

广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区
铁路项目海湾隧道工程
海域使用论证报告书
(公示稿)

中国科学院南海海洋研究所

2021年11月

目 录

1 概述	1
1.1 论证工作由来	1
1.2 论证依据	3
1.2.1 法律法规	3
1.2.2 相关规划和区划	4
1.2.3 技术标准和规范	5
1.2.4 项目基础资料	6
1.3 论证工作等级和范围	6
1.3.1 论证工作等级	6
1.3.2 论证范围	7
1.4 论证重点	7
2 项目用海基本情况	8
2.1 用海项目建设内容	8
2.2 平面布置和主要尺度结构	11
2.2.1 全线工程整体方案及技术指标	11
2.2.2 海底隧道平面布置及结构	12
2.3 项目主要施工工艺与方法	20
2.3.1 矿山法隧道工程施工方案	20
2.3.2 盾构法隧道工程施工方案	32
2.3.3 主要施工机具	38
2.3.4 施工组织	38
2.3.5 土石方来源及其平衡估算	39
2.3.6 施工进度	39
2.4 项目申请用海情况	40
2.5 项目用海必要性	44
2.5.1 项目建设必要性	44
2.5.2 项目用海的必要性	45
3 项目所在海域概况	47

3.1 工程区域自然环境概况	47
3.1.1 气候.....	47
3.1.2 海洋水文和泥沙.....	48
3.1.3 区域地质与活动断裂.....	52
3.1.4 地形地貌与冲淤现状分析.....	56
3.1.5 工程地质.....	57
3.1.6 主要海洋灾害.....	63
3.1.7 海洋水质现状与评价.....	66
3.1.8 海洋沉积物质量现状与评价.....	72
3.1.9 海洋生物质量现状与评价.....	72
3.2 海洋生态概况（2020年11月）	73
3.2.1 海洋生态调查概况.....	73
3.2.2 叶绿素 a 和初级生产力.....	76
3.2.3 浮游植物.....	77
3.2.4 浮游动物.....	79
3.2.5 底栖生物.....	80
3.2.6 潮间带生物.....	81
3.2.7 鱼卵仔鱼.....	82
3.2.8 游泳生物.....	83
3.3 自然资源概况	84
3.3.1 港口资源.....	84
3.3.2 航道和锚地.....	85
3.3.3 渔业生产.....	86
3.3.4 旅游资源.....	87
3.3.5 湿地资源.....	89
3.3.6 珍稀濒危水生生物.....	89
3.3.7 汕头市湿地自然保护区.....	91
3.4 开发利用现状	94
3.4.1 社会经济概况.....	94
3.4.2 海域使用现状.....	94
3.4.3 海域权属现状.....	102
4 项目用海资源环境影响分析	104
4.1 项目用海环境影响分析	104

4.1.1 海洋水动力环境影响分析.....	104
4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响分析.....	104
4.1.3 海洋水质环境影响分析.....	104
4.1.4 海洋沉积物环境影响分析.....	105
4.1.5 项目用海对通航环境影响分析.....	106
4.1.6 项目用海对防洪的影响分析.....	107
4.2 项目用海生态影响分析.....	108
4.2.1 施工期海洋生态环境和生物资源影响分析.....	108
4.2.2 营运期海洋生态环境和生物资源影响分析.....	108
4.2.3 对海洋环境敏感保护目标的影响分析.....	109
4.3 项目用海资源影响分析.....	110
4.3.1 岸线和滩涂资源损耗.....	110
4.3.2 渔业资源损耗.....	111
4.4 项目用海风险分析.....	111
4.4.1 灾害性风险的种类分析.....	111
4.4.2 自然灾害风险分析.....	112
4.4.3 海底隧道事故分析.....	113
5 海域开发利用协调分析.....	116
5.1 项目用海对海域开发活动的影响.....	116
5.2 利益相关者界定.....	119
5.3 相关利益协调分析.....	119
5.4 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析.....	120
5.4.1 对国防安全和军事活动的影响分析.....	120
5.4.2 对国家海洋权益的影响分析.....	121
6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析.....	122
6.1 项目用海与海洋功能区划符合性分析.....	122
6.1.1 项目所在海洋功能区划.....	122
6.1.2 项目用海对周边海洋功能区的影响分析.....	124
6.1.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析.....	124
6.2 项目用海与相关规划符合性分析.....	125
6.2.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析.....	125
6.2.2 与《广东省海洋主体功能区规划》符合性分析.....	125

6.2.3	与《广东省海洋生态红线》的符合性分析.....	125
6.2.4	与《广东省环境保护“十三五”规划》的符合性分析.....	126
6.2.5	与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析.....	127
6.2.6	与《广东省海洋生态环境保护规划(2017-2020年)》的符合性分析	127
6.2.7	与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性分析	127
6.2.8	与《广东省沿海经济带综合发展规划(2017-2030年)》的符合性分析	127
6.2.9	与《广东省综合交通运输体系发展“十三五”规划》的符合性分析	128
6.2.10	与《广东省海洋经济发展“十三五”规划》的符合性分析.....	128
6.2.11	与《中长期铁路网规划》的符合性分析.....	128
6.2.12	与《海岸线保护与利用管理办法》的符合性分析.....	128
6.2.13	与《汕头市城市总体规划(2002-2020年)(2017年修订)》的符合性	129
6.2.14	与《汕头市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性	129
6.3	项目用海与产业准入符合性分析.....	129
7	项目用海合理性分析.....	131
7.1	用海选址合理性分析.....	131
7.1.1	选址区位和社会条件适宜性分析.....	131
7.1.2	选址与自然资源和生态环境的适宜性分析.....	132
7.1.3	项目用海潜在的、重大的安全和环境风险分析.....	133
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.....	134
7.2	用海方式和平面布置合理性分析.....	134
7.2.1	平面布置合理性分析.....	134
7.2.2	用海方式合理性分析.....	134
7.3	用海面积合理性分析.....	137
7.3.1	项目用海界址点确定.....	137
7.3.2	宗海图绘制.....	138
7.3.3	用海面积合理性分析.....	138
7.3.4	用海面积量算.....	140
7.4	用海期限合理性分析.....	141
8	海域使用对策措施.....	146
8.1	区划实施对策措施.....	146

8.2 开发协调对策措施	148
8.3 风险防范对策措施	149
8.3.1 自然灾害风险防范措施.....	149
8.3.2 工程设计防范措施.....	149
8.3.3 施工期隧道坍塌、涌水风险的防范及应急反应措施.....	151
8.4 监督管理对策措施	152
8.4.1 监督管理内容.....	152
8.4.2 具体的监督管理措施.....	153
9 生态用海方案	158
9.1 建设项目的政策符合性	158
9.1.1 产业政策符合性分析.....	158
9.1.2 与广东省发改委关于加快推进重要现状基础设施重点项目穿越环境敏感区前期工作通知的相符性分析	158
9.2 生态建设方案	158
9.2.1 生态建设方案原则.....	159
9.2.2 绿色防护设计.....	159
9.2.3 绿色施工方案.....	159
9.2.4 污染物排放与控制.....	160
9.3 汕头湿地自然保护区生态恢复与补偿措施	160
9.3.1 生态环境保护措施.....	160
9.3.2 动物保护措施.....	162
9.3.3 生态恢复措施.....	162
9.3.4 生态补偿措施.....	163
10 结论与建议	165
10.1 结论	165
10.1.1 项目用海基本情况.....	165
10.1.2 项目用海必要性结论.....	165
10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论.....	166
10.1.4 海域开发利用协调分析结论.....	167
10.1.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论.....	167
10.1.6 项目用海合理性分析结论.....	167
10.1.7 项目用海可行性结论.....	169

10.2 建议	169
资料来源说明	170
1、引用资料	170
2、现场勘查	170

1 概述

1.1 论证工作由来

广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路所在地汕头市位于广东省东部，韩江三角洲南端；是中国最早开放的经济特区，中国五大经济特区之一；是广东省政府定位的省域副中心城市，粤东地区区域中心城市，粤东政治、经济、文化中心，也是海西经济区重要组成部分；同时也是中国南方重要港口城市、沿海开放城市和著名侨乡，是粤东、赣南、闽西南一带的重要交通枢纽、进出口岸和商品集散地。全市总面积 2187 平方千米，下辖金平区、龙湖区、濠江区、澄海区、潮阳区、潮南区和南澳县。全市户籍人口 545 万。

本线在广梅汕铁路汕头站引出，往西南经汕头市龙湖区、濠江区，进入广澳港区；规划向西可延伸至海门港区；本线通过广梅汕线可以连接鹰梅线；是汕头港疏港的便捷通道，是连通腹地的重要径路，同时还预留承担沿线部分客运功能。

汕头海湾隧道位于广东省汕头市龙湖区-濠江区境内，最大埋深约为 162m。隧道进口里程为 CK1+840（隧线分界里程 CK1+165）；出口里程为 CK11+135，隧道封闭段全长 9295m，建筑长度 9970m。本隧道为单洞双线隧道，初期仅承担广澳港区集疏港货运功能，设计行车速度 120km/h；近期作为粤东城际网汕头至普宁城际铁路的一部分，设计行车速度 160km/h。隧道在汕汾高速汕头海湾大桥东侧穿越汕头海湾，隧道纵坡为“V”字坡，全隧道共设置 5 处圆曲线。隧道由濠江侧 5830m 矿山法隧道、2990m 盾构法隧道以及 1110m 汕头侧明挖隧道组成。

汕头海湾隧道的建设属海洋工程建设项目，该项目的建设会对海洋环境造成一定影响。本项目用海属交通运输用海中的路桥用海，工程的建设需要使用海域。为了能合理、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，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。受中铁四院集团广州设计院有限公司的委托，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《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程目海域使用论证报告书》。

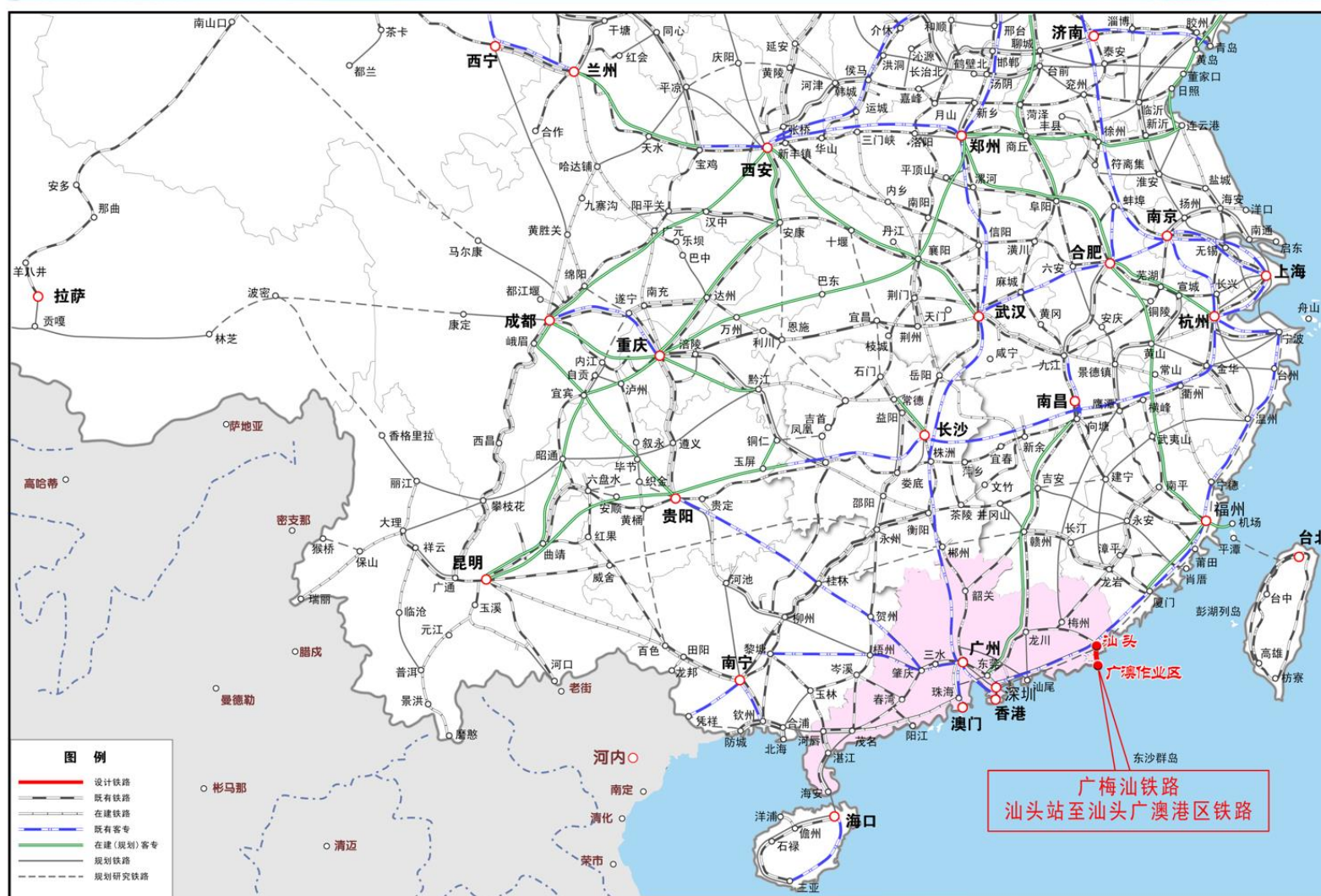


图 1.1-1 项目地理位置图

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规

(1)《中华人民共和国海域使用管理法》，中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议于 2001 年 10 月 27 日通过，自 2002 年 1 月 1 日起施行；

(2)《中华人民共和国海洋环境保护法》，由中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议于 1999 年 12 月 25 日修订通过，2017 年 11 月 4 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议决定，通过对《中华人民共和国海洋环境保护法》作出修改；

(3)《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议《关于修改〈中华人民共和国海洋环境保护法〉等七部法律的决定》第四次修正；

(4)《中华人民共和国海上交通安全法》，1983 年 9 月 2 日第六届全国人民代表大会常务委员会第二次会议通过，1983 年 9 月 2 日中华人民共和国主席令第七号公布，自 1984 年 1 月 1 日起施行；根据 2016 年 11 月 7 日第十二届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关于修改〈中华人民共和国对外贸易法〉等十二部法律的决定》修订；

(5)《中华人民共和国港口法》，2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国电力法〉等四部法律的决定》第三次修正；

(6)《中华人民共和国防洪法》，2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第三次修正；

(7)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，1995 年 10 月 30 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过，2020 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订；

(8)《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2006 年 9 月 19 日中华人民共和国国务院令 475 号公布；根据 2017 年 3 月 1 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第一次修订；根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和

废止部分行政法规的决定》第二次修订);

(9)《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》(1990年6月25日中华人民共和国国务院令第62号公布;根据2007年9月25日《国务院关于修改〈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〉的决定》第一次修订;根据2018年3月19日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第三次修订);

(10)《中华人民共和国自然保护区条例》，中华人民共和国国务院于1994年10月9日发布，2017年10月7日，中华人民共和国国务院令第687号对《中华人民共和国自然保护区条例》进行了修改;

(11)《关于进一步加强海域使用论证工作的若干意见》，国家海洋局，国海管字〔2009〕200号;

(12)《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017年4月;

(13)《国家海域使用动态监视监测系统总体实施方案》，国家海洋局，2006;

(14)《海域使用权登记办法》，国家海洋局，2006;

(15)《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006;

(16)《海洋自然保护区管理办法》(国海发[1995]251号)，1995年5月29日;

(17)《国家海洋局海洋生态文明建设实施方案》(2015-2020年)，国家海洋局，2015年7月16日;

(18)《广东省海域使用管理条例》，广东省十届人大常委会第二十九次会议审议通过，2007年3月1日起施行;

(19)《财政部、国家海洋局关于加强海域使用金征收管理的通知》，财综[2007]10号;

(20)《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，2019年;

(21)《中华人民共和国海岛保护法》，自2010年3月1日起施行;

(22)《中华人民共和国野生动物保护法》，2018年10月26日修订;

(23)《中华人民共和国自然保护区条例》，2017年10月7日修订;

(24)《海岸线占补实施办法(试行)》，广东省自然资源厅，2021年7月2日执行。

1.2.2 相关规划和区划

- (1) 《全国海洋主体功能区规划》，国发〔2015〕42号，2015年8月1日；
- (2) 《全国海洋功能区划（2011-2020年）》，国务院，2012年3月3日批准；
- (3) 《全国海洋经济发展“十三五”规划》，国家发展改革委、国家海洋局，发改地区[2017]861号，2017年5月4日；
- (4) 《全国海岛保护工作“十三五”规划》，2016年12月28日；
- (5) 《广东省海洋主体功能区规划》，粤府函〔2017〕359号，2017年12月18日；
- (6) 《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，国务院，国函[2012]182号；
- (7) 《广东省海岛保护规划（2011—2020年）》，粤海渔[2011]163号，2011年；
- (8) 《广东省海洋生态红线》，2017年9月29日；
- (9) 《广东省海洋经济发展“十三五”规划》，2017年4月；
- (10) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（粤府[2017]120号），2017年10月；
- (11) 《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》；

1.2.3 技术标准和规范

- (1) 《海域使用论证技术导则》，国家海洋局，2010；
- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》，GB/T19485-2014；
- (3) 《海域使用分类》，HY/T 123-2009；
- (4) 《海籍调查规范》，HY/T 124-2009；
- (5) 《海洋监测规范》，GB 17378-2007；
- (6) 《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- (7) 《海滨观测规范》，GB/T 14914-2006；
- (8) 《海水水质标准》，GB3097-1997；
- (9) 《海洋生物质量》，GB18421-2001；
- (10) 《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- (11) 《海洋工程地形测量规范》，GB17501-1998；
- (12) 《海域使用面积测量规范》，HY070-2003；
- (13) 《宗海图编绘技术规范》，HY / T 251-2018；
- (14) 《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。

1.2.4 项目基础资料

- (1)《新建广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路补充可行性研究》(中铁第四勘察设计集团有限公司, 2021年5月);
- (2)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路可行性研究(修编)第九篇 隧道》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2020年4月);
- (3)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路环境影响报告书(报批稿)》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2018年3月);
- (4)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路汕头海湾隧道工程防洪评价报告(送审稿)》(广东省水利水电科学研究院, 2019年7月);
- (5)《新建铁路广梅汕铁路汕头港至广澳港区铁路初步设计 汕头海湾隧道工程地质勘查报告》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2020年9月);
- (6)《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》(广州草木蕃环境科技有限公司, 2017.11);
- (7)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路汕头湾海底隧道工程通航条件影响评价报告(报批稿)》(广东正方圆工程咨询有限公司, 2018.5);
- (8)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路项目规划选址意见报告》(广州上都城市规划设计有限公司, 2021.06)。

1.3 论证工作等级和范围

1.3.1 论证工作等级

根据《海域使用论证技术导则》，本项目用海类型属于交通运输用海中的路桥用海，用海方式为海底隧道用海。依据《海域使用论证技术导则》（2010年）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），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
构筑物用海	跨海桥梁、海底隧道用海	暗挖海底隧道	所有规模	所有海域	二
等级划分补充规定：同一项目用海类型、规模或者方式规定的等级不一致时，采用就高不就低的原则；其他用海根据用海类型、规模、方式，参照本表确定的海域使用等级。					

1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》，跨海桥梁、海底管道等线型工程项目用海的论证范围划定，二级论证为 3 km。二级论证范围是跨海桥隧每侧向外扩展 3 km 划定。如图 1.3-1 所示，面积约 14.0km²；



图 1.3-1 论证范围图

1.4 论证重点

根据项目用海具体情况和所在海域特征，参照《海域使用论证技术导则》中表 D.1，本项目属海底工程用海海底交通隧道用海，论证重点为项目选址（线）合理性。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

项目名称：广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程

项目性质：新建

建设单位：中国铁路广州局集团有限公司深圳工程建设指挥部

路线走向：广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路所在地汕头市位于广东省东部，韩江三角洲南端；是中国最早开放的经济特区，中国五大经济特区之一；是广东省政府定位的省域副中心城市，粤东地区区域中心城市，粤东政治、经济、文化中心城市，也是海西经济区重要组成部分；同时也是中国南方重要港口城市、沿海开放城市和著名侨乡，是粤东、赣南、闽西南一带的重要交通枢纽、进出口岸和商品集散地。全市总面积 2187 平方千米，下辖金平区、龙湖区、濠江区、澄海区、潮阳区、潮南区 and 南澳县。全市户籍人口 545 万。

本线在广梅汕铁路汕头站引出，往西南经汕头市龙湖区、濠江区，进入广澳港区；规划向西可延伸至海门港区；本线通过广梅汕线可以连接鹰梅线；是汕头港疏港的便捷通道，是连通腹地的重要径路，同时还预留承担沿线部分客运功能。

其中，汕头站内普速场南端咽喉预留的接轨点引出（研究起点为 CK0+566.915），跨金砂东路后并行汕汕铁路线路南行，跨长平东路后采用大坡度向下，在汕头市儿童公园东侧入地进入海湾隧道，先后穿越中山东路、沈海高速、锦峰潮汕美食城、泰星路，于 CK3+500 处进入汕头海湾，线路走在妈屿岛与汕汕铁路之间，于 CK5+400 处出汕头海湾进入达濠岛一路南行，于东湖水库西侧上跨汕汕铁路（交叉里程为本线 CK9+710，汕汕铁路 DK156+707），自广澳街道东侧出隧道至本次 I 级铁路研究终点。项目地理位置见图 1.1-1。

建设内容及规模：

本工程正线全长 16.984km，全线设汕头、广澳 2 座车站，其中新建桥梁长度 3.437km，占正线长度的 20.24%；新建隧道长度 9.97km，占正线长度的 58.7%；

汕头至濠江段线路长度为 11.274km（本工程范围内设计长度 10.707km）。全线有隧道一座 9.97km，占线路全长的 88.44%，框架中小桥两座 2-90m，占线路全长 0.8%，桥隧比合计 89.24%。濠江至广澳段线路全长 5.71km，按专用线标准建设，全线有特大桥两座 2-3437m。全线桥隧比为 60.19%。

涉及用海桥隧：本工程设隧道 1 座（汕头海湾隧道），隧道位于广东省汕头市濠江区境内，最大埋深约为 157m。隧道进口里程为 CK1+840，隧线分界里程 CK1+165；出口里程为 CK11+130，隧线分界里程为 CK11+135，隧道封闭段全长 9965m，建筑长度 9970m。本隧道为单洞双线隧道，初期为单线货运铁路，设计行车速度 80km/h；近期为客货共线双线铁路兼为城际双线铁路，设计行车速度为 160km/h。

隧道施工辅助坑道为 1 个斜井及 1 个竖井（盾构工作井），分别为：斜井与正线交于 CK6+700，长 490m，综合坡度 10.50%，与大里程方向交角 90°，位于线路前进方向右侧；盾构工作井设于 CK2+285~+310，深 23.65m，宽 20m。

汕头海湾隧道跨越汕头湾涉海段 CK3+500~CK5+400，涉海段长为 1900m。（备注：海底隧道的长度均根据省政府批复岸线或实测海岛岸线向海一侧确定。）**将总平面布置图与批复岸线与海岛岸线可知，涉海段实际的里程为 CK3+493~CK5+341。**

用海概况：本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为构筑物中的海底隧道用海。申请用海总面积为 6.0857 公顷，其中濠江段为 1.9582 公顷，龙湖段为 4.1275 公顷，汕头海湾隧道共穿越岸线 83.6m，其中南岸占用达濠岛人工岸线 38.7m（含外扩范围占用 23.2m）；北岸占用 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m（含外扩范围占用 27.2m）。项目申请用海期限为 50 年。

投资/工期：可研投资估算总额为 345523.15 万元。其中本工程投资估算为 338762.84 万元，本工程范围内新建线路长 16.417 正线公里，每正线公里指标为 20634.88 万元。其中：静态投资 319348.64 万元，每正线公里指标为 19452.31 万元；动态投资为 18199.98 万元；机车车辆购置费 1050 万元；铺底流动资金 164.21 万元。全线总工期按 4.5 年工期（54 个月）安排。



图 1.1-1 广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路地理位置图

2.2 平面布置和主要尺度结构

2.2.1 全线工程整体方案及技术指标

1. 线路方案

根据中铁第四勘察设计院集团有限公司（2021年5月）编制的《新建广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路补充可行性研究》，线路自改造后汕头站内普速场南端咽喉预留的接轨点引出（研究起点为CK0+566.915），跨金砂东路后并行汕汕铁路线路南行，跨长平东路后采用大坡度向下，在汕头市儿童公园东侧入地进入海湾隧道，先后穿越中山东路、沈海高速、锦峰潮汕美食城、泰星路，于CK3+493处进入汕头海湾，线路走在妈屿岛与汕汕铁路之间，于CK5+341处出汕头海湾进入达濠岛一路南行，于东湖水库西侧上跨汕汕铁路（交叉里程为本线CK9+710，汕汕铁路DK156+707），自广澳街道东侧出隧道至本次I级铁路研究终点。线路全长11.274km。规划普宁至汕头城际线位出濠江站后并行在汕汕铁路南侧西行。

近远期濠江至广澳段线路自濠江站北端咽喉区间接轨，线路起点ZCK0+000=汕头至濠江段CK11+274.291。初期线路按单线通过，预留道岔出岔位置。为减少对城际濠江站站房影响，接轨后线路并行城际线位东侧，两线等高。过濠江站站房后，线路以550m半径曲线折向东，并行在规划沿江通道北侧东行，于濠江区污水处理厂东侧折向南，进入规划预留疏港铁路通道内，跨疏港大道后进入广澳港区设置广澳站，线路全长5.71km。

全线设汕头（汕汕铁路在建）、广澳2座车站，预留濠江城际站。汕头至濠江段线路长度为11.274km（本工程设计长度10.707km）。全线有隧道一座1-9970m，占线路全长的88.44%，框架中小桥两座2-90m，占线路全长0.8%，桥隧比合计89.24%。濠江至广澳段线路方案全长5.710km，按专用线标准建设，全线有特大桥两座2-3437m。全线桥隧比为60.19%。

预留上行疏解线自濠江至广澳段线路区间路基出岔，出岔点里程为ZCK1+466.499，线路向西下穿规划普宁至汕头城际后以400m半径折向北，接入预留濠江站北端咽喉城际右线，接轨处设安全线一条，疏解线长度1.59km。

2.技术标准

本线主要技术标准如下：

- 1) 铁路等级：汕头至濠江段为I级，濠江至广澳段为专用线；

- 2) 正线数目：单线，汕头至濠江段预留双线；
- 3) 限制坡度：16.5‰；
- 4) 旅客列车设计行车速度：汕头至濠江段 160km/h；
- 5) 最小曲线半径：曲线半径一般 2500m、困难 1600m，濠江至广澳段曲线半径一般 600m、困难 400m；
- 6) 线间距：汕头至濠江段 4.2m；
- 7) 牵引种类：电力；
- 8) 牵引质量、机车：货 HXD1C，2400t；
- 9) 到发线有效长：850 米；
- 10) 闭塞种类：初期全线采用自动站间闭塞，近远期汕头至濠江段采用自动闭塞、濠江至广澳段采用自动站间闭塞；
- 11) 建筑限界：电气化铁路建筑限界。

3.轨道结构设计

汕头至濠江段设计速度 160km/h，按 I 级铁路轨道设计标准，采用 60kg/m 钢轨，一次铺设跨区间无缝线路。其中，汕头海湾隧道内铺设弹性支承块式无砟轨道（进出口段各 30m 范围内为有砟、无砟过渡段）。濠江至广澳港段设计速度 80km/h，采用 60kg/m 钢轨，一次性铺设跨区间无缝线路。

2.2.2 海底隧道平面布置及结构

2.2.2.1 汕头海湾隧道主要技术标准和设计原则

(1) 隧道概况

汕头海湾隧道位于广东省汕头市龙湖区—濠江区境内，最大埋深约为 157m。隧道进口里程为 CK1+840，隧线分界里程 CK1+165；出口里程为 CK11+130，隧线分界里程为 CK11+135，隧道封闭段全长 9965m，建筑长度 9970m。本隧道为单洞双线隧道，初期为单线货运铁路，设计行车速度 80km/h；近、远期兼为双线城市铁路，设计行车速度为 160km/h。

隧道在汕汾高速汕头海湾大桥东侧穿越汕头海湾，隧道纵坡为“V”字坡，隧线分界~CK1+300 段为 12‰下坡，之后以 15.9‰下坡自汕头下穿至汕头湾岸边，然后在 CK3+400 处变坡为 15.46‰下坡下穿至汕头湾海底，并在进入主航道前在 CK4+750 处以 3‰下坡至 CK5+350，再以 9.0‰上坡至汕头湾南岸 CK5+750 后改为 16‰上坡，

并在 CK8+050 改以 16.10%上坡爬升至 CK9+800 后,再以 5.4%上坡爬升至 CK10+450,最后以 3.0%下坡与出口路基衔接。

全隧道共设置 5 处圆曲线。隧道 U 型槽和隧道进口段局部位于右偏曲线上,左线曲线半径 $R=990\text{m}$;中山东路高架处位于左偏曲线上,左线曲线半径 $R=6200\text{m}$;在汕头湾妈屿岛高压电塔东侧设置右偏曲线,左线曲线半径 $R=2500\text{m}$;在濠江区礮奥路以南设左偏曲线,左线曲线半径 $R=2800\text{m}$;之后在东湖水库至隧道出口设置右偏曲线,左线曲线半径 $R=1300\text{m}$;隧道内曲线长度共计 3753.148m,隧道其余地段均位于直线上,曲线长度占全隧道长度的 37.78%。

隧道由濠江侧 5835m 矿山法隧道、2990m 盾构法隧道以及 1145m 汕头侧明挖隧道组成。

本隧道矿山段各级围岩长度及所占比例为:II 级围岩:1660m (28.47%);III 级围岩:2350m (40.31%);IV 级围岩:1295m (22.21%);V 级围岩:525m (9.01%)。隧道设置竖井(工作井)1 座,斜井 1 座。

(2) 隧道主要设计标准

- 1) 隧道设计使用年限:100 年。
- 2) 主体结构安全等级:一级。
- 3) 隧道按百年一遇高水位设计,按三百年一遇水位校核,并满足低水位的设计要求。
- 4) 运营期隧道抗浮稳定安全系数:不考虑摩阻力时 ≥ 1.1 ,考虑摩阻力时 ≥ 1.15 。
- 5) 一般地段及 H2、Y2 环境作用等级段,结构允许裂缝开展宽度 $\leq 0.2\text{mm}$;L3 环境作用等级段,结构允许裂缝开展宽度 $\leq 0.15\text{mm}$,不允许出现贯穿裂缝。
- 6) 隧道防水等级:一级。
- 7) 抗震:隧址区地震动峰值加速度 0.2g,地震反应谱特征周期分区为 0.4s,地震基本烈度分区为 VIII 级。隧道按 100 年基准期超越概率 10%的地震动参数进行抗震设计,按 100 年基准期超越概率 2%的地震动参数验算并采取抗震措施。
- 8) 隧道内人员疏散口及通风、电力、通信、信号设备洞室均应设置耐火极限不小于 3.0h 的隔墙以及防护门。
- 9) 明挖法隧道采用现浇矩形结构,盾构法隧道采用预制钢筋混凝土管片衬砌,管片内侧现浇钢筋混凝土内衬,矿山法隧道采用复合式衬砌。
- 10) 洞门、洞口敞开段及洞身浅埋段应满足国防战备对铁路的要求。

2.2.3.2 设计行车速度、建筑限界及横断面、轨下基础类型

1. 路段旅客列车设计行车速度

汕头海湾隧道初期为单线货运铁路，设计行车速度 80km/h；近、远期兼为双线城际铁路，设计行车速度为 160km/h。

2. 建筑限界及横断面

(1) 建筑限界

本隧道初期仅作为疏港铁路组成部分，近远期兼作为汕头-普宁城际铁路组成部分，其建筑限界需考虑客货共线铁路和城际铁路的包络。

隧道内轮廓在满足限界的前提下，应同时满足缓解空气动力学效应最小面积、养护维修、防灾救援、设备及沟槽布置、施工误差等要求拟定。矿山法和盾构法隧道内轮廓分别如图 2.2.3-1 所示。

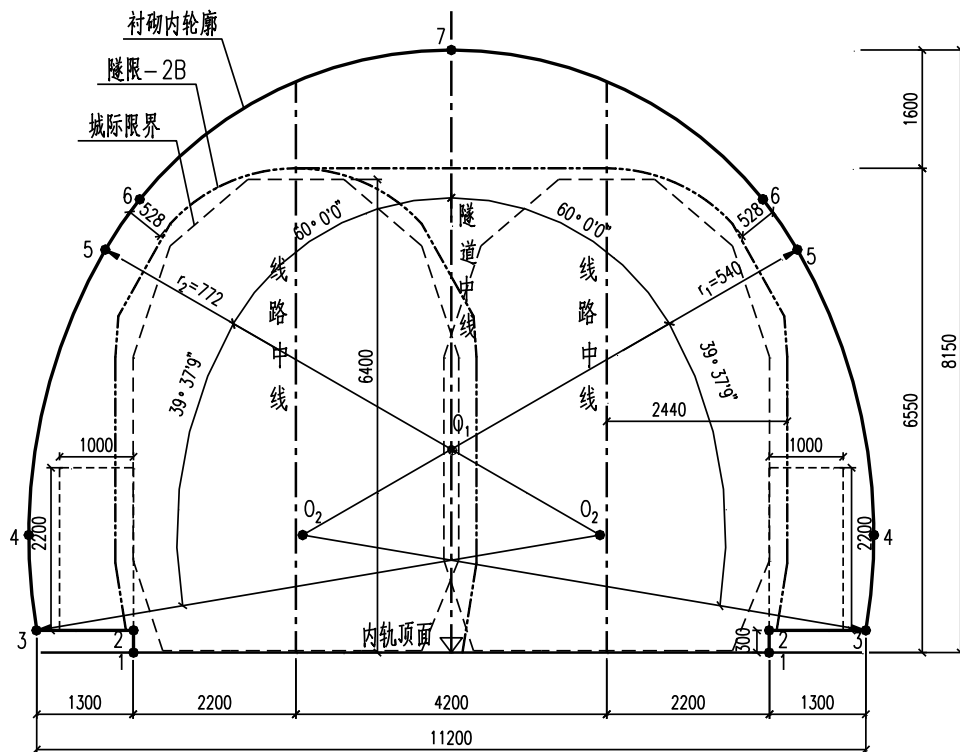


图 2.2.3-1a 双线隧道矿山法衬砌内轮廓

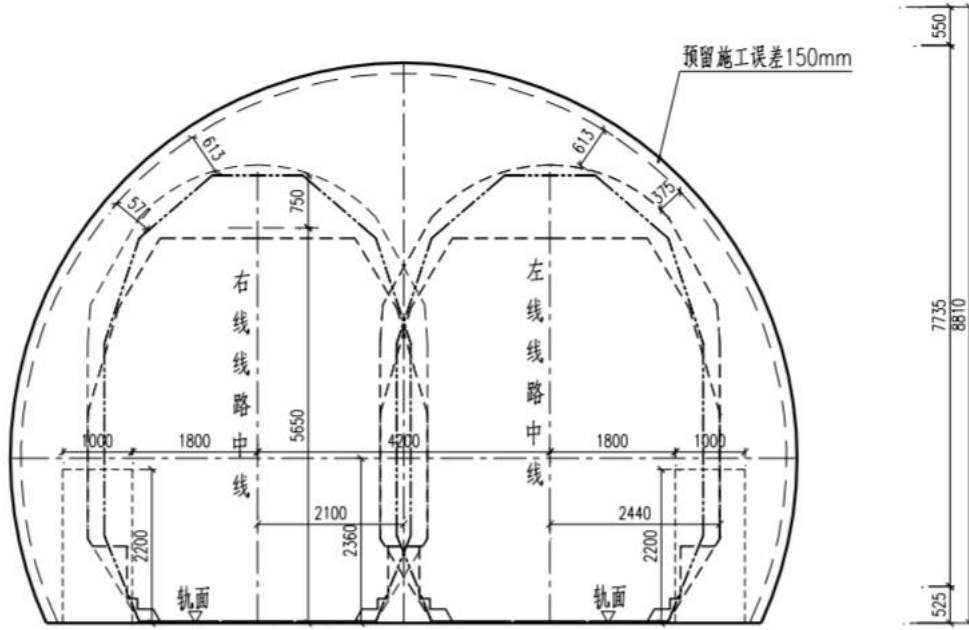


图 2.2.3-1b 双线隧道盾构法衬砌内轮廓

(2) 盾构法隧道横断面

盾构法隧道内轮廓按《城际铁路设计规范》(TB 10623-2014)建筑限界、“隧限-2B”隧道净空断面优化研究及可行性研究审查意见拟定,单洞双线隧道轨面以上净空横断面面积 76.01m²。内设双侧救援通道,救援通道宽 1.0m。普通道床段下部廊道净高 2.0m,净宽 4.0m。纵向每间隔 75m 设置一部楼梯连通轨行区与下部廊道。盾构隧道外径 12.9m。拟定的盾构法隧道断面如图 2.2.3-2 所示。

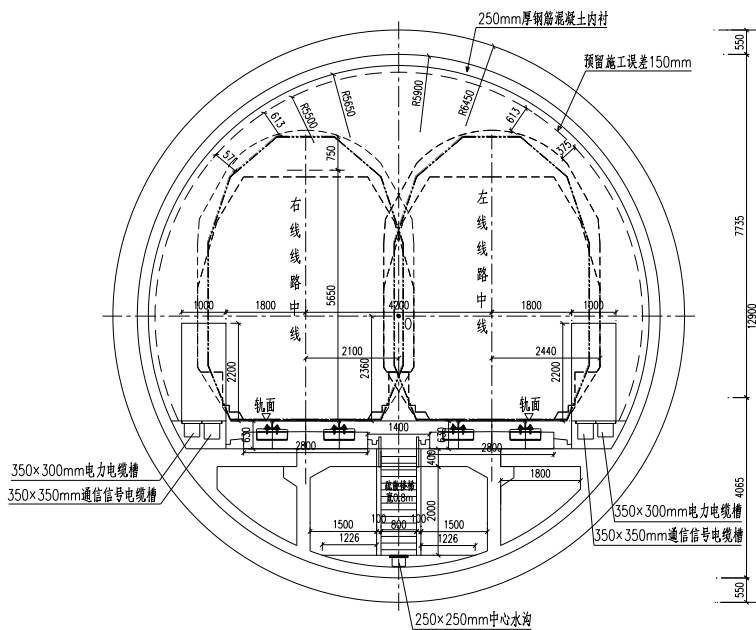


图 2.2.3-2 160km/h 单洞双线盾构法隧道限界及衬砌内轮廓

(3) 海域段矿山法横断面

鉴于盾构隧道推荐采用单洞双线断面方案,从保持线路平顺性和降低工程投资角度出发,南岸濠江侧矿山法隧道也采用单洞双线隧道断面方案。隧道内两侧各设置一处宽 1.0m,高 2.2m 的纵向贯通救援通道,通道边距同侧线路中线均为 2.2m,救援通道走行面高出轨面 30cm。结合接触网的安装高度设计,按满足客货共线及近期城际铁路的限界要求,经拟定的衬砌断面如下图所示,净空有效面积为 76.63m²。断面如图 2.2.3-3 所示。

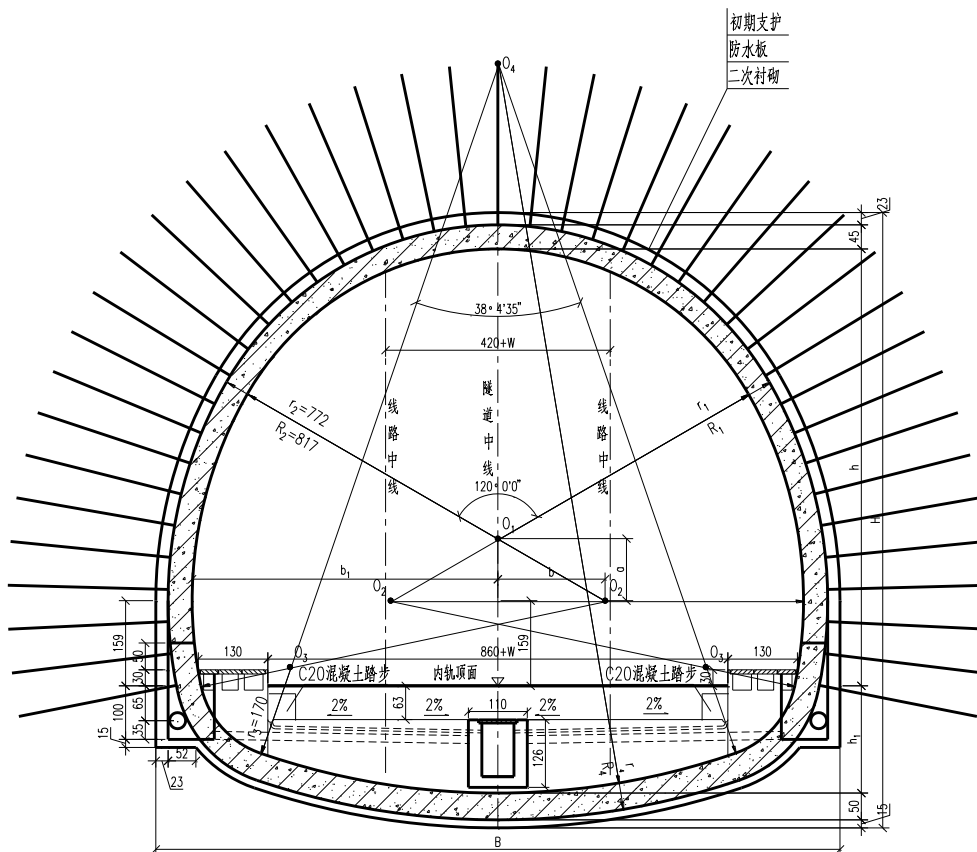


图 2.2.3-3 160km/h 单洞双线矿山法隧道衬砌断面图 (IVb 型复合式衬砌断面)

2.2.3.3 隧道工法依据

初步地质勘察结果显示,海床下部粉砂、淤泥等软土地层厚度约 8.8~28m,下伏全~中风化花岗岩,岩面起伏较大,并且海底段发育有断层。中风化花岗岩饱和单轴抗压强度约 82.4MPa,海底段上部软土和下部基岩强度差别非常大。

本线汕头至濠江段受海湾隧道工程条件限制,汕头侧主要为冲积平原,但濠江侧为山地丘陵地貌。隧道需下穿汕头湾,因此本工程属于水下隧道,汕头湾宽度较大,主航道水深较大通行要求高,是本工程最主要的控制因素。

根据中铁第四勘察设计院集团有限公司（2021年5月）编制的《新建广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路补充可行性研究》可知，北侧浅埋段采用明挖法，南岸山岭段采用矿山法施工，并对海底段隧道采用海底全盾构法方案设计。

2.2.3.4 隧道设计

本项目控制工程及重难点工程为汕头海湾隧道，9970 延米长，为单洞双线隧道。详细规模见表 2.2.3-1。

表 2.2.3-1 汕头海湾隧道建设规模

项 目		里 程	长度 (m)	备 注
正洞	隧线分界里程	CK1+165 ~ CK1+840	675	U 型槽结构（设置雨棚）
	进口明挖暗埋段	CK1+840 ~ CK2+285	445	矩形结构
	盾构始发井	CK2+285 ~ CK2+310	25	盾构始发井
	盾构隧道	CK2+310 ~ CK5+300	2990	盾构管片外径 12.9m
	矿山法隧道		CK5+300 ~ CK5+330	30
		CK5+330 ~ CK11+135	5805	马蹄形结构
正洞	隧道长度	CK1+840 ~ CK11+130	9290	封闭段隧道
	建筑长度	CK1+200 ~ CK11+120	9970	含敞开段隧道
辅助坑道	北山湾斜井	XJK0+000 ~ XJK0+485	490	双车道无轨运输

隧道能否及时贯通直接影响到全线能否按时通车。

隧线分界位于汕头市区长平东路以南约 80m，里程为 CK1+165；隧道进口位于儿童公园东侧 CK1+840。隧道出口位于濠江区磊广大道以北约 220m 的 CK11+130。为减小对中山东路高架桥的影响，本方案采用盾构穿越该高架，盾构工作井设置在高架桥以北 CK2+285~+310，工作井处盾构覆土厚度约 7.85m。竖井平面尺寸 25×21.6m（长×宽），深 23.5m。为加快施工进度，在濠江侧山岭段设置 1 处斜井（北山湾斜井）。斜井位于线路前进方向右侧，斜井与线路右线交点里程为 CK6+700，与线路前进方向交角 90°，斜井长 490m，综合坡度 10.50%。采用双车道无轨运输方式。汕头海湾隧道总平面布置见图 2.2.3-4，纵断面见图 2.2.3-5。



图 2.2.3-4 汕头海湾隧道总平面布置示意图



图 2.2.3-5 广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路线路平纵断面缩图

2.3 项目主要施工工艺与方法

2.3.1 矿山法隧道工程施工方案

明洞施工工艺流程图见图 2.3.1-1。

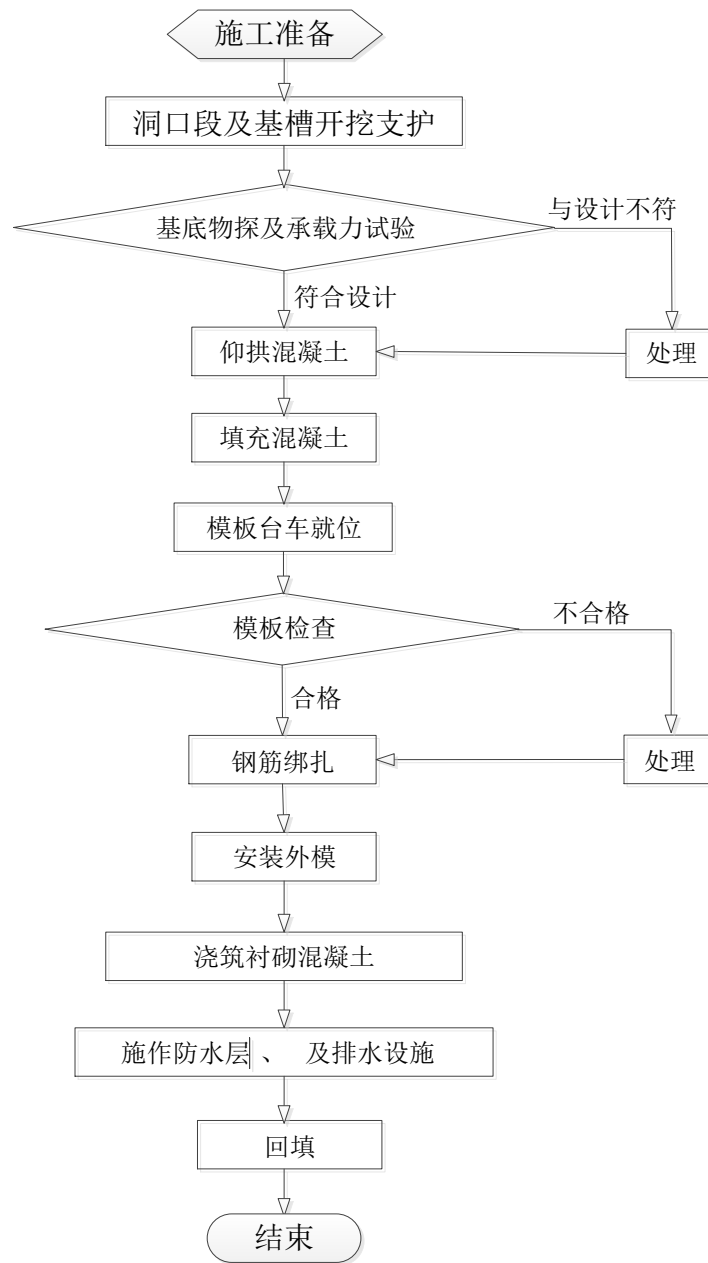


图 2.3.1-1 明洞施工工艺流程图

2.3.1.1 洞口支护、开挖施工方法及工艺

1. 洞口边、仰坡开挖防护施工方法

洞口边、仰坡开挖面采用网喷砼、被动防护网进行防护等支护方式. 按设计要求从上至下开挖边仰坡, 并及时按设计要求进行边仰坡的防护加固。

2. 洞口排水施工方法

边仰坡施工前先人工在开挖边缘线 5m~10m 开挖并施作洞顶截水天沟，待进洞后及时施作洞门和两侧排水沟，与洞顶截水沟相连形成完整排水系统。

3. 洞门修筑施工方法

在进洞施工正常后，适时安排洞门施工，洞门采用混凝土整体浇筑，浇筑时采用钢管搭设脚手架，大面积钢模板立模，混凝土输送泵浇筑，插入式振捣器振捣。

洞门完成后及时修筑洞顶排水沟和边仰坡防护工程，保证洞口稳定和排水顺畅。

4. 进洞施工方法

采用超前大管棚进洞，具体作法如下：按设计在拱部施做混凝土导向墙。在导向墙内按设计间距预埋导向管。钻孔采用 DK-300 型钻机。采用钻机连接套管自动跟进装置连接钢管，将第一节管子推入孔内。钢管孔外剩余 30~40 厘米时，用管钳卡住管棚，使顶进连接套与钢管脱离，人工丝扣连接安装下一节钢管。钢管结束后进行注浆。进洞开挖采用台阶法施工，坚持自上而下、宁强勿弱的原则。

洞口应加强防排水，防止积水长时间浸泡墙脚和隧底，造成边墙围岩失稳。

2.3.1.2 超前支护施工方法及工艺

1.超前小导管注浆施工方法及工艺

施工准备：调查分析地质情况，按可灌比或渗透系数确定注浆类型，经过试验确定注浆半径、注浆压力、间距及浆液配比，加工小导管，准备及检修施工设备器材，工作面测量、放线、定孔位。

小导管加工制作：小导管前端加工成锥形，以便插打，并防止浆液前冲。中间部位钻 $\phi 6\sim 8\text{mm}$ 溢浆孔，呈梅花形布置(防止注浆出现死角)，间距 15cm，尾部 1.0m 范围内不钻孔防止漏浆，末端焊 $\phi 6$ 环形箍筋，以防打设小导管时端部开裂，影响注浆管联接。

小导管纵向间距，从拱部格栅或型钢钢架中穿过，仰角及外插角为 $10^\circ\sim 15^\circ$ (角度过小影响下榭格栅的架设，极易造成侵限，角度过大，易出现超挖现象)。布设范围：III级变形段设置在拱部 180° 角范围内，其余段落设置在拱部 144° 角范围内，前后两次小导管纵向搭接长度不小于 1.0m。

小导管安装：用手持风钻或钻孔台车钻孔，钻孔直径比钢管直径大 0.3~0.5mm，并将小导管打入孔内，如地层松软也可用游锤或手持风钻将导管直接打入，打入长度不小于钢管长度的 90%。

在砂类土中易于堵孔，可用 $\phi 20\text{mm}$ 钢管制作吹风管，将吹风管缓缓插入土中，用高压风射孔，成孔后将注浆花管插入，并用塑胶泥将管口密封。

注浆：注浆采用水泥浆。首先将掌子面用喷射混凝土封闭，以防漏浆，并对小导管内的积物用高压风进行清理。

注浆顺序由下而上，注浆可以单管也可以多管并联注浆。多管并联注浆需另加工一个分浆器。

浆液水灰比为 1:1，水泥选用 525 号普通硅酸盐水泥。

注浆压力为 0.5~1.5Mpa。注浆完后，立即堵塞孔口，防止浆液外流。

注浆异常现象处理：注浆中如发生与其他孔串浆应将串浆孔堵住，轮到注该孔时，拔出堵塞物，用高压风或水冲洗，如拔出堵塞物时，仍有浆液外流，则可不冲洗，立即接管注浆。

压力突升则可能发生堵管，应立即停机检查处理。

如果压力长时间上不去，检查是否窝浆或流往别处，调整浆液配比，缩短胶凝时间，进行小泵量低压或间歇注浆，间歇时间不能超过浆液胶凝时间。

2.管棚注浆加固施工工艺及方法

①施工机具：DK-300 型钻机、TBW-250 注浆泵、灰浆拌和机、电焊机、管钳、钻头 $\phi 127$ 和 $\phi 100$ 、钢管联接套等。

②钢管：热轧无缝钢管，管棚外径 $\phi 108$ 、 $\phi 89\text{mm}$ ，壁厚、长度符合设计要求。每间隔 15cm 设 1 对 $\phi 10\sim 16$ 注浆孔，超长管棚尾部 100cm 不设。

③管距：环向间距 40mm。

④倾角： $0\sim 3^\circ$ 。

⑤水泥浆：水灰比 1:1。

⑥注浆压力：0.5~2MPa。

⑦管棚施工：按设计在拱部施做混凝土导向墙或导向架，并在导向墙/导向架内按间距预埋导向管。

先用管棚钻机钻深孔，达到设计要求，钻杆用连接套接长，直至钻至比设计

孔深长 0.5m。

钻孔达深度要求，依次拆卸钻杆。

⑧顶管作业：采用钻机连接套管自动跟进装置连接钢管，将第一节管子推入孔内。

⑨接管：钢管孔外剩余 30~40cm 时，用管钳卡住管棚，反转钻机，使顶进连接套与钢管脱离，人工安装下一节钢管，对准上一节钢管端部，人工持管钳用钢管连接套将两节钢管连在一起，再以冲击压力和推进压力低速顶进钢管。

⑩安装钢筋笼：将按设计加工好的钢筋笼安装至管棚内。

11 注浆：按配合比拌制水泥浆，注浆管路联连检查正确，注浆使管内浆液充填密实。

12 封孔：注浆完成后采用 M10 水泥砂浆将管棚进行充填，提高管棚抗弯能力。

2.3.1.3 洞身开挖方法及工艺

本标段隧道暗挖段均采用钻爆法、按喷锚构筑法原理组织施工，采用暗挖施工、光面爆破。使用凿岩台车或钻孔台架配合人工风枪钻孔。

正洞：隧道的设计及施工采用新奥法，III级围岩地段及IV级围岩深埋硬岩地段采用台阶法、一般地层中的III、IV级围岩段采用三台阶法，V级围岩采用三台阶临时横撑法或三台阶临时仰拱法，明洞段采用明挖法施工。

斜井支洞（横洞）：III级围岩采用全断面或台阶法施工；IV级围岩采用台阶法施工；V级围岩采用预留核心土短台阶施工。

1.全断面法

全断面法施工工艺流程见图。

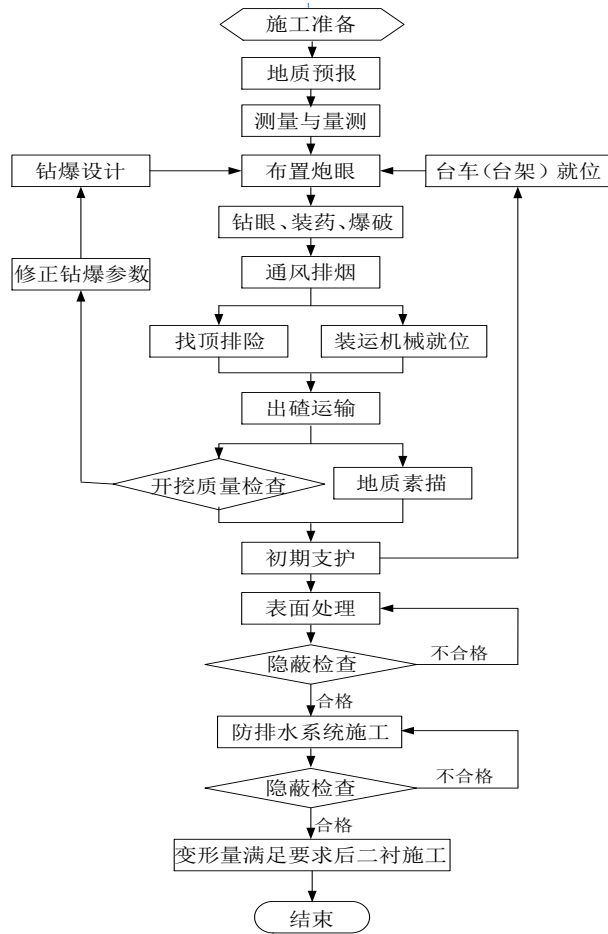


图 2.3.1-2 全断面法施工工序流程图

2.台阶法

台阶法分为二台阶法、三台阶法、三台阶预留核心土法等。

III级围岩地段及IV级围岩深埋硬岩地段可采用二台阶法施工。

一般地层中的III级、IV级围岩可采用三台阶法；当地质条件较差时，为增加掌子面自稳能力，可采用三台阶预留核心土法开挖。

各类台阶法施工工序见下图。

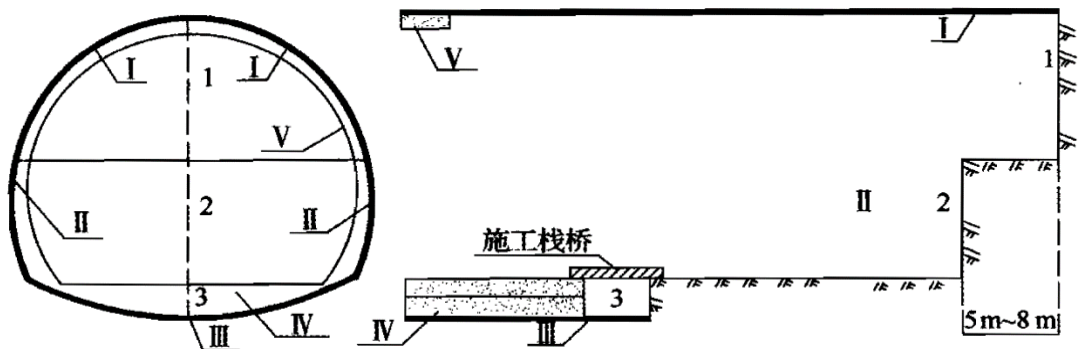


图 2.3.1-3 二台阶法施工工序图

1—上台阶开挖；I—上台阶初期支护；2—下台阶开挖；II—下台阶初期支护；3—仰拱开挖，III—仰拱喷射混凝土封闭；IV—仰拱填充混凝土施工；V—拱墙混凝土施工

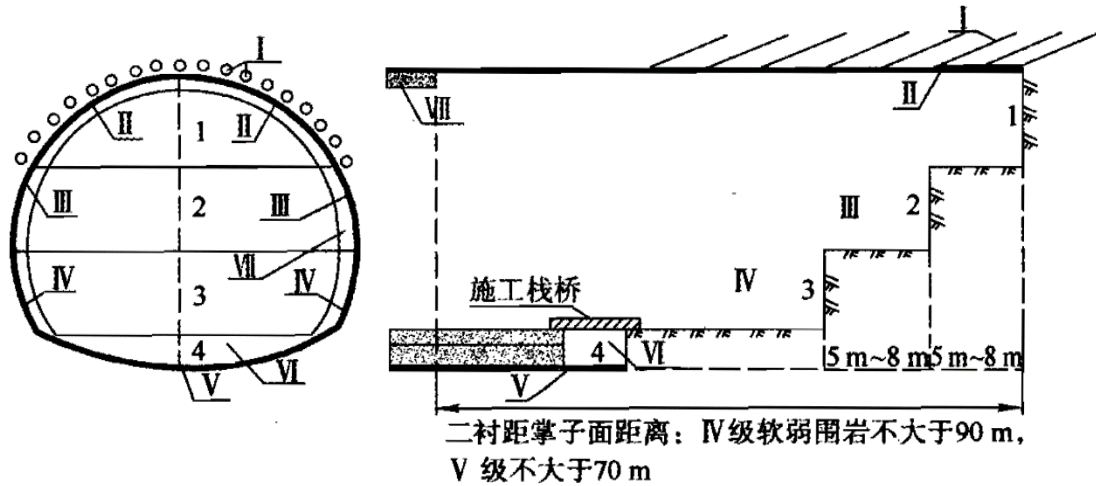


图 2.3.1-4 三台阶法施工工序图

I—超前小导管；1—上台阶开挖；II—上台阶初期支护；2—中台阶开挖；III—中台阶初期支护；3—下台阶开挖；IV—下台阶初期支护；4—仰拱开挖；V—仰拱初期支护；VI—仰拱填充混凝土；VII—拱墙混凝土

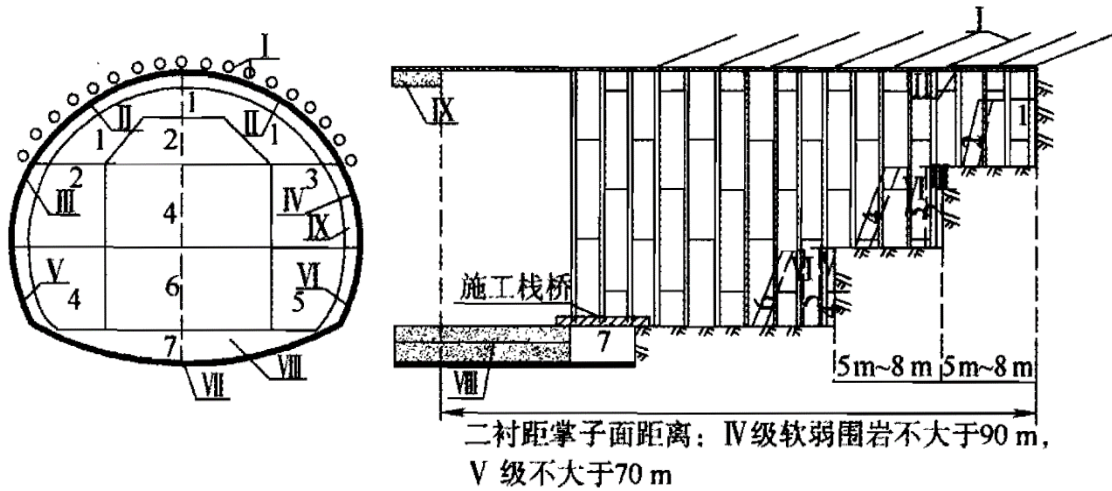


图 2.3.1-5 三台阶预留核心土法施工工序图

I—超前小导管；1—上台阶开挖；II—上台阶初期支护；2—上台阶核心土开挖、中台阶左侧开挖；III—中台阶左侧初期支护；3—中台阶右侧开挖；IV—中台阶右侧初期支护；4—中台阶核心土开挖、下台阶左侧开挖；V—下台阶左侧初期支护；5—下台阶右侧开挖；VI—下台阶右侧初期支护；6—下台阶核心土开挖；7—仰拱开挖；VII—仰拱初期支护；VIII—仰拱填充混凝土；IX—拱墙混凝土

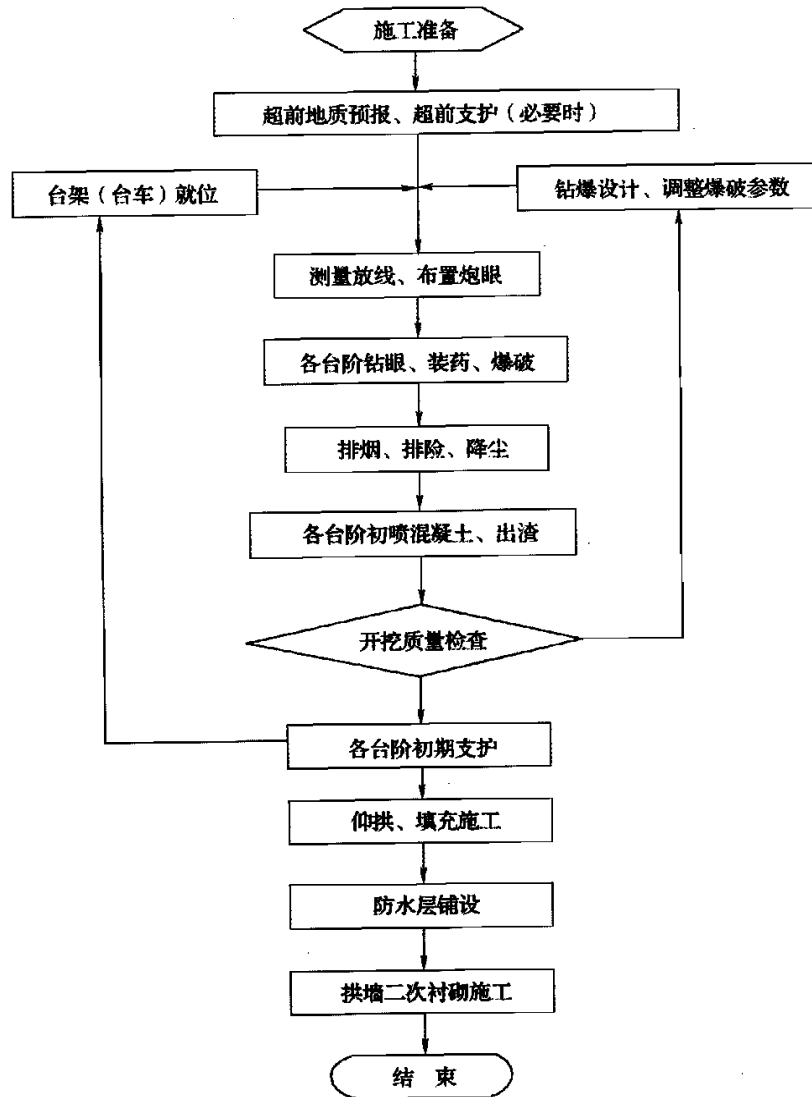


图 2.3.1-6 二台阶、三台阶施工工艺流程图

台阶法施工应符合下列要求:

- ①采用台阶法开挖隧道时,应根据围岩条件合理确定台阶长度和高度。台阶不宜过长,宜控制在一倍洞径以内。
- ②台阶形成后,各台阶开挖支护宜平行作业。
- ③下台阶开挖,左右侧宜交错进行。
- ④循环进尺应根据围岩的地质条件、自稳能力和初期支护钢架间距合理确定。III级围岩循环进尺不宜超过 3.0m, IV级软弱围岩上台阶循环进尺不宜超过 2 榀钢架设计间距, V、VI级围岩上台阶循环进尺不宜超过 1 榀钢架设计间距; IV、V 级围岩下台阶循环进尺不宜超过 2 榀钢架设计间距;初期支护设计钢架未封闭成环的隧道,仰拱一次开挖长度不宜大于 3m。

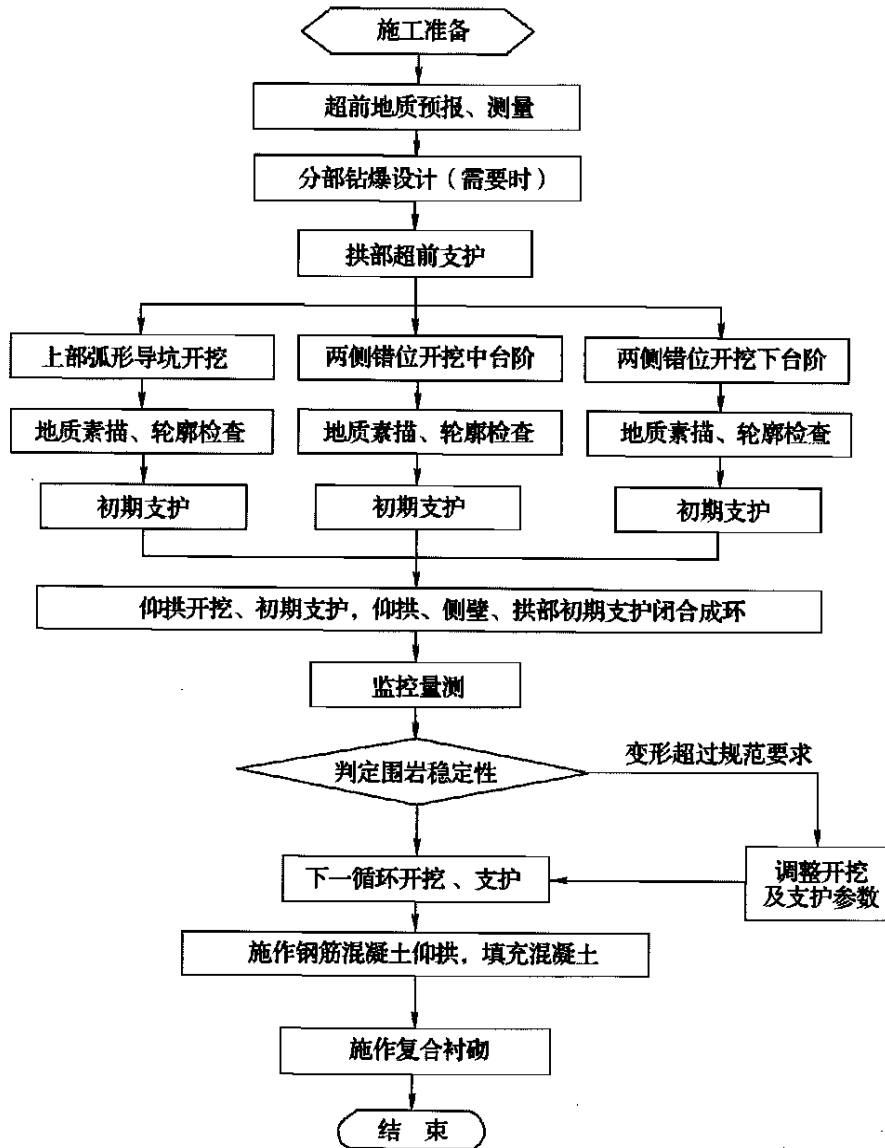


图 2.3.1-7 三台阶预留核心土法施工工艺流程图

3. 三台阶临时横撑法

三台阶临时横撑法施工工序。

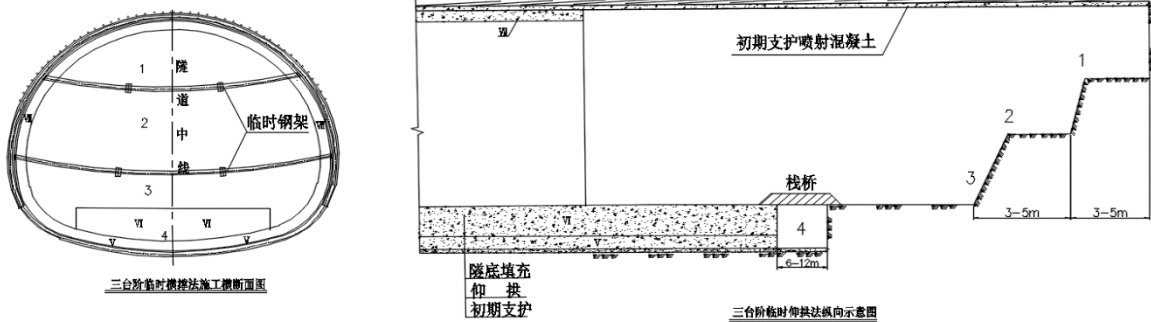


图 2.3.1-8 三台阶临时横撑法施工工序示意图

1—拱部开挖及初期支护；2—中部开挖及初期支护；3—下部开挖及初期支护；4—仰拱开挖及初期支护；V—仰拱浇筑；VI—仰拱填充混凝土；VII—拱墙混凝土

三台阶临时横撑法施工工艺流程图。

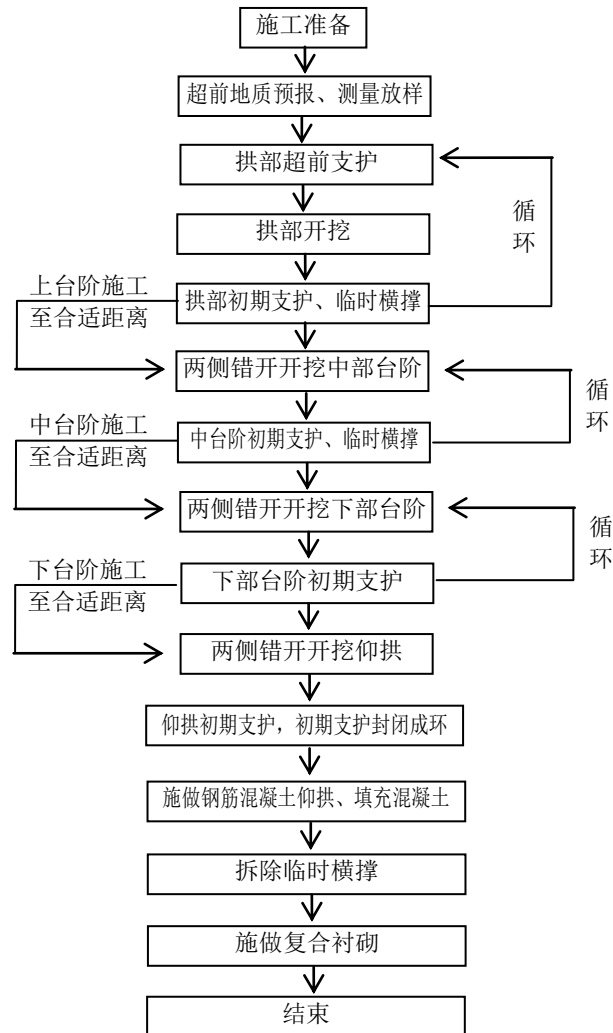


图 2.3.1-9 三台阶临时横撑法施工工序流程图

三台阶临时横撑法施工应符合下列要求：

①三台阶临时横撑法施工应坚持“弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原则。

②三台阶临时横撑法除拱部外，其余部分开挖应先开挖其中一侧，施作初期支护后再施工台阶另一侧。临时横撑在左右侧初期支护完成后立即施做，确保各部施工应步步成环。

③下一台阶的开挖应在上一台阶喷射混凝土强度达到设计强度的70%以上时再进行。下部断面开挖，左右侧交错进行。

④上台阶每循环开挖进尺不得大于 1 榀钢架间距；边墙每循环开挖支护进尺不得大于 2 榀；仰拱开挖前必须完成钢架锁脚锚杆；每循环开挖进尺不得大于 3m。

⑤各分部宜采用机械开挖，周边轮廓应圆顺，避免应力集中。

4.三台阶临时仰拱法

三台阶临时仰拱法的施工方法及工艺与三台阶临时横撑法基本一致，只是需要将临时横撑（工字钢）换成临时仰拱（工字钢+喷射混凝土）。

2.3.1.4 洞身开挖爆破

海域矿山法段（CK5+300~CK5+400）采用控制爆破措施，允许质点振动速度 $v < 5\text{cm/s}$ 。采用光面爆破开挖，严格控制装药量及按照光面爆破设计施工，减少炮轰波对围岩的扰动，达到爱护围岩的目的。采用钻孔台车为主，辅以人工风动凿岩机钻眼，非电毫秒雷管微差起爆。

①施工布眼：钻眼前，测量人员用红漆准确绘出开挖断面的中线和轮廓线，标出炮眼位置，其误差不超过 5cm，钻工要熟悉炮眼布置图，要能熟练地操纵凿岩机械特别是钻周边眼，由丰富经验的老钻工司钻，确保周边眼有准确的外插角，尽可能使两茬炮交界处台阶不小于 15cm。同时，根据眼口位置岩石的凹凸程度调整炮眼深度，保证炮眼底在同一平面上。

②清孔：装药前，用由钢筋弯制的炮钩和小直径高压风管输入高压风将炮眼石屑刮出吹净。

③装药：装药分片分组，按炮眼设计图确定的装药量自上而下进行，雷管“对号入座”。所有炮眼均以炮泥堵塞，堵塞长度不小于 20cm。

④联结起爆网络：起爆网络为复式网络，以保证起爆的可靠性和准确性。联接时，导爆管不能打结和拉细；各炮眼雷管连接次数相同；网络联好后要有专人负责检查。起爆网络采用起爆器电力起爆。

⑤瞎炮的处理：发现瞎炮，首先查明原因。如果是孔外的导爆管损坏引起的瞎炮，则切去损坏部分重新连接导爆管即可，但此时的接头尽量靠近炮眼。

2.3.1.5 隧道出渣及运输方法

本标段隧道出渣及材料运输采取无轨运输方式，配备环保型自卸车出渣运输。

（1）设备配置：

装渣设备：侧卸式轮胎装载机、挖掘机。

运输设备：环保型自卸车。

(2) 运输组织：

经过平整，修筑简易路面，并保持平整畅通，行车速度：作业地段不宜大于 10 km/h，成洞地段不宜大于 20km/h，设专人指挥车辆通行，确保施工安全。

2.3.1.6 初期支护施工方法及工艺

1.喷锚支护施工方法及工艺

初期支护采用喷锚支护形式，喷射混凝土采用湿式喷射作业。

2.二次衬砌施工方法及工艺

本隧道暗洞采用复合式衬砌，初期支护采用喷锚支护，二次衬砌施工工艺详见下图所示。

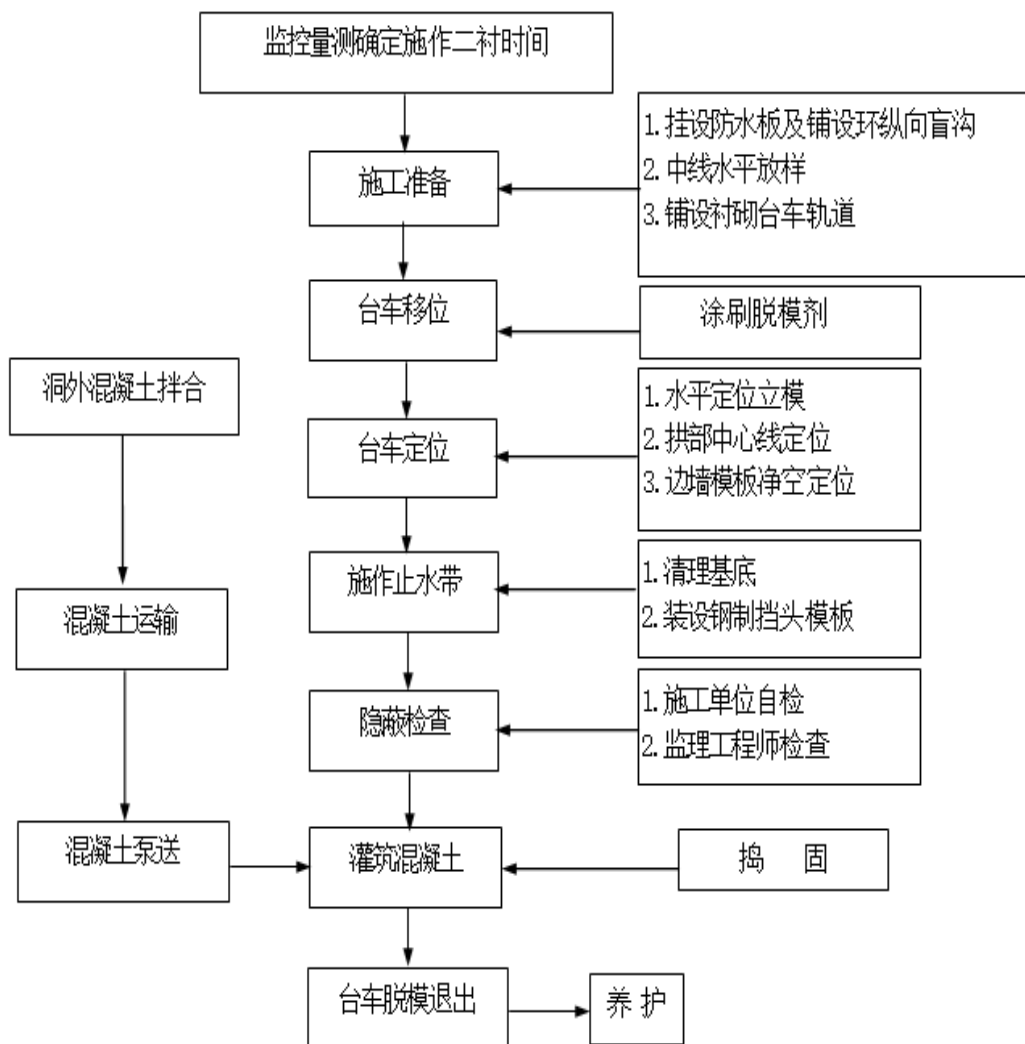


图 2.3.1-10 二次衬砌施工工艺流程图

3.二次衬砌拱背回填注浆施工方法及工艺

(1) 二次衬砌拱背注浆施工工艺

复合式衬砌结构在初期支护与二次衬砌之间设有一层防水层，因此二次衬砌混凝土在隧道拱部与初期支护之间很难做到严密无缝，为此在二衬混凝土施工时在拱部预埋 $\Phi 20$ 镀锌钢管作为注浆管，二衬混凝土结束后并强度达到100%后进行。注浆管底部孔口紧贴防水层，为确保注浆管不被堵塞及不刺破防水层。

在钢筋混凝土衬砌中的回填灌浆在提前在衬砌混凝土中预埋管。

顶拱回填灌浆应分区段进行，每区段长度不应大于3个衬砌段。区段的端部应在混凝土施工时封堵严实。

灌浆前应对衬砌混凝土的施工缝和混凝土缺陷等进行全面检查，对可能漏浆的部位应先行处理。

灌浆应分为两个次序进行，两序孔中都应包括顶孔。

灌浆施工应自较低的一端开始，向较高的一端推进。同一区段内的同一次序孔可全部或部分钻出后，再进行灌浆，也可单孔分序钻进和灌浆。

低处孔灌浆时，高处孔可用于排气、排水。当高处孔排出浓浆(接近或等于注入浆液的水灰比)后，可将低处孔堵塞，改从高处孔灌浆，依次类推，直至结束。

空隙大的部位应灌注M10水泥砂浆，水泥砂浆的掺砂量不应大于水泥重量的200%。灌浆压力初压0.1~0.15MPa；终压0.2MPa。

回填灌浆在规定的压力下，灌浆孔停止吸浆，并继续灌注10min即可结束；回填灌浆因故中断时，应设法清洗至原孔深后恢复灌浆，此时若灌浆孔仍不吸浆，则应重新就近钻孔进行灌浆；灌浆结束后，应排除钻孔内积水和污物，采用干硬性水泥砂浆将全孔封堵密实和抹平，露出衬砌混凝土表面的埋管应割除。

4. 盾构机拆解洞室施工方法

(1) 在海域矿山段中，开挖至靠近拆解洞时，底板起坡，当进入拆解洞时，断面形式进行渐变，在渐变断面开挖完成后喷射C30混凝土掺聚丙烯纤维50mm厚，保证隧道安全，当到达拆解洞终点里程时，断面形式变化为拆解洞上台阶断面。

(2) 沿拆解洞拱部进行反向扩挖，对扩挖和大里程端掌子面及时按设计要求进行初期支护，最后按设计要求小里程端掌子面进行初期支护。

(3) 开挖拆解洞中台阶，并施做初期支护，并在大里程端预留盾构空推段的

开挖条件。

(4) 开挖拆解洞下台阶和海域矿山段，并施做初期支护，并在大里程端预留盾构空推段的开挖条件。

(5) 先浇筑海域矿山段二次衬砌，然后施工导台，安装吊车，并进行盾构空推段开挖。

(6) 盾构机完成管片拼装，进入拆解洞，完成盾构机拆解工作。

(7) 完成盾构机拆解后，采用 C20 素混凝土回填拆解洞底部，敷设防水层，并施工内部永久衬砌结构和环形钢筋混凝土洞门圈，对拆解洞进行轻质泡沫混凝土分层回填，最后施工隧道内部结构。

2.3.2 盾构法隧道工程施工方案

本标段盾构隧道为单洞双线隧道，始发井至盾构拆解洞室盾构区间总长约 2990m，采用 1 台泥水平衡盾构机开挖，开挖出的渣土通过泥水管道循环至泥水处理场，经泥水场渣土分离压滤处理干化后进行外运。盾构掘进过程中，管片与地层之间的环形间隙采用水泥砂浆同步注浆回填。掘进完 2m（1 环）后在盾尾内拼装管片。盾构隧道采用管片错缝拼装，采用高性能螺栓连接。管片接缝采用弹性密封垫防水。

盾构机在始发井整体始发，在 100 米试掘进后，进入正常掘进阶段。

①盾构机设计制造

本工程计划使用一台 $\Phi 13.35\text{m}$ 级泥水平衡盾构机施工。盾构设备应根据本工程特殊的工程及水文地质条件，选择合理的大开口刀盘设计，刀盘配置高效的软硬地层刀具，刀盘中心及正面易堵塞区域及泥水舱排泥吸口设置加强冲刷装置，排泥吸口还设置大功率搅拌装置及碎石装置。盾构机由国内外知名盾构机制造厂家进行设计制造。

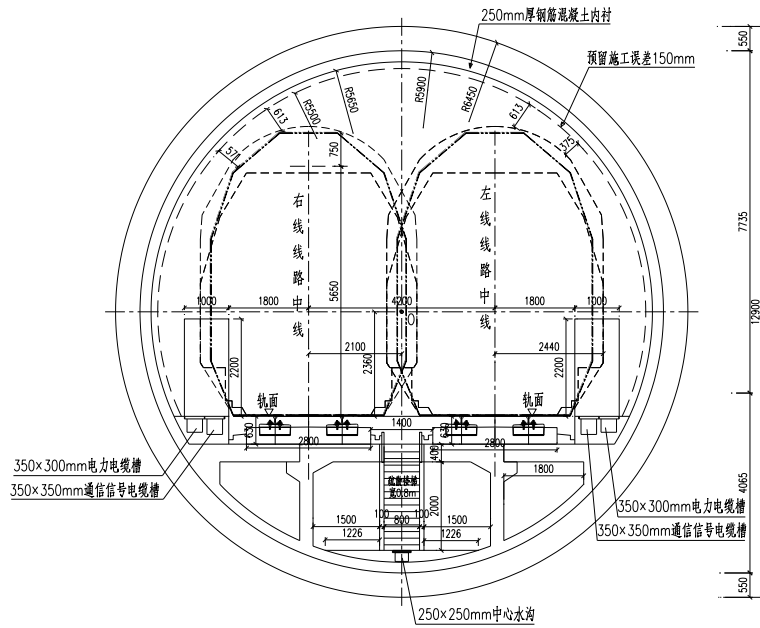


图 2.3.2-1 盾构隧道衬砌内轮廓图

②端头地层加固

始发端头位于软弱土层，采用地面三轴搅拌桩端头加固至（6）6-2 中砂层，始发端头加固长度 20m，平面宽度方向加固至衬砌结构外侧 3m。为确保加固止水效果，在工作井端墙与搅拌桩加固体之间的接缝处采用单排 $\phi 800@600$ 旋喷桩进行加强止水。为满足盾构始发安全要求，盾构隧道顶部于施工期预堆载 0.5m 填土，施工期应保证堆载土体周边排水通畅。。

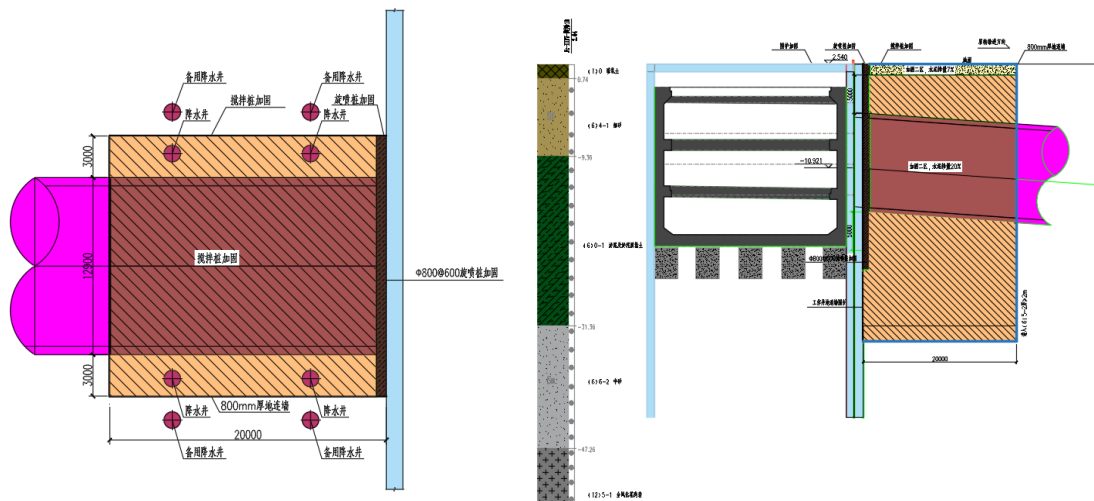


图 2.3.2-2 始发井端头加固平面图、剖面图

到达端头位于 W2 花岗岩段（II 级围岩），根据地质情况，为确保盾构接收安全，对到达端头采用注浆加固，到达端头加固长度 6m。

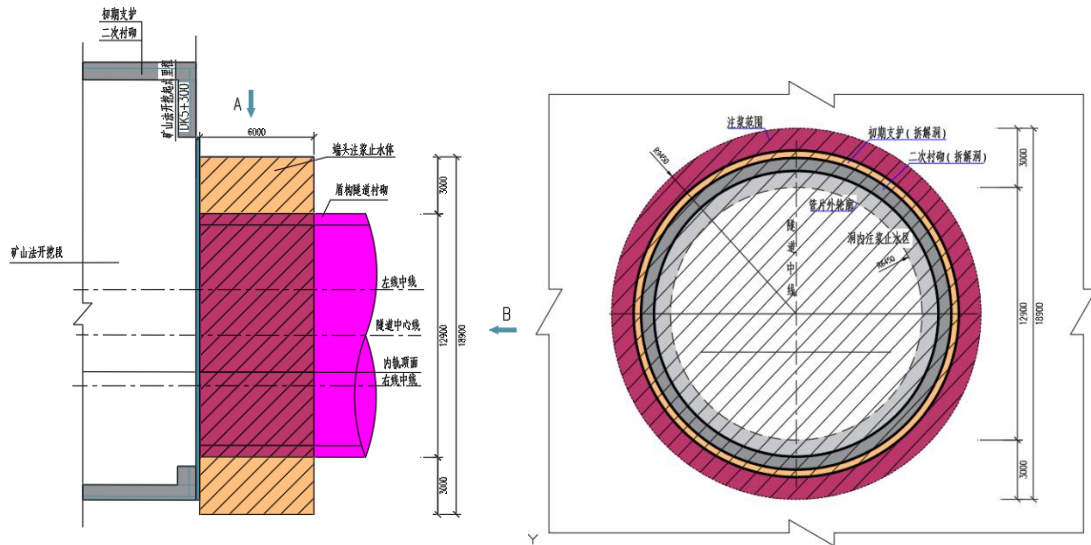


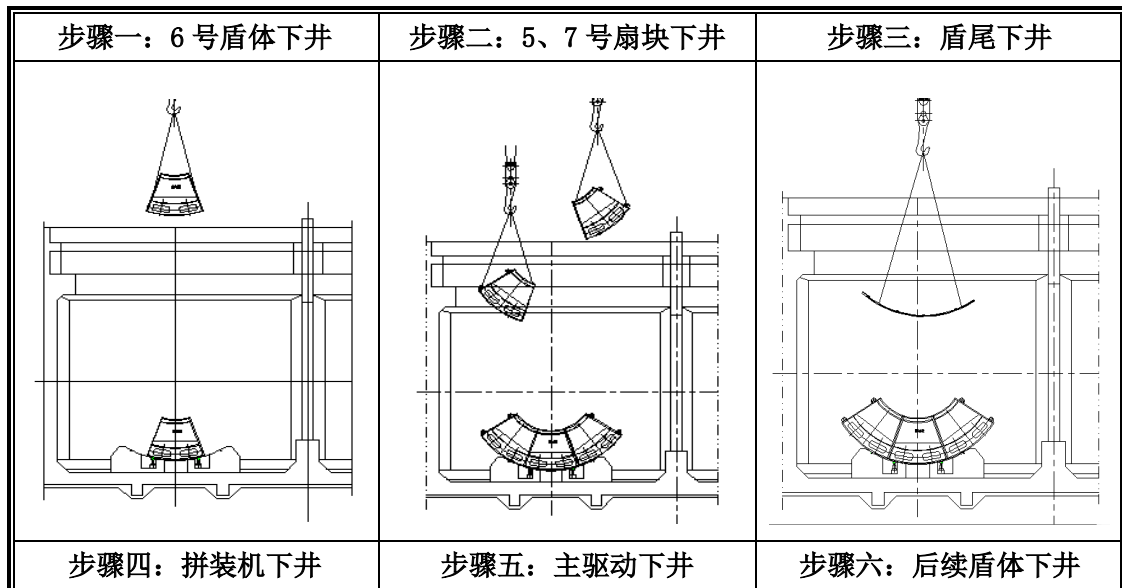
图 2.3.2-3 接收井端头加固图

③管片模具来源及管片生产

由于盾构隧道直径大，管片分块多（每环分 9 块），管片要求质量和进度高。根据施工经验，计划采用 3 套管片模具，模具均由具有相关资质的企业生产。

④盾构机组装

盾构机主机组装顺序图：



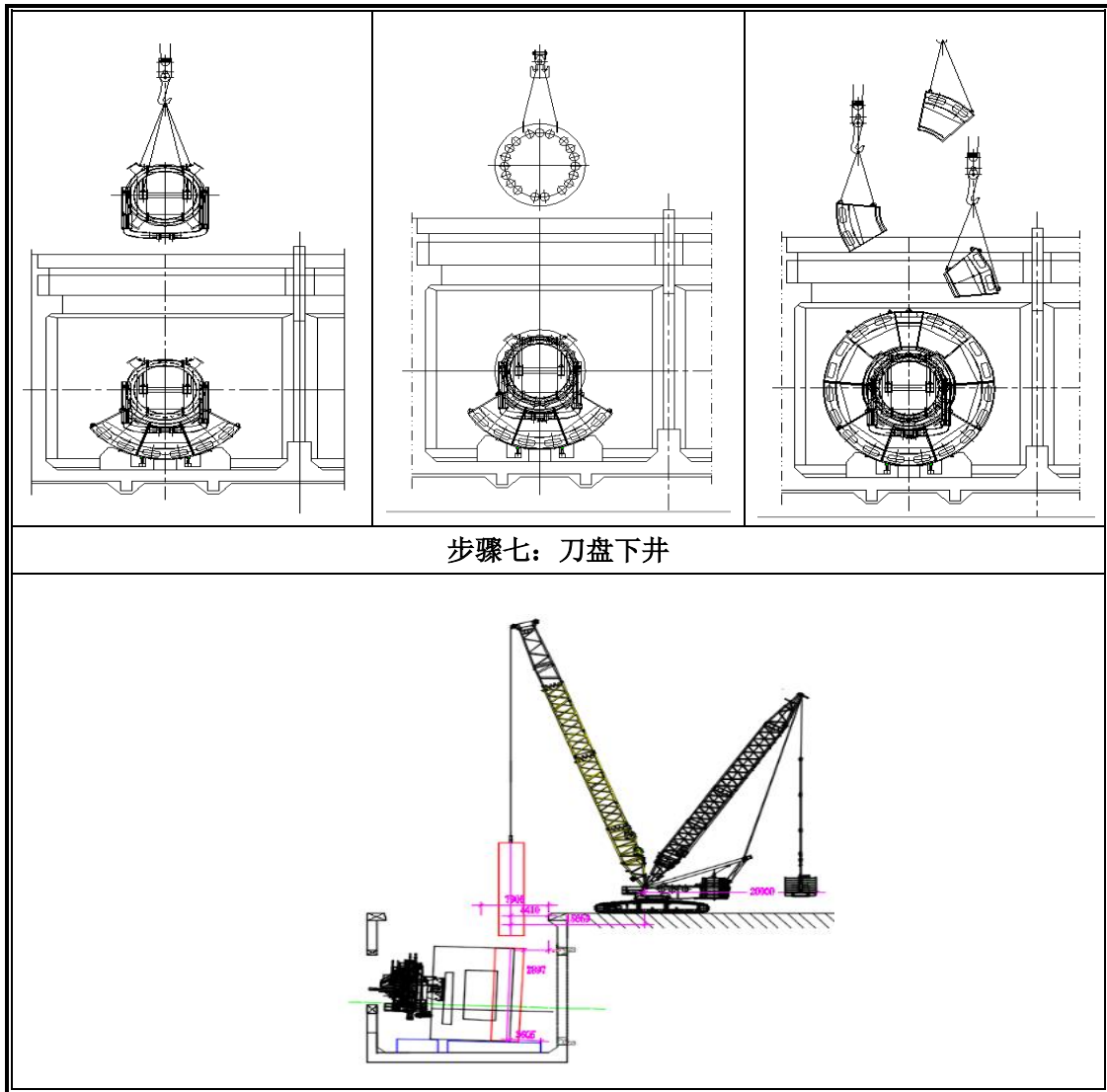


图 2.3.2-4 盾构机主机组装顺序图

盾构机主要采用一台 750t 履带吊进行组装，一台 350t 履带吊辅助吊装。盾构机始发基座的安装、反力架的安装、盾构机组装顺序：地面组装(4#台车、3#台车、2#台车、1#台车、连接桥组装口子件吊机、管片吊机组装)→井下组装(牵引车下井→4#台车下井连接并后移→3#台车下井连接并后移 →2#台车下井连接并后移 →连接桥下井连接并后移 →喂片机下井并后移→1#台车下井连接并后移 →6#盾体下井组装→5#、7#盾体下井组装→4#、8#盾体下井组装→主驱动下井组装→3#、9#盾体下井组装→拼装机井字架下井组装→2#、10#盾体下井组装→1#盾体下井组装→底块盾尾块下井组装→拼装机下井组装→盾尾剩余块下井组装→刀盘下井组装→调试)。

⑤盾构隧道掘进

拼装负环管片：与反力架连接的负环采用后侧面预埋钢板钢环，洞门位置负环外弧面预埋全弧面钢板，其余负环为普通钢筋混凝土管片。在盾构始发时，管片、管件、砂浆、泥浆管道及电缆线路等材料通过车架段吊装孔吊至井下运输车辆上再运进隧道内。为防止盾构始发时侧翻失稳，在盾构机左右两侧设置防翻支撑，支撑底部与两侧始发基座接触，上部支撑在盾构机主机上。为防止负环管片失圆，造成盾构始发时管片与洞门圈间隙不均，在防翻支撑上设置纵向工字钢，在工字钢上设置钢楔块支撑管片，防止负环管片失圆。

建立泥水平衡：刀盘接触前方土层，洞门临时密封装置完成搭接在盾体上开始建立泥水气平衡盾构在始发洞口时建立泥水平衡，要求洞门有较好止水条件，即防止建立泥水平衡时大量泥水涌入于井内，保证泥水仓的水压平衡与稳定，要求洞门临时密封装置的密封效果。洞门临时密封装置由于受到不均等的洞口建筑空隙的影响，能承受泥水压力较低，在不影响泥水系统正常输送平衡条件下，将泥水仓压力控制在不超过盾构机中部高度的水压，随着推进距离增长，洞门段进行同步注浆和补充注浆后，逐步增加泥水压力，达到正常的泥水平衡控制。

试掘进：泥水压力的设定是泥水气平衡盾构施工的关键，维持和调整压力值又是盾构推进操作中的重要环节，其中包括推力、推进速度和出土量三者的相互关系，以及对盾构施工轴线和地层变形量的控制也比较重要。因此，盾构试掘进过程中，要根据不同地质条件、覆土厚度、地面情况设定泥水压力，选定泥水性能指标，并根据地表隆陷监测结果及时调整泥水压力和性能。

正常掘进：通过盾构试掘进阶段，盾构掘进施工流程已建立：物料运输、盾构机掘进、管片及下部结构拼装、管路更换、电缆及风带延伸、隧道文明施工。

根据盾构掘进技术交底及盾构掘进参数调整表，现场适当调节掘进参数，控制地层扰动及地面沉降，稳步推进。

盾构机到达盾构拆解洞预示着盾构隧道的贯通，到达段掘进施工风险较大，盾构机安全出洞则显得至关重要。

盾构到达施工是指从盾构机掘进到达与矿山法交界处之前 70m 到被推上盾构接收倒台的整个施工过程。因此，盾构的到达相对于区间隧道的施工有其特殊性与重要性。盾构机掘进到达与矿山法交界处，破除堵头墙，盾构机继续通过 40m 空推段，到达盾构拆解洞室，进行盾构机拆解。盾构机盾尾脱出最后一环管片后，进行洞门密封施工。

⑥盾构机拆解及撤场

盾构机通过到达段，盾构机主机步入导台，到达拆机指定位置。盾构机经拆解洞室内龙门吊拆解装车沿正洞隧道运送至地面转场。洞室内配置一台 450T 龙门吊对盾构机进行拆解。盾构机到达洞室示意图如下。

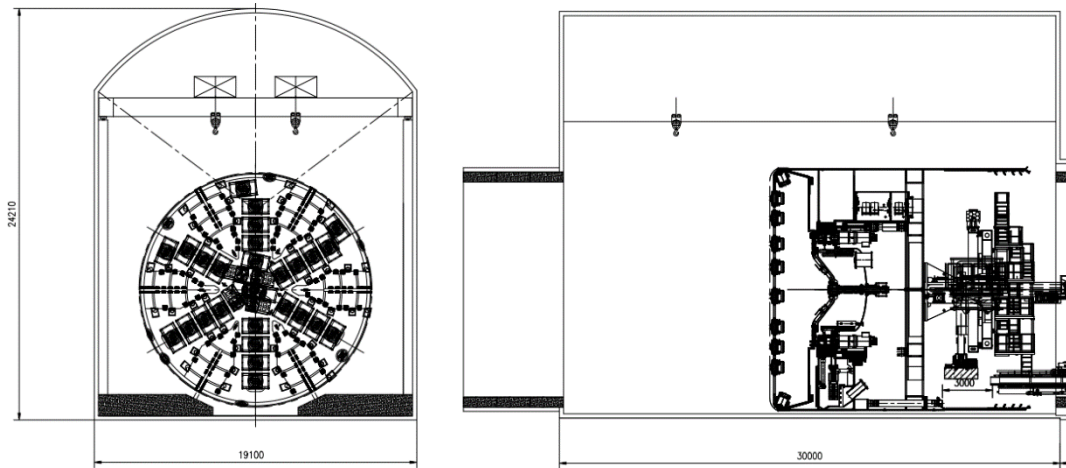


图 2.3.2-5 盾构机到达洞室示意图

盾构机到达洞室拆解位置，盾构机开始进行拆解装车，拆解顺序：盾尾 1#分割吊出装车→前中盾 1#分块分割吊出装车→刀盘主辐臂分割吊出装车→盾尾 2#、3#分块的拆解吊出装车→拼装机平台拆解及托梁回转架下落至固定支架→前中盾 2#、8#分块拆解吊出→H 架上、下分块拆除装车→前中盾 3#、7#分块拆除装车→主驱动与中心锥拆解→前中盾 4#、5#、6#分块拆解装车→拼装机托梁、回转架吊出装车→盾尾 4#分块吊出→后配套台车拆解吊出。拆解顺序流程图和部分拆解顺序示意图如下。



图 2.3.2-6 拆解顺序流程图

2.3.3 主要施工机具

隧道作业主要施工机械设备见表 2.3.3-1。

表 2.3.3-1 主要施工设备及材料表

序号	设备名称	规格型号	数量	国别产地	制造年份	额定功率(kw)	生产能力	用于施工部位	备注
1	泥水平衡盾构机	台	1					隧道	新购
2	多功能作业台架	台	5	河北	2018			隧道	自有
3	液压钻机	台	5	湖南	2017			隧道	自有
4	风钻	台	75	湖南	2017			隧道	自有
5	管棚钻机	台	5	河南	2017			隧道	自有
6	锚杆钻机	台	5	河北	2015			隧道	自有
7	防水板铺设车与超声波焊机	台	5	江西	2017			隧道	自有
8	液压移动式仰拱栈桥	台	5	河南	2017			隧道	自有
9	移动式混凝土养生台架	台	4	河北	2015			隧道	自有
10	管片预制设备	台	1	河北	2015			隧道	自有
11	三臂凿岩车	台	3	湖南	2018			隧道	自有
12	二次衬砌智能浇筑台车	台	4	河北	2015			隧道	自有
13	湿喷机械手	台	4	湖南	2018			隧道	自有

说明：拟投入的盾构机的供应商，至今销售应用于中国已完成掘进施工的直径≥14米的全断面隧道盾构机数量 R≥2 台。

2.3.4 施工组织

汕头海湾隧道分出口工区、斜井工区、明挖工区、盾构工区 4 个工区 5 个工作面组织施工。土建部分安排总工期为 47.3 个月，其中施工准备 2 个月。矿山段（斜井与出口工区）贯通里程：CK8+586，盾构段（斜井与盾构工区）贯通里程 CK5+300。施工组织详见下表：

表 2.3.4-1 汕头海湾隧道施工工期分布表

工区		工法	里程范围		长度 (m)	准备 工期	盾构机制造及安装、 斜/竖井井身工期	正洞 施工工期	盾构解体及内部结构、 拆解洞、二衬工期	总工期 (月)
明挖工区	大里程方向	明挖法	CK1+165	CK2+310.	1145	2		13.4		15.4
盾构工区	大里程方向	盾构法	CK2+310.	CK5+300.	2990		15	27.3	5	47.3
北山湾斜井工区	小里程方向	矿山法	CK5+300.	CK6+700.	1400	2	3	23.8	3.5	32.3
	大里程方向	矿山法	CK6+700.	CK8+586	1886			22.5	1	28.5
出口工区	小里程方向	矿山法	CK8+586.	CK11+135.	2549	2		25.5	1	28.5

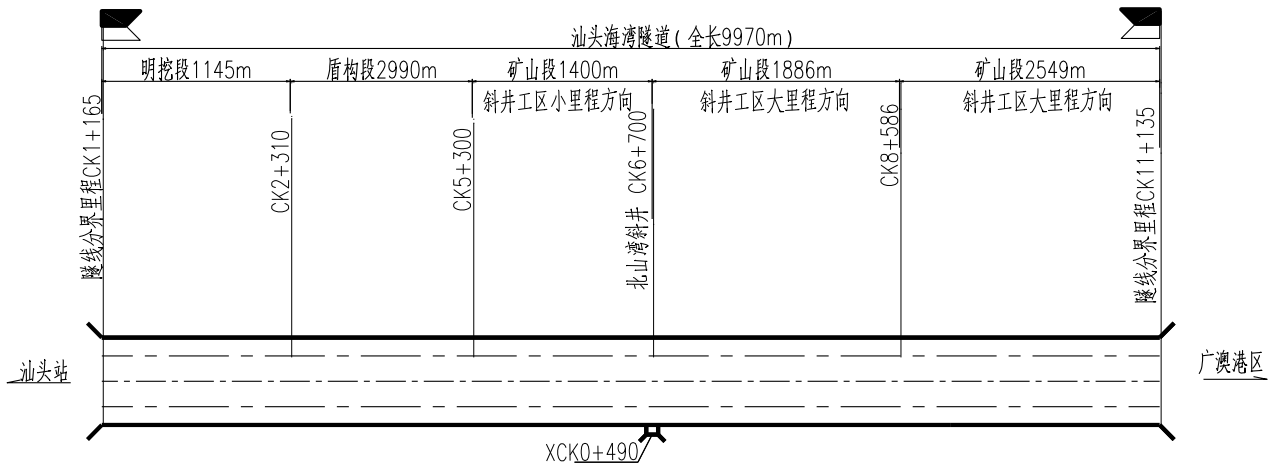


图 2.3.4-1 汕头海湾隧道施工组织示意图

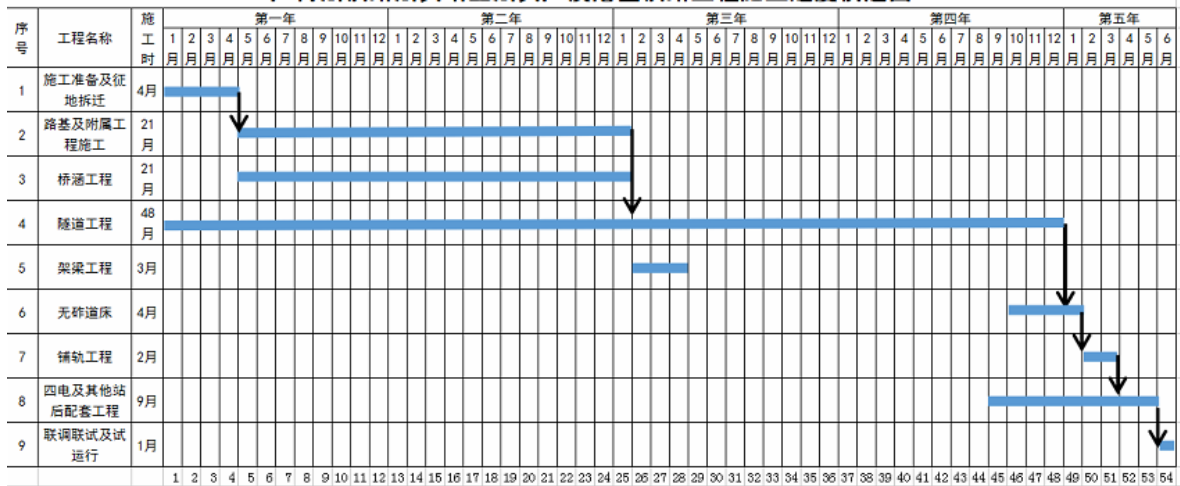
2.3.5 土石方来源及其平衡估算

根据初步设计资料，汕头海湾隧道涉海段弃渣方量 27.39 万方，全部用作路基填料。

2.3.6 施工进度

根据本线路状况、既有铁路车站以及全线重点工程分布和铺轨、架梁方案的选择情况，依据铁总建设 [2018] 94 号文《铁路工程施工组织设计规范》的相关规定，本次研究推荐施工总工期为 4.5 年（54 个月）的施工方案。其中隧道工程施工工期为 4 年（48 个月）。

表 2.3.6-1 广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路工程施工进度横道图



2.4 项目申请用海情况

申请用海总面积为 6.0857 公顷，项目穿越岸线总长度为 83.6m。

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海底隧道用海。申请用海总面积为 **6.0857** 公顷，其中濠江段为 1.9582 公顷，龙湖段为 4.1275 公顷，汕头海湾隧道共穿越岸线 **83.6m**，其中南岸穿越达濠岛人工岸线 38.7m(含外扩范围穿越 23.2m);北岸穿越 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m (含外扩范围穿越 27.2m)。本项目申请用海的宗海位置图见图 2.4-1，宗海界址图见图 2.4-2 和图 2.4-3。

项目申请用海期限为 50 年。本项目海域使用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海底隧道用海。



图 2.4-1 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程宗海位置图

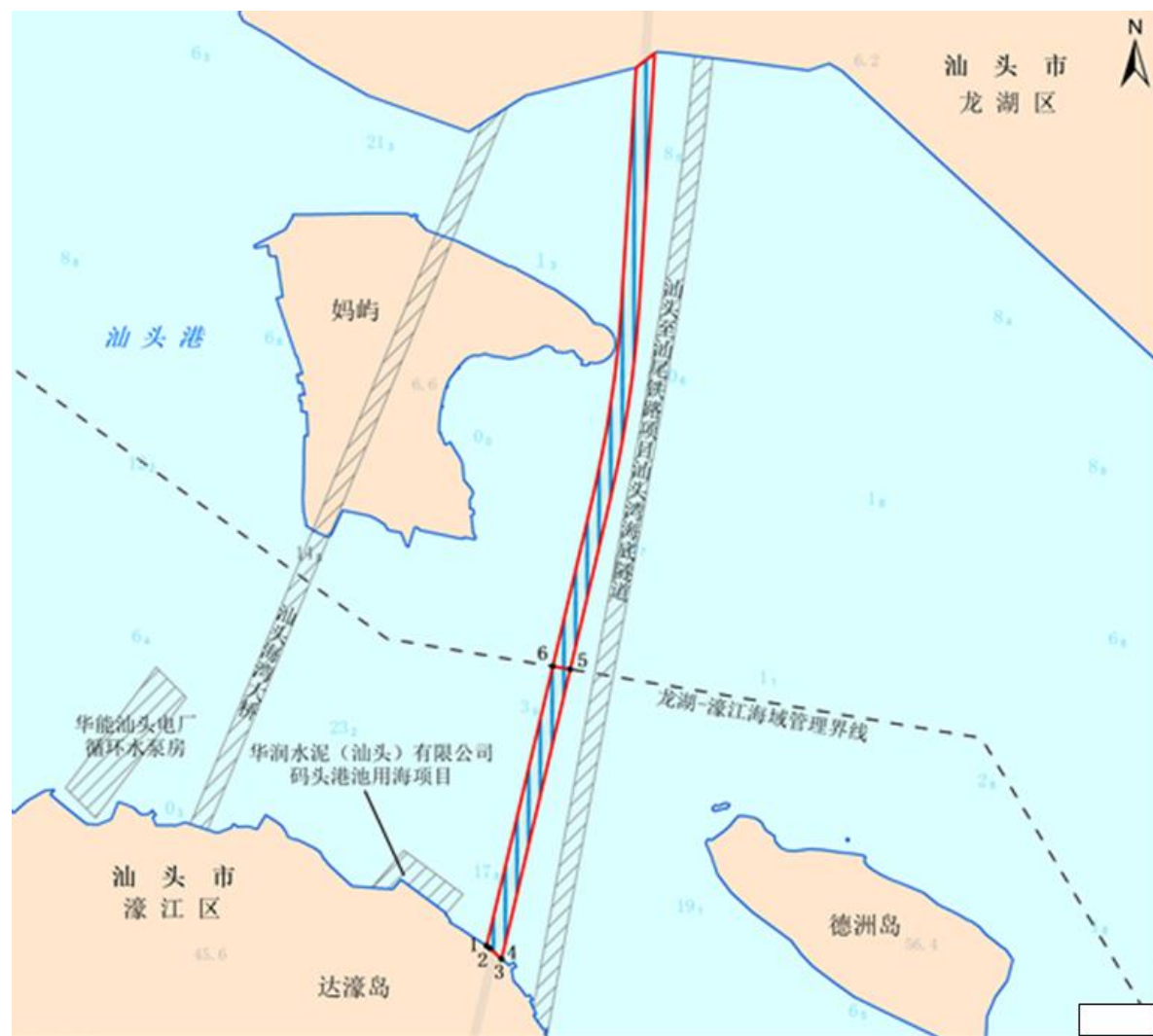


图 2.4-2 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程（濠江段）宗海界址图

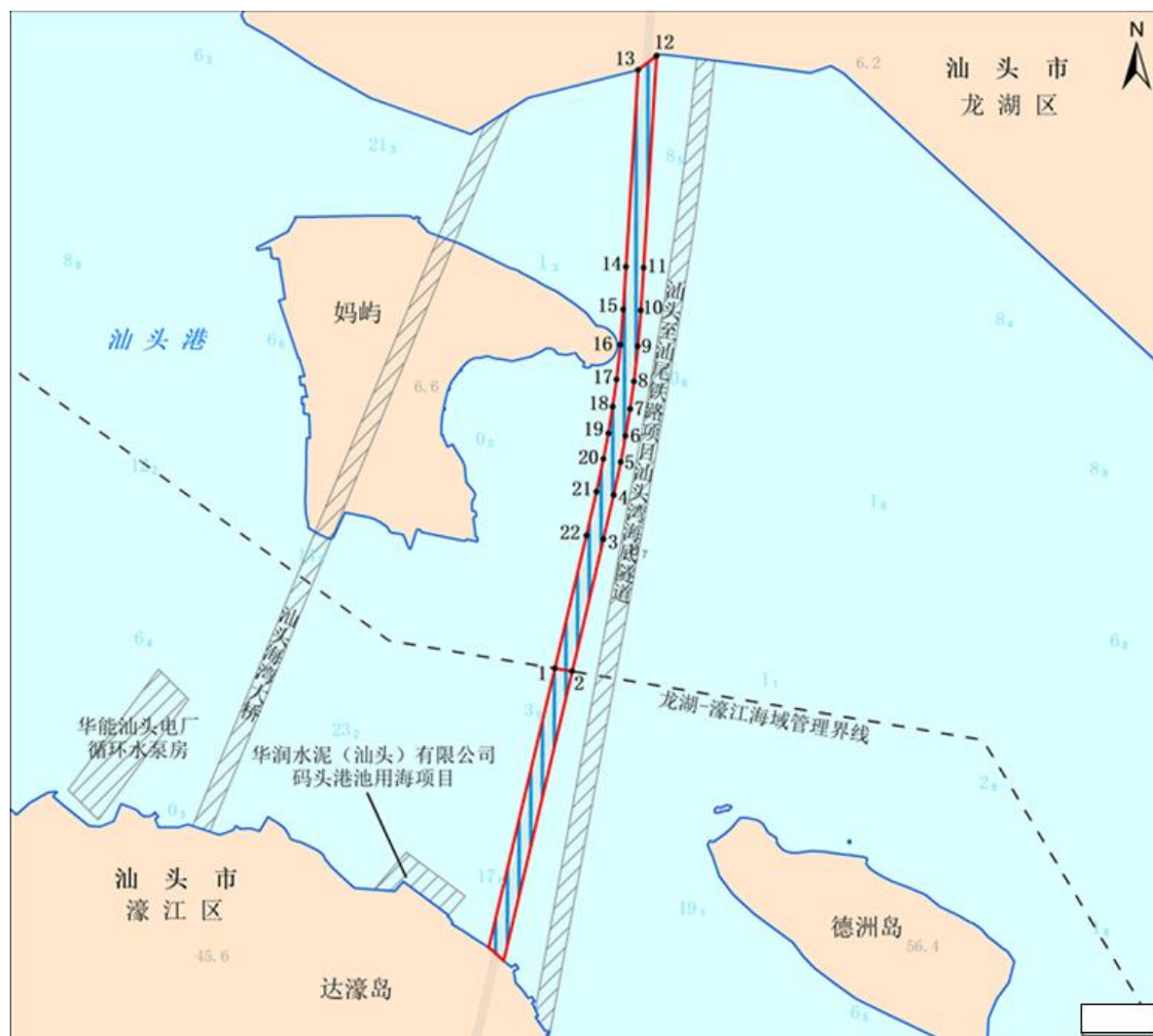


图 2.4-3 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程（龙湖段）宗海界址图

2.5 项目用海必要性

2.5.1 项目建设必要性

1. 是满足港口集疏运需求，提升港口服务品质，促进港口快速发展的需要

根据汕头港相关规划，本项目涉及的汕头港广澳港区货物集疏运量近远期将分别达到 8700 万吨、17160 万吨。据预测，广澳港口及临港工业铁路货运需求近远期将分别达到 576 万吨和 793 万吨。建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路，对于满足港区日益增长的运输需求十分必要。

老港区拥有较为完善的铁路集疏运条件，其主要货源需要铁路集疏运，因此建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对老港区货运功能及需求转移至广澳港区是十分必要的。

目前广梅汕铁路的改扩建对粤东地区经济的发展提供了强有力的运输保证。利用广梅汕铁路扩能改造的建设契机，积极推进广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路的建设，从而增加港口集疏运能力，必将进一步提升广澳港区的发展，使港区的配套设施更加完善，增强港区在腹地经济发展的作用。

2. 是打通广梅汕铁路粤东出海通道，延伸广梅汕铁路服务范围的需要

广梅汕铁路穿越粤中、粤东山区，挺进潮汕平原，是一条贯穿中国广东中部和东部的铁路，是连接粤东地区与珠三角地区的主要通道，也是粤东地区对外交流的重要铁路通道，并兼顾闽赣、长三角与珠三角地区间的交流。汕头港老港区已按城市总体规划，列入城市改造范围，随着老港区的关停，广梅汕铁路的出海通道也随之中断，因此建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对重新打通广梅汕铁路粤东出海通道是十分必要的。

汕头港的货源按地区分主要来源于粤东、赣南、闽西地区以及京九、广梅汕铁路沿线地区。未来随着广梅汕改造、瑞梅、浦梅铁路的建成，汕头港将通过广梅汕、京九、瑞梅、浦梅铁路与赣南、闽西地区以及铁路沿线地区建立铁路货运联系。建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路将港口和国有铁路网连接起来，大大提升广澳港区的集疏运能力，从而增加对腹地的吸引力，吸引更多的货源通过广梅汕铁路，从而延伸广梅汕铁路服务范围。

3. 是促进粤东潮揭汕地区经济发展的需要，有利于城市的扩容提质

汕头港是粤东地区的外向型经济发展，赣南、闽西南等地区外贸运输的重要

支撑。广澳港区是汕头主枢纽港，是粤东地区快速发展外向型经济的重要依托，是建设汕头市成为现代化港口经济强市的关键港区。

建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路有利于更好地为粤东加快经济发展提供服务；加强了与粤东、闽西南、赣南地区的联系，有利于拉动其经济发展；有利于确立广东省经济强省、外贸强省的地位。广东省提出的“支持粤东西北地级市城区扩容提质、聚集发展、率先崛起”，为粤东地区社会发展带来的新的机遇。为响应省委省政府的号召，汕头市全力推进环汕头湾“一湾两岸”的城市核心圈建设，重点建设珠港新城、濠江新城、东部新城和西部生态新城。轨道交通作为大能力、高速度、环保可靠的运输方式必将为城市扩容提质提供基础保障，必将进一步促进地方社会经济的发展。

4. 是改善区域环境，实现可持续发展的需要

沿线地区将面临着经济快速发展、人口急剧增长、交通需求大量增加、城市规模不断扩大的形势。2019年粤东潮揭汕地区人口密度达到1298人/平方公里，是广东省平均水平的2.02倍。发展空间受到很大局限，土地资源不足和环境污染成为制约区域社会经济发展的瓶颈。道路的快速交通发展，将会占用大量土地资源，消耗大量的石油资源，同时容易造成交通堵塞、噪音污染、交通事故等问题。

在各种运输方式中，铁路具有运能大、占地省、能耗低、污染小、全天候、安全准时等技术经济优势。与四车道高速公路相比较，双线铁路的用地只有4车道高速公路的一半；每人公里所消耗的能源，公路（小汽车）是铁路的2.4倍，航空是3.4倍；环境污染，公路、航空是高速铁路的3和4倍。而节约资源、保护环境，增强社会经济可持续发展能力是我国的基本国策，是我国社会经济发展的重要举措。

综上所述：建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路，是满足港口集疏运需求，提升港口服务品质，促进港口快速发展的需要；是打通广梅汕铁路粤东出海通道，延伸广梅汕铁路服务范围的需要；是促进粤东潮揭汕地区经济发展的需要，有利于城市的扩容提质；是改善区域环境，实现可持续发展的需要。

2.5.2 项目用海的必要性

本项目作为隧道工程建设，项目用海是由工程建设的特殊性及其项目建设的必要性决定的。

基于本项目与汕汕铁路的平面关系，结合通道资源情况，主要研究了隧道方案及桥梁方案。桥梁方案对龙湖区及濠江区存在切割，拆迁量较大，对城市景观的影响亦较大，隧道方案虽然初期投资较桥梁方案大，但对城市影响较小，且与地方规划相一致，因此，广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路采用海底隧道形式穿越汕头湾。不仅可以避免对于风景区文物、山脉的破坏，也避免大面积拆迁带来的征地补偿和安置问题。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海底隧道方式，海底隧道必须穿越海底岩土，因此海底隧道的建设需要使用一定面积的海域海底空间。工程需要使用的海域面积是根据工程的实际需要和《海籍调查规范》确定的，用海面积是合理的。

本项目是为汕头港集疏运服务的疏港铁路，是广梅汕铁路的延伸线，是粤东地区城际网的重要组成部分。建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路，是满足港口集疏运需求，提升港口服务品质，促进港口快速发展的需要；是打通广梅汕铁路粤东出海通道，延伸广梅汕铁路服务范围的需要；是促进粤东潮揭汕地区经济发展的需要，有利于城市的扩容提质；是改善区域环境，实现可持续发展的需要。

因此，项目用海是必要的。

综合以上结论，本项目建设是必要的，项目用海也是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 工程区域自然环境概况

3.1.1 气候

汕头海洋站(116°46'00" E, 23°13'00" N)的实测资料(2007年06月~2015年12月)分析结果,代表汕头区域的气候与气象特征,项目所在地汕头地处祖国大陆东南部,属南亚热带季风气候区。其主要气候特点是:气候温暖,雨量充沛,雨热同季,光照充足。

1.气温

本区域全年气温较高,多年年平均气温为22.2℃,平均气温年变幅不大。平均最高气温出现在8月份为30.7℃,平均最低气温出现在1月份为12.6℃。

2.降水

汕头区域内降水量充沛,累年平均降水量为1222.1毫米,年际变化较大,最大年降水量为1603.0毫米(2013年),最少年降水量为743.0毫米(2009年)。

3.风况

汕头海洋站地处季风区,累年平均风速4.0米/秒,年主导风向为东北东和东向。由于汕头地处台湾海峡的西南端,南海的东北部,一年四季均可出现大风(≥8级),大风日数年平均32.1天。

4.湿度

汕头海洋站海域相对湿度较高,多年平均值为82%。

3.1.2 海洋水文和泥沙

3.1.2.1 潮汐

(1) 潮汐特征

本工程海区潮汐类型属不正规半日潮混合潮型，日不等现象明显，水位高度不一致，一般相差 30cm~100cm。

本工程附近约 300m 设有妈屿水位站。

妈屿站年最高潮位出现在枯期几率稍大，为 58%，1969 年 7 月 28 日的“6903”号台风，适逢农历十五大潮期，本站出现实测最高潮位 3.10m；本站实测最低潮位-1.85m（1970.7.19），潮位实测最大变幅 4.95m。枯水期的平均高潮位和平均低潮位均比汛期高约 10cm。

妈屿站潮差平均值为 1.02m，年最大涨潮差平均值为 2.33m，年最大落潮差平均值 2.00m，最大值可达 4.0m 以上。

妈屿站年平均潮差值最大变幅为 11cm，1990 年以后比 1990 年以前的平均潮差则减少了 2cm，前后两阶段变化甚微。妈屿站汛期和枯期的平均潮差基本相等，年最大潮差在汛期和枯期出现的几率也几乎相等。可见，妈屿站潮差的年际和年内变化均不大，较稳定。

3.1.2.2 实测潮流

1. 调查概况

调查时间：2018 年春季（4 月）进行一次大潮观测。观测站位：设 2 个潮位站、8 个海流观测站。

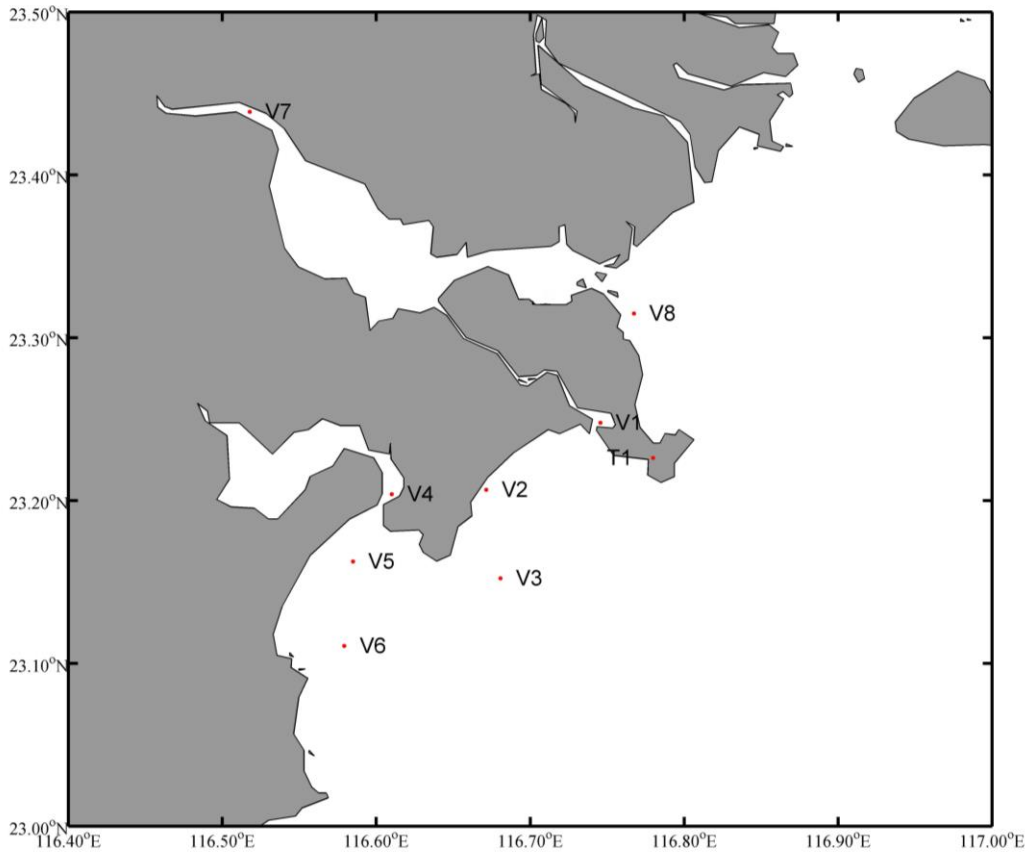


图 3.1.2-2 水文调查站位

2.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,我们采用引入差比数的最小二乘法对潮位进行调和分析,分析之前潮位进行了气压订正。差比数取自邻近的长期验潮站内伶仃岛站的调和常数。

$$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$$

据此调和常数,我们计算了特征值 F , 得出 F 分别值为 1.8, 属于不规则半日潮混合潮。

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。

3.海流

本节利用大潮期 8 测站的同步连续观测资料,对调查海区的实测流场,潮流和余流进行了以下分析。

(1) 实测流场分析

春季海流观测于 2018 年 4 月 20 日 15 时~2018 年 4 月 21 日 16 时大潮期间进行。

调查期间各测站实测海流基本以潮流为主，尤其是在水道口及内部测点表现出明显的往复流特征，在外海的测点流向受地形影响较小，但整体的涨落潮流向基本以平行岸线为主。另外，受水深较浅的影响，对比各站层的流速，区别不明显。

调查海域各测站涨潮流流速平均值在 5.7~34.7cm/s 之间，落潮流流速平均值在 6.7~58.8cm/s 之间。最大涨潮流流速的平均值为 34.7cm/s，方向为 283.8°，出现在 V7 站的中层；最大落潮流的平均值为 58.8cm/s，方向为 126.3°，出现在 V7 站的表层。

实测涨潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为 56.1cm/s、50.0cm/s、57.9cm/s，流向分别为 347.4°、331.4°、358.4°，分别出现在 V8 站表层、V7 站中层和 V8 站底层；实测落潮流的最大流速，其表、中、底层的流速值依次为 102.0cm/s、94.3cm/s、89.3cm/s，流向分别为 241.3°、138.8°、171.6°，分别出现在 V8 站表层、V7 站中层和 V8 站底层。

总体而言，落潮流速平均值稍大于涨潮流速平均值，各站层涨落潮流历时，互有长短。

2.潮流分析

(1) 潮流分析

根据《海洋调查规范》，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6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。

潮流性质在汕头海域附近各站层有不规则半日潮流，也有规则半日潮流，因此，调查海域的潮流性质是混合潮流，以不规则半日潮为主。

在上述六个主要分潮流中 M_2 分潮流椭圆长半轴（即最大流速）最大。 M_2 分潮最大主要反映了半日潮的特征。各站层中 M_2 分潮流长半轴（最大流速）的最大值为 49.9cm/s ，方向为 265.6° ，出现在 V7 站表层，最小值为 0.1cm/s ，方向为 167.0° ，出现在 V4 站底层。

(2) 余流分析

调查海域各站余流大小量值介于 $0.5\text{cm/s}\sim 15.7\text{cm/s}$ 之间，最大余流出现在 V7 站表层，大小为 15.7cm/s ，方向为 121.9° ；最小余流出现在 V2 站底层，大小为 0.5cm/s ，方向为 250.4° 。

3.悬浮泥沙

(1) 悬浮泥沙及其变化特征

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。悬沙采样频率为每两小时一次，采样层次为表、中、底三层。

从悬沙观测的时间变化过程来看，各站表、中、底三层含沙量多数时间内较为接近，而在中层与底层的某些峰值普遍高于表层。从整体变化过程看来，除个别水道内的站点含沙量较大之外，各站含沙量一般不超过 0.10kg/m^3 。

表层最大悬浮泥沙浓度出现在 V2 站，为 0.1188kg/m^3 、中层出现在 V7 站，为 0.0160kg/m^3 ，底层最大悬浮泥沙浓度则出现在 V8 站，为 0.1571kg/m^3 。

(2) 输沙量

春季观测期间最大涨潮输沙量出现于 V3 站，为 0.89t/m ，方向为 59.5° ；最大落潮输沙量出现于 V7 站，为 1.07t/m ，方向为 122.7° 。全潮最大净输沙量出

现在 V3 站，为 0.53 t/m，方向为 152.2°。

从各站净输沙量的方向来看，各站净输沙方向较为混乱，没有明显的方向规律。

3.1.3 区域地质与活动断裂

3.1.3.1 地质构造

测区地质构造属潮汕盆地中的次一级断隆山~桑埔山之前缘。潮汕盆地的基底为燕山期中酸性花岗岩。其间充填厚达 30 米至 170 米的松散沉积物，基岩古风化壳普遍被埋于第四系覆盖层之下。根据堆积在古风化壳上的第四系底层物质均形成于晚更新世中、晚期，说明它是由断块陷落而成的年轻盆地。

区域燕山期构造运动比较强烈，此后构造运动渐趋减弱，余波至今未息，受长期剧烈的构造作用，导致了沉积建造、相与厚度在空间上的差异，构成了沉积剖面的不整合。潮汕盆地是断层活动明显的活动性盆地。盆地内及其周围分布有数条 NE—NEE 向和 NW-NWW 的大断层，隧址区主要为北西构造群，断裂以北西向为主，其次有东西向断裂。

隧址区构造发育。根据区域地质资料及沿线实际调查，结合区域地质资料等综合分析，线路 DK159+000 附近为燕山期第三次侵入 (γ_3) 花岗岩与燕山期第五次 (γ_5) 侵入花岗岩侵入接触带。

区域内受燕山期花岗岩侵入以及区域断裂影响，隧址区构造发育。根据区域地质资料及沿线实际调查，结合震探、EH-4 和高密度电法等综合分析，隧址区发育 17 处断裂带、2 处低速带及多处岩体破碎带。

3.1.3.2 断裂

F0 断层

物探解译断层，推测与隧道洞身相交于 DK155+625 附近，断层切割燕山期第五次 (γ_5) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，根据物探资料，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。现场钻孔 Jz-III172-汕隧 03 揭示，断层附近发育有辉绿岩岩脉，节理发育，岩体较破碎，岩心多呈块状、短柱状，局部地段呈碎块状。

F1 断层

区域断层，推测与隧道洞身相交于 DK156+175~DK156+205 附近，断层切割燕山期第五次 (γ_5) 侵入花岗岩，根据物探资料，该断裂影响带宽度约 30m，

断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。现场钻孔 Jz-III172-汕隧 11 揭示，断层附近发育有辉绿岩岩脉，节理发育，岩体较破碎，岩心多呈块状、短柱状，局部地段呈碎块状。

F2 断层

物探解译断层，推测与隧道洞身相交于 DK156+850~DK156+870 附近，断层切割燕山期第五次（ γ_5 ）侵入花岗岩，断层倾向小里程，根据物探资料，该断裂影响带宽度约 20m，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F3 断层

物探解译断层，推测与隧道洞身相交于 DK158+505~DK156+555 附近，断层切割燕山期第五次（ γ_5 ）侵入花岗岩，断层倾向小里程，根据物探资料，该断裂影响带宽度约 50m，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F4 断层

区域断层，推测与隧道洞身相交于 DK159+050~DK159+105 附近，断层切割燕山期第三次（ γ_3 ）侵入花岗岩，断层倾向小里程，根据物探资料，该断裂影响带宽度约 40m，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F5 断层

区域莲塘-地都断层，为正断层，推测与隧道洞身相交于 DK159+730~DK159+760 附近，断层切割燕山期第三次（ γ_3 ）侵入花岗岩，断层倾向大里程。

莲塘-地都断层展布与桑浦山西麓，沿将军山西侧，经仙浦山、小坑、莲塘、中心坑、延至赖厝后隐伏于第四纪沉积物下部；断层走向 NW305°~320°，倾向 SW 倾角约 80°左右；断层将花岗岩挤压成片状，断层两侧花岗岩糜棱岩化和片理化，发育有张性裂隙，沿裂隙有破碎成尖棱状的石英碎粒。根据物探资料，该断裂影响带宽度约 30m；根据汕头海湾大桥资料，该断层带宽 3~10m，剪切带形式出现，呈糜棱结构，有岩脉贯入。

F6 断层

推测与隧道洞身相交于 DK160+080~DK160+160 附近，断层切割燕山期第三次（ γ_3 ）侵入花岗岩，断层倾向小里程。根据物探资料，该断裂及影响带宽度约 55m，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F7 断层

区域雄鸡山断裂，推测与隧道洞身相交于 DK160+620~DK160+670 附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，根据物探资料，该断裂及影响带宽度约 50m，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F8 断层

根据沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料揭示断层，隶属于南陇水库—鮀东断裂带断层，推测与隧道洞身相交于 DK160+870~DK160+910 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎，带宽 12~15m（汕头海湾大桥图 30 资料）。

F9 断层

根据沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料及本次水上震探揭示断层，隶属于南陇水库—鮀东断裂带断层，推测与隧道洞身相交于 DK161+050~DK161+110 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，断层破碎带内节理发育，岩体较破碎。

F10 断层

根据沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料及本次水上震探揭示断层，隶属于南陇水库—鮀东断裂带断层，推测与隧道洞身相交于 DK161+250~DK161+310 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向小里程，以密集剪切带形式发育，断层破碎带内节理发育，岩体破碎，带宽约 11m（汕头海湾大桥资料）。

F11 断层

根据沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料揭示断层，隶属于南陇水库—鮀东断裂带断层，推测与隧道洞身相交于 DK161+420~DK161+480 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向小里程，断层破碎带内节理发育，岩体破碎，以密集剪切带形式发育，带宽最大 10m（汕头海湾大桥资料）。

其中 F8~F11 都为南陇水库-鮀东断层，断层出露于南陇水库、樵东山东侧，深坑小寮水库和南畔山一带，延至鮀东村附近，此断层走向为 NW300°~330°，倾向NE，倾角 70° 至近于直立，在地貌上呈 V 字形沟谷和陡崖，断层破碎带附近，花岗岩被挤压成片状和粉末状，并呈硅化和糜棱岩化。

F12 断层

物探揭示断层，与搜集到苏埃隧道资料及厦深线地震安评报告揭示的断层

一致，为牛田洋断层，断层位于汕头南侧洋田洋水域，东西走向，推测与隧道洞身相交于 DK161+755~DK161+775 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，断层破碎带内岩体破碎。带宽需根据钻探成果确定，目前尚在钻探中。带宽初步推测不大于 20m。

F13 断层

物探揭示断层，断层为东西走向，推测与隧道洞身相交于 DK161+935~DK161+955 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向小里程，断层破碎带内岩体较破碎。带宽需根据钻探成果确定，目前尚在钻探中。带宽初步推测不大于 10m。

F14 断层

搜集到沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料及物探揭示断层，为西坑-长得龙山断层，断层沿西坑、大湖农场、鸡笼山、长得龙山和汕头大学一线展布，走向 $NW300^\circ \sim 330^\circ$ ，倾向 SW，倾角 $70^\circ \sim 85^\circ$ 左右，断裂破碎带宽 18~20m，推测与隧道洞身相交于 DK162+360~DK162+420 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向小里程，断层破碎带内岩体破碎，主要为长石压碎岩，受应力作用破碎再受绢云母化，带宽约 18~20m（汕头海湾大桥资料）。

F15 断层

搜集到沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料及物探揭示断层，呈 EW 走向，倾向 N，倾角较陡。垂直断距约 2 米，长约 2400 米，有两侧延伸之趋势，推测与隧道洞身相交于 DK162+710 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程。带宽需根据钻探成果确定，目前尚在钻探中，带宽初步推测不大于 25m。

F16 断层

搜集到沈海高速公路汕头海湾大桥桥梁资料揭示断层一致，为区域东山湖-龙坑山断层，断层仅出露于西山和龙坑山，总体走向 $NW330^\circ$ ，多数倾向 NE，倾角较陡，约 75° 左右。垂直断距约 2 米，长约 2400 米，有两侧延伸之趋势，推测与隧道洞身相交于 DK162+840 段附近，断层切割燕山期第三次 (γ_3) 侵入花岗岩，断层倾向大里程，带宽约 25m（汕头海湾大桥资料）。

3.1.4 地形地貌与冲淤现状分析

3.1.4.1 地形地貌

汕头站至汕头港入海口，海陆交互相沉积平原地貌，地面标高0~5m，地表建筑物较多，包括房屋、电塔、桥涵、公路和既有铁路线。汕头港入海口为河流冲积与海相淤积地貌，标高-20m~-10m，表层淤泥或砂层。达濠岛北部为低山地貌，地形起伏较大，地面标高20~170，最高处达200m左右，表层可见球状风化花岗岩，风化不均匀，建筑物较少。隧道出口至濠江水道，海陆交互相沉积平原地貌，地面标高0~5m，主要为盐田，青州盐场所辖区域，有少量住房，南端有一大型物流园在建。线路尾端为海相沉积，地面标高-10~0m，需填海设站。

濠江区地形主要为海蚀阶地和海积阶地，海蚀阶地台面基本上平行于海岸分布，略向海面倾斜。其上见有海蚀洞穴、海蚀蘑菇石、海蚀垛、海蚀柱等微地貌。由于地壳上升，长期遭受侵蚀、剥蚀作用，台面均受改造，呈微起伏丘陵状。海积阶地一般包含两级，前一级由白色、黄白色细砂、泥炭土、贝壳碎片组成；后一级由棕红色、紫红色细砂组成，为海相沉积后被除入海口与达濠岛北部山区，总体上地势平坦，对线位所在区域产生影响的水系较少。广澳港围海造陆，部分区域受海水影响。

3.1.4.2 冲淤现状

以下内容引自广东省水利水电科学研究院2019年7月编制的《新建铁路广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路汕头海湾隧道工程防洪评价报告(送审稿)》。

采用实测资料分析和数学模型计算等方法，对汕头海湾隧道工程的极端工况下冲刷问题进行研究得出：

(1) 拟建隧道工程布设在河床以下且埋深较深，无出露河床，工程顶部距河床最小埋深33.76m。

(2) 拟建隧道工程垂直投影占用河道管理范围面积11893.58m²，其中水域面积11460.37m²，陆域面积433.21m²。

(3) 河床演变分析表明：2002年以前，工程所在汕头湾河床有向窄深发展的趋势，2002年以后，河床有所回淤，由于两岸堤防等的约束，河势趋于稳定。

(4) 极限冲刷的数学模型计算结果表明，50年一遇洪水下，现状河床下工程断面的最大极限冲深为1.94m，冲刷最深处底高程为-21.8m，该处距右岸约

291m。100年一遇洪水下,现状河床下工程断面的最大极限冲深为3.28m,冲刷最深处底高程为-23.2m,该处距右岸约295m。300年一遇洪水下,现状河床下工程断面的最大极限冲深为4.58m,冲刷最深处底高程为-24.5m,该处距右岸约295m。

(5) 现状地形条件下,隧址线位断面河床最低标高为-20.9m,不同水文条件下冲刷后河床最低标高分别为-22.7m、-24.1m和-25.1m。冲刷后河道深泓位置基本保持不变,因此河道滩槽格局基本不变,不会对工程所在河道的河势稳定带来大的影响。

(6) 数学模型计算结果与物模试验研究对比表明,数学模型与河工模型两者冲刷结果趋势相同,最大冲深河工模型成果略大于数学模型成果,但相差不大。

3.1.5 工程地质

以下分析内容引自中铁第四勘察设计院集团有限公司2020年9月编制的《新建铁路广梅汕铁路汕头港至广澳港区铁路初步设计 汕头海湾隧道工程地质勘查报告》。

3.1.5.1 地层岩性

隧道区出露的地层有第四系全新统(Q₄)覆盖层及燕山期(γy^3 、 γy^2)等岩层。沿线出露的地层岩性由新至老分述如下:

1、第四系全新统(Q₄)

平原区段表层局部为第四系人工填土层(Q₄^{ml})

(1) 0杂填土、素填土:灰黄色、黄褐色、深灰色,稍湿~饱和,松散~稍密,大部分地段由中细砂及少量粉质黏土组成,部分地段由建筑垃圾组成。本层在北岸段普遍分布,厚约0.50~7.50m,岩土施工等级为II;丘陵区段内分布的第四系全新统地层主要为山坡地带的冲洪积层(Q₄^{al+pl})。

(2) 0淤泥:灰黑色,流塑,主要成份为粉黏粒及腐殖质组成,土质不均匀,局见贝壳碎片等有机质,有腥臭味。岩土施工等级为II。

本层44孔产出。层面埋深0~13.90m,层面标高-19.56~0.09m。层厚0.80~14.00m,平均4.99m。取原状土32件。现场标准贯入试验57次,N=1~37击,平均2.61击。经数理统计,标准差=6.26;变异系数 $\delta=2.40$,修正系数 $s=0.46$,标准值 $f_k=1.19$ 击。

(2) 1-3 粉质黏土：深灰色，可塑，主要成份为黏粒，粘性一般，土质不均，干强度粘韧性中等。分布于谷地表层。岩土施工等级为 II。

本层 24 孔产出，层面埋深 2.00~16.70m，层面标高-19.86~-2.97m。层厚 2.00~16.70m，平均6.78m。取原状土27件。现场标准贯入试验43次，N=2~22击，平均9.56击。经数理统计，标准差=3.86；变异系数 $\delta=0.40$ ，修正系数 $s=0.89$ ，标准值 $f_k=8.54$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=120\text{kPa}$ 。

(2) 1-4 粉质黏土：深灰色，硬塑，主要成份为黏粒，粘性一般，土质不均，干强度粘韧性中等。分布于谷地表层。岩土施工等级为 II。

本层3孔产出，层面埋深 7.00~9.20m，层面标高-9.94~-7.62m。层厚1.60~4.90m，平均3.50m。取原状土3件。现场标准贯入试验3次，N=13~21击，平均16.67击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=180\text{kPa}$ 。

(2) 3-1 粉砂：褐黄色，松散，主要成份为石英、长石等，级配良，分选性差。岩土施工等级为 I。

本层12孔产出，层面埋深0~9.00m，层面标高-11.79~-0.42m。层厚1.20~14.20m，平均6.85m。现场标准贯入试验31次，N=1~50击，平均9.45击。经数理统计，标准差=7.99；变异系数 $\delta=0.85$ ，修正系数 $s=0.74$ ，标准值 $f_k=6.97$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=50\text{kPa}$ 。

(2) 3-2 粉砂：褐黄色，稍密，主要成份为石英、长石等，级配良，分选性差。岩土施工等级为 I。

本层15孔产出，层面埋深 0~11m，层面标高-12.92~-0.69m。层厚0.8~8.1m，平均3.23m。现场标准贯入试验13次，N=2~12击，平均8.77击。经数理统计，标准差=3.32；变异系数 $\delta=0.38$ ，修正系数 $s=0.81$ ，标准值 $f_k=7.11$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=90\text{kPa}$ 。

(2) 4-1 细砂：灰褐色，松散，饱和，主要成份为石英、长石，颗粒含量约占 55%，余为粉粒、黏粒及少量粗砂充填，级配较差，分选性较好。岩土施工等级为 I。

本层2孔产出，层面埋深0~1.00m，层面标高-12.97~-10.43m。层厚1.30~4.20m，平均3.4m。现场标准贯入试验2次，N=8~10击，平均9.0击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=60\text{kPa}$ 。

(2) 4-2 细砂：灰褐色，稍密，饱和，主要成份为石英、长石，颗粒含量

约占 55%，余为粉粒、黏粒及少量粗砂充填，级配较差，分选性较好。岩土施工等级为 I。

本层8孔产出，层面埋深 0~5.9m，层面标高-16.52~-0.73m。层厚0.6~5.8m，平均3.4m。现场标准贯入试验 10 次，N=4~11击，平均7.7击。经数理统计，标准差=2.11；变异系数 $\delta=0.27$ ，修正系数 $s=0.84$ ，标准值 $f_k=6.46$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=120\text{kPa}$ 。

(2) 6-1 粗砂：褐黄色，中密，饱和，主要成份为石英、长石，砂质不均匀，局部含少量团块状黏土。岩土施工等级为 I。

本层7孔产出。层面埋深 2.50~9.60m，层面标高-16.46~-3.43m。层厚0.90~3.50m，平均1.97m。现场标准贯入试验3次，N=5~14击，平均8.67 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=200\text{kPa}$ 。

三角洲及平原段主要为第四系晚期三角洲沉积物(Q₄^{det})

(6) 0-1 淤泥质黏土：灰黑色，软塑，主要成份为粉黏粒及腐殖质组成，土质不均匀，局见贝壳碎片等有机质，有腥臭味。岩土施工等级为 II。

本层 44 孔产出。层面埋深 0~39.00m，层面标高-39.29~1.3m。层厚 1.20~24.00m，平均 13.49m。取原状土 79 件。现场标准贯入试验 209 次，N=2~21 击，平均 5.29 击。经数理统计，标准差=3.11；变异系数 $\delta=0.59$ ，修正系数 $s=0.93$ ，标准值 $f_k=4.92$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=60\text{kPa}$ 。

(6) 1-3 粉质黏土：灰褐色，可塑。局部软塑，土质均一，切面较光滑，干强度中等，岩土施工等级为 II。

本层 14 孔产出。层面埋深 19.1~56.0m，层面标高-55.74~16.49m。层厚 0.5~6.1m，平均 3.46m。取原状土 6 件。现场标准贯入试验 14 次，N=8~17 击，平均 13.43 击。经数理统计，标准差=2.65；变异系数 $\delta=0.20$ ，修正系数 $s=0.91$ ，标准值 $f_k=12.16$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=120\text{kPa}$ 。

(6) 3-1 粉砂：褐灰色，松散，饱和，主要成分长石、石英，级配差，余为黏性土充填，局部地段夹粉质黏土薄层，岩土施工等级为 I。

本层 22 孔产出。层面埋深 0~22.00m，层面标高-39.43~2.97m。层厚 1.60~17.70m，平均8.90m。现场标准贯入试验 48 次，N=3~13 击，平均 8.25 击。经数理统计，标准差=2.15；变异系数 $\delta=0.26$ ，修正系数 $s=0.94$ ，标准值 $f_k=7.72$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=70\text{kPa}$ 。

(6) 3-2 粉砂: 褐灰色, 稍密, 饱和, 主要成分长石、石英, 级配差, 其余为黏性土充填, 局部地段夹粉质黏土薄层, 岩土施工等级为 I。

本层 2 孔产出。层面埋深 2.5~52.0m, 层面标高-52.32~-0.26m。层厚 2~9.7m, 平均 4.73m。现场标准贯入试验5次, N=7~15击, 平均10.4击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=90\text{kPa}$ 。

(6) 4-1 细砂: 褐灰色, 松散, 饱和, 主要成份为石英、长石, 砂质不均匀, 间隙充填粉黏粒。岩土施工等级为 I。

本层 23 孔产出。层面埋深 0~41.5m, 层面标高-41.24~1.56m。层厚 2.1~16m, 平均 9.92m。现场标准贯入试验 68 次, N=3~19 击, 平均 8.06 击。经数理统计, 标准差=1.48; 变异系数 $\delta=0.23$, 修正系数 $s=0.95$, 标准值 $f_k=6.11$ 击。

(6) 4-2 细砂: 褐灰色, 稍密, 饱和, 主要成份为石英、长石, 砂质不均匀, 间隙充填粉黏粒。岩土施工等级为 I。

本层 4 孔产出。层面埋深 18.1~55.8m, 层面标高-53.74~-15.86m。层厚 2.4~6m, 平均 4.6m。现场标准贯入试验 7 次, N=11~18 击, 平均 14.57 击。经数理统计, 标准差=2.51; 变异系数 $\delta=0.17$, 修正系数 $s=0.87$, 标准值 $f_k=12.72$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=120\text{kPa}$ 。

(6) 4-3 细砂: 褐灰色, 中密, 饱和, 主要成份为石英、长石, 砂质不均匀, 间隙充填粉黏粒。岩土施工等级为 I。

本层 1 孔产出。层面埋深 45.7m, 层面标高-43.56m。层厚 5.8m, 平均 4.6m。现场标准贯入试验 1 次, N=23 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=120\text{kPa}$ 。

(6) 6-2 粗砂: 褐黄色, 中密, 饱和, 主要成份为石英、长石, 砂质不均匀, 局部含少量团块状黏土。岩土施工等级为 I。

本层 32 孔产出。层面埋深 22.1~54.0m, 层面标高-54.32~-19.49m。层厚 1.29~22.1m, 平均 8.84m。现场标准贯入试验 67 次, N=15~34击, 平均 21.58 击。经数理统计, 标准值=3.96; 变异系数 $\delta=0.18$, 修正系数 $s=0.96$, 标准值 $f_k=20.75$ 击。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=250\text{kPa}$ 。

(6) 7-3 细圆砾土: 褐黄色, 密实, 饱和, 母岩成份为石英、长石, 质硬, 磨圆度一般, 呈圆棱状, 粒径一般为 2~20mm, 约占 60%左右, 大于 20mm 约占 20%左右, 最大粒径约 70mm, 其余为粉细砂及黏土充填。岩芯呈散粒砂土状, 遇水易崩解。钻进时偶有掉块现象。岩土施工等级为 III。

本层7孔产出。层面埋深40~46.8m, 层面标高-44.18~-37.66m。层厚1.5~11.2m, 平均 7.61m。建议地基基本承载力取 $\sigma_0=350\text{kPa}$ 。

2、 燕山期第三次侵入花岗岩 (γ_v^3)

花岗岩, 主要分布于隧道 DK1+165~DK7+410 段, 全风化层, 褐黄色, 原岩结构已破坏, 以粗、砾砂为主, 含少量角砾及粉粒, 部分呈土柱状, 遇水易崩解软化, 厚度0.60~27.00m; 强风化层, 灰白色, 呈块状, 厚 0.50~39.40m, 岩体较破碎, 母岩结构清晰, 岩芯呈短柱状、碎块状, 手可折断或锤击易散, 浸水崩解软化, 局部夹弱风化岩块; 弱风化层, 粗粒结构, 块状构造, 岩体较破碎~较完整, 单轴饱和抗压强度值为 76.58MPa, 属硬质岩。节理产状 80~95°/85~88°, 岩质坚硬, 属硬质岩。

3、 燕山期第五次侵入 (γ_v^5)

细粒花岗岩, 主要分布于隧道 DK7+410~DK11+135 段, 全风化层, 褐黄色, 原岩结构已破坏, 以粗、砾砂为主, 含少量角砾及粉粒, 部分呈土柱状, 遇水易崩解软化, 厚 8~10m; 强风化层, 灰白色, 呈块状, 厚 0~10m, 岩体较破碎, 母岩结构清晰, 岩芯呈短柱状、碎块状, 手可折断或锤击易散, 浸水崩解软化, 局部夹弱风化岩块; 弱风化层, 青灰色, 细粒结构, 块状构造, 节理裂隙较发育, 岩体较破碎~较完整, 节理产状 160~190°/65~85°、250~270°/70~80°、330~350°/75~85°。其中 DK7+410 附近存在接触带, 带内构造裂隙发育, 岩体破碎, 岩质坚硬, 属硬质岩。

以成因类型判别, 岩石全风化带具岩石的属性, 但因风化强烈, 岩石原始结构已基本破坏, 强度和稳定性已发生质的变化, 从工程地质和物理力学性质的角度来判别, 全风化岩更接近土的特征, 室内试验结果也是按土层提供; 在土石分级方面, 岩石全风化带与岩石强风化带有明显的差别。为了工程实施便利, 本次勘察将岩石全风化带底界(即强风化带顶界面)作为土层和岩层的分界面。

3.1.5.2 水文地质

(1) 地表水特征

隧址区地表水主要为水库水、水塘水、溪沟水及汕头湾海水。

隧址区丘陵地段地表水主要为水库水和溪沟水, 区段内水库分布较多, 地表径流较多, 隧道开挖时, 围岩体裂隙张开, 库水易沿岩体裂隙涌入隧道, 设计及施工中需加强防护及防排水措施, 并做好超前地质预报工作。

隧址区三角洲相平原区和海湾区地表水网纵横交错,汕头市周边断续分布着韩江、榕江、练江等一系列北西向河流,这些河流皆由北西流向南东汇入南海之中,这与区内地形总体为北西高,南东低相一致,地表水系的发育也应运而生。由于地表水系发育,河口及滨海平原形成溪沟密集的网状水系,同时,也是地下水的主要补给区之一。

汕头市境内,集水面积 100km^2 以上的河流(含干支流) 31 条,其中独立流入南海 9 条,流域面积超过 1000km^2 的河流有韩江、榕江、练江、黄冈河和龙江。

拟建汕头海湾隧道跨越汕头湾,与牛田洋连接,牛田洋纳韩江、榕江之水,分别由汕头港和濠江吐入南海。

(2) 地下水类型

勘察区内,海湾北部即汕头市区,地表第四系广泛发育,为海陆交互的河流三角洲相;海湾南部为花岗岩分布的丘陵地区,地表具第四系残坡积堆积体和块状花岗岩分布。根据区内地下水的赋存特征及形成条件,可将测区地下水划分为松散岩类孔隙潜水、松散岩类孔隙承压水、块状岩类裂隙水及构造裂隙水。

结合本项目及汕汕高铁试验结果,汕头海湾隧道北岸段化学环境作用等级为 H2,盐类结晶破坏作用等级为 Y3,氯盐环境作用等级为 L3;海上段 DK3+600~DK5+600,化学环境作用等级为 H2,盐类结晶破坏作用等级为 Y2,氯盐环境作用等级为 L3;越岭段 DK5+600~DK11+135 无化学性侵蚀,无盐类结晶破坏作用,无氯盐侵蚀性。

3.1.5.3 软土

沿线场地软土主要为海相和三角洲相沉积淤泥、淤泥质黏土,北岸段分布较广。软土具有含水量高,孔隙比大,压缩性高,承载力低,变形持续时间长等特点,在隧道开挖施工过程中,若未采取有效的支护措施,极易形成基坑失稳;作为基坑侧壁地层,边坡易坍塌;作为隧道洞顶地层,盾构施工造成地层损失,地表易发生沉降,隧道设计和施工应加强防护,同时宜加强地表变形监测。且软土属于欠固结土,灵敏度高,会对基坑支护桩身产生负摩阻力,对基桩承载力有一定影响。

3.1.5.4 地震效应

根据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2015)和《中国地震动加速度反应谱特征周期区划图》(GB18306-2015)分析,II类场地条件下,本场区

地震动峰值加速度分区为 0.2g，地震反应谱特征周期分区为 0.4s，地震基本烈度分区为Ⅷ级。Ⅲ类场地地震反应谱特征周期调整为 0.55s。

隧道沿线构造发育且复杂，发育多处断层，其中 F5~F16 可能为全新世活动断裂，断层破碎带范围内的隧道结构加强设计。本场区地震动峰值加速度分区为 0.2g，地震反应谱特征周期分区为 0.4s，地震基本烈度分区为Ⅷ级。隧道应加强抗震设计。

3.1.5.5 工程地质条件评价

以下内容引自中铁第四勘察设计院集团有限公司 2020 年 9 月编制的《新建铁路广梅汕铁路汕头港至广澳港区铁路初步设计 汕头海湾隧道工程地质勘查报告》。

测区地质构造属潮汕盆地中的次一级断隆山~桑埔山之前缘。区域燕山期构造运动比较强烈，此后构造运动渐趋减弱，余波至今未息，受长期剧烈的构造作用，导致了沉积建造、相与厚度在空间上的差异，构成了沉积剖面的不整合。隧址区主要为北西构造群，断裂以北西向为主，其次有东西向断裂。

隧址区构造发育。根据区域地质资料及沿线实际调查，结合区域地质资料等综合分析，线路 DK7+410 附近为燕山期第三次侵入 (γ_3) 花岗岩与燕山期第五次 (γ_5) 侵入细粒花岗岩侵入接触带。

区域内受燕山期花岗岩侵入以及区域断裂影响，隧址区构造发育。根据区域地质资料及沿线实际调查，结合震探、EH-4 和高密度电法等综合分析，隧址区发育 17 处断裂带（具体描述如下，断层编号与汕汕铁路海湾隧道断层对应）：

汕头海湾隧道途径的北西向的桑埔山断裂组及次级断裂（F0、F5~F7、F8~F11、F14、F16），属微弱全新活动断裂，构成场地内主要活动构造带。东西向牛田洋断裂构造组（F12、F13、F15）性质相对稳定。设计时，主要考虑桑埔山断裂组的主断层 F5、F7~F11、F14 和 F16 的活动性，桑埔山断裂组中的其它物探解译断层多为岩体破碎带，活动性可不予考虑。

3.1.6 主要海洋灾害

影响本海域的主要海洋自然灾害有热带气旋、风暴潮和地震等。

3.1.6.1 风暴潮

风暴潮是指由于剧烈的大气扰动，如强风和气压骤变（通常指热带气旋和温

带气旋等灾害性天气系统)导致海水异常升降,使受其影响的海区的潮位大大地超过平常潮位的现象。风暴潮增水强度根据风暴潮增水的高度分为四个级别,即风暴潮增水(40~100cm)、弱风暴潮(100~200cm)、强风暴潮(200~300cm)、特强风暴潮(>300 cm)。

1950年~2012年,受热带气旋影响而发生风暴潮增水超过40cm以上的总计38次,其中,增水超过300cm的一次,是受编号为6903的超强台风VIOLA影响,超强台风VIOLA在汕头沿海登陆,台风恰逢农历六月十五的天文大潮涨潮期,潮位高达302cm。统计这38次增水发生时间,如表3.1.6-1,风暴潮增水发生在5月~11月份,主要分布在7、8、9三月份,其中以7月份发生次数最多,共计发生增水13次,强风暴潮及特强风暴潮各发生一次。

项目所在区域气象水文条件较差,处于热带气旋及雷雨多发区。区内气象水文条件对工程建设影响程度中等,工程建设时应做好防台风、雷暴雨及风暴潮工作。

表3.1.6-1 汕头沿海风暴潮增水月分布统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风暴潮增水	0	0	0	0	0	0	4	4	6	0	1	0
弱风暴潮	0	0	0	0	1	3	7	2	4	3	0	0
强风暴潮	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
特强风暴潮	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

3.1.6.2 热带气旋

项目所在海域是西北太平洋和南海台风、热带风暴活动和登陆的主要地区之一,因此主要的气象灾害是热带气旋引起的极端大风。热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统,位居当今危害全球的十大自然灾害之首。影响本区域的热带气旋产生的源地有两个:一是菲律宾以东洋面,一是南海本地。据历史资料统计,来自菲律宾以东洋面的热带气旋占总数的56%,南海本地生成的占44%。热带气旋资料的统计均按国际规定划分为:

热带低压: 风力6~7级(风速10.8~17.1m/s);

热带风暴: 风力8~9级(风速17.2~24.4m/s);

强热带风暴: 风力10~11级(风速24.5~32.6m/s);

台风: 风力12级~13级(风速32.7m/s~41.4 m/s);

强台风：风力 14~15 级（风速 41.5 m/s~50.9 m/s）；

超强台风：风力≥16 级（风速≥51.0 m/s）。

本报告的统计范围为 22°40'N~23°50'N, 116 E~118 E。根据中国台风网“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”最新数据，统计了 1949 年至 2017 年影响项目所在海域的热带气旋，统计结果见表 3.1.6-2。1949 年~2017 年，共有 63 个热带气旋影响路由海域，其中热带低压 7 个，热带风暴 19 个，强热带风暴 16 个，台风 14 个，强台风 7 个，没有超强台风。热带气旋多发生在 6 月~10 月，该时间内的发生次数占总数的 96% 以上，7 月份发生次数最多，为 18 次，6 月次之，为 13 次，1 月、2 月、3 月、4 月、11 月和 12 月发生次数均为 0。

对当地造成较大损失的热带气旋分别为 2001 年 0104 号台风“尤特”和 2006 年 0601 号台风“珍珠”。2001 年 7 月 6 日，台风“尤特”造成汕头、潮州、揭阳等地约 712 万人口受灾，直接经济损失 28.58 亿元。2006 年 5 月 18 日，台风“珍珠”造成汕头、潮州等地约 778 万人口受灾，紧急疏散 32.7 万人，直接经济损失 12.3 亿元，死亡 1 人。2013 年 9 月 23 日，强台风“天兔”造成广东省直接经济损失 71.72 亿元，死亡人数 25 人，农作物受灾面积 50.77 千公顷，倒塌房屋 8490 间，严重损坏房屋 2 万间，紧急转移人数 31.19 万人。

表 3.1.6-2 热带气旋统计表（1949 年~2017 年）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
热带低压	0	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	7
热带风暴	0	0	0	0	1	4	5	4	4	1	0	0	19
强热带风暴	0	0	0	0	0	1	6	5	3	1	0	0	16
台风	0	0	0	0	1	4	2	1	2	4	0	0	14
强台风	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	7
超强台风	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	0	0	0	0	2	13	18	12	12	6	0	0	63

本项目场址位于陆丰市近海海面，根据历史资料分析，在广东珠江口以东至饶平一带沿海地区登陆的热带气旋均可能对场址区域造成正面的较大影响。从 1949 至 2017 年，69 年中在广东珠江口以东至饶平一带沿海地区登陆的热带气旋有 96 个（其中达到台风以上量级的 52 个），年平均 1.4 个。有 13 年的登陆热带气旋个数达到 3 个以上，其中 1961 年有 6 个热带气旋在此区域登陆。69 年中，有 14 个（其中达到过台风以上级别的有 8 个，登陆时达到台风以上量级的 3 个）

热带气旋在陆丰沿海登陆，登陆时强度最强的是 1510 号台风“莲花”，风速为 38m/s，出现在 2015 年 7 月 9 日。

登陆该区域的热带气旋一般集中在 6 到 10 月，占 9 成以上。登陆最早的是 1980 年 5 月 24 日登陆的 8004 号热带风暴，登陆最迟的是 2016 年 10 月 21 日在海丰登陆的 1622 号台风“海马”。

3.1.6.3 地震

自 1067 年以来的 900 多年间，潮汕平原内部共发生过 5 次 $M \geq 5$ 级的地震。该区发生的破坏性地震的强度比珠江三角洲和雷州半岛均要大。其中 1067 年潮州江东地震震级为 6.75 级；1641 年揭阳饶美地震震级为 5.75 级；1791 年澄海地震震级为 5 级；1886 年汕头下蓬地震震级 5 级；1895 年揭阳炮台地震震级 5.75 级。震源深度多为 15km~20km，属浅源地震。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。

除了震中位于潮汕平原的地震外，发生在邻区的强烈地震对本区的影响效应也不可轻视。例如 1600 年 9 月 29 日南澳 7 级地震，城垣、衙署、民舍倾圮殆尽，压死人无数；诏安：倒墙堞 390 余，坏屋伤人；地坼裂，山崩塞溪（饶平、大埔：县城记）。又如 1918 年 2 月 18 日南澳 7.5 级地震，全县绝大部分房屋倒塌为平地；除南澳石牌坊遭到破坏，牌坊顶部塌下龙门塔顶部被震塌，塔身向西倾斜；云澳发生山崩，山石滚落，巨石最大者为 $3.2 \times 4.03 \times 5 \text{m}^3$ ；人民死伤十之八；尸压败垣，无人收葬。受其影响，潮汕平原的地震烈度为 VII~VIII 度，局部达 IX 度。因此，潮汕平原是广东地震灾害的重点预防区。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），项目区地震基本烈度为 VIII 度；地震动峰值加速度为 0.20g。反应谱特征周期为 0.40s。

3.1.7 海洋水质现状与评价

3.1.7.1 调查概况

深圳市高迪科技有限公司于 2020 年 11 月在汕头湾附近海域布设水质调查站位 12 个，沉积物调查站位 6 个，中国水产科学研究院南海水产研究所在汕头湾附近海域布设生态调查站位 8 个，游泳生物调查断面 4 条，潮间带调查断面 2

条。具体调查站见图 3.1.7-1a 和图 3.1.7-1b。

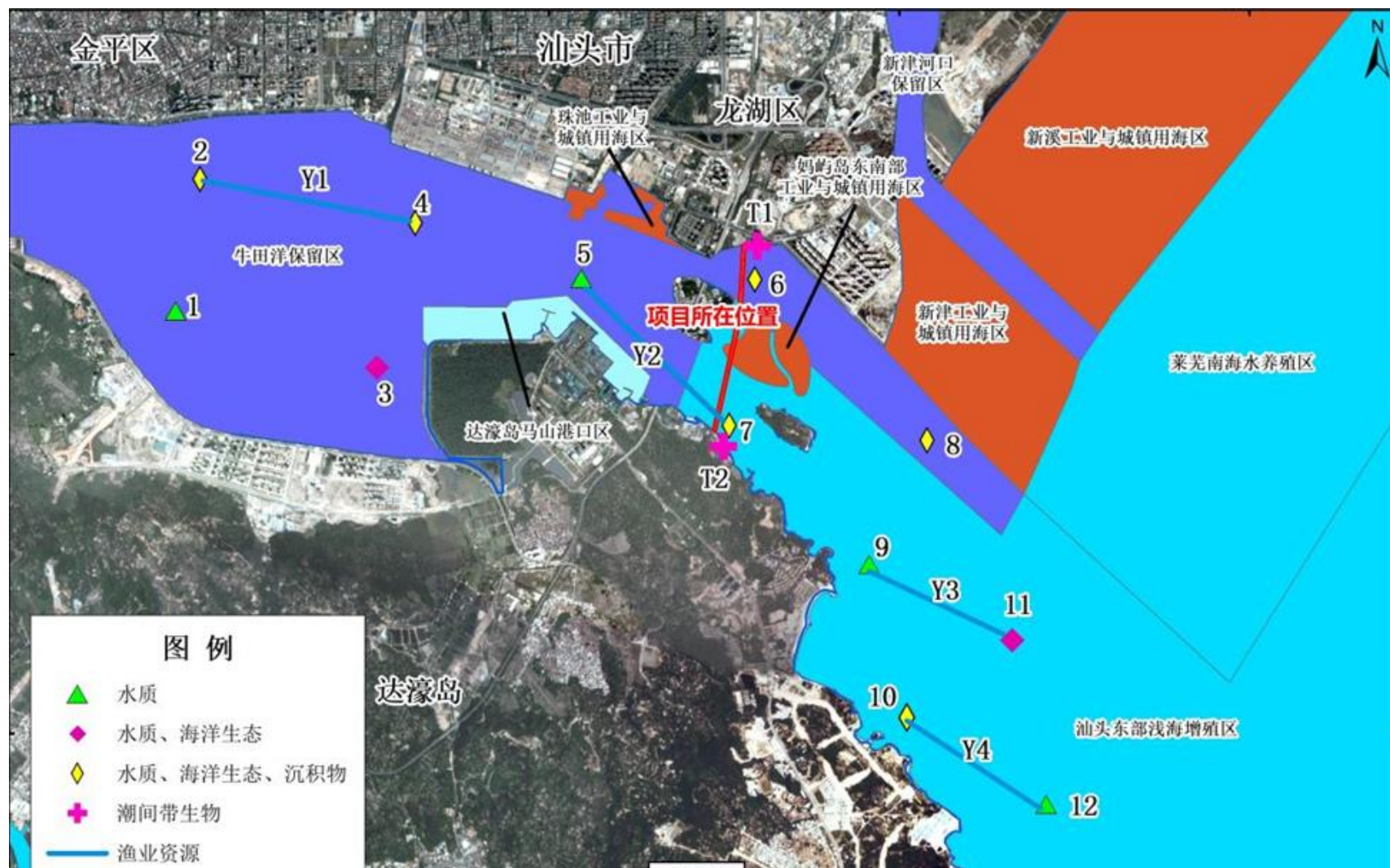


图 3.1.7-1a 海洋环境现状调查站位图（叠加汕头市海洋功能区划）

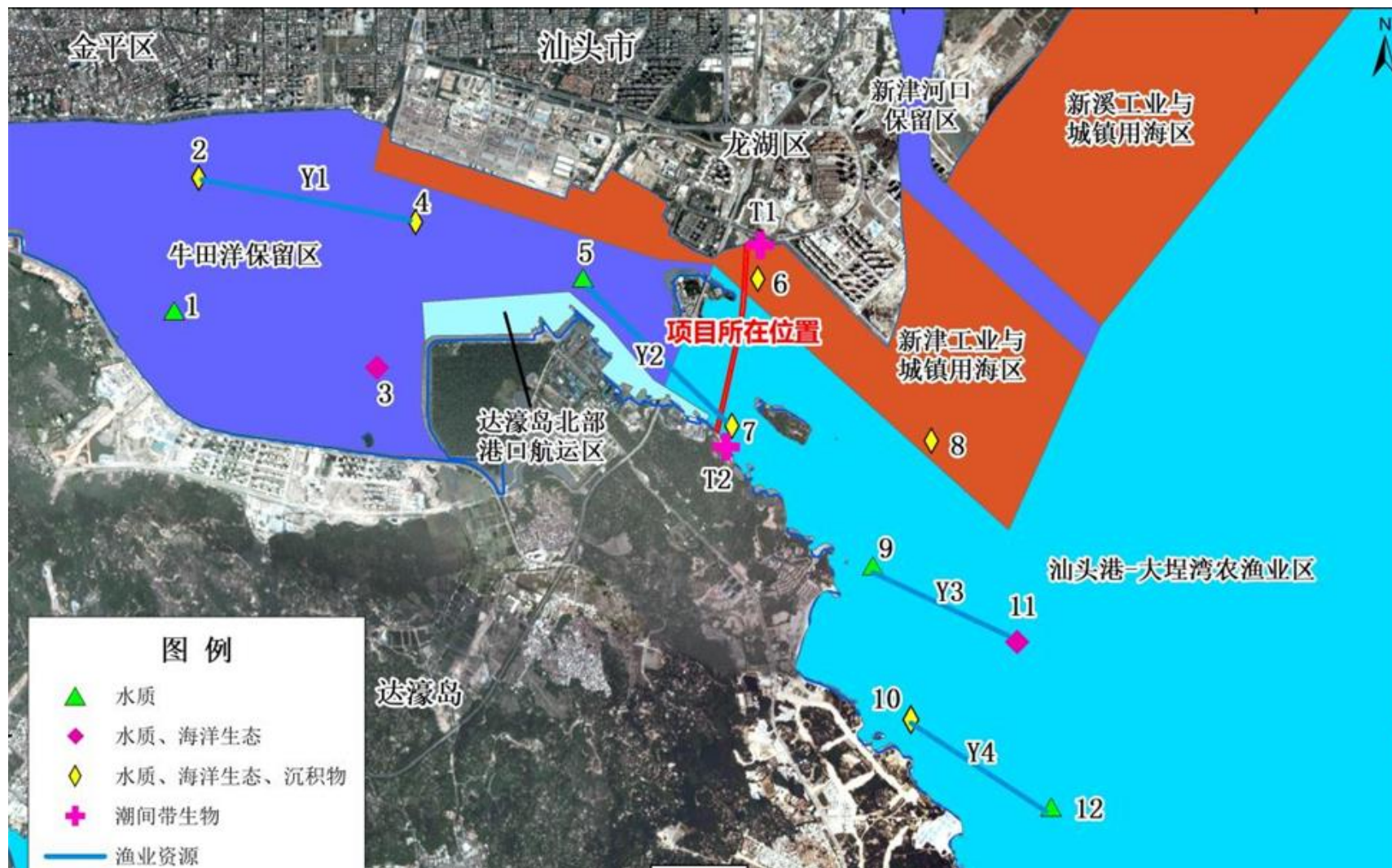


图 3.1.7-1b 海洋环境现状调查站位图（叠加广东省海洋功能区划）

3.1.7.2 调查项目

2020年11月:水温、pH值、盐度、活性磷酸盐、石油类、NO₃-N、NO₂-N、NH₃-N、非离子氨、DO、COD_{Mn}、SS、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Hg等。

3.1.7.3 监测方法

样品的采集、保存、运输和分析均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)的要求进行。

3.1.7.4 评价方法

单用单项水质参数法进行评价。

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, mg/L;

C_{sj} : 水质参数*i*的海水水质标准, mg/L。

DO的标准指数为:

$$S_{DO} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s}, DO_j \geq DO_f ;$$

$$S_{DO} = \frac{DO_s}{DO_j}, DO_j \leq DO_f ;$$

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

式中: DO_s —溶解氧的地表水质标准, mg/L;

DO_j —*j*点的溶解氧, mg/L;

DO_f —饱和溶解氧浓度, mg/L。

pH的标准指数为:

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

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

式中: $S_{pH,j}$ —pH值的指数;

pH_j —pH值实测统计代表值;

pH_{su} —评价标准中pH值的上限值;

pH_{sd} —评价标准中pH值的下限值;

水质参数的标准指数 >1 ，表明该水质参数超过了规定的水质标准。

3.1.7.5 评价标准

汕头湾海域调查站位中1、2、3、4、5号站位位于牛田洋保留区，维持原状；6、8号站位位于新津工业与城镇用海区，要求执行海水水质第三类标准；7、9、10、11、12号站位位于汕头港——大埕湾农渔业区，要求执行海水水质第二类标准。

结合本工程的特点和项目所属海域实际情况，以及附近海域的功能区划情况，本项目所在海域水质评价标准执行如下表 3.1.7-3。

表 3.1.7-3 2020 年 11 月调查范围水质执行标准（汕头湾海域）

调查站位	所处的海洋功能区划	水质执行标准
1、2、3、4、5	牛田洋保留区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第一类标准
6、8	新津工业与城镇用海区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准
7、9、10、11、12	汕头港——大埕湾农渔业区	执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第二类标准

3.1.7.6 水环境质量评价

根据汕头湾秋季（2020 年 11 月）的海水水质监测结果，采用单因子评价方法，汕头湾春季（2020 年 11 月）的海水水质评价结果如下：

2020 年 11 月汕头湾调查海区海水中 pH、DO、COD、非离子氨、铜、铅、砷、镉、汞等评价因子所有样品的单项标准指数均小于 1，符合相应的水质标准限值要求。无机氮、活性磷酸盐、石油类、锌部分测站测值出现超标，样品超标率分别为 100%、94.4%、83.3%、38.9%，样品最大超标倍数分别为 14.200、5.533、2.040、2.414。

3.1.8 海洋沉积物质量现状与评价

3.1.8.1 沉积物质量现状分析

深圳市高迪科技有限公司于 2020 年 11 月在工程海域开展了海洋沉积物质量调查。

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)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)的规定进行。

3.1.8.2 沉积物质量评价

评价海域内海洋沉积物主要超标因子是石油类。油类、重金属超标可能是船舶作业影响而导致的。硫化物超标可能与附近农作物使用的化肥、农药或其它陆源污染物的排放有关。

3.1.9 海洋生物质量现状与评价

3.1.9.1 海洋生物质量现状分析

中国水产科学研究院南海水产研究所于 2020 年 11 月在工程海域开展了海洋生物质量调查。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)和《海洋调查规范》(GB12763-2007)的规定进行,生物样品的污染物分析方法按国家标准《海洋生物质量》(GB18421-2001)的有关规定进行。其中总汞分析用原子荧光光度法,石油烃用荧光分光光度法,其余项目用原子吸收分光光度法。

3.1.9.2 海洋生物质量现状评价

贝类执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类标准。

鱼类和甲壳类残毒(除石油烃外)的评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准,石油烃的评价标准采用《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。

表 3.1.9-2 海洋贝类生物质量标准值 (mg/kg, 湿重)

标准类别	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
第一类	0.05	10	0.1	20	0.2	1	80	15
第二类	0.1	25	2	50	2	5	150	50
第三类	0.3	50(牡蛎 100)	6	100(牡蛎 500)	5	8	270	80

表 3.1.9-3 生物质量评价各评价因子及其评价标准 (mg/kg, 湿重)

标准类别	汞	铜	铅	锌	镉	砷	铬	石油烃
鱼类	0.3	20	2	40	0.6	5	1.5	20
甲壳类	0.2	100	2	150	2	8	1.5	20
软体类	0.3	100	10	250	5.5	10	1.5	20

采用单因子标准指数法对沉积物质量进行评价。

除贝类 S11 菲律宾蛤仔中镉、铅、砷超标外，其余指标均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001) 第一类标准；鱼类、甲壳类和软体类各指标均符合《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册) 中规定的生物质量标准。

3.2 海洋生态概况 (2020 年 11 月)

3.2.1 海洋生态调查概况

1. 调查站位

(1) 调查概况：中国水产科学研究院南海水产研究所于 2020 年 11 月在项目所在海域布设 8 个生态调查站位，分析内容主要包括叶绿素 a、浮游植物、底栖动物、鱼卵和仔稚鱼，此外还布设了 4 个游泳生物调查断面和 2 个潮间带调查断面。秋季海洋生态调查站位布设见图 3.1.7-1。

(2) 分析方法：水生生态各项目监测方法按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007) 和《海洋监测规范》(GB/T 17378-2007) 中相应的要求执行。

2. 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，采用萃取荧光法测定叶绿素 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 Cadee 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 0.1m^2 ,采用垂直拖网法。样品现场用福尔马林固定,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/m^3)。

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,每个调查站从底至表垂直拖曳 1 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 m^3 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。

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 0.05m^2 ,每站采样 2 次。样品用甲醛固定后带回室内分析鉴定。生物量(湿重)以 g/m^2 为计算单位。

5) 潮间带生物

汕头湾潮间带生物调查,调查断面 T1 及 T2 共 2 处, T1 高潮为人工堤,中低潮为人造水泥构件、沉积物为沙泥; T2 沉积物为沙泥,高中潮间有岩石散布其间。

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,网具采用悬挂流量计的浅海浮游生物 I 型网,于表层水平拖曳 10 分钟取得,拖速保持在 1.5 节左右,共获得了 15 个鱼卵仔鱼样品。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。

7) 游泳生物

调查船：“粤惠来渔 21089”，总吨 60t，主机功率 82kW，船长 27.0m，船宽 4.6m，吃水 2.3m。

调查网具：上纲长 4.8m，网身长 10.8m，网口目大 40mm，网囊目大 10mm。

调查规范：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，拖时为 1 h，拖速为 2.9-3.1 kn，平均拖速为 3.0 kn。每次放网 1 张。

3.计算方法

1) 初级生产力

以叶绿素 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 ($\text{mg C}/\text{m}^2 \text{d}$);

C_a ——表层叶绿素 a 含量 (mg/m^3);

Q ——同化系数 ($\text{mg C}/(\text{mg Chl-a h})$)，根据南海水产研究所以往调查结果，这里取 3.52;

L ——真光层的深度 (m);

t ——白昼时间 (h)，根据南海水产研究所以往调查结果，这里取 9.5。

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-Weiner 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

卵仔鱼的密度计算方法根据拖网面积、流量计读数和鉴定的鱼卵仔鱼数量, 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) 评估资源密度和确定优势种的方法

评估资源密度的方法: 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:

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

其中: 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

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

3.2.2 叶绿素 a 和初级生产力

1.叶绿素 a

本次调查海域,叶绿素 a 含量的变化范围在 0.49~0.97 mg/m³ 之间,平均值为 0.78 mg/m³。其中,以 6 和 11 号站叶绿素含量为最高(0.97 mg/m³),7 号站(0.93mg/m³)次之,4 号站叶绿素 a 含量为最低(0.49 mg/m³)。调查海域叶绿素 a 含量的平面分布有一定的差异,水平分布总体表现为无规则的变化状态,最高值约为最低值的 2 倍。

2.初级生产力

调查期间,初级生产力水平的变化范围为 10.56~41.80 mg C/m² d,平均值为 24.83 mg C/m² d。其中,以 6 号站(41.80 mg C/m² d)海域初级生产力水平最高,其次为 11 号站(36.57 mg C/m² d)海域,以 4 号站(10.56 mg C/m² d)海域为最低。初级生产力分布状况与叶绿素 a 的平面分布情况略有差异,最高值约为最低值的 4 倍。

3.2.3 浮游植物

1.种类组成

(1) 种类概况

本次调查的汕头湾海域,属典型的亚热带海湾海域,浮游植物以广温广盐性种类为主。本次浮游植物调查经初步鉴定有硅藻、甲藻、蓝藻和裸藻 4 大门类 29 属 57 种(含变种、变型及个别未定种的属)。其中硅藻门的种类最多,有 22 属 47 种,占总种类数的 82.46%;其次是甲藻门,有 3 属 5 种,占 8.77%。主要是硅藻类的圆筛藻属 *Coscinodiscus* 种类最多,出现了 10 种,其次为角毛藻属 *Chaetoceros*,出现了 7 种(种类名录见附录)。

2) 硅藻类出现情况

硅藻类出现的主要代表种包括辐射圆筛藻 *Coscinodiscus radiatus*、格氏圆筛藻 *Coscinodiscus granii*、中心圆筛藻 *Coscinodiscus centralis*、细弱圆筛藻 *Coscinodiscus subtilis*、弓束圆筛藻 *Coscinodiscus curvatulus*、钟形中鼓藻 *Bellerochea horologicalis*、中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*、中华盒形藻 *Biddulphia sinensis*、薄壁几内亚藻 *Guinardia flaccida*、泰晤士扭鞘藻 *Streptothecce thamesis*、拟旋链角毛藻 *Chaetoceros pseudocurvisetus*、洛氏角毛藻 *Chaetoceros lorenzianus*、圆柱角毛藻 *Chaetoceros teres*、太阳双尾藻 *Ditylum sol*、尖刺伪菱形藻 *Pseudo-nitzschia pungens*、菱形海线

藻 *Thalassionema nitzschioides* 和伏氏海毛藻 *Thalassiothrix frauenfeldii* 等, 这些种类在本海域出现频率高, 分布广, 数量丰富, 是构成本海域浮游植物群落的主要组成部分。

3) 甲藻类出现情况

本次调查甲藻类出现的种类相对较少, 仅出现了 5 种, 主要出现了叉角藻 *Ceratium furca*、大角角藻 *Ceratium macroceros* 和具尾鳍藻 *Dinophysis acuta* 等, 其中叉角藻的出现频率较高, 数量也较丰富, 其他种类则出现频率较低, 数量也相对较少。

4) 其他藻类出现情况

本次调查其他藻类出现了蓝藻和裸藻, 其中蓝藻类的束毛藻 *Trichodesmium sp.* 和裸藻类的静裸藻 *Euglena deses* 出现频率稍高, 数量也相对较丰富。

(2) 数量分布

1) 总体分布情况

调查结果显示, 本次调查海域的浮游植物密度水平相对较低, 平均密度为 $9.41 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 其数量以硅藻类占优势, 其密度为 $8.45 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 占总密度的 89.76%; 其次为蓝藻类, 其密度为 $0.66 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 占总密度的 7.01%; 居第三的为甲藻类, 密度为 $0.30 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 占总密度的 3.23%。

2) 栖息密度

浮游植物栖息密度水平分布方面, 各站位密度有一定的差异, 最高密度出现在 10 号站, 其数量达 $18.63 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$; 其次为 3 号站, 其密度为 $12.80 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$; 最低则出现在 7 号站, 其密度为 $3.33 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 最高密度约是最低密度的 5.6 倍。

(3) 优势种

以优势度 Y 大于 0.02 为判断标准, 本次调查的海域浮游植物优势种出现了 12 种, 隶属于硅藻门和甲藻门, 其中硅藻门的细弱圆筛藻 *Coscinodiscus subtilis* 的优势度达到 0.13, 为本次调查的第一优势种, 优势特征突出, 出现频率高达 100%; 第二优势种为圆筛藻 *Coscinodiscus sp.*, 优势度为 0.11, 优势特征也较突出。

(4) 多样性指数、均匀度和丰富度

本次调查海域站位样方内浮游植物平均出现种类数为 24 种, 种类多样性指数分布范围在 3.72~4.24 之间, 平均为 3.89; 最高出现在 2 号站, 其次为 3 号站,

最低则出现在 6 站；种类均匀度的分布范围在 0.79~0.88 之间，平均为 0.85；丰富度指数范围在 1.15~1.66，平均为 1.41。总体来说本海域浮游植物多样性指数及均匀度均属高水平，表明该海域生态环境相对较好。

3.2.4 浮游动物

1.种类组成

经鉴定，本次采样调查共出现浮游动物 29 种(类)，其中桡足类 18 种，占总种类数的 62.07 %；浮游幼体 5 类，占总种类数的 17.24 %；原生动物 3 种，占总种类数的 10.34%；毛颚类 2 种，占总种类数的 6.90%；被囊类 1 种，占总种类数的 3.45%（见附录）。

2.优势种

以优势度 $Y \geq 0.02$ 为判断标准且不包括幼体，调查期间采集的浮游动物共有优势种 6 种，其中以桡足类的太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)优势度较高，为 0.30，在整个海域中均有分布。

3.栖息密度与湿重生物量

调查期间，该水域采集的浮游动物栖息密度变化范围为 280.02~850.00 ind m^{-3} ，平均为 488.19 ind m^{-3} 。不同站位间的浮游动物栖息密度不同，以 3 号站位最高，8 号站位最低。

浮游动物湿重生物量变化范围为 1.63~22.33 mg m^{-3} ，平均为 14.85 mg m^{-3} 。不同站位间的浮游动物生物量不同，以 10 号站位最高，11 号站位最低，与栖息密度的空间分布有些差异。

4.浮游动物主要类群分布

桡足类 平均密度为 267.90 ind m^{-3} ，占浮游动物总个体数的 48.78 %，是本海域浮游动物的第一大类群。其中以 10 号和 3 号采样站密度较高，分别为 433.32 ind m^{-3} 和 425.00 ind m^{-3} ，其次是 6 号和 2 号采样站，密度分别为 378.16 ind m^{-3} 和 306.26 ind m^{-3} ，其他采样站的密度范围为 35.55~215.00 ind m^{-3} 。

原生动物 平均密度为 192.13 ind m^{-3} ，占浮游动物总个体数的 34.98%，是本海域浮游动物的第二大类群。其中以 11 号采样站密度最高，为 577.77 ind m^{-3} ，其次是 3 号采样站，密度为 375.00 ind m^{-3} ，其他采样站的密度范围为 37.50~175.00 ind m^{-3} 。

其他类群如毛颚类和被囊类等, 虽出现的数量不多, 但在调查的海域内也有分布。

5. 多样性水平

各站位浮游动物种类数范围在 8~15 种, 平均 12 种, 种类最多的出现在 6、7 号站位, 最少的出现在 11 号站; 多样性指数变化范围在 1.43~2.80 之间, 平均为 2.43, 以 3 号站最高, 11 号站最低; 均匀度变化范围在 0.48~0.78 之间, 平均为 0.68, 以 3 号站最高, 11 号站最低 (见表 3.2.4-3)。

根据陈清潮等提出的生物多样性阈值评价标准, 即 $Dv > 3.5$ 为非常丰富, 2.6~3.5 为丰富, 1.6~2.5 为较好, 0.6~1.5 为一般, < 0.6 为差, 来衡量该水域浮游动物群落结构状况。本次调查, 浮游动物多样性阈值变化范围为 0.69~2.18, 均值为 1.67, 多样性较好。

3.2.5 底栖生物

1. 生物量及栖息密度

(1) 总平均生物量及栖息密度

本次调查海域底栖生物的总平均生物量为 $40.48\text{g}/\text{m}^2$, 平均栖息密度为 $172.50\text{ind.}/\text{m}^2$ 。生物量的组成以软体动物占优势, 其次为多毛类动物。软体动物的生物量为 $28.19\text{g}/\text{m}^2$, 占总生物量的 69.64%; 多毛类动物的生物量为 $5.25\text{g}/\text{m}^2$, 占 12.97%。栖息密度的组成也以软体动物占优势, 其次为多毛类动物。软体动物的密度达到 $76.25\text{ind.}/\text{m}^2$, 占总栖息密度的 44.20%, 多毛类动物的密度为 $58.75\text{ind.}/\text{m}^2$, 占 34.06%。

(2) 生物量及栖息密度的水平分布

本调查区海域内各站位底栖生物的生物量有些差异, 最高生物量出现在 11 号站海域, 其生物量为 $114.60\text{g}/\text{m}^2$, 最低生物量出现在 7 号站海域, 生物量只有 $12.20\text{g}/\text{m}^2$, 最高站位是最低站位的 9.39 倍。栖息密度方面, 最高出现在 8 号站, 其栖息密度达到 $280\text{ind.}/\text{m}^2$, 最低密度出现在 3 号站海域, 密度为 $60\text{ind.}/\text{m}^2$, 最高站位是最低站位的 4.67 倍。

2. 种类组成和生态特征

本次调查经鉴定共出现底栖生物 5 门 30 科 38 种 (详见附录)。其中, 多毛类

动物和软体动物各有 13 种,各占总种类数的 34.21%,甲壳类有 7 种,占总种类数的 18.42%,棘皮动物有 4 种,脊索动物有 1 种。

多毛类多数呈埋栖分布;软体动物呈埋栖生活和分布;甲壳类中虾类多数营底层游泳和匍匐生活,而蟹类则呈埋栖生活;脊索动物营底层游泳生活;棘皮动物埋栖生活。

3.生物多样性指数及均匀度

通过大量的原始数据统计分析结果显示,本调查海域底栖生物多样性指数分布范围在 1.140—3.163 之间,平均为 2.261;均匀度分布范围在 0.570—0.959 之间,平均为 0.856,总的来说本海域多样性指数和均匀度属中上水平,说明本海域生态环境属良好状态。

3.2.6 潮间带生物

1.潮间带生物的种类组成

(1) 种类组成统计和生态特性

汕头湾 2 个断面采集到的潮间带生物共 6 门 30 科 40 种,以软体动物和甲壳类出现的种类最多,分别出现了 16 种和 14 种,分别占总种类数的 40.00%和 35.00%;其次为多毛类,占总种类数的 12.50%,其他类群出现的种类数少。本海区潮间带生物多属亚热带沿岸广布种,就适盐性而言,多数为广盐性种。

(2) 种类组成及生态分布

高潮区 种类相对较少,主要由疣吻沙蚕、北方凹指招潮、马来小藤壶、粗糙滨螺、方格短沟蜷、渔舟蜒螺、珠带拟蟹守螺、粒结节滨螺等组成。

中潮区 种类最多。主要由疣吻沙蚕、独齿围沙蚕、长吻吻沙蚕、光滑倍棘蛇尾、小刺蛇尾、紫轮参、潮间藤壶、活额寄居蟹、火红皱蟹、披发异毛蟹、双齿相手蟹、小相手蟹、长腕和尚蟹、海仙人掌、渔舟蜒螺、黑芥麦蛤、日本镜蛤、纹斑棱蛤、楔形斧蛤、褶牡蛎等组成。有些高潮区的种类延续分至中潮区,如疣吻沙蚕、渔舟蜒螺等。

低潮区 种类较多。主要由单叶沙蚕、异足索沙蚕、小刺蛇尾、绿斑细棘鰕虎鱼、双齿相手蟹、火红皱蟹、日本沙钩虾、双凹鼓虾、网纹藤壶、韦氏毛带蟹、周氏新对虾、变化短齿蛤、淡黄笔螺、翡翠贻贝、红肉河篮蛤、青蛤、紫边白樱

蛤等组成。有些中潮区的种类延续分至低潮区，如小刺蛇尾、火红皱蟹、双齿相手蟹等。

2.潮间带生物量及栖息密度

(1) 潮间带生物量及栖息密度组成

调查区域内潮间带生物平均生物量为 78.87g/m^2 ，平均栖息密度为 67.00ind/m^2 。

在潮间带生物生物量的组成方面，软体动物生物量居首位，为 48.65g/m^2 ，占总生物量的 61.68% ；其次为甲壳类动物，生物量为 22.32g/m^2 ，占总生物量的 28.30% ；其余种类的生物量都很低。

在潮间带栖息密度的组成方面，最高也为软体动物，为 36.67ind/m^2 ，占总栖息密度的 54.73% ；其次为甲壳类动物，为 20.33ind/m^2 ，占总栖息密度 30.34% ；第三位为多毛类动物，为 7.00ind/m^2 ，占 10.45% ，以棘皮动物和其他类动物的密度为最低。

(2) 生物量及栖息密度的水平分布

各断面的平均生物量及栖息密度的组成见表 3.2.6-3。在潮间带调查断面的水平分布方面，生物量和栖息密度分布均表现为 $T1>T2$ 断面。

(3) 垂直分布

本海域潮间带生物的生物量表现为中潮区>低潮区>高潮区，栖息密度表现为低潮区>中潮区>高潮区。

3.生物多样性指数及均匀度

调查结果显示，本海区潮间带多样性指数(H')和均匀度(J)属较高水平，2个断面多样性指数分布范围在 3.648-4.187 之间；均匀度分布范围在 0.859—0.926 之间。表明本海域潮间带生态环境良好，种类分布也较为均匀。

3.2.7 鱼卵仔鱼

1.种类组成

在采集的样品中，共鉴定出 4 个种类，隶属于 5 科，种类名录如下：

- 1、小沙丁鱼 *Sardinella sp.*
- 2、小公鱼 *Stolephorus sp.*

- 3、鲮科 Mugilidae
- 4、鲷科 Sparidae
- 5、鰕虎鱼科 Gobiidae

2.数量分布

本次垂直拖网调查 8 个站位,有 5 个站位采到鱼卵,共采到鱼卵 6 粒,仔鱼 2 尾。出现种类有 5 种:小沙丁鱼、小公鱼、鲮科、鲷科和鰕虎鱼科。依此计算,调查海域鱼卵平均密度为 662 粒 / 1000m³,仔鱼密度 144 尾 / 1000m³。鱼卵数量分布以 8 号站数量最多,密度为 1667 粒 / 1000m³,其次是 4 号站,密度为 1250 粒 / 1000m³。仔鱼则出现在 6、7 号站,平均密度为 144 尾 / 1000m³。

3.2.8 游泳生物

1.渔获种类和优势种类

渔获种类:本次调查,共捕获游泳生物 56 种,隶属于 11 目 31 科,其中:鱼类 29 种,隶属于 7 目 20 科,占总种类数的 51.79%,其中鲈形目有 13 科 18 种,占鱼类总种类数的 62.07%。头足类 3 种,隶属于 2 目 1 科。甲壳类 24 种,隶属于 2 目 9 科,甲壳类中虾类 8 种,占甲壳类总种类数的 33.33%,蟹类 10 种,占甲壳类总种类数的 41.67%,虾蛄类 6 种,占甲壳类总种类数的 25.00%。渔获种类名录见附录。

渔获中 *IRI* 值在 300 以上的有 8 种,分别为:皮氏叫姑鱼、拟矛尾鰕虎鱼、近缘新对虾、孔鰕虎鱼、丽叶鲈、隆线强蟹、变态螳、远海梭子蟹,由此确定这 8 种为本次调查游泳生物的优势种。

2.渔获率

本次调查各断面的平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 3.148kg/h 和 186.00ind/h。其中:鱼类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.625kg/h 和 96.75ind/h,头足类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 0.114kg/h 和 3.50ind/h,甲壳类平均重量渔获率和平均个体渔获率分别为 1.409kg/h 和 85.75ind/h。平均重量渔获率和平均个体渔获率,都是鱼类最多,其次是甲壳类,最少是头足类。

3.资源密度

本次调查各站位的平均重量密度和个体密度分别为 354.11kg/km² 和 20922ind/

km²。其中：鱼类平均重量密度和个体密度分别为 182.79kg/km² 和 10883ind/ km²，占总密度分别为 51.62% 和 52.02%；头足类平均重量密度和个体密度分别为 12.82kg/km² 和 394ind/ km²，占总密度分别为 3.62% 和 1.88%；甲壳类平均重量密度和个体密度分别为 158.49kg/km² 和 9646ind/ km²，占总密度分别为 44.76% 和 46.10%。由此可见，平均重量密度和平均个体密度，都是鱼类最多，其次是甲壳类，最少是头足类。甲壳类中：虾类平均重量密度和个体密度分别为 40.38kg/km² 和 4921ind/ km²，占甲壳类总密度分别为 25.48% 和 51.02%；蟹类平均重量密度和个体密度分别为 85.94kg/km² 和 3093ind/ km²，占甲壳类总密度分别为 54.22% 和 32.07%；虾蛄类平均重量密度和个体密度分别为 32.17kg/km² 和 1631ind/ km²，占甲壳类总密度分别为 20.30% 和 16.91%。甲壳类平均重量密度，蟹类最多，其次是虾类，最少是虾蛄类；甲壳类平均个体密度，虾类最多，其次是蟹类，最少是虾蛄类。

3.3 自然资源概况

3.3.1 港口资源

汕头港是我国沿海 25 个主要港口之一，海岸线资源约 430.65 公里，其中大陆海岸线 263.28 公里，海岛岸线长 167.37 公里（南澳岛岸线 76.58 公里）。

汕头港的建设一直以来都受到国家和地方的重视。汕头港目前有老港区、珠池港区、马山港区、广澳港区、海门港区、南澳港区以及榕江港区等 7 个港区。汕头市人民政府于 2013 年 9 月 3 日颁布的《汕头港总体规划（2012~2030）》，站在汕头市与粤东地区经济发展的高度，打破行政区划的限制，结合汕头“三大经济带”的规划，综合考虑港口发展现状、吞吐量预测、合理确定各港区功能定位及布局，科学规划岸线资源，将澄海、潮阳、潮南三区和南澳县、广澳等港区的规划纳入了汕头港总体规划。《汕头港总体规划（2012~2030）》实施完成后，汕头港将形成包括老港区、珠池港区、马山港区、堤内港区、广澳港区、海门港区、田心港区、南澳港区以及榕江港区等 9 个港区。

根据《汕头港总体规划》（2012-2030 年），汕头港各港区功能定位为：

（1）老港区：以散、杂货运输为主，主要为汕头市生产生活物资运输服务。远期根据发展需要，以规划进行功能调整。

（2）珠池港区：以集装箱、粮食和建材运输为主，为汕头市临港产业和外向

型经济提供运输服务。

(3) 马山港区：以煤炭运输为主、主要为后方华能电厂提供服务。

(4) 堤内港区：以散、杂货和集装箱运输为主的综合性港区。

(5) 广澳港区：以集装箱、石油化工品和散杂货运输为主，腹地经济和临港产业开发服务，逐步发展为大型综合性港区。

(6) 海门港区：以大宗能源和原材料运输为主，主要服务临港产业发展，兼顾腹地散货运输。

(7) 南澳港区：规划预留港区，结合发展需要适时开发。

(8) 田心港区：预留规划港区，结合发展需要适时开发。

(9) 榕江港区：规划内河港区，以散、杂货运输为主，主要为榕江沿江经济发展服务。

根据《汕头港总体规划》(2012-2030年)，2030年货物吞吐量将达到30000万吨(其中集装箱1200万TEU)。

3.3.2 航道和锚地

(1) 航道现状

汕头市目前共有航道7条，分别为：汕头港主航道、广澳港区航道、榕江航道、棉城河航道、梅溪航道、濠江航道和海门航道。其中，汕头港主航道全长21708m，目前已建成长7.95km的外导流防沙堤，进港航道分内、外航道。汕头港1号至11号灯浮标为外航道，外航道为3万吨级散货船(22501—35000)单向航道，长13168m，底宽150m，设计航道底标高-11m，满载乘潮(2小时，保证率90%，乘潮水位1.49m)。可通航1万吨级船舶。

榕江干流双溪咀~汕头礮石大桥航道长39km，属冲积平原，比降小，曲度大，水流平缓，水深滩少，榕江呈喇叭形河口湾水面宽阔，受涨落潮水流作用，2001年榕江航道整治工程完工后，该航段航槽稳定，水深条件好，航道水深在6m以上，其中，航道水深在6~7m的河段约15km，主要在桑田、西庐、青屿、姑所、双溪咀等河段，其他航道水深均在7m以上。目前榕江干流(双溪咀~礮石大桥)按全潮双向通航5000吨级海轮标准进行建设，航道设计尺度为：8.1×145×750m。

根据广东省交通厅、广东省发展和改革委员会《广东省内河航运发展规划》，

榕江（双溪咀～礮石大桥）39km，规划为通航 10000 吨级海轮。

汕头港 11 号灯浮标至龟屿为内航道，长 8540m，底宽 120m，设计水深 -8.0m，汕尾港航道现状为单向有进出汕尾港区的航道（自 1 号～5 号航标），全长 4.736 千米，水深 6.6 m，底宽 75 m，可直接通航 3000 吨级船舶，5000 吨级船舶乘潮进港，乘潮率 60%，此外还有马宫航道、鲘门航道、甲子航道、碣石航道、乌坎航道等。根据广东海事局的锚地公告，在汕尾市内共有锚地 13 处，分别是汕尾港的大型船舶临时避风锚地、过驳锚地、引航锚地、检疫锚地、装运危险货物船舶锚地，鲘门的检疫锚地、装运危险货物船舶锚地，遮浪的引航检疫锚地，碣石的大型船舶临时避风锚地、过驳锚地、引航检疫锚地，乌坎的引航检疫锚地，甲子的引航检疫锚地。

（2）锚地现状

汕头市目前共有锚地 27 个，分别为：汕头湾外锚地、广澳港区油轮锚地、广澳港区一般锚地、汕头 1 号锚地、2 号锚地、3 号锚地、4 号锚地、5 号锚地、6 号锚地、7 号锚地、11 号锚地、12 号锚地、13 号锚地、14 号锚地、汕头防台 1 号锚地、防台 2 号锚地、防台 3 号锚地、防台 4 号锚地、防台 5 号锚地、潮阳引航锚地、海门外港 1 号锚地、海门外港 2 号锚地、莱芜锚地、第一引航锚地、第二引航锚地、南澳港区锚地（分 4 个）、南澳国际避风锚地（分 6 个），用海面积共 8938.9ha。

3.3.3 渔业生产

汕头市所处海域有韩江、榕江、练江三江汇集进入南海，处于南海东北部黑潮暖流和南海暖流的主要活动区，东面与闽、台交接，西面与汕尾渔场相连，是粤东渔场的主要部分，海洋生物资源丰富。滩涂发育，有利于鱼类、甲壳类、贝类及藻类的生长，是粤东地区主要海水滩涂养殖场所。浅海面积大，可供增养殖的类型丰富。沿海有浮游动植物共约 500 多种，近海鱼类 471 种，贝类 30 多种、藻类 20 多种。

根据《汕头市 2016 年渔业统计年报》，汕头市渔业生产情况如下：

（1）渔业生产基本情况

2016 年，汕头市水产品总产量约 46 万吨，其中海洋捕捞 16 万吨，海水养殖 21 万吨。

2016年,汕头市渔业经济总产值合计108万元,其中海洋捕捞18.6万元,海水养殖23.1万元。

汕头市有6渔业乡共34个渔业村,其中项目附近的濠江区有2个渔业乡共11个渔业村,南澳县有2个渔业乡共14个渔业村。汕头市共有渔业人口14.3万人,其中传统渔民6.7万人。

汕头市拥有渔业船舶3240艘,总吨位8.4万吨。其中,生产渔船2481艘,包括捕捞渔船2295艘,养殖渔船186艘;辅助渔船373艘,包括捕捞辅助船359艘,渔业执法船14艘。

(2) 海洋捕捞

2016年,汕头市海洋捕捞产量约16万吨,其中项目附近的濠江区约2.1万吨,南澳县约6.8万吨。海洋捕捞产品中鱼类12.8万吨,主要品种有鳓雨、鳀渔、沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷、蓝圆鲹、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、小黄鱼、梅童鱼、方头鱼、带鱼、金线鱼、梭鱼、鲐鱼、鲛鱼、金枪鱼、鲳鱼、马面鲀、竹夹鱼、鲻鱼等;甲壳类1.8万吨,品种包括毛虾、对虾、鹰爪虾、虾姑、梭子蟹、青蟹和蟳等;头足类1万吨,品种包括乌贼、鱿鱼、章鱼;其它还有海蜇160吨。

海洋捕捞的方式有拖网10.6万吨,刺网2.6万吨,钓业1万吨,张网0.8万吨,围网0.5万吨,其它0.4万吨。

(3) 海水养殖

2016年,汕头市海水养殖总产量21万吨,其中项目附近的濠江区2.2万吨,南澳县11.2万吨。海水养殖中鱼类3.4万吨,品种包括鲈鱼、大黄鱼、军曹鱼、鲷鱼、鲷鱼、美国红鱼、石斑鱼;甲壳类3.3万吨,品种包括南美白对虾、斑节对虾、中国对虾、梭子蟹、青蟹;贝类8.2万吨,品种包括牡蛎、鲍、蚶、扇贝、蛤;藻类5.4万吨,品种包括海带、裙带菜、紫菜、江蓠、麒麟菜、羊栖菜。

海水养殖按照水域划分有海上养殖7.7万吨、滩涂养殖8.4万吨、其它养殖4.8万吨。主要养殖方式有池塘养殖4.7万吨,普通网箱0.8万吨、筏式9.7万吨,底播2.1万吨,吊笼0.45万吨,工厂化养殖830吨。海上养殖面积合计1.1万公顷,其中海上养殖0.34公顷,滩涂养殖0.43公顷、其他养殖0.34公顷。

3.3.4 旅游资源

汕头市滨海旅游资源目前已发现约60余处,大致可归为海、山、潮、侨、庙、

史等几类，其中已评定国家级森林公园 1 处，省级风景名胜区、自然保护区各 1 处，省级重点文物 9 处，省级旅游度假区 2 处，其它景点 40 余处。沿海风景区主要有：

(1) 龙虎滩风景区

龙虎滩位于汕头河浦至潮阳海门镇的塘边湾岸段，为国家 AAAA 级旅游区。占地 806 公顷，为旅游度假区。包括从濠江口至中信度假村一带，其西段至海门半岛属潮阳区，连续的海滩总长约 13km。而且这一段海滩没有大河注入，水质优良，沙质细软；海滩后腹地广阔，保留了 100m~300m 宽的防护林带，其背后是未来的汕头市南区新城，发展势头良好。

(2) 田心湾旅游度假区

田心湾旅游度假区位于汕头市南部海滨，占地 1238 公顷，度假区海滩沙质细、坡度小，海岸防护林规模大，生态环境好。

(3) 礮石风景名胜区

礮石风景名胜区位于汕头湾的南岸，区位条件特别好，构成了环海湾最优美的景观和环境要素，为国家 AAAA 级旅游区。风景区以大量花岗岩巨石为特色，全山森林覆盖率达 80% 左右。礮石风景区最高峰香炉峰海拔 198m，塔山紧邻海湾，是观赏汕头全景的最佳观景台。景观有奇石、叠置洞穴、花岗岩海蚀柱、寺庙、教堂和外国领事馆等。

(4) 青云岩风景区

青云岩风景区位于广东省汕头市濠江区东南的大瞭望山，那里林木茂密，山径幽深，岩洞奇特，泉水淙淙，风景清静优美，摩崖题刻琳琅满目，庙宇寺观建在云岩之间，历来有“海国风光第一山”的美称。

青云岩风景区十八石洞群古榕茂盛，山洞迂回曲折、曲径通幽。惟妙惟肖的假山小景、古代传奇故事壁画、千姿百态的先人墨迹等随处可见。有：“龙泉砺剑”，即传说中取该处泉水淬剑，砺剑则锋利无比；“渭水垂竿”刻画的是姜太公钓鱼的故事；“江渚浴牛”则是清代举人张兆昆借李白“牛渚西江夜，青天无片云”之诗意挥毫，还有“松龄鹤寿”、“祇园石刻”等各式小景。风景区半山腰上有一巨石，上书“五指峰”三字，这是达濠晚清贡爷张国栋所题。相传，张贡爷在此架梯题字，至“峰”字尾笔时，令工匠抽去梯子，他笔不离石，凌空而下，写成了“峰”字尾笔长九尺之奇书。青云禅寺始建于清光绪年间(公元 1896 年)，是汕头市文物

保护单位，壮丽堂皇的禅寺建筑群，隐于山林巨石之间，甚为壮观。

本项目 CK10+550~CK11+210 线路以隧道、路基形式穿越青云岩风景区 660m，其中隧道长度 585m、路基长度 75m。但该风景区不涉海，所以本论证不对其进行分析。

3.3.5 湿地资源

汕头市境内地势自西向东倾斜，韩、榕、练三江流经市区进入南海。三江众多支流织成水网，形成较完整的浅海滩涂湿地系统，是我国华南地区重要的湿地之一。湿地资源丰富，面积为 51140 公顷，占全市国土总面积的 24.77%。湿地物种丰富，珍稀濒危和重点保护物种多，有湿地植物 268 种，其中红树植物 20 种。汕头海岸湿地是中国三大国际候鸟迁徙路径之一，秋冬季栖息着许多跨境的越冬的候鸟，数量达数十万只。栖息在湿地上的受国际协定和公约保护的鸟类达 23 科 75 种，如苍鹭、白鹭、鸢、绿头鸭等，还有黑翅鸢、蓝胸秧鸡等 5 类濒危鸟类。群鸟栖息飞翔景观随处可见。在湿地滩涂周围还有珍稀的水禽、鱼、虾、贝、藻类等。为更好保护湿地资源，汕头市先后成立了广东南澳候鸟省级自然保护区、汕头市湿地市级自然保护区、市翠湖市级自然保护区和市河溪鸟类市级自然保护区。

3.3.6 珍稀濒危水生生物

1. 红树林

根据生态生物资源现状调查结果和历史调查资料，工程所在海域未发现有珍稀濒危水生生物。工程所在海域未发现红树植物分布。

汕头市拥有大量珍贵的天然红树林，同时拥有适宜红树林生长的湿地资源，全市湿地面积为 79 万亩，为广东省内面积最大、保存最完整的湿地系统。其中最具有代表意义的当属位于市区南滨的苏埃湾红树林，面积达 28 公顷。苏埃湾红树林为天然次生林，位于拟建汕头海湾隧道上游约 2km 处，主要树种为桐花树，本项目建设基本不会对其产生不利影响。

汕头市红树林本地种有桐花树、老鼠勒、黄槿、秋茄、假木莉、木榄等 12 种之多。近年来，汕头对红树林进行多方保护，确保其正常生长。2001 年 8 月，汕头市人民政府还专门发文设立湿地保护区，把汕头辖区内的牛田洋至新津河口湿地都列入保护范围，保护对象就是红树林及候鸟、珍稀水生动物。汕头市致力于

对天然红树林进行保护的同时，还积极采取措施营造人工红树林。2002年，市林业部门已在澄海六合围等地种下红树林1万余亩，进一步保护和发展红树林资源。2000年-2010年十年间汕头市累计人工种植红树林1666.6公顷，保存面积833.3公顷。

拟建项目所在海域用海范围内没有红树林分布，项目用海不会对红树林产生不利影响。

2. 中华白海豚

(1) 中华白海豚及其生活习性

中华白海豚在生物分类学上隶属脊索动物门，哺乳纲鲸目，海豚科白海豚属，为国家一级保护动物。中华白海豚是暖水沿岸性的小型齿鲸类之一，栖息在咸淡水交汇区，在我国东海、南海均有分布；一般单独或数头一起活动，多栖息于沿岸及河口一带，性活泼，喜跃出水面，常跟随船只游泳。

中华白海豚的食物以鱼类为主，主要捕食梅童鱼、凤鲚斑、银鲳、乌鲳、白姑鱼、龙头鱼、大黄鱼等河口常见鱼类。繁殖盛期5~6月，每产1胎。

根据广东省海洋与水产厅和中国水产科学研究院南海水产研究所的在珠江口的观察结果表明，中华白海豚出现频次较高的月份大约在夏季的6~7月以及冬季1月份左右，出现时间大多集中在10:00~14:00之间。

(2) 评价海域中华白海豚的目击情况

汕头海域受韩江等入海径流的影响，汕头港、莱芜湾和南澳岛等水域，在历史上有中华白海豚的搁浅和目击记录。

根据汕头市海洋与渔业局等有关部门的监测记录和群众的目击记录，中华白海豚主要出现在汕头港妈屿岛、莱芜湾、南澳岛等受河流淡水影响的区域。其中汕头港的目击记录较多：2003年11月22日有一市民发现汕头港旁边有一死亡的中华白海豚，保护区管理处将其打捞后依法处理；2007年3月31日下午3时许，10多条大白海豚游入汕头港妈屿泳场，直至下午4时多才离去；10月29日，有4头中华白海豚出现在汕头港湾；2008年的9月在汕头湾内发现5头；2008年11月6日，中华白海豚曾群现海湾大桥一带；2009年3月21日，在同一水域再次发现5头。另根据汕头市海洋与渔业局工作人员反映，曾有市民在礮石大桥附近海域观看到中华白海豚出没。

根据广东省“908”专项调查的任务计划，于2008年9月在汕头沿岸河口海

域进行了 1 个航次的海豚观测，观测截线长达 160km，观测期间为 0~3 级的优良海况，没有发现中华白海豚。

以上目击记录表明，中华白海豚偶尔出现在汕头港礮石大桥和海湾大桥附近海域，目击记录距离本工程最近距离约 0.4km。

3.3.7 汕头市湿地自然保护区

汕头市人民政府于 2001 年以汕府函[2001]88 号文批准成立汕头市湿地自然保护区，为市级保护区，主要保护对象为红树林、候鸟及珍稀水生生物。管理部门为汕头市林业局野生动植物保护管理办公室。保护区范围包括汕头辖区内的牛田洋至新津河口湿地，四至为：南岸西起西庐大堤，经浔洄港、三屿围、苏埃湾，东止澳头油库；北岸西起牛田洋海堤，经西港河口，东止新津河口，两岸之间水深浅于 6 米的湿地，面积 10333ha。其中汕头湾内的平屿、草屿、龟屿、鸡心屿和德州岛划为自然保护区核心区，实行重点保护；苏埃湾滩涂和韩江、榕江出海口等地作为缓冲区，实行松散管护。拟建项目不在汕头市湿地自然保护区范围内，本工程在汕头湾以海底隧道形式穿越，线位在德州岛和妈屿岛中间，自汕头湿地自然保护区附近绕避通过，不涉及保护区范围，距保护区最近距离约 225m。工程建设不会占用上下游的红树林生长区，不会对其造成明显不利影响。施工在海底底床进行，不会对湿地上鸟类的觅食产生影响。由于汕头市湿地自然保护区在成立之初未对保护区界址明确界定，目前，汕头市林业局正开展汕头市湿地自然保护区界址划定工作。根据《汕头湿地自然保护区确界方案》，汕头市湿地自然保护区 10333.33hm²。包括：西庐河流湿地、三屿围基塘湿地、牛田洋河流湿地、西港河口湿地、苏埃湾河流湿地、苏埃湾红树林湿地、榕江出海口湿地、濠江区近海岸湿地、龙湖区金海岸湿地、新津河口湿地和韩江出海口湿地等，保护区共分为 9 个区域。

拟建工程不在划定的保护区范围内（见图 3.3.7-2），且水下施工，对保护区的影响有限。

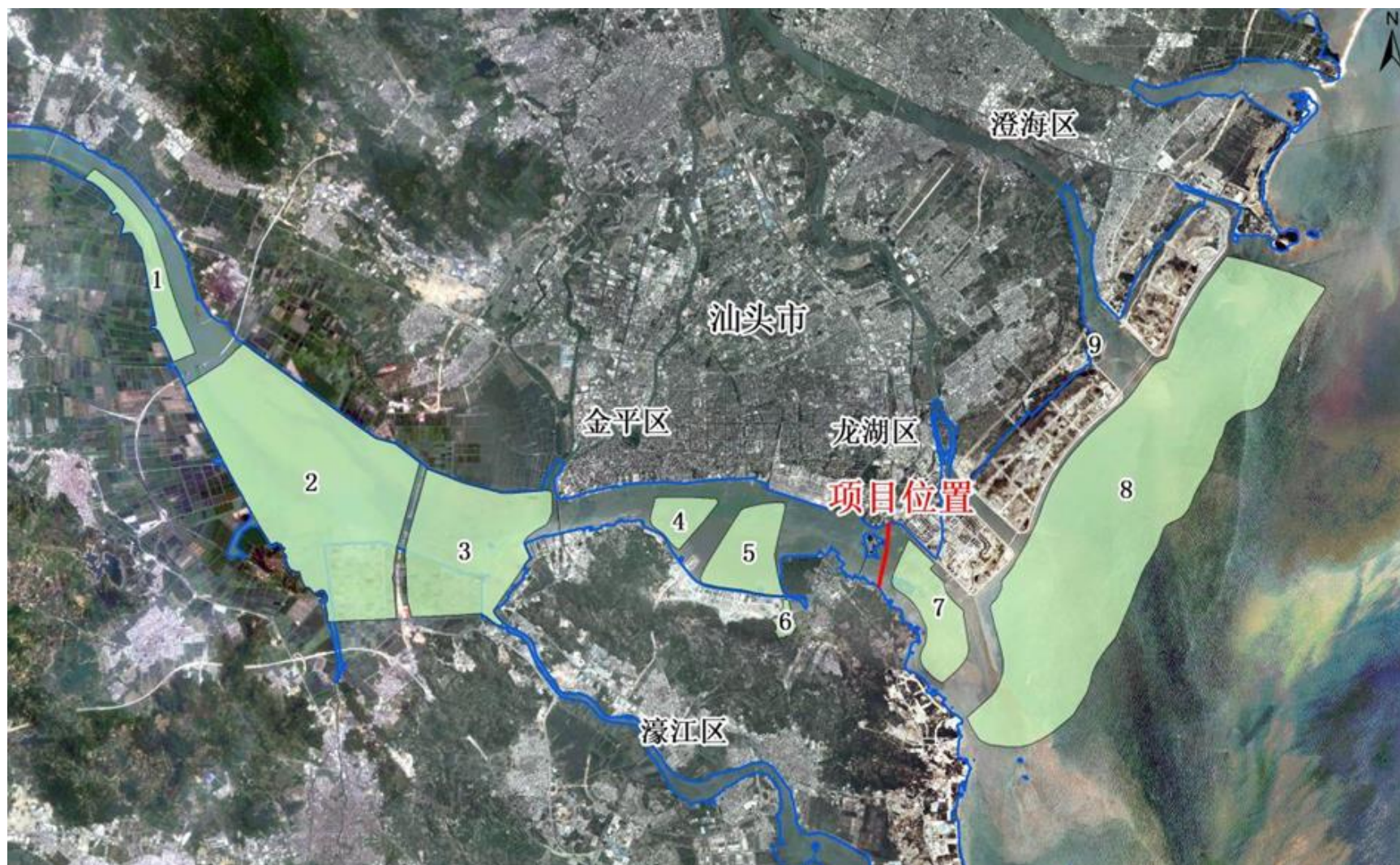


图 3.3.7-2 汕头市湿地自然保护区界址划定图

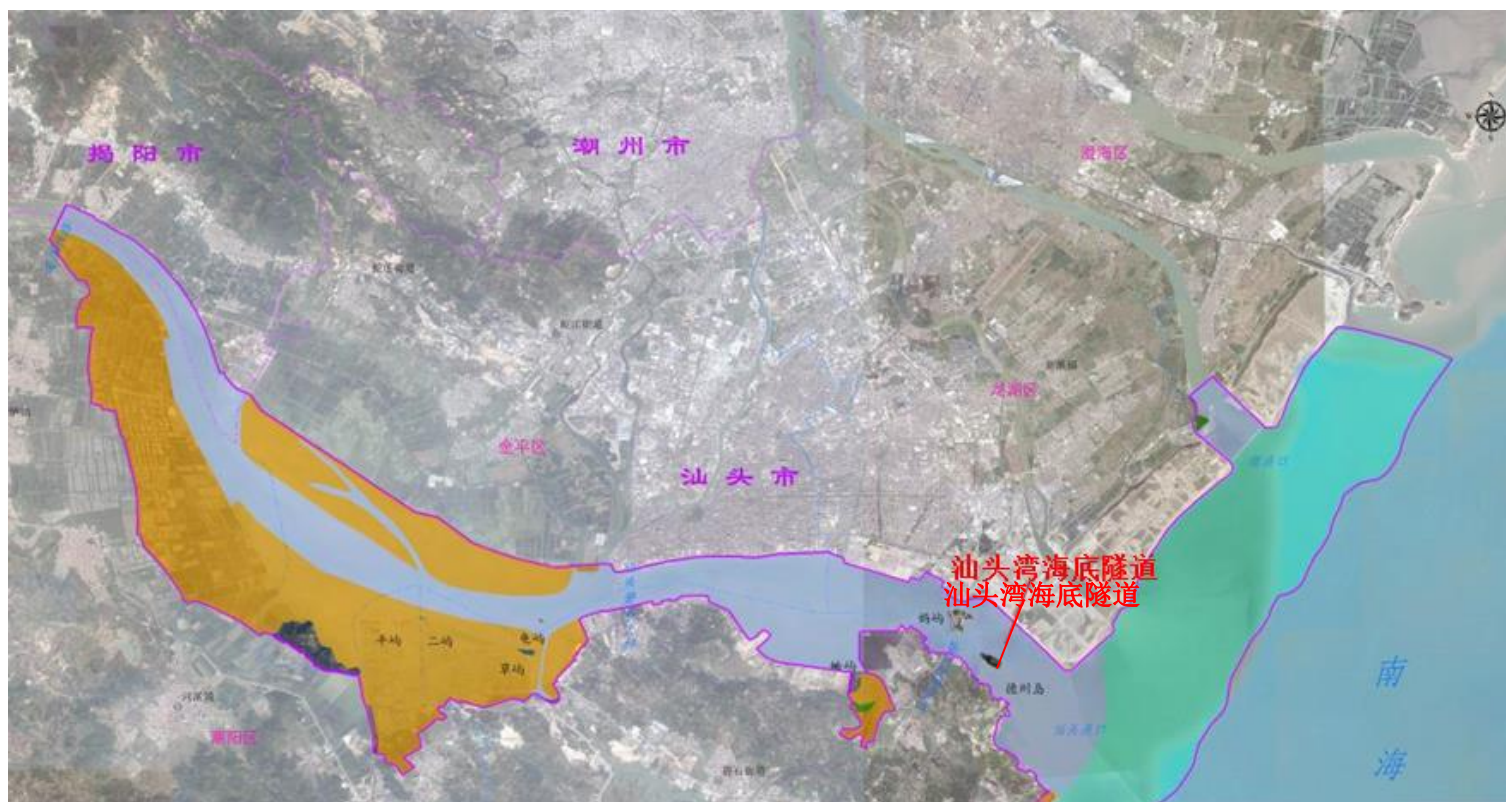


图 3.3.7-3 汕头市湿地自然保护区湿地类型分布图

3.4 开发利用现状

3.4.1 社会经济概况

汕头市位于广东省东部，韩江三角洲南端，北接潮州，西邻揭阳，东南濒临南海。辖金平、龙湖、澄海、濠江、潮阳、潮南6个区和南澳县，陆地总面积2064km²，海域面积1.05万km²。2019年末，全市常住人口566.48万人，当年出生人口7.72万人，出生率13.52‰，人口自然增长率9.01‰。

根据《2019年汕头国民经济和社会发展统计公报》，2019年全市实现地区生产总值(初步核算数)2694.08亿元，比上年增长6.1%。其中，第一产业增加值120.88亿元，增长3.0%；第二产业增加值1279.70亿元，增长4.1%；第三产业增加值1293.50亿元，增长8.7%。三次产业结构由上年的4.4：48.8：46.8调整为4.5：47.5：48.0。在第三产业增加值中，批发和零售业增长5.5%，住宿和餐饮业增长2.4%，金融业增长6.2%，房地产业增长1.6%。现代服务业稳步发展，实现增加值646.21亿元，增长9.7%。民营经济增加值1959.79亿元，增长5.5%。全市人均地区生产总值 47669元，增长5.6%。全市完成一般公共预算收入138.23亿元，比上年增长5.1%；一般公共预算支出386.80亿元，增长17.7%。全年居民消费价格总水平上升3.0%。全年城镇新增就业人员4.91万人，下降8.9%；全市城镇登记失业人数1.86万人，城镇登记失业率为2.47%。

3.4.2 海域使用现状

汕头海湾隧道 CK3+493~CK5+341 以海底隧道形式穿越汕头湾，隧址位于汕头海湾大桥下游约 360~960m 的妈屿岛与德洲岛之间，隧址处汕头湾水面宽度约 2.2km。

1. 汕头海湾大桥

汕头海湾大桥是中国广东省汕头市境内连接濠江区与龙湖区的跨海大桥，位于礮石海之上，是沈海高速公路（国家高速 G15）重要组成部分之一，也是构成汕头市区东部的城市主干道路之一。汕头海湾大桥南起南滨路，上跨礮石海及妈屿岛，北至泰星路；线路全长 2500 米，分北引桥、正桥、南引桥及两岸引线路基，其中正桥长 961.8m、北引桥 1129.1m、南引桥 409.1m，主桥桥面宽 24.2m，引桥桥面全宽 28.1m，桥面为双向六车道高速公路，设计速度 60 千米/小时，桥

主孔通航净跨度 452m，通航净高 46m，可以通过 5 万吨级船舶。汕头海湾大桥现场照片见图 3.4.2-1~图 3.4.2-2。



图 3.4.2-1 拟建隧道工程上游海湾大桥（左岸龙湖侧）



图 3.4.2-2 拟建隧道工程上游海湾大桥（左岸）

2. 架空电缆

汕头海湾隧道线路与汕头海湾大桥之间有一处 220kV 架空电缆，位于本隧道上游约 315m。架空电缆见图 3.4.2-3。



图 3.4.2-3 架空电缆现场图

3.码头

汕头海湾隧道南北登陆点两岸遍布码头，项目西北侧 1.8km 的汕头招商局港口集团码头为汕头招商局港口集团码头、西北侧 1.5km 的汉山油码头为广东省石油企业集团粤东公司码头，现已停产、西北侧 1.2km 的珠池油码头为汕头市油料总公司码头，现已停产，已确权、西北侧的 0.7km 海洋码头为汕头海洋第一聚苯树脂有限公司码头、西北侧 0.6m 的妈屿渡口为往返妈屿岛和市区的轮渡码头、西北侧 0.5km 的红肉码头为妈屿岛上的码头、东南侧 0.3km 的交通部南海航海保障中心汕头航标处码头、东北侧 0.2km 的华润水泥厂码头为华润水泥（汕头）有限公司码头，已确权、西北侧 1.0m 的马山油码头为广东省石油企业集团粤东公司码头、西侧 1.5km 的华能电厂码头为华能汕头电厂码头，已确权。

拟建隧道工程右岸濠江区侧上游约 1500m 处有华能电厂码头，上游 200m 处有华润水泥公司码头，下游 1350m 处有南海救助局码头。部分涉水工程见图 3.4.2-4~图 3.4.2-5。



图 3.4.2-4 拟建隧道工程上游 100m 处华润水泥公司码头（右岸濠江侧）



图 3.4.2-5 拟建隧道工程上游 100m 处华润水泥公司码头（右岸濠江侧）

5.航标

拟建工程附近河段航标配布较为完善，能较为清晰地显示通航水域。在工程上游约 670m、2km 处航道左右侧均设有浮标。工程海域附近未发现军用浮鼓。

6.妈屿岛游泳场

妈屿岛东南面有约 100 米长的月眉形海滩，东北可远眺南澳岛，东南则近观德州岛（鹿屿）。沙滩平坦洁白，海水碧透清绿，是天然的海水泳场。海滩两侧

凤、鸾二山，怪石嶙峋，千姿百态。海滩中间，突起一座小石峰，裂痕片片似花瓣，故被称为“牡丹峰”，与左右山形成“鸾凤朝牡丹”佳景。泳场现状见图 3.4.2-9。



图 3.4.2-9 泳场现状图

7.游泳快艇靠泊竹排

妈屿岛为著名旅游胜地，有海水浴场，竹排为海水浴场旅游配套设施。现状见图 3.4.2-10。



图 3.4.2-10 游泳快艇靠泊竹排对应的照片

8.汕头港航道

汕头港主航道是汕头湾的进港航道，地处韩江、榕江、练江三江出海口。目

前汕头港主航道为 3 万吨级单向航道，底标高为-11.0m，有效底宽 150m，长度 13.5km，边坡 1:0，3 万吨级船舶可满载乘潮进出汕头港。汕头港主航道是汕头湾各港区的命脉，分为内航道和外航道。内航道长为 8.54km，水深为-8.0m，底宽 120m；外航道经浚深拓宽，现为长 13.168km、水深-11.0km、底宽 150m 的三万吨级单向航道。根据汕头港航道规划，汕头湾主航道远期规划为 5 万吨级，航道底标高约为-16.0m。

9.堤防

拟建汕头海湾隧道工程右岸为礮石山，据现场调查，右岸为自然山体，无防洪对象，左岸为汕头大围。汕头大围是广东省十大堤防之一，位于为汕头市区北片，即汕头港以北整片区域。东界韩江西溪的新津河、梅溪穿中而过，西界大港河和西港河（潮安县韩西片排涝河），南临汕头港海域。根据 2008 年上报水利部的可行性研究报告核定，堤围总长为 92.42km，围内总面积则为 143.5km²。汕头大围捍卫着金平、龙湖 2 个主城区，是汕头市的政治、经济、文化中心，人口密集、工商企业高度集中，经济商贸发达的特点，对遍布海内外的数百万潮籍乡亲有广泛影响和凝聚力，有着十分重要的地位。

拟建隧道工程所处汕头湾左岸为汕头大围下蓬围防潮堤段，下蓬围采用以防潮堤为主的防潮体系，规划防洪堤段防洪标准为 50 年一遇，其堤防工程级别为 2 级；防潮堤段防潮标准为 100 年一遇，其堤防工程级别为 1 级。目前均已完成达标加固，堤顶高程约 5.44m，防浪墙高程约 6.04m。工程处左岸堤防主要特征见表 3.4.2-1，现场情况见图 3.4.2-11~图 3.4.2-12。

表 3.4.2-1 工程隧址处左岸堤防主要特征

堤防名称	设防标准	设计水位/m	堤顶（防浪墙顶）高程/m	堤防形式
汕头大围 （下蓬围海堤）	100 一遇	3.85	5.44（6.04）	直斜结合 复式堤岸



图 3.4.2-11 拟建隧道工程上游堤防（左岸龙湖侧，分别向上、下游拍摄）



图 3.4.2-12 拟建隧道工程上游堤防（右岸濠江侧，向下游拍摄）

10. 汕头湾湿地自然保护区

汕头市湿地自然保护区，为市级保护区，主要保护对象为红树林、候鸟及珍稀水生生物。管理部门为汕头市林业局野生动植物保护管理办公室。汕头海湾隧

道以全隧道形式临近，最近距离 255 米。

11. 新建汕头至汕尾铁路项目

建设单位为广东广汕铁路有限责任公司，该项目路线走向：汕头至汕尾铁路线路自广汕铁路汕尾站东端引出，经陆丰市，跨越螺河，乌坎河，连续上跨省道 338、鳌江进入惠来县，线路跨过龙江、龙江支流、雷岭河、省道 236、揭惠高速、省道 337、沈海高速后以大南山 1 号、大南山 2 号两座长隧道连接惠来县与潮南区，尔后向东北向行进，上跨南山截洪、省道 S337、沈海高速后折向北行，后并行于沈海高速南侧，上跨练江后进入潮阳区境内，依次上跨海门收费站、沈海高速匝道、新华大道、省道 S234、中信大道，疏港大道，濠江后，折向北以于青云岩风景区南侧山体钻入地下，隧道下穿汕头湾后引入汕头站。

汕头海湾隧道长 9.191km，汕头海湾隧道跨越汕头湾涉海段 DK160+905.25~DK162+899.75，涉海段长为 1994.5m。汕头海湾隧道用海面积为 6.9264 公顷，汕头海湾隧道共穿越岸线 110m（其中北岸 34m、南岸 76m（海岛自然岸线））。该项目目前已批复但未兴建，本项目距离该隧道约 190m，走向一致，基本并排。

本项目所在海域的开发利用现状情况统计见表 3.4.2-2。

表3.4.2-2 项目所在海域开发利用现状统计表

跨海区域	序号	开发利用活动	相对位置、最近距离	开发现状及用海权属情况
海底隧道	①	汕头招商局港口集团码头	西北侧，1.8km	汕头招商局港口集团码头（已搬迁）
	②	汉山油码头	西北侧，1.5km	广东省石油企业集团粤东公司码头，已停产
	③	珠池油码头	西北侧，1.2km	汕头市油料总公司码头，已停产
	④	海洋码头	西北侧，0.7km	汕头海洋第一聚苯树脂有限公司码头
	⑤	妈屿渡口	西北侧，0.6m	轮渡码头
	⑥	红肉码头	西北侧，0.5 km	在用，未确权
	⑦	海湾大桥	西侧，0.4km	连接濠江区与龙湖区的跨海大桥
	⑧	游泳快艇靠泊竹排	西侧，0.2km	泳场配套设施
	⑨	妈屿游泳场	西侧，0.3km	天然海水浴场
	⑩	妈屿避风塘	西北侧，0.7km	主要是船舶避风
	⑪	交通部南海航海保障中心汕头航标处码头	东南侧，0.3km	交通部南海航海保障中心汕头航标处码头
	⑫	航标	东南侧，0.5km	助航设施

	⑬	华润水泥厂码头	东北侧, 0.2km	华润水泥(汕头)有限公司码头, 已取得海域使用权证
	⑭	马山油码头	西北侧, 1.0m	广东省石油企业集团粤东公司
	⑮	妈屿至德州海底电缆	与项目相交	海底电缆
	⑯	华能电厂码头	西侧, 1.5km	华能汕头电厂码头, 已确权
	⑰	汕头港航道	项目所在海域	汕头湾的进港航道
	⑱	架空线路	项目龙湖段上方	
	⑲	堤防	穿越	防洪
	⑳	汕头湾自然保护区	东侧约 300m	湿地保护区
	㉑	汕头海湾隧道	东侧 25m	在建项目

3.4.3 海域权属现状

项目用海两侧 3km 范围内存在多个已经取得用海权证的用海活动。

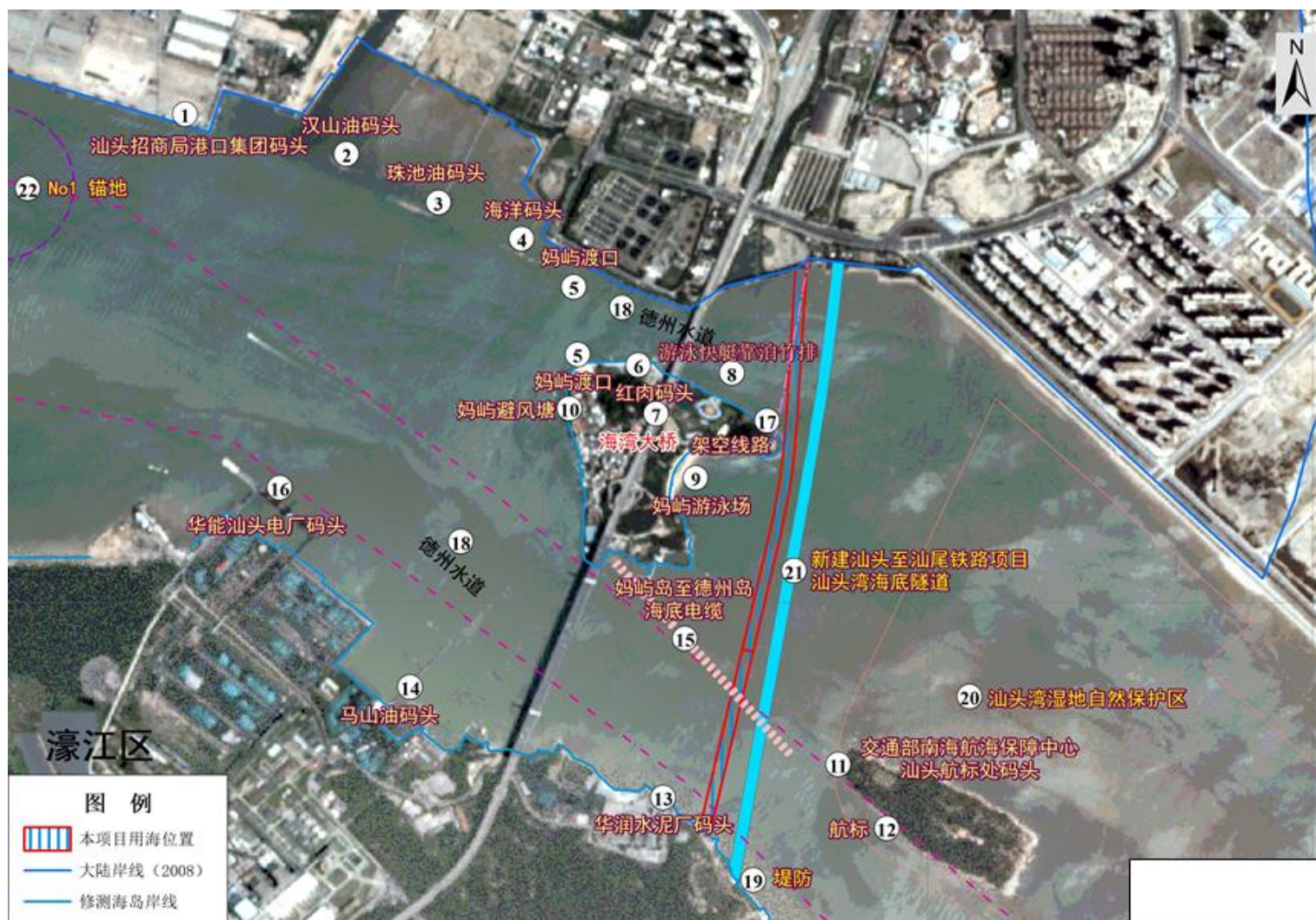


图 3.4.2-13 汕头海湾隧道附近海域使用现状图

4 项目用海资源环境影响分析

4.1 项目用海环境影响分析

4.1.1 海洋水动力环境影响分析

本工程所采用的是全隧道工程,属于海底工程,涉海段主要采用的是盾构法,有一小部分采用的是矿山法,均为暗挖法,隧道将直接穿越海底,并与海床表面预留一定距离,因此对工程区域水动力不产生影响。

4.1.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

根据海床演变分析结果显示,拟建隧道水域在无大的人类活动干预下,将继续保持小幅度的滩冲槽淤演变趋势。同时,隧道埋于地下,建成后不存在裸露于海床之上的建筑物,因此隧道工程建设不会改变该水域的海床演变规律,也不会对海床及航道稳定产生不利影响,本区的海床及航道稳定性基本满足隧道建设的条件。

综上所述,本海底隧道工程所采用的盾构法和矿山法隧道方案不占用过流断面,对附近潮流动力基本无影响,对汕头海湾及附近水域的水动力、泥沙输移基本无影响,不会影响汕头海湾水域整体岸滩稳定,对地形地貌与冲淤环境无影响。

4.1.3 海洋水质环境影响分析

4.1.3.1 施工期水质环境影响分析

海底隧道施工由于是采用盾构法和矿山法的施工方式,最大埋深约为120m,最小埋深为17.09m,施工过程中对海洋水质环境基本不会产生影响。

隧道施工排水含有大量泥沙,若直接排放容易污染水体和引起受纳沟渠淤积,此外,盾构井设于CK2+230~CK2+250处(非涉海),盾构井的施工过程也会对沿线水环境产生一定的影响。海湾隧道周围有少量农田及鱼塘,施工高浊度含泥废水若直接排放有可能造成淤塞,降低土壤肥力及鱼塘水质,影响农业及渔业生产。

项目施工过程中对海洋环境的影响主要来自于矿山法段和工作井建设时陆上施工所产生的废水,以及暴雨时的地表径流、建筑施工废水和生活污水。如果收集处理不当,将对海洋环境产生一定的污染。

海底隧道施工作业时矿山法段和工作井施工需进行开挖后回填。开挖坑的物料未回填时,若不遮盖堆放的开挖物料,发生暴雨,雨水径流可能会将开挖物料冲刷,径流携带泥沙若不经截流沉淀,将直接造成附近海域悬浮物增大,影响水质和生态环境。本项目施工过程中将采取严格的环保措施,及时对开挖物料进行遮盖回填,发生暴雨时,将对携带泥沙的径流进行截流沉淀,经过采取这些措施后,地表径流对海洋水环境影响很小。

本项目施工期施工营地设临时厕所和小型生活污水处理设施,施工人员产生的生活污水排入临时厕所内经小型生活污水处理设施预处理后,交由有能力的单位用槽罐车外运送至附近污水处理厂进行达标处理,不会对环境产生影响。

施工机械设备、施工船舶产生的油污水经收集后有能力的单位接收处理,不会对环境产生影响。

本项目施工过程中将采取严格的环保措施,及时对开挖物料进行遮盖回填,发生暴雨时,将对携带泥沙的径流进行截流沉淀,经过采取这些措施后,地表径流对海洋水环境影响很小。

综上所述,施工过程中将采取严格的环保措施,项目施工期间产生的生活污水、生产污水、地表径流污水排放能得到有效的污染防治处理,在严格执行上述措施的前提下,本工程施工期污水排放对水质环境的影响较小。

4.1.3.2 营运期水质环境影响分析

隧道建设后,盾构段一般渗漏水较少,在救援通道两侧设置半圆形排水沟,轨道两侧设置轨旁排水沟,并每隔一段距离将上层排水沟引流至隧道底部排水沟。盾构段废水最终通过底部排水沟排放至最低点废水泵房,然后通过葛洲斜井集中抽排至地面管网。本项目产生的废水将不会带来明显的水污染影响。

隧道建设过程中及建成后,将加强防水设计和建设,防水等级标准达到一级,将采取一系列措施进行防水工作。隧道的建设施工单位严格按有关规范及设计进行施工,确保工程质量,本项目建设后,不会有明显渗水,对项目附近海域水质环境造成影响不大。

4.1.4 海洋沉积物环境影响分析

4.1.4.1 施工期沉积物环境影响分析

海底隧道施工由于是采用盾构和矿山法的施工方式,海域段受海底构造带影响,岩层相对较破碎,项目施工过程将破坏一定的沉积底土。

根据项目施工期水环境影响分析结果,施工期本项目产生的废水将不会带来明显的水污染影响,施工机械产生的油污水经收集后由有能力的单位接收处理。因此工程施工将破坏一定的沉积底土,但是不会对海洋沉积物环境质量产生影响。

4.1.4.2 营运期沉积物环境影响分析

隧道建设后,隧道内少量渗漏水或消防、冲洗水由废水泵房集中抽排至地面市政管网,雨水由雨水泵房集中抽排至地面市政管网。管理中心产生的工作人员办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水一起排入市政污水管网。本项目管理中心产生的生活垃圾集中收集运至垃圾处理站处理。因此营运期基本不会对海洋沉积物环境产生影响。

4.1.5 项目用海对通航环境影响分析

以下结论引自广东正方圆工程咨询有限公司 2018 年 5 月编制的《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区汕头海湾隧道工程航道通航条件影响评价报告(报批稿)》。

本广梅汕铁路工程隧址位于汕头海湾大桥下游约 360~960m 的妈屿岛与德洲岛之间,以隧道的方式穿越汕头湾航道。拟建广梅汕铁路与拟建汕汕高铁客运专线平行间距最小相隔约 40m,地理位置如图 4.1-1 所示。项目用海对通航环境影响评价结论如下:



图 4.1-1 拟建隧道工程地理位置图

1、广梅汕铁路汕头湾段隧道于汕头海湾大桥下游约 360~960m 的妈屿岛与德洲岛之间，以隧道的方式穿越汕头湾航道，工程河段河床基本稳定，选址满足通航标准要求。

2、拟建隧道穿越的汕头港主航道远期规划预留最大通航能力为 5 万吨级，其中外航道按 5 万吨级集装箱船全天候通航控制，该隧道的建设是按通航 5 万吨级海轮标准进行建设，因此，隧道建设标准与航道等级是相匹配的。

3、根据计算本隧道顶部埋设高程应低于-29.49m，设计单位提供的本隧道顶部满足埋深-30.34m 的隧道长度 1.35km，满足计算长度不小于 1260m 的要求，工程建设对船舶通航安全影响较小。

4、本工程隧道施工采用两管盾构方案，施工过程中对工程区域船舶的正常航行影响不大。

4.1.6 项目用海对防洪的影响分析

根据广东省水利水电科学研究院 2019 年 7 月编制的《新建铁路广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路汕头海湾隧道工程防洪评价报告（送审稿）》相关评价结论可知：

① 河床演变分析表明：2002 年以前，工程所在汕头湾河床有向窄深发展的趋势，2002 年以后，河床有所回淤，由于两岸堤防等的约束，河势趋于稳定。

② 拟建隧道工程不会出露河床，不占用河道行洪面积，对河道行洪安全及河势稳定不会带来不利影响。

③ 工作井距下蓬围海堤距离为 1271.72m，斜井距拟建隧道工程右岸山体 145.14m，斜井与工作井距离两岸堤防均较远；拟建汕头湾隧道工程穿越雄鸡山时，现状下隧道工程顶部距山体路面埋深约 50.66m；穿越下蓬围海堤时，隧道工程顶部距下蓬围海堤迎水坡坡脚处理深约 25.76m，距下蓬围海堤背水坡堤脚处理深约 25.28m，工程顶部距离两岸堤防均较大。

④ 工程垂直投影占用河道管理范围面积 26501.36m²，其中水域面积 23578.41m²，陆域面积 2922.95m²。

⑤ 拟建隧道工程工作井距堤防及护岸较远，且隧道埋深较深。通过堤防稳定复核分析计算，因隧道开挖引起的竖直沉降最大值约为 22.4mm，发生在隧

道顶,堤防地面沉降最大值约为 6.3mm,沉降量较小,基本可忽略不计。满足《规范》要求,故拟建工程在运行期对堤防稳定造成的影响甚微。

隧道左岸下游 3000m 处有新津水闸,上游 1400m 处有黄厝围沟泵闸。由于拟建隧道工程距上述泵闸距离较远,故拟建隧道工程对泵闸工程造成的不利影响甚微。

⑥ 拟建隧道工程及其施工不占用防洪抢险通道,因此,工程不会对防汛抢险产生不利影响。

⑦ 拟建隧道工程布设在河床以下并具埋深较深,无出露河床,工程建设不会改变河道水流边界条件,拟建隧道工程顶部距河床最小埋深 16.40m,工程建设不会对附近航运、取水、码头安全运行等第三人的合法水事权益造成不利影响。

综上所述,汕头湾隧道工程对汕头湾的整体防洪态势造成的不利影响甚微。

4.2 项目用海生态影响分析

4.2.1 施工期海洋生态环境和生物资源影响分析

4.2.1.1 对底栖生物的影响分析

海底隧道施工由于是采用盾构的施工方式,最大埋深约为120m,最小埋深为17.09m,而底栖生物的活动范围一般是在海底40 cm以上底土里,底土下40 cm一般不会有底栖生物活动,因此,海底隧道在海底的施工对底栖生物基本上没有影响。

4.2.1.2 对浮游生物、游泳生物、渔业资源的影响分析

项目隧道施工采用盾构的施工方式,盾构施工产生的弃渣,由泥浆泵输送到洞外分离,经分离后的渣土部分回用,其它的全部外运处置,不会对工程所在海域的环境产生影响。各类污废水排至市政污水管网统一进行达标处理再外排,污水也不会对工程所在海域环境产生影响,因此施工期本工程不会对所在海域的浮游生物、游泳生物及渔业资源产生影响。

4.2.2 营运期海洋生态环境和生物资源影响分析

隧道建设后,隧道内少量渗漏水或消防、冲洗水由废水泵房集中抽排至地面市政管网,雨水由雨水泵房集中抽排至地面市政管网。管理中心产生的工作人员

办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水一起排入市政污水管网。因此运营期对海洋生态环境影响较小，对海洋生物资源不会造成损失。

4.2.3 对海洋环境敏感保护目标的影响分析

项目附近的海洋环境敏感目标主要是汕头市湿地自然保护区。

(1) 敏感区概况

汕头市湿地自然保护区成立于 2001 年 8 月（汕府函【2001】88 号），面积 10333 公顷，包括榕江下游汕头辖区内的牛田洋至新津河口湿地，主要保护对象为红树林、候鸟及珍稀水生生物。该保护区成立后长期未做规划，四至范围不明确。

2017 年 12 月，保护区完成了总体规划编制及确界工作，汕头市政府以汕府函 [2017] 286 号进行了批复。

(2) 工程与敏感区位置关系

根据《汕头市湿地自然保护区总体规划（2017~2026）》，本工程 CK3+800~CK5+400 段以全隧道形式临近汕头湿地市级自然保护区边界，最近距离 255 米，具体见图 4.2-1。

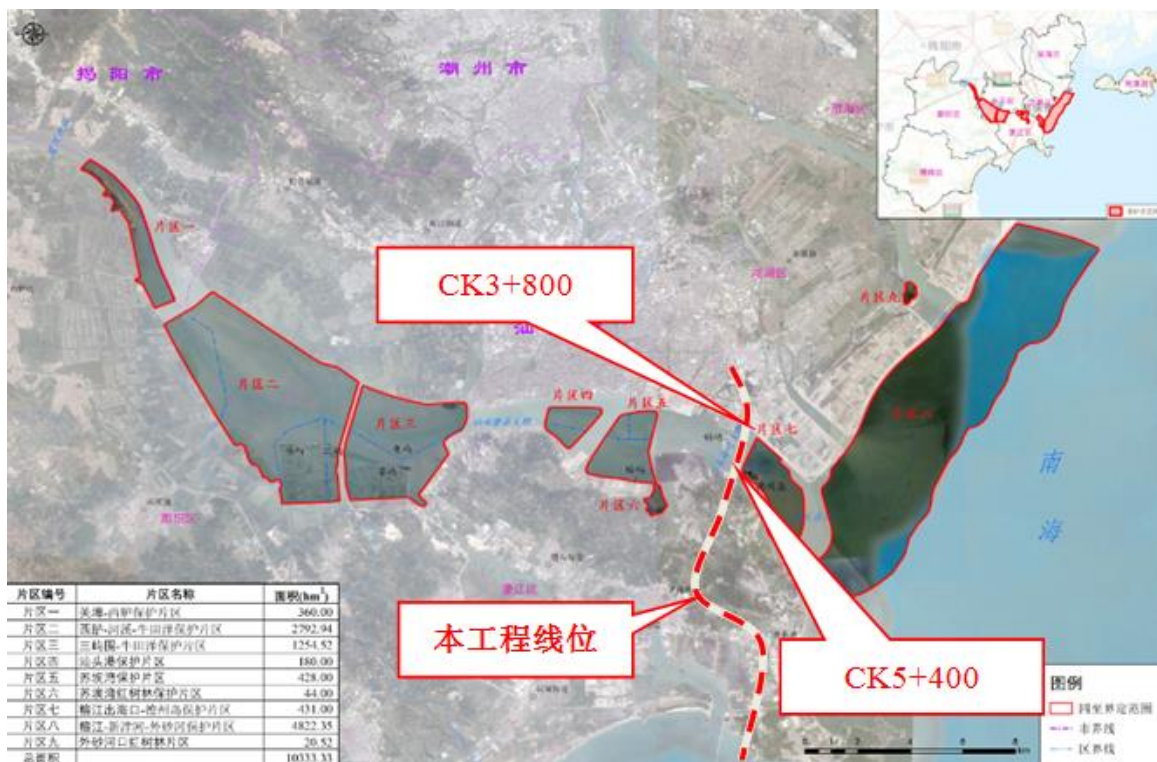


图 4.2-1 工程与汕头市湿地自然保护区位置关系示意图

(3) 工程内容和施工方案

本工程以隧道形式临近汕头湿地市级自然保护区边界 255 米，隧道最小埋深 26.2 米，设计采用盾构法和矿山法施工，进口距保护区北边界 1858 米、出口距保护区南边界 6059 米，在海域及滩涂区域无地面工程。设计废弃泥浆存放在泥浆池内，干化后运至允许排放的地点。

(4) 环境影响分析

根据《自然保护区建设项目生物多样性影响评价技术规范》的相关要求，委托广州草木蕃环境科技有限公司开展了生态影响专题论证工作。

根据《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》报告，在遵循项目建设与资源保护相协调的指导原则，采取有效生态防护措施的前提下，本工程建设和运营不会对把保护区生态环境及管理造成重大损害。

(5) 主管部门意见

前期调查中，因汕头市湿地自然保护区四至范围不明确，建设单位以《关于征求汕头站至广澳港区疏港铁路过汕头湾路段线路方案意见的函》（深建指工函【2017】435 号）进行了意见征询。汕头市林业局以《关于征求新建广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路穿越汕头湾路段线路方案意见的复函》（汕林函【2017】95 号）进行了回复，原则同意工程线路方案，同时要求：根据《国家林业局办公室关于进一步加强林业自然保护区监督管理工作的通知》（办护字【2017】64 号）、《广东省发展改革委关于加快推进重要线状基础设施点项目穿越环境敏感区前期工作的通知》（粤发改重点【2016】174 号）等有关规定办理相关手续。

2017 年 12 月，保护区完成了总体规划编制及确界工作，建设单位又以《关于新建广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路临近汕头市湿地自然保护区的函》（深建指工函【2017】774 号）进行了意见征询，并委托广州草木蕃环保科技有限公司完成了环境影响专题论证工作。2018 年 1 月 10 日，汕头市林业局以汕林复函【2018】3 号复函同意本工程从汕头市湿地自然保护区边缘经过。

4.3 项目用海资源影响分析

4.3.1 岸线和滩涂资源损耗

汕头海湾隧道共穿越岸线 83.6m，其中南岸穿越达濠岛人工岸线 38.7m（含

外扩范围穿越 23.2m)；北岸穿越 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m (含外扩范围穿越 27.2m)。

根据《广东省海洋生态红线》，除汕头海底隧道南岸为海岛自然保有岸线外，其它不属于保护岸段。

海底隧道是从海底底床穿越岸线，利用了岸线的立体空间，对岸线的自然属性影响较小。

4.3.2 渔业资源损耗

本项目主体工程海底隧道占用海底底床，不会造成海洋生物损失。

4.4 项目用海风险分析

本项目建设的风险性分析主要包括项目适应自然灾害的稳定性和安全性以及项目人为或自然因素引起的对海域资源和海域使用造成一定损害、破坏乃至毁灭性时间的发生概率及其损害程度。另外，根据项目自身的特殊性，在运营期的溢油等事故也是风险事故之一。

4.4.1 灾害性风险的种类分析

(1) 自然灾害

广东省地处东南沿海地震带的中南部，省内及近海的地震活动主要以中强震活动为主，故地震也应是本项目考虑的用海风险。

(2) 海底隧道风险

1) 隧道坍塌、涌水风险分析

区域内受燕山期花岗岩侵入以及区域断裂影响，隧址区构造发育，受构造影响，发育多条断裂带，对本工程有一定影响。隧道区内地下水一般径流途径短、深度小、流速缓慢，以分散状渗出水形式向附近沟谷洼地排泄。在隧道局部构造及裂隙发育地段，隧道发生中小型涌水的可能性较大。海底隧道部分主要受海水补给，涌水量较大，对工程施工有一定影响。

海底隧道处于巨大水体之下，地下水富存，若隧道下穿的断层破碎带与水体相沟通，随时都可能给工程带来淹没、塌通、涌水或形成泥石流的危险。

本工程海底隧道区存在构造破碎带，存在发生渗透破坏的可能。施工中海水通过裂隙，特别是断层破碎带对隧道会产生较大压力，将增加发生塌方及涌水的危险性。一旦发生大量的塌方或涌水，可能延缓建设工期，造成人员伤亡

亡。由于设计和施工质量问题、爆炸或火灾事故、地震、战争等造成隧道渗水或结构坍塌破坏，引发运营期突水突泥。而如果突水突泥发生在运营期，则对隧道内人员生命财产安全及隧道结构的破坏和威胁更大，将造成难于估量的损失。

因此，工程建设及运营过程均应引起高度重视，工程前期应进一步深化地质勘察工作，并在施工期采取各种必要有效的工程技术措施，加强施工管理，确保将隧道塌方、涌水的风险降到最低。运营期间隧道内也应有足够的积水坑和抽排水设备，所配备的设施必须大于隧道预计的涌水量。

2) 隧道火灾风险分析

隧道火灾是隧道运营期主要的风险，其风险可能来源于车辆故障、交通事故、隧道内电气故障等因素。

隧道建筑结构复杂，环境相对密闭，在封闭空间内热量不易消散，火灾时温度较高。一旦发生隧道火灾，扑救相当困难，并可能引发爆炸冲击或中毒事件，造成隧道衬砌和结构严重破坏，往往会造成重大的人员伤亡和财产损失。对于水下隧道还可能因结构被破坏而导致隧道修复困难。因此，应高度重视隧道火灾安全控制管理措施，切实加强并落实隧道防灾救援软硬件设施的建设。

4.4.2 自然灾害风险分析

对于本项目涉海工程而言，自然灾害风险主要为地质灾害，下面针对地质灾害风险进行分析。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2015)和《中国地震动加速度反应谱特征周期区划图》(GB18306-2015)分析，II类场地条件下，本场区地震动峰值加速度分区为0.2g，地震反应谱特征周期分区为0.4s，地震基本烈度分区为VIII级。III类场地地震反应谱特征周期调整为0.55s。

根据国家标准《城市轨道交通结构抗震设计规范》(GB50909-2014)第3.1.2条的规定，结合工程的特点，本工点抗震设防类别为重点设防类。

洞身段主要穿越海底及平原地貌，其中隧道洞身DK3+600~DK5+600段穿越汕头海湾。下伏基岩为燕山期第三次侵入($\gamma y 3$)花岗岩，全~弱风化，全风化层，褐黄色、灰黄色，呈砂土状，厚8~10m；强风化层，灰黄色，风化裂隙较发育，岩体较破碎，厚0~10m；弱风化层，青灰色，细粒结构，块状构造，

岩体破碎~较完整,岩质硬。海底表层覆盖第四系三角洲相沉积物,主要为粉砂、淤泥、淤泥质黏土、粉质黏土、中砂等,一般厚度 15~20m,局部可达 30m。结合遥感解译、物探及区域地质资料,该段隧道洞身发育多条断裂带,断裂带内构造裂隙发育,岩体破碎,导水性强,本段海底隧道区为强富水区,在隧道施工过程中极易引起隧道突水、突泥,设计及施工中需加强防护及防排水措施,并做好超前地质预报工作。

洞身所穿越地层岩性变化极大且软硬不均,软硬不均的工作面易导致盾构掘进偏离中心线,施工时应予以注意。花岗岩带中含有石英,较高的石英含量对刀盘和刀具的破坏性强,在盾构选型和刀盘切削能力方面,应充分考虑岩石的强度和掘进长度。

盾构段穿越全~强风化花岗岩带时,全风化带、强风化带遇水易软化崩解,水浸泡易发生崩解和流砂,甚至塌方,隧道围岩整体上的稳定性较差,掘进过程中应加强支护及排水。在软土及粉细砂段施工过程中应严格控制盾构参数,及时均匀地进行同步注浆,以保证推进速度的均匀性。施工中应加强施工监测和超前地质预报工作,沉降变形异常时应及时采取有效措施,以确保施工及地面建筑物、构筑物、地下管线安全。

针对海域段软硬不均地层,可采用洞内超前蜂窝钻进预处理,或在采用地面冲孔或爆破进行预处理,同时做好盾构刀盘和刀具的设计,同时为满足长距离海中掘进要求,盾构机各系统,各部件必须有较高的可靠性,且故障少,维修方便、使用寿命长。

盾构段建议施工中采用声纳法、水压力感应器法等信息化反馈手段,及时摸清海底隆沉情况,以及时调整盾构机施工参数将其掘进对海底的扰动降到最低。以防止地面沉降和各堤围的安全,盾构掘进时,衬砌管片外侧应及时注浆充填,防止地面沉降和增加隧道抗渗能力和防水性能。盾构机进、出口井端局部处于软土层中,应加强井口支护。

4.4.3 海底隧道事故分析

(1) 海底隧道坍塌涌水风险

海底隧道通常具有较复杂的地质条件和周围环境。海底隧道修建时,由于海底隧道处于巨大水系之下,地下水富存,并且在勘测、定位和选线方面比陆

域隧道受限制大，故其穿越断层破碎带的几率大、数量也多。矿山法施工过程中如果爆破药量过大或者盾构隧道从海底断层破碎带通过，随时可能给工程带来淹没、坍塌、涌水或形成泥石流的危险，因此海底隧道施工期环境风险主要是隧道坍塌导致的涌水涌沙风险，日本丹那隧道，在 1925 年 12 月施工时遇到高压涌水，水压达 $21\text{kg}/\text{cm}^2$ ，并夹带泥石流，花费了 42 个月才渡过险关。

(2) 运营期隧道火灾环境风险分析

铁路火灾是运营期主要的风险。隧道建筑结构复杂，环境相对密闭，在封闭空间内热量不易消散，火灾时温度较高，一旦发生隧道火灾，将对隧道结构和人员财产安全造成巨大威胁。对于水下隧道还可能因结构被破坏而导致隧道修复困难。

隧道内发生火灾时，具有如下特点：

①烟雾大，温度高，扩散难度大。隧道内一旦发生火灾，由于隧道空间小，近似处于密闭状态，不可能自然排烟，因此烟雾比较大，燃烧产生的热量不易散发；火灾可能将隧道照明系统破坏，能见度低，给扑救火灾和疏散人员带来困难。地面建筑发生火灾时近 80%的烟气可以通过破损的门窗扩散到大气中，而被土石包裹的地下隧道，烟气和热量无法扩散，温度骤然升高，这些流动性很强的有毒烟气和热量会在隧道内四处流窜，短时间内充满整个地下空间。

②疏散困难。隧道内没有自然采光，完全依靠人工照明，火灾发生后正常电源被切断，采光靠事故照明和疏散标志指示灯，此时如果再损失事故照明，隧道内将是一片漆黑，加上火场中产生的浓烟和大量刺激性气体使人睁不开眼睛，人员疏散极为困难，几乎无法逃离火场。

③灭火救援难度大。由于特殊的建筑结构，发生火灾后比起地面建筑的扑救要困难得多。地面建筑发生火灾时，消防人员可以直接在建筑外部判断火场位置和火势大小，动用大型消防设备多点组织灭火，而隧道发生火灾时无法直观做出准确判断，需要查询工程图纸，分析可能发生火灾的部位和可能出现的情况后才能做出灭火方案；同时由于隧道的出入口又是火灾发生时的冒烟口，消防人员不易接近着火点，扑救工作难以展开，而大型消防设备无法进入车站内部，也给灭火增加了难度；再加上地下工程对通讯设施的干扰大，消防人员与地面指挥人员通讯联络困难，亦为灭火增加了障碍。

④火势容易产生蔓延和引起轰燃。隧道内空气不足，发生火灾时可燃物主要是不完全燃烧，产生的一氧化碳等气体随高温烟气流动，当有空气补充并遇到新的可燃物时即会引发新的燃烧，从而出现火灾从一节车厢蔓延到另一节车厢的情况；加之隧道空间的相对封闭性，列车起火燃烧后，随着温度升高，空气体积膨胀，压力增高，极易产生“轰燃”。据测试表明：一般“轰燃”的时间为起火后 5 至 7 分钟。1987 年伦敦地铁火灾中，起火 6 分钟后发生了“轰燃”，给灭火带来极大危险。

(3) 运营期偶然性荷载风险分析

海底隧道下穿海域往往涉及现有或规划的港区、航道等，码头、航道未来存在疏浚问题，另一方面，航道上航行和泊位上靠泊的船舶，在遭遇灾害性气候或发生其他紧急状态时，可能紧急抛锚，甚至发生沉船事故。当紧急抛锚、沉船、疏浚等偶然荷载作用于隧道顶时，可能对隧道结构安全造成一定的威胁。

5 海域开发利用协调分析

5.1 项目用海对海域开发活动的影响

根据 3.4 节的分析,项目用海对海域开发活动的影响主要为项目用海对码头等活动的影响。

(1) 项目用海对附近码头的影晌

汕头海湾隧道埋设 在海床面下不小于 17.09m,海底隧道施工和运营对附近码头的影晌较小。

其中,拟建隧道右岸上游约 100m 处有一个南海舰队码头,其最大代表船型为 1 万吨级船舶,船长约 125m,参考《城镇燃气设计规范》(GB50028-2006) 6.3.3.1,管道与建筑物、构筑物或相邻管道之间的水平和垂直净距,与相邻建筑物的距离应不小于 1.5m。因此在工程后,在隧道位置设置禁止抛锚标志,工程建设对码头的运营影晌不大。

(2) 项目用海对通航环境的影晌

汕头港主航道是汕头湾各港区的命脉,分为内航道和外航道。内航道为长 8.54km,水深-8.0m,底宽 120m;外航道经 2005 年 11 月 10 日竣工的汕头港航道及外拦门沙整治二期工程——航道工程的浚深拓宽,整治后的航道为长 13.168km,水深-11.0m,底宽 120m 的 3 万吨级航道。汕头港外航道规划预留最大通航能力为 5 万吨级,航道底宽 315m,航道底标高为-15.0m(当地理论基准面)。根据汕头港总体规划,汕头港主航道远期规划预留最大通航能力为 5 万吨级,其中外航道按 5 万吨级集装箱船全天候通航控制,内航道按 3 万吨级件杂货船全天候通航控制。本工程河段属于外航道,设计按 5 万吨级校核。本隧道顶部最小埋设高程均不高于-29.49m,设计方案的隧道全部埋于规划海床以下,隧道的埋深对航道的维护与规划尺度的实施影晌不大。本工程隧道施工采用盾构方式,施工过程中对工程区域船舶的正常航行影晌不大。

(3) 项目用海对架空线路的影晌

本项目海底隧道距离高压输电塔基础最近约 100m,高压输电塔塔基在地面上,海底隧道埋设 在海床面下不小于 17.09m,施工在海床面上进行,对地面上的塔基影晌较小。

(4) 项目用海对堤防的影晌

汕头湾隧道工程布设在河床以下并具有一定埋深，其盾构施工方法整体穿越河道和堤防，工作井距离堤围较远，且埋深较深，对河道、堤防影响小。

(5) 项目用海对汕头湾湿地自然保护区的影响

以下分析内容引自广州草木蕃环境科技有限公司（2017.11）编制的《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湾湿地自然保护区生态影响专题》。

项目在汕头港以海底隧道形式穿越，线位在德州岛和妈屿岛中间，自汕头湾湿地自然保护区附近绕避通过，不涉及保护区范围，项目临近保护区形式主要为“汕头湾隧道”，线路距离保护区边界最近距离为 255m。

隧道施工对保护区不会产生直接破坏，施工时产生的噪音、废气等，会对评价区域内土壤、水文、动植物、植被甚至微生物等发生局部的改变，但隧道施工主要在保护区旁边的海域进行，不直接占用保护区区域，因此不会造成评价区域生态系统被分割及破碎化，不会直接影响评价区域湿地生态系统的结构与功能，评价区域生态系统将保持其原有的完整性与稳定性，也不会对保护区的植物植被造成较大的损失。

项目对动物影响中最主要的影响是对湿地鸟类的影响。施工和运营会对动物发生惊扰、阻隔，影响评价区域内鸟类的质量和数量，可能加剧生态系统的退化。但这种影响是暂时的，随施工期结束而消除，且通过运营期采取一定的措施，可将影响降至最低。

评价区域并未分布有红树林。因此，不会对保护区的红树林产生影响。施工期出现的人类活动将会对候鸟的停歇场所面积产生压缩，使适宜栖息面积减小，随着施工结束和时间推移，部分物种将对这些影响产生适应性，活动面积将稍加扩展，但不及工程前的面积大小。

项目工程施工期的施工活动以及运营期的列车通行，将会加大保护区与外界的联系，对保护区的生态环境保护与管理带来新的危机。因此，项目工程建设单位应与保护区管理机构积极协作，进一步提高保护区的管理能力。

为相应党和国家关于建设生态文明的方针政策，加强对生态环境的保护力度，建议建设单位加强对施工人员的宣传教育工作，并同保护区管理机构做好沟通协调工作，确保工程建设对保护区的影响降到最低。

项目建设对保护区的管理造成影响，保护区管理机构需要加强日常巡护和宣传教育方面的管理力度，同时开展生态监测。施工期需要开展施工人员培训

教育、临时性标志宣传牌设置、施工期生态监测、施工期环境保护等。运营期需要开展生态恢复及管理包括地表植被恢复及其栖息地与生境改善、野生动植物保护工程或措施、自然保护区相关基础设施的恢复与建设、公路运营后新增的管理工作、运营期的生态监测、环境影响的后评估等。

(6) 项目用海对新建汕头至汕尾铁路项目的影

拟建广梅汕铁路（最高时速为 160km/h）与拟建汕汕高铁（最高时速为 350 km/h）平行间距最小相隔约 40m，根据《新建客货共线铁路设计》[铁建设]76 号：列车设计行车速度不小于 200km/h 的直线间距不应小于 4.4m，列车设计行车速度不小于 160km/h 的直线间距不应小于 4.2m。因此两隧道高铁间的间距为 40m，满足规范的要求。

(7) 项目用海对妈屿至德州海底电缆的影响分析

汕头湾海底隧道在汕头港与妈屿至德州海底电缆交越，海底电缆埋深 2-3m，海底隧道利用海域底土，埋设在海床面下不小于 18m，海底隧道的建设对汕头港与妈屿至德州海底电缆基本无影响。

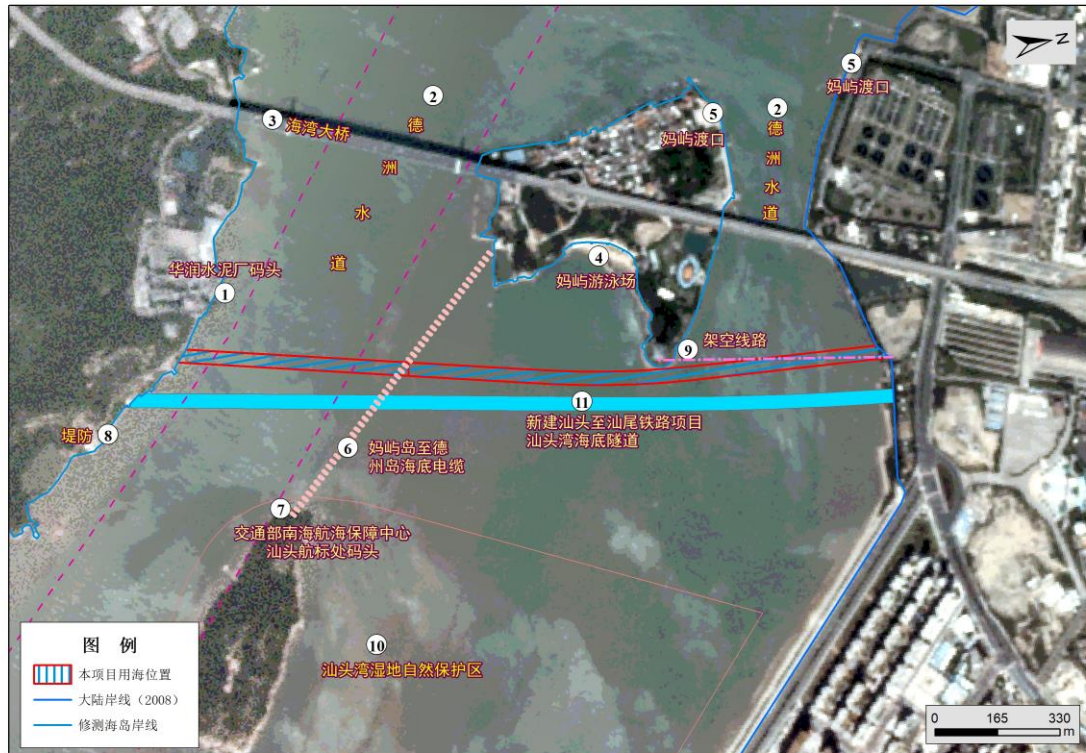


图 5.1-1 汕头海湾隧道与现状叠加图

5.2 利益相关者界定

根据现场踏勘、咨询和 5.1 节的分析，界定本项目利益相关者为：交通运输部南海航海保障中心汕头航标处，利益相关者一览表见表 5.2-1。

表 5.2-1 利益相关者一览表

编号	利益相关者	利益相关内容	方位	影响程度
1	交通运输部南海航海保障中心汕头航标处	海缆安全	项目所在位置	本项目施工可能会影响海缆的安全。

5.3 相关利益协调分析

本论证报告认为：本项目的利益相关者为交通运输部南海航海保障中心汕头航标处。建设单位与各利益相关者的协调方案见表 5.3-1。除了利益相关者需要协调外，另外还需协调的管理部门涉及水利行政主管部门和汕头市林业局等，协调内容见表 5.3-2。具体协调方案如下：

1、与交通运输部南海航海保障中心汕头航标处的协调分析

汕头海湾隧道穿越交通运输部南海航海保障中心汕头航标处德州岛至妈屿岛的海底电缆，汕头海湾隧道埋设在海床面 17.09m 以下，而海底电缆埋深 2-3m，从海域空间角度来说使用的是不同的海域空间，且已经取得交通运输部南海航海保障中心汕头航标处的书面支持意见（见附件 10），但项目施工过程中仍要注意保障海底电缆的安全。

2、与管理部门的协调分析

①与防洪管理部门的协调分析

汕头海湾隧道均跨越堤防，桥墩距离堤防较近，桥墩基坑开挖过程中会对堤防稳定性产生影响，故应进行堤防加固专题设计，对桥址断面上下游各 100m 范围内的左右岸堤防进行加固整治。若有条件，建议施工时将其承台置于地面上，不对基坑进行开挖，可以减小承台施工对堤防渗透稳定带来的不利影响。其他桥墩施工时不应破坏堤防，如有破坏应按规划进行修复。施工过程中，严格控制施工方法，规范施工程序，特别在地基处理过程中防止不良施工方式对地基软土层的扰动，并且不得布置大型施工机械设备，尽可能减少机械对堤围的振动而产生的破坏，如出现堤身损坏的现象，应及时向水行政主管部门

门汇报，并及时按要求对破损堤段进行修复。

②与汕头市林业局的协调分析

项目在汕头港以海底隧道形式穿越，线位在德州岛和妈屿岛中间，自汕头湿地自然保护区附近绕避通过，不涉及保护区范围，项目临近保护区形式主要为“汕头海湾隧道”，线路距离保护区边界最近距离为 255m。根据广州草木蕃环境科技有限公司（2017.11）编制的《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》相关结论可知，本项目的建设对汕头市湿地自然保护区不会产生影响，另外，汕头市林业局以汕头复函【2018】3号复函同意本工程从湿地自然保护区边缘经过（附件2和附件3）。

表 5.3-1 协调方案一览表

路段	利益相关者	协调内容	责任要求	协调进度
汕头湾海底隧道	交通运输部南海航海保障中心汕头航标处	海缆安全	施工前对工程水域进行调查勘探工作，以确认相应海底管线的位置与埋深，以确保安全。施工期间要注意海底电缆的安全，防止直接损害或挤压已敷设的海底电缆，建设单位已取得交通运输部南海航海保障中心汕头航标处书面同意意见，施工过程中仍需采取措施保障海底电缆的安全。	已取得交通运输部南海航海保障中心汕头航标处的协调意见，见附件10

备注：协调意见详见附件10。

表 5.3-2 与管理部门协调内容一览表

需协调管理部门	协调内容	责任要求
水利行政主管部门	堤防安全	施工过程中靠近堤防的墩位采用扰动振动较小的施工方案，保障堤防的安全，确有造成破坏的，必须进行堤防的加固处理，并及时向水利行政主管部门汇报。
汕头市林业局	汕头市湿地自然保护区的生态影响	本项目建设对其的影响主要关注对红树林、候鸟及珍稀水生生物的影响，项目工程建设单位应与保护区管理机构积极协作，进一步提高保护区的管理能力，汕头市林业局以汕头复函【2018】3号复函同意本工程从湿地自然保护区边缘经过。

5.4 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析

5.4.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目用海范围内没有国防设施，没有涉及军事用海，项目用海对国防安

全和军事活动不会产生影响，部队回复意见详见附件 11。

5.4.2 对国家海洋权益的影响分析

项目用海没有涉及领海基点，也没有涉及国家秘密，不会对国家海洋权益产生影响。

6 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析

6.1 项目用海与海洋功能区划符合性分析

6.1.1 项目所在海洋功能区划

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》（2012年），从图 6.1-1 项目所在海域广东省海洋功能区划分布图可以看出，本项目汕头海湾隧道所在区域的海洋功能区划为新津工业与城镇用海区、汕头港-大埕湾农渔业区。

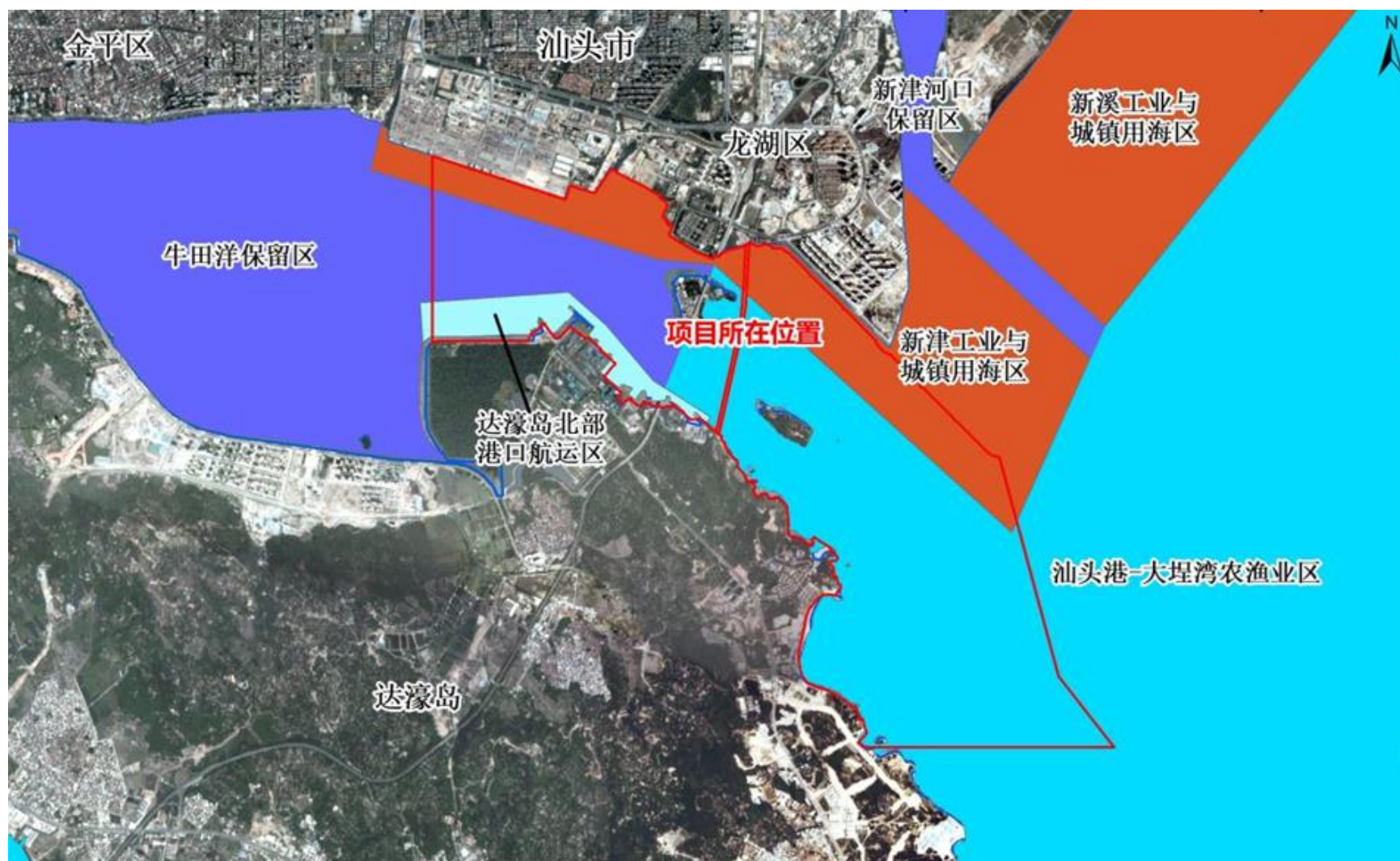


图 6.1-1-1 项目所在海域广东省海洋功能区划分布图 (项目附近)

6.1.2 项目用海对周边海洋功能区的影响分析

本项目用海周边的海洋功能区划主要有牛田洋保留区、达濠岛北部港口航运区。

1.对保留区的影响

牛田洋保留区位于汕头海湾隧道西侧 0.5km，海底隧道用海，不占用海面空间，未改变海域自然属性和影响航行安全，对原有生物生产力、生物多样性等影响较小，未对自然岸线造成破坏，对工程附近海域的流场流速、海底地形变化没有影响，不会影响牛田洋保留区的开发利用，其它保留区距离项目较远，基本不会产生影响。

3.对港口航运区的影响

达濠岛北部港口航运区位于汕头海湾隧道西侧0.1km，湾海底隧道在海床以下掘进通过，不占用海面空间，未改变海域自然属性和影响航行安全，不会影响港口航运区正常功能的发挥。

6.1.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

汕头海湾隧道用海类型属于交通运输用海中的海底隧道用海，与造地工程用海、工业用海的功能兼容；项目以海底隧道的方式跨越汕头湾海域，使用的海底底床，对新津工业与城镇用海区、汕头港-大埕湾农渔业区的其它用海影响不大；海底隧道埋设在海床面 17.09m 以下，对河口海域防洪纳潮功能基本没影响。项目用海符合新津工业与城镇用海区和汕头港-大埕湾农渔业区的海域使用管理要求。本项目为暗挖海底隧道，不改变海域自然属性，隧道埋设在海床面下不小于 17.09m，对海床、现状海水水质及海洋生态环境几乎没有影响，不会破坏海岛自然环境资源。

综上，本项目用海符合新津工业与城镇用海区和汕头港-大埕湾农渔业区的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011—2020 年）》（2012 年）。

6.2 项目用海与相关规划符合性分析

6.2.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

拟建工程所在区域属于优化开发区域。该区域的发展方向与开发原则是，优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

在汕头湾以海底隧道形式通过，海底隧道位于海底床 17.09m 以下，减少对海域自然属性的改变和对其基本功能的影响，同时消除对其未来功能的影响。综上所述，项目用海符合《全国海洋主体功能区规划》。

6.2.2 与《广东省海洋主体功能区规划》符合性分析

本项目所在区域为国家重点开发区域和国家农产品主产区，非禁止开发区域，在汕头湾以海底隧道形式通过，海底隧道位于海底床 17.09m 以下，不会改变海域的自然属性，不会影响其基本功能，同时能消除对其未来功能的影响。可见本项目建设与《广东省海洋主体功能区规划》是相符的。

6.2.3 与《广东省海洋生态红线》的符合性分析

6.2.3.1 项目用海与生态红线关系分析

广东省人民政府于 2017 年 9 月 29 日以粤府函〔2017〕275 号批复《广东省海洋生态红线》。根据《广东省海洋生态红线》，海湾隧道工程不穿越任何生态红线区，相邻最近的生态红线区为榕江重要河口生态系统限制类红线区。

6.2.3.2 项目用海与限制类红线区符合性分析

本项目用海类型属于海底隧道用海，本项目相邻的红线区为榕江重要河口生态系统限制类红线区。

榕江重要河口生态系统限制类红线区面积为 59.97km²，本工程不占用该限制类红线区，因此本工程对红线区生态系统的完整性没有影响。

本工程为交通民生工程，不涉及围填海、采挖海沙，不设置排污口，保持了河口生态系统的稳定性和海域的防洪纳潮功能，施工期各类污废水和污染物均得到合理处置，不会对海洋水质、海洋沉积物、海洋生态环境和生物多样性产生显著影响，因此，本工程的建设对榕江重要河口生态系统限制类红线区影响较小。

6.2.3.3 项目用海与自然保有岸线、海岛保有岸线符合性分析

海底隧道穿越达濠岛自然保有岸线，拟采用暗挖海底隧道，在海床以下掘进通过，不占用海面空间，未改变海域自然属性和影响航行安全，对原有生物生产力、生物多样性等影响较小，未对自然岸线、海岛岸线造成破坏。

本工程属于公共基础设施建设的道路交通工程，工程设计为海底隧道，海底隧道则是占用海域底土，并未改变滩涂性质和海域自然属性，基本未改变海域的自然属性；海底隧道位于海床下不改变海域自然属性，也能保持自然岸线形态、长度，基本维持岸线自然属性，保护岸线原有生态功能以及保持沿岸潮滩地形地貌稳定。

海底隧道穿越达濠岛 38.7m，海底隧道从海底底床穿越，在立体空间使用了达濠岛岸线，更大程度的获取了岸线的空间利用价值，海底隧道在海床面 17.09m 以下，虽然在一定程度上制约了岸线的开发利用，但岛岸线仍保持自然岸线形态、长度，基本维持岸线自然属性，保护岸线原有生态功能以及保持沿岸潮滩地形地貌稳定。

本项目建设可以保持原有岸线的属性，无新增岸线。本项目以隧道穿越岸线，穿越方式属于非破坏性的，无需进行占补岸线修复方案。另外，项目的建设不会改变该段海岛岸线属性，项目的建设符合海岛保有自然岸线段的相应管控措施。

6.2.4 与《广东省环境保护“十三五”规划》的符合性分析

海底隧道用海面积较小，不改变海域的自然属性；拟建海底隧道埋置在海床 17.09m 以下，施工期施工噪声可能对海水水质、海洋生态产生一定的影响，但该影响是有限的、暂时性的，随着施工结束而消除。

综上所述，在有效落实本报告提出的各项生态环境保护措施的前提下，本项目建设对海洋生态环境的影响较小，项目建设符合《广东省环境保护“十三五”规划》。

6.2.5 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析

本项目的建设，对促进粤东潮揭汕地区经济发展，提升汕头港区域中心港地位，促进港口快速发展，打通广梅汕铁路粤东出海通道，构建粤东城际铁路网有着具有重要意义和作用，项目的实施建设符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》促进汕头、汕尾、揭阳城市发展的要求。

规划要求加强自然岸线保护，坚持岸线节约利用，推进海岸线生态修复。海湾隧道所穿越（非实际占用）的岸线长 83.6m，汕头海湾隧道穿越达濠岛岸线 38.7m（海岛自然保有岸线）。根据项目平面布置和相关规划中的项目路线，本项目利用岸线是必要的，穿越的范围是根据铁路桥的规模确定的，未多利用，可见项目所用岸线符合规划的要求。

综上，项目建设符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》。

6.2.6 与《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》的符合性分析

本工程不占用红树林分布区，不涉及保护区范围，项目临近保护区形式主要为“汕头海湾隧道”，线路距离保护区边界最近距离为 255m，海底隧道在海床以下掘进通过，不占用海面空间，对原有生物生产力、生物多样性等影响较小。在此基础上，本项目建设符合《广东省海洋生态环境保护规划（2017~2020 年）》的指导思想。

6.2.7 与《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性分析

本工程是汕头港疏港的便捷通道，是连通腹地的重要径路，同时还预留承担沿线部分客运功能，其建设符合《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

6.2.8 与《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》的符合性分析

本项目可进一步优化提升区域内交通网络体系，就此而言，本项目与《广东

省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》要求是相符的。

6.2.9 与《广东省综合交通运输体系发展“十三五”规划》的符合性分析

本项目属于《广东省综合交通运输体系发展“十三五”规划》中高速铁路网的重点推进建设项目，因此与《广东省综合交通运输体系发展“十三五”规划》相符。

6.2.10 与《广东省海洋经济发展“十三五”规划》的符合性分析

本项目建设对促进粤东潮揭汕地区经济发展，提升汕头港区域中心港地位，促进港口快速发展，打通广梅汕铁路粤东出海通道，对构建粤东城际铁路网有着具有重要意义和作用。因此，项目建设符合《广东省海洋经济发展“十三五”规划》。

6.2.11 与《中长期铁路网规划》的符合性分析

本项目环保要求落实情况：①本项目在可研阶段便开始开展环境影响评价工作，对线路无法绕避的汕头湿地市级自然保护区和青云岩镇级森林公园均进行了唯一性论证，开展了专题生态影响评价和范围、功能区调整论证。②报告书针对海洋生态环境的影响以及污废水、固体废弃物的影响提出了针对性的措施。

因此，本工程的建设符合《中长期铁路网规划》及其环保要求。

6.2.12 与《海岸线保护与利用管理办法》的符合性分析

汕头海湾隧道所穿越的岸线长 83.6m，根据广东省省政府批复的广东海岸线数据，汕头海湾隧道穿越达濠岛岸线 38.7m。本项目穿越岸线属于人工化程度较高的岸线。根据《海岸线保护与利用管理办法》第十一条人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线应划为优化利用岸线，主要包括工业与城镇、港口航运设施等所在岸线。优化利用岸线应集中布局确需占用海岸线的建设项目，严格控制占用岸线长度，提高投资强度和利用效率，优化海岸线开发利用格局。根据项目平面布置和相关规划中的项目路线，本项目利用岸线是必要的。

综上所述，本项目利用岸线符合《海岸线保护与利用管理办法》。

6.2.13 与《汕头市城市总体规划(2002-2020年)(2017年修订)》的符合性

《汕头市城市总体规划(2002-2020)》(2017修订)在市域综合交通规划中明确提出:推进建设汕头港铁路,自汕头站接轨,经汕头海湾、达濠岛进入广澳港区设置铁路作业区,预留自揭阳港疏港铁路至海门港、广澳港接线条件。本工程及线路基本走向与汕头市城市总体规划相一致。

本工程设计线位过汕头湾湿、青云岩及金平--龙湖中心城区路段均采用隧道方案,避免了对城市规划及沿线生态环境的破坏。根据金平区、濠江区最新用地规划调整情况,汕头市已将本工程纳入城市总体规划,预留了本工程线位,本工程设计线位与规划线位基本一致,仅局部路段有调整,其中CK9+480~CK10+600段为隧道、CK10+600~CK11+650段沿规划道路,对沿线地块影响不大。

根据叠图分析,工程线路CK0+700~CK1+400段左侧、CK6+500~CK7+100段两侧、CK11+500~CK12+700两侧规划为居住用地,评价建议设计预留相关环保措施。

综上所述,本项目建设符合《汕头市城市总体规划(2002-2020)》(2017修订)。

6.2.14 与《汕头市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的符合性

本项目建设对促进粤东潮揭汕地区经济发展,提升汕头港区域中心港地位,促进港口快速发展,打通广梅汕铁路粤东出海通道,构建粤东城际铁路网有着具有重要意义和作用,其建设符合《汕头市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

6.3 项目用海与产业准入符合性分析

根据国家海洋局办公室《关于规范和加强生态用海审查的意见》(征求意见稿)(海办管字(2016)590号),用海项目优先保障国家重大战略实施,保障国家重大基础设施、海洋战略性新兴产业、海洋特色产业园区、绿色环保低碳产业、循环经济产业、重大民生工程等建设项目用海需求。本项目属于重大民生工程项目,其用海需求符合国家海洋局提倡的产业准入相关要求。

本项目属《产业结构调整指导目录（2019年本）》第一类“鼓励类”中第二十四项“公路及道路运输（含城市客运）”中第5条“公路智能运输、快速客货运输、公路甩挂运输系统开发与建设”，故本项目实施符合国家产业政策。

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

1) **地理位置适宜性** 本线在广梅汕铁路汕头站引出,往西南经汕头市龙湖区、濠江区,进入广澳港区;规划向西可延伸至海门港区;本线通过广梅汕线可以连接鹰梅线;是汕头港疏港的便捷通道,是连通腹地的重要径路,同时还预留承担沿线部分客运功能。

2) **与相关经济社会发展的适宜性** 本项目位于广东沿海综合运输主通道上,是汕头港疏港的便捷通道,也是连通腹地的重要径路。本项目的建设可以加强粤东、闽西南和赣南地区之间的联系,有利于完善粤东沿海地区经济布局,加快粤东经济发展,充分发挥向东连接东南沿海地区,向西连接珠三角地区,加强区域间的全方位合作的作用。因此,本建设项目与广东省的经济社会发展目标相协调。

本项目的建设有利于改善汕头港区和广澳港区的交通条件,完善汕头的港口集疏运能力,进一步增强汕头区域性交通航运中心和粤东中心城市地位,提升汕头在腹地经济发展中的作用,为汕头经济社会发展提供有力支撑。因此,本建设项目与汕头的经济社会发展目标相协调。

3) **与城市居住区及公共服务设施的适宜性** 本线大部分路段从隧道通过,地面部分主要沿规划预留的疏港铁路通道走线,仅特大桥跨越了一处现状居住区。本项目得到了当地政府的大力支持,通过采取宏观调控措施,可以安置好受工程建设影响的人群,不会影响《汕头市城市总体规划(2002-2020年)》(2017年修订)居住用地规划的实施。工作人员可安排居住在城市总体规划已划定的汕头站、广澳站周边居住用地,对汕头市的居住设施规划不会产生影响。项目所在地为城镇化程度较高的区域,项目工作人员所需的生活配套服务可由汕头站、广澳站周边相关设施提供;而项目工作人员较少,不会对城市公共设施配置产生需求压力。

4) **与风景名胜、文物古迹保护、景观风貌、河道海岸线规划的适宜性** 本项目与沿线风景名胜区规划相协调。项目线路与青云岩风景名胜区交叉,但以隧道形式穿过,对其影响较小。在项目施工期间,要严格控制隧道及管道施工带范

围，并加强对施工人员的管理，减少对山体和植被的破坏。在施工结束后，应对隧道出入口周边的环境进行生态修复。本项目与沿线文物古迹保护基本相协调。项目线路以隧道形式从妈屿天后古庙、潮海关税务司旧址、德州岛灯塔和青云岩等文物周边穿过，并从市级文物保护单位河渡营盘山摩崖石刻的建控地带之外穿过，影响较小。项目建设方及施工方按照相关规定办理批准事项，相关部门要加强对地下文物遗址的勘探挖掘，并与项目工程做好协调，防止隧道及其他地下工程的施工对未知的地下历史文物造成破坏。总之，项目建设充分考虑了线路与风景名胜区和文物古迹的相对位置关系，尽量绕避和远离，避免了对风景名胜区和文物古迹的影响，与风景名胜区和文物古迹的保护相协调。

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，汕头海湾隧道隧址区主要的不良地质主要为花岗岩的不均匀风化、崩塌、表层溜塌及危岩落石、活动断裂及地震和砂土液化与软土震陷有害气体。花岗岩不均匀风化，花岗岩球状风化性质复杂，不排除洞身附近存在软弱层的可能，应加强超前地质预报工作，盾构段洞身行走在全风化层时应注意不均匀弱风化体的存在；隧址区附近存在崩塌，局部地段存在表层溜塌，山体坡脚普遍分布有建筑物，隧道施工过程中可能会造成岩体失稳影响建筑物安全，建议施工中加强监测及支护措施。隧道进口段危岩发育，应加强进口仰坡及进口附近范围内的危岩落石清理与防护。在Ⅷ度地震烈度的条件下，场地内的饱和砂层存在砂岩液化的可能，设计时应予以考虑。区内淤泥及淤泥质粉质黏土基本容许承载力值普遍小于 100kPa，软土易发生震陷，设计应予以考虑。三角洲相沉积地层淤泥、淤泥质黏土有机质含量高，设计时应考虑有害气体的影响，施工时应加强检测并做好防护措施。勘探揭露沿线分布的人工填土层主要为素填土，基坑侧壁易坍塌，隧道设计和施工应加强支护。沿线场地软土主要为三角洲相沉积淤泥、淤泥质黏土，土体软弱，属欠固结土，易引起基坑坍塌，应加强支护。

汕头海湾隧道场区地震动峰值加速度分区为 0.2g，地震反应谱特征周期分区为 0.4s，地震基本烈度分区为Ⅷ级，属于地震高危险区，隧道应加强抗震设计。

因此，在工程设计及建设时做好安全防护工作的前提下，项目所在区域地质

条件可以满足项目建设要求。

(2) 水动力条件适宜性分析

由工程河段河床演变分析可知,河床平面形态稳定,河道深泓线走向相对稳定,隧道选择满足应选在河床稳定、主流稳定的河道的要求。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

隧道处河段最大水深为 17.2m,即河床高程为-18.09m,按目前的河床演变规律分析,近期内河床冲刷的结果不会造成隧道露出河床面,因此,隧道工程的建设对河床影响不大。

拟建隧道工程布设在海床以下且埋深较深,无出露海床,工程顶部距海床最小埋深 17.09m。因此,项目对海域地形地貌冲淤环境的影响不大。

(4) 生态环境适宜性分析

本工程以隧道形式临近汕头湿地市级自然保护区边界 255m,隧道最小埋深 17.09m,设计采用盾构法和矿山法施工,进口距保护区北边界 1858m、出口距保护区南边界 6059m,在海域及滩涂区域无地面工程,对生态敏感区影响不大,在遵循项目建设与资源保护相协调的指导原则,采取有效生态防护措施条件下,本工程建设和运营不会对把保护区生态环境及管理造成重大损害。

综上,项目用海选址较为适宜。

7.1.3 项目用海潜在的、重大的安全和环境风险分析

根据 4.4 节项目用海风险分析可知,项目用海潜在的、重大的安全和环境风险主要有热带气旋、地质灾害和桥隧事故所引起的安全和环境风险。

汕头海湾隧道场区地震动峰值加速度分区为 0.2g,地震反应谱特征周期分区为 0.4s,地震基本烈度分区为Ⅷ级,属于地震高危险区。因此,工程设施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。

通航水域发生运输化学危险品船舶碰撞桥墩风险事故的概率基本为零。即使会发生非运输化学危险品船舶碰撞桥墩,此事故也仅属于一般性安全事故,对海域环境一般没有大的影响。

综上所述,本项目用海存在一定的风险,在严格执行本报告提出防范措施的前提下,项目发生潜在的、重大的安全和环境风险几率很低。

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，项目对所在海域海洋开发活动的影响主要交通运输部南海航海保障中心汕头航标处。建设单位将按照本报告 5.3 节所提的协调方案进行后续利益相关者的协调沟通。

拟建广梅汕铁路（最高时速为 160km/h）与拟建汕汕高铁（最高时速为 350 km/h）平行间距最小相隔约 40m，根据《新建客货共线铁路设计》【铁建设】76 号：列车设计行车速度不小于 200km/h 的直线间距不应小于 4.4m，列车设计行车速度不小于 160km/h 的直线间距不应小于 4.2m。因此两隧道高铁间的间距为 40m，满足规范的要求。

本工程采用盾构形式下穿航道，隧道埋深远大于船舶抛锚入土深度 4.0m，隧道建设对船舶抛锚的影响不大。

综上所述，项目选址与周边其他用海活动和海洋产业是协调的。

7.2 用海方式和平面布置合理性分析

7.2.1 平面布置合理性分析

海底隧道的平面布置相对其他海洋工程较简单一些，在确定好海底隧道路线后，根据交通流量预测、相关技术标准确定其技术参数，海底隧道盾构段外径 14m、海域矿山段外径 15.36m，在选线合理的前提下，其平面布置是合理的。

7.2.2 用海方式合理性分析

拟申请用海的用海单元的用海类型和用海方式见表 7.2-1。

表 7.2-1 用海单元海域使用类型及用海方式

用海单元	用海类型		用海方式	
	一级类	二级类	一级类	二级类
汕头海湾隧道	交通运输用海	路桥用海	构筑物	海底隧道

7.2.2.1 用海方式对维护海域基本功能合理性分析

广梅汕铁路采用海底隧道的方式通过，用海方式为海底隧道用海，对海域基本功能不会造成影响。因此，海底隧道用海方式能维护海域的基本功能。

7.2.2.2 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

海底隧道用海方式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。

7.2.2.3 用海方式对保持自然岸线和海域自然属性合理性分析

汕头海湾隧道共穿越岸线 83.6m，其中南岸穿越达濠岛人工岸线 38.7m（含外扩范围穿越 23.2m）；北岸穿越 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m（含外扩范围穿越 27.2m），海底隧道最低从汕头湾海域海床下 17.09m 以下穿越，使用的是海域底土，利用的是海域的立体空间，也不会影响岸线和海域本身的自然属性。

7.2.2.4 用海方式对于保护和保全区域海洋生态系统合理性分析

海底隧道施工由于是采用盾构的施工方式，最大埋深约为 120m，最小埋深为 17.09m，海底隧道用海方式是有利于保护和保全区域海洋生态系统的。

另外，根据《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》报告，在遵循项目建设与资源保护相协调的指导原则，采取有效生态防护措施的前提下，本工程建设和运营不会对把保护区生态环境及管理造成重大损害。

7.2.2.5 用海方式方案比选（工可阶段比选）

全线线路先经过城镇密集区，再通过汕头海湾，进入达濠岛，最后进入港区。汕头湾南、北两岸的濠江区和龙湖区分布有高档楼盘、华能电厂等，沈海高速公路以海湾大桥经妈屿岛跨过汕头湾，在北岸通过互通匝道连接中山东路，本项目需经汕头湾合理引入汕头站，基于十分紧张的通道资源，在建汕汕铁路经汕头湾引入汕头站高速场，故本线经汕头湾，需考虑沿线城市布局与规划、汕头湾通道资源等因素。根据汕头站平面布置，普速场位于高铁场西侧，受城市干道及互通匝道限制，两线无法在海湾北岸解决交叉跨越问题，则本线只能在汕汕铁路西侧跨越汕头湾。前期经汕头湾主要研究了桥梁和隧道方案，线路方案走向对比详见图 7.2-1。



图 7.2-1 广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路可行性研究线路方案示意图

经综合比选:

①从线路长度及投资分析

汕头湾隧道方案线路长度 11.125km, 对应桥梁方案线路长度为 11.285km (除海湾大桥双线外, 其余均为单线预留二线), 两个方案整体线路长度相差不大, 隧道方案短 160m。隧道方案采用海底隧道穿越汕头湾, 初期较桥梁方案工程总投资多 4.6 亿元。桥梁方案考虑城际近期增建二线后, 桥梁方案投资反而较隧道方案多 2.5 亿元。

②从线路平纵条件分析

从平面条件分析, 隧道方案最小曲线半径为 1600m, 桥梁方案为跨越汕汾高速公路, 采用了最小 700m 曲线半径。隧道方案线型较为顺直, 桥梁方案近期开行城际列车时存在限速区段, 行车效率较低。

从纵断面条件分析, 为满足工程条件, 隧道方案线路需采用 16.5‰的纵坡。桥梁方案为满足汕头海湾通航要求, 需采用 16‰的纵坡, 两方案基本相当。

③从工程拆迁分析

桥梁方案所经过的汕头湾北岸地区规划有医院及锦峰新城等多个高档楼盘, 本线对该区域存在严重切割, 拆迁量较隧道方案多 3.13 万平米, 对沿线居民生活影响较大, 城市景观影响亦很大。

④从环评及通航影响分析

桥梁方案海湾特大桥穿过汕头湿地保护区，环评审批较为困难，且施工期和运营期对通航均存在一定影响。隧道对湿地保护区及通航均无影响。

7.3 用海面积合理性分析

项目申请用海总面积为 6.0857 公顷，其中濠江段 1.9582 公顷，龙湖段 4.1275 公顷。项目穿越岸线总长度为 83.6m。具体如表 7.3-1 所示。

表7.3-1 各用海单元用海面积及跨越/穿越岸线统计表

序号	名称	用海方式	面积 (hm ²)	跨越/穿越岸线 (m)	岸线类型 (m)	
					自然岸线	人工岸线
1	濠江段	海底隧道	1.9582	38.74	0	38.74
2	龙湖段		4.1275	44.87	0	44.87
项目用海总面积			6.08573	83.61	0	83.61

7.3.1 项目用海界址点确定

(一) 宗海测量相关说明

1) 宗海测量相关说明

根据《海籍调查规范》、《海域使用分类》等规范，我单位对本项目进行现场核查、海域使用测量并绘制宗海图件，测绘资质证书号为：乙测资字 4411468。参加本项测绘人员为钱江。

2) 执行的技术标准

《海域使用管理技术规范（试行）》，国家海洋局，2001；

《海域使用面积测量规范》（HY 070-2003）

《海域使用分类》（HY/T 123-2009）

《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）

《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）

(二) 宗海界址点的确定方法

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），用海方式为构筑物用海（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道等（二级方式）。本项目申请用海面积 6.0857 公顷，其中海底隧道濠江段申请用海 1.9582 公顷，海底隧道龙湖段申请用海 4.1275 公顷。本项目穿越了汕头湾南北两侧岸线共 83.61m，其中南侧穿越达濠岛岸线长 38.74m(海岛人工岸线)，北侧穿越大陆岸线长 44.87m

(大陆人工岸线)。

根据汕头市海域勘界数据，项目穿越汕头港，分别位于汕头市濠江区和龙湖区海域管理范围内，因此本项目共有 2 个宗海 2 个用海单元，2 个用海单元均属海底隧道用海。

海底隧道龙湖段由界址点 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-1 所围成，宗海面积 4.1275 公顷。其中界址点 1-2 为汕头市龙湖区和濠江区海域管理界线；界址线 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12 和界址线 13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-1 为海底隧道设计外缘线外扩 10m 范围；界址线 12-13 为广东省政府 2008 年公布海岸线。

海底隧道濠江段由界址点 1-2-3-4-5-6-1 所围成，宗海面积 1.9582 公顷。其中界址点 1-2-3-4 为本次实测海岛岸线，并与 2019 年修测有居民海岛岸线（征求意见稿）进行了对比；界址线 4-5 和界址线 6-1 为海底隧道设计外缘线外扩 10m 范围；界址线 5-6 为汕头市龙湖区和濠江区海域管理界线。

7.3.2 宗海图绘制

本项目的宗海图绘制严格按照《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》的规定执行，宗海图的绘制采用 AutoCAD2010 和 ArcGIS10.1 相结合的方式。

1.宗海界址图

综合前文界定的各用海单元范围以及收集到的海洋开发活动等相邻宗海信息，利用数字化矢量地形图作为宗海界址图的底图数据，使用 ArcGIS 依据规范对宗海和宗海内部单元的界定原则，并结合用海勘界线，形成本项目用海单元的界址范围，并辅以必要的文字说明。项目龙湖段所在位置使用广东省政府批准海岸线（2008 年），濠江段采用修测岸线（2019 年）。

2.宗海位置图

本次宗海位置图底图采用海事局 2013 年 4 月出版、图号为 81201 的海图，图式采用 GB12319-1998，CGCS2000 坐标系，深度…米…理论最低潮面，高程…米…1985 国家高程基准，比例尺为 1:60000。宗海界址图底图采用的是数字线画图，保留了主要特征地类要素，以使图面简洁，取舍得当。

宗海位置图及宗海界址图等见图 7.3.2-1 至 7.3.2-4。

7.3.3 用海面积合理性分析

7.3.3.1 项目用海面积符合项目用海需求及《海籍调查规范》、《宗海图编绘技术规范》

。汕头海湾隧道用海面积综合考虑隧道设计断面和《海籍调查规范》、《宗海图编绘技术规范》要求（隧道主体及其海底附属设施的外缘线向两侧外扩10m距离为界）计算，合计6.0857公顷。综上，本次申请面积是合理的。

综上所述，根据工程设计要求、《海籍调查规范》和《宗海图编绘技术规范》，项目用海面积能满足项目用海要求，本项目不存在减少用海面积的可能性。

7.3.3.2 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，海底隧道建筑限界采用《高速铁路设计规范》（TB10621-2014）中高速铁路建筑限界设计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、抗灾害性等要求。因此项目用海面积符合相关行业的设计标准和规范。

7.3.3.3 项目穿越岸线的合理性分析

本项目以隧道方式跨越汕头湾，由于海底隧道在海床下，虽然从实际利用角度来讲并未占用海岸线，但利用了海岸线下方的底土空间，穿越了汕头湾南北两侧岸线，南侧穿越达濠岛岸线长 38.74m（海岛人工岸线），北侧穿越大陆岸线长 44.87m（大陆人工岸线）。项目隧道采用盾构方案施工，隧道穿越海底底床，并未改变海岸线的属性，能保持岸线形态、长度，维持岸线自然属性。因此项目穿越岸线 83.61m 是合理的。详见图 7.3.3-1。



图 7.3.3-1 汕头海湾隧道穿越岸线图

7.3.4 用海面积量算

1) 宗海界址点坐标的计算方法:

根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 平面坐标, 利用相关测量专业的坐标换算软件, 将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影 (117°00' 为中央子午线) 的 CGCS2000 大地坐标。经过相应地图整饰, 绘出宗海界址图。界址点坐标见表 7.3.4-1 和表 7.3.4-2。

2) 宗海面积的计算方法:

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算, 即利用已有的各点平面坐标计算面积。借助于 AutoCAD2010 的软件计算功能直接求得用海面积。

3) 宗海面积的计算结果:

根据《海籍调查规范》及本项用海的实际用海类型, 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), 用海方式为构筑物用海 (一级方式) 中的跨海桥梁、海底隧道等 (二级方式)。本项目申请用海面积 6.0857 公顷, 其中海底隧道濠江段申请用海 1.9582 公顷, 海底隧道龙湖段申请用海 4.1275 公

顷。本项目穿越了汕头湾南北两侧岸线共 83.61m，其中南侧穿越达濠岛岸线长 38.74m（海岛人工岸线），北侧穿越大陆岸线长 44.87m（大陆人工岸线）。

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》。

7.4 用海期限合理性分析

根据项目有关设计资料，本项目海底隧道的使用年限设计为 100 年，而本项目的用海类型为交通运输用海，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 50 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 50 年是合理的。**综上所述，本项目申请的用海期限是合理的。**



图 7.3.2-1 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程宗海位置图

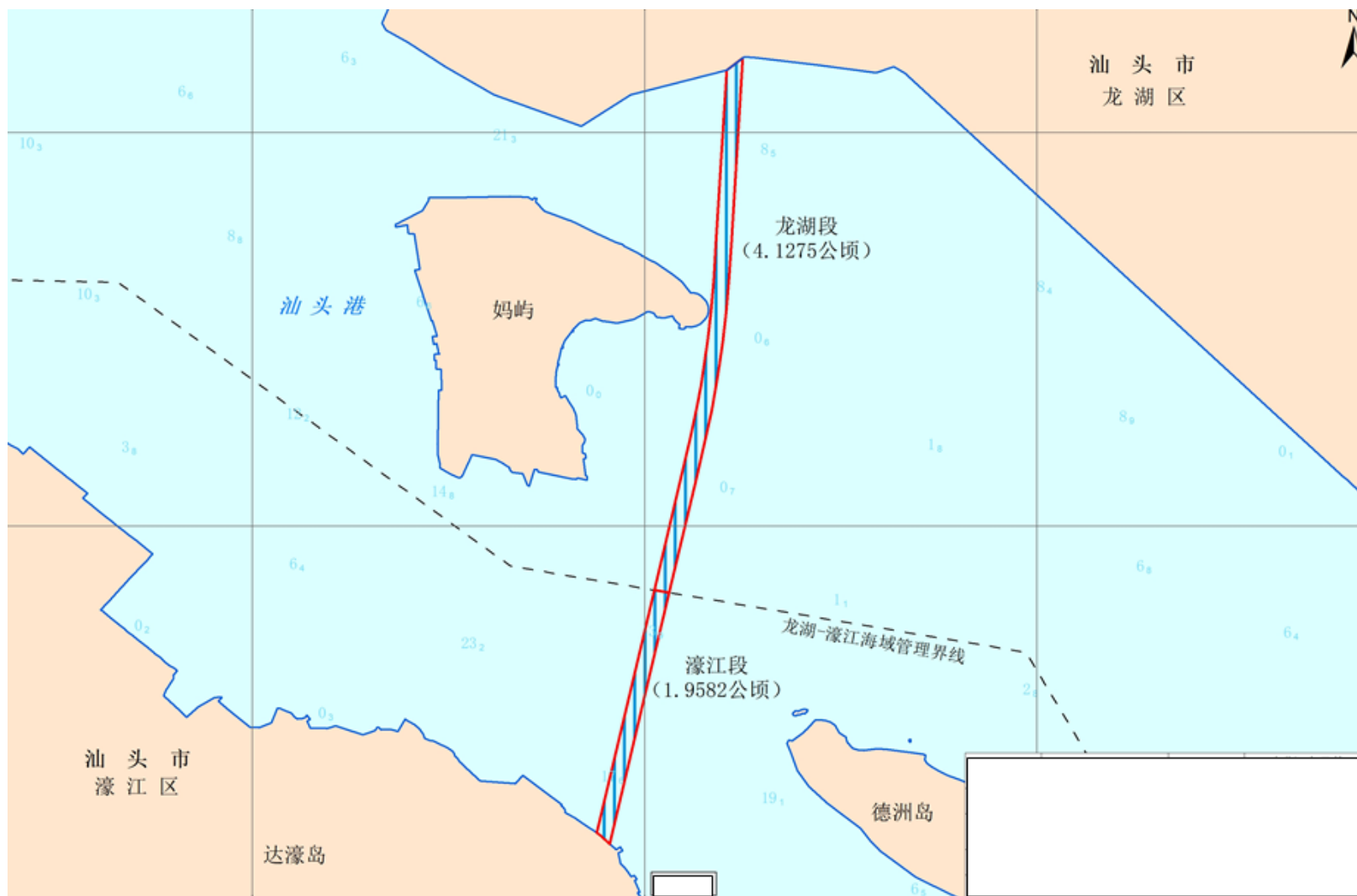


图 7.3.2-2 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程宗海平面布置图

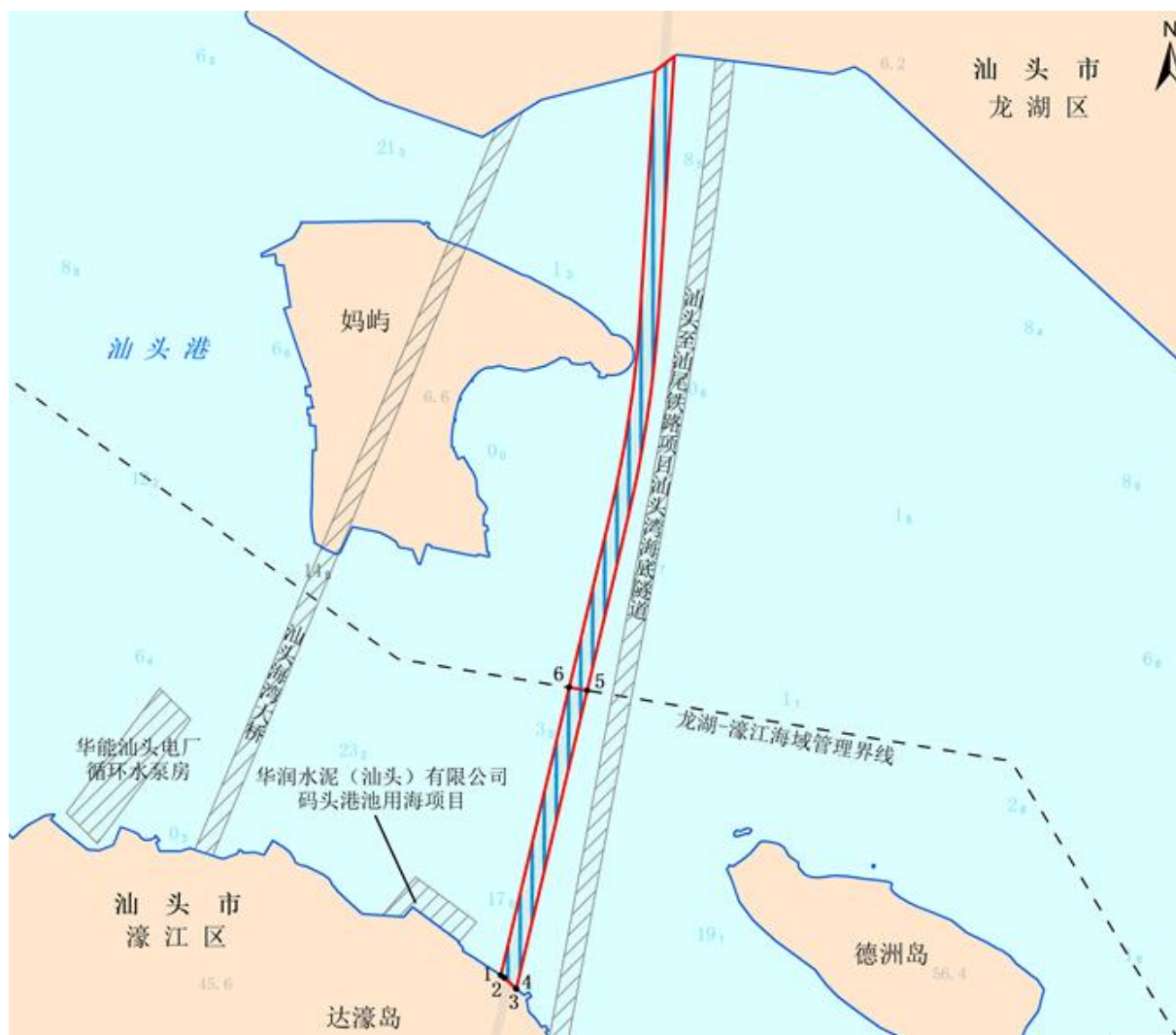


图 7.3.2-3 广梅汕汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程(濠江段)宗海界址图

8 海域使用对策措施

8.1 区划实施对策措施

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第四条规定：“国家实行海洋功能区划制度，海域使用必须符合海洋功能区划。”《中华人民共和国海域使用管理法》第二十八条规定“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区划的前提下，报原批准的人民政府批准”。海洋行政主管部门依法对海域使用的性质进行监督，对违法行为依照《中华人民共和国海域使用管理法》第四十六条处罚。可见，海洋功能区划是海域使用的基本依据，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。

海洋功能区划管理，是指在海域使用过程中，依据本地区海洋功能区划管理的具体要求，在海洋功能区监测和评估基础上，开展有针对性的海洋功能区维护活动，使项目用海毗邻海域的海洋功能长期保持健全状态。海洋功能区划管理的范围，既包括项目用海所在海洋功能区，也包括受项目用海影响的毗邻海洋功能区。海洋功能区划的管理，要注意功能区的兼容性和排他性，注意功能区自然属性的维护、功能区环境质量的维护以及毗邻功能区的保护。

本项目汕头海湾隧道所在区域的海洋功能区划为新津工业与城镇用海区、汕头港-大埕湾农渔业区。本项目为跨海隧道工程，不会影响到功能区用海需求，项目用海经过论证后平面布置合理，体现集约节约用海的原则，项目建设期间采取的环境保护措施，能够有效降低对附近水产资源的影响。因此，本项目的建设满足了对所在海域海洋功能区的使用管理要求。

根据本地区海洋功能区划管理的具体要求，针对本项目用海的海域利用形式与作业方式，制定本项目用海实施后海洋功能区的管理重点和要求。海洋功能区划管理的对策分析，主要分为以下三个主要方面。

(1) 海洋功能区监控重点分析

首先，在现行的海域用途与作业方式条件下，以保持项目用海附近海域海洋功能的健全为目标，从海洋功能区自然属性角度，结合海洋功能区指标体系，用定性和定量指标方式，分析海洋功能区所应具备的必要条件和关键性指标的水平，如应具备的生态条件、海水动力条件、水深条件、水质条件、底质条件、交通条件及应达到的指标水平等。

其次，在项目用海与海洋功能区划协调性分析基础上，详细分析项目用海对海洋功能区的潜在影响，从中明确那些容易受项目用海影响而发生变迁、对发挥海域的海洋功能有重要作用的因素，作为海洋功能区的监控重点，确定需要重点监测的关键指标。在该项目用海中，我们可以看到项目对周边海域的影响在生态环境、海水动力环境、水深、水质、底质等方面均有体现，而生态环境和水质是发挥该海域的海洋功能重要作用的因素，应作为海洋功能区的监控重点。

(2) 海洋功能区监测与评价

项目用海从无到有的时间尺度相对较短，对海域自然资源和环境条件的影响在时间上比较集中，甚至非常剧烈，项目用海对海洋功能的影响，是海洋功能区管理应考虑的主要因素。

在制定海洋功能区监测与评价方面的对策时，首先要根据海洋功能区管理指标分析结果，确定项目用海实施期间，开展海洋功能区监测的具体要求，包括监测指标的具体内涵与标准，监测点空间布局与监测周期、监测程序、方法与管理要求等。其次，要结合海洋功能区的监测要求，制定其评价要求，包括评价指标的构成及不同水平所代表的含义、评价采用的方法、评价周期、评价工作最终需要得出的结论与建议等。

(3) 海洋功能区维护

项目用海以海域为载体，海洋资源的开发利用对海域自然资源和环境条件的影响是客观存在的，只不过由于利用形式与作业方式的不同，这种影响表现出的程度不尽相同。海洋功能区的维护，就是在项目用海实施期间，对照海洋功能区关键性指标要求，根据海洋功能区监测与评价结果，有针对性地调整海域的利用形式和作业方式，以达到消减项目用海对海域自然资源和环境条件的影响、维护海洋功能健全的目的。

海洋功能区的维护包括功能区自然属性维护、功能区质量维护和对毗邻功能区的保护与培育等三方面内容。

海洋功能区维护的对策，首先要落实在各种防范措施的制定与实施上。要求根据环境影响评价，项目用海与海洋功能区协调分析，以及海洋功能区关键性指标分析，在项目用海实施前，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，要落实在各种调整措施的制定与实施上。要求在项目用海过程中，根据功能区监测与评价结果，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。再次，要落实在终止措施的制定与实施上。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。最后，考虑几种主要海洋功能区的排他性与兼容性的关系，本项目为跨海桥隧工程，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》（2012年），对周围的海洋功能区划影响较小。

8.2 开发协调对策措施

建议建设单位施工前与交通运输部南海航海保障中心汕头航标处充分沟通，妥善处理用海问题。

由于项目建设涉及多方利益相关者，不同参与者有多方面的利益诉求，寻求利己的最大利益，因此为了防止用海过程中的矛盾扩大化和用海后留下遗留问题，本报告提出以下开发协调措施：

（1）优化协调方案落实流程

协调方案的落实过程复杂、繁琐，因此需要一个科学合理的实施流程来协助其完成。不妨将操作流程进行细分，把复杂的任务解剖，分解为简单的、易于操作的子任务，多个子任务按部就班地展开，最后整合成具有阶段性成果的任务。所以，可以考虑将协调方案的落实粗略地分为几个阶段，明确每一阶段要完成的具体任务与时间节点，并优化配置一定的人力物力资源确保每一阶段顺利完成，同时衔接恰当。

（2）引入第三方组织

应在协调方案的落实过程中设立一个第三方组织，使其处在一个公正的位置，以一局外人的视角来分析和判断，并赋予其相关的权利，来裁决和协调三方的利益诉求与行为冲突。

（3）细化补偿标准

在协调方案的落实过程中，补偿标准的设定是至关重要的环节，也是引起三方矛盾与冲突的导火索。补偿标准是否公平合理决定了利益相关者的利益是否得到体现。满足补偿标准的公平性就要做到使每一项补偿数额都有理有据，这就要求补偿标准要细化到一定程度，考虑到有争议性问题的方方面面，争取不留有任何引发质疑的问题。此外，补偿标准还要满足合理性，要考虑到养殖户补偿等多

重问题。

8.3 风险防范对策措施

8.3.1 自然灾害风险防范措施

(1) 工程地质灾害风险防范措施

①项目区场地属抗震不利地段，因此拟建构筑物应按有关规范执行。

②项目的基础施工必须严格按照设计选用的基础处理方式，以及基础施工规范进行，加强监理工作。

(2) 地质灾害应急预案

制定突发地质灾害应急预案，建立响应体系，尽可能减小事故发生的规模及其所造成的损失与危害。应急预案应报备相关市、区人民政府以及街道办，其主要内容有：

①及时划定地质灾害危险区，设立明显的危险区警示标志，确定预警信号的撤离路线，组织群众转移避让。

②建立应急组织机构，明确分工、职责。

③制定地质灾害应急响应程序，并进行相关的培训、演练。

④配备应急装备及通讯、交通等必要设备。

⑤应急救护及灾害控制、削减的措施。

⑥应急监测及事故后评估。

⑦风险事故的善后处理措施。

⑧事故过程的记录及报告。

8.3.2 工程设计防范措施

(1) 预防措施

引起火灾的因素很多，首先应通过预防，防患于未然，将火灾发生的可能性降至最低，主要措施有：

1) 隧道内的火灾绝大多数是列车火灾引起的，因此，首先应提高列车自身的防火灭火能力；非正常状态下，列车应尽量驶出隧道，最好不要停在隧道内，以减轻灾害对司乘人员安全的威胁；

2) 提高隧道内易燃设施的防火能力，杜绝隧道内尤其是电力设施的火灾隐患；

3) 建立健全隧道防火管理制度, 包括: 防火安全制度, 车辆维护保养制度, 进入隧道列车管理制度等;

4) 成立专门的管理机构, 建立指挥救援中心, 组成由铁路、地方、消防多方组成的消防救援队伍, 组成完善的防灾、救灾体系;

5) 利用现代技术, 参考国内外隧道消防技术, 结合隧道的实际情况, 建立先进的隧道火灾报警系统, 灭火系统、事故通风系统、通信系统等防灾、救灾设施。

(2) 疏散救援措施

汕头海湾隧道全长 9970m, 为单洞双线水底隧道。依据《铁路隧道运营通风设计规范》(TB10068-2010), “电力机车牵引, 长度大于 20km 的高速铁路、客运专线铁路隧道及长度大于15km的货运专线、客货共线铁路隧道应设置机械通风。”汕头海湾隧道全长小于 15km, 原则上隧道正洞不设置机械通风。由于汕头湾隧道为水底隧道, 火灾危险性大, 因此设置机械排烟通风系统, 兼顾维护通风。

1) 射流风机按照满足火灾排烟及维护通风需求配置, 在隧道洞口布置 4 组 (每组 3 台) 共 12 台, 风机安装正向同左线行车方向。汕头湾隧道在北山湾斜井 (L=490m) 设置疏散通道一处, 设机械通风系统。在距离隔墙 200m 处设置1台单向射流风机, 从斜井外引入清洁的新鲜空气, 保证疏散通道内及与正洞连接处防护门沿乘客疏散方向具有一定的迎面风速。射流风机采用门架式安装。汕头海湾隧道在盾构段 (DK2+310~DK5+300) 设置轨下疏散通道, 盾构段轨道层纵向间隔75m左右设置一处竖向疏散楼梯 (共 36 处), 利用隧道轨下空间设置纵向疏散通道。轨下疏散通道设防灾通风系统。本线路车辆按 16 节编组动车组考虑, 列车发生火灾时最多有 6 处疏散楼梯可能被同时使用。

2) 在盾构段大里程端部风机房内设置 1 台可逆轴流风机, 在轨下疏散通道小里程端端部设置 1 台轴流风机, 从工作井外及斜井引入清洁的新鲜空气, 用来 保证轨下疏散通道内开启的疏散楼梯防护门处具有一定的风速。根据《建筑设计防火规范》GB50016-2014 (2018 版), 工作井疏散楼梯间设置机械加压送风系统。加压风机设置机房内。隧道正常运营时, 充分利用列车行驶时产生的活塞风进行通风换气, 隧道内所有通风设备均处于关闭状态; 维护通风时, 沿行车方向开启全部射流风机纵向通风, 同时利用盾构段大里程端工作井内轨下疏散通道用轴流风机排风, 轨下疏散通道小里程端端部轴流风机送风, 满足轨下疏散通道

内的通风换气。隧道排烟采用全纵向通风模式。火灾时, 人员疏散阶段开启全部轴流风机, 分别对轨下疏散通道及工作井疏散楼梯间加压送风, 同时开启北山湾斜井内单向射流风机与隔墙处轴流风机, 正洞射流风机不开启。人员疏散完毕后, 正向开启隧道内全部射流风机纵向排烟, 纵向排烟风速不小于 2.33m/s 临界排烟风速。

3) 紧急避难所、紧急出口及避难所内按相关专业要求防灾通风、应急照明、应急通信、消防、应急疏散标识等设施。

(3) 防火措施

根据《铁路工程设计防火规范》(TB10063-2007、J774-2008), 长度 5km 以上的隧道需考虑防火设计。

1) 隧道内通风、电力、通信信号设备洞室均应设置耐火极限不小于 3.0h 的隔墙以及防护门, 客运专线铁路隧道防护门的防爆荷载不应小于 0.05MPa;

2) 隧道内通风、电力、电力牵引、通信、信号设备洞室应设置火灾自动灭火装置, 并应设置 3 具 4.0kg 的 ABC 干粉灭火器;

3) 5km 以上隧道两侧的洞室内应设事故报警电话。电话应有防潮、防风压、防震、防电磁影响等防护设施, 其上方应有指示标识(灯光式或蓄光式)和里程显示;

4) 隧道内敷设的电力、通信、信息、信号的光缆、电缆及电线的绝缘、护套及机械防护材料, 宜采用低烟无卤难燃材料。电缆的余长腔内应采用防火堵材料进行封堵;

5) 隧道内和用于疏散、救援的通道内应设置疏散照明, 其灯具应有防潮、防风压、防震动功能, 安装高度距地面不应大于 2.5m, 地面最低照度不应小于 0.5LX, 供电时间不应小于 2.0h; 隧道内和用于疏散、救援的通道内应安装灯光或蓄光型疏散标志, 疏散标志应沿疏散方向设置, 其指示标志应符合现行国家标准《消防安全标志规范》(GB13495) 的有关规定。

8.3.3 施工期隧道坍塌、涌水风险的防范及应急反应措施

1. 深化地质勘察工作, 准确评价隧道地质状况, 以确定隧道位置。对于暗挖隧道方案, 应探明并准确评价岩石覆盖层高度、岩体风化界面位置、断裂破碎带形状及程度、区域内各层的物理力学性质、渗透系数等。工程前期应进一步查

清探明存在风化深槽的三维形状和分布情况,摸清风化槽的物理力学性质和渗透性能,并对隧道通过风化槽的工程处理措施进行相应的专题研究,克服施工中可能存在突水突泥的难点,以降低施工风险。在地质勘察的基础上,确定合适的安全顶板厚度,降低隧道坍塌风险。

2. 为防范涌水,必须将盾尾与衬砌之间的建筑空间及时注浆充填,同时改善隧道衬砌的受力状态,加固地层的效应,封堵从隧道后部向前流动的地下水。因此,掘进时同步注浆为主,二次注浆为辅的注浆作业已成为防范隧道坍塌和涌水的有效手段。

3. 根据地质条件合理进行盾构选型和关键参数确定,研究开发与盾构机设计配套的超前地质预报系统,力求保证对前方开挖的地质情况做到心中有数,保证开挖面稳定和施工安全。

4. 建立土压平衡掘进,充填土仓以减少附近地下水对开挖面的补充;使用泡沫剂等碴土改良剂对开挖面进行止水,并改善渣土的流动性,使出渣畅顺;同时尽量提高施工进度,减少故障或非故障停机时间以减少地下水的补充。

5. 根据地质、岩性情况,利用盾构机上的超前注浆孔进行超前注浆,加固刀盘前方土体,尽可能地截断水源,防止大量涌水。

6. 注意采用先进有效的技术对断层和软弱地层进行加固,防止发生通透性的突水突泥问题;从安全角度考虑,对水下隧道全部采用抗水压全封闭衬砌,并做好施工缝和沉降缝的防水处理,解决好初期支护和二次衬砌之间的密实问题,提高结构的抗压能力,避免运营期严重漏水或突水。

7. 注重施工安全,施工前应制定隧道坍塌、突水突泥事故的应急反应体系(预案),包括指挥、救援与恢复的软硬件系统(人员组织、计划和设施)。

8.4 监督管理对策措施

8.4.1 监督管理内容

海域使用监督管理以是否按确权面积有偿用海,是否按规定用途规范用海,是否按规定的作业方式和施工进度施工,是否存在破坏沿海岸带自然面貌和旅游景观,是否破坏海洋生态环境等问题为重点。

(1) 海域使用面积监督,根据海域使用的特点,提出对海域使用面积监督的频度。主要应在施工期进行面积监督;

(2) 海域使用用途监督,《海域使用管理法》第二十八条规定“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区划的前提下,报原批准用海的人民政府批准。”海洋行政主管部门应当依法对海域使用的性质进行监督检查,发现违法者应当依据《海域使用管理法》第四十六条执行。

(3) 海域使用资源环境状况监督:对生物多样性和珍稀、濒危动物的监督;对生物资源的监督;对脆弱海岸的监督;对海域环境(水质、底质)的监督;使用期终止后的监督管理。

(4) 海域使用时间监督,《海域使用管理法》第二十九规定“海域使用权期满,未申请续期或者申请续期未获批准的,海域使用权终止。”《海域使用管理法》第二十六条规定“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。”当海域使用权到期后,海域使用权人仍需使用该海域的,还可依法申请继续使用,获准后方可继续用海。

(5) 海域动态监管机构定期开展海域使用动态监测,编制海域使用动态监测报告,由项目审批部门相应的海域动态监管机构开展海域使用动态监测工作。应对工程建设进行动态监视监测和跟踪管理。对在建项目进行用海面积、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、海湾形态和面积变化、海洋灾害等。

8.4.2 具体的监督管理措施

自然资源行政主管部门应定期对用海项目进行监督和管理,除核算用海面积、审批海域使用用途外,对海域使用资源的监督主要以监测为主。下面我们通过施工期和运营期的环境保护和环境监测措施等方面详细阐述。

8.4.2.1 环境保护措施

(1) 水污染防治措施

①由于海湾隧道于海中段采用盾构法和矿山法施工,排水水量大,水质相对较好,主要是含有大量泥沙,因此不得直接排入附近水体。在隧道两端的洞口处设置防渗沉淀池,对隧道施工的高浊度污水进行沉淀,处理后上清水优先回用于施工生产用水,剩余部分由有能力的单位接收处理,不得随意排放。

②控制施工队伍生产、生活污水及施工垃圾的排放,生活污水通过槽车定期

送附近污水处理厂处理，含油污水由有能力的单位接收处理，生活垃圾由当地环卫部门收集处理；

③施工作业需按规程操作，加强施工期的环境监督、监理和监测，禁止随意扩大施工作业面，禁止各类污水排放；

④施工中采取清污分流；

(2) 烟气污染防治

隧道施工烟气污染主要来自施工发电锅炉，其次是运输汽车和以柴油为燃料的动力机械。因此，在选择设备型号时，应对环境保护配套设施予以足够重视，要求达到国家或地方规定的标准。

(3) 粉尘污染防治

①洞外爆破采取定向松动爆破，无声振破等新技术，洞内采用光爆。

②散装材料采用密闭罐运输、存放。

③必要时搅拌机和弃碴场四周设隔挡建筑，既可隔声又可防尘。

(4) 施工噪声污染防治

隧道施工噪声来自于爆破、空压机、装碴机、运输机、混凝土搅拌机、卷扬机、发电机、木工用的截木机、刨木机、锯木机和车、铣、钳、刨等机具。噪声的控制途径一般从三个方面考虑：降低声源噪声；在噪声传播途径上采取措施；在受噪声危害采取防护措施。

(5) 振动的防治

振动是声源激发固体构件并伴随噪声同时产生的。隧道施工引起的振动，主要是爆破（冲击振动）和机械产生的振动。

①对于混凝土搅拌机、球磨机、抽水机、空压机、碎石机等的基础宜埋入半地下，并铺设砂石垫层以减轻振动影响。

②通过试验在不同的岩层选择爆炸药种；调整所用炸药的药量；合理选择爆破方法；调整爆破时间。

(6) 对生态敏感区的保护保护措施

根据汕林复函[2018]3号要求：严格按照《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》、专家审查意见及建设单位与自然保护区管理机构签订的生态补偿框架协议，切实落实生态补偿资金和生态保护与修复措施，将工程项目对保护区的影响降低至最低。

根据《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》报告,评价建议预留生态恢复与保护措施主要包括生态宣传教育、生态巡护、保护区自然资源监测生态管护和生态环境监测等费用 35.60 万元。

(7) 生态监管

生态监管包括生态保护、生态补偿措施的管理,项目竣工验收和跟踪监测等。

①生态保护、生态补偿措施的管理

一般情况下,因工程建设而采取的生态保护、生态补偿措施的进度落后于建设项目的进度,如渔业资源人工增殖流放、海洋生态恢复工程等都必须在本项目基本成后实施。一般按照海洋环评的要求和实际工作情况,项目建设的生态补偿工作应在施工结束后的第一年六月份开始实施,本项目建设单位应与海洋渔业相关管理部门协商海洋生态损失补偿事宜,主管部门应该对生态补偿工作的落实并对实施过程、实施效果进行监管。

②项目竣工验收

项目建成后,海洋渔业主管部门应参与项目的竣工验收,验收重点为环境保护设施、生态保护和生态补偿措施等。如果本项目环保措施未达标,或者生态补偿费用未落实,不应同意本项目的竣工验收。

③跟踪监测

建设项目对生态的影响机制比较复杂,其影响程度也很难完全准确预测。因此,在本项目施工期和建成后,应就项目对环境的影响进行跟踪监测,可委托有资质的监测部门实施监测计划。对跟踪监测中发现的超标预测影响问题,应及时上报海洋、环保、渔业等行政主管部门,并要求项目建设单位采取相应的补偿措施。

8.4.2.2 环境监测措施

环境监测在环境监督管理中占有主要地位,通过制定并实施环境监测计划,可有效监督各项环保措施的落实情况,及时准确地掌握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。

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，分施工期和营运期两个时段。

1. 建设单位环境管理机构

为了有效保护拟建项目所在区域环境质量，切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实，除了施工单位应设置环境保护管理机构外，针对本项目的建设施工，项目建设单位还应成立专门小组，负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实情况，并在选择施工单位前，将主要环境保护措施列入招标文件中，将各施工单位落实主要环境保护措施的能力作为项目施工单位中标考虑因素，将需落实的环保措施列入与施工中标单位签署的合同中，聘请有资质的施工监理机构对施工单位环境保护措施落实情况进行跟踪监理，并且配合环境保护主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

加强建设项目的环境管理，根据本报告提出的污染防治措施和对策，制定出切实可行的环境污染防治办法和措施。项目建设单位环保管理机构的职责如下：

- (1) 宣传并执行国家有关环保法规、条例、标准，并监督有关部门执行；
- (2) 负责本项目施工期与营运期的环境保护管理工作。负责监督各项环保措施的落实与执行情况；
- (3) 在施工地点，应由工程环境监理人员在施工现场跟踪监控管理，监察环保设施设置与实施情况；
- (4) 工程环境监理纳入工程监理，接受海洋主管部门的指导和监督，以便更好地履行职责；
- (5) 按相关管理部门的规定和要求填报各种环境管理报表；
- (6) 配合海洋相关管理部门进行环保设施竣工验收；
- (7) 负责对营运期污染事故的调查、监测分析工作，并写出调查报告；
- (8) 协调、处理因本项目的建设 and 营运所产生的环境问题而引起的各种投诉，并达成相应的谅解措施；
- (9) 环境监测工作及监测计划的实施，应由建设单位的环保机构完成，在不具备条件的情况下亦可委托有资质的环境监测站协助进行。

2. 环境保护管理建议

针对本项目的建设和投入营运，提出如下环境保护管理要求和建议：

- (1) 所有与本项目直接相关的污染防治设施的建设必须与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

(2) 项目竣工投入试运营后, 应按照有关要求申请进行建设项目环保竣工验收。

(3) 建议本项目在落实各项环境保护设施时, 采用生态环境主管部门认证合格单位的污染治理技术或设施。

3. 环境监测计划

根据本项目不同建设阶段的工程特征和主要环境影响问题, 结合区域环境现状、敏感目标的具体情况, 按阶段分别制定本项目的环境监测计划。监测计划分为施工期和营运期两个时段, 包括环境监测范围、项目、频次、监测实施机构等具体内容。

4. 施工期监测

由于本项目属于海底隧道工程, 对水质、生态、沉积物等影响均较小, 故施工期可以不对其进行监测。

5. 营运期环境监测

营运期主要是对项目所在海域的水下地形及地面沉降情况进行监测。

(1) 水下地形观测

应加强对工程附近水下地形进行观测, 建议在运行 1 年、6 年各进行一次。

(2) 地面沉降情况监测

在隧道两侧或构筑物设置监测站位监测地面沉降情况, 每月监测一次。

(3) 隧道坍塌、突水突泥事故的应急监测

应加强对隧道坍塌、突水突泥事故的应急监测, 建议在运行 1 年、3 年和 6 年各进行一次

9 生态用海方案

9.1 建设项目的政策符合性

9.1.1 产业政策符合性分析

根据国家海洋局办公室《关于规范和加强生态用海审查的意见》（征求意见稿）（海办管字〔2016〕590号），用海项目优先保障国家重大战略实施，保障国家重大基础设施、海洋战略性新兴产业、海洋特色产业园区、绿色环保低碳产业、循环经济产业、重大民生工程等建设项目用海需求。本项目属于重大民生工程项目，其用海需求符合国家海洋局提倡的产业准入相关要求。

本项目属《产业结构调整指导目录》（2019年）第一类“鼓励类”中第二十四项“公路及道路运输（含城市客运）”中第5条“公路智能运输、快速客货运输、公路甩挂运输系统开发与建设”，故本项目实施符合国家产业政策。

9.1.2 与广东省发改委关于加快推进重要现状基础设施重点项目穿越环境敏感区前期工作通知的相符性分析

《广东省发展改革委关于加快推进重要现状基础设施重点项目穿越环境敏感区前期工作的通知》（粤发改重点〔2016〕174号）中提出：项目线路要统筹兼顾经济性和生态环境保护，做好线路优化方案，尽可能绕避环敏感区，优化和完善生态保护措施，确保项目建设与环境保护相协调，减少不利环境影响；对不能绕避的项目，应进行多方案比选，选择环境综合最优方案。对确需穿越自然保护区、森林公园的项目，在穿越自然保护区和森林公园线路唯一性、生态影响评价和范围、功能区调整可行性论证通过的前提下，允许线路走廊调整为非自然保护区和森林公园，并在自然保护区、森林公园区域外缘补划不少于调处面积的自然保护区和森林公园。

本项目环保要求落实情况：针对线路穿越汕头市湿地自然保护区，线路进行了唯一性论证，对穿越的自然保护区委托了相关单位进行专题生态影响评价论证。因此，本工程的建设符合粤发改重点〔2016〕174号文中有关环保的要求。

9.2 生态建设方案

9.2.1 生态建设方案原则

(1) 可持续发展原则：以可持续发展理论为指导，科学规划、合理利用、积极保护，构建生态安全格局，努力实现资源可持续利用，增强生态环境对社会经济发展的保障能力。

(2) 经济效益、社会效益与生态效益相协调的原则：积极促进经济、社会与生态环境之间的良性循环，实现经济、社会、生态环境之间的良性互动，达到社会经济发展与生态环境保护“双赢”。

(3) 集约与和谐原则：在生态优先的基础上，以经济建设为中心，整合区域资源优势，注重城乡建设与生态环境建设的结合，确保生态系统结构完整性、生态过程连续性，实现系统结构与功能的和谐。

(4) 产业发展与生态建设同步推进原则：积极推进产业建设的同时，加大生态经济、生态环境、生态人居、生态文化等方面建设力度，确保产业发展与环境保护同步推进，实现经济效益与生态效益的良性互动。

9.2.2 绿色防护设计

绿色防护设计遵循“因地制宜、安全可靠、经济适用”的原则进行，且植物防护与工程防护应有效结合，达到恢复自然景观、与周边环境协调的效果。

在铁路沿线周围铁路用地界内，有条件下尽可能利用空地，有组织地进行绿化，种植常绿、密集、宽厚的林带，在铁路与路外环境之间形成一道绿色屏障，既可美化环境，又可从感观上产生噪声降低的效果。

9.2.3 绿色施工方案

建设中，在保证质量、安全等基本要求的前提下，应最大限度地节约资源与减少对环境负面影响的施工活动，做到绿色施工，具体措施如下：

(1) 本项目施工过程拟采取的施工设备主要有起吊设备、运输车辆等，业主单位将与所有施工单位签署协议，并由监理单位负责监督，要求所有施工单位确保使用品质优良的施工车辆及各种机械设备，实现噪声和尾气排放达标。推土机、搅拌机等主要施工设备，声源强度必须达到相关机械产品的噪声标准，从源头上控制噪声污染。

(2) 临时施工营地尽量利用已有条件，减小临时营地的搭建，减小了工程

占地，同时减小了对生态环境的影响；本工程施工人员生活污水由槽罐车定期抽运，送至主体项目污水处理站处理，严禁直接排入河流、湖泊及海洋，做到不排放。

(3) 施工进度安排应兼顾生态保护，如尽量避免在4-6 月份渔业繁殖期进行作业；弃土场通过上述土地整治、表层熟土回填、复耕以及植树种草等绿化措施，保护弃渣场所形成的新生地表，改善生态环境。

(4) 节约资源，减少环境污染。如施工过程合理、节约使用水、电；机械设备的冲洗废水经处理后可回用于场地降尘、植物浇灌；建筑废料、渣土尽量资源化再利用，废金属、钢筋、铁丝等可回用于其他项目。

9.2.4 污染物排放与控制

9.2.4.1 施工期污染物排放与控制

施工期水环境影响主要来源于施工人员生活污水、施工含油废水、车辆设备冲洗废水等。

施工期产生的生活污水由槽罐车对生活污水定期抽运，送至主体项目污水处理站处理；施工机械含油污水需委托由有能力的单位接收处理。车辆设备冲洗废水经隔油沉淀处理后回用于机械冲洗、路面降尘或绿化，不排入海域。施工场地生活垃圾设置集中垃圾场进行收集，由当地环卫部门统一清运处置。施工垃圾及机械保养产生的固体废弃物不随意倒入海域，统一收集上岸处置。施工建筑垃圾回收利用，不可利用的垃圾统一收集后运送至垃圾填埋场进行处理。因此施工期对周边环境影响较小。

9.2.4.2 运行期污染物排放与控制

主要是广澳站的生活污水、生产废水，本项目为海底隧道工程，运营期不存在污染物排放。

9.3 汕头湿地自然保护区生态恢复与补偿措施

本节主要引自《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》(广州草木蕃环境科技有限公司，2017.11)中与本项目相关的结论。

9.3.1 生态环境保护措施

9.3.1.1 施工期

1) 加强施工期污水的环境管理和监督, 严禁施工期生活污水、生产废水排入汕头湾。

2) 严禁将沥青、油料、化学品等建材堆放在水体附近。施工结束后沥青搅拌站的废弃物及其它固体废弃物严禁倾倒或抛入水体, 应由施工单位负责及时清运至指定地点或按照有关规定处理。

3) 尽量采用低噪声机械, 对超过国家标准的机械应禁止其入场施工, 施工过程中经常对设备进行维修保养。

4) 在保护区附近的敏感点路段严禁高噪声施工机械夜间(22:00~次日6:00)施工, 昼间施工时也要进行良好的施工管理同时封闭施工场界。

5) 在利用现有的道路、航道运输施工物资时, 应合理选择运输路线, 材料的运输需在白天进行, 运输材料的车辆进入施工现场严禁鸣笛, 装卸材料时应做到轻拿轻放; 严禁车辆夜间进行材料运输。分时段的限制车流量及车速, 减少噪声污染。

6) 做好施工人员的个人防护, 高噪声设备操作人员采用轮班制, 减少接触时间, 并配戴防护用具如耳罩等, 按要求规范操作, 使施工机械的噪声维持在最低水平等。

9.3.1.2 运营期

(1) 大气环境影响保护措施

在隧道口多种植乔、灌木。既可以净化、吸收机动车尾气中的污染物、道路粉尘, 又可以美化环境, 改善路容。

(2) 水环境影响保护措施

1) 加强环境监测, 定期接受相关环保部门的监督检查, 确保列车处于良好稳定的运行状况, 杜绝风险事故状态下对保护区造成环境及安全影响。

2) 可在隧道口设置蓄水池, 对平时的雨水进行收集蒸发, 若出现有因污染物泄漏等导致的污水可进行沉降、中和等处理。针对有严重污染的污水可进行沉降、中和等处理, 而一般的雨水等可在处理池自行蒸发;

(3) 声环境影响保护措施

1) 对隧道内采取吸声处理: 建议隧道侧壁及顶棚部分结合装饰需要采用吸声材料, 在隧道全路段铺设低噪声路面来有效控制隧道内噪声, 如沥青面层混合

料类型;

2) 在隧道口两侧种植绿化降噪林, 降噪的同时, 又可以美化环境、净化空气;

9.3.2 动物保护措施

9.3.2.1 施工期

在项目施工期, 应遵循自然优先的原则, 选择最优路线, 尽量避开对野生动物的影响。通过加强施工管理, 加大人员、机械投入, 尽量缩短影响范围路段的施工工期, 做好施工方案和工序安排, 对于工程距保护区较近的敏感区域, 尽可能避免在 3~6 月鱼类产卵高峰期进行露天爆破、打桩、振捣等施工作业。如有发现动物的繁殖地, 必须及时采取保护措施, 必要时在繁殖地周边必须停工。

在施工期会因为机械、运输船只以及开挖而产生噪声和灯光等。施工运输车辆、船只应尽量低速行驶, 禁止鸣笛; 要合理安排作业时间, 尽量避免夜间(22:00-次日 6:00) 施工; 尽量采用低噪声施工机械, 坚决不用超过国家标准的机械; 机械施工时要采取加防震垫、隔音罩等措施, 或在施工场地周围设置 3-4m 高的声屏障及通风噪声窗等隔音措施, 以减轻对野生动物产生的噪声影响。

9.3.2.2 运营期

在项目运营期, 临近保护区路段应适当控制列车速度, 以免惊扰动物; 设置防护网、边沟等, 并设置警示牌、禁止鸣笛标志和减速标志, 减少对动物的影响。

运营期应积极开展野生动物保护方面的科学研究, 在德州岛建立野生动物监测、保护的站点, 调查野生动物习性和生活规律, 监测野生动物繁衍发展及其生境变化的动态, 根据监测结果作出预测和评价, 为运营后期野生动物保护措施的选择和实施提供参考和依据, 同时对野生动物的保护起到监督作用。同时积极宣传野生动物知识, 提高人们对野生动物的保护意识。

9.3.3 生态恢复措施

项目建设可能会对鸟类栖息地及其活动产生一定影响, 也对保护区的管理工作增加一定难度。项目建设单位需采取相应措施, 降低其影响程度, 主要包括生态宣传教育、生态巡护和生态环境监测等方面。

(1) 生态宣传教育

为了保证项目的建设与管理与保护区的保护协调发展，在施工期需要对施工人员、管理人员以及监理人员等进行自然环境保护的专业培训，并在施工区域和保护区范围内设置宣传牌，进行生物多样性保护宣传教育；在项目运营期，防止项目员工及往来人员对保护区的干扰，需要在项目区与保护区范围之间设置一定的警示牌，以起到野生动物和生态环境保护的宣传教育作用。

(2) 生态巡护

为了保障保护区的生态环境质量，需要对保护区进行相应的生态巡护。在项目施工期和运营期，至少聘请 2 名人员专门负责保护区与项目区范围的巡护、宣教等工作，其中，巡护监测报告应至少 1 月 1 次，主要记录动物资源、植被资源有无人员破坏、有无重大变化。

(3) 生态环境监测

为了掌握保护区自然资源和环境变化的动态信息，应当对保护区进行生态环境监测，提供详实资料和数据。监测时间可分为施工期监测和运营期监测，可考虑在工程施工期和运营期每年按季度固定时间开展监测工作。

建议在靠近保护区位置附近专门建立 2 个保护监测点，对附近区域野生动植物及其生存环境进行定期、连续的监测，可考虑自工程完成后每年按季度固定时间开展监测工作。

监测内容主要包括：定位监测、物种监测、生态环境因子监测及污染因子监测。针对评价区域内湿地生态系统、野生动植物资源、生态环境质量、大气噪声等污染源进行监测分析，为自然保护工作提供依据。

9.3.4 生态补偿措施

由于工程建设不直接占用保护区，也不会对保护区内的动植物资源造成直接的破坏，但工程的施工和运营可能会对保护区内的动植物资源产生间接影响，须做好项目运营期间保护区内动植物资源的监测工作，监测时间包括项目临近保护区路段施工期以及运营初期。此外，工程建设会对保护区的管理造成直接影响，增加管护难度和管护压力，保护区管理部门需增加人员力量做好监管工作和资源保护工作。

根据《自然保护区条例》以及国家有关环境和资源保护的法规以及自然资源价值论，遵照“谁破坏，谁补偿”的原则，对项目评价区域应予以一定的资金补

偿,实行自然资源的有偿使用,项目建设业主方应依法依规落实生态补偿措施等有关内容。

生态恢复与保护措施主要包括生态宣传教育、生态巡护、保护区自然资源监测生态管护和生态环境监测等方面。投资估算共计 41.05 万元。

10 结论与建议

10.1 结论

10.1.1 项目用海基本情况

广梅汕铁路汕头站至汕头港澳港区铁路项目海湾隧道工程设隧道 1 座(汕头海湾隧道),隧道位于广东省汕头市濠江区境内,最大埋深约为 157m。隧道进口里程为 CK1+840,隧线分界里程 CK1+165;出口里程为 CK11+130,隧线分界里程为 CK11+135,隧道封闭段全长 9965m,建筑长度 9970m。本隧道为单洞双线隧道,初期为单线货运铁路,设计行车速度 80km/h;近期为客货共线双线铁路兼为城际双线铁路,设计行车速度为 160km/h。

隧道施工辅助坑道为 1 个斜井及 1 个竖井(盾构工作井),分别为:斜井与正线交于 CK6+700,长 490m,综合坡度 10.50%,与大里程方向交角 90°,位于线路前进方向右侧;盾构工作井设于 CK2+285~+310,深 23.65m,宽 20m。汕头海湾隧道跨越汕头湾涉海段 CK3+500~CK5+400,涉海段长为 1900m。(备注:海底隧道的长度均根据省政府批复岸线或实测海岛岸线向海一侧确定。)可研投资估算总额为 345523.15 万元。其中本工程投资估算为 338762.84 万元,全线总工期按 4.5 年工期(54 个月)安排。

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海底隧道用海。申请用海总面积为 6.0857 公顷,其中濠江段为 1.9582 公顷,龙湖段为 4.1275 公顷,汕头海湾隧道共穿越岸线 83.6m,其中南岸占用达濠岛人工岸线 38.7m(含外扩范围占用 23.2m);北岸占用 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m(含外扩范围占用 27.2m)。项目申请用海期限为 50 年。

10.1.2 项目用海必要性结论

本项目作为海底隧道工程建设,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。

建设广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路,是满足港口集疏运需求,提升港口服务品质,促进港口快速发展的需要;是打通广梅汕铁路粤东出海通道,延伸广梅汕铁路服务范围的需要;是促进粤东潮揭汕地区经济发展的需要,有利于城市的扩容提质;是改善区域环境,实现可持续发展的需要。

广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路采用海底隧道形式穿越汕头湾，可避免对于风景区文物、山脉的破坏，也避免大面积拆迁带来的征地补偿和安置问题。汕头海湾隧道在工可研就进行了桥梁和隧道方案的比选，最终从施工的难易度、经济性、安全性和对海洋环境影响等方面考虑采用海底隧道方式，海底隧道必须穿越海底岩土，因此海底隧道的建设需要使用一定面积的海域海底空间。工程需要使用海域面积是根据工程的实际需要和《海籍调查规范》确定的，用海面积是合理的。

本项目是为汕头港集疏运服务的疏港铁路；是广梅汕铁路的延伸线；是粤东地区城际网的重要组成部分。

因此，项目建设是必要的、用海是必要的。

10.1.3 项目用海资源环境影响分析结论

(1) 水文动力和冲淤环境影响

本工程所采用的是全隧道工程，属于海底工程，涉海段主要采用的是盾构法，有一小部分采用的是矿山法，均为暗挖法，隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，因此对工程区域水动力不产生影响。项目对海域地形地貌冲淤环境的影响不大。

(2) 海水水质环境影响

海底隧道施工由于是采用盾构法和矿山法的施工方式，最大埋深约为 120m，最小埋深为 17.09m，施工过程中对海洋水质环境基本不会产生影响。隧道的建设施工单位严格按有关规范及设计进行施工，确保工程质量，本项目建设后，不会有明显渗水，对项目附近海域水质环境造成影响不大。

(3) 沉积物环境影响

汕头海湾隧道位于海床 17.09m 以下，工程采用矿山+盾构空推法的施工工艺，施工产生的渣土清运至陆上处理，施工振动轻微，工程建设不会导致海底沉积物化学溶出，隧道上方表层沉积物类型、粒度参数等物理特性也不会发生变化。营运期海底隧道不会对沉积物环境造成影响。

(3) 海洋生态环境影响

本项目主体工程海底隧道占用海底底床，不会造成海洋生物损失。

根据《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影

响专题》报告，在遵循项目建设与资源保护相协调的指导原则，采取有效生态防护措施的前提下，本工程建设和运营不会对把保护区生态环境及管理造成重大损害。

10.1.4 海域开发利用协调分析结论

本项目利益相关者为交通运输部南海航海保障中心汕头航标处。另外还需协调的管理部门涉及海事部门、水利部门、和汕头市林业局等。

10.1.5 项目用海与海洋功能区划及相关规划符合性分析结论

根据《广东省海洋功能区划（2011—2020年）》（2012年），本项目汕头海湾隧道所在区域的海洋功能区划为新津工业与城镇用海区和汕头港-大埕湾农渔业区。

汕头海湾隧道用海类型属于交通运输用海中的海底隧道用海，海底隧道位于海床面 17.09m 以下，对河口海域防洪纳潮功能基本没影响。本项目为暗挖海底隧道，不改变海域自然属性，对海床、现状海水水质及海洋生态环境几乎没有影响，不会破坏海岛自然环境资源，因此，汕头海湾隧道符合新津工业与城镇用海区和汕头港-大埕湾农渔业区的海洋环境保护要求。

此外，本项目用海符合《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋主体功能区规划》、《广东省海洋生态红线》、《广东省环境保护规划纲要（2006-2020年）》、《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》、《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020年）》、《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《广东省沿海经济带综合发展规划(2017-2030年)》、《广东省综合交通运输体系发展“十三五”规划》、《广东省海洋经济发展“十三五”规划》、《中长期铁路网规划》、《海岸线保护与利用管理办法》、《汕头市城市总体规划（2002-2020年）（2017年修订）》、《汕头市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

10.1.6 项目用海合理性分析结论

（1）项目用海选址合理性结论

项目规划线路拟自广梅汕铁路汕头站普速场南段咽喉引出，并行汕汕铁路南行，跨越金砂东路、长平路后，由路基段转入地下，以隧道形成下穿中山东路、沈海高速、锦峰潮汕美食城、泰星路及汕头内海湾，于青云岩东侧出隧道后，折

机引入广澳港区并设置广澳站，全线长 16.663 公里。本线通过广梅汕线可以连接鹰梅线，是汕头港疏港的便捷通道，是连通腹地的重要路径，同时还预留承担沿线部分客运功能。

设计在线路方案研究过程中充分考虑了沿线城市规划的实际情况，通过优化比较局部线路走向，使工程建设与沿线城市规划相协调，该选址选线是经过多方论证确定的安全、经济、合理的方案。

本项目的选址符合各项规划，与各项规划的衔接和协调性良好。与沿线城镇的城镇性质、用地布局、交通规划、基础设施建设、生态环境保护、防灾安全体系以及文物保护等是基本协调的。

(2) 项目用海平面布置和用海方式合理性结论

海底隧道的平面布置相对其他海洋工程较简单一些，在确定好海底隧道路线后，根据交通流量预测、相关技术标准确定其相关技术参数。在选线合理的前提下，其平面布置是合理的。

广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区采用海底隧道的方式通过汕头湾，用海方式为海底隧道用海，对海域基本功能不会造成影响。因此，海底隧道用海方式能维护海域的基本功能。总体上来说，项目用海方式是合理的。

(3) 用海面积合理性结论

本项目用海类型为交通运输用海中的路桥用海，用海方式为海底隧道用海，申请汕头海湾隧道用海面积为 6.0857 公顷，其中濠江段为 1.9582 公顷，龙湖段为 4.1275 公顷，汕头海湾隧道共穿越岸线 83.6m，其中南岸占用达濠岛人工岸线 38.7m(含外扩范围占用 23.2m)；北岸占用 08 年省政府批准大陆人工海岸线 44.9m(含外扩范围占用 27.2m)。

从海洋资源利用率和海域管理的角度出发，本项目的用海面积可以满足项目用海需求，符合相关标准和规范。

(4) 用海期限合理性结论

本项目海底隧道的使用年限设计为 100 年，而本项目的用海类型为海底隧道用海，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 50 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 50 年是合理的。

10.1.7 项目用海可行性结论

本工程用海符合《全国海洋主体功能区规划》、《广东省海洋功能区划》（2011~2020年）和《广东省海洋生态红线》等。项目建设与国家宏观政策、地方城市发展战略规划相一致；项目建设对资源环境的影响较小；项目选址合理，用海面积适宜；本项目与利益相关者可协调。项目建设具有良好的经济效益和社会效益，能够较好地发挥该海域的自然环境和社会优势。

综上所述，本项目用海是可行的。

10.2 建议

- 1、开工前落实交通运输部南海航海保障中心汕头航标处提出的建议；
- 2、设计、施工时应加强防涌水和超前地质预报工作，必要时应及时采取相应的应急安全措施，确保施工安全。

资料来源说明

1、引用资料

(1)《新建广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路补充可行性研究》(中铁第四勘察设计集团有限公司, 2021年5月);

(2)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路可行性研究(修编)第九篇 隧道》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2020年4月);

(3)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路环境影响报告书(报批稿)》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2018年3月);

(4)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至广澳港区铁路汕头海湾隧道工程防洪评价报告(送审稿)》(广东省水利水电科学研究院, 2019年7月);

(5)《新建铁路广梅汕铁路汕头港至广澳港区铁路初步设计 汕头海湾隧道工程地质勘查报告》(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2020年9月);

(6)《广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路对汕头湿地自然保护区生态影响专题》(广州草木蕃环境科技有限公司, 2017.11);

(7)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路汕头湾海底隧道工程通航条件影响评价报告(报批稿)》(广东正方圆工程咨询有限公司, 2018.5);

(8)《新建铁路广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路项目规划选址意见报告》(广州上都城市规划设计有限公司, 2021.06)。

2、现场勘查

2021年7月22日, 论证单位开展了广梅汕铁路汕头站至汕头广澳港区铁路项目海湾隧道工程现场踏勘工作。