.71\sim 3.02) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $1.37\text{mg}/\text{m}^3$ ，各站点间的差异较大。根据美国环保局（EPA）关于叶绿素 a 含量的评价标准（叶绿素 a 含量低于 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 为贫营养区， $4\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 为中营养区，超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 为富营养区），调查海区均站位大部分属于贫营养区。表层叶绿素 a 含量范围为 $(0.95\sim 4.35) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $1.49 \text{mg}/\text{m}^3$ ；底层叶绿素 a 含量范围 $(0.47\sim 1.68) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值 $1.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。调查海区初级生产力变化范围是 $(29.98\sim 129.13) \text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ；平均值是 $56.67\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

调查海区叶绿素 a 平均含量范围是 $(0.71\sim 3.02) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $1.37\text{mg}/\text{m}^3$ ，表层叶绿素 a 含量范围为 $(0.95\sim 4.35) \text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值为 $1.49 \text{mg}/\text{m}^3$ ；

底层叶绿素 a 含量范围 (0.47~1.68) mg/m³, 平均值 1.02mg/m³。各站点间的差异较大, 所有站位均属于贫营养区。初级生产力变化范围是 (29.98~129.13) mg·C/m²·d; 平均值是 56.67mg·C/m²·d。

3.2.5.2 浮游植物

(1) 种类组成

本次调查共采集到 16 个浮游植物样品, 实验室共鉴定到浮游植物 3 门 22 属 41 种 (包括变型及变种) (见附录 1)。其中, 硅藻有 18 属 31 种, 占浮游植物总种类数的 75.61%; 甲藻有 2 属 8 种, 占浮游植物总种类数的 19.51%; 蓝藻 2 属 2 种, 占浮游植物总种数的 4.88%。

(2) 细胞丰度

调查海域各站位浮游植物的细胞丰度范围为(0.01~7.85)×10⁴cells/m³, 平均细胞丰度为 2.00×10⁴cells/m³。浮游植物的细胞丰富差异较大, 其中丰度最高值出现在 H17 号站位, 最低值出现在 H21 号站位。详见表 3.2-8。

表 3.2-8 各站位浮游植物细胞丰度

站位	细胞丰度 (×10 ⁴ cells/m ³)
H01	
H03	
H05	
H07	
H08	
H09	
H10	
H11	
H13	
H15	
H16	
H17	
H19	
H20	
H21	
H23	
平均值	

(3) 优势种

物种优势种由优势度决定, Mcnaughton 优势度指数计算公式为:

$$Y = P_i \cdot f_i$$

式中，Y为优势度，Pi为第i种的个体数与样品所有种类总个体数的比值，fi为第i种生在各站位出现的频率。

根据实际调查情况，本次调查将浮游植物优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类作为该海域的优势种。

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为布氏双尾藻、并基角毛藻、太阳双尾藻。其中，以布氏双尾藻的优势地位最为突出，平均丰度为 $1.41 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占总细胞数的 70.76%，优势度为 0.71。详见表 3.2-9。

表 3.2-9 浮游植物优势种和优势度

优势种	平均丰度 ($\times 10^4 \text{cells/m}^3$)	占总丰度的 比例(%)	出现频率 (%)	优势度
并基角毛藻				
太阳双尾藻				
布氏双尾藻				

(4) 生态指数

调查期间各站位的浮游植物丰富度指数介于 0.19~1.15 之间，平均值为 0.71，丰富度指数最高出现在 H20 号站位，丰富度指数最低出现在 H05 号站位。单纯度指数介于 0.24~0.88 之间，平均值为 0.57，单纯度指数最高出现在 H01 号站位，单纯度指数最低出现在 H23 号站位。多样性指数介于 0.45~2.22 之间，平均值为 1.38，多样性指数最高出现在 H17 号站位，多样性指数最低出现在 H01 号站位。均匀度指数介于 0.19~0.96 之间，平均值为 0.45，均匀度最高出现在 H21 号站位，均匀度的最低值出现在 H01 号站位。详见表 3.2-10。

表 3.2-10 各站位浮游植物生态指数

站位	丰富度 (D)	单纯度 (C)	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				

H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

(5) 小结

本次浮游植物调查共鉴定到浮游植物 3 门 22 属 41 种，以硅藻类占多数。各调查站位浮游植物的细胞丰度范围为 $(0.01\sim 7.85) \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，平均细胞丰度为 $2.00 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。

调查海域浮游植物优势种类明显，主要为并基角毛藻、太阳双尾藻、布氏双尾藻等。其中布氏双尾藻的优势地位最为突出，平均丰度为 $1.41 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占总细胞数的 70.76%，优势度为 0.71。

调查海域的浮游植物丰富度指数范围为 0.19~1.15，平均值为 0.71，单纯度指数介于 0.24~0.88 之间，平均值为 0.57，多样性指数介于 0.45~2.22 之间，平均值为 1.38，均匀度指数介于 0.19~0.96 之间，平均值为 0.45。

3.2.5.3 浮游动物

(1) 种类组成

本次浮游动物调查共采集 16 个站位样品，实验室共鉴定到浮游动物有 7 类 20 属 21 种（详见附录 2），其中桡足类最多有 10 属 10 种，占浮游动物总种数的 47.62%；水螅虫类有 5 属 6 种，占浮游动物总种数的 28.57%；毛颚类、樱虾类、莹虾类、糠虾类和栉水母类均有 1 属 1 种，各占浮游动物总种数的 4.76%；另有 5 个类别浮游幼体和若干鱼卵、仔鱼。

(2) 生物量和丰度

调查海域浮游动物丰度范围为 $(21.54\sim 30700.00) \text{ind/m}^3$ ，平均丰度为 1984.87ind/m^3 ，其中最高丰度出现在 H23 号站位；生物量范围为 $(0.85\sim 130.75) \text{mg/m}^3$ ，平均生物量为 13.35mg/m^3 ，其中最高生物量出现在 H23 号站位。详见

表 3.2-11。

表 3.2-11 浮游动物丰度和生物量

站位	丰度 (ind/m ³)	生物量(mg/m ³)
H01		
H03		
H05		
H07		
H08		
H09		
H10		
H11		
H13		
H15		
H16		
H17		
H19		
H20		
H21		
H23		
平均值		

(3) 优势种

根据实际调查情况，本次调查将浮游动物优势度 ≥ 0.10 的种类作为该海域的优势种类。

调查期间该海域浮游动物优势种类优势种明显，主要有太平洋纺锤水蚤和强额孔雀哲水蚤。结果详见表 3.2-12。

表 3.2-12 浮游动物优势种

优势种	拉丁文名	平均丰度 (ind/m ³)	比例(%)	出现 频率(%)	优 势 度
太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>				
强额孔雀哲水蚤	<i>Pavocalanus crassirostris</i>				

(4) 生态指数

调查结果表明，调查海域的浮游动物丰富度指数范围为 0.34~1.86，平均值为 1.15，最高出现在 H11 号站位。单纯度指数范围为 0.25~0.82，平均值为 0.40，最低出现在 H07 号站位。多样性指数范围为 0.75~2.26，平均值为 1.87，最高值

出现在 H08 号站位。均匀度指数范围为 0.21~0.85，平均值为 0.65，最高出现在 H17 号站位。详见表 3.2-13。

表 3.2-13 浮游动物生态指数

站位	丰富度 (D)	单纯度 (C)	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

(5) 小结

本次浮游动物调查共鉴定到浮游动物 7 类 20 属 21 种，其中桡足类最多有 10 属 10 种；水媳虫类有 5 属 6 种；毛颚类、樱虾类、莹虾类、糠虾类和栉水母类均有 1 属 1 种；另有 5 个类别浮游幼体和若干鱼卵、仔鱼。

调查海域的浮游动物丰度范围为(21.54~30700.00)ind/m³，平均丰度为 1984.87ind/m³；生物量范围为 (0.85~130.75) mg/m³，平均生物量为 13.35mg/m³。生物量及丰度最高值均出现在 H23 号站。

调查海域浮游动物优势种类明显，主要有太平洋纺锤水蚤和强额孔雀哲水蚤。

调查海域的浮游动物丰富度指数范围为 0.34~1.86，平均值为 1.15；单纯度指数范围为 0.25~0.82，平均值为 0.40；多样性指数范围为 0.75~2.26，平均值为 1.87；均匀度指数范围为 0.21~0.85，平均值为 0.65。

3.2.5.4 大型底栖生物

(1) 种类组成

本次项目采集的大型底栖生物样品共采集鉴定到 6 门 20 科 27 种，其中环节动物和软体动物均有 2 科 2 种，占总种类数的 7.41%；脊索动物有 2 科 6 种，占总种类数的 22.22%；节肢动物有 12 科 15 种，占总种类数的 55.56%；刺胞动物和蠕虫动物均有 1 科 1 种，占总种类数的 3.70%。详见附录 3。

(2) 生物量和栖息密度

调查结果表明，调查海域的底栖生物栖息密度的范围为(0~20.51)ind/m²，平均密度为 9.29ind/m²，最高值出现在 H21 号站位；生物量的范围为(0~54.21)g/m²，平均生物量为 7.99g/m²，最高值出现在 H10 号站位。详见表 3.2-14。

表 3.2-14 各站位大型底栖生物生物量和栖息密度

站位	栖息密度 (ind/m ²)	生物量 (g/m ²)
H01		
H03		
H05		
H07		
H08		
H09		
H10		
H11		
H13		
H15		
H16		
H17		
H19		
H20		
H21		
H23		
平均值		

注：“--”表示该站位未采集到。

(3) 各类别生物量和栖息密度

调查结果表明，调查海域大型底栖生物栖息密度和生物量主要以节肢动物为主，平均栖息密度为 4.17ind/m²，平均生物量为 4.75g/m²；最低为软体动物，平均栖息密度为 0.32ind/m²，平均生物量为 0.08g/m²。详见下表。

表 3.2-15 各站位类别生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)

门类		H01	H03	H05	H07	H08	H09	H10	H11	H13	H15	H16	H17	H19	H20	H21	H23	平均值
栖息密度	环节动物																	
	节肢动物																	
	软体动物																	
	蠕虫动物																	
	总计																	
生物量	环节动物																	
	节肢动物																	
	软体动物																	
	蠕虫动物																	
	总计																	

注：“-”为未发现

(4) 优势种

根据实际调查情况，本次调查将大型底栖生物的优势度 ≥ 0.09 的种类作为该海域的优势种类。调查期间调查海域大型底栖生物优势种类为齿吻沙蚕属和中国毛虾。

(5) 生态指数

调查结果表明，调查海域的大型底栖生物的丰富度指数范围为 0~0.30，平均值为 0.10，最高值出现在 H05 号站位。单纯度指数范围为 0.50~1.00，平均值为 0.71，最低值出现在 H05 号站位。多样性指数范围为 0~1.00，平均值为 0.34，最高值出现在 H05 号站位。均匀度指数范围为 0~1.00，平均值为 0.34，最高值出现在 H05 号站位。详见表 3.2-16。

表 3.2-16 大型底栖生物各站位生态指数

站位	丰富度 (D)	单纯度 (C)	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)
H01				
H03				
H05				
H07				
H08				
H09				
H10				
H11				
H13				
H15				
H16				
H17				
H19				
H20				
H21				
H23				
平均值				

注：0 为只采集到 1 种底栖生物；"--" 为未发现。

(6) 小结

本次大型底栖生物调查共鉴定到 6 门 20 科 27 种，其中环节动物和软体动物均有 2 科 2 种；脊索动物有 2 科 6 种；节肢动物有 12 科 15 种；刺胞动物和蠕虫动物均有 1 科 1 种。

调查海域的大型底栖生物栖息密度范围为(0~20.51)ind/m²，平均栖息密度为 9.29ind/m²；生物量的范围为(0~54.21)g/m²，平均生物量为 7.99g/m²。大型底栖生物栖息密度和生物量主要以节肢动物为主，平均栖息密度为 4.17ind/m²，平均生物量为 4.75g/m²；最低为软体动物，平均栖息密度为 0.32ind/m²，平均生物量为 0.08g/m²。

调查大型底栖生物优势种类突出，优势种为齿吻沙蚕属和中国毛虾。

调查海域各站位的丰富度指数范围为 0~0.30，平均值为 0.10；单纯度指数范围为 0.50~1.00，平均值为 0.71；多样性指数范围为 0~1.00，平均值为 0.34；均匀度范围为 0~1.00，平均值为 0.34。

3.2.5.5 潮间带生物

(1) 种类组成

本次潮间带共布设 3 条调查断面，实验室共鉴定出 4 类 16 科 20 种生物（包含定性样品），其中环节动物有 4 科 4 种，占潮间带总种类数的 20.00%；脊索动物有 1 科 1 种，占潮间带总种类数的 5.00%；节肢动物有 6 科 10 种，占潮间带总种类数的 50.00%；软体动物有 5 科 5 种，占潮间带总种类数的 25.00%。详见附录 5。

其中 C1 断面出现 9 种生物，C2 断面有 6 种生物，C3 断面有 8 种生物。不同断面出现的生物种类数详见表 3.2-17。

表 3.2-17 不同断面出现的生物种类数

门类	C1	C2	C3
环节动物			
脊索动物			
节肢动物			
软体动物			
合计			

注：--表示未发现该生物类型

(2) 生物量和栖息密度

潮间带生物调查断面高潮区平均栖息密度为 22.67ind/m²，平均生物量为 32.72g/m²；中潮区平均栖息密度为 36.00ind/m²，平均生物量为 64.75g/m²；低潮区平均栖息密度为 17.33ind/m²，平均生物量为 34.48g/m²。详见表 3.2-18。

表 3.2-18 潮间带生物量和栖息密度

断面	栖息密度 (ind/ m ²)			生物量(g/m ²)		
	高滩	中滩	低滩	高滩	中滩	低滩
C1						
C2						
C3						
平均值						

(3) 类别生物量和栖息密度

潮间带调查断面各类别生物的生物量和栖息密度如表 3.2-20 所示，其中栖息密度和生物量均以节肢动物为主，平均栖息密度 12.00ind/m²，平均生物量为 40.12g/m²。

(4) 优势种

本次调查潮间带生物以潮区为站点计算各种类的栖息密度百分比和出现频率，根据实际调查情况，把优势度>0.10 的种类作为该区域的优势种类。

该海域的潮间带生物优势种类为无齿东方相手蟹，平均栖息密度为 5.78ind/m²，优势度为 0.15。

(5) 生态指数

潮间带调查站位的高潮区丰富度指数平均值为 0.15；单纯度指数平均值为 0.80；多样性指数平均值为 0.44；均匀度指数平均值为 0.44。中潮区丰富度指数平均值为 0.45；单纯度指数平均值为 0.40；多样性指数平均值为 1.48；均匀度指数平均值为 0.91。低潮区丰富度指数平均值为 0.29；单纯度指数平均值为 0.67；多样性指数平均值为 0.82；均匀度指数平均值为 0.56。详见表 3.2-19。

表 3.2-19 潮间带生物生态指数

断面	丰富度指数 D			单纯度指数 C			多样性指数 H'			均匀度 J		
	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低
C1												
C2												
C3												
平均值												

注：0 为只采集到 1 种底栖生物

表 3.2-20 潮间带生物的种类组成生物量与栖息密度

指标	断面	C1			C2			C3			平均值
		高	中	低	高	中	低	高	中	低	
栖息 密度(ind/m ²)	环节动物										
	节肢动物										
	软体动物										
	总量										
生物量 (g/m ²)	环节动物										
	节肢动物										
	软体动物										
	总量										

注：--为未发现。

(6) 小结

本次潮间带调查共布设 3 条调查断面，合计共捕获 4 类 16 科 20 种生物（包含定性样品），其中环节动物有 4 科 4 种；脊索动物有 1 科 1 种；节肢动物有 6 科 10 种；软体动物有 5 科 5 种。调查断面 C1 出现 9 种生物，C2 出现 6 种生物，C3 出现 8 种生物。

潮间带生物调查断面高潮区平均栖息密度为 $22.67\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $32.72\text{g}/\text{m}^2$ ；中潮区平均栖息密度为 $36.00\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $64.75\text{g}/\text{m}^2$ ；低潮区平均栖息密度为 $17.33\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $34.48\text{g}/\text{m}^2$ 。栖息密度和生物量以节肢动物为主，平均栖息密度 $12.00\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $40.12\text{g}/\text{m}^2$ 。

该海域的潮间带生物优势种类为无齿东方相手蟹，平均栖息密度为 $5.78\text{ind}/\text{m}^2$ ，优势度为 0.15。

潮间带调查断面高潮区丰富度指数平均值为 0.15；单纯度指数平均值平均为 0.80；多样性指数平均值为 0.44；均匀度指数平均值为 0.44。中潮区丰富度指数平均值为 0.45；单纯度指数平均值为 0.40；多样性指数平均值为 1.48；均匀度指数平均值为 0.91。低潮区丰富度指数平均值为 0.29；单纯度指数平均值为 0.67；多样性指数平均值为 0.82；均匀度指数平均值为 0.56。

3.2.6 海洋环境质量现状

3.2.6.1 调查概况

(1) 站位布设

海洋环境现状调查项目于珠江口海域布设 7 个调查断面，共布设 24 个调查站位，其中水质调查站位 24 个，海洋沉积物调查站位 10 个，海洋生态（包括叶绿素 a 及初级生产力、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物、游泳动物及生物体质量）调查站位 16 个。潮间带调查断面 3 条。详见表 3.2-21 和图 3.2-16。

海水水质、海洋沉积物、海洋生态（浮游植物、浮游动物、鱼卵仔鱼、底栖生物）调查时间为：2022 年 11 月 24 日至 2022 年 11 月 25 日，游泳动物调查时间为 2022 年 11 月 26 日至 2022 年 11 月 27 日，潮间带生物调查时间为 2022 年 11 月 25 日至 2022 年 11 月 27 日。

表 3.2-21 调查站位

编号	地理位置		调查内容
	经度°	纬度°	
H01			
H03			
H04			
H05			
H07			
H08			
H09			
H10			
H11			
H12			
H13			
H15			
H16			
H17			
H19			
H20			
H21			
H23			
C1 起点			
C2 起点			
C3 起点			

外插图件

图 3.2-16 调查站位图

(2) 调查项目与测试方法

本次项目调查内容主要包括海水水质、海洋沉积物、海洋生物体质量和海洋生态。采样和分析方法按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的相关要求执行。具体调查要素及测试方法详见表 3.2-22~表 3.2-25。

表 3.2-22 调查要素

调查对象	调查要素	采用及分析方法
水质	pH、水温、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、锌、镉、汞	按照《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的要求进行
沉积物	有机碳、汞、镉、铅、锌、铜、硫化物、石油类	
生物体质量	总汞、铜、铅、镉、锌、砷、石油烃	
海洋生态	叶绿素 a 及初级生产力，粪大肠菌群。	
	浮游植物：种类组成、细胞丰度、优势种类、生态指数等。	
	浮游动物：种类、丰度和生物量、优势种类、生态指数等	
	鱼卵仔鱼：种类及种群结构、资源密度	
	底栖生物：种类、生物量和密度、优势种类、生态指数	

	等	
	游泳动物：资源密度、渔获种类、渔获量、渔获率、鱼类资源状况（包括各大类群种类分布）	

表 3.2-23 海水水质调查分析方法

要素	测试方法	仪器型号	检出限 mg/L
1	水深	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007 (4.8)	—
2	水温	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (25.1)	—
3	pH 值	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (26)	PHBJ-260F 型便携式 PH 计
4	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (29.1)	HWYDA-1 型实验室盐度计
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (27)	AUW120DASSY (CHN) 型分析天平
6	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (31)	Pro-20i 型溶解氧仪
7	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分 海水分析》GB17378.4-2007 碱性高锰酸钾法 (32)	—
8	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (38.1)	N4 型紫外可见分光光度计
9	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (37.1)	N4 型紫外可见分光光度计
10	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (36.1)	N4 型紫外可见分光光度计
11	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB17378.4-2007 (39.1)	N4 型紫外可见分光光度计
12	石油类	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (13.2)	TU-1810APC 型紫外可见分光光度计
13	汞	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 原子荧光法 5.1	AF-610E 型 原子荧光分光光度计
14	铜	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007(6.1)	WFX-200 型原子吸收分光光度计
15	铅	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007(7.1)	
16	锌	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007 (9.1)	
17	镉	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析 无火焰原子吸收分光光度法 8.1》GB 17378.4-2007	

表 3.2-24 海洋沉积物调查分析方法

要素	测试方法	仪器型号	检出限 mg/kg
1	总汞	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007 总汞 原子荧光法 5.1	AF-610E 型 原子荧光分光光度计

要素		测试方法	仪器型号	检出限 mg/kg
2	铜	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（6.1）	WFX-200 型 原子吸收分光光度计	0.5
3	铅	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（7.1）		1.0
4	锌	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（9.1）		6.0
5	镉	《海洋监测规范 第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007（8.1）		0.04
6	有机碳	《海洋监测规范 第 5 部分 沉积物分析》GB/17378.5-2007 重铬酸钾氧化-还原容量法(18)	HH-S 型 数显恒温油浴锅	—
7	硫化物	海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析 GB17378.5-2007（17.1）	TU-1810APC 型 紫外可见分光光度计	0.3
8	油类	海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析 GB17378.5-2007（13.2）	TU-1810APC 型 紫外可见分光光度计	3.0

表 3.2-25 海洋生物体调查分析方法

要素		测试方法	仪器型号	检出限 mg/kg
1	总汞	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法 5.1	AF-610E 型 原子荧光光谱仪	0.002
2	铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法（连续测定铜、铅和镉）6.1》GB 17378.6-2007	WFX-200 型 原子吸收分光光度计	0.4
3	铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法 7.1》GB 17378.6-2007		0.04
4	锌	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析 火焰原子吸收分光光度法 9.1》GB 17378.6-2007		0.4
5	镉	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析 无火焰原子吸收分光光度法 8.1》GB 17378.6-2007		0.005
6	砷	《海洋监测规范》第 6 部分：生物体分析 GB 17378.6-2007 原子荧光法 11.1	AF-610E 型 原子荧光分光光度计	0.2
7	石油烃	《海洋监测规范第 6 部分：生物体分析》GB17378.6-2007（13）	F93 型 荧光光度计	0.2

3.2.6.2 海洋水质

(1) 调查结果

本次海水水质调查要素包括 pH、水温、盐度、悬浮物、化学需氧量、溶解氧、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、锌、镉、汞等共 16 项。

所有调查站位水深均在 25m 以内，依照《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）的水质采样分层要求，共采集 33 层次水质样品。水质统计结果列于表 3.2-26。

表 3.2-26 水质要素统计结果

站号	水深 (m)	层次	水温 (°C)	pH 值	盐度	悬浮物	溶解氧	化学需 氧量	油类	硝酸盐	亚硝 酸盐	氨	无机氮	活性磷 酸盐	汞	铜	铅	锌	镉	粪大肠 菌群
H01																				
H03																				
H04																				
H05																				
H07																				
H08																				
H09																				
H10																				
H11																				
H12																				
H13																				
H15																				
H16																				
全海区	最大值																			
	最小值																			
	平均值																			
表层	最大值																			
	最小值																			
	平均值																			
底层	最大值																			
	最小值																			
	平均值																			

注：“L”表示未检出或低于方法检出；“-”表层未监/检测到该层次

水温单位为°C，pH 无单位，盐度单位为‰，重金属单位为 µg/L，粪大肠菌群单位为个/L，其余要素均为 mg/L

水温

海水水温变化范围为 20.9℃~25.8℃，平均值为 23.3℃；表层水温变化范围为 20.9℃~23.3℃，平均值为 22.4℃；底层水温变化范围为 24.6℃~25.8℃。结果表明，调查海区的冬季水温在垂直分布上底层略高于表层；水平分布上整体均匀。

盐度

调查海域中海水盐度变化范围为 7.154~18.104，平均值为 10.219；表层海水盐度变化范围为 7.154~12.788，平均值为 9.292；底层海水盐度变化范围为 8.952~18.104，平均值为 12.228。由于调查海区位于珠江口附近海域，属于咸淡水交汇区，且受海上航运、海洋工程、陆域排放等因素影响，盐度变化无常。水平分布上，整体呈现沿珠江向外海方向，盐度逐渐变大的趋势；垂向上则盐度变化不明显。

pH 值

调查海区的海水 pH 值变化范围为 7.1~7.6，平均值均为 7.4；表层海水 pH 值变化范围为 7.1~7.6，平均值为 7.3；底层海水 pH 值变化范围为 7.3~7.5，平均值为 7.4。结果表明，调查海域的海水 pH 值波动范围很小，在垂向及水平上分布均匀。

溶解氧(DO)

调查海区的海水溶解氧含量变化范围为 7.07mg/L~8.83mg/L，平均值为 8.23mg/L；表层海水溶解氧含量变化范围为 7.07mg/L~8.83mg/L，平均值为 8.44mg/L；底层海水溶解氧含量变化范围为 7.20mg/L~8.32mg/L，平均值为 7.78mg/L。调查海域的海水溶解氧整体处于较高水平，且表层溶解氧含量略高于底层，这主要受海上通航、海洋工程及岸上排放等影响所致。水平上，北部海域略高于南部。

化学需氧量(COD)

调查中海水化学需氧量含量变化范围为 1.27mg/L~4.95mg/L，平均值为 2.60mg/L；表层海水化学需氧量含量变化范围为 1.79mg/L~4.95mg/L，平均值为 2.98mg/L；底层海水化学需氧量含量变化范围为 1.27mg/L~2.36mg/L，平均值为 1.77mg/L。调查海区的海水化学需氧量在垂向上表层含量高于底层，水平分布

上北部海域高于南部。

活性磷酸盐

海水活性磷酸盐含量变化范围为 0.007mg/L~0.083mg/L，平均值为 0.022mg/L；表层海水磷酸盐含量变化范围为 0.011mg/L~0.083mg/L，平均值为 0.023mg/L；底层海水磷酸盐含量变化范围为 0.010mg/L~0.026mg/L，平均值为 0.018mg/L。调查海区的海水活性磷酸盐在垂直上表层含量高于底层，水平上，近岸的站位含量整体略高于远岸站位。造成上述变化的主要原因是岸上生活排污活动。

无机氮(DIN)

调查海区海水无机氮含量变化范围为 0.527mg/L~1.648mg/L，平均值为 0.939mg/L；表层海水无机氮含量变化为 0.527mg/L~1.648mg/L，平均值为 0.969mg/L；底层海水无机氮含量变化为 0.680mg/L~1.215mg/L，平均值为 0.873mg/L。由于调查海域位于珠江口附近，海上通航、海上工程、岸上排放、陆源径流等因素导致该海域的无机氮含量处于较高水平。垂直上，表层的海水无机氮含量略高于底层；水平上，近岸站位含量整体也略高于远岸站位。

镉

调查海区海水镉的含量变化范围为 0.15 μ g/L~0.48 μ g/L，平均值为 0.28 μ g/L；表层海水镉含量变化范围为 0.15 μ g/L~0.48 μ g/L，平均值为 0.30 μ g/L；底层海水镉含量变化范围为 0.21 μ g/L~0.37 μ g/L，平均值为 0.27 μ g/L。垂直上，表层的海水镉含量略高于底层；水平上无明显规律，分布均匀。

铜

调查海区的海水铜的含量变化范围为 1.8 μ g/L~3.1 μ g/L，平均值为 2.1 μ g/L；表层海水铜的含量变化范围为 1.8 μ g/L~3.1 μ g/L，平均值为 2.2 μ g/L；底层海水铜含量变化范围为 1.8 μ g/L~2.1 μ g/L，平均值为 1.9 μ g/L。垂直上，表层海水铜含量略高于底层；水平上，海水铜含量无明显分布规律。

铅

调查海域的海水铅的含量变化范围为 1.4 μ g/L~2.38 μ g/L，平均值为 1.74 μ g/L；表层海水铅的含量变化范围为 1.40 μ g/L~2.17 μ g/L，平均值为 1.82 μ g/L；底层海水铅的含量变化范围为 1.42 μ g/L~2.38 μ g/L，平均值为

1.69 $\mu\text{g/L}$ 。垂直上，表层海水铅含量略高于底层；水平上，海水铅含量无明显规律，整体分布均匀。

汞

调查海区的海水汞的含量变化范围为 ND(0.007L)~0.099 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 ND(0.007L)；表层海水汞的含量变化范围为 ND(0.007L)~0.025 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 ND(0.007L)；底层海水汞的含量变化范围为 ND~0.099 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为该 ND(0.007L)。调查海区的海水汞含量整体处于低含量水平，样品检出率为 27.3%。

锌

调查海区的海水锌的含量变化范围为 10.0 $\mu\text{g/L}$ ~21.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 14.4 $\mu\text{g/L}$ ；表层海水锌的含量变化范围为 11.1 $\mu\text{g/L}$ ~21.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 15.9 $\mu\text{g/L}$ ；底层海水锌的含量变化范围为 10.0 $\mu\text{g/L}$ ~14.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 11.2 $\mu\text{g/L}$ 。垂向上，表层海水锌含量略高于底层，水平上，北部海域海水锌含量略高于南部。

石油类

调查海区的海水石油类含量变化范围为 0.0368mg/L~0.0874mg/L，平均值为 0.0547mg/L。结果表明，北部海域海水石油类含量略高于南部。珠江海域海上航通、海洋工程及岸上排污是影响石油类含量变化的主要原因。

(2) 评价标准和方法

①评价标准

水质现状评价因子为 pH 值、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、锌、镉、铅、铜、汞、石油类。

依据《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》，本次调查站位所属海洋功能区见表 3.2-27。依据该功能区划的海洋环境保护目标管理要求，所有调查站位的海水水质执行标准见统计表 3.2-28。

表 3.2-27 调查海域海洋功能区划海洋环境保护要求

海洋功能区划代码	名称	执行标准	本次监测点
A2-15	南沙港口航运区	执行水质《海水水质标准》(GB3097-1997) 四类标准 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 三类标准 《海洋生物质量》(GB18421-2001) 三类标准	H03、H04、H07、 H08、H11
A8-11	狮子洋保留区	海水水质维持现状, 综合考虑周边的功能区水质标准, 按《海水水质标准》(GB3097-1997) 三类标准开展评价、海洋沉积物质量和海洋生物质量按二类开展评价	H01、H02、H05、 H09、H12、H13、 H14、H15、H18
A2-19	沙田港口航运区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 四类标准 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 三类标准 《海洋生物质量》(GB18421-2001) 三类标准	H6、H10
B6-28	虎门海洋保护区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 二类标准、《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 一类标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001) 一类标准	H16、H19
A5-14	蒲州旅游休闲娱乐区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 三类标准、《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 二类标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001) 二类标准	H17
A5-15	虎门旅游休闲娱乐区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 三类标准 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 二类标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001) 二类标准	H20
B2-5	龙穴岛港口航运区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 四类标准、《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 三类标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001) 三类标准	H21
A3-19	交椅湾工业与城镇用海区	执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 四类标准、《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 三类标准和《海洋生物质量》(GB18421-2001) 三类标准	H24
A8-11	狮子洋保留区	海水水质执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 三类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量按照二类标准评价	H22、H23

②评价方法

根据监测结果, 利用《环境影响评价导则》(HJ/T2.3-2018)所推荐的单项水质参数法进行评价。水质评价因子的标准指数 >1 , 则表明该项水质已超过了规定的水质标准。

- 单项水质参数 i 在 j 中占的标准指数。

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

式中: S_{ij} : 单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数;

C_{ij} : 污染物 i 在监测点 j 的浓度。

C_{sj} : 水质参数 i 的海水水质标准。

- 溶解氧 (DO) 的标准指数计算公式:

$$S_{DO_j} = DO_s / DO_j (DO_j \leq DO_f)$$

$$S_{DO_j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} (DO_j > DO_f)$$

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、水库及入海口、近岸海域， $DO_f = (491 - 2.65S) / (33.5 + T)$ ；

S—实用盐度符号，量纲为 1；

T—水温，°C。

●pH 值标准指数的计算可用下式：

$$S_{pH_j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} (pH_j \leq 7.0)$$

$$S_{pH_j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} (pH_j > 7.0)$$

式中： S_{pH_j} —pH 值的指数；

pH_j —测站评价因子的实测值；

pH_{su} —pH 评价标准的上限值；

pH_{sd} —pH 评价标准的下限值。

(2) 评价结果

水质各评价因子的单项标准指数计算和统计结果及超标率列见表 3.2-28。

表 3.2-28 水质标准指数

站号	pH 值	DO	COD	油类	DIN	PO ⁴⁻	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	粪大肠菌群
H01												
H03												
H04												
H05												
H07												
H08												
H09												
H10												
H11												

H12												
H13												
H14												
H15												
H16												
最大值												
最小值												
超标率 (%)												

注：“-”表示未采样，“/”表示该项标准无要求，未检出样品按照方法检出限的 1/2 计算

调查结果表明，海水溶解氧、化学需氧量、石油类、铜、铅、锌、镉、汞均符合调查站位所在海洋功能区划的海洋环境评价标准要求。

其中有部分要素出现超标现象，包括有：

活性磷酸盐出现 5.6%的超标样品；无机氮出现 100%的超标样品。其余指标均达标。结合调查海域现状可知，珠江海域的海上通航、海洋工程及岸上生活排污是导致部分要素超标的原因。

3.2.6.3 海洋沉积物

海洋沉积物采用 2022 年 11 月调查数据进行评价。

(1) 沉积物调查结果

本次海洋沉积物共采集 10 个站位表层样。检测项目为总汞、铜、铅、锌、镉、有机碳、硫化物、石油类共 8 项。沉积物样品外观多为灰色；沉积物类型多为泥沙和淤泥；样品无明显的硫化氢气味；样品无明显的生物及碎屑。沉积物统计结果见表 3.2-29。

表 3.2-29 表层沉积物统计结果

站位	总汞	铜	铅	锌	镉	有机碳	硫化物	石油类
H01								
H03								
H05								
H11								
H13								
H15								
最大值								
最小值								
平均值								

注：有机碳单位为%，其余要素单位为 mg/kg。

石油类

沉积物石油类的含量变化范围为 102~288($\times 10^{-6}$)之间，平均值为 192($\times 10^{-6}$)。调查海区各站位的表层沉积物石油类含量差异较大，南部海域含量高于北部。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

硫化物

沉积物中硫化物的含量变化范围为 6.6~95.1 ($\times 10^{-6}$) 之间，平均值为 41.1 ($\times 10^{-6}$)。调查海域中各站位表层硫化物含量差异较大，水平分布不均匀，无明显分布规。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

有机碳

沉积物中有机碳的含量变化范围为 0.61~1.12($\times 10^{-2}$)之间，平均值为 0.82($\times 10^{-2}$)。调查海域各站位有机碳含量差异较大，北部海域含量整体略高于南部。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

锌

沉积物中锌的含量变化范围为 225~358($\times 10^{-6}$)之间，平均值为 315($\times 10^{-6}$)。调查海域的各站位表层沉积物锌的含量整体处于较高水平。16.7%的样品超过所在功能区的海洋环境评价标准要求。

铅

沉积物铅的含量变化范围为 44.7~59.4($\times 10^{-6}$)之间，平均值为 53.4($\times 10^{-6}$)。调查结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

铜

沉积物中铜的含量变化范围为 52.6~87.6($\times 10^{-6}$)之间, 平均值为 71.8($\times 10^{-6}$)。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

总汞

沉积物中总汞的含量变化范围为 0.009~0.026($\times 10^{-6}$)之间, 平均值为 0.017($\times 10^{-6}$)。调查海域的各站位的沉积物总汞含量整体处于较低水平, 最高值出现在 H11 号站, 平面上无明显分布规律。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

镉

沉积物中镉的含量变化范围为 0.32~0.56($\times 10^{-6}$)之间, 平均值为 0.46($\times 10^{-6}$)。调查海域的沉积物镉含量整体分布均匀, 平面上无明显分布规律。结果均符合所在功能区的海洋环境评价标准要求。

(2) 评价标准和评价方法

依据《广东省海洋功能区划(2011—2020年)》, 本次调查站位所属海洋功能区见表 3.2-27。依据该功能区划的海洋环境保护目标管理要求, 所有调查站位的海水水质执行标准见表 3.2-27。沉积物质量评价采用单项分指数法

本次沉积物监测质量评价因子为石油类、有机碳、硫化物、锌、镉、铅、铜和总汞共 8 项。沉积物单项分指数结果见表 3.2-30。

(3) 评价结果

本次沉积物质量评价结果表明:

调查海区表层沉积物中铜、铅、镉、总汞、石油类、有机碳、硫化物均未出现超标样品, 锌有 20%的样品超过二类标准, 但符合三类标准。符合调查站位所属海域海洋功能区划所要求海洋沉积物质量标准。

表 3.2-30 沉积物单项分指数

站位	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	有机碳	硫化物	石油类
H01								
H03								
H05								
H11								
H13								
H15								
最小值								
最大值								
超标率(%)								

3.2.6.4 海洋生物体质量

贝类生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001)规定的一类标准值；其他甲壳类和鱼类生物体内污染物质(铜、铅、锌、镉、汞、砷)含量评价标准采用《全国海岸线和海涂资源综合调查简明规程种》规定的生物质量标准，石油烃含量采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。

在项目区附近海域布设了 11 个站位，共采集到鱼类（红狼牙鰕虎鱼、斑鱚、中华海鲶、舌虾虎鱼、少鳞舌鳎、弓斑东方鲀、棘头梅童鱼）共 7 种，甲壳类（拟穴青蟹、日本囊对虾、近亲蛄）共 3 种，双壳贝类（红树蚬）1 种合计 11 种生物体样品（当季经济种类）。

根据监测结果，石油烃含量在 $(6.9\sim 10.7)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 8.8×10^{-6} ；铜含量在 $(0.3\sim 4.9)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 1.9×10^{-6} ；锌含量在 $(9.6\sim 74.5)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 36.3×10^{-6} ；镉含量在 $(0.027\sim 0.287)\times 10^{-6}$ 之间，平均为 0.107×10^{-6} ；铅含量在 $(0.04\sim 0.50)\times 10^{-6}$ ；砷含量、汞含量均未检出。详见表 3.2-31。

监测结果表明；调查海域中生物体质量中的石油烃、汞、铅、镉、铜、铬、砷均符合所属海洋功能区划要求的生物质量标准，鱼类中锌出现 18.50%的样品超标，最大超标倍数 0.86。表 3.2-32。

表 3.2-31 生物体质量结果 单位： $\times 10^{-6}$

站位	样品名称	种类	汞	铜	铅	锌	镉	砷	石油烃
H01	红狼牙鰕虎鱼	鱼类							
H03	斑鱚	鱼类							
H05	拟穴青蟹	甲壳类							
H07	中华海鲶	鱼类							
H08	红树蚬	双壳贝类							
H09	舌虾虎鱼	鱼类							
H10	少鳞舌鳎	鱼类							
H11	弓斑东方鲀	鱼类							
H13	日本囊对虾	甲壳类							
H15	棘头梅童鱼	鱼类							
H16	近亲蛄	甲壳类							
最大值									
最小值									
平均值									
检出率 (%)									

表 3.2-32 生物体质量样品标准指数

站位	样品名称	种类	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	As	石油烃
H01	红狼牙鰕虎鱼	鱼类							

H03	斑鱗	鱼类							
H05	拟穴青蟹	甲壳类							
H07	中华海鲶	鱼类							
H08	红树蚬	双壳贝类							
H09	舌虾虎鱼	鱼类							
H10	少鳞舌鳎	鱼类							
H11	弓斑东方鲀	鱼类							
H13	日本囊对虾	甲壳类							
H15	棘头梅童鱼	鱼类							
H16	近亲蜆	甲壳类							
最小值									
最大值									
超标率 (%)									

注：未检出样品按照方法检出限的 1/2 计算

3.2.7 海洋自然灾害

项目海域出现的灾害性天气主要包括热带气旋、风暴潮等。

(1) 热带气旋

珠江口沿岸海岛受热带气旋影响较频繁，根据 1949 年~2016 年(68 年)期间的《台风年鉴》统计（以台风中心位置进入 21°N~23°N，113°E~115.5°E 区域内，热带气旋登陆或影响深圳沿岸海岛，即赤湾、港口及香港天文台实测风速达 6 级为标准），68 年间登陆或影响珠江口沿岸海岛的热带气旋共有 139 个，年平均 2 个。

(2) 风暴潮

珠江口海区是广东沿海风暴潮比较严重的地区之一，风暴潮主要由珠江口的热带气旋引起。每年的 5 月~11 月，当珠江口沿岸受热带气旋登陆影响时，能发生 50 cm 增水以上的风暴潮。根据 1949 年~2016 年（68 年）期间的《台风年鉴》统计，引起珠江口以及赤湾站附近沿岸 50 cm 以上增水的热带气旋有 90 个，平均每年 1.3 个。

4 资源生态影响分析

4.1 资源影响分析

4.1.1 项目用海占用岸线资源影响分析

项目用海横跨小虎沥水道，东接小虎岛，西连黄阁镇。桥梁跨越海岸线 110.3 米，其中桥面投影跨越 70.3 米，外扩保护带跨越合计 40 米。

本项目黄阁镇附近岸线现状为防洪河堤坡脚，堤顶沿河堤有宽约 7 米的公路。桥梁与岸线呈接近 90° 角交汇，从堤顶跨越而过，桥梁底部距离堤顶有约 6 米的道路通行高度，且桥墩对岸线不造成实质性占压。桥下和周边植被的正常生长。

小虎岛附近岸线现状同样为防洪河堤，堤顶有约 5 米宽的公路，堤外有围塘。桥梁与岸线呈接近 90° 角交汇，从堤顶跨越而过，桥梁底部距离堤顶有约 6.4 米的道路通行高度，且桥墩对岸线不造成实质性占压。桥下和周边的植被正常生长。

可见项目用海跨越岸线 110.3 米，不直接占用海岸线，不改变岸线的形态和自然属性，大桥桥墩不会对岸线造成实质性占压。符合广东省自然资源厅（粤自然资海域[2021]1879 号）有关无需进行海岸线占补的条件。

4.1.2 项目用海的生物资源影响分析

本项目初建工程 2006 年完工通车；拓宽改造工程 2022 年完工通车。用海主要的生物资源损失为大桥桥墩占用海域空间和施工期悬浮物影响水质进而造成海域生物资源损失。

（1）大桥桥墩占用海域空间主要破坏潮间带和底栖生物的生境。

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》），跨海大桥的桥墩将彻底破坏潮间带生物和底栖生物的生境，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/ km^2 或个/ km^2 或千克（kg）/ km^2 ； S_i 为第 i 种生物占用的渔业资源水域面积，单位为 km^2 。

根据底栖生物生物调查结果，生物量平均为 $7.99\text{g}/\text{m}^2$ 。根据第二章工程情况，本项目 9#~19#桥墩位于海域范围，桥墩总面积约 76 m^2 根据本项目用海导致底栖生物直接损失量为：

$$\text{桩基造成的底栖生物损失量} = 7.99 \times 10^{-3} \times 76 = 0.62\text{kg}$$

若损失量按底栖生物市场平均价格 20 元/kg 计，则桩基占海导致直接经济损失 12.4 元。根据《规程》，桩基占海将对水域生态系统造成不可逆影响，生物资源损害的补偿年限按 20 年计算；则桩基占海生物补偿金额为 248 元。

(2) 游泳生物及鱼卵、仔鱼损失量

根据工可报告，本工程桥墩及桩基作业主要为初建时期，总工期保守估算 5 个月，改扩建工程涉海桥墩仅 1 对，位于围塘范围内，对渔业资源无影响。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：

$$M_i = W_i \times T$$

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

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/ km^2 或个/ km^2 或千克（kg）/ km^2 ； S_j 为某一污染物第 j 类浓度增量区面积， km^2 ； 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_j ）和分区总数（ n ）

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，分区间确定本工程增量区的各类生物损失率。

② 生物资源损失率（ K_{ij} ）

参照《规程》中的“污染物对各类生物损失率”，分区间确定本工程增量区的各类生物损失率。小于 $10\text{ mg}/\text{L}$ 浓度增量范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 4.1-1 本工程悬浮物对各类生物损失率及分区面积

分区	面积 (km ²)	浓度增量 范围 (mg/L)	超标倍数 (Bi)	各类生物损失率 (%)	
				鱼卵和仔稚鱼	成体
I 区	0.005	10~20	Bi≤1 倍	5	0.5
II 区	0.003	20~50	1<Bi≤4 倍	17	5
III 区	0.001	50~100	4<Bi≤9 倍	40	15
IV 区	0.0007	≥100	Bi≥9 倍	50	20

③ 持续周期数 (T) 和计算区水深

施工期桥墩及桩基作业按 5 个月估算, 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 4 m。

④ 生物资源密度 (D_{ij})

根据秋季调查结果, 游泳生物的平均资源密度为 256.03kg/km², 鱼卵分布平均密度为 1.91 粒/m³, 仔鱼平均密度为 0.36 尾/m³。则渔业资源损失量为:

$$\begin{aligned} \text{游泳生物损失量} &= 256.03 \times 0.005 \times 0.5\% \times 10 + 256.03 \times 0.003 \times 5\% \times 10 + \\ &\quad 256.03 \times 0.001 \times 15\% \times 10 + 256.03 \times 0.0007 \times 20\% \\ &= 1.19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵损失量} &= 1.91 \times 0.005 \times 10^6 \times 5\% \times 10 \times 4 + 1.91 \times 0.003 \times 10^6 \times 17\% \times 10 \times 4 + \\ &\quad 1.91 \times 0.001 \times 10^6 \times 40\% \times 10 \times 4 + 1.91 \times 0.0007 \times 10^6 \times 50\% \times 10 \times 4 \\ &= 1.15 \times 10^5 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼损失量} &= 0.36 \times 0.005 \times 10^6 \times 5\% \times 10 \times 4 + 0.36 \times 0.003 \times 10^6 \times 17\% \times 10 \times 4 + \\ &\quad 0.36 \times 0.001 \times 10^6 \times 40\% \times 10 \times 3 + 0.36 \times 0.0007 \times 10^6 \times 50\% \times 10 \times 4 \\ &= 2.2 \times 10^4 \text{ 尾} \end{aligned}$$

根据以上计算结果, 施工引起的悬浮物造成的游泳生物损失量为 1.19kg, 鱼卵损失量为 1.15×10⁵ 粒, 仔鱼损失量为 2.2×10⁴ 尾。

(2) 经济损失

鱼卵按 1%的比例折算成鱼苗为 1.15×10⁴ 尾, 仔鱼按 5%的比例折算成鱼苗为 1087 尾, 按照当地水产养殖普通鱼苗的平均市场价格 1 元/尾计算, 游泳生物价值按 30 元/kg 计算, 则施工作业导致的鱼卵仔鱼损失约 0.22 万元, 游泳生物损失约 0.04 万元。

根据《规程》, 施工作业导致的渔业资源损失补偿年限为 3 年, 则补偿总金

额为0.68万元。

(3) 小结

可见，无论是项目桩基对海域空间的占用，还是施工作业导致的渔业资源损失，从损失量均很小。

4.1.3 海域通航环境影响

根据省交通厅对项目通航影响评价的审核意见，小虎二桥工程选址水深条件良好，岸线、河势稳定，选址适宜。桥梁扩建后对实际通航净空无影响。

4.2 生态影响分析

4.2.1 海域水文动力条件影响回顾分析

项目对水文动力的影响主要发生在 2004 年初建工程实施后。由于年代久远，无可供对比的水文动力观测数据说明项目的水文动力影响情况。因此本次论证以 2023 年水文数据，通过数学模型的模拟，大致说明项目实施对水文动力的影响。

4.2.1.1 基本模型

本项目工程位于广州市南沙区黄阁镇小虎西侧的小虎沥。根据《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范》的要求，建立项目工程附近海域的潮流数值模型，以预测本项目工程对海洋水动力场的影响。

(1) 模型基本方程

本模型采用有限体积元方法对二维潮流运动基本方程组（如下）进行离散，得到离散方程组，从而得出流速、流向、潮位。考虑滩地随涨、落潮或淹没或露出，采用活动边界技术，以保证计算的精度和连续性。

控制方程：

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

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - R_b \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} u + fv + \tau_{sx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - R_b \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{H} v - fu + \tau_{sy}$$

式中： A_h 水平方向扩散系数，取值为 $1.15 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{s}$ ， η 为平均海面起算的海面高度， u 、 v 为垂向平均流的东、北分量， $H = \eta + h$ 总水深， h 为平均海面起算的水深， f 为体现地球自转效应的科氏参数， R_b 为海底摩擦系数，取值为 0.0025， g 为重力加速度，取值为 9.81； t_{sx} 、 t_{sy} 为风对自由水面的剪切力在 X、Y 方向的分量；其中：

$$t_{sx} = f_s r_a u_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2}, \quad t_{sy} = f_s r_a v_w \sqrt{u_w^2 + v_w^2}$$

f_s 为风阻力系数，取值为 0.25； ρ_a 为空气密度，取值为 1.205kg/m^3 ； u_w 、 v_w 风速在 X、Y 方向的分量。在此次水动力模型中，风速设为零，即未考虑风应力对于水动力的影响。

(2) 边界条件和初始条件

① 边界条件

在本工程项目研究采用的数值模式中，需给定两种边界条件，即闭边界条件和开边界条件。

所谓开边界条件即水域边界条件，可以给定水位、流量或调和常数。对于本次数值模拟方案，计算域外海大网格开边界条件给定潮汐调和常数。潮汐现象可视作为许多不同周期振动的叠加，分潮振幅(H)和专有迟角(g)只与地点有关，称潮汐调和常数。本次计算域外海开边界选取 8 个主要分潮(M₂、S₂、N₂、K₂、K₁、O₁、P₁、Q₁)叠加，其值根据历史调查资料计算的调和常数和有关文献提供，根据部分水文观测站的实测潮位结果进行调整，并且在模型计算和调试过程中根据部分水文观测站的实测潮位结果进行实时调整，以尽可能拟合潮位过程线。在虎门、横门、洪奇沥等口门附近设置河流边界条件，河流流量采用月平均流量给定。

所谓闭边界条件即水陆交界条件，计算水域与陆地交界的固边界上 Γ_2 有：

$$\vec{U} \cdot \vec{n} \Big|_{\Gamma_2} = 0$$

式中： \vec{n} 为固边界法向； $\zeta^*(x, y, t)$ 、 $u^*(x, y, t)$ 和 $v^*(x, y, t)$ 为已知值(实测或

准实测或分析值)。式中的 \vec{U}^0 为流速矢量($|\vec{U}^0| = \sqrt{u^2 + v^2}$),其物理意义为流速矢量沿固边界的法向分量为零。

②初始条件

$$\left. \begin{aligned} \zeta(x, y, t)|_{t=t_0} &= \zeta_0(x, y, t_0) \\ u(x, y, t)|_{t=t_0} &= u_0(x, y, t_0) \\ v(x, y, t)|_{t=t_0} &= v_0(x, y, t_0) \end{aligned} \right\}$$

式中： $\zeta_0(x, y, t_0)$ 、 $u_0(x, y, t_0)$ 和 $v_0(x, y, t_0)$ 为初始时刻 t_0 的已知值。

③活动边界处理

本模型采用干湿点判断法处理潮滩活动边界，在岸边界处，将邻近计算点的水位等值外推，根据潮滩“淹没”与“干出”过程同潮位变化的相关关系，当水深 $h \leq 0$ 时，潮滩露出，当水深 $h > 0$ 时，潮滩淹没。如果在某一时刻一节点干出，那么将此格点从有效计算域中去掉，同时，对流速做瞬时垂直壁处理，将与此水位点相邻的流速点设置为零流速；如果某个水位点判断为淹没，则将此点归入计算域。为了确保潮流方程不失去物理意义，选取一个最小水深 h_{\min} 作为判断值，若 $h \leq h_{\min}$ ，则认为格点干出。

4.2.1.2 模型建立

(1) 计算范围和网格设置

数学模型的网格剖分与本工程方案尺度相适应，对本工程方案进行合理概化，对潮流运动进行详细的模拟。模型计算区域包括狮子洋和部分伶仃洋海域，模型上边界取到广州市黄埔区附近，外海开边界取在淇澳岛和深圳湾一线的北部（图 4.2-1）。

模型采用三角形网格和四边形网格相结合的方式剖分计算区域，网格节点数为 7465 个，总网格数为 11539 个，小虎沥及工程附近网格分辨率较高，其中工程附近海域网格分辨率可以概化桥墩的形状（图 4.2-2）。为了模拟桥墩建设前后的水动力过程，工程前桥墩区域设置为水点，工程后桥墩区域设置为陆点。

模型水深由海图水深插值得到，并采用项目区域实测地形进行局部调整，所有水深都经过绘图水深和平均海平面的转化。模型的计算水深见图 4.2-3。

外插图件

图 4.2-1 大范围模型计算网格

外插图件

图 4.2-2 工程区域局部计算网格

外插图件

图 4.2-3 模型计算水深地形图

4.2.1.3 模型验证

采用 2023 年 5 月 4~5 日在项目附近海域开展的潮位和海流观测资料对模型进行验证。水文调查设置了 6 个海流测站，2 个潮位观测站（图 4.2-4）。潮位资料选取与流速资料同步的水位数据进行验证，模型的计算时间步长为 30s，每隔一个小时输出网格点的水位和流速、流向用于模型的验证。

根据实测资料和模型计算结果绘制潮位曲线和流向、流速曲线，其中流速采用垂向平均实测流速、流向资料进行验证。

从潮位过程（图 4.2-5）和流速、流向验证曲线（图 4.2-6）对照可以看出，模拟结果与实测数据基本吻合，受河道地形影响，潮流表现为往复流，流向基本与岸线平行。根据潮位和潮流流速、流向的验证效果可知，本模型可用于本工程的水动力场和悬浮物扩散的影响分析。

外插图件

图 4.2-4 测流站点（黄色圆圈）和验潮点（红色三角）位置示意图

外插图件

图 4.2-5 潮位过程验证曲线图

外插图件

图 4.2-6a V1 站流速、流向验证

外插图件

图 4.2-6b V2 站流速、流向验证

图 4.2-6c V3 站流速、流向验证

图 4.2-6d V4 站流速、流向验证

图 4.2-6e V5 站流速、流向验证

外插图件

图 4.2-6f V6 站流速、流向验证

4.2.1.4 水动力模拟结果与分析

为了分析项目所在区域的动力场情况，绘出项目附近海区工程前后的大潮期涨急、落急时刻的流场见图 4.2-7 和图 4.2-8。

(1) 工程前潮流场特征

工程所在的小虎沥为感潮河段，期涨落潮流的方向基本与河流流向一直，表现为往复流。落潮流由西北流向东南，涨潮流为由东南向西北。

由图可知，工程前大潮期落急时刻，潮流的流向受河道边界的控制基本为平行岸线向东南方向流动，桥墩附近海域最大流速为 28.75cm/s 左右。大潮期涨急时刻，流向也是平行于岸线，涨潮流由东南流向西北，工程所在海域最大流速为 14.64cm/s，小于落潮流速。

(2) 工程前后潮流场变化特征

为了直观地观察本项目实施前后工程海域的流场变化情况，将工程前后的流速场进行对比，并绘制工程前后流速变化等值线图（图 4.2-9）进行分析。工程后，大范围的流场几乎没有改变，只有在桥墩附近水域流速发生改变，由于桥墩占据了部分水域面积，导致水流在桥墩之间集中，比工程前的流速略有增强。定量统计分析表明，与工程前相比流速最大增幅为 9.34cm/s 左右。而桥墩的顺流方向，由于受桥墩的阻挡，流速减小，且落急时刻流速的减小幅度大于涨急时刻。统计表明，涨急时刻在桥墩的顺流方向，流速最大减小幅度 6.65cm/s 左右，流速减小的区域局限于顺流方向的狭长范围内。落急时刻，流速的最大减小幅度为 12.42cm/s，同样流速的较小区域也只局限于桥墩顺流方向的狭长范围内。

总体来说，工程前后流场改变的幅度和范围均较小，只局限于工程所在的局部小范围内。因此，本项目用海基本不会对项目所在海域水文动力环境造成较大影响。

外插图件

图 4.2-7a 工程附近海域工程前大潮落急时刻流场图

外插图件

图 4.2-7b 工程附近海域工程前大潮涨急时刻流场图

外插图件

图 4.2-8a 工程附近海域工程后大潮落急时刻流场图

外插图件

图 4.2-8b 工程附近海域工程后大潮涨急时刻流场图

外插图件

图 4.2-9a 工程前后大潮落急时刻流速变化等值线图

外插图件

图 4.2-9b 工程前后大潮涨急时刻流速变化等值线图

4.2.2 对地形地貌和冲淤环境影响回顾分析

建成后，河道水动力条件发生改变，水流挟沙力发生相应变化，将引起河床发生相应的调整。从大桥上下游河道及其附近流速、流态变化分析可知，工程实施后，工程附近水动力条件将产生一定变化。流速一般变化规律为“桥墩之间、桥墩与堤防之间增加，桥墩上下游减小”。工程后，河床冲淤演变趋势表现在如下 3 个方面：（1）由于桥墩阻碍水流，形成绕桥墩两侧靠近河底流向下流的马蹄形漩涡，导致桥墩局部冲刷；（2）冲刷坑范围以外的桥墩上下游局部范围内，流速减小，挟沙能力降低，将引起河床淤积；（3）桥墩之间、桥墩与堤防之间流速增加，挟沙能力增大，将引起河床冲刷加剧或淤积减弱。

大桥桥墩数量虽多，但对海域过水断面的减小有限，不会引起整个海区潮量的重新分配。

4.2.3 水质影响回顾分析

本项目水上施工过程中会产生悬浮物，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计算，据此回顾和评估本项目施工对水质环境的影响。

（1）悬浮物扩散模型

①悬浮物输运扩散方程

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial S}{\partial y}) + F_s / H + Q_s / H$$

$$Q_s = Q_0 - S\omega (1 - R)$$

$$R = \begin{cases} \frac{\alpha D_{50}}{\beta + D_{50}} (u_* - u_{*cr}) & (u_* \geq u_{*cr}) \\ 0 & (u_* \leq u_{*cr}) \end{cases}$$

$$u_{*cr} = 0.04 \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \sqrt{g D_{50}}$$

式中， S 为垂直方向积分的水体含沙浓度； D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向的泥沙扩散系数； F_s 为泥沙源汇函数或床面冲淤函数， Q_0 为海底疏浚产生的悬浮泥

沙量； ρ_s 为悬沙密度(取为 1.68g/cm^3)； ρ_0 为海水密度(取为 1.035g/cm^3)； γ 为海水分子运动粘性系数(取为 $10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$)； u_* 、 u_{*cr} 分别为摩擦速度和泥沙再悬浮速度； R 为沉降泥沙的再悬浮率($0 \leq R \leq 1$)； D_{50} 为泥沙的中值粒径。

泥沙源函数按下面方法确定：

底部切应力计算公式：

$$\tau = \rho f_b U U$$

当 $\tau \leq \tau_d$ 时,水中泥沙处于落淤状态, 则：

$$F_s = \alpha \omega S \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right)$$

当 $\tau_d < \tau < \tau_e$ 时,海底处于不冲不淤状态, 则：

$$F_s = 0$$

当 $\tau \geq \tau_e$ 时,海底泥沙处于起动状态, 则：

$$F_s = -M \left(\frac{\tau}{\tau_e} - 1\right)$$

以上各式中： U 为平均流速；

ω 为泥沙沉降速度；

S 为水体含沙量；

α 为沉降几率；

τ_d 为临界淤积切应力；

τ_e 为临界冲刷切应力；

M 为冲刷系数。

悬浮泥沙沉降速度采用张瑞谨(1998)提出的泥沙沉降速度的通用公式：

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{v}{d_s}\right)^2 + 1.09 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d_s} - 13.95 \frac{v}{d_s}$$

其中， γ 、 γ_s 分别为水、泥沙的容重； d_s 为悬浮泥沙的中值粒径； v 为黏滞系数。关于临界淤积切应力 τ_d ，这里采用窦国仁(1999)提出的计算公式：

$$\tau_d = \rho f_b U_c U_c$$

其中 U_c 为临界海底泥沙起动速度。

$$U_c = k \left[\ln 11 \frac{h}{\Delta} \right] \left(\frac{d'}{d_*} \right)^{\frac{1}{6}} \sqrt{3.6 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d_s + \left(\frac{\gamma_0}{\gamma'_0} \right)^{1/2} \frac{\varepsilon_0 + gh\delta(\delta/d_s)^{1/2}}{d_s}}$$

式中: $k=0.32$;

$$d_* = 10;$$

$\varepsilon_0 = 1.75 \text{ cm}^3 / \text{s}$, 为综合泥沙粘结力, 一般泥沙取该值;

$\delta = 2.31 \times 10^{-5} \text{ cm}$, 是薄膜水厚度参数;

γ_0 为海底泥沙干容重;

γ'_0 泥沙颗粒的稳定干容重;

h 为水深;

ρ_s 为泥沙密度;

$$d' = \begin{cases} 0.5\text{mm} & \text{当 } d \leq 0.5\text{mm} \text{ 时} \\ d & \text{当 } 0.5\text{mm} \leq d \leq 10\text{mm} \text{ 时} \\ 10\text{mm} & \text{当 } d \geq 10\text{mm} \text{ 时} \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{cases} 1.0\text{mm} & \text{当 } d \leq 0.5\text{mm} \text{ 时} \\ 2d & \text{当 } 0.5\text{mm} \leq d \leq 10\text{mm} \text{ 时} \\ 2d_*^{1/2} d^{1/2} & \text{当 } d \geq 10\text{mm} \text{ 时} \end{cases}$$

②定解条件

1) 初始条件

$$S(x, y, t) \Big|_{t=t_0} = S_0(x, y, t_0)$$

式中: $S_0(x, y, t_0)$ 为初始时刻 t_0 的已知值。

2) 边界条件

计算水域与陆地交界的固边界 Γ_1 上有:

$$S(x, y, t) \Big|_{\Gamma_1} = S^*(x, y, t) \quad (\text{当水流流入计算域时})$$

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial(HSu)}{\partial x} + \frac{\partial(HSv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{当水流流出计算域时})$$

计算水域与陆地交界的固边界 Γ_2 上有:

$$\frac{\partial S}{\partial n} = 0$$

式中: $S^*(x, y, t)$ 为已知值(实测或准实测或分析值), \vec{n} 为陆地边界的单位法向矢量, 上式的物理意义为泥沙沿固边界的法向通量为零。

③数值方法

将一个时间步长分为两个半步长, 在每个半时间步长内, 依下述求解过程计算潮位及 x, y 方向流速。离散差分方程如下:

$$\text{前半步长: } As1S_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + Bs1S_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + Cs1S_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} = Ds1$$

$$\text{后半步长: } As2S_{i,j-1}^{n+1} + Bs2S_{i,j}^{n+1} + Cs2S_{i,j+1}^{n+1} = Ds2$$

上式中 $As1, Bs1, Cs1, Ds1, As2, Bs2, Cs2, Ds1, Ds2$ 为已知系数。

(2) 悬浮物计算条件

①水动力条件

悬浮泥沙的扩散范围和方向受水动力的影响, 不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。在此选取一个完整的全潮周期进行模拟, 包含大、中、小潮的潮汐过程作为悬浮物计算的典型动力过程。

②悬浮物计算工况

本项目施工过程中产生的悬浮物源强为 0.15kg/s 。根据工程方案, 选取主墩位置 (S1 点) 和 2 个边墩位置 (S2 点和 S3 点) 作为计算典型点, 详见图 4.2-10。

悬沙扩散计算工况 (表 4.2-1):

表 4.2-1 悬浮泥沙计算工况表

工况	源强	计算点	说明
1	0.15kg/s	S1	考虑主墩和边墩施工过程中产生的悬浮物扩散, 分别计算悬浮物浓度增量为 10、20、50、100、150mg/L 的包络面积
2	0.15kg/s	S2	
3	0.15kg/s	S3	

外插图件

图 4.2-10 悬浮物影响典型点位置示意图

(3) 模拟结果与分析

泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流输运作用的影响，因此泥沙的扩散方向基本与潮流方向相同，由于本项目位于河道内，潮流运动形式基本上为往复流，且流速较弱，其悬浮物扩散较慢，大多数悬浮物都在项目工程周边海域沉降。悬浮泥沙增量影响的水域面积统计见表 4.1-1。

表 4.2-2 各工况的悬浮物不同增量浓度包络线的包络面积 (km²)

工况	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	0.0096	0.0052	0.0016	0.0006	0.0004
2	0.0105	0.0050	0.0018	0.0008	0.0006
3	0.0101	0.0055	0.0019	0.0009	0.0006

本项目大中小潮全潮周期内悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络线分布见图 4.2-11~图 4.1-13。由图可知，由于本项目所在区域的流速较小，悬浮物扩散较缓慢，悬浮泥沙主要在桥墩附近沿涨落潮流沿河道主轴扩散。

主墩施工过程中悬浮泥沙扩散影响表现为悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超一、

二类海水水质标准)、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L (超三类海水水质标准)、大于 150mg/L (超四类海水水质标准) 的海域面积最大值分别为 0.0096 km²、0.0052km²、0.0016km²、0.0006km² 和 0.0004km²。两个边墩施工过程中产生的悬浮泥沙扩散范围稍大于主墩施工过程的影响, 影响范围都非常有限。

综上所述, 本项目施工过程中产生的悬浮泥沙 (增量浓度 > 10mg/L) 对海域水质影响的最大范围为 0.0105km², 施工过程中悬浮泥沙对海水水质的影响范围较小, 而且影响时效是短暂的, 这种影响一旦施工完毕, 影响也不再持续。

外插图件

图 4.1-11 典型点 S1 的悬浮物增量浓度包络线 (工况 1)

外插图件

图 4.1-12 典型点 S2 的悬浮物增量浓度包络线（工况 2）

外插图件

图 4.1-13 典型点 S3 的悬浮物增量浓度包络线（工况 3）

4.2.4 沉积物环境影响回顾分析

项目对沉积物的环境影响主要在施工期，桥墩施工过程中，沉积物被搅动悬浮后再次沉积，会对沉积物环境造成一定的干扰。本项目海域的桥墩施工已经结束将近 20 年，根据 2022 年海域环境现状调查结果，项目表层沉积物中各项指标均未出现超标样品，符合调查站位所属海域海洋功能区划所要求海洋沉积物质量标准。

4.2.5 海洋生态影响回顾性分析

跨海大桥对海洋生态影响主要集中在施工期。施工打桩引起的水下噪声、悬浮物增加，对海床的搅动会引起浮游生物和底栖生物死亡、游泳生物趋避等。但本项目主体施工结束近 20 年，扩建部分也已经完工，上述影响已经结束。

4.2.6 红树林的影响回顾分析

跨海桥梁的建设对红树的影响主要集中在施工期，包括桥梁空间占用、临时施工设施占用红树生长空间等。本项目主体建成投入营运将近 20 年，扩建工程也已经建成完工。根据桥址现场的踏勘照片，桥梁的西端（黄阁）和江心洲，周边红树生长十分茂盛。由于项目建设前的卫星影像分辨率过低，论证单位获取了桥址附近 2007 年~2022 年的卫星影像数据见图 4.2-1。由上述卫星影像资料可见，桥址附近红树有增加的趋势。

外插图件	外插图件	外插图件
2007年10月17日	2008年2月27日	2015年10月14日
外插图件	外插图件	外插图件
2016年12月5日	2018年3月11日	2022年1月8日

图 4.2-1 桥址附近卫星影像（2007 年~2022 年）

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

南沙区位于广州市最南端、珠江虎门水道西岸，是西江、北江、东江三江汇集之处。东与东莞市隔江相望，西与中山市、佛山市顺德区接壤，北以沙湾水道为界，与广州市番禺区隔水相连，南濒珠江出海口伶仃洋。规划总面积 803 平方千米，2022 年城市建成区面积为 153.13 平方千米。地处珠江出海口和粤港澳大湾区地理几何中心，是珠江流域通向海洋的通道，连接珠江口岸城市群和港澳地区的重要枢纽性节点，广州市唯一出海通道，距香港 38 海里、澳门 41 海里。自贸区南沙片区是广东自贸区面积最大的片区，面积 60 平方千米，由 7 个区块组成。

2022 年末，南沙区有常住人口 92.94 万人，户籍人口 54.2 万人。全区出生人口 8844 人，出生率 10.3‰；死亡人口 3112 人，死亡率 3.6‰；自然增长人数 5732 人，人口自然增长率 6.67‰。2022 年，南沙区下辖万顷沙镇、黄阁镇、横沥镇、东涌镇、大岗镇、榄核镇、南沙街道、珠江街道、龙穴街道 9 个镇（街道）；设有行政村 128 个、社区居民委员会 37 个。

2022 年，南沙区地区生产总值比上年增长 4.2%，国内税收总额增长 9.4%，规模以上工业产值增长 6.1%，社会消费品零售总额增长 10.9%，批发零售业商品销售总额增长 21.6%，一般公共预算收入增长 8.2%，实际利用外资增长 72.7%，增速均居全市前列。全年实现地区生产总值 2253 亿元、规模以上工业总产值 3805 亿元、国内税收总额 552 亿元、社会消费品总额 5560 亿元，分别比 2017 年增长 68%、58%、92%、377%。落实《南沙方案》实现良好开局，15% 企业所得税优惠、个人所得税优惠、高新技术企业延长亏损结转年限等政策落地，全年新签约项目 227 个、增长 87%，累计引进世界 500 强项目 240 多个，全年新签约开工项目总投资 2487 亿元。

2022 年，深江铁路全线、狮子洋通道先行工程、地铁 15 号线南沙枢纽预留工程开工建设，深中通道南沙支线、深茂铁路广州段、狮子洋通道等加快推进，

加快构建大湾区“半小时交通圈”。蕉门河中心区基本建成，明珠湾起步区、南沙湾、庆盛枢纽、南沙枢纽建设全面提速，获评全国首批生态文明建设示范区（生态工业园区）。获批全市唯一的全国义务教育优质均衡先行创建区，中山大学附属第一（南沙）医院建成启用，打造洗星海故里、鸦片战争海防遗址公园等文化品牌，再次获评“中国最具幸福感城区”，连续4年“法治广州”考评全市第一，成为广州唯一全国法治政府建设示范区。成功举办承办大湾区科学论坛、国际金融论坛全球年会、亚洲青年领袖论坛、大湾区全球招商大会等重大活动，构建国际交往新平台。

5.1.2 海域使用现状

本项目跨越小虎沥水道。珠江口海域开发活动频繁，项目附近海域主要以码头、桥梁、海底管道、海底隧道为主。水道两侧和大桥穿越的江心洲零星分布有陆上的养殖围塘，从小虎沥水道取排水。此外小虎沥水道具有通航功能，水道中布设了航标，航道宽 150m，规划为 IV 级航道，双向通航净宽 127m，最深水深约 5.3 米。小虎沥水道沿岸和江心洲的滩涂分布有植被，其中包含红树品种老鼠簕和无瓣海桑（外来种）。

项目附近海域开发利用现状情况见图 5.1-1。

桥址附近现场照片见图 5.1-3。

5.1.3 海域使用权属

项目论证范围内确权的用海主要为码头、桥梁、海底管道、海底隧道。基本信息情况见表 5.1-1 和图 5.1-2。

表 5.1-1 项目附近确权用海情况一览表

序号	项目名称	方位 和直线距离	用海类型	使用权人	是否 确权
1					是
2					是
3					是
4					是
5					是
6					是
7					是
8					是
9					是
10					是
11					是
12					是
13					是
14					是
15					是
16					是

外插图件

图 5.1-1 项目附近的海域开发利用情况示意图

外插图件

图 5.1-2 项目附近用海确权情况

桥梁跨海部分全景（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁北侧（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁及南侧（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁南侧（小虎岛端）（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁北侧江心洲（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁黄阁端（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁南侧航标（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁黄阁端，桥梁周边红树正常生长（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁小虎岛端（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁小虎岛端（2023 年 12 月 14 日拍摄）

桥梁黄阁端跨越岸线（岸线与管线重叠）（2024年3月15日拍摄）

桥梁黄阁端跨越岸线，桥下红树正常生长

桥梁黄阁端跨越岸线，桥下红树品种：老鼠簕和无瓣海桑

桥梁小虎岛端跨越岸线，1组岸线位于围塘内

图 5.1-3 桥址现场照片

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

本项目初建于 2004 年，2006 年完工通车，2020 年进行改扩建，2022 年改扩建工程也已经建成运营。

项目作为联通小虎岛和黄阁镇的重要通道，对地区经济的发展有着积极作用。随着经济和产业的发展，桥梁周边海域开发活动越来越密集，小虎沥水道两侧的陆域围塘养殖逐渐减少，被工业项目取代。2020 年扩建工程主要是对桥梁进行拓宽，其中海域范围的新建工程内容仅 1 组桩基位于海域围塘内，其余涉海工程为对原桥的修补和路面工程。

本项目桥梁建成约 20 年，改扩建完工也超过 2 年。除目前尚存的少量围塘养殖外，项目对海域的开发利用时间早于周边绝大部分开发活动。项目拟申请范围内无其他确权用海。

大桥按照航道规划预留了通航孔，大桥建成以来，未见对通航产生明显影响。

根据现场踏勘情况看，桥梁的建设也不影响潮间带红树的生长。

综上，项目用海事实存在已经将近 20 年，对周边的港口码头、桥梁、海底管道、航道和围塘养殖均无不良影响。

5.3 利益相关者界定

（1）利益相关者界定

根据现场踏勘、咨询和 5.1 节的分析，本项目无需要协调的利益相关者。

（2）需协调的部门界定

项目初建于 2006 年完工，2020 年改扩建大部分位于陆域。改扩建工程不改变项目对通航和防洪的影响，航道交通行政主管部门和水利部门已经就项目通航和防洪出具了批复意见。

项目 2020 年拓宽改造基本不产生新的渔业资源损失，对海域造成的渔业资源损失主要发生在 2004 年初建时期，早于相关管理办法颁布时间，因此不建议开展相关资源损失补偿工作。

综上，本项目无需要协调的相关部门。

5.4 相关利益协调分析

本项目无需要协调的利益相关者。

5.5 项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调分析

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影响。

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影响。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 与国土空间规划符合性分析

6.1.1 广东省国土空间规划（2021~2035年）

《广东省国土空间规划（2021~2035年）》提出，国土空间规划要以习近平总书记的要求为根本遵循，着眼实现总书记赋予广东的使命任务，**纵深推进粤港澳大湾区、深圳中国特色社会主义先行示范区和横琴、前海、南沙三大平台建设**。全面落实构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局等国家重大战略部署，强化国土空间规划的基础支撑作用。国土空间规划要积极落实区域协调发展战略、区域重大战略、主体功能区战略、新型城镇化战略，促进优化重大生产力布局，充分发挥广东衔接两个市场、聚合两种资源的优势，**支持建设广州南沙新区等一批高水平对外开放平台，构筑内畅外联的高水平基础设施网**，加强融入国内国际双循环的通道支撑，推动内外联动发展，进一步提升广东在国内国际双循环中的桥梁作用，助力我省打造新发展格局的战略支点。

本项目位于南沙，是广东高质量发展的重要平台，项目属于交通基础设施，是连接黄阁和小虎岛的重要通道。

6.1.2 《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》（草案）

《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》贯彻落实“一带一路”倡议、粤港澳大湾区建设等国家战略，坚持新发展理念，落实高质量发展要求，率先建立国土空间规划体系，优化国土空间开发保护格局，为广州增强粤港澳大湾区区域发展核心引擎功能，推动实现老城市新活力、四个出新出彩，着力建设国际大都市，焕发云山珠水吉祥花城的无穷魅力提供重要支撑，朝着建设美丽宜居花城、活力全球城市的目标奋进。

规划指出：推动粤港澳大湾区和全省更加平衡、协调发展。以南沙新区为先行区和示范区，基本实现与港澳经济体制、社会服务政策全面对接，引领粤港澳大湾区融合发展。与珠三角主要城市战略合作迈上新台阶，基本形成四面八方、四通八达的区域协调发展格局。

构建极点带动、轴带支撑网络化空间格局引领带动全省“一核一带一区”协调发展新格局；推进穗港澳深度合作；打造南沙粤港澳全面合作示范区；围绕广州与周边城市融合发展，共建广州大都市圈；加快广佛同城化，共建粤港澳大湾区核心极点；推进基础设施互联互通，形成轴带支撑。

本项目位于先行区和示范区的南沙庆盛片区，对改善小虎岛对外交通，加强南沙路网的协调具有重要意义。

6.1.3 广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035年）（草案）

《广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035年）》战略定位为围绕粤港澳大湾区全面合作示范区建设，做实湾区交通中、做强湾区功能中心、做优湾区服务中心，建设大湾区高质量发展中心地带，将南沙打造为“立足湾区、协同港澳、面向世界”的重大战略性平台。

规划目标在2025年，南沙枢纽区块、庆盛区块、南沙湾区块三大先行启动区建设取得重大进展。2035年全面建成大湾区高质量发展中心地带、粤港澳全面合作的重要平台和生活、活力、共享的区域创新和产业转化中心；携手港澳建成高水平对外开放门户和智慧、韧性的现代化滨海新城。

本项目位于规划中的庆盛科创服务中心，是庆盛产教融合数字创新示范区、也是先进制造业集聚区。根据“建设更具竞争力的和辐射力的湾区中心交通枢纽”的规划要求和建设畅通南沙、贯通全市的规划目标，本项目对改善庆盛区块的小虎岛对外交通具有重大意义。

6.2 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目所处海域的海洋功能区划为“狮子洋保留区”，项目约1.2km为南沙港口航运区。见标6.2-2和图6.2-1。

本项目初建于2004年，2021改扩建工程也已经完成。项目施工期的影响已经结束。项目不涉及围填海，防洪符合水利部的要求，按照小虎沥规划航道要求预留了通航孔。营运期间，无污废水排放。项目可能增加一定的海上交通安全风险，应通过有效的风险防范将事故概率降到最低。项目建成多年，未见对周边红树生长产生不良影响。

项目符合所在海洋功能区的海域使用管理要求和环境保护要求。

表 6.2-1 本项目与海洋功能区划的符合性分析

名称	功能区管理要求	影响分析	是否符合
狮子洋保留区	海域使用管理 1. 维护河口海域防洪纳潮功能； 2. 通过严格论证，合理安排相关开发活动； 3. 严格控制围填海，严格限制设施明显改变水动力环境的构筑物； 4. 维护海洋交通安全，有限保障军事用海需求	本项目为跨海桥梁，经过防洪论证取得了水利部门的同意，对河口防洪排涝影响很小； 项目初建于2004年，建设取得相关部门的批复；项目不涉及围填海 项目按照水道规划的通航要求预留了通航孔。	符合
	海洋环境保护 1. 保护狮子洋生态环境； 2. 加强生态环境整治和修复，生产废水，生活污水须达标排海； 3. 海水水质、海洋沉积物质量标准和海洋生物质量等维持现状。	本项目桥梁建成多年，未见对狮子洋生态环境产生持续不良影响；本项目无污废水排放；	符合

表 6.2-2 项目所在海域广东省海洋功能区划分布登记表

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围 (东经、北纬)	功能区类型	面积 (公顷) 岸段长度 (米)	管理要求		与本项目相对位置与距离
							海域使用管理	海洋环境保护	
1									
2									

外插图件

图 6.2-1 项目周边的广东省海洋功能区划情况

6.3 与生态保护红线的符合性分析

自然资源部办公厅于 2022 年 10 月 14 日发布的《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》中明确，“广东省完成了‘三区三线’划定工作。

2022 年 8 月 16 日，自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局印发《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）》（自然资发〔2022〕142 号）。该通知指出，一、加强人为活动管控（一）规范管控对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保

护区等区域，依照法律法规执行。

项目周边的“三区三线”中生态红线情况见图。项目用海范围内不涉及生态保护红线。距离项目最近的生态保护红线为“广州市南沙区红树林”，位于小虎沥水道东岸的，目北面约 60 米。

根据现场踏勘照片，可以看出项目周边的红树植被生长茂盛，桥梁正下方的红树植物仍能正常生长，项目运营对河道内的红树植物无影响。因此项目用海符合生态红线的管理要求。

外插图件

图 6.3-1 项目与生态红线相对位置关系图

6.4 项目用海与相关规划分析

6.4.1 《全国海洋主体功能区规划》的符合性

根据《国务院关于印发全国海洋主体功能区规划的通知》（国发[2015]42号），海洋主体功能区按开发内容可分为产业与城镇建设、农渔业生产、生态环

境服务三种功能。依据主体功能，将海洋空间划分为以下四类区域：

- ①优化开发区域：包括渤海湾、长江口及其两翼、珠江口及其两翼、北部湾、海峡西部以及辽东半岛、山东半岛、苏北、海南岛附近海域。
- ②重点开发区域：包括城镇建设用海区、港口和临港产业用海区、海洋工程和资源开发区。
- ③限制开发区域：包括海洋渔业保障区、海洋特别保护区、海岛及其周边海域。
- ④禁止开发区域：包括各级各类海洋自然保护区、领海基点所在岛礁等。

本项目位于珠江口西岸，为优化开发区域。项目用海类型为交通运输用海，项目已经建成，对所在海域生态环境基本结束。项目建设不涉及海洋自然保护区、我国传统渔场、海洋水产种质资源保护区、海洋特别保护区和我国已公布的领海基点，符合《全国海洋主体功能区规划》的精神。

6.4.2 《广东省海洋主体功能区规划》的符合性

根据《广东省海洋主体功能区规划》（粤府函[2017]359号），项目所在区域优化开发区域，不属禁止开发区域和限制开发区域。

优化开发区域的功能定位为：海洋强国的战略支点、海洋强省建设重要引擎，国家海洋经济竞争力核心区、海洋科技产业创新中心、全国海洋生态文明建设示范区。

优化开发区域的“发展方向和布局”之一为：推进滨海城镇建设。推进区域内各市新区建设与海洋开发协调发展，有序推进广州南沙、深圳前海、珠海横琴、中山翠亨、东莞长安、珠海西部生态新区、环大亚湾新区、江门大广海湾新区、湛江海东新区、汕头海湾新区等新区建设，推进新区集中集约用海。对汕头市区、珠三角和湛江市区海洋优化开发区域相邻区域的产业和人口布局进一步优化与调整，促进人口集聚。

本项目位于广州市南沙区，是连接小虎岛和黄阁镇的重要通道。项目初建于2004年，对南沙的高速发展提供了有力支撑，扩建工程于2022年完工，将进一步对南沙庆盛片区的发展发挥重要作用。

因此，本项目用海与《广东省海洋主体功能区规划》相符。

外插图件

图 6.4-1 广东省海洋主体功能区规划图

6.4.3 《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》的符合性分析

规划要求建设现代化基础设施体系 提升发展支撑能力。聚焦结构优化、集约高效、智能绿色、安全可靠，完善基础设施网络体系，发挥新型基础设施牵引作用，与传统基础设施融合发展，强化资源共享、空间共用、互联互通、协同高效，为构建新发展格局战略支点、推进全省高质量发展提供有力支撑。

完善善覆盖广泛、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。

本项目在 2004 年建设的桥梁基础上，进行拓宽改造的同时，对旧桥进行维修。包括桥梁钢筋补强、混凝土破损修复等。改造后桥梁通行车道变为 6 车道，

提升了通行能力。符合规划中完善基础设施交通网的规划要求。

6.4.4 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》符合性分析

海岸带是社会经济发展的重点区域，同时是生态类型多样、生态功能重要、生态系统脆弱的区域。广东省人民政府、国家海洋局于 2017 年 10 月发布《关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府[2017]120 号）（以下简称《规划》），统筹海岸带范围内陆域、海域、岸线的基本功能，协调珠三角、粤东、粤西区域发展，形成生态、生活、生产等三生空间，引导生态环保落地、城市建设落地、生产项目落地，构建科学、有序的海岸带发展新格局，实现海岸带产业创新发展、城市品质提升、人与自然和谐共处。规划生态、生活、生产空间面积分别为 5.81 万平方千米、0.74 万平方千米和 5.26 万平方千米，比例约 49: 6: 45。基于海岸带功能复合性，一定条件下三类空间可兼容。《规划》以海岸线自然属性为基础，结合开发利用现状与需求，将海岸线划分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三种类型。

根据《规划》，本项目采用跨海桥梁的形式跨越岸线，不涉及岸线使用。项目用海符合规划。

6.4.5 《广州市国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》

根据规划，南沙海域是红树林等典型亚热带海洋生态系统集中分布区，与岸线、海湾、海岛共同形成蓝色生态保护屏障。其中番禺、南沙扩大珠江口滨海红树林湿地生境范围，保障粤港澳大湾区迁徙水鸟保护网的完整性。

本项目所在地小虎沥水道两侧和江心洲广泛分布有红树，项目建成多年，桥梁下方和周边红树正常生长，并在项目建成后有增加的趋势，可见红树林生境不受影响。

6.4.6 与“三线一单”生态环境分区管控方案的符合性

（1）广州市“三线一单”生态环境分区管控

根据《广州市人民政府关于印发广州市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（穗府规[2021]4 号），全市共划定环境管控单元 253 个，其中陆域环境管控单元 237 个，海域环境管控单元 16 个。

其中，海域环境管控单元中优先保护单元 9 个，为海洋生态保护红线；重点管控单元 7 个，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、游憩资源的海域和现状劣四类海水海域。

本项目用海位于 HY44010020006（狮子洋保留区-劣四类海域），该海域属于近岸海域重点管控单元。项目用海与该重点管控单元的符合性分析详见表 6.4-1。总体来说，项目用海符合广州市“三线一单”生态环境分区管控要求。

表 6.4-1 本项目与广州市“三线一单”环境管控单元符合性分析

序号	管控要求	管控要求	本项目相符性分析	相符性
1				
2				
3				
4				

6.5 小结

项目符合《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》、《广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035 年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省国民经济和社会发展第十四个五年计划和 2035 年远景目标纲要》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广州市国土空间生态修复规划（2021~2035 年）》和《广州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

7 项目用海合理性分析

7.1 项目用海选址合理性分析

本项目初建于 2004 年。根据《黄阁地区道路建设项目环境影响报告书》（报批稿），包含本项目在内的道路工程 15 个，选址与《广州城市建设总体战略概念规划图要》、《南沙地区发展规划》相符。项目的选址以广州市规划局南沙分局的规划要点为基础，线路方案拟定原则包括：与城市规划协调，尽可能避开厂房、民房和高压输电线等工、农业设施；尽量选址边界的运营线路和减少大型、复杂的构造物；合理利用沿线地形和现有道路；跨河线路尽量与河道正交，以利于船舶通航和泄洪。桥梁 2006 年建成通车，项目符合当时的规划选址要求。

2020 年，在原有桥梁基础上，充分利用原桥建成内容，对项目进行改扩建。因此改扩建的选址具有唯一性。2022 年已经全部完工。

综上，本项目属于历史建成项目补办用海手续，选址选线具有唯一性。

7.2 用海平面布置合理性分析

7.2.1 平面布置体现集约、节约用海的原则

本项目为交通运输用海中的跨海桥梁用海，过海段采用桥梁的形式。桥梁与河道正交，占用海域空间的面积最小。体现了集约、节约用海的原则。

7.2.2 平面布置与水文动力和冲淤环境的关系

本项目过海段采用采用桥梁形式，桥梁呈直线，与水道呈正交布置。海域范围共有 10 组桥墩，其中 1 组位于围塘、2 组位于江心洲。

桥梁对海域水文动力环境和冲淤环境在桥墩周围有轻微影响，轻微改变桥墩局部的水文动力环境和冲淤环境。但这是桥梁难以避免的，项目平面设计已最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

2021 年对桥梁进行的改扩建，除东端围塘增加了一组桥墩外，海域自由水面范围的的拓宽和改造，不增加桥墩数量，仅在桥面做改造。最大程度的减少了项目对水文动力和冲淤环境的影响。

7.2.3 平面布置与生态环境保护的关系

本项目桥梁采用空中跨越的形式。桥梁底部距离河堤超过 5 米，对沿岸红树林生长基本无影响。可见，项目平面布置与生态环境保护无冲突，有利于降低对生态环境的影响。

7.2.4 平面布置与周边用海活动的适应性

项目所在区域为珠三角发达区，周边用海活动较多。本项目平面走向与河道正交，最大程度减少了海域的占用。对周边红树生长无影响。

项目投入运营多年，未发生用海方面的冲突和纠纷。项目用海与周边用海活动具有适应性。

7.3 用海方式合理性分析

本项目为公路交通工程，通常采用跨海桥梁或海底隧道的形式穿越河道。项目初建的 2004 年，南沙地区经济和城市发展水平较为落后，项目周边大多为农业用地。采用桥梁的形式穿越小虎沥，并按航道规划预留通航空间，是基于经济、社会发展水平的最优选择。

项目在海域需设置桥墩，对水文动力和冲淤环境有轻微影响，但不会改变河道整体的水动力环境和纳潮量。项目距离岸线（防洪堤）有超过 5 米的净空，桥墩不涉及岸线，因此项目不直接占用海岸线，维护了岸线的现有属性。

根据项目投入运行近 20 年的情况来看，桥梁的建设不会对沿岸红树生长造成不良影响，能够保护区域海洋生态系统和生态保护红线的稳定，对周边其他开发利用活动无不良影响，投入运营后未发生用海方面的冲突和纠纷。

项目用海方式是合理的，考虑到项目建设和改扩建均已完成，具有唯一性。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目桥梁与水道呈正交，跨越占用岸线长度最短。以桥梁的形式跨越岸线约 110.3 米，其中桥面投影与岸线重叠 70.3 米，用海外扩保护带投影重叠 40 米。桥梁底部距离岸线有超过 5 米的净空，桥墩不占压岸线。岸线附近的植被正常生长，项目用海对岸线自然属性和生态功能基本无影响。

因此，项目跨越 110.3 米，桥梁结构和海岸线之间预留了大于 5 米的净空，对岸线的利用是合理的。

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 项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范

项目申请用海总面积为 2.4570 公顷，均为跨海桥梁用海。

本项目设计各项技术指标严格按照国家和地方等现行有关行业标准。本项目在工程可行性研究阶段，设计是严格根据《公路工程技术标准》（JTJT001-97）、《公路桥涵设计规范》（JT013-95），改扩建项目根据《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）和《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）等当时有关行业标准，确定了各项技术指标的。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、适用并满足安全性等要求。因此，项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范。

7.5.1.2 项目用海面积符合项目用海需求

项目的用海面积考虑项目的实际用海需求，同时按照《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）来确定其用海范围。

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），跨海桥梁以桥面垂直投影线向两侧外扩 10m 距离为界。2023 年 12 月 14 日，论证单位对小虎二桥桥梁结构边线进行了测量。

（1）北边界

界址点 10~14 为桥梁桥面投影线（实测）外扩 10 米线拐点。

（2）南边界

界址点 1~6 为桥梁桥面投影线（实测）外扩 10 米线拐点。

（3）东边界

界址点 8 为省岸线（2022）拐点，界址点 7 和 9 分别为用海南边界和北边界与省岸线（2022）（小虎岛）的交点。

（1）西边界

界址点 1 和 15 分别为用海南边界和北边界与省岸线（2022）（黄阁）的交点

界址点 1~15 围蔽的范围为项目用海范围，面积为 2.4570 公顷。上述用海范围包含了桥梁实际占用的海域范围和规范要求的外扩范围，结合周边已确权用海情况，项目用海面积不存在减少的空间。

7.5.2 宗海图绘制

7.5.2.1 宗海位置图

本项目宗海位置图是以广东省基础地理矢量数据符号化成图作为底图（比例尺 1:150000，高斯-克吕格投影，中央经度 113°30'E），根据界定的宗海范围，添加《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）上要求的其他海籍要素，规范图框和文字等的格式，形成该项目宗海位置图。

7.5.2.2 宗海界址图

本项目宗海界址图是以广东省基础地理矢量数据经符号化成图作为底图（高斯投影，中央经度 113°30'E）。

以工程范围内实测工程结构边线图作为底图，取机构边线的最外缘线向两侧外扩 10m 距离为界。

南侧和北侧根据 2023 年 12 月现场实测的桥梁结构外缘线（CGCS2000）外扩 10 米为界，东、西两侧以广东省海岸线（2022 年）为界。形成界址面后，添加《海籍调查规范》上要求的其他海籍要素，规范图框和文字等的格式，形成大比例尺的宗海界址图。

7.5.3 项目用海面积量算

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 113°30'E）下的面积。本项目面积量算采用 AUTOCAD 软件对各用海单元形成的封闭区域进行面积查询，得出申请用海总面积为 2.4570 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》。

本项目界址点坐标见表 7.5-1。

表 7.5-1 本项目用海界址点编号及坐标 (CGCS2000)

序号	顶点坐标 (CGCS2000)	
	北纬	东经
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

外插图件

图 7.5-1 项目宗海位置图

外插图件

图 7.5-2 项目宗海界址图

7.6 用海期限合理性分析

根据《广丰汽车城基础配套设施（一期）小虎二桥旧桥改造工程（含管线迁改）桥梁初步设计说明》等项目有关设计资料，本项目跨海桥梁的使用年限设计为 100 年。而本项目为公益性，用海类型为交通路桥用海，按照《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条规定最高用海期限为 40 年。以 40 年综合项目设计年限和海域使用管理法的规定，项目申请用海期限为 40 年是合理的。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

项目为跨海桥梁项目，对生态环境的影响主要在施工期。项目建成运营多年，从周边的海洋生态环境来看，并未造成明显的不良影响。

项目平面走向与河道正交，最大程度减少了对海域的占用，减少了对潮汐通道的影响和对自然资源的占用。

项目运营期无废水和固废产生，不会对项目所在海洋环境产生影响。

8.2 生态保护修复措施

为减小对项目北面红树林生态红线区和周边环境的干扰，并防范桥上交通事故引起的环境风险问题，建议设置禁止鸣笛和减速警示标志。此外，污染事故一旦发生将会对海洋生态环境产生显著影响，必须按照区域风险防范体系的要求，做好污染事故的防范和应急工作。

9 结论和建议

9.1 项目用海基本情况

本项目建设场址“广丰汽车城”位于广州市南沙区小虎岛中北部，通过两条主要进岛通道：小虎大桥（黄阁大道）和小虎二桥（虎沙大道）与黄阁镇广汽丰田南沙生产基地相联系。

小虎二桥初建于 2004 年，位于虎沙大道，东连沙仔岛，西接黄阁立交，原有桥梁为双向 4 车道。2022 年广东省交通运输厅批复对旧桥进行改造（含管线临时迁改），拆除旧桥全部人行系统、管线、花槽等附属设施，并对部分引桥桥孔进行拼宽，改“双四为双六”。2022 年 11 月，改造工程完工，对支撑广丰汽车城的物流交通需求、释放广汽丰田企业龙头效应起着重要作用。

建设单位拟完善桥梁的用海手续，启动海域论证工作。本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为构筑物中的跨海桥梁。项目申请面积为 2.4570 公顷，包含初建和改造的全部用海。项目采用桥梁的形式跨越岸线，不直接占用岸线，申请用海期限为 40 年。

9.2 项目用海必要性结论

小虎二桥，作为当时黄阁地区 15 个道路项目之一，对于优化南沙区域路网格局具有重要意义。小虎二桥初建于 2004 年，是连接小虎岛和黄阁工业区的重要桥梁，也是小虎岛进出岛的重要通道。其建设广州市加大南沙地区基础设施建设，提高地区对经济发展承载能力的需要。小虎二桥建成后，对南沙特别是小虎岛进出岛交通运输发挥了重要的作用。

随着经济发展，小虎岛交通瓶颈问题逐渐突显。2020 年，为更好的改善小虎岛的交通状况，拟对原桥梁进行改造。改造工程拓宽 4 车道为 6 车道，单侧拓宽 3.5~6m，同时升级照明、引导标识、防撞和绿化等系统。改造工程通车后能够极大提升小虎岛企业员工和居民通行效率。作为广汽丰田“新能源汽车”产能扩建项目配套设施，将有效改善丰田汽车生产基地交通运输条件，为广汽丰田建设成全球集约化规模化程度最高的百万产能生产基地奠定重要的交通运输基础。综上，项目的建设是 2000 年南沙地区经济发展的需要，而随着地区的

持续发展，对交通的需求提高，通过改造提升交通质量，也是必要的。

跨海桥梁设计从施工的难易度、经济性、安全性和对海洋环境影响等方面考虑采用设置桥墩的方式架公路桥，跨海部分桥墩的墩柱必须坐落在海底岩土中，通过桥墩把桥梁的轴向荷载和横向荷载传递到深部土层，因此跨海桥梁的建设需要使用一定面积的海域。

目前已经建成通车多年，改造工程也完工通车，构成用海事实，及时补充完善项目用海手续，是项目合法合规的需要，也是贯彻和落实海域使用管理法的需要。项目用海是必要的。

9.3 项目用海资源环境回顾性影响分析结论

跨海大桥主要的资源环境影响发生在施工期。项目初建于 2004 年，改造工程的海域水下桩基工程极少。施工期监测资料缺失，但项目在实施过程中未发现接到对资源环境影响的相关投诉。施工组织计划中，施工过程采取了措施控制施工过程的环境影响。

根据报告估算，项目用海对资源环境影响基本结束，项目与周边环境形成新的生态平衡状态。

9.4 海域开发利用协调分析结论

项目用海实际时间发生于 2004 年，项目实施过程中未发生利益纠纷和权属争议。虽项目未进行确权，但实际存在超过 20 年，与周边其他开发利用活动无冲突。项目用海无需要协调的利益相关方。

9.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

项目符合《广东省海洋功能区划（2011~2020 年）》、《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》、《广州市国土空间总体规划（2018-2035）》、《广州南沙新区国土空间总体规划（2021-2035 年）（草案）》、《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省国民经济和社会发展第十四个五年计划和 2035 年远景目标纲要》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广州市国土空间生态修复规划（2021~2035 年）》和《广州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

9.6 项目用海合理性分析结论

本项目建成多年，选线符合当时的规划，改扩建工程选址具有唯一性论证，在选线合理的前提下，其平面布置是合理的。

项目申请用海面积 2.4570 公顷，工程以桥梁的形式跨越岸线 110.3 米，桥墩不占压海岸线。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，申请面积合理。

项目为公益性，申请用海期限为 40 年，申请用海期限合理。

9.7 项目用海可行性结论

考虑到该项目的建设有利于广州市南沙区的发展需要，项目建设是必要的，用海也是必要的。本项目占用海域 2.4570 公顷，跨越岸线 110.3 米，不直接占用岸线。

工程施工过程中对海洋环境的影响小，且影响结束。项目建成以来，对地方经济的支撑和促进作用显著，未发现对周边海域环境、生态和海域开发活动产生不良影响。

本项目选址符合《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年），项目申请用海选址、面积、方式和期限合理。项目不涉及其他利益相关方。项目用海也是相适宜的。

综上所述，从项目用海多方面出发考虑，本论证报告认为本项目用海是可行的。