



三平环保咨询(北京)有限公司  
SANPING ENVIRONMENTAL CONSULTING (BEIJING) CO., LTD.

横琴杧洲隧道工程

# 环境影响报告书

(送审稿)

三平环保咨询(北京)有限公司

二〇二一年七月

## 目 录

概述.....	1
<b>1 总则.....</b>	<b>5</b>
1.1 任务由来和评价目的.....	5
1.2 编制依据.....	7
1.3 评价内容和评价重点.....	12
1.4 环境功能区划.....	12
1.5 评价等级和评价范围.....	20
1.6 评价标准.....	25
1.7 环境保护目标和环境敏感目标.....	29
<b>2 工程概况 .....</b>	<b>34</b>
2.1 项目基本情况.....	34
2.2 项目建设必要性.....	37
2.3 工程总平布置.....	39
2.4 隧道工程.....	43
2.5 接线道路工程.....	63
2.6 施工方案.....	74
2.7 项目用海、占地情况.....	86
<b>3 工程分析 .....</b>	<b>98</b>
3.1 生产工艺与过程分析.....	98
3.2 工程各阶段污染环节与环境影响分析.....	105
<b>4 区域概况 .....</b>	<b>126</b>
4.1 自然环境概况.....	126
4.2 海洋资源概况.....	154
4.3 项目周边开发利用现状.....	158
4.4 主要环境敏感目标概况.....	167
<b>5 环境现状调查与评价 .....</b>	<b>173</b>
5.1 水文动力环境现状调查与评价.....	173

5.2	地形地貌与冲淤环境调查与评价.....	189
5.3	海水水质现状调查与评价.....	200
5.4	海洋沉积物环境质量现状调查与评价.....	210
5.5	海洋生态环境现状调查与评价.....	214
5.6	渔业资源现状调查.....	235
5.7	环境空气质量现状调查.....	247
5.8	声环境质量现状调查.....	248
5.9	生态环境质量现状调查.....	249
<b>6</b>	<b>环境影响预测与评价 .....</b>	<b>251</b>
6.1	海域水文动力环境影响分析.....	251
6.2	地形地貌和冲淤变化的影响分析.....	251
6.3	海水水质环境影响预测与评价.....	252
6.4	海洋沉积物环境影响分析.....	259
6.5	海洋生态环境影响预测与评价.....	260
6.6	陆域环境影响分析.....	268
6.7	项目对环境敏感目标的影响.....	283
6.8	项目建设对防洪纳潮的影响分析.....	285
6.9	项目建设对周边开发活动的影响.....	287
<b>7</b>	<b>环境风险分析与评价 .....</b>	<b>288</b>
7.1	评价依据.....	288
7.2	风险识别及影响分析.....	288
7.3	源项分析.....	293
7.4	溢油影响预测分析.....	295
7.5	风险事故防范措施与应急预案.....	309
<b>8</b>	<b>环境保护措施及其可行性论证 .....</b>	<b>323</b>
8.1	各阶段污染环境保护对策措施.....	323
8.2	各阶段的生态保护对策措施.....	328
8.3	环境保护设施和对策措施一览表.....	330
<b>9</b>	<b>工程的环境可行性 .....</b>	<b>333</b>

9.1	项目与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析	333
9.2	与海洋主体功能区规划的符合性	334
9.3	与海洋功能区划的符合性	336
9.4	与海洋生态红线制度的符合性	337
9.5	与海洋环境保护规划的符合性	341
9.6	与区域规划及相关规划的符合性	342
9.7	与国家和地方产业政策的符合性	345
9.8	工程选址与布置的合理性分析	345
<b>10</b>	<b>环境影响经济损益分析</b>	<b>351</b>
10.1	环境保护设施和对策措施的费用估算	351
10.2	环境保护的经济损益分析	352
10.3	环境保护的技术经济合理性	352
<b>11</b>	<b>环境管理与监测计划</b>	<b>354</b>
11.1	环境保护管理计划	354
11.2	环境监测计划	357
11.3	环境管理和监测计划的可行性与时效性分析	359
<b>12</b>	<b>环境影响评价结论</b>	<b>361</b>
12.1	工程分析结论	361
12.2	环境现状分析与评价结论	362
12.3	环境影响预测分析与评价结论	366
12.4	环境风险分析与评价结论	371
12.5	环境保护对策措施的合理性、可行性结论	372
12.6	公众参与	374
12.7	建设项目环境可行性结论	374

## 概述

### 一、建设项目背景和特点

#### (1) 项目背景

2018年9月,《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》获珠海市政府正式批复实施,规划形成“一带三轴、双核十组团”的城市空间结构,以城市新中心为一体化区域发展的核心着力点,带动一江两岸城市功能的契合与协调,促进一体化区域空间资源集约高效利用,形成一河两岸多个片区的空间格局,实现山环水绕、绿脉新都。本项目是生产服务轴的横琴二桥、杧洲隧道两个通道之一。建成后将串联通关中心、保税区一期、港湾港和横琴中医药产业园,促进洪湾港区产业功能与横琴西部片区产业功能的融合。

2019年2月18日,中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》。珠海地处粤港澳都市圈中心地带,是珠江口西岸的核心城市和交通枢纽。而横琴作为粤港澳紧密合作的新载体,又可充分发挥三地在人才、技术、市场和管理体制等方面的优势,为珠三角地区深化改革、扩大开放、探索科学发展模式进行试验和提供示范。

本项目正是在这样的规划和发展背景下提出的。2019年4月,建设单位确认由上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司作为本项目工程可研报告编制单位。7月,横琴规划国土局对本项目方案(原双向四车道方案)进行批复。8月,项目建议书获横琴新区发展改革局批复,并于9~10月完成了工程可行性研究报告的审查。

2019年12月,本项目功能定位重新调整为:承担一体化区域跨马骝洲水道与横琴沟通的重要交通性主干道,是一体化区域、横琴的重要骨干路网之一,同时分担规划洪湾隧道部分交通功能。2020年4月,横琴新区规划国土局对本项目调整为双向六车道规模进行研究,研究认为本工程功能提升必要,具备可行性。2020年5月,本项目开始按照调整后的规模重新开展立项及后续工作。2020年7月,本项目(调整后)建议书获横琴新区发展改革局批复(见附件一)。同年8月、11月,本项目工程可行性研究报告先后完成了由广东省国际工程咨询公司、珠海市横琴新区管理委员会发展改革局组织的技术审查。2020年11月,上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司编制完成了《横琴杧洲隧道工程初步设计说

明书（修编）》。

## （2）项目特点

本项目起点位于北岸洪湾片区的环港东路-洪湾大道地面辅路交叉口，以地面形式向南敷设，主线以隧道形式下穿，分别以明挖、盾构形式下穿规划地面道路和马骝洲水道，而后接南岸厚朴道，盾构在北侧工作井结束后以明挖形式下穿规划胜洲十一路，主线最后接地面厚朴道直至胜洲七路交叉口北侧终点。

工程内容包括隧道工程、接线道路工程及相关附属工程等。道路等级为城市主干道，设计速度 60km/h，道路全长约 2994.449m（以左线计）。工程主体为双管单层双向六车道盾构隧道，以明挖、盾构形式下穿地面道路和马骝洲水道，隧道总长 1995m（以左线计）。

项目特点主要有：1）项目建设涉及环境影响要素较多，接线道路施工运营将对环境空气、声环境、生态环境等造成一定影响，海底隧道软基处理作业会产生入海悬浮沙，从而对海洋生态造成一定程度的不利影响，项目施工过程中还将产生各类废弃土方、疏浚淤泥和盾构泥浆压缩泥饼等，均需予以关注并采取针对性措施；2）项目为线性工程，且主体工程海底隧道和陆上接线道路施工技术标准差异大，施工标段划分多，施工组织复杂，大临施工场地布置和污染物处理处置需统筹规划，以减小污染、非污染环境的影响；3）主体工程海底隧道施工技术标准高，埋设在海床以下 8m 以深，建成后对周边海洋环境之间基本无直接沟通，但建设过程中仍存在一定的施工风险，应予以关注；4）项目周边存在湿地公园、饮用水保护区、幼鱼幼虾繁育场等敏感目标，应加强各项环境保护措施及风险防范和应急措施。

## 二、环境影响评价的工作过程

### （1）环评工作过程

2021 年 1 月，珠海大横琴城市新中心发展有限公司委托我公司（即三平环保咨询（北京）有限公司）承担了本项目的海洋环境影响评价工作（见附件二），评价对象包括海底隧道及配套工程设施（盾构工作井、施工场地）。同时，本项目建设单位委托铁汉环保集团有限公司承担了本项目接线道路的环境影响评价工作。我公司及协作单位（铁汉环保集团有限公司）接受委托后，立即组织项目参评人员分别对项目海域、陆域进行了现场踏勘，识别了项目周边主要环境敏感目标，并收集了工程区域环境质量现状调查成果、环境功能区划及与本工程相关的规划文件，初步分析了工程建设的环境影响。而后，在对项目工程分析和环境

质量现状评价的基础上，开展了项目建设的主要环境影响和环境风险进行了预测、分析和评价，提出了环境保护措施、风险防范措施要求，明确了项目建设运营环境管理与监测计划要求，给出了建设项目可行与否的结论，编制完成了《横琴杧洲隧道工程环境影响报告书》。

### （2）公众参与工作情况

在环评工作过程中，建设单位开展了项目信息公示，分别于 2021 年 2 月 4 日、2021 年 6 月 7 日在大横琴城市新中心网站进行了项目环境影响评价的公众参与公示，并于 2021 年 6 月 10 日、6 月 13 日两次在《珠海特区报》刊登了本项目环境影响评价 公众参与公告，同时，项目环境影响报告书征求意见稿公示期间，在项目周边现场张贴了有关环境影响评价公众参与公告，公众参与期间，建设单位及环评单位均未收到反对意见。

## 三、分析判定相关情况

### （1）产业政策的符合性

根据国家发改委《产业结构调整指导目录》（2019 年本），“长大隧道修筑和维护技术应用”为鼓励类建设项目。本项目隧道工程总长度全长约 1995m（以左线主线计），属中长隧道，工程建设符合国家产业政策。

### （2）与相关规划的符合性

项目建设对改善横琴新区开发建设及西部的对外交通状况具有十分显著的作用，能够带动周边用地的开发，强化珠海市作为珠江口西岸经济发展核心的重要地位，是构建横琴新区、保税区、洪湾片区一体化区域联系的路网骨架的重要组成部分工程，作为一体化区域西侧内部联系最便捷的通道，项目建设对加强一河两岸的沟通与联系具有重要意义，项目建设符合《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》对区内道路网体系规划。

### （3）与“三线一单”要求的符合性

本项目接线道路部分不属于划定的生态控制线管制范围内，海底隧道部分不占用自然岸线，不占用海洋生态红线区，符合生态保护红线要求；通过采取有效的保护措施能够控制确保污染物达标排放，确保海水水质短时间恢复，不会对项目所在地的环境质量造成恶化，符合环境质量底线要求；本项目用水、用电由市政管网提供，资源消耗较少，符合资源利用上限；对照《市场准入负面清单（2020 年本）》，本项目不属于禁止或许可事项。因此，本项目符合“三线一单”管控要求。

## 四、关注的主要环境问题及环境影响

根据工程特点和所在区域环境现状，本次评价主要关注的环境问题包括：

（1）海底隧道施工阶段对海域水文动力及地形地貌、海水水质、生态环境的影响，尤其关注隧道软基处理区域疏浚作业引起的悬浮沙对海水水质的影响程度、影响范围，以及对海域生物资源的损害评估；

（2）接线道路运营阶段车辆噪声的环境影响预测分析；

（3）项目建设对区域生态环境的影响分析；

（4）项目建设及运营阶段潜在环境风险的影响分析，及风险的防范和应急要求。

## 五、环境影响评价的主要结论

本项目的建设是落实粤港澳大湾区发展战略的需要，也是实现横琴新区、保税区、洪湾片区一体化发展的需要，具有较好的社会效益和经济效益。项目建设符合“三线一单”管控要求，符合相关规划要求。各项环保对策措施及风险防范、应急措施及生态补偿措施后，项目建设对区域环境的影响程度和对生态环境造成的损失可以接受，风险可控。在此基础上，项目建设从环境保护角度考虑是可行的。

# 1 总则

## 1.1 任务由来和评价目的

### 1.1.1 任务由来

珠海，广东省地级市，珠江三角洲中心城市之一，是东南沿海重要的风景旅游城市。地处北纬 21°48′~22°27′、东经 113°03′~114°19′之间。位于广东省珠江口的西南部，东与香港隔海相望，南与澳门相连，西邻江门市新会区、台山市，北与中山市接壤。设有拱北、九洲港、珠海港、万山、横琴、斗门、湾仔、珠澳跨境工业区等 8 个国家一类口岸，是珠三角中海洋面积最大、岛屿最多、海岸线最长的城市，素有“百岛之市”之称。珠海于 1980 年成为经济特区，是中国最早实行对外开放政策的四个经济特区之一。2008 年国务院颁布实施《珠江三角洲地区改革发展规划纲要》（2008-2020 年），并明确珠海为珠江口西岸的核心城市。2017 年 12 月，广东省政府发布《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》提出，将定位以广州、深圳为主中心，把珠海、汕头、湛江打造成省域副中心城市。

横琴新区是珠海市“十二五”期间设立的新区，作为粤港澳紧密合作的新载体，为珠三角地区深化改革、扩大开放、探索科学发展模式进行试验和提供示范。2009 年 8 月，国务院正式批准实施《横琴总体发展规划》，提出将横琴建设成为“一国两制”下探索“粤港澳”合作示范区，标志横琴新区开发上升为国家战略。根据横琴新区城市总体规划，2030 年横琴新区将形成“双城、两带、一环”的空间布局结构。未来横琴新区将建设成为粤港澳区域性 CBD，发挥“衔接港澳，辐射内陆”的重要功能，亟需构建开放便捷、高效畅达的对外交通体系，打造区域交通枢纽地区，提升区域辐射力。

近年来，粤港澳大湾区加速建设，港珠澳大桥即将通车，珠海城市发展南进西拓逐步推进，珠海市中心城区西南部也随着迎来了前所未有的历史发展机遇。2017 年 3 月，李克强总理在作政府工作报告时明确提出，研究制定粤港澳大湾区城市群发展规划，发挥港澳独特优势，提升在国家经济发展和对外开放中的地位和功能。2018 年 3 月，习近平总书记指出，要抓住建设粤港澳大湾区重大机遇，携手港澳加快推进相关工作，打造国际一流湾区和世界级城市群。2018 年 9

月，《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》（以下简称《规划》）获珠海市政府正式批复实施，《规划》从产业功能、交通规划、公共设施等方面，对一体化发展区进行了全面而具体的规划。在优化一体化区域内部的道路网络格局方面，《规划》提出，要构建层次分明、功能清晰、疏密有致的城市道路系统。在原有横琴大桥、横琴二桥、横琴第三通道、洪鹤大桥、十字门隧道的基础上，新增杧洲隧道、洪湾隧道、保税区隧道等三条跨河通道，均采用隧道形式，加强一河两岸的沟通与联系。

在此背景下，珠海大横琴城市新中心发展有限公司决定建设横琴杧洲隧道工程，工程内容主要包括隧道工程、接线道路工程及相关附属工程等。道路等级为城市主干道，设计速度 60km/h，以左线计路线全长约 2994.449m，以右线计路线全长约 3031.598m，采用单层双管盾构隧道方案。其中隧道工程总长度左线隧道线路全长 1995m（右线 2032.149m），以明挖、盾构形式下穿地面道路和马骝洲水道。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号）等法律的要求，本项目须执行环境影响评价制度。受珠海大横琴城市新中心发展有限公司委托，我公司（三平环保咨询（北京）有限公司）承担了本项目环境影响评价工作。

### 1.1.2 评价目的

本次环境影响评价工作的目的是从保护环境、维护生态平衡、推进生态文明建设及严格控制新污染的角度出发，掌握本工程所在区域的环境质量现状及工程特征，分析工程建设期间和运营期间的主要污染因素及其对周围环境可能造成的影响。通过环境影响预测及评价，评估项目建设对所在区域环境的影响范围和影响程度，据此提出切实可行的控制和减轻环境不利影响的环保对策与措施，力争把工程建设所带来的环境不利影响降到最低程度，使项目所在区域的环境质量得到有效的保护。同时，通过环境影响评价，提出相应的环境管理措施和环境监测计划，为生态环境主管部门审批该项目提供科学管理和决策依据。

### 1.1.3 评价对象

本报告环境影响评价对象为“横琴杧洲隧道工程”中全部工程内容，即包括隧道工程、接线道路工程和以及道路配套设施工程。

## 1.2 编制依据

### 1.2.1 法律法规及部门规章

(1) 《中华人民共和国环境保护法》，第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议通过修订，2015年1月1日起施行；

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，2017年11月4日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订；

(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，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修正；

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

(5) 《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修订；

(6) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2016年11月7日第十二届全国人民代表大会常务委员会修订；

(7) 《中华人民共和国水污染防治法》，2017年6月27日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订；

(8) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修改；

(9) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，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修改；

(10) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月7日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议修改；

(11) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年2月29日第十一届全国人大常委会第二十五次会议修订，2012年7月1日起施行；

(12) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会令）；

(13) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年6月21日国务院第177次常务会议通过修订，2017年10月1日起施行；

(14) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，2018年3月19日修正；

(15)《中华人民共和国防治船舶污染海洋环境管理条例》，国务院令 第 561 号，2010 年 3 月 1 日起施行，2017 年 3 月 1 日根据《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第五次修订；

(16)《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境污染防治管理规定》，交通运输部 2017 年 5 月 17 日经第 8 次会议修订；

(17)《中华人民共和国水上水下活动通航安全管理规定》，交通运输部 2016 年 8 月 31 日 19 次会议修订；

(18)《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》(环发〔2013〕86 号)；

(19)《中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例》(国务院令 第 61 号，1990 年 8 月 1 日实施)；

(20)《近岸海域环境功能区管理办法》(国家环保总局第 8 号令，1999 年 12 月 10 日实施)；

(21)《环境影响评价公众参与办法》，(部令 第 4 号)，2019 年 1 月 1 日起施行；

(22)《关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》，交海发〔2018〕168 号；

(23)《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》(交海发〔2007〕165 号，2007 年 5 月)。

(24)《中华人民共和国公路法》(2004 年 8 月 28 日)；

(25)《关于发布〈地面交通噪声污染防治技术政策〉的通知》(2010 年 1 月 11 日)。

(26)《城市生活垃圾管理办法》(2007 年 7 月 1 日)；

(27)《危险化学品安全管理条例》(2011 年 2 月 16 日修订)。

## 1.2.2 地方性法规

(1)《广东省环境保护条例》，2018 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修改；

(2)《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》，2018 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修改；

(3)《广东省海域使用管理条例》，2007 年 3 月 1 日起施行；

- (4) 《广东省海域使用管理规定》，2007年3月1日起施行；
- (5) 《广东省湿地保护条例》2014年9月25日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第十一次会议修正；
- (6) 《广东省渔业管理条例》，2015年12月30日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第二十二次会议修正；
- (7) 《关于船舶污染物接收处理作业有关事宜的通知》，粤海海事危〔2004〕8号。
- (8) 《广东省近岸海域污染防治实施方案》（粤环函〔2018〕1158号）；  
《广东省人民政府关于印发〈广东省主体功能区规划〉的通知》（粤府〔2012〕120号）；
- (9) 《广东省珠江三角洲大气污染防治办法》（广东省人民政府令第134号，自2009年5月1日起施行）；
- (10) 广东省实施《中华人民共和国环境噪声污染防治办法》（2018年12月29修订）；
- (11) 《广东省固体废物污染环境防治条例》（2019年3月1日施行）；
- (12) 《广东省主体功能区产业发展指导目录（2014年本）》；
- (13) 《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》（粤府〔2020〕71号）；
- (14) 《广东省机动车排气污染防治条例》（2010年9月1日）；
- (15) 《关于印发〈珠海市声环境质量标准适用区划分〉和〈珠海市环境空气质量功能区划分〉的通知》（珠环〔2020〕177号）；
- (16) 《珠海市防治扬尘污染管理办法》（自2016年11月1日起施行）；
- (17) 《珠海市空气质量提升攻坚行动工作方案》；
- (18) 《珠海市第二次全国污染源普查实施方案》；
- (19) 《珠海市生态文明建设“十三五”规划》。
- (20) 《珠海市环境保护条例》；
- (21) 《珠海市产业发展导向目录（2020年本）》；

### 1.2.3 技术规范与标准

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (2) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

- (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018);
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009);
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011);
- (7) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018);
- (8) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007);
- (9) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(2002年4月);
- (10) 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(海洋出版社, 1986年3月1日);
- (11) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册);
- (12) 《海洋调查规范》(GB12763-2007);
- (13) 《海洋监测规范》(GB1738-2007);
- (14) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (15) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002);
- (16) 《海洋生物质量》(GB18421-2001);
- (17) 《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018);
- (18) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (19) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (20) 《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001);
- (21) 《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段)》(GB 18352.5-2013);
- (22) 《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB18352.6-2016);
- (23) 《水污染物排放限值》(DB44/26-2001);
- (24) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523—2011);
- (25) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (26) 《一般工业废物贮存、处理场污染控制标准》(GB18599-2001)及其修改单(2013年第36号)。

#### 1.2.4 功能区划与相关规划

- (1) 《全国海洋主体功能区规划》, 国务院, 2015年8月;
- (2) 《全国海洋功能区划(2011-2020年)》, 国家海洋局, 2012年4月;

- (3) 《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》；
- (4) 《广东省海洋主体功能区规划》，广东省海洋与渔业厅 广东省发展和改革委员会，2017 年 12 月；
- (5) 《广东省海洋功能区划（2011-2020）》（国函〔2012〕182 号），2012 年 11 月；
- (6) 《广东省海洋生态红线》，广东省人民政府，2017 年 9 月；
- (7) 《广东省环境保护规划纲要（2006-2020 年）》；
- (8) 《广东省环境保护“十三五”规划》；
- (9) 《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》；
- (10) 《广东省海洋生态环境保护规划（2017-2020 年）》；
- (11) 《广东省近岸海域环境功能区划》；
- (12) 《珠海市近岸海域环境功能区划修编》；
- (13) 《珠海市环境保护和生态建设十三五规划》；
- (14) 《珠海市城市总体规划（2001-2020）》；
- (15) 《横琴总体发展规划》；
- (16) 《横琴新区城市总体规划（2014-2020）》；
- (17) 《横琴新区控制性详细规划维护》（2017 年）；
- (18) 《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》；
- (19) 《一体化区域洪湾片区控制性详细规划》（2018 年修改）。

### 1.2.5 工程技术文件

- (1) 《横琴杧洲隧道工程设计初步设计说明书（修编）》（送审稿），上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司，2020 月 11 月；
- (2) 《横琴杧洲隧道工程岩土工程勘察报告（初稿）》，上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，2019 年 06 月
- (3) 《珠海横琴杧洲隧道工程河道演变分析报告（初稿）》，珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2019 年 8 月；
- (4) 《珠海横琴杧洲隧道工程洪水影响评价报告》（初稿），水利部珠江水利委员会技术咨询中心，2019 年 7 月；
- (5) 《横琴杧洲隧道航道通航条件影响评价报告》（初稿），广东金东海勘察设计有限公司，2019 年 9 月；

(6) 建设单位和设计单位提供的其他相关技术资料。

## 1.3 评价内容和评价重点

### 1.3.1 评价内容

根据本项目的工程特征及项目所在区域的环境特征,确定本项目环境影响评价内容主要包括:1)工程概况与分析;2)区域环境质量现状调查与评价;3)隧道工程对海洋水文动力和地形地貌环境影响分析;4)隧道软基处理过程对海水水质、沉积物、海洋生态环境影响预测与评价;5)接线道路施工对大气环境、水环境、声环境及固体废物的影响分析;6)道路运营期对大气环境、声环境的影响分析;7)工程施工和运营期环境风险分析与评价;8)工程环境可行性分析;9)污染防治措施分析;10)环境管理与环境监测等。

### 1.3.2 评价重点

根据建设项目所在区域的环境功能区划、工程建设内容及规模、建设过程的环境影响因素及环境影响特点,本次评价重点为:

- 1) 工程建设对马骝洲水道水动力、地形地貌和马骝洲水道冲淤环境的影响;
- 2) 隧道软基处理作业对海洋水质、沉积物、生态及渔业资源的影响;
- 3) 运营期接线道路工程对区域大气环境、声环境的影响程度;
- 3) 工程施工期、运营期所采取的环境保护对策措施的可行性分析;
- 4) 工程施工期、运营期环境污染事故影响及防范措施、应急处理措施可行性分析;
- 5) 工程与区域发展规划、海洋环境功能区划、海洋环境保护规划、航道发展规划等相关规划的符合性分析。

## 1.4 环境功能区划

### 1.4.1 海洋环境功能区划

根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》(国函〔2012〕182号),本项目所在海域的海洋功能区划为“横琴岛港口航运区”,周边邻近的海洋功能区划为“磨刀门保留区”和“香洲保留区”。

项目所在海域海洋功能区划见图 1.3-1。本项目所在及邻近海域的海洋功能

区登记表见表 1.3-1。

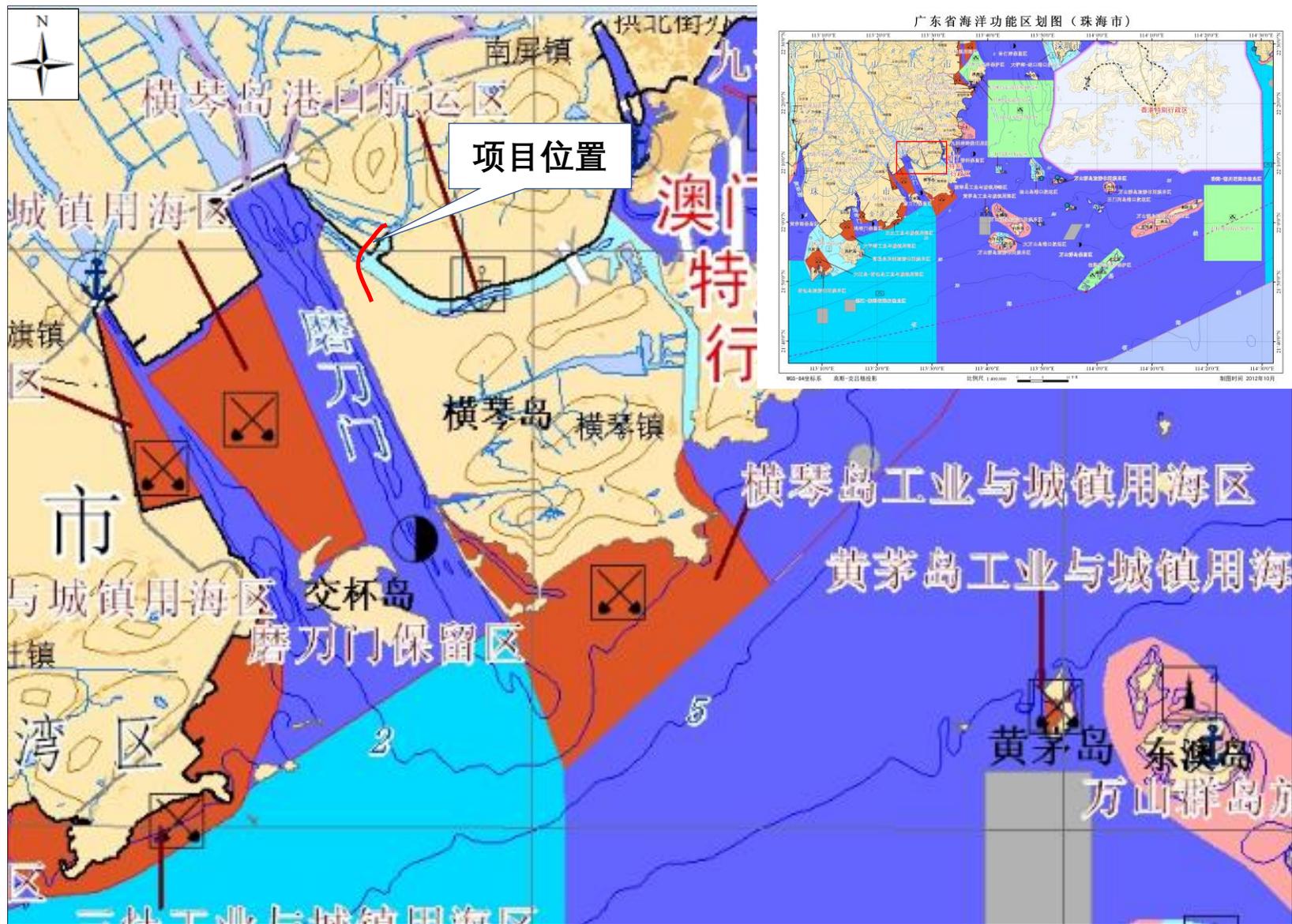


图 1.4-1 项目海域海洋功能区划图

表 1.4-1 本项目所在海域及周边海域海洋功能区划登记表

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围（东经、北纬）	功能区类型	面积(公顷) 岸段长度 (米)	管理要求	
							海域使用管理	海洋环境保护
71	A2-11	横琴岛港口航运区	珠海市	东至:113°33'07" 西至:113°25'57" 南至:22°06'43" 北至:22°10'46"	港口航运区	938 13140	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相适宜的海域使用类型为交通运输用海;</li> <li>2. 围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源;</li> <li>3. 维持航道畅通,维护海上交通安全;</li> <li>4. 改善水动力条件和泥沙冲淤环境;</li> <li>5. 加强用海动态监测和监管。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强港区环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海;</li> <li>2. 执行海水水质四类标准、海洋沉积物质量三类标准和海洋生物质量三类标准。</li> </ol>
69	A8-8	磨刀门保留区	珠海市	东至:113°29'32" 西至:113°21'43" 南至:22°00'38" 北至:22°11'31"	保留区	6909 23265	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 维护磨刀门海域防洪纳潮功能;维护海上交通安全;</li> <li>2. 通过严格论证,合理安排相关开发活动;</li> <li>3. 严格控制围填海,不得设置明显改变水动力环境的构筑物。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护磨刀门生态环境;</li> <li>2. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</li> </ol>
72	A8-9	香洲保留区	珠海市	东至:113°40'00" 西至:113°31'05" 南至:22°04'14" 北至:22°23'59"	保留区	24998 33630	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 维护防洪纳潮功能,维持航道畅通;</li> <li>2. 通过严格论证,合理安排相关开发活动。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保护河口生态环境;</li> <li>2. 生产废水、生活污水须达标排海;</li> <li>3. 加强前山河水道环境治理;</li> <li>4. 加强海洋环境监测;</li> <li>5. 海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量等维持现状。</li> </ol>

## 1.4.2 近岸海域环境功能区划

根据《珠海市近岸海域环境功能区划修编》，本工程所在海域近岸海域环境功能区划为“洪湾三类功能区（标识号 1003），主导功能为“港口、工业区”，水质目标为三类。周边海域近岸海域环境功能区划包括“横琴海滨旅游功能区”、“鹤洲滩涂种养功能区”。

项目周边近岸海域环境功能区划见图 1.4-2 及表 1.4-2。

表 1.4-2 项目所在及周边海域近岸海域环境功能区划方案

标识号	功能区名称	范围	平均宽度 (km)	平均长度 (km)	面积 (km <sup>2</sup> )	主导功能	水质保护目标	备注
1003	洪湾三类功能区	湾仔银坑到益均围	0.5	10.8	7.4	港口、工业	三	
1004	横琴海滨旅游功能区	沿横琴岛东部、南部至磨刀门东侧海域	3	31.3	116	滨海旅游	二	排污混合区可执行三类水质标准
1005	鹤洲滩涂种养功能区	磨刀门西侧至交杯沙	3	25	91.5	种植、海水养殖	二	以珠海大桥、泥湾桥为地表水与近海的分界线

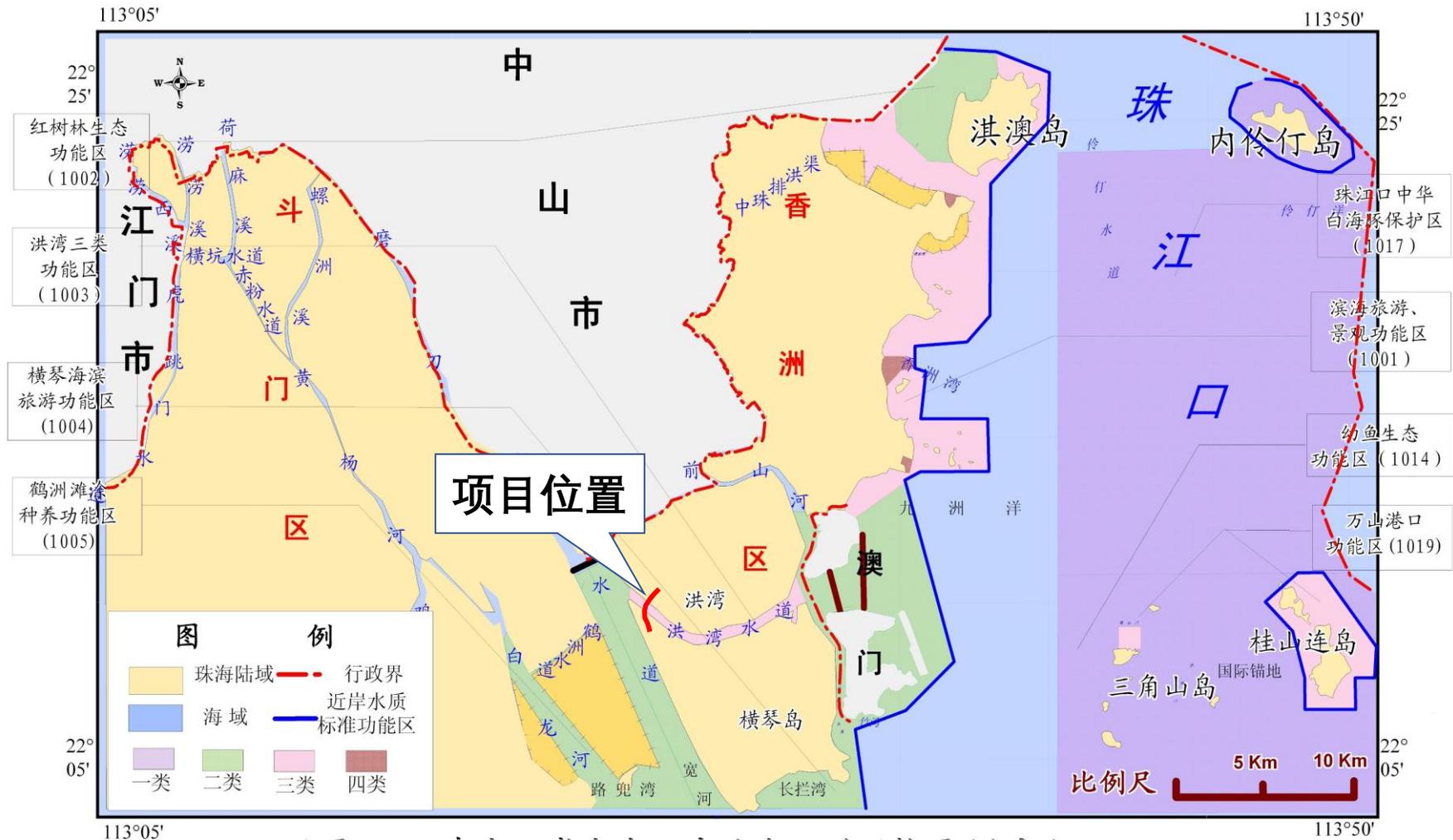


图 1.4-2 项目海域近岸海域环境功能区划图

### 1.4.3 环境空气功能区划

根据《关于印发<珠海市声环境质量标准适用区域划分>和<珠海市环境空气质量功能区划分>的通知》（珠发〔2011〕357号），项目沿线经过保税区、横琴新区属于环境空气二类区。



图 1.4-3 项目区域环境空气功能区划图

### 1.4.4 声环境功能区划

该区域现状规划为 2 类标准，见图 1.4-4。

本项目建设后，包含城市主干道 1 种类型的道路，根据《关于印发<珠海市声环境质量标准适用区划分>和<珠海市环境空气质量功能区划分>的通知》（珠环〔2020〕177号），项目建设后接线道路两侧区域定为 4a 类声环境功能区，执行 4a 类标准，范围以道路边界线为起点，分别向两侧纵深 35 米的区域范围，道路相邻区域执行 2 类标准。

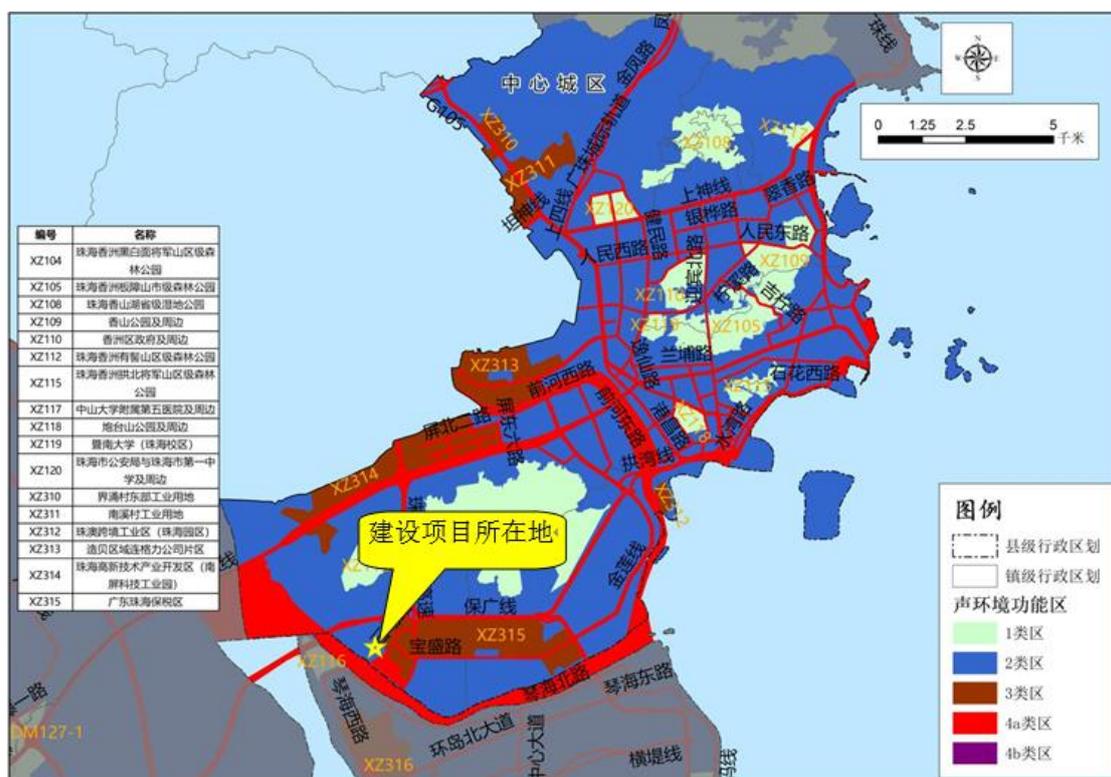


图 1.4-4 (a)项目区域声环境区划图 (北段)



图 1.4-4 (b)项目区域声环境区划图 (南段)

## 1.4.5 项目所在地环境功能属性

项目所在区域的环境功能属性见下表。

表 1.4-3 项目所在地环境功能属性表

序号	功能区类别	功能区分类及执行标准
1	海洋功能区划	项目所在海域的海洋功能区划为“横琴岛港口航运区”
2	近岸海域环境功能区划	洪湾三类功能区（标识号 1003），主导功能为“港口、工业区”，水质目标为三类。
3	环境空气功能区	属二类区域，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准
4	环境声功能区	2 类声环境功能区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准
5	是否基本农田保护区	否
6	是否风景名胜保护区	否
7	是否水库库区	否
8	是否城市污水处理厂集水范围	是，南区水质净化厂

## 1.5 评价等级和评价范围

### 1.5.1 评价等级

横琴杧洲隧道工程位于香洲区南屏镇（一体化洪湾片区）与横琴新区之间，包括北岸接线道路、穿马骝洲水道隧道、南岸接线道路。工程范围起点位于洪湾大道预留地面辅路交叉口，接线道路下穿洪湾大道主线桥梁；在联港一路南侧以明挖、盾构形式下穿联港二路、联港三路、联港四路、渔港南路和穿越马骝洲水道，同时在联港二路线南侧设置一对匝道接入主线；南岸接线段按规划线位接顺厚朴道（即杧洲北次干路），直至胜洲七路交叉口北侧终点。

项目主体为海底隧道工程，隧道施工采取的盾构法具有对海域环境影响较小的作业特点，而且隧道穿越马骝洲水道段长度较短，隧道穿越的马骝洲水道属生态环境非敏感区。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），

必选环境影响评价内容包括海洋水质环境、海洋沉积物环境、海洋生态和生物资源环境、海洋水文动力环境、环境风险。通过根据项目特点，考虑到接线道路工程施工及运营期对周围大气环境、声环境、生态环境等产生不利影响，故将大气环境、声环境、生态环境一并作为本项目环境影响评价内容。

各要素评价等级确定如下：

### (1) 海洋水文动力、水质、沉积物、海洋生态

本项目位于隧道工程穿越马骝洲水道，属海洋生态环境非敏感区。工程涉及的水下疏浚量 1.7 万 m<sup>3</sup>，小于 10 万 m<sup>3</sup>。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)，本工程各单项环境要素评价等级确定为：海洋水文动力 2 级、水质 3 级、沉积物 3 级、海洋生态 2 级，详见表 1.5-1。

**表 1.5-1 海洋水文动力、水质、沉积物和生态环境影响评价等级判据**

海洋工程分类	工程类型和工程内容	工程规模	工程所在海域特征和生态环境类型	单项海洋环境影响评价等级			
				水文动力环境	水质环境	沉积物环境	生态和生物资源环境
海上和海堤物资储藏设施、跨海桥梁、海堤隧道类工程	海底隧道工程 <sup>a</sup>	所有规模	所有海域	2	3	3	2

### (2) 环境风险

本项目海底隧道采用盾构工法，隧道掘进过程中无海上作业船舶，隧道软基处理时需进行清淤及深层水泥土搅拌桩打桩作业。据统计，马骝洲水道船舶平均日流量达 450 艘次，高峰期超过 500 艘次，隧道软基处理作业期间海上作业船舶存在一定的碰撞风险。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，船舶碰撞事故溢油涉及可燃、易燃危险性物质。据调查，目前马骝洲水道维护水深 2m，航道宽度 50m，可供 1000 吨级的船舶航行，总燃油量小于 500t，由此计算危险物质数量与临界量比值  $Q < 1$ ，环境风险潜势确定为 I 级，因此风险评价工作等级确定为简单分析。

### (3) 声环境

本项目所在区域声环境功能区划为 2 类标准使用区，声环境质量保护标准为《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 2 类标准。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)，“建设项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的

1类、2类地区，按二级评价”。

#### (4) 环境空气

根据《环境影响评价技术导则—大气环境》(HJ2.2-2018)中5.3.3.3对等级公路、铁路项目，分别按项目沿线主要集中式排放源(如服务区、车站大气污染源)排放的污染物计算其评价等级。本项目道路工程不涉及集中式排放源(如服务区、车站大气污染源)。本评价仅对运营期的道路行驶汽车所排放的尾气作定性分析。

#### (5) 生态环境

本项目道路总长度为1299m<50km，总占地面积为0.23km<sup>2</sup><2km<sup>2</sup>，其中临时占地为0.11km<sup>2</sup>，永久占地为0.12km<sup>2</sup>，占地类型均为一般区域，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011)中的有关规定，本项目生态影响评价等级定为三级。

#### (6) 地表水

本项目运营期污水主要为路面雨水以及隧道冲洗废水，在隧道洞口设置路面横截沟，路面外侧设置排水边沟，排放路面雨水。在隧道最低点以及工作井最低点分别设置废水泵房，废水经泵提升后排入市政污水管网。废水排放方式属于间接排放，依据《环境影响评价技术导则地表水环境》(HJ2.3-2018)5.2评价等级确定章节，本项目评价等级为三级B，可不进行水环境影响预测。

#### (7) 地下水环境

本项目所在区域内均为自来水供应范围，该区域也不属于饮用水源保护区及其他需要保护的热水、矿泉等区域且本项目建设不涉及地下水开采，对照《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)附录A，本项目陆上接线工程参照“公路”“报告表”中的“其他”类别，属于IV类项目，可不开展地下水环境影响评价。

## 1.5.2 评价范围

### (1) 海域环境影响评价范围

本工程位于横琴岛港口航运区海域，水质保护目标为三类，工程新建隧道采用盾构掘进法，隧道开挖施工基本不会改变工程海域水动力条件，软基处理清淤和打桩施工将引起入海悬浮沙的扩散，海上船舶作业还可能发生碰撞事故引发燃料油入海污染风险，污染物在潮流作用下将向周边海域扩散。工程所在马骝洲水

道涨潮流自东向西,落潮流自西向东,通过对工程海域海洋环境特点的初步分析,判断工程对海域资源环境影响主要在工程区及其附近马骝洲海域和磨刀门下游海域。因此,本项目海洋环境影响评价范围确定为  $22^{\circ}03'15.5''N \sim 22^{\circ}11'18.9''N$ ,  $113^{\circ}24'26.5''E \sim 113^{\circ}32'17.5''E$  的海域范围,如图 1.5-1 所示,评价海域面积约为  $45\text{km}^2$ 。

表 1.5-2 本项目海洋环境影响评价范围关键点坐标

关键拐点	经度 (E)	纬度 (N)
A	$113^{\circ}25'35.6''$	$22^{\circ}11'18.9''$
B	$113^{\circ}24'26.5''$	$22^{\circ}10'46.5''$
C	$113^{\circ}28'09.7''$	$22^{\circ}03'15.5''$
D	$113^{\circ}29'52.9''$	$22^{\circ}03'31.5''$
E	$113^{\circ}32'17.5''$	$22^{\circ}10'03.4''$
F	$113^{\circ}31'50.4''$	$22^{\circ}10'45.5''$



图 1.5-1 本项目海洋环境影响评价范围示意图

(1) 陆域环境影响评价范围

陆域接线道路,以建设项目边界向外 200 米以内为评价范围。见图 1.5-2。



图 1.5-2a 北岸道路评价范围

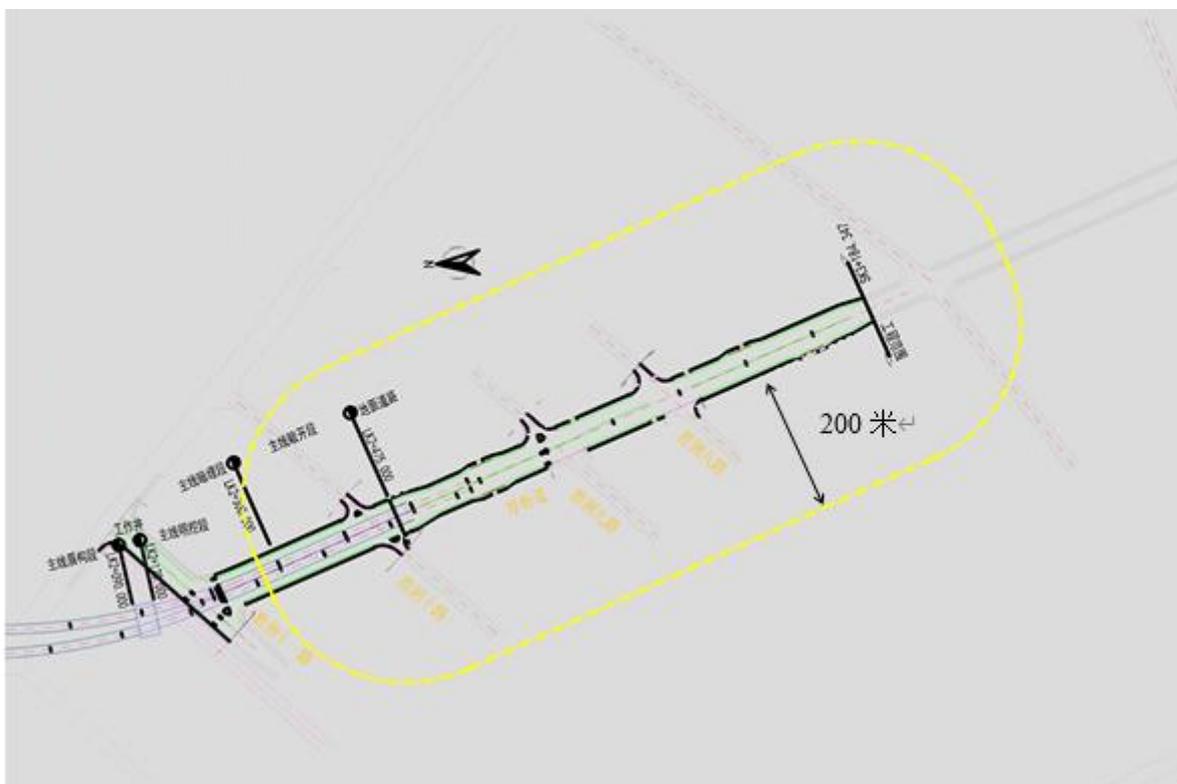


图 1.5-2b 南岸道路评价范围

## 1.6 评价标准

### 1.6.1 环境质量标准

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)对确定环境质量评价标准的要求,结合评价海域所在的海洋环境功能区划及近岸海域环境功能区划要求,确定本工程海洋环境质量评价标准如下:

#### (1) 海水水质

本次海水水质环境质量标准根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》和《珠海市近岸海域环境功能区划修编》,按照从严原则执行,就高不就低,具体按如下标准执行:“横琴岛港口航运区”执行《海水水质标准》(GB3097-1997)三类标准,“磨刀门保留区”执行《海水水质标准》(GB3097-1997)二类标准。

#### (2) 海洋沉积物

本次海洋沉积物环境质量标准根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》确定,“横琴岛港口航运区”海洋沉积物执行《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)三类标准,“磨刀门保留区”海洋沉积物维持现状

#### (3) 海洋生物质量

本次海洋生物质量标准根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》确定,“横琴岛港口航运区”海洋贝类(双壳类)生物质量执行《海洋生物质量》(GB18421-2001)三类标准,“磨刀门保留区”海洋贝类(双壳类)生物质量按执行维持现状执行。非双壳类海洋生物体内污染物质(除石油烃外)含量评价标准采用《全国海岸和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准,石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册)中规定的生物质量标准。

相应标准限值见表 1.6-1~表 1.6-4。

表 1.6-1 海水水质标准 单位: mg/L

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
SS	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
pH(无量纲)	7.8~8.5		6.8~8.8	
DO>	6	5	4	3
COD≤	2	3	4	5
无机氮≤	0.20	0.30	0.40	0.50
活性磷酸盐≤	0.015	0.030	0.030	0.045
Hg≤	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
Cd≤	0.001	0.005	0.01	0.01

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
Pb≤	0.001	0.005	0.010	0.050
Cu≤	0.005	0.010	0.050	0.050
Zn≤	0.020	0.050	0.10	0.50
As≤	0.020	0.030	0.050	
石油类≤	0.05	0.05	0.30	0.50
硫化物≤	0.02	0.05	0.10	0.25

表 1.6-2 沉积物质量标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	汞 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	0.20	0.50	1.00
2	镉 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	0.50	1.50	5.00
3	铅 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	60.0	130.0	250.0
4	锌 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	150.0	350.0	600.0
5	铜 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	35.0	100.0	200.0
6	铬 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	80.0	150.0	270.0
7	砷 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	20.0	65.0	93.0
8	有机碳 ( $\times 10^{-2}$ ) ≤	2.0	3.0	4.0
9	硫化物 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	300.0	500.0	500.0
10	石油类 ( $\times 10^{-6}$ ) ≤	500.0	1000.0	1500.0

表 1.6-3 海洋贝类生物（双壳）质量标准值（鲜重）单位：mg/kg

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞 ≤	0.05	0.10	0.30
2	镉 ≤	0.2	2.0	5.0
3	铅 ≤	0.1	2.0	6.0
4	铬 ≤	0.5	2.0	6.0
5	砷 ≤	1.0	5.0	8.0
6	铜 ≤	10	25	50（牡蛎 100）
7	锌 ≤	20	50	100（牡蛎 500）
8	石油烃 ≤	15	50	80

表 1.6-4 非双壳贝类生物质量评价标准（鲜重）单位：mg/kg

生物类别	总汞	铜	铅	镉	锌	石油烃
软体动物	≤0.30	≤100	≤10.0	≤5.5	≤250	≤20
甲壳动物	≤0.20	≤100	≤2.0	≤2.0	≤150	≤20
鱼类	≤0.30	≤20	≤2.0	≤0.6	≤40	≤20

## 1.6.2 污染物排放标准

### (1) 污水

#### a. 施工期

①生产污水：施工场地生产废水处理后全部回用，执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）。

②生活污水：施工人员生活污水经处理送至附近污水处理厂处理，该部分污

水执行广东省地方标准《水污染排放限值》(DB44/26-2001)的第二时段三级标准。

③船舶污水：船舶污水排放执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》及《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)。

#### b.运营期

运营期生产废水主要是隧道冲洗废水和结构渗水(另有事故工况时消防废水)，隧道左右线最低点均设置有废水泵房，南、北岸工作井处各设1座雨废水泵房，废水经水泵排入市政管道内，进入附近污水处理厂处理，执行广东省地方标准《水污染排放限值》(DB44/26-2001)的第二时段三级标准。

废水污染物排放执行标准详见表 1.6-5~表 1.6-6。

表 1.6-5 施工场地及隧道污水排放标准 单位：mg/L

污水类别	执行标准名称	主要指标	标准值		适用对象
			道路清扫、建筑施工、城市绿化、消防	公厕、车辆冲洗	
陆上施工场地废水、隧道废水	《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)	pH	6~9		施工场地生产污水
		浊度/NTU≤	10	5	
		五日生化需氧量≤	10	10	
		氨氮≤	8	5	
		溶解氧≥	2.0		
	广东省地方标准《水污染排放限值》(DB44/26-2001)	pH(无量纲)	6-9		施工场地生活污水、运营期隧道废水
		悬浮物	400		
		石油类	30		
		化学需氧量	500		
		五日生化需氧量	300		

表 1.6-6 船舶污水排放标准

污水类别	执行标准名称	水域类别	船舶类别	排放控制要求	适用对象
船舶污水	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)	沿海	400 总吨及以上的船舶	机器处所油污水处理装置出水口石油类≤15 mg/L, 船舶航行中排放; 或收集并排入接受设施。	施工期船舶含油污水
		距最近陆地 3 海里以内(含)	400 总吨及以上的船舶, 以及 400 总吨以下且经核定许可	利用船载收集装置收集, 排入接收设施; 或利用船载生活污水处理装置处理, 达到 BOD <sub>5</sub> ≤25 mg/L, SS≤35 mg/L, 耐热大肠菌群数	施工期作业船舶生活污水

污水类别	执行标准名称	水域类别	船舶类别	排放控制要求	适用对象
			载运 15 人及以上的船舶	≤1000 个/L,CODcr≤125 mg/L,pH6~8.5,总氯<0.5 mg/L 要求后在航行中排放。	

注：生活污水排放控制要求为在 2012 年 1 月 1 日及以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶。

## (2) 噪声

### a. 施工期

陆域施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，即昼间≤70 dB (A)，夜间≤55 dB (A)。

### b. 运营期

运营期本项目执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 4a 类标准。

运营期以道路边界线为起点，分别向两侧纵深 35 米的区域按 4a 类执行，道路相邻区域执行 2 类。

## (3) 固废

①施工场地生活垃圾统一收集后外运到城市垃圾处理厂处理。

②施工场地生产垃圾优先回收利用，不能回收利用的运至建筑垃圾消纳场处理。

③作业船舶垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)。

④疏浚泥、盾构泥浆运至主管部门制定的抛泥区倾倒。

固体废物排放执行标准详见表 1.6-7。

表 1.6-7 固体废物排放标准

污染物	采用标准	排放控制要求	适用对象
生活垃圾	《城市建筑垃圾管理规定》	统一收集后外运到城市垃圾处理厂	陆域施工场地生活垃圾
生产垃圾	《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)	统一收集后回收利用或处理	陆域施工场地生产垃圾、盾构隧道弃土、道路开挖弃土、废弃泥浆
船舶垃圾	《船舶水污染物排放控制标准》(GB 3552-2018)	收集并排入接收设施。	施工船舶作业产生的船舶垃圾

## 1.7 环境保护目标和环境敏感目标

### 1.7.1 环境保护目标

本工程采用海底隧道形式穿越马骝洲水道，隧道施工采用盾构法，水中段隧道顶标高距海床距离在 7.1m~12.7m 之间，根据同类项目施工经验，海底隧道施工不会对海床地形地貌和冲淤环境造成明显的调整。根据本项目工程施工特点，隧道软基处理过程涉及水上作业，该施工环节将对海洋水质、沉积物、生态环境以及渔业资源造成一定影响。同时，接线道路工程及隧道施工配套的陆上材料堆放场、辅助施工区等也会产生一定的噪声、扬尘污染及水土流失等生态影响。具体保护目标如下：

(1) 控制软基处理施工过程的疏浚范围和作业强度，控制打桩施工强度，尽量减小软基处理施工期悬浮沙的扩散范围和影响程度，确保工程建成后项目海域水质、沉积物维持现状，不因工程建设而变劣。

(2) 隧道盾构过程中严格控制施工质量，密切监测，确保隧道掘进过程不会对穿越马骝洲水道部分地形地貌产生显著影响。

(3) 控制水域作业对工程周边海域海洋生态环境的影响，尽量降低悬浮沙、透光度、水体浊度等环境要素对工程区域海洋生境条件的影响时间和影响程度，通过采取生态保护措施维持海域浮游生物、近岸红树林的生长条件，确保项目建成后工程区域海洋生态环境不因本工程建设而发生明显变化。

(4) 工程海域属南海北部幼鱼繁育场保护区，保护期为 1 月至 12 月，工程施工无法完全避开保护期，故项目对渔业资源的保护目标确定为：尽量降低工程实施对工程及周边海域渔业资源的损害程度，同时对受损水产资源进行生态补偿，确保渔业资源得到有效恢复。

(5) 控制隧道软基处理施工期作业船舶及附近航道过往通航船舶的通航安全，有针对性的制定必要的应急预案，防止各类船舶之间发生碰撞事故引发溢油污染事故，进而破坏海水水质及生态环境，甚至威胁附近取水安全。

(6) 控制隧道掘进施工对周边已建水工构筑物（包括海堤、跨海大桥、海堤隧道等）结构安全的影响，防止发生构筑物垮塌，进而污染海洋环境的重大事故。

(7) 控制接线道路工程及陆上施工场地（工作井、材料堆放场）施工作业噪声和环境空气的影响范围。采取有效的环保措施，使本项目的建设生产和运行

中保持项目所在区域原有的环境空气质量和声环境质量。

(8) 尽量降低陆上施工场地（工作井、材料堆放场）建设的占地范围，采取水土保持措施控制施工期造成的水土流失及其他生态影响。

### 1.7.2 环境敏感目标

通过现场勘查，结合《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》、《珠海市近岸海域环境功能区划修编》、《珠海市饮用水水源保护区区划》以及相关渔业资源“三场一通道”相关研究成果，并考虑到项目实施建设可能带来的各类影响，确定本次评价范围内的环境敏感目标见表 1.7-1。

表 1.7-1 本项目环境敏感目标一览表

序号	敏感目标	与本项目的地理位置关系		保护目标	备注
		方位	最近距离		
1	马骝洲水道	在其中	/	通航安全、防洪纳潮	
2	磨刀门水道	NW	1.8km	通航、防洪纳潮、水质	
3	红树林	W	0.15km	水质、生态环境	
4	芒洲湿地公园	NW	0.45km	水质、生态环境	位于横琴岛陆域范围
5	广昌泵站	NW	5.75km	取水、取水构筑物结构安全	
6	广昌饮用水源保护区	NW	3.2km	水质	
7	重要渔业水域	幼鱼幼虾保护区	在其中	保护幼鱼、幼虾繁育环境	
		南海北部幼鱼繁育场保护区			
8	海堤（北侧堤岸、南侧堤岸）	下穿交越	/	保障水工构筑物（海堤、跨海桥梁）结构安全	
9	水闸（洪西闸、洪湾闸）	E	0.065km		
10	洪鹤大桥	NW	1.0km		
11	横琴二桥	E	1.5km		



图 1.7-1 环境敏感目标分布图

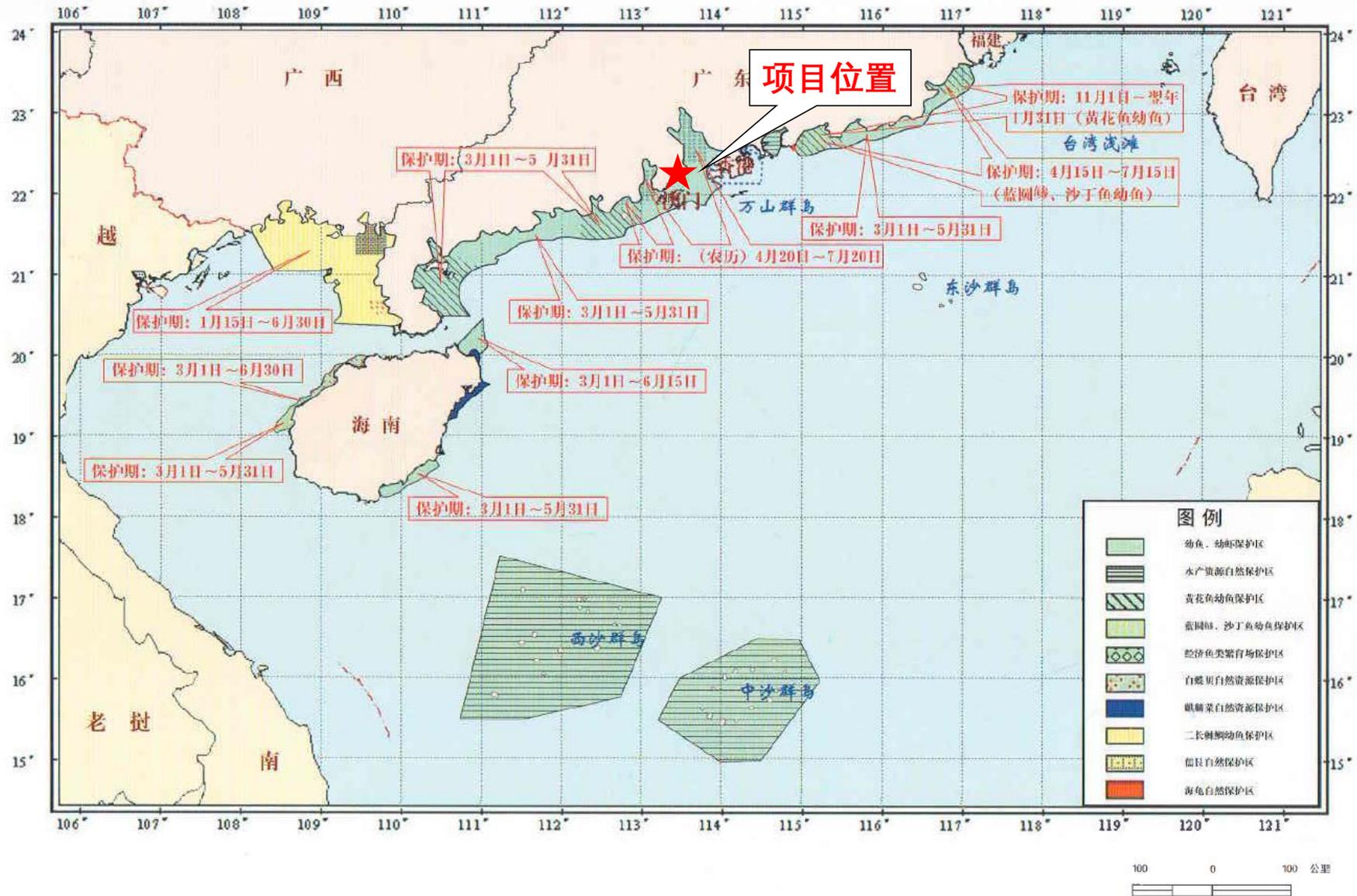


图 1.7-2 南海国家级及省级保护区示意图（来自《中国海洋渔业水域图（第一批）》）

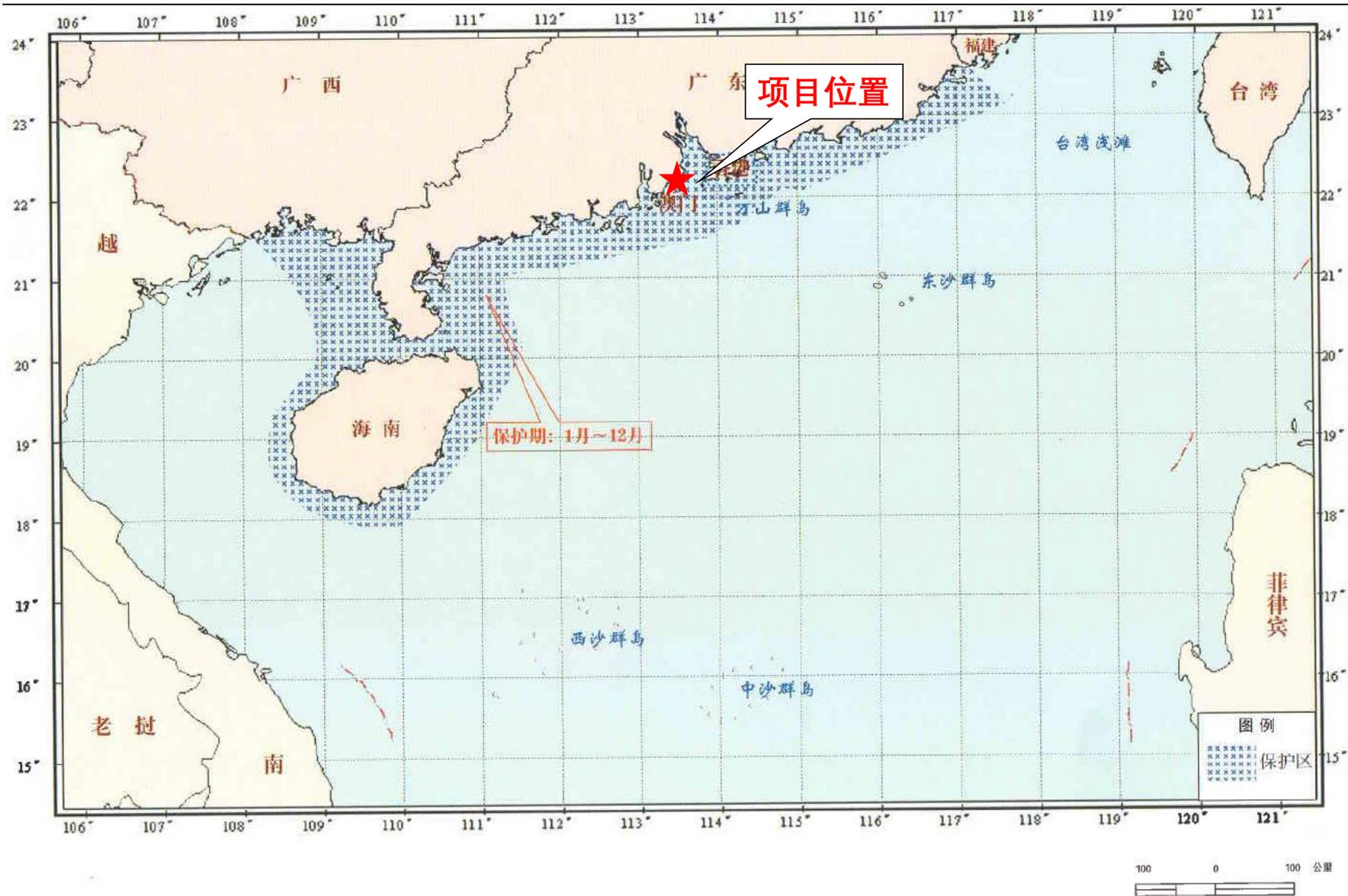


图 1.7-3 南海北部幼鱼繁育场保护区示意图 (来自《中国海洋渔业水域图 (第一批)》)

## 2 工程概况

### 2.1 项目基本情况

项目名称：横琴杧洲隧道工程。

建设单位：珠海大横琴城市新中心发展有限公司。

项目性质：新建工程

建设投资：横琴杧洲隧道总投资额为 294626.55 万元，其中环保投资约 612.92 万元，占总投资的 0.21%。

地理位置：横琴杧洲隧道工程线位整体上呈南北走向。项目北岸接环港东路与洪湾大道交叉口、南岸接厚朴道，道路等级为城市主干道，设计速度 60km/h，以左线计路线全长约 2994.449m，以右线计路线全长约 3031.598m，采用单层双管盾构隧道方案，盾构外径 14.5m，以左线主线隧道长度 1995m（含敞口段），其中盾构段长 945m，主线明挖暗埋段长 675m，主线敞口段长 323m，匝道明挖暗埋段长 64m，敞口段长 155m。北岸接线段长度（起点至渔港南路）为 954.505m，南岸接线段长度（胜洲十一路至终点）为 1001.465m。工程内容主要包括隧道工程、接线道路工程及相关附属工程等。本工程地理位置见图 2.1-1，2.1-2。



图 2.1-1 工程地理位置示意图

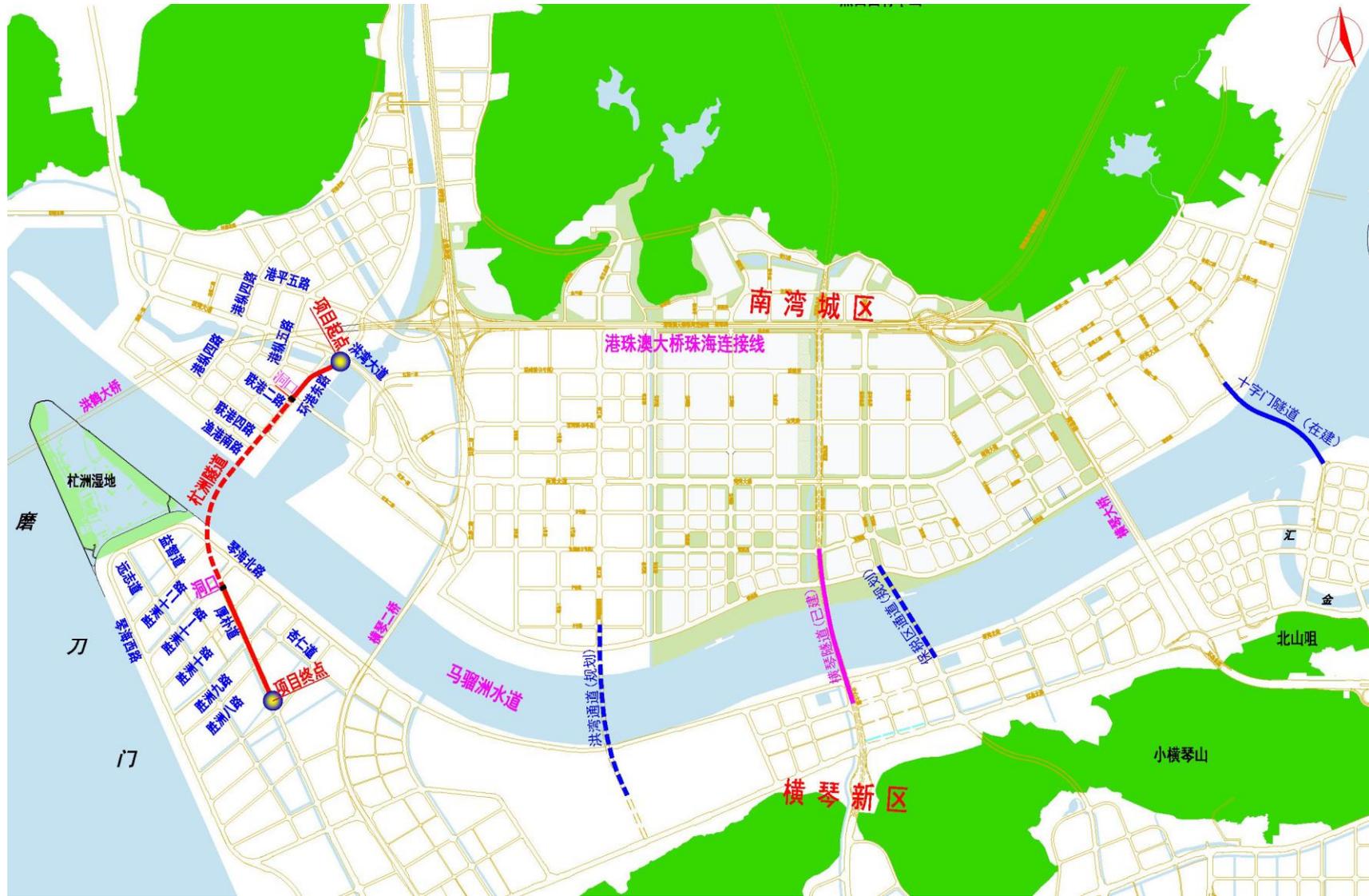


图 2.1-2 工程周边路网示意图

## 2.2 项目建设必要性

随着珠海横琴新区快速城市建设快速发展，人口及交通需求快速增长，基础设施进一步加强及完善以完善城市社会和经济发展的需求，杧洲隧道的建设是非常必要的：

**(1) 是落实横琴总体发展规划，建设“一国两制”下“粤港澳”合作示范区的需要；**

2009年8月，国务院正式批准实施《横琴总体发展规划》，提出将横琴建设成为“一国两制”下探索“粤港澳”合作示范区，标志横琴新区开发上升为国家战略。未来横琴新区将建设成为粤港澳区域性CBD，发挥“衔接港澳，辐射内陆”的重要功能，亟需构建开放便捷、高效畅达的对外交通体系，打造区域交通枢纽地区，提升区域辐射力。

《横琴总体发展规划》的发展目标是希望利用10到15年的努力，把横琴新区建设成为连通港澳、区域共建的“开放岛”，经济繁荣、宜居宜业的“活力岛”，知识密集、信息发达的“智能岛”，资源节约、环境友好的“生态岛”。在交通发展方面的主要任务是以跨界交通基础设施建设为重点，推进粤港澳交通一体化发展，构建开放通达的交通运输体系。

杧洲隧道为联系横琴新区与珠海市区的交通要道，为落实横琴总体发展规划，该项目的建设是非常必要的。

**(2) 是实现横琴新区、保税区、洪湾片区一体化发展规划建设的需要；**

横琴新区、保税区、洪湾片区一体化发展将建设成为珠海城市新中心、粤港澳合作平台、大湾区西部发展极。

珠海层面，将建设成为珠海经济新中心、形象新地标和示范新窗口。区域层面，将建设成为推进金融、科教、创新等方面合作的粤港澳深度合作示范区，并发挥大湾区西部现代服务中心的作用带动、服务西部内地。全球层面，将建设成为面向世界的新兴跨境贸易中心、面向葡语系国家、拉美的贸易平台与国际贸易中心城市。

构建“一带、双核、三轴”的一体化地区空间结构。

商业商务板块——新中心核心区、十字门组团

保税物流板块——综合保税组团、通关物流组团

产业板块——新型产业组团、产城融合组团、洪湾组团

居住板块——临山居住组团、国际社区组团

一带——滨水活力带

双核——新中心核心区、十字门商务区

三轴——生产服务轴、商务核心轴、综合服务轴

杧洲隧道位于一体化规划区西部，连接南湾城区为临山居住组团、洪湾组团，横琴新区产城融合组团产业板块”，为实现一体化发展规划，该项目的建设是非常必要的。

### **(3) 本项目是满足未来马骝洲两岸交通联系、完善通道布局的需要；**

根据规划，杧洲隧道是研究片区西侧内部联系的最便捷通道，隧道西侧在规划内不存在直接的跨河通道，隧道侧的横琴二桥，主要承担货运及过境交通功能，对临山居住组团、洪湾组团和产城融合组团的服务能力较小，服务不便。

在杧洲隧道直接服务的片区内，存在 24 万居住人口和 16 万的就业人口，南北两岸存在一定的通勤交通需求，杧洲隧道的修建，可以直接服务于两岸人口的就业、出行需求，减轻第三通道等跨马骝洲水道主要通道的交通需求。

杧洲隧道作为内部交通系统“加强一河两岸联的之一”，对加强两岸交通联系有着较强的促进作用，是满足未来马骝洲两岸交通出行需求的必要举措。

### **(4) 本项目是完善区域路网，增加路网运行可靠性及满足对外联系通道的需要；**

一体化对外通道规划，形成“两横三纵”的高等级对外路网格局，提升面向粤港澳大湾区的区域辐射能力。

横琴新区穿马骝洲水道已建及规划共有 8 处通道，自西向东分别为：①洪鹤大桥、②杧洲隧道（本通道）、③横琴二桥、④洪湾通道、⑤横琴隧道、⑥保税区通道、⑦横琴大桥、⑧十字门隧道。

洪鹤大桥、横琴二桥是一体化对外通道规划，形成“两横三纵”的高等级对外路网的组成部分，杧洲隧道不仅能满足两岸短距离交通过河需求，同时也能满足横琴新区西北区域对外交通通道的功能。

洪鹤大桥、横琴二桥均为桥梁，台风在本地区是主要的自然灾害之一，对本地影响较为频繁，杧洲隧道作为过河隧道工程，对全天候通行提供更强的保障。

因此，本项目对完善区域路网，增加路网运行可靠性及满足对外联系通道

是十分必要的。

已建及在建的通道为：横琴隧道（已建成）、横琴大桥（已建成）、十字门隧道（在建），规划通道为：杧洲隧道、洪湾通道、保税区通道。

本通道位于横琴西部，距离已建横琴隧道约 5km，已建及在建的通道位于横琴中东部，为落实南湾城区为洪湾组团，横琴新区产城融合组团产业板块建设，本项目的建设十分迫切。

## 2.3 工程总平布置

本工程起点位于环港东路上联港一路南侧，沿环港东路向南，在环港东路渔港南路交叉口设置北岸盾构工作井。出工作井之后线路进入盾构段，左线以半径 7000m 圆曲线、右线以直线下穿马骝洲水道北侧海堤驳岸，左线以缓和曲线接半径 850m 的圆曲线、右线以缓和曲线接半径 800m 的圆曲线继续下穿马骝洲水道、南侧海堤驳岸后接南岸盾构工作井，过南岸工作井后以圆曲线接缓和曲线和直线，下穿胜洲十一路后沿厚朴道在胜洲十路南侧接地。

工程总平面布置图见 2.3-1 所示。

工程平、纵缩图见图 2.3-2 所示。

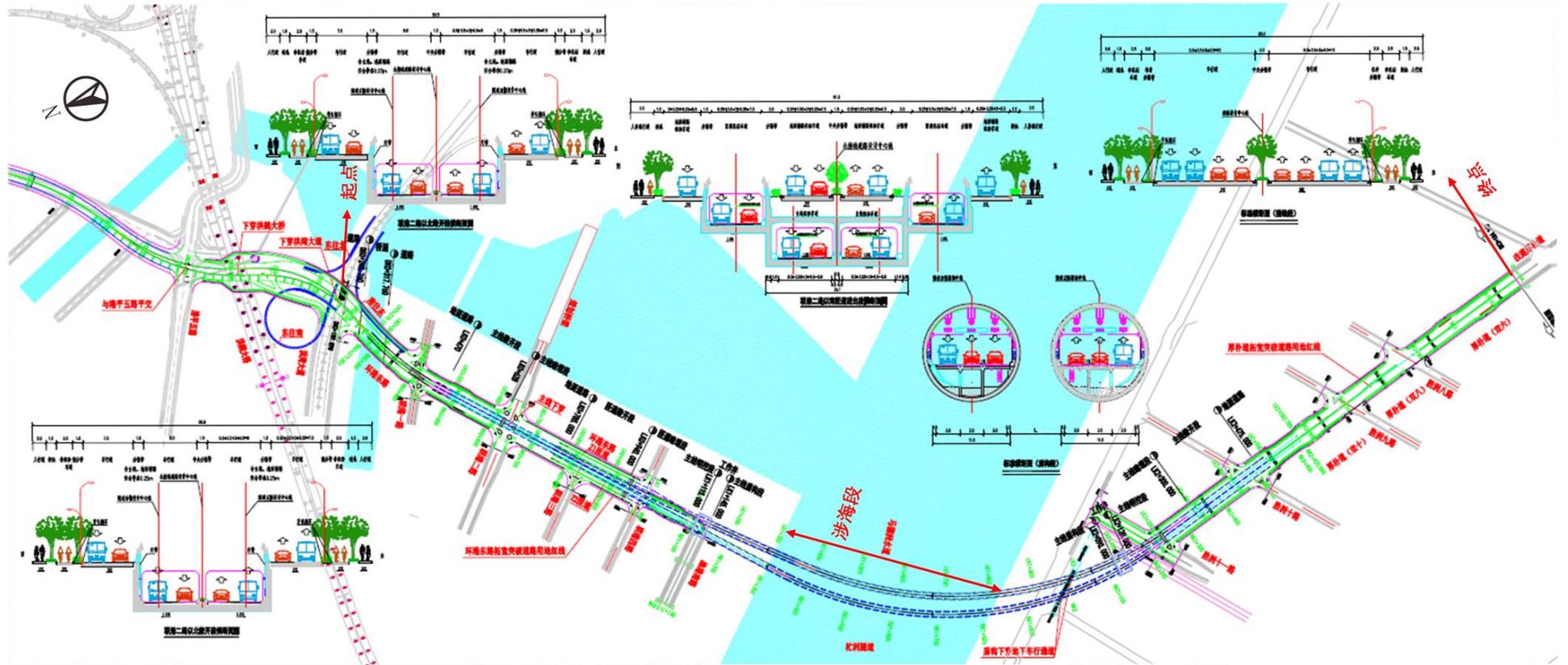


图 2.3-1 本项目总体布置图

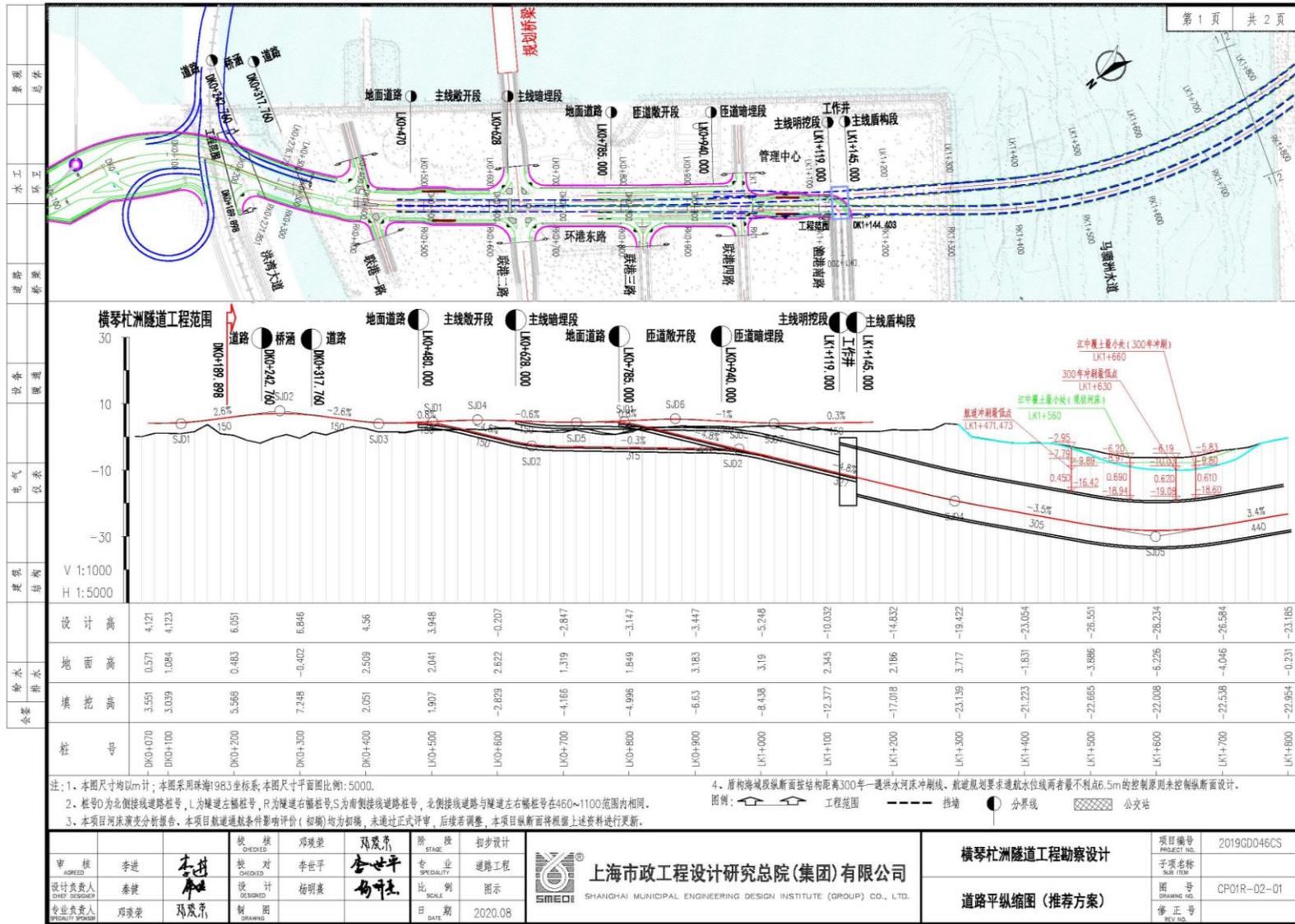


图 2.3-2 横琴杧洲隧道工程平纵缩图 (1)

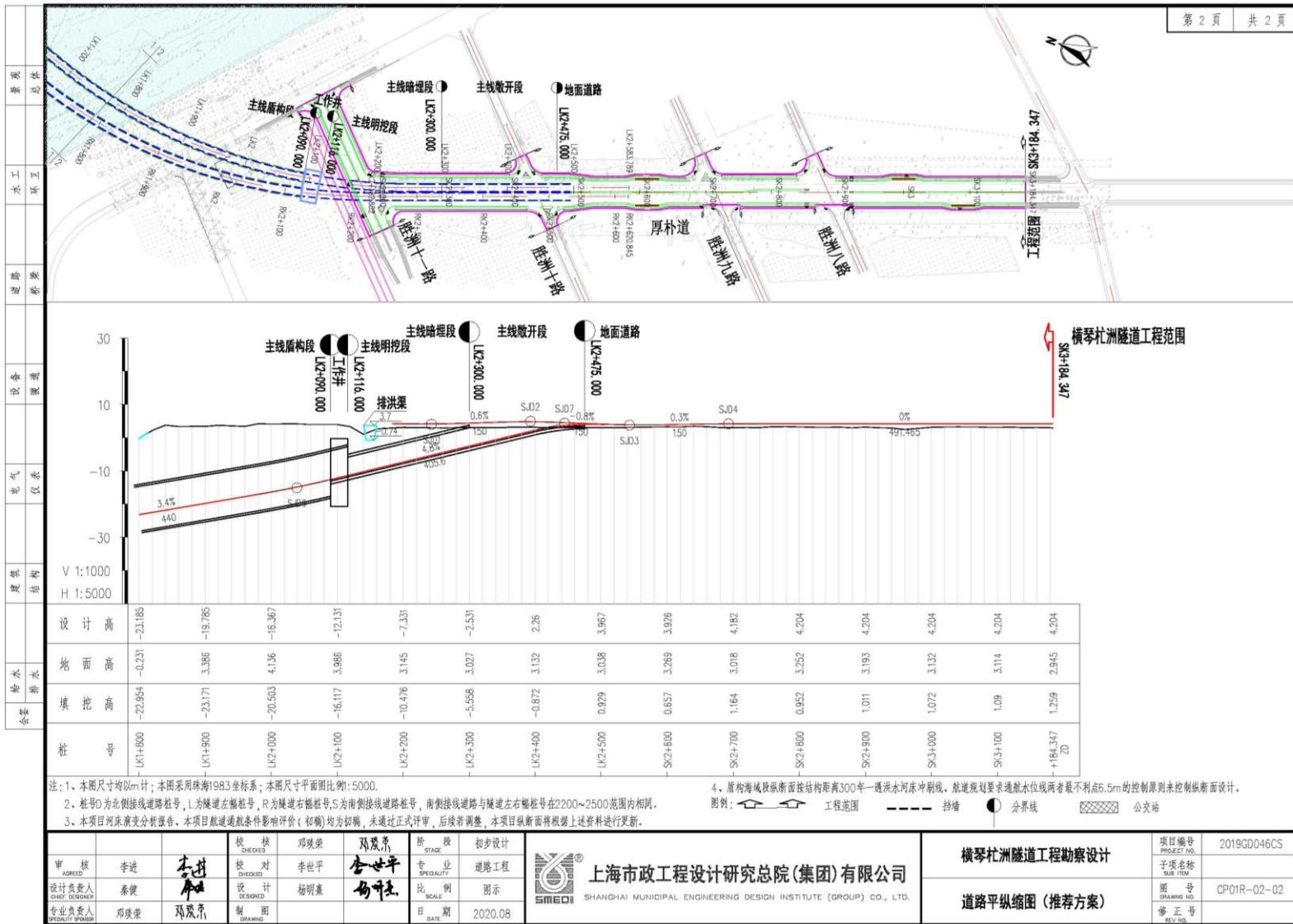


图 2.3-2 横琴杧洲隧道工程平纵缩图（2）

审核	李进	校核	邓晓荣	设计	邓晓荣
设计负责人	秦健	校对	李世平	设计	杨明康
专业负责人	邓晓荣	制图			

阶段 初步设计  
 专业 道路工程  
 比例 图示  
 日期 2020.08

SMEDI 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司  
 SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.

横琴杧洲隧道工程勘察设计	项目编号	2019GD046CS
道路平纵缩图（推荐方案）	子项名称	
	图号	CP01R-02-02
	修正号	

## 2.4 隧道工程

### 2.4.1 建设内容、规模

横琴杧洲隧道主体为那个双管单层双向六车道盾构隧道,道路等级为城市主干路,设计速度 60km/h,接线段双向六车道。本工程全长约 3.0km;其中左线隧道全长 1995m,其中盾构段长 945m,工作井 52m/2 座,明挖暗埋段长 675m,敞开段长 323m。右线隧道长 2032.149m,其中盾构段长 977.522m,工作井 51.335m/2 座,明挖暗埋段长 679.601m,敞开段长 323m,匝道明挖暗埋段长 64m,敞口段长 155m。隧道建设规模见表 2.4-1 和表 2.4-2。

全线共设置两处工作井。隧道共布置 2 处雨水泵房,4 处废水泵房。此外,北侧主线峒口内侧各设置两处雨水泵房。北侧工作井井底设置一间废水泵房,南侧工作井井底设置一间废水泵房;在盾构左、右幅线位最低点布置废水泵房。

本项目设置管理中心一处,与第三通道管理中心合建,合建面积需增加 1500 m<sup>2</sup>。第三通道管理中心距离本项目南侧终点约 4.5km。第三通道管理中心的位置示意图见图 2.4-1。

主线每个车道孔内,建筑限界 12m(宽)×4.5m(高)。圆形盾构隧道横断面外径 14.5m,内径 13.3m。

表 2.4-1 横琴杧洲左线隧道建设规模表

起始里程	LK0+480	LK0+628	LK1+119	LK1+145	LK2+090	LK2+116	LK2+300
结束里程	LK0+628	LK1+119	LK1+145	LK2+090	LK2+116	LK2+300	LK2+475
线路长(m)	148	491	26	945	26	184	175
断面类型	北岸 敞开段	北岸 暗埋段	北岸 工作井段	φ14.5m 盾构隧道段	南岸 工作井段	南岸 暗埋段	南岸 敞开段

表 2.4-2 横琴杧洲右线隧道建设规模表

起始里程	RK0+480	RK0+628	RK1+119.969	RK1+146.003	RK2+124.314	RK2+149.615	RK2+337.149
结束里程	RK0+628	RK1+119.969	RK1+146.003	RK2+124.314	RK2+149.615	RK2+337.149	RK2+512.149
线路长(m)	148	491.969	26.034	978.311	25.301	187.534	175
断面类型	北岸 敞开段	北岸 暗埋段	北岸 工作井段	φ14.5m 盾构隧道段	南岸 工作井段	南岸 暗埋段	南岸 敞开段

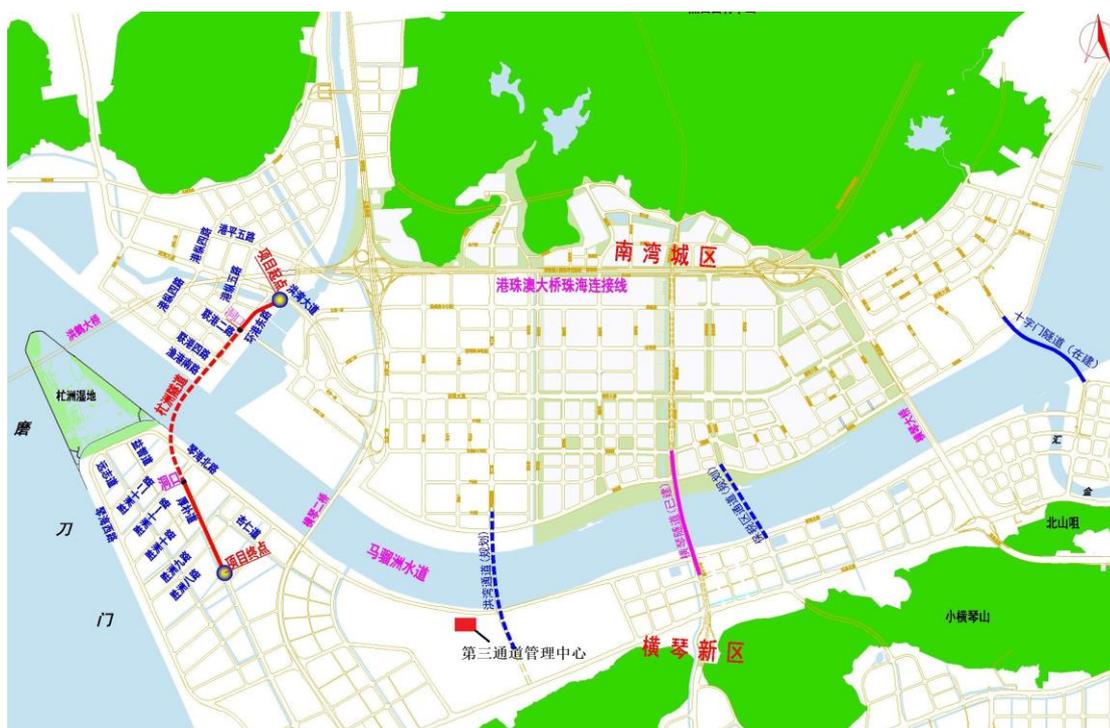


图 2.4-1 第三通道管理中心的位置示意图

## 2.4.2 主要技术标准

- 1) 隧道设计速度：60km/h；
- 2) 隧道建筑限界：净高 4.5m，铺装、照明设备空间另计；净宽 12.0m。
- 3) 结构净空：净高：5.815m，净宽:13.15m；
- 4) 设计使用年限：100 年
- 5) 防水等级：隧道主体结构：二级、变电所：一级；
- 6) 抗渗等级：盾构段 P12、工作井 P10、明挖段 P8；
- 7) 运营阶段抗浮安全系数：结构设计按最不利情况进行抗浮稳定验算。不计侧壁摩阻力时，其抗浮安全系数 $\geq 1.1$ 。
- 8) 抗震设防  
抗震设防类别：乙类；抗震等级：四级；抗震设防烈度为 7 度，抗震措施按 8 度考虑。
- 9) 隧道类别：二类隧道

## 2.4.3 项目平面布置和主要结构尺度

横琴杧洲隧道主体为双管单层双向六车道盾构隧道。道起点位于联港一路南侧，沿环港东路下穿联港二路、联港三路、联港四路后在马骊洲水道北岸环港东

路与渔港南路交叉口设置工作井，然后以盾构形式下穿马骊洲水道，在胜洲十一路北侧设置南岸工作井，穿越胜洲十一路后沿厚朴道在胜洲十路南侧接地。左线隧道线路全长 1995m，其中盾构段长 945m；右线隧道线路全长 2032.149m，其中盾构段长 978.311m。

### 2.4.3.1 隧道平纵断面设计

#### 2.4.3.1.1 隧道平面设计

起点工作井设置在南岸，终点工作井位于北岸；现状南岸横琴新区为待开发地块，正在建设市政基础设施，现状项目北岸洪湾片区环港东路位置东侧为洪湾涌、洪湾港、西侧为养殖区域，正在进行吹填施工。两岸场地均较为宽阔，暂定为南岸工作井作为始发工作井，北岸工作井作为接收井。盾构沿线穿越驳岸、马骊洲水道等，加强施工控制，具有良好的实施可行性。

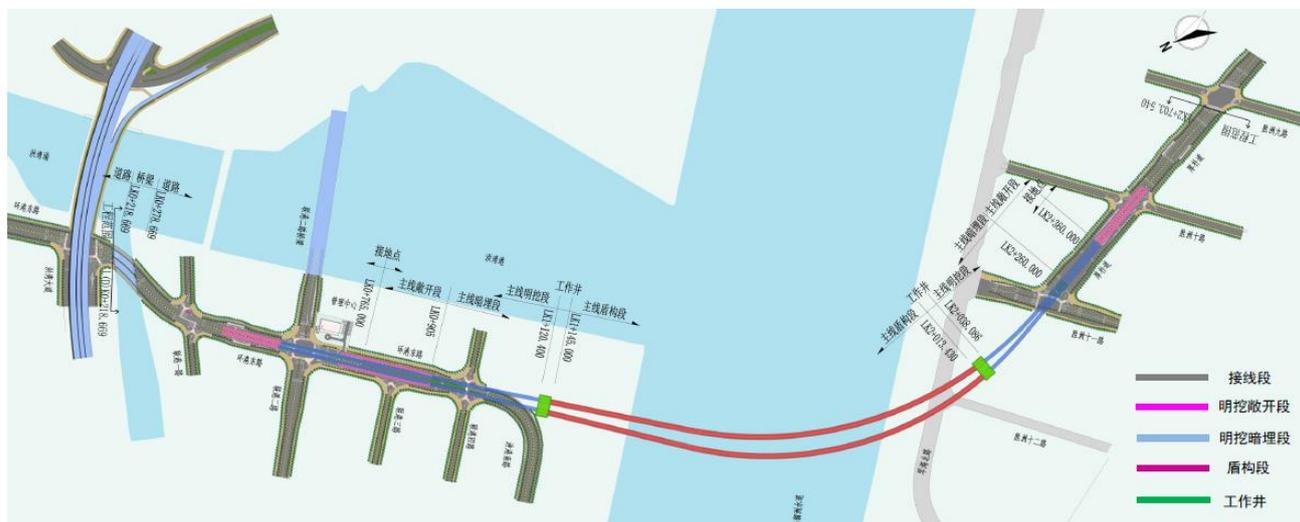


图 2.4-2 道路平面布置示意图

#### 2.4.3.1.2 隧道纵断面设计

主要控制条件：隧道纵坡主要受两端接线道路衔接标高，马骊洲水道范围的工程地质、水文地质、水下地形、航道规划和河势冲刷等情况，盾构隧道施工期和运营期抗浮安全，工作井位置和盾构进出洞覆土深度，横向道路管线敷设深度等条件控制。

主线隧道左线线路在环港东路联港一路南侧，以 4.8%的纵坡接入隧道（坡长 150m），然后以 0.3%的纵坡（坡长 315m）继续下行下穿联港二路和联港三路，然后以 4.8%的纵坡接入隧道（坡长 327m）和 3.5%的纵坡（坡长 305m）下穿北侧海堤驳岸、马骊洲水道，在马骊洲水道中心到达最低点，然后以 3.4%的纵坡

逐渐向上爬升（坡长 440m），过南岸工作井后继续以 4.8%的纵坡逐渐向上爬升（坡长 405.6m），接入厚朴道。

主线隧道右线线路在环港东路联港一路南侧，以 4.8%的纵坡接入隧道（坡长 150m），然后以 0.3%的纵坡（坡长 315m）继续下行下穿联港二路和联港三路，然后以 4.8%的纵坡接入隧道（坡长 338.317m）和 3.4%的纵坡（坡长 289.817m）下穿北侧海堤驳岸、马骝洲水道，在马骝洲水道中心到达最低点，然后以 3.2%的纵坡逐渐向上爬升（坡长 525.42m），过南岸工作井后继续以 4.8%的纵坡逐渐向上爬升（坡长 216.595m），接入厚朴道。

在马骝洲水道范围，在 300 年一遇极限冲刷和规划 I 级航道 3000 吨级海轮通航条件下，最小覆土厚度为 7.1m（0.49D，D 为隧道外径 14.5m，下同），隧道能满足施工期间和运营期间的安全。

北岸工作井处，盾构隧道埋深为 7.2m（0.49D），覆土厚度小于 0.6D（8.7m），南岸工作井处，盾构隧道埋深为 7.5m（0.52D），略小于 0.6D（8.7m），在采取措施后进出洞覆土深度能满足施工安全要求。

横琴杧洲隧道纵断面特征参数详见表 2.4-3。示意图见图 2.4-3。

**表 2.4-3 横琴杧洲隧道纵断面特征参数统计表**

项目	参数	备注
最低点路面标高（m）	-28.234	桩号（LK1+599）
最大水压力（MPa）	0.40	
岸边盾构隧道最大埋深（m）	16.7m	
岸边盾构隧道最小埋深（m）	7.2m	
水下段最大埋深（m）	12.7m	
水下段最小埋深（m）	7.1m	

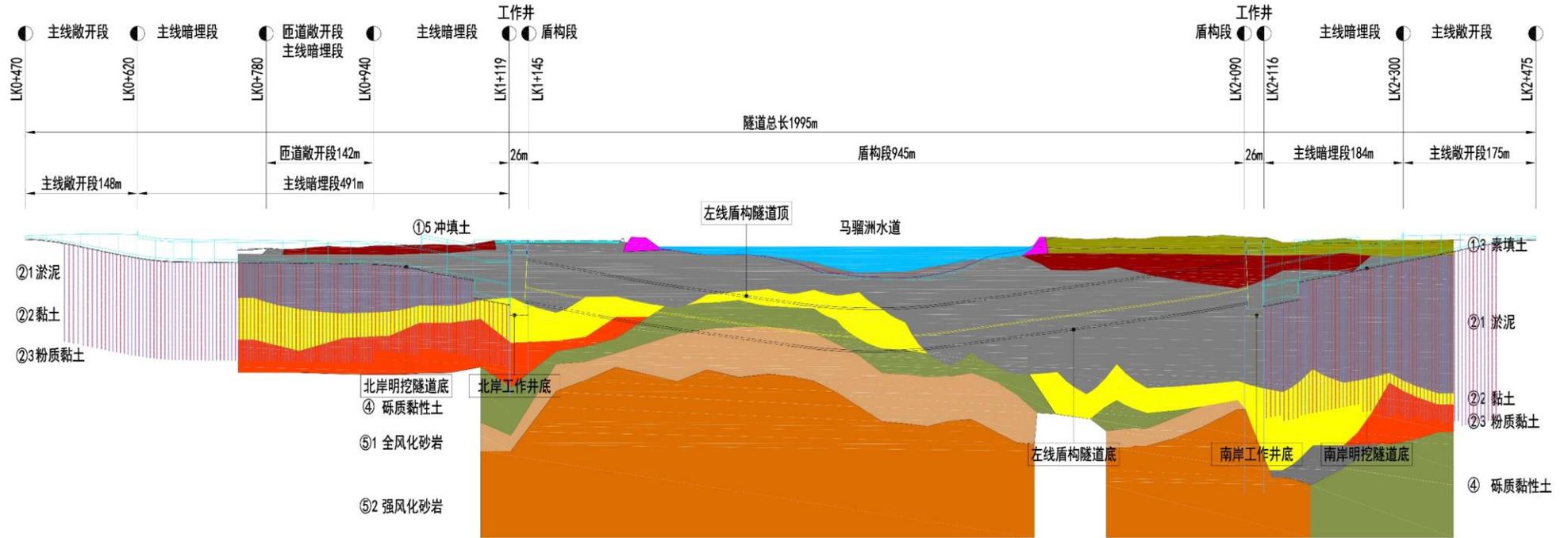


图 2.4-3 隧道纵断面示意图

## 2.4.4 主要结构、尺寸

### 2.4.4.1 明挖段主体结构

本工程隧道盾构段工作井至地面范围采用明挖施工，明挖部分采用暗埋段和敞开段两种结构形式，双向六车道。北段明挖段 LK0+780~ LK0+940 约 170m 为敞开段，LK0+940~ LK1+115 约 165m 为暗埋段；南段明挖段 LK2+120~ LK2+300 约 180m 为暗埋段，LK2+300~ LK2+475 约 175m 为敞开段。

#### 2.4.4.1.1 主体结构设计

##### 1) 暗埋段

暗埋段采用钢筋砼箱型框架结构，混凝土等级为 C45。横断面采用单层双孔断面形式，双向六车道，双车道建筑限界尺寸为 12m（宽）×4.5m（高）。其中，限界上方预留大于 0.7m 的设备安装空间，各种电缆布置在隧道车道车行方向的右侧装饰板与结构内壁空间内，车行道右侧侧墙放置电缆桥架和设备箱时限界至侧墙距离为 900mm，左侧无电缆桥架时距离为 250mm。根据道路总体设计要求，暗埋段横断面见下图。

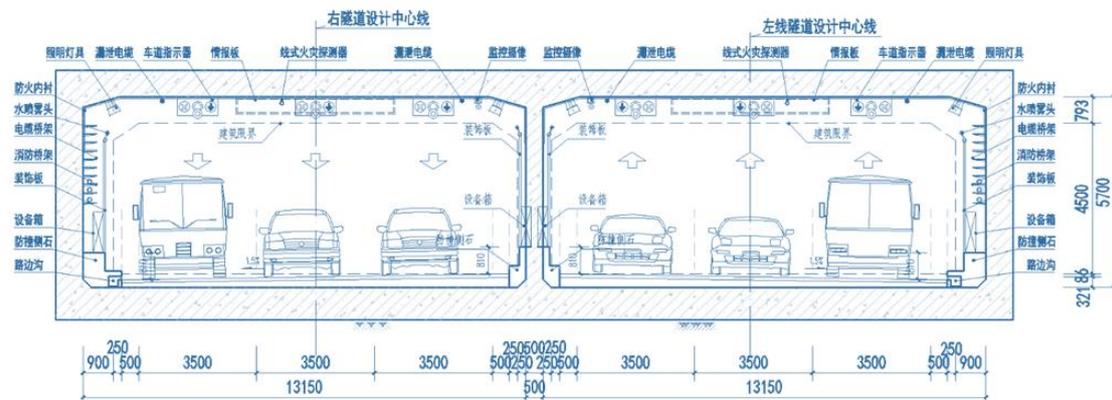


图 2.4-4 暗埋段横断面图

##### 2) 敞开段

敞开段采用 U 形断面钢筋砼结构，混凝土等级为 C45。双车道建筑限界尺寸为 12m（宽）×4.5m（高），两侧限界与结构之间预留 0.45m 的空间。中间设置绿化带。路面横坡设置渐变段与地面道路衔接，两侧设排水沟。道路两侧设置防撞侧石，其中一侧埋设消防水管。侧墙内嵌置设备箱，沿侧墙上部设置照明灯具、广播扬声器、摄像机等。根据道路总体设计要求，敞开段横断面见下图。

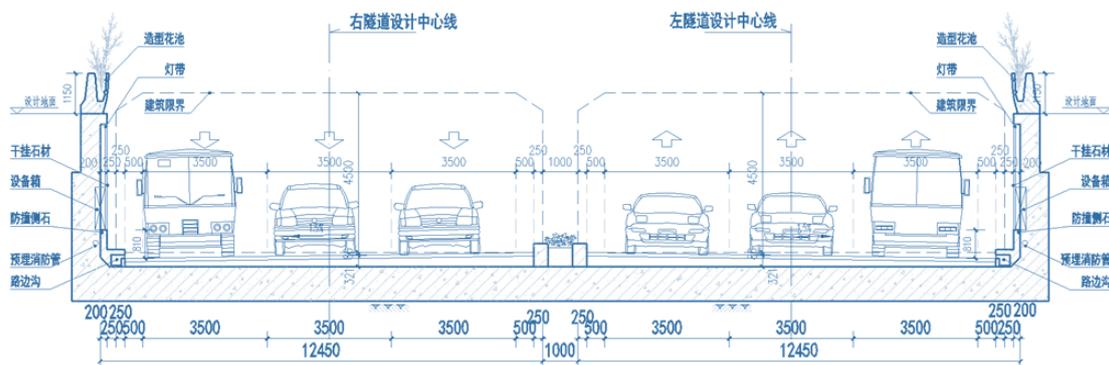


图 2.4-5 敞开段横断面图

3) 主要结构参数

①北段明挖段

横琴杧洲隧道北岸明挖段主要结构尺寸见下表 2.4-4。

表 2.4-4 北段明挖段主体结构形式及尺寸简表

里程桩号	结构形式	结构尺寸		
		顶板 (m)	底板 (m)	侧墙 (m)
LK0+480 ~LK0+628	敞开段 U 型槽		0.5~0.9	0.5~0.9
LK0+628~ LK1+119	暗埋段	0.8~1.1	0.8~1.1	0.5~1.1
LK1+119 ~LK1+145	工作井	0.9	2.0	2.2

②南段明挖段

横琴杧洲隧道南岸明挖段主要结构尺寸见下表 2.4-5。

表 2.4-5 南岸明挖段主体结构形式及尺寸简表

里程桩号	结构形式	结构尺寸		
		顶板 (m)	底板 (m)	侧墙 (m)
LK2+090~LK2+116	工作井	1.2	2.0	2.2
LK2+116 ~ LK2+300	暗埋段	1.0	1.1	1.0
LK2+300~LK2+475	敞开段 U 型槽		0.5~1.0	0.5~1.0

2.4.4.2 工作井结构设计

2.4.4.2.1 工程设计条件

本工程在马骝洲水道北岸和南岸各设一个盾构工作井。

根据起、终点工作井的周围环境情况，基坑安全等级为一级，即坑外地面最大沉降量 $\leq 0.15\%H_0$ ，围护墙最大水平位移量 $\leq 0.18\%H_0$ （ $H_0$ 为基坑开挖深度）。

2.4.4.2.2 工作井设计概况

北岸工作井设计里程为 LK1+119.000~LK1+145.000，位于马骝洲水道北岸。

按照盾构线路中心距离,并考虑两侧为盾构进出洞留有足够的空间以施作内部结构,工作井的平面内净尺寸取为 45.1m×21.6m,基坑深度约 25.9m,基坑周边环境较空旷。

南岸工作井设计里程为 LK2+090.000~LK2+1160.000,位于马骝洲水道南岸。按照盾构线路中心距离,并考虑两侧为盾构进出洞留有足够的空间以施作内部结构,工作井的内净尺寸为 45.1m×21.6m,基坑深度约 25.9m,工作井位于现状洪鹤大桥项目部南侧,工作井南侧为在建的地块。

盾构施工阶段,工作井作为盾构的始发井和接收井。使用阶段根据车辆运行的空间要求及设备布置要求,工作井内分层设置了车道层,设备用房层及电缆夹层、雨废水泵房等。

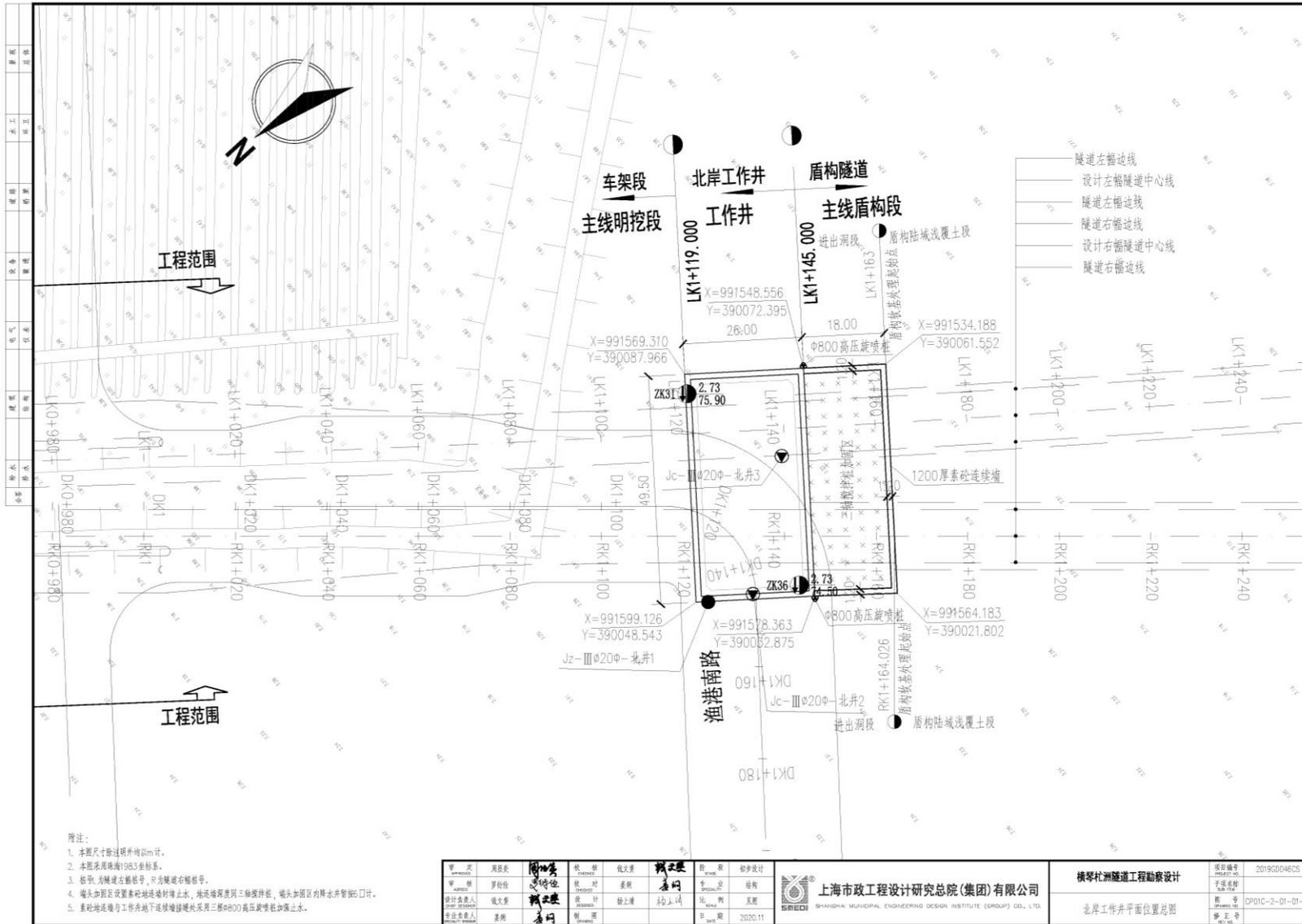
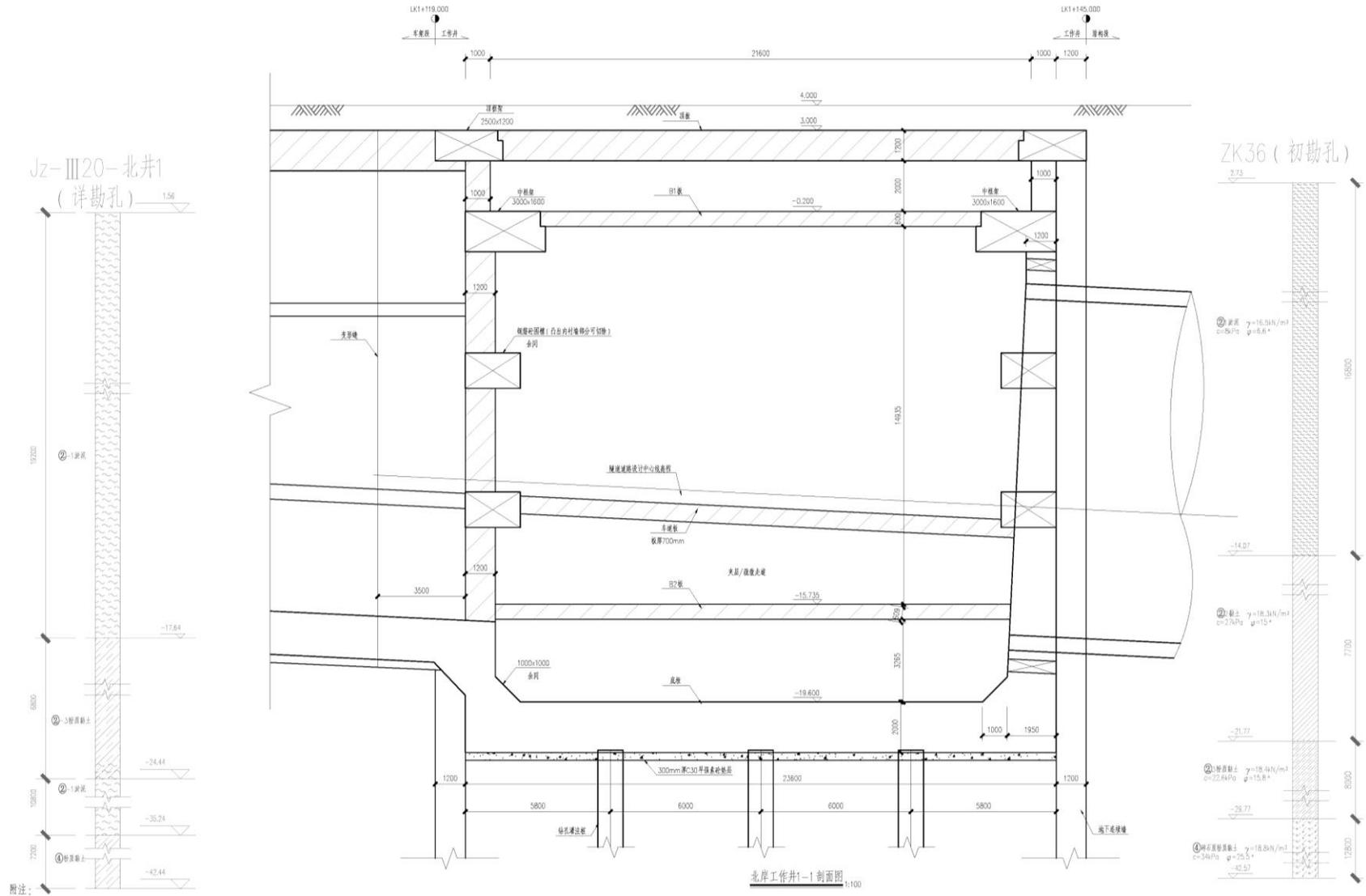


图 2.4-6 北岸工作井平面布置图



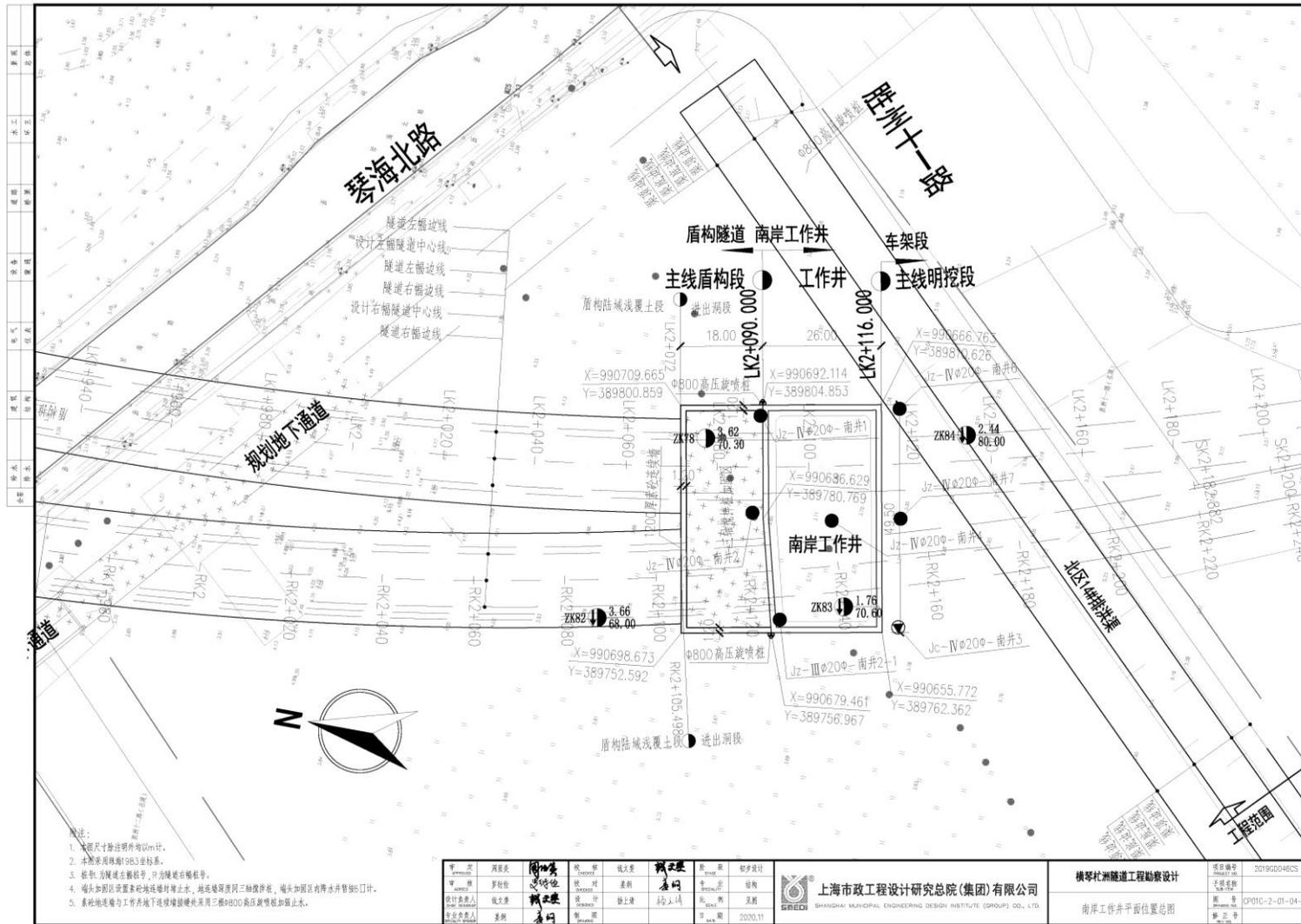


图 2.4-8 南岸工作井平面布置图

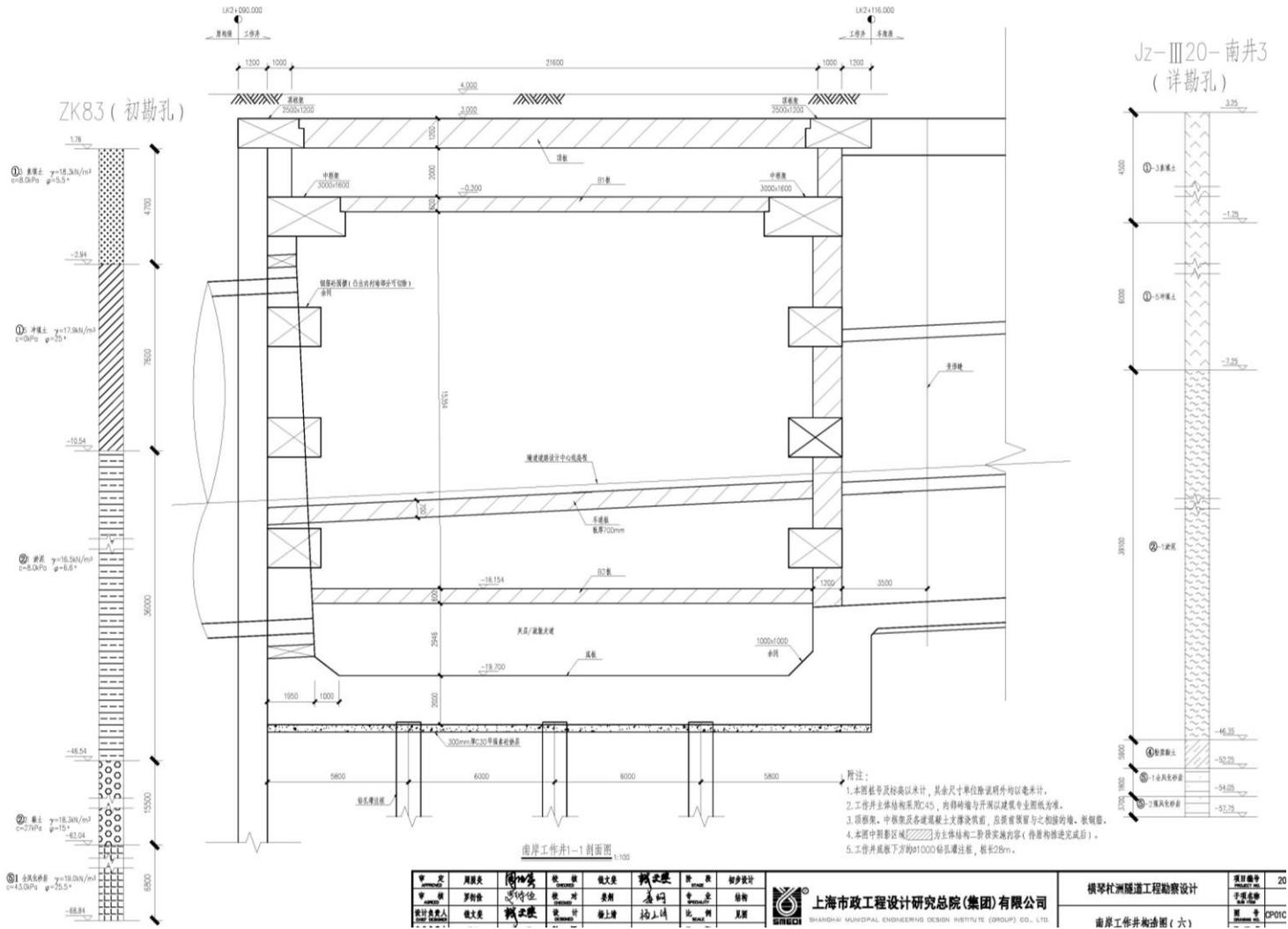


图 2.4-9 南岸工作井剖面图

#### 2.4.4.2.3 围护结构设计

##### 1) 工作井基坑实施方案

深基坑工程采用地下墙围护明挖法来实施，采用 1.2m 厚地下连续墙。

##### 2) 工作井内部结构设计

工作井采用平面矩形框架结构，平面尺寸长宽比例约为 2.09(北工作井)/2.09(南工作井)，在盾构侧井壁开有一个直径 15.4m 的盾构孔。

#### 2.4.4.3 隧道结构设计

##### 2.4.4.3.1 主要设计原则

##### 1) 设计基准期

隧道结构设计基准期为 100 年

##### 2) 设计使用年限

结构设计使用年限为 100 年，结构重要性系数为 1.1

##### 3) 结构安全等级：一级

##### 4) 防水、抗渗等级

##### ①防水等级

隧道主体结构：二级、变电所：一级；

##### ②抗渗等级

盾构段：P12、工作井：P10、明挖段：P8；

##### 5) 抗浮设计

①盾构隧道：分别满足施工阶段与使用阶段的抗浮要求，自重抗浮与有效压重抗浮分项系数不小于 1.10；

②明挖隧道：在施工阶段考虑在底板下采用降水措施来满足抗浮要求；在使用阶段，结构自重（或抗浮桩）结构抗浮稳定安全系数不小于 1.1（不考虑侧墙土体摩阻力）。

##### 6) 环境类别及裂缝控制标准

结构环境作用等级为 III-D，即海洋氯化物环境、重度作用等级。

本工程主体结构构件的裂缝控制等级为三级，主体结构迎水面（迎土面）最大裂缝宽度的限值  $w_{lim}=0.20\text{mm}$ ，背水面最大裂缝宽度的限值  $w_{lim}=0.20\text{mm}$ 。按荷载效应准永久组合并考虑长期作用影响的效应计算的最大裂缝宽度不应超过该限值。当保护层设计厚度超过 30mm 时，将厚度取为 30mm 计算裂缝的最大

宽度。

#### 7) 抗震要求

抗震设防类别：乙类；

抗震等级：四级；

抗震设防烈度为 7 度，抗震措施按 8 度考虑。

#### 8) 结构净空

根据道路和建筑限界确定：三车道单孔净宽  $13.15\text{m}=1.15\text{m}$  侧石、装饰及电缆桥架+ $0.5\text{m}$  侧向宽度+ $3\times 3.5\text{m}$  行车道宽度+ $0.5\text{m}$  侧向宽度+ $0.5\text{m}$  侧石及装饰；

#### 9) 护栏防撞等级

隧道内：A；

隧道外（敞开段侧墙顶）：SB，且总高度不小于 1.1m

#### 10) 衬砌变形要求

衬砌结构变形验算：计算直径变形 $\leq 3\%D$ （D 为隧道外径），环缝张开量 $\leq 1\text{mm}$ ，纵缝张开量 $\leq 2\text{mm}$ ；

#### 2.4.4.3.2 设计行车速度、建筑限界

本隧道按城市主干路标准设计，设计车速为 60km/h。隧道段双向六车道，单根行车道宽度为 3.5m。建筑限界高为 4.5m。隧道左侧与右侧路缘带宽度均为 0.5m，安全带 0.25m。主线每个车道孔内，建筑限界 12.0m（宽） $\times$  4.5m（高）。

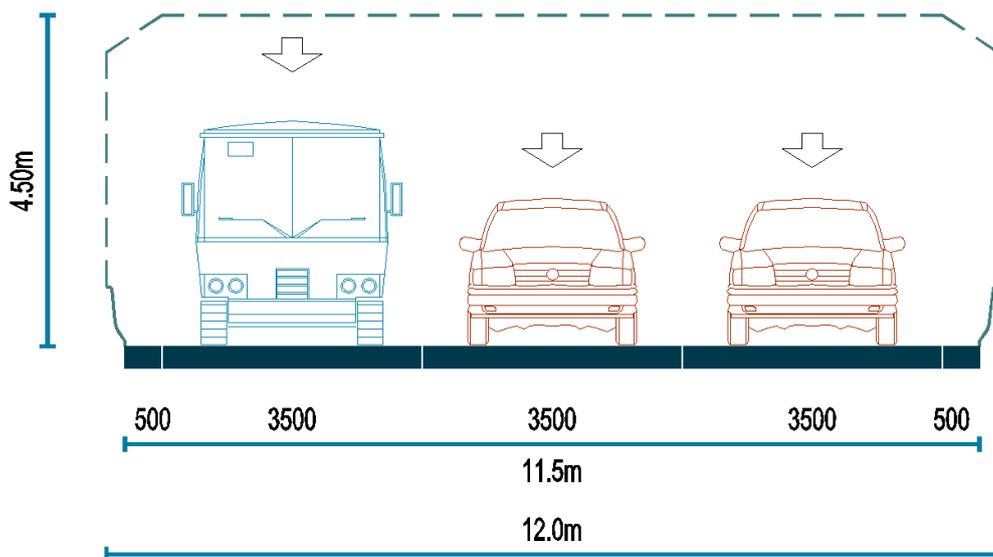


图 2.4-10 建筑限界横断面图

### 2.4.4.3.3 横断面布置

圆形盾构隧道横断面设计为外径 14.5m 的隧道断面，衬砌厚度为 0.6m，综合考虑了建筑限界、设备安装、安全疏散等功能要求以及施工误差、后期沉降等因素。

按照各设备工艺要求，车道指示器应该布置在每个车道的正上方；射流风机、广播扬声器、照明灯具、监控摄像机、漏泄电缆、可变信息指示牌布置在车道内的顶部；各类设备箱布置在车道的两侧侧墙下部（防撞侧石的上面）；主要电缆布置在车道下层的独立电缆通道内；少量电缆可布置在两侧装饰板后。

在车道板下部设置安全通道，在隧道车行方向右侧设置封闭逃生滑梯，逃生滑梯间距 120m。在紧急时人员可由疏散滑梯逃生至下层安全通道，由安全通道疏散至工作井处出地面疏散楼梯逃生。

车道横坡采用 1% 双向坡排向车行方向两侧的排水沟内。防撞侧石高度为 810mm。

圆形隧道内车道的顶部沿管片内侧设置防火内衬。

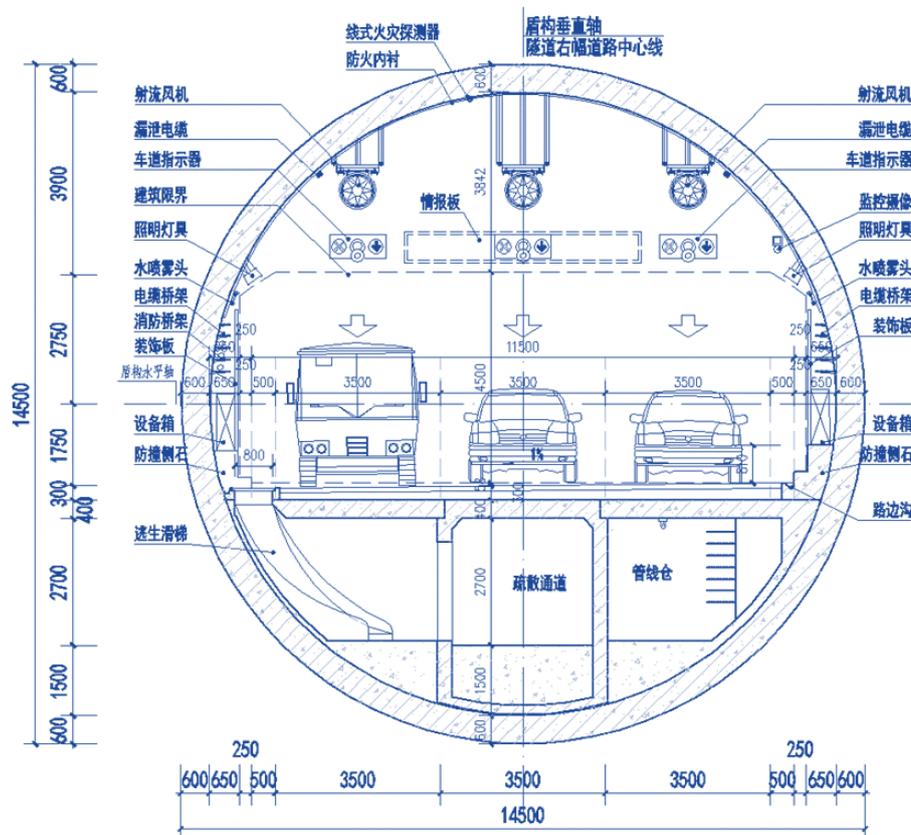


图 2.4-11 盾构隧道断面图

## 2.4.4.3.4 盾构隧道结构设计

盾构隧道管片外径 14.5m，管片厚度 600mm，单层衬砌结构。衬砌结构采用 10 分块，即 1 块小封顶块+2 块邻接块+7 块标准块，环宽 2.0m，采用通用环错缝拼装。管片连接采用斜螺栓连接，环与环间以 38 根 T36 的纵向螺栓相连，块与块间以 2 根 T36 的环向螺栓紧密相连。采用 C60 高性能混凝土，抗渗等级 P12。

## 2.4.4.3.5 耐久性设计及相关措施

## 1) 混凝土材料

表 2.4-6 混凝土结构耐久性设计（表一）

工程部位		盾构管片	工作井	岸边段
混凝土抗渗等级		≥P12	P10	P10
耐久性措施		1、高性能混凝土； 2、封闭嵌缝槽； 3、隧道内设防火装修	1、C40 防水混凝土； 2、通风井内表面涂布硅烷类涂料。	C40 防水混凝土
水泥及添加材料	水泥及矿物掺和料	P I 或 P II 型水泥+高炉矿渣微粉或优质煤灰等超细矿物掺和料。	低水化热的 P I 或 P II 型水泥+高炉矿渣微粉或优质粉煤灰等超细矿物掺和料。	低水化热的 P I 或 P II 型水泥+高炉矿渣微粉或优质粉煤灰等超细矿物掺和料
	强度等级	≥52.5MPa	≥42.5MPa	≥42.5MPa
	用量 (kg/m <sup>3</sup> )	400~500	320~400	320~400
	水胶比	≤0.35	≤0.45	≤0.45
混凝土氯离子扩散系数 (m <sup>2</sup> /s)		<4×10 <sup>-12</sup>	<7×10 <sup>-12</sup>	<7×10 <sup>-12</sup>
碱含量 (kg/m <sup>2</sup> )		≤3.0	≤3.0	≤3.0
氯离子含量 (%)		不超过 0.06 (与凝胶材料重量的比值, 采用 RCM 法检测)		

表 2.4-7 混凝土结构耐久性设计（表二）

部位	混凝土标号	裂缝控制宽度 (mm)	保护层厚度	
			内表面 (mm)	外表面 (mm)
盾构衬砌管片	C60	≤0.2	60	60
工作井	C45	≤0.2	60	60
明挖隧道段	C45	≤0.2	60	60
雨水泵房	C45	≤0.2	60	60
车道板	C40	≤0.2	40	40
其余内部结构	C30	≤0.3	30	30

## 2) 防水材料耐久性

①将 70℃、72h 下三元乙丙橡胶拉伸强度、延伸率的变化率，以及压缩永

久变形含量等材质特性通过阿罗尼乌斯公式推断百年的应力松弛量，控制应力松弛量 $\leq 25\%$ 。

②以遇水膨胀止水条长期浸泡水的树脂析出率（180 天 $\leq 2\%$ ），与反复干湿循环下拉伸强度、延伸率、膨胀率的变化率（如 100 次）认定其耐久性。

### 3) 裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

本工程的裂缝控制等级为三级，最大裂缝宽度限值为 0.2mm。

### 4) 连接螺栓的防腐蚀

①隧道管片手孔均由微膨胀水泥或现浇隧道内构件混凝土连带封堵的方法予以封闭，既利于减少通风阻力，又延长螺栓使用寿命。

②因所有手孔均封闭，故螺栓防腐蚀涂层要求可以适当降低，经综合比选，螺栓表面采用锌基铬酸盐涂层+封闭的防腐蚀方法，涂层总厚度为 6~8 $\mu\text{m}$ 。

### 5) 提高结构耐久性的措施

对于在使用寿命期内不更换的结构，需要采取措施以保护其结构的耐久性。主要有如下措施：

①加强注浆防水层及其质量管理

②采取结构措施防止渗流

为增强管片结构体系的耐久性能，除了从材料角度采取措施外，尚应保证结构的整体稳定性，以增强结构的长期使用性能。如采取措施控制隧道纵向不均匀沉降，避免上覆土层的错动，防止形成渗流的通道造成地下水对管片混凝土侵蚀程度的增大；加强管片结构的横向刚度以减少接头的张角，提高水压下接缝防水材料的工作性能。

#### 2.4.4.3.6 盾构段隧道防水

##### 1、设计原则

- 1) 以混凝土结构自防水为根本。
- 2) 以接缝防水为重点，多道设防，确保高水压下接缝张开时的长久防水性能。
- 3) 加强隧道与工作井接头等特殊部位防水。

##### 2、防水等级标准

根据工程的重要性、设计使用年限，按现行国家标准《地下工程防水技术规范》（GB50108）采用二级防水标准。

### 3、防水技术要求

管片结构防水混凝土的抗渗等级为 P12。

管片单块检漏标准：在 0.4MPa 水压下，保持压力 $\geq 3$  小时，渗水厚度 $\leq 5\text{cm}$ （即不超过混凝土的钢筋保护层厚度）。

衬砌在环、纵缝张开 8mm、错缝 10mm 时，要求能长期抗最大埋深水头压力的两倍；并要求通过室内一字缝试验、十字缝试验检测。

接缝密封防水性能应与结构使用年限 100 年的要求相匹配。

### 4、衬砌混凝土自防水

1) 采用 C60 高性能混凝土

2) 衬砌外防水

管片外防水涂层宜采用改性环氧等封闭型涂料。

3) 严格控制添加剂，添加高效减水剂。

4) 选用纤维混凝土。

4) 加强养护，采用蒸汽养护和水中养护等措施。

### 5、衬砌接缝防水

本隧道管片外径为 14.5m，管片厚度为 600mm，借鉴国内外类似工程经验，采用单道复合弹性橡胶密封垫配以一道与密封垫功效相当的遇水膨胀橡胶止水条可以满足工程防水要求。

1) 变形缝密封防水

为保证盾构隧道的防水效果，尤其需加强圆隧道变形缝处管片接缝的防水。变形缝环处采用弹性橡胶密封垫表面加贴遇水膨胀橡胶的方式加强止水性能，密封垫材质为三元乙丙橡胶。

2) 螺孔密封防水

设计采用橡胶密封圈（遇水膨胀橡胶类），利用其压密和膨胀双重作用来满足螺孔的防水要求。

3) 嵌缝封堵材料

环、纵缝嵌缝材料采用聚乙烯泡沫条及聚合物水泥防水砂浆。

4) 其它

①管片封顶块的纵缝弹性橡胶密封垫表面在拼装前应涂刷润滑剂，以减小其插入时弹性橡胶密封垫之间的摩阻力。

②橡胶条须采用有足够粘接力的粘接剂固定于管片上。

#### 2.4.4.3.7 隧道排水系统

隧道设置有雨水排水系统和废水排水系统等。

##### (1) 雨水排水系统

本工程 3 段隧道进出口因有敞开段雨水汇入，均设置雨水泵房，共设置 6 座雨水泵房。并在接入泵房处设置 1 道横截沟，接入集水池，并拦截敞开段的雨水。北岸主线东、西两侧雨水经边沟收集至两侧雨水泵房；北岸匝道与南岸主线雨水经边沟收集至工作井底部雨水泵房，水泵加压后排入周边市政雨水管网。

##### (2) 废水排水系统

隧道内无生活给水设施，故无生活污水排出。废水排水系统主要是排除冲到道路内的消防废水、冲洗废水及结构渗漏水等。

在低洼点左右两侧盾构底及工作井底各设置 1 座废水泵房。隧道内消防废水、冲洗废水、结构渗入水等废水，沿线路纵向排水沟汇至隧道的低洼点废水泵房以及盾构工作井处设置的废水泵房。废水泵房中的废水经管径 DN300 的出水管，沿隧道外侧延伸至北侧工作井穿出，排放至地面市政污水系统。

#### 2.4.4.3.8 洞内附属工程

##### (1) 雨水泵房

为了排除隧道敞开段的雨水，北岸隧道主线及匝道明暗交界处东、西两侧各设 2 座雨水泵房；南岸隧道明暗交界处东、西两侧设 2 座雨水泵房，净尺寸为 8.0×4.5m，共 6 座。洞口内设有一条横截沟，用来收集洞口引道段的雨水，并汇集于泵房下部的水池，经水泵提升排入市政管道内。

##### (2) 废水泵房

本隧道共设置 4 处废水泵房，于盾构左、右幅线位最低点处（LK1+600、RK1+600）各布置 1 座；南北两岸工作井底部各布置 1 座。最低点内设置一道横截沟用排水管引入泵房。最低点泵房的主要功能为承接并排除隧道暗埋段的渗漏水、冲洗水以及消防水。

##### (3) 变电所设计

在隧道南、北两侧工作井中各设置 1 处变电所，为隧道内各类负荷提供电源。另设 1 处变电所与隧道管理用房合建，为隧道监控中心内设备、管理用房和消防泵房提供电源。隧道南、北侧的 1#和 2#变电所以及管理用房的附属 3#变电分别

向城市电网申请引入 2 路相互独立的 10kV 电源，每路电源能承担所有的一、二级负荷，10kV 单母排分段不联络。

## 2.5 接线道路工程

### 2.5.1 道路工程

#### 2.5.1.1 主要技术标准

- 1) 道路等级：城市主干道
- 2) 设计速度：60km/h
- 3) 红线宽度（接线段）：48m
- 4) 车道数：双向 8 车道
- 5) 车道宽：大型车或混行车道 3.5m
- 6) 净空要求：机动车道 $\geq 4.5\text{m}$ ，非机动车道和人行道： $\geq 2.5\text{m}$
- 7) 路面结构计算轴载：BZZ-100 型标准轴载
- 8) 结构设计基准期：100 年
- 9) 地震基本烈度：VII 度区，设计参数根据地震烈度危险性分析取值
- 10) 结构设计安全等级：一级
- 11) 设计洪水频率：1/100

#### 2.5.1.2 平面设计

本工程平面线位原则上按照《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》、《一体化区域洪湾片区控制性详细规划（2018 年修改）》线位执行，根据周边项目进行适当优化。

线位整体上呈南北走向，北岸接线道路接洪湾片区环港东路，起点位于洪湾大道预留地面辅路交叉口，接线道路下穿洪湾大道主线桥梁；而后以地面形式向南敷设，与联港二路形成十字路口后主线分别以明挖、盾构形式下穿联港三路、联港四路、渔港南路和穿越马骝洲水道；南岸接线段按规划线位接顺厚朴道（即芒洲北次干路），直至胜洲七路交叉口北侧终点（本项目不含胜洲七路交叉口）；马骝洲水道采用盾构形式穿越，双管单层，大部分盾构段位于圆曲线位置；北岸在联港二路至渔港南路段、南岸在胜洲十一路至胜洲十路段设置地面辅路。

北岸接线道路设置两处平曲线，圆曲线半径均为接线道路部分 600m，最小

缓和曲线长接线道路部分 50m。

南岸接线道路线位为一段直线，长度约接线道路部分 709m（隧道敞开段至胜洲七路）。

### 2.5.1.3 横断面设计

北接线段（环港东路）考虑主线隧道车流量等因素，将双四规划断面调整至双八断面，宽度由 40m 调整至 48m；南接线段（厚朴道，即芒洲北次干路）现已按规划断面实施路基、管线，根据主线隧道车流量、有轨电车实施空间，并尽量减少对已实施管线的影响，将南接线段（厚朴道，即芒洲北次干路）双四规划断面调整至双八断面，宽度 48m。

接线段（环港东路、厚朴道）为双向八车道，标准段道路总宽 48m：道路红线总宽 48m：2.0m 人行道+1.5m 树池+2.5m 非机动车道+2.0m 侧分带+15m 机动车道（0.5m 路缘带+3.5m×4 车道+0.5m 路缘带）+2m 中央分隔带+15m 机动车道+2m 侧分带+2.5m 非机动车道+1.5m 树池+2.0m 人行道=48m。

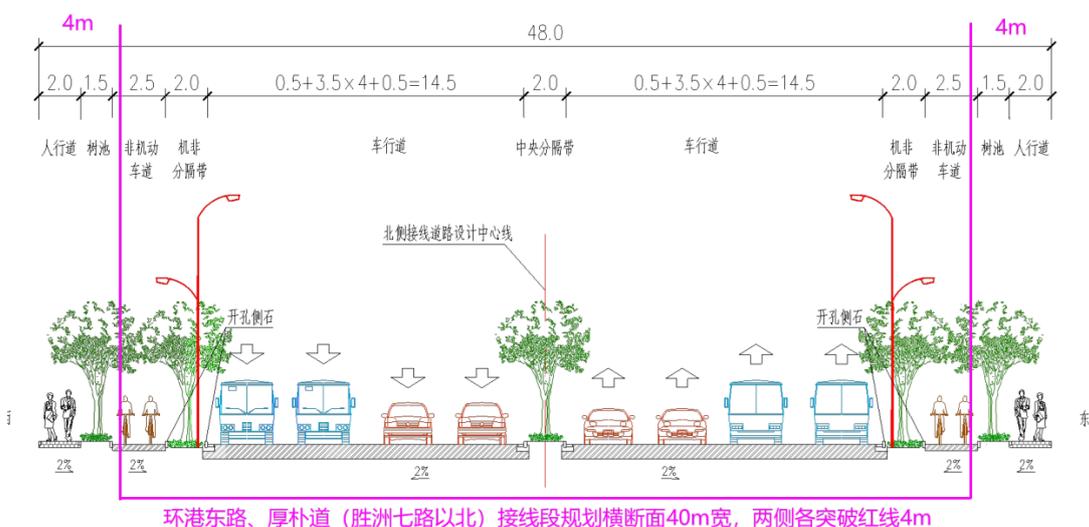


图 2.5-1 环港东路、厚朴道（胜洲七路以北）横断面设计图

敞开段：考虑若主线在联港二路接地，接地点距交叉口仅为 70m，对于右转交通流影响巨大，推荐主线下穿联港二路，在联港一路南侧接地，同时在联港二路南侧设置一对进出匝道。其中主线敞开段主线为双向四车道，地面道路双向四车道，标准段路幅总宽接线道路部分 50.5m：2m 人行道+1.5m 树池+2.5m 非机动车道+1.5m 侧分带+7.5m 地面辅路机动车道+1.5m 分隔带+8m 主线机动车道+1.5m 中分带+8m 主线机动车道+1.5m 分隔带+7.5m 地面辅路机动车道+1.5 分隔

带+2.5m 非机动车道+1.5m 树池+2m 人行道=50.5m。

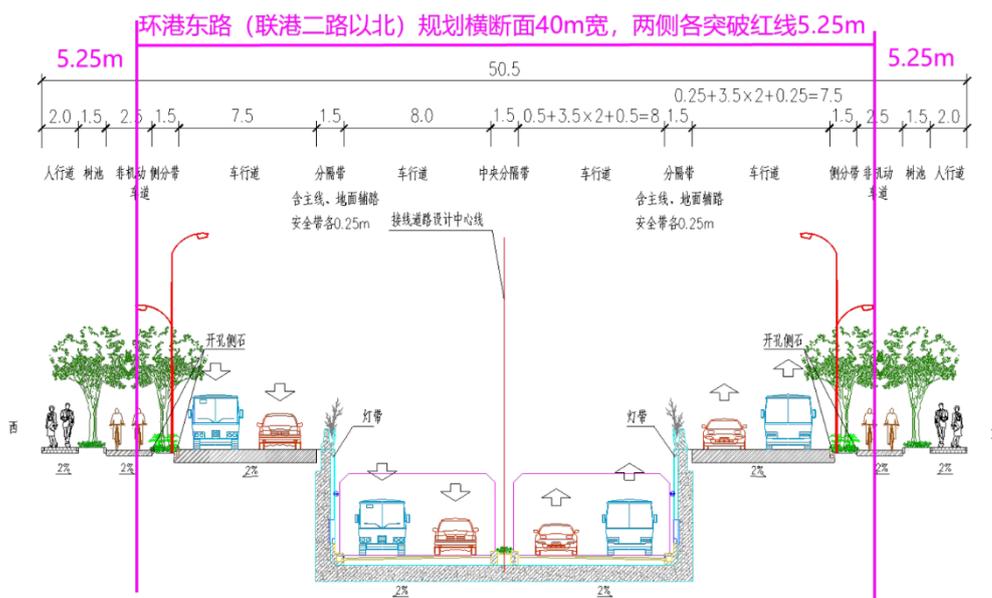


图 2.5-2 北岸标准横断面设计图（联港二路以北）

在联港二路南侧接地的匝道，其中匝道敞开区段主线为双向四车道，地面道路双向六车道，标准段路幅总宽 58.5m：3.5m 人非+1.5m 树池+4m 辅路机动车道（0.25m 路缘带+3.5m 车道+0.25m 路缘带）+1.5m 分隔带+7.5m 匝道机动车道（0.25m 路缘带+3.5m×2 车道+0.25m 路缘带）+3m 分隔带+7.5m 辅路机动车道（0.25m 路缘带+3.5m×2 车道+0.25m 路缘带）+1.5m 中分带+7.5m 地面辅路机动车道+3m 分隔带+7.5m 主线机动车道（0.25m 路缘带+3.5m×2 车道+0.25m 路缘带）+1.5m 分隔带+4m 地面辅路机动车道+1.5m 树池+3.5m 人非=58.5m。

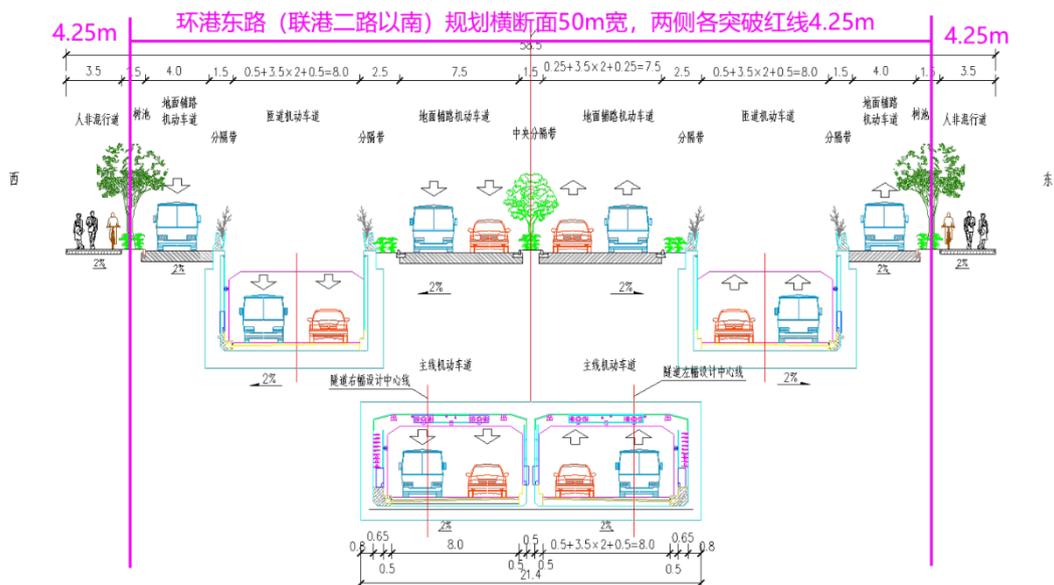


图 2.5-3 北岸标准横断面设计图（匝道敞开段）

敞开段（南岸）主线为双向六车道，地面道路双向四车道，标准段路幅总宽 57.5m：2.0m 人行道+1.5m 树池+2.5m 非机动车道+1.5m 侧分带+7.5m 地面辅路机动车道（0.25m 路缘带+3.5m×2 车道+0.25m 路缘带）+1.5m 分隔带+11.5m 主线机动车道（0.5m 路缘带+3.5m×3 车道+0.5m 路缘带）+1.5m 中央分隔带+11.5m 主线机动车道+1.5m 分隔带+7.5m 地面辅路机动车道+1.5m 侧分带+2.5m 非机动车道+1.5m 树池+2.0m 人行道=57.5m。

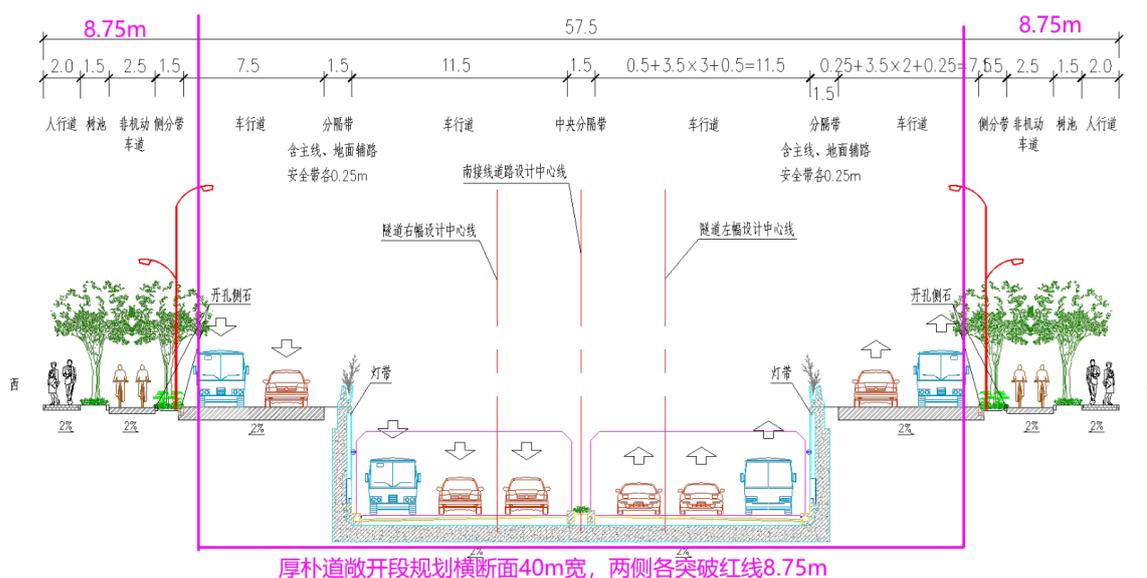


图 2.5-4 南岸标准横断面设计图（敞开段）

## 2.5.2 桥涵工程

### 2.5.2.1 地理位置

横琴杧洲隧道工程（陆上接线道路部分）位于横琴一体化区域，隧道穿越马骝洲水道，北岸接环港东路与洪湾大道交叉口，南岸接厚朴道。在环港东路与洪湾大道交叉口附近，有规划洪湾西排水渠，它与环港东路交接位置为本项目桥涵位置。现状洪湾西排水渠与洪湾涌未贯通。后期规划贯通。桥梁平面位置如下图所示：



图 2.5-5 桥涵位置示意图

### 2.5.2.2 主要技术标准

- 1) 道路等级：城市主干道
- 2) 设计速度：主线 60km/h
- 3) 汽车载荷：城-A 级；人群载荷：按《城市桥梁设计规范》取用
- 4) 桥梁设计基准期：100 年
- 5) 桥梁设计使用年限：100 年
- 6) 桥梁结构设计重要系数： $\gamma_0=1.1$
- 7) 结构设计安全等级：一级
- 8) 环境类别：III类
- 9) 耐久性标准：按海洋环境设计，环境作用等级 D 级
- 10) 设计水位：常水位 0.86m，最高潮水位 3.74m (P=1/100)，最低潮水位 0.2m (P=1/100)
- 11) 地震基本烈度为 7 度，抗震措施按 8 度设防，水平向设计基本地震动加速度峰值为 0.10g，桥梁抗震设防分类为乙类，E1 的地震调整系数为 0.35。
- 12) 桥面宽度：0.25m (人行护栏)+3.5m (人行道)+2.5m (非机动车道)+2.0m (绿化带)+15.0m (车行道)+0.5m (防撞栏)+4.0m (中央分隔带)+0.5m (防撞栏)+15.0m (车行道)+0.5m (防撞栏)+0.5m (分隔带)+9.0m (预留匝道)+1.25m (分隔带)+0.25 (人行护栏)+2.5m (非机动车道)+1.5m (绿化带)+2.0m (人行道)+0.25m (人行护栏)=60.5m。

### 2.5.3 路面工程

采用沥青混凝土路面，沥青混凝土路面具有抗滑能力好、舒适性好、行车噪音小、汽车损耗及油耗小等优点。沥青路面结构的设计采用标准轴载 BZZ-100，沥青路面设计使用年限为：15 年（主干路）。

#### 1) 机动车道路面结构方案（接线段、敞开段）

上面层：4cm 接线道路部分细粒式改性沥青混凝土（AC-13C、SBS 接线道路部分改性、进口沥青、玄武岩）

粘层：改性乳化沥青粘层（PC-3）

中面层：6cm 接线道路部分中粒式沥青混凝土接线道路部分 AC-20C

粘层：改性乳化沥青粘层（PC-3）

下面层：8cm 接线道路部分粗粒式沥青混凝土（AC-25C）

封层、透层：0.6cm 接线道路部分乳化沥青稀浆封层（ES-2）、透层（AL（M）

-2)

上基层：18cm 接线道路部分水泥稳定碎石（4.0MPa）

下基层：18cm 接线道路部分水泥稳定碎石（4.0MPa）

底基层：20cm 接线道路部分水泥稳定石屑（2.5MPa）

总厚度：74.6cm

#### 2) 机动车道路面结构方案（暗埋段）

上面层：4cm 接线道路部分细粒式改性沥青混凝土（AC-13C、SBS 接线道路部分改性、阻燃、温拌）

粘层：改性乳化沥青粘层（PC-3）

下面层：6cm 接线道路部分中粒式沥青混凝土（AC-20C、温拌）

防水粘结层

结构底板或中板

总厚度：10.0cm（不含结构层厚度）

#### 3) 非机动车道路面结构方案（透水结构，满足海绵城市要求）

3cm 接线道路部分 C30 彩色透水砼（双丙聚氨酯密封）

20cm 接线道路部分 C30 原色透水砼

10cm 接线道路部分级配碎石

总厚度：33cm

4) 人行道路面结构方案（透水结构，满足海绵城市要求）

6cm 透水彩色同质砖

2cm 中砂调平层

透水土工布

10cm 透水 C25 素混凝土

10cm 级配碎石

总厚度：28cm

## 2.5.4 路基工程

### 2.5.4.1 一般路基设计原则

拟建项目路基设计主要受现状路面标高、被交横向道路控制标高、周边地块标高、洪水位、地下水位及路基稳定性等因素控制。项目沿河涌而建，线路沿线的地下水位较高，须保证路床处于干燥或中湿状态。路床顶面回弹模量次干路不小于 20MPa。

路基应稳定均匀，一般路段和与构造物连接段的工后沉降应满足规范要求。路基填筑材料要因地制宜，同时也应符合规范制定的填料要求。路基填料宜选用水稳定性好、压缩性小的土、石材料，并根据路基不同层位，选用性能不同填料，一般是越靠近路面层，填料性质要求越高。

### 2.5.4.2 路基填筑方案

#### 填方路基设计：

边坡坡率采用 1: 1.5；接线段除结构外无挖方。填方路基边坡坡率根据路基填料种类、边坡高度和基底工程地质条件确定。当路基边坡受到用地限制时，采用路堤挡土墙或矮墙。

#### 路基压实度标准：

为了保证路基的压实度，填方路基两侧各超宽填筑 50cm，路基施工完成后在对边坡进行整修，恢复正常路基宽度。路基压实度采用重型压实标准，按分层压实的原则实施。路基压实标准按照《城市道路路基设计规范》（CJJ194-2013）要求执行。

#### 一般路基：

①原地面应进行表面清理，清理深度应根据种植土厚度决定，清出的种植土应集中堆放。填方段在清理完地表面后，应整平压实至规定要求，方可进行填方作业。

②应做好原地面的临时排水措施，并与永久排水设施相结合。

③路堤填筑范围内，原地面的坑、洞等应用中、细海砂回填，并按规定压实。路堤范围内的塘梗均需挖除。

④路堤基地为耕地或松土时，先清除有机土、种植土，平整后按规定压实。

⑤路堤应水平分层填筑压实。分层的最大松铺厚度不应超过 30cm。如原地面不平，应由最低处分层填筑，每填一层，经压实后，再填上一层。

⑥路基土应优先选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料，填料最大粒径应小于 150mm。强膨胀土、泥炭、淤泥、有机质土、冻土、易溶盐超过允许含量的土以及液限大于 50%、塑性指数大于 26 的细粒土等，不得直接用于填筑路基。

表 2.5-1 路基压实度（重型击实标准）、填料强度表

填挖类型	路床顶面以下深度 (cm)	填料最小强度 (CBR) (%)		填料最大粒径 (mm)		压实度	
		机动车道	人非混行道	机动车道	人非混行道	机动车道	人非混行道
填方	0~30	6	5	100	100	≥94	≥92
	30~80	4	3	100	100	≥94	≥92
	80~150	3	3	150	150	≥92	≥91
	>150	2	2	150	150	≥91	≥90
零填及挖方路基	0~30	6	5	100	100	≥94	≥92
	30~80	4	3	100	100	—	—

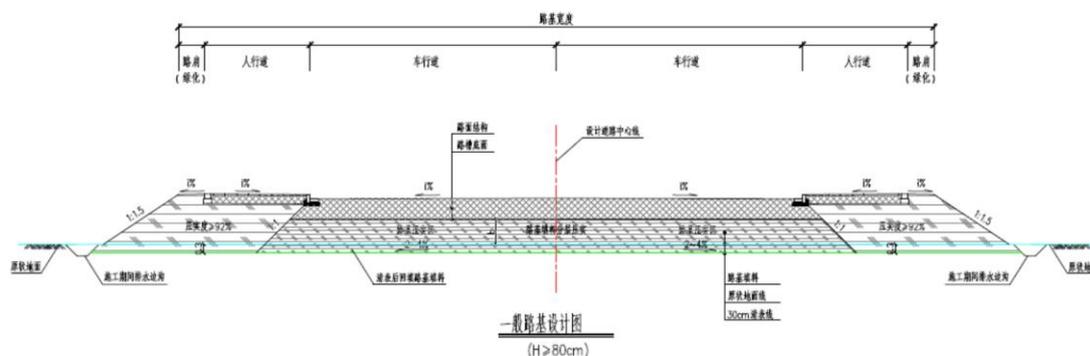


图 2.5-6 一般路基设计图

**浜塘路基：**

在北段接线段围堰地段施工，应先在用地范围内修好围堰兼施工便道，并将

围堰内的水抽干，清除表层淤泥并晒干后才能填海砂。围堰可用草袋或其他可行的方法修筑，在一般情况下，围堰顶宽 3m，高度以超过常水位 50cm 为宜。围堰应无渗漏，同时应保证整个施工期间始终处于完好状态。

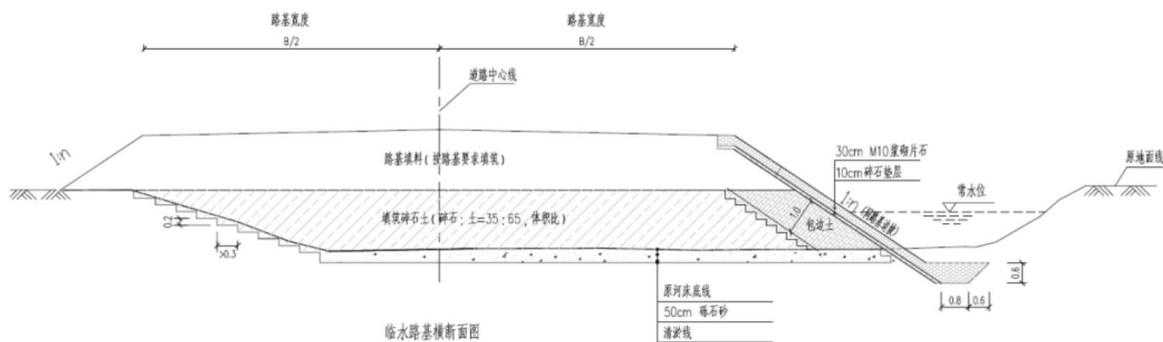


图 2.5-7 临水路基设计图

## 2.5.5 给排水工程

### 2.5.5.1 给水工程

隧道北侧接线道路西北侧，该段道路现状无给水管，新建 DN300 接线道路部分给水管，长度约 461m，新建 DN500 给水管，长度约 481m。同时建立各道路交叉口连接管 DN300 给水管长度约 250m，DN500 给水管长度约 114m，新建 DN200 配水管，长度约 400m；

隧道南侧接线道路东南侧：该段道路现状无给水管，根据规划，新建 DN400 给水管。横琴新区芒洲北次干路工程代建此部分给水管线。本工程为满足隧道要求，在敞开段需要拓宽道路，则需要对此段给水管局部进行迁改，DN400 给水管迁改至道路东侧人行道外 1m，迁改长度约 252m，可利用的阀门及消火栓保留。同时，从现状琴海北路引出一路 DN200 给水管，供消防泵房使用。

### 2.5.5.2 排水工程

#### 雨水设计方案：

本工程雨水均采用管道或箱涵收集自排入河的排水模式，路面及道路两侧地块的雨水径流经管道或箱涵收集后就近接入周边道路的雨水管道、箱涵或直排河道。雨水管道的管径、走向按照地区控规设计，并对受本工程开挖施工影响的规划保留雨水管道进行迁改。

#### ①环港东路

渔港南路至联港四路：西侧新建  $B \times H=1600 \times 1000$  雨水箱涵，东侧新建  $D1000$  雨水管。

联港四路至联港三路：西侧新建  $B \times H=2400 \times 1000$  雨水箱涵，东侧新建  $B \times H=1200 \times 1000$  雨水箱涵。

联港三路至联港二路：西侧新建  $B \times H=3000 \times 1000$  雨水箱涵，东侧新建  $B \times H=1600 \times 1000$  雨水箱涵。

联港二路至联港一路：西侧新建  $B \times H=3600 \times 1000$  雨水箱涵，东侧新建  $B \times H=2000 \times 1000$  雨水箱涵。

联港一路至排放口：西侧新建  $2-B \times H=2000 \times 1000$  雨水箱涵。

由于主线隧道的建设，导致  $DK0+740$  至  $DK0+950$  段主线隧道之间的路面雨水无法接到道路两侧雨水管道，所以在  $DK0+740$  至  $DK0+950$  段主线隧道之间新建  $D800$  雨水管。

## ②厚朴道

胜洲七路至胜洲九路：西侧新建  $D1000$  雨水管，东侧保留现状  $B \times H=1400 \times 1000$  雨水箱涵。

胜洲九路至胜洲十路：西侧新建  $D1000$  雨水管，东侧改迁  $B \times H=2-2200 \times 1000$  雨水箱涵。

胜洲十路至胜洲十一路：西侧新建  $B \times H=1400 \times 1000$  雨水箱涵，东侧改迁  $B \times H=2-2200 \times 1000$  雨水箱涵。

## 污水设计方案：

本工程污水管道根据区域控制性详细规划，结合道路拓宽改建及隧道新建工程新建或改迁现状污水管道。

### ①环港东路

渔港南路至联港一路：西侧新建  $DN500$  污水管，东侧新建  $DN500$  污水管。

联港一路至洪湾大道：东侧新建  $DN500$  污水管，套  $DN800$  焊接钢管，该段污水管采用顶管施工。

### ②厚朴道

胜洲七路至胜洲九路：西侧保留现状  $DN400$  污水管，东侧新建  $DN500$  污水管。

胜洲九路至胜洲十一路：西侧改迁  $DN500$  污水管，东侧新建  $DN500$  污水管。

## 2.5.6 照明工程

根据《印发广东省推广使用 LED 照明产品实施方案的通知》(粤府函【2012】113 号),本工程均采用高光效、节能型 LED 灯作为道路照明光源。LED 灯应为模块化设计,光源、灯具和驱动电源应可拆分更换。

(1)光源: LED 路灯整体系统光效:  $\geq 100\text{lm/W}$ ; 3000h 光通量维持率 $\geq 96\%$ , 6000h 光通量维持率 $\geq 92\%$ ; 平均寿命:  $\geq 30000\text{h}$ ; 色温: 3000K~4000K; 显色指数:  $\geq 70$ ; 在标称的条件下工作, LED 道路照明产品实际消耗的功率与其标称额定功率的偏差应在正负 5% 以内。

(2)灯具: 主线机动车道路采用具有蝙蝠形或矩形配光曲线的截光型灯具, 辅道机动车道路采用具有蝙蝠形或矩形配光曲线的非截光型灯具, 对眩光加以控制; 灯具防护等级 IP65, 需满足抗腐蚀要求; 灯具要求具有防震功能, 适用于产生振动的道路等场所照明。

(3)驱动电源: 采用可靠的恒流驱动电源, 电源寿命 $\geq 30000\text{h}$ , 电源功率因数 $\geq 0.95$ , 电源盒防护等级 IP65, 散热良好。电源应具有过流、过热、短路、雷击以及开关冲击等级防护功能。

(4)灯杆采用优质高强度热扎卷板钢材, 厚度不小于 4.0mm, 无横向焊缝, 纵向焊缝应均匀、无虚焊。灯杆异形加工完成后经酸洗处理再作内外热镀锌防腐处理, 镀锌厚度不小于  $80\mu\text{m}$ , 表面无锌瘤, 锌疤及漏锌等现象; 镀锌后表面再喷塑处理, 喷塑层厚度不小于  $100\mu\text{m}$ , 附着力二级以上; 灯具灯杆安装后应能够抵抗 35m/s 风力。热镀锌及喷塑参照 GB/T9790、GB/T13912、GB/T11373 相关条文执行。

(5)每套灯具内配备熔断器进行单套灯具短路及接地故障保护, 熔断器应固定牢靠, 熔断器及其他电器电源进线应上进下出或左进右出。

(6)LED 灯具选择必须考虑照度、节能、防护等级等方面的要求, 按安装规范安装后应符合 CJJ45-2015 和 CJJ89-2012 规范的要求。

## 2.5.7 景观绿化工程

横琴杧洲隧道工程(陆上接线道路部分)北岸接环港东路与洪湾大道交叉口, 南岸接厚朴道, 道路景观绿化工程的设计内容主要为侧分带和中央分隔带。

(1)侧分带: 海南红豆、椴树海南红豆, 常绿乔木, 高达 20m。奇数羽状

复叶，小叶 7~9 片，革质，披针形。圆锥花序顶生，花冠淡粉红色带黄白色或白色。荚果卵形或圆柱形，有种子 1~4 粒。种子椭圆形，红色。花期 6~8 月，果期 11~12 月。枝繁叶茂，树冠圆伞状，树姿姿态高雅，荚果独特。

(2) 中分带：黄花风铃木、变叶木。黄花风铃木，落叶乔木，4~6m 高，干直立，树冠圆伞形。掌状复叶，春季约 3~4 月间开花，花冠漏斗形，花缘皱曲，花色鲜黄，果实为蓇葖果。性喜高温，花季时花多叶少，颇为美丽。春天枝条叶疏，清明节前后形成满树黄花的壮观美景。道路红线内的侧分带一侧为人非混行，故采用常绿庇荫乔木海南红豆，下层栽植姿态优美的白花栀子，营造清新淡雅宁静自由氛围。中分带选择黄花风铃木作为上层，下层栽植良好的观叶植物变叶木，黄橙搭配给人以舒适温馨的感觉。

交叉路口部分绿化采用花镜地被，主要品种有变叶木、栀子等，从而不阻挡行车视线。

## 2.6 施工方案

### 2.6.1 施工工艺

#### 2.6.1.1 明挖段施工工艺

##### 1、一般路基施工工序

(1) 原地面先进行表面清理，清理深度根据种植土厚度决定，清出的种植土集中堆放。填方段在清理完地表面后，整平压实至规定要求，后进行填方作业。

(2) 填土前，做好原地面临时排水设施，并与永久排水设施相结合。

(3) 路堤填筑范围内，原地面的坑、洞等用原地的土或砂性土回填，并按规定压实。

(4) 路堤基底为耕地或松土时，先清除有机土、种植土，平整后按规定压实。在深耕地段，必要时，将松土翻挖，土块打碎，然后回填、整平、压实。

(5) 路堤基底原状土的强度不符合要求时，拟进行换填。换填深度不小于 30cm，并予以分层压实。

(6) 路堤水平分层填筑压实。分层的最大松铺厚度不超过 30cm。如原地面不平，由最低处分层填起，每填一层，经过压实后，再填上一层。

## 2、围护结构设计

根据地质情况，基坑深度 $\leq 3\text{m}$ 采用放坡开挖，基坑深度 $3\sim 14\text{m}$ 采用钻孔桩+三轴搅拌桩+内支撑的形式进行基坑支护， $14\text{m}$ 以上采用地下连续墙+三轴搅拌桩槽壁加固+内支撑的形式进行基坑支护。

### 2.6.1.2 盾构段施工工艺

#### 1、淤泥段施工工艺

考虑到运营期间盾构段处于淤泥层中可能会出现沉降，发生渗漏水现象及影响交通安全，因此针对淤泥段进行加固处理。陆域软基处理常用的加固工法有：三轴搅拌桩、高压旋喷桩。水域软基处理常用的加固工法有：深层水泥土搅拌桩（DCM）和高压旋喷桩。常用的地基加固工法比选见下表。

表 2.6-1 地基加固常用工法比选表

对比项目	三轴搅拌桩	高压旋喷桩	深层水泥土搅拌桩（DCM）
对地层的适应性	适用于土质地层。适用土层范围较广，包括填土、淤泥质土、黏性土、粉土、砂性土等。	适用于松散、软弱的土层。	适用于土质地层。适用土层范围较广，包括填土、淤泥质土、黏性土、粉土、砂性土等。
施工设备及条件	用于陆域段地基加固；三轴搅拌桩桩架高度一般在 30 米以上，总质量在 100 吨以上，在岸上施工条件较好，在水中基本无施工条件；	用于陆域段或水域段地基加固；最小桩架设备高度约 3m；可采用船舶或钢平台施工	用于水域段地基加固；采用船舶施工，型长 70m，型宽 30m，满载吃水深度约 3m；桩架最高点距满载水线的高度为 50m；
对堤岸影响	需破除、恢复堤岸，影响大	可采用斜钻孔施工，对堤岸影响较小	需破除、恢复堤岸，影响大
加固效果	搅拌均匀，加固效果好	喷射加固，桩体均匀性较差，加固效果一般	搅拌均匀，加固效果好
工程实施风险	较小	因加固质量不好引起的工程风险相对较大	较小
工程实例	横琴第三通道(陆域段) 十字门隧道(陆域段)	横琴第三通道(水域段) 十字门隧道(陆域段)	深中通道(水域段)
推荐结论	陆域段推荐采用	海堤段推荐采用	水域段推荐采用

综合比选：（1）陆域段选用三轴搅拌桩。（2）水域段采用深层水泥土搅拌桩，（3）海堤段因施工条件限制现阶段建议采用高压旋喷桩。

本工程 DCM 和三轴搅拌桩弱加固区水泥掺量取低值 8%，盾构段加固范围见下图。

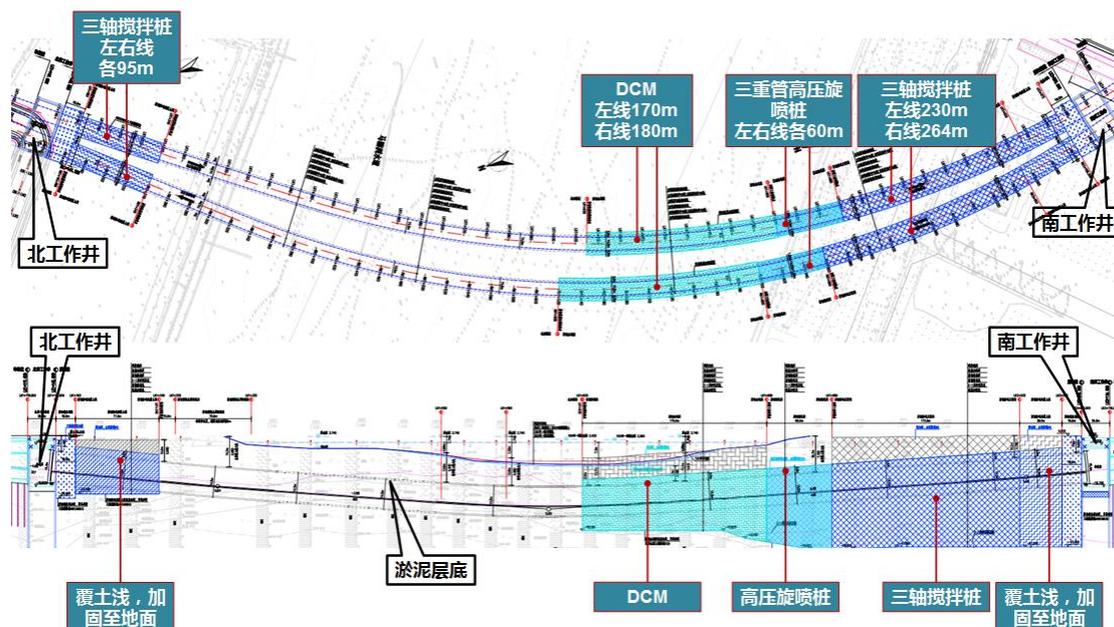


图 2.6-1 盾构段加固处理平纵总图

盾构进出洞采用 $\Phi 850@600$ 三轴搅拌桩，加固至现状地面，并穿透②1层淤泥不小于1m。当隧道埋深小于 $0.7D$ 时，盾构拱顶以上3m范围采用高水泥掺量满堂强加固，盾构拱顶以下采用高水泥掺量格栅强加固，盾构拱顶以上3m至地面采用低水泥掺量弱加固。当隧道埋深大于 $0.7D$ 时，盾构拱顶以上3m范围以下采用高水泥掺量强加固，盾构拱顶以上3m至地面采用低水泥掺量弱加固。

## 2、隧道掘进施工工艺

盾构隧道是使用盾构机，一边控制开挖面及围岩不发生坍塌失稳，一边进行掘进、出渣，在机内拼装管片形成衬砌、实施壁后注浆，不扰动介质而修筑的隧道。由于盾构机一般使用于以土为介质的隧道工程施工中，与岩石围岩不同，土体不具有自立稳定性，所以保持开挖面稳定非常重要。盾构施工的主要原理就是尽可能在不扰动周围地层的前提下完成隧道施工，从而最大限度地减少对地面建筑物及地基内埋设物的影响。

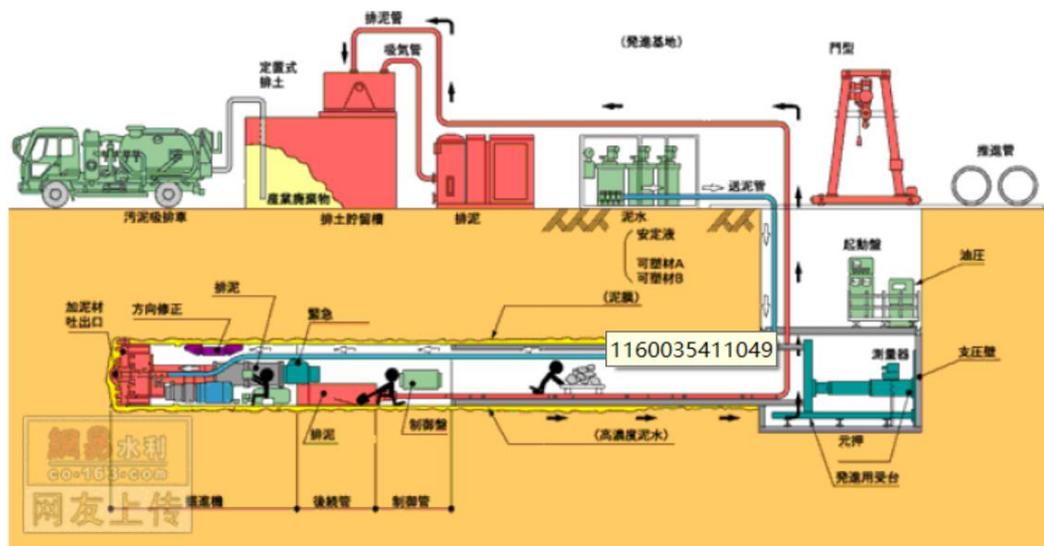


图 2.6-2 盾构隧道工作示意图

选择盾构类型时，应考虑施工区段的土层条件、地面情况、隧道长度、隧道平面、工期和使用条件等各种因素外，还应结合开挖和衬砌等的施工问题，本工程对土压平衡盾构和泥水平衡盾构进行比选，其优缺点一般如下表 2.6-2 所示。

表 2.6-2 泥水、土压平衡盾构机优缺点统计表

比较项目	泥水平衡盾构进	土压平衡盾构
地层适应性	适合淤泥质粘土、粉土、粉细砂等各类软土地层，特别是在渗透系数大，且水头较高的江河大海中优越性明显。	通过调节添加材料的浓度和用量适应不同地层，但当水头较高时，搅拌土难以起到封水作用。
开挖面稳定能力	好	较好
施工场地	需泥浆处理场，施工场地较大	施工场地较小
地面沉降控制	压力控制精度高，对地面沉降控制精度高，更适用于大直径的盾构掘进机	压力控制精度相对较低，对地面沉降控制精度相对较低，一般情况下更适用于中小直径的盾构掘进机。
泥土输送方式	泥水管道输送，可连续输送，输送速度快而均匀；占用隧道空间小，更便于隧道内的结构同步施工。	螺旋机出土，土箱运输，输送间断不连续，施工速度慢；占用隧道空间大，隧道内的结构同步施工必须略有滞后。
对周围环境影响	泥浆处理设备噪音、振动及碴土运输对环境产生较大影响	碴土运输对环境产生一定影响
施工存在问题	水土不易分离，泥浆处理困难	地表沉降控制与施工人员的施工经验关系密切，需经验丰富的盾构操作手。
设备费用及经济性	泥水处理设备费用高	较泥水盾构低
目前在建以及已建隧道的盾构机最大直径	15.76m（武汉三阳路长江隧道） 15.43m（上海长江隧道）	17.6m（美国西雅图隧道） 15.2m（西班牙马德里隧道）
国内实例	上海崇明隧道（管片外径 15m） 南京长江隧道（管片外径 14.5m） 武汉长江隧道（管片外径 10m）	长株潭城际（管片外径 9m） 穗莞深城际（管片外径 8.5m） 上海外滩通道（管片外径 13.95m）

比较项目	泥水平衡盾构进	土压平衡盾构
	福田站益田路隧道（管片外径 12.8m）	
	广深港狮子洋隧道（管片外径 9.8m）	

杧洲隧道盾构机主要穿越地层为①淤泥、②黏土、③砾质黏性土和④全风化砂岩。根据土层条件和以往工程经验，本工程推荐采用泥水平衡盾构机。本工程所选盾构机需满足在本工程覆土 25m（隧道底最大埋置深度 40m）、水压 0.4MPa 条件下的推进要求。

### 2.6.1.3 与已建（待建）工程交越段施工工艺

#### 1、与现状堤岸交越

本工程分别下穿北侧、南侧两处堤岸，具体情况如下：

##### (1) 与北侧堤岸关系

北侧堤岸属于中珠联围珠海段加固达标工程，其结构形式为混凝土结构，临水域侧采用抛石挤淤方式进行处理。盾构法下穿北侧堤岸，隧道与堤岸的竖向距离约 14.15m。

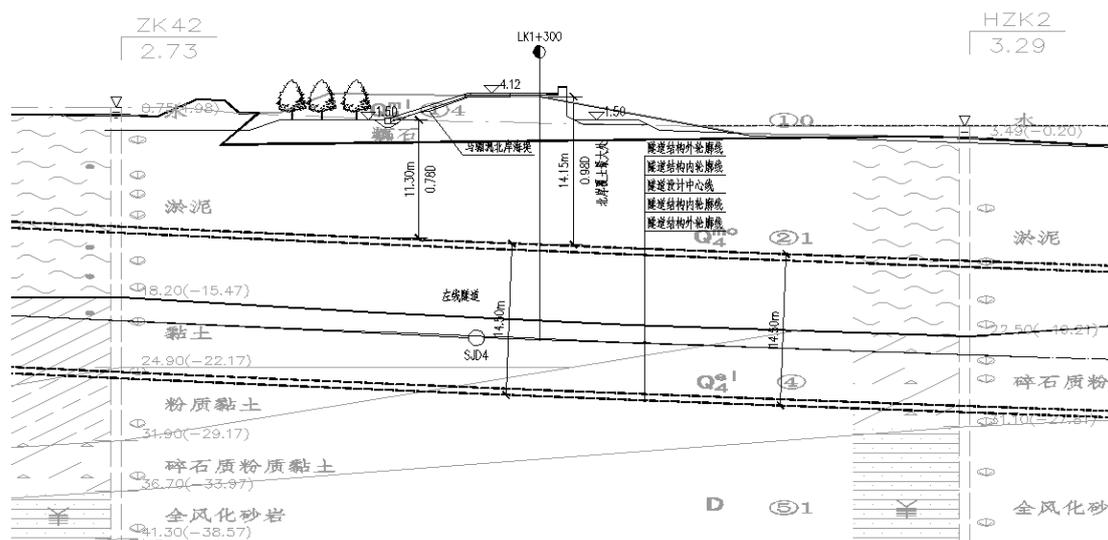


图 2.6-3 左线隧道与北侧堤岸位置关系剖面图

##### (2) 与南侧堤岸关系

南侧堤岸属于滨海次干路堤岸和景观工程，其结构形式为混凝土结构，临水域侧纵向约 22m 范围采用 200~300kg 抛石护堤，地基采用塑料排水板（排间距为 1.0m）进行加固。采用盾构法下穿南侧堤岸，隧道与堤岸的竖向距离约 16.7m，塑料排水板侵入隧道最大约 8.2m。

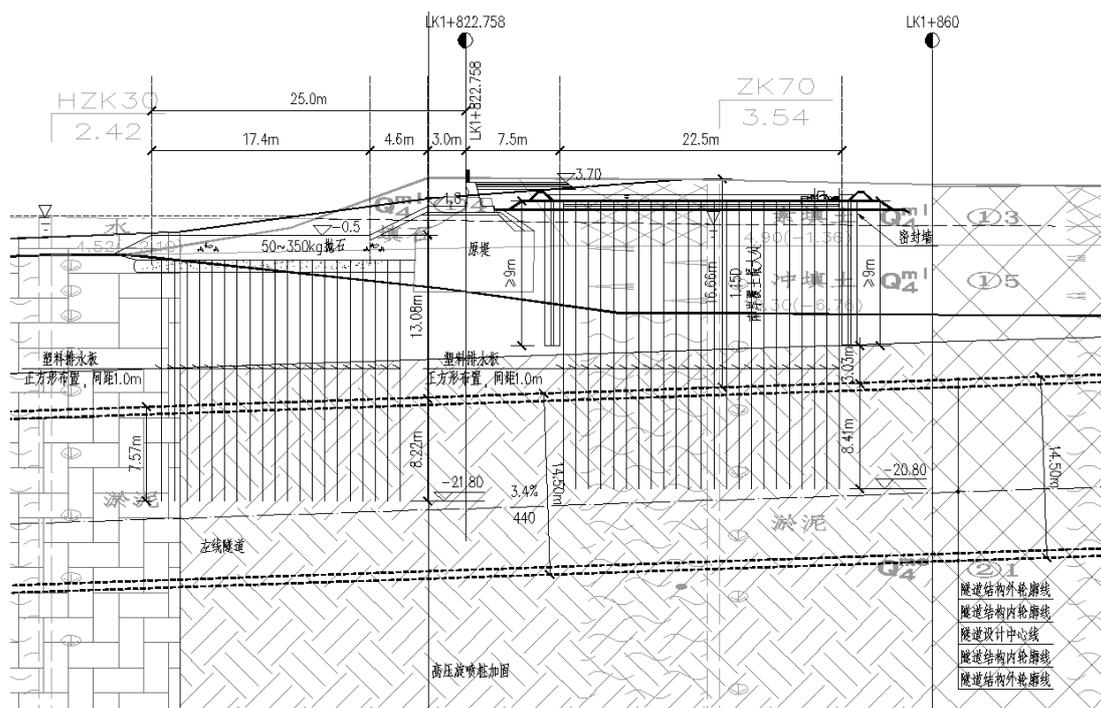


图 2.6-4 左线隧道与南侧堤岸位置关系剖面图

### (3) 施工相应对策

与北侧、南侧堤岸交越施工时采取的措施如下：

- 1) 穿越方式为盾构法，施工时严格保持开挖面的泥水平衡压力，减小压力的波动范围，减小对土体的扰动。
- 2) 加强盾尾多点、均匀及时的同步注浆。采用浆液密度大、抗剪性能适当、凝固时间快的注浆材料，及时充填盾尾间隙，控制堤岸的后期沉降。
- 3) 加强施工监测，及时反馈堤岸的变形、沉降信息，以便采取二次注浆、堤岸底部注浆等技术措施。
- 4) 施工前做好风险分析及应急预案。
- 5) 淤泥段采用三轴搅拌桩、高压旋喷桩和深层水泥土搅拌桩加固处理，在盾构拱顶以上 3m、两侧 3~3.375m，底部穿透淤泥层不小于 1m 的范围内全断面加固，高压旋喷桩水泥掺量为 25%。

## 2.6.2 大临工程

根据工程需要，本项目隧道施工期间拟设 2 处施工场地，分别位于北岸和南岸。临时占地面积估算为 33000m<sup>2</sup>，分别北岸工作井南侧和东侧以及南岸工作井附近，包括盾构推进必要的配套设施场地以及项目营地，其中南、北两岸各设项

目驻地 1 处，面积均约 5000m<sup>2</sup>。

### 2.6.2.1 南岸施工场地

横琴杧洲隧道工程项目南岸施工场地选址于琴海北路南侧，胜洲十二路东侧，胜洲十路西侧。根据现场踏勘，场地地形较为平坦，但地势较低，范围内面层人工填筑土为马骝洲水道疏浚抽排淤泥堆积而成，场内多为芦苇丛。该层土稳定性差，含水量大，多具强度较低、压缩性高、受压易变形的特点，本项目施工范围内自上而下地质描述为素填土、淤泥。南岸施工场地临建共分为两期建设，一期主要是围护结构施工和地层加固施工阶段临建，占用 44347.6 临时用地面积 m<sup>2</sup>，二期主要是盾构施工阶段临建，需增加临时用地面积为 13799.2 m<sup>2</sup>，主要用于泥水站建设。临建建设前期需采用建渣对场地内软基区域进行换填平整压实，经现场踏勘量测场地原地面标高平均为 3.5 米，设计标高平均为 3.8 米。南岸施工场地平面布置如图 2.6-6 所示。



图 2.6-5 项目南岸施工场地位置图



图 2.6-6 项目南岸施工场地平面布置图

### 2.6.2.2 北岸施工场地

横琴杧洲隧道工程项目北岸施工场地选址于洪湾港西侧，马骝洲水道北侧。根据现场踏勘，场地地形较为平坦，但地势较低，范围内面层人工填筑土为马骝洲水道积洪湾港疏浚抽排淤泥吹填而成，场地内表层植被多为杂草；地层土体稳定性差，含水量大，多具强度较低、压缩性高、受压易变形的特点，本项目施工范围内自上而下地质描述为素填土、淤泥。北岸施工场地主要为盾构二次始发施工场地建设，占地面积 16203 m<sup>2</sup>，临建建设前期需采用建渣对场地内软基区域进行换填平整压实，经现场踏勘量测原地面标高为平均为 1.5m，北岸海堤路标高为 3.75m，场地设计标高为 4.2m。北岸施工场地平面布置如图 2.6-8 所示。



图 2.6-7 项目北岸施工场地位置图

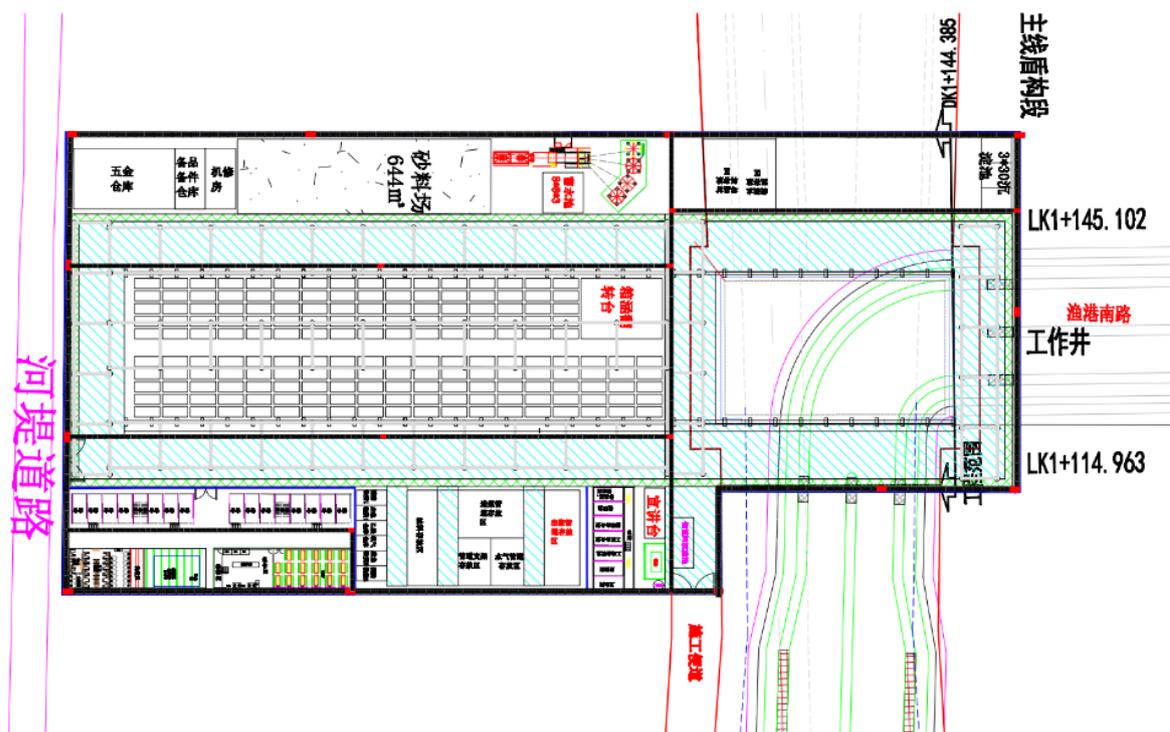


图 2.6-8 项目北岸施工场地平面布置图

### 2.6.3 施工条件

本项目所在地区有大量新建工程，有成熟的砂、石料等建材用料来源，有正在运营的砂、石料场，砂、石料来源及使用较为方便。用水可用自来水，工程所在地电网不发达，需要临时用电设施。水泥、钢材、钢绞线需求要从市场购进，可采用公路运输方式运抵工地；圆木、板材可在当地市场购进，沥青为保证质量应选择合适产品统一购进。主要建材可以考虑在金湾区就近购买。道路交通运输方便，故以汽车运输为主，辅以船舶运输。

### 2.6.4 土石方平衡

#### (1) 隧道工程土石方平衡

本工程隧道明挖段施工产生渣土 25.1 万  $m^3$ ，回填方量 0.27 万  $m^3$ ；工作井挖方约 6.3 万  $m^3$ ，回填方量 3.9 万  $m^3$ ；盾构段产生挖方约 34.5 万  $m^3$ ；合计 61.63 万  $m^3$ ，用渣土车运至中山坦洲镇祯祥二街永二工业园。

疏浚土方量 1.7 万  $m^3$ ，采用泥驳运至中山南朗镇，敏捷温泉海岸附近进行吹填。

盾构过程泥浆循环系统产生泥浆量约 608706.42 $m^3$ ，平均每天废浆量为

3798.48m<sup>3</sup>，本项目计划投入 8 台压滤机，每天处理量为 3850.448m<sup>3</sup>，泥浆处理在自建泥水系统内进行，泥水分离系统对盾构排出的泥浆进行处理，使排出泥浆能够重新达到盾构掘进过程中泥浆的要求，由泵送入盾构机，加以循环利用，从而达到整个盾构过程中的泥水物质平衡。弃渣通过泥水分离系统，将泥浆细颗粒压成泥饼，运到中山坦洲镇禛祥二街永二工业园。

### (2) 接线工程土石方平衡

本项目南、北岸接线工程总挖土石方为 6.3 万 m<sup>3</sup>，填方量为 12.78 万 m<sup>3</sup>，借方量为 7.58 万 m<sup>3</sup>，即废弃土石方为 1.1 万 m<sup>3</sup>，废弃土石方拟运至珠海（保税）洪湾通关综合服务中心项目市政综合配套工程回填利用。

表 2.6-3 土石方平衡表

工程		挖方(万 m <sup>3</sup> )	填方(万 m <sup>3</sup> )	借方(万 m <sup>3</sup> )	弃方(万 m <sup>3</sup> )
隧道工程	明挖段	25.1	0.27	0	24.83
	工作井	6.3	3.9	0	2.4
	盾构段	34.5	0	0	34.5
疏浚		1.7	0	0	1.7
盾构(泥浆)		0	0	0	60.87
接线工程		6.3	12.78	7.58	1.1
合计		73.9	16.95	7.58	125.4

### 2.6.5 总体施工流程

杧洲隧道工程施工以盾构推进为主线，自北岸工作井始发，先行施工右线，至南岸工作井调头，然后施工左线，最后于北岸工作井拆除。工程总工期 42 个月，关键线路如下：北岸岸边段具备盾构始发条件工期 1 年→盾构安装 3 个月→右线掘进 8 个月→盾构调头 3 月→左线掘进 7 月→剩余结构施工。

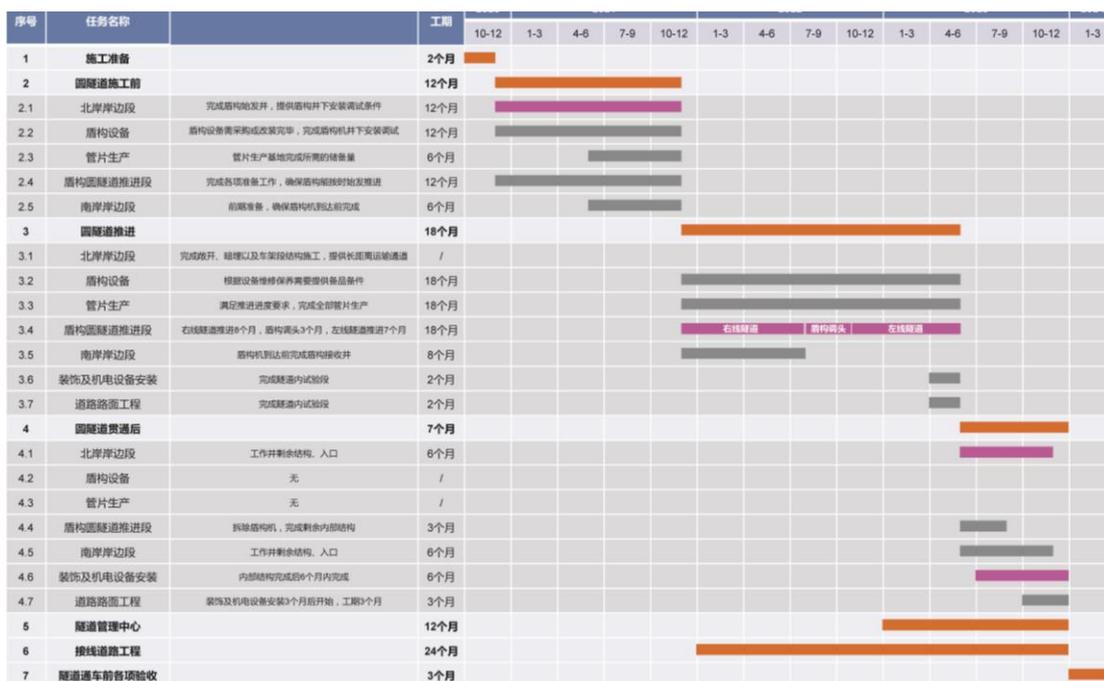


图 2.6-9 总体工期安排

## 2.7 项目用海、占地情况

### 2.7.1 项目用海情况

#### 2.7.1.1 项目申请用海情况

项目申请用海类型为交通运输用海，用海方式构筑物用海（一级类）中的暗挖海底隧道用海（二级类）。根据项目工可，隧道设计使用年限为 100 年，本隧道作为连接珠海市南湾城区和横琴新区的重要城市次干道，属于交通基础设施公益性用海，按照《中华人民共和国海域使用管理法》规定的公益性用海最高期限，本工程申请用海期限定为 40 年，使用期满后若继续使用再进行延期申请。

项目申请用海面积共 3.6591hm<sup>2</sup>。海域使用的宗海界址点坐标见表 2.7-1，宗海界址图见图 2.7-1a。

项目申请临时用海面积共 1.7798hm<sup>2</sup>。海域使用的宗海界址点坐标见表 2.7-2，宗海界址图见图 2.7-1b。

表 2.7-1 项目宗海界址点坐标

序号	纬度 (N)	经度 (E)	序号	纬度 (N)	经度 (E)
1	22° 9' 46.816"	113° 26' 43.005"	23	22° 10' 1.102"	113° 26' 49.889"
2	22° 9' 45.118"	113° 26' 45.337"	24	22° 10' 0.788"	113° 26' 49.610"
3	22° 9' 46.108"	113° 26' 45.468"	25	22° 10' 0.471"	113° 26' 49.330"
4	22° 9' 46.896"	113° 26' 45.598"	26	22° 9' 59.868"	113° 26' 48.812"
5	22° 9' 47.681"	113° 26' 45.753"	27	22° 9' 59.227"	113° 26' 48.292"
6	22° 9' 48.460"	113° 26' 45.932"	28	22° 9' 58.570"	113° 26' 47.792"
7	22° 9' 49.235"	113° 26' 46.136"	29	22° 9' 57.899"	113° 26' 47.313"
8	22° 9' 50.003"	113° 26' 46.364"	30	22° 9' 57.215"	113° 26' 46.857"
9	22° 9' 50.765"	113° 26' 46.616"	31	22° 9' 56.518"	113° 26' 46.423"
10	22° 9' 51.520"	113° 26' 46.893"	32	22° 9' 55.809"	113° 26' 46.012"
11	22° 9' 52.267"	113° 26' 47.193"	33	22° 9' 55.090"	113° 26' 45.624"
12	22° 9' 53.005"	113° 26' 47.517"	34	22° 9' 54.359"	113° 26' 45.260"
13	22° 9' 53.734"	113° 26' 47.863"	35	22° 9' 53.619"	113° 26' 44.919"
14	22° 9' 54.453"	113° 26' 48.233"	36	22° 9' 52.869"	113° 26' 44.603"
15	22° 9' 55.162"	113° 26' 48.626"	37	22° 9' 52.111"	113° 26' 44.312"
16	22° 9' 55.860"	113° 26' 49.040"	38	22° 9' 51.344"	113° 26' 44.045"
17	22° 9' 56.546"	113° 26' 49.477"	39	22° 9' 50.571"	113° 26' 43.803"
18	22° 9' 57.221"	113° 26' 49.936"	40	22° 9' 49.791"	113° 26' 43.587"
19	22° 9' 57.892"	113° 26' 50.419"	41	22° 9' 49.006"	113° 26' 43.396"
20	22° 9' 58.551"	113° 26' 50.910"	42	22° 9' 48.215"	113° 26' 43.231"

21	22° 9' 59.595"	113° 26' 51.696"	43	22° 9' 47.420"	113° 26' 43.091"
22	22° 9' 59.788"	113° 26' 51.842"			

表 2.7-2 项目临时用海宗海界址点坐标

序号	纬度 (N)	经度 (E)
1	22° 9' 47.050"	113° 26' 42.685"
2	22° 9' 44.876"	113° 26' 45.670"
3	22° 9' 45.198"	113° 26' 45.701"
4	22° 9' 45.952"	113° 26' 45.798"
5	22° 9' 46.703"	113° 26' 45.917"
6	22° 9' 47.450"	113° 26' 46.060"
7	22° 9' 48.194"	113° 26' 46.225"
8	22° 9' 48.932"	113° 26' 46.413"
9	22° 9' 49.770"	113° 26' 46.692"
10	22° 9' 50.562"	113° 26' 46.966"
11	22° 9' 51.346"	113° 26' 47.266"
12	22° 9' 52.398"	113° 26' 44.031"
13	22° 9' 51.695"	113° 26' 43.779"
14	22° 9' 50.986"	113° 26' 43.549"
15	22° 9' 50.271"	113° 26' 43.341"
16	22° 9' 49.634"	113° 26' 43.188"
17	22° 9' 48.889"	113° 26' 43.014"
18	22° 9' 48.139"	113° 26' 42.862"
19	22° 9' 47.386"	113° 26' 42.733"

### 横琴杧洲隧道工程项目宗海界址图

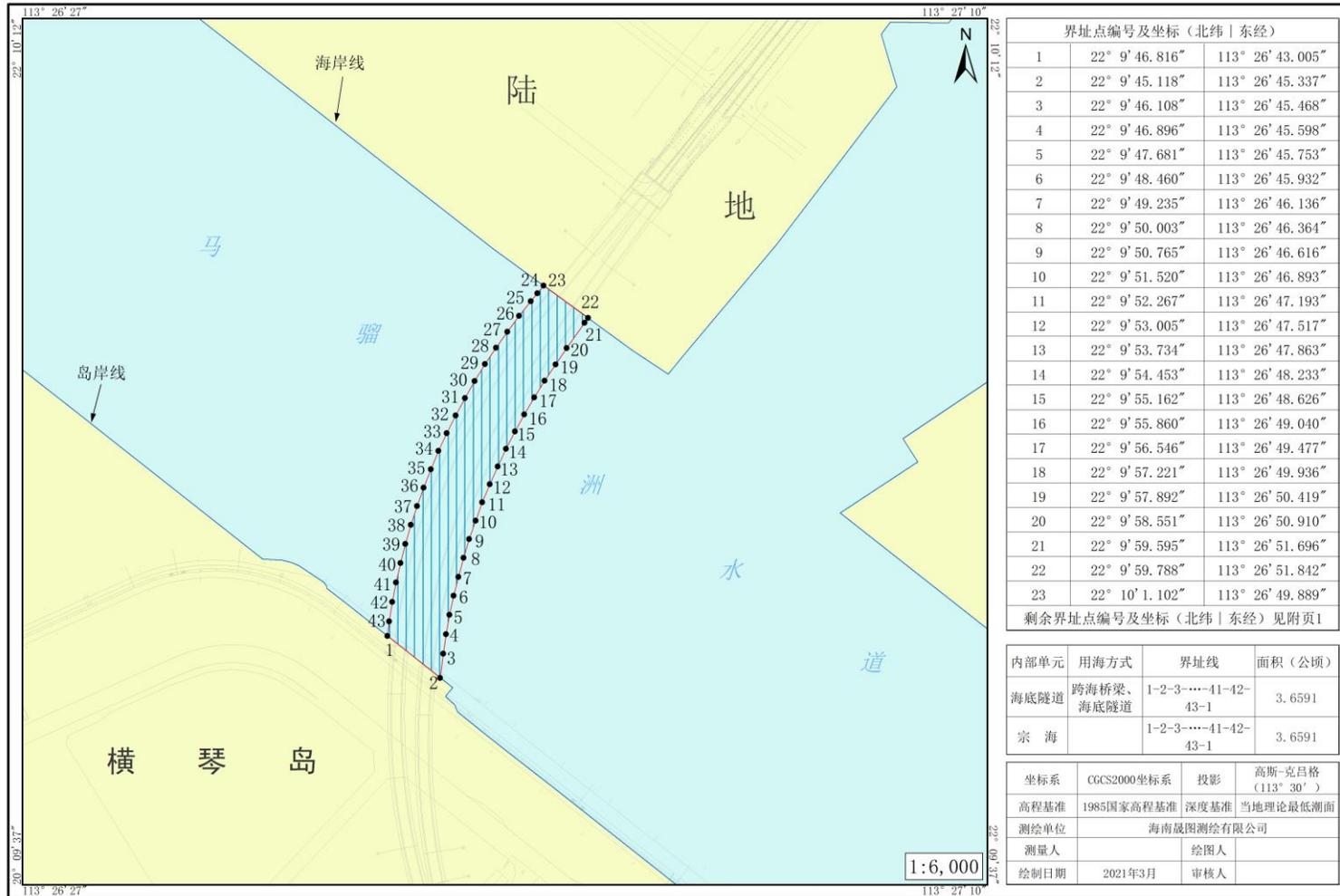


图 2.7-1a 项目宗海界址图

### 横琴杧洲隧道工程水域软基处理施工用海宗海界址图

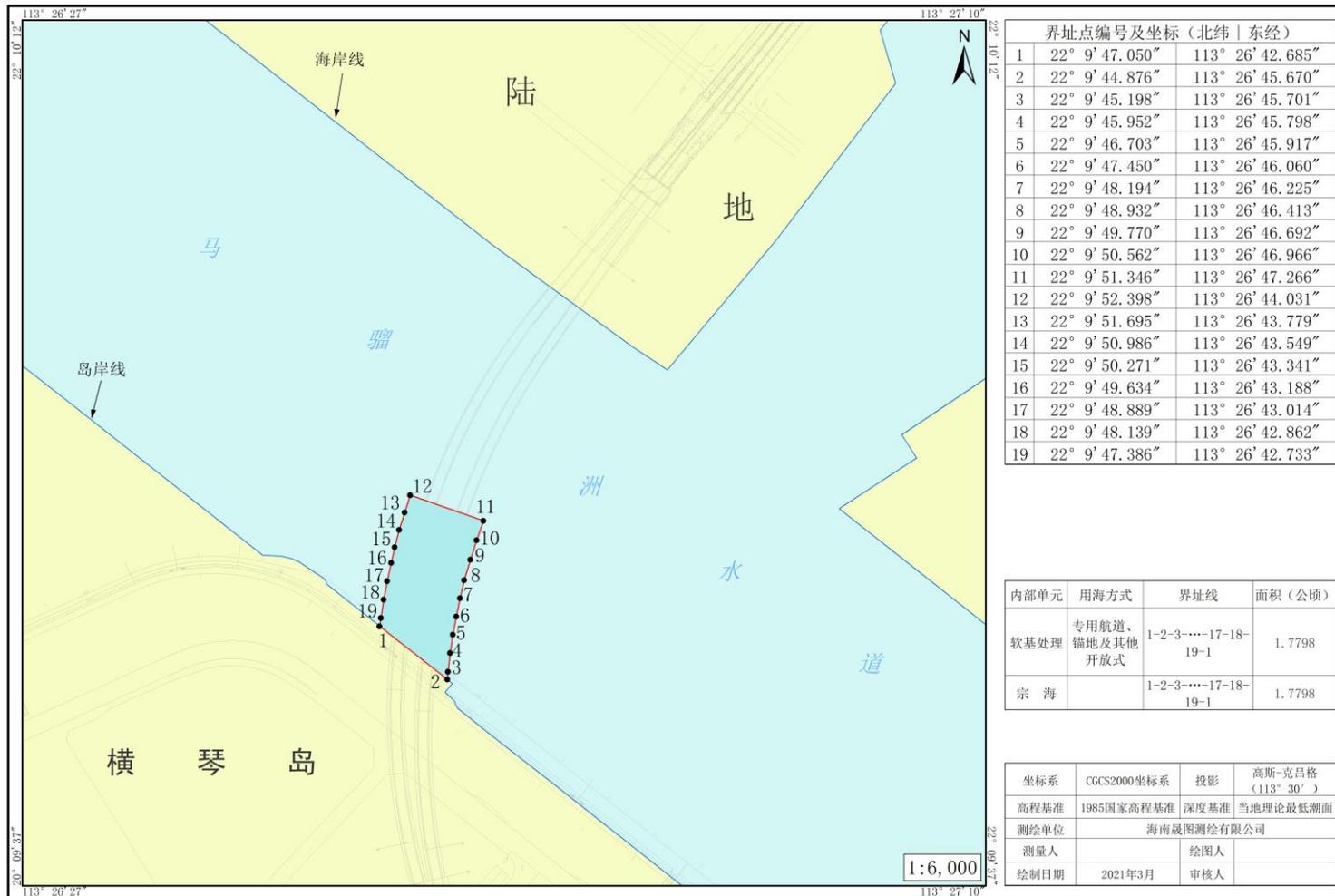


图 2.7-1b 项目临时用海宗海界址图

### 2.7.1.2 项目用海必要性

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。

根据规划，本项目作为连接珠海市南湾城区和横琴新区西侧最便捷的通道，项目的建设必须跨越和使用马骝洲海域。

项目前期立项阶段，为避免或降低项目建设对马骝洲航运、南湾岸港口码头、洪湾渔港的影响，考虑珠海为台风多发区，保证横琴新区与珠海全天候连通，考虑与两岸路网的衔接，发挥通道的交通功能，本项目建议选择隧道形式。通过对堰筑法、盾构法、沉管法、钻爆法进行初步分析，重点对盾构、沉管两种工法进行了比选，盾构法造价较低，可有效减少施工时对已建道路和周边环境的影响；沉管法施工受天气影响，另外管段沉放时会对航道造成一定影响，考虑到马骝洲水道航道繁忙，推荐盾构法，因此隧道工程的建设需要使用一定面积的海洋底土（海域），需要使用的海洋底土（海域）面积是根据实际的需要和《海籍调查规范》确定的。

因此，本项目的用海是必要的。

## 2.7.2 项目占地及征地拆迁情况

### 2.7.2.1 永久占地

永久占地为 0.12km<sup>2</sup>，占地类型均为一般区域，占地示意图如图 2.7-2a 所示。

### 2.7.2.2 临时占地

本项目在南、北两岸分别设置项目驻地 1 处，此外根据施工要求设置材料堆放场、施工便道及工人驻地。临时占地面积为 0.11km<sup>2</sup>。临时占地情况详见表 2.7-3、表 2.7-4。占地示意图如图 2.7-2b 所示。

表 2.7-3 北岸临时占地情况汇总表

	临时占地面积 (m <sup>2</sup> )		备注
大临设施临时用地		4960	项目驻地
临时工人驻地	地块 1	1600	
	地块 2	1192.43	
临时施工用地	地块 1	13945.51	临时施工便道
	地块 2		

	地块 3	2697.35	临时钢筋加工与材料堆放
	地块 4	13605.63	临时盾构施工场地
	地块 5	7887.57	临时加固施工场地
总计		45888.49	

表 2.7-4 南岸临时占地情况汇总表

	临时占地面积 (m <sup>2</sup> )		备注
大临设施临时用地		4980	项目驻地
临时工人驻地	地块 1	2300	
	地块 2	1600	
临时施工用地	地块 1	7137.75	临时加固施工场地
	地块 2	36525.57	临时盾构施工场地
	地块 3		
	地块 4	5730.38	临时施工便道
	地块 6		
	地块 8		
	地块 5	2700	临时钢筋加工与材料堆放
总计	60973.7		

### 2.7.2.3 征地拆迁

本项目范围北侧接线道路（环港东路）两侧各突破红线 4m~5.25m，无现状建筑与管线，地块均未出让，不涉及征地拆迁。南侧接线厚朴道（胜洲十一路~胜洲七路段，约 1km），断面由原设计方案双六调整为双八，两侧各突破用地红线 4m~10.2m。其中仅科学城地块出让，红线侵入均在科学城建筑退让绿地内，不涉及拆迁。

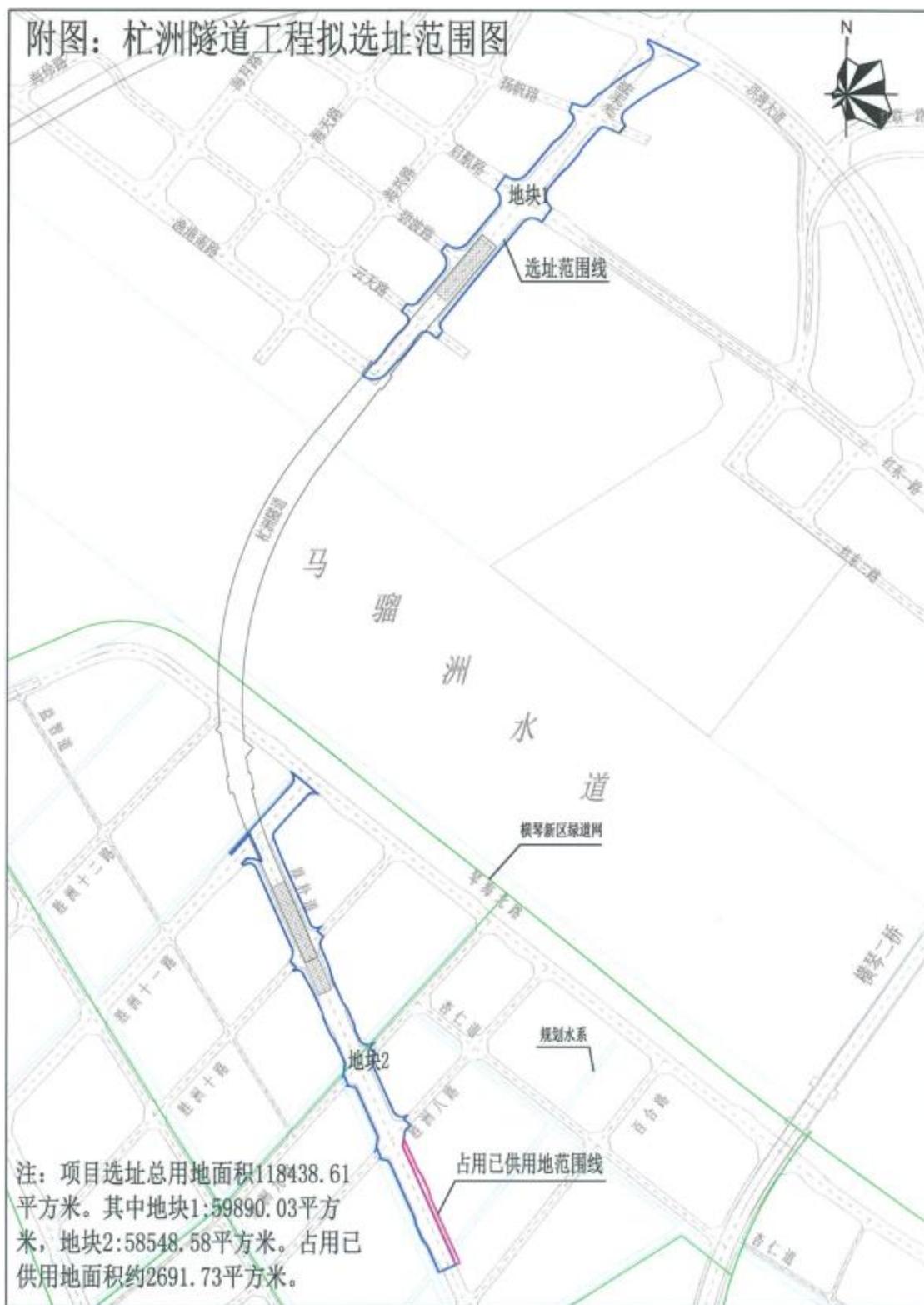


图 2.7-2a 永久占地示意图



图 2.7-2b 临时占地示意图 (1)



图 2.7-2b 临时占地示意图 (2)

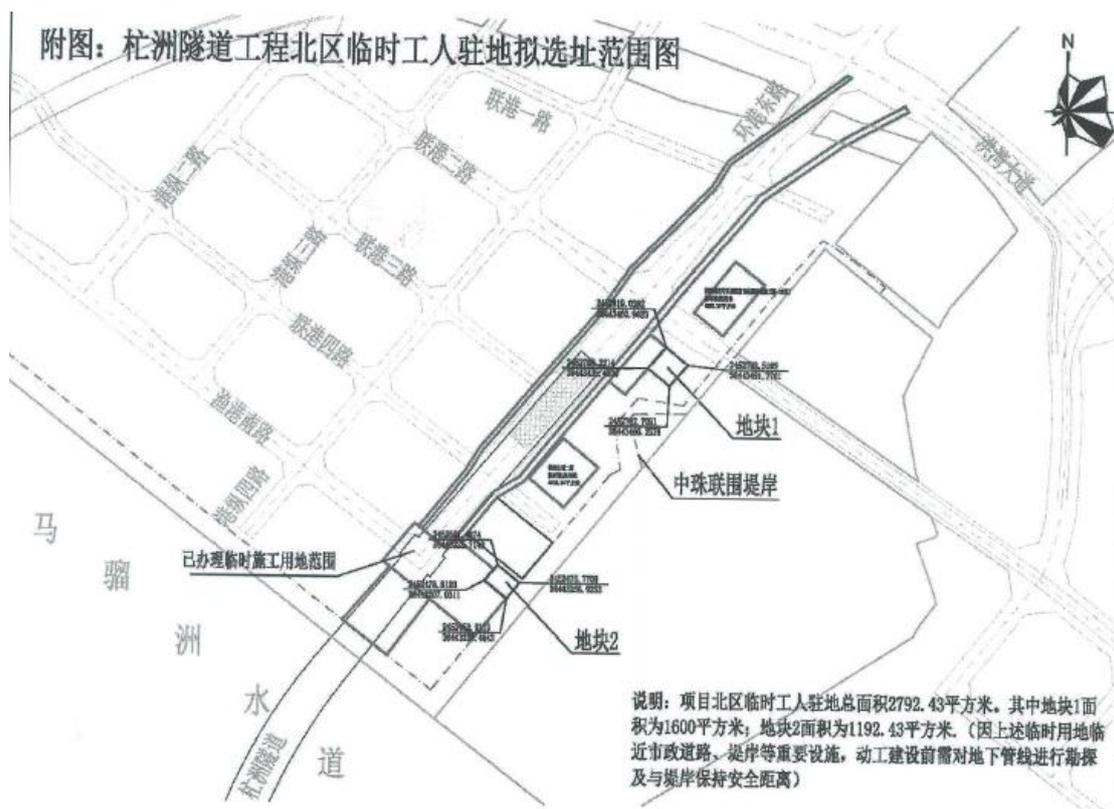


图 2.7-2b 临时占地示意图（3）



图 2.7-2b 临时占地示意图（4）

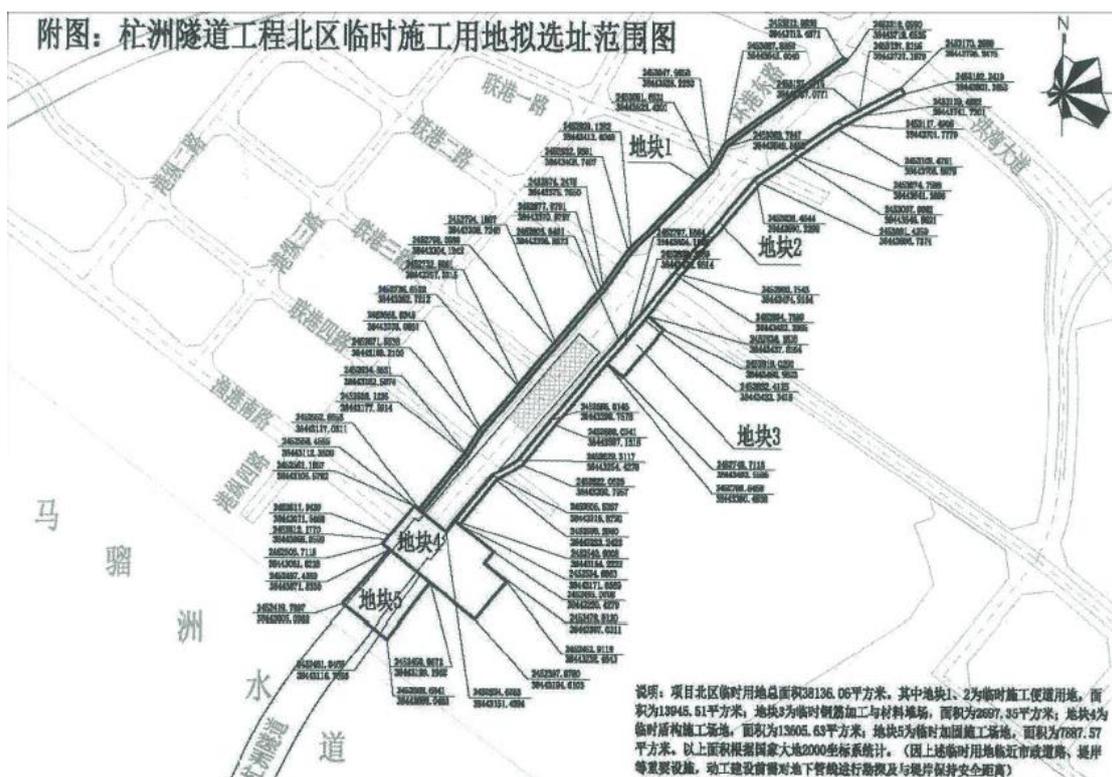


图 2.7-2b 临时占地示意图 (5)

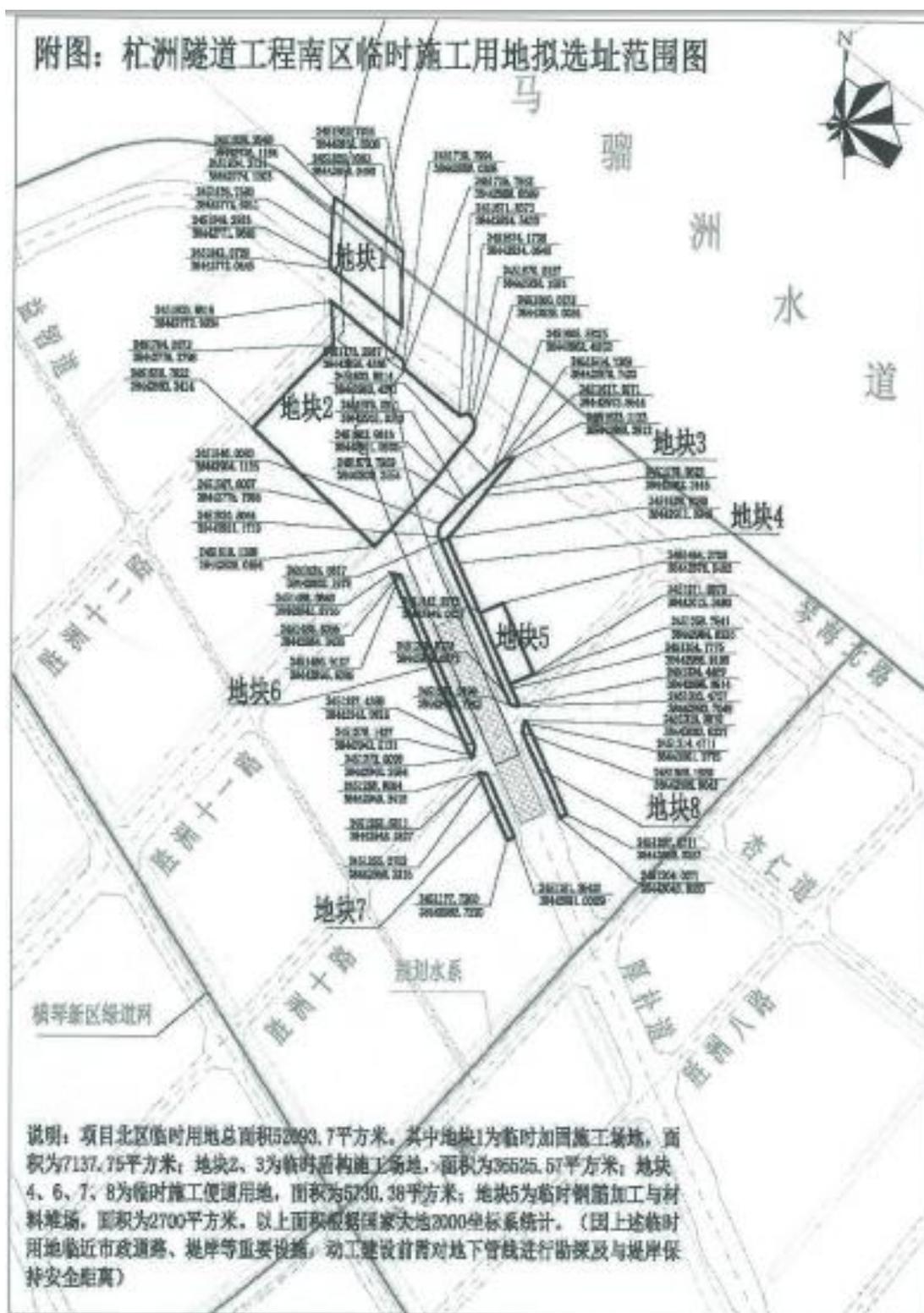


图 2.7-2b 临时占地示意图（6）

### 3 工程分析

#### 3.1 生产工艺与过程分析

本项目工程分析根据工程特点，结合工程所在地的环境特征，按照重点保护海洋生态环境及其它环境保护目标的原则，以建设项目施工期和运营期为不同阶段，分析工程产生的污染、非污染环境问题的，识别主要环境影响评价因子。

##### 3.1.1 施工期生产工艺与过程分析

根据第二章介绍，工程施工期间的主要施工生产工艺包括：

- (1) 北岸和南岸明挖段施工；
- (2) 盾构施工。

按照本项目建设内容，分别对上述施工期的生产工艺与过程进行分析。

###### 3.1.1.1 北岸和南岸明挖段施工

北岸明挖段包含明挖敞开段、明挖暗埋段及盾构工作井。敞开段和暗埋段施工时先进行维护结构施工（明挖段采用钻孔桩+三轴搅拌桩+内支撑的形式进行基坑支护，工作井采用地下连续墙围护+三轴搅拌桩的形式），然后进行开挖、支撑井点降水等，接着进行结构施工。南岸明挖段施工同上。

###### (1) 三轴搅拌桩施工工艺流程

三轴搅拌机，将一定深度范围内的地基土和由钻头处喷出的水泥浆液、压缩空气进行原位均匀搅拌，在各施工单元间采取套接一孔法施工，然后在水泥土未结硬之前插入 H 型钢，形成一道有一定强度和刚度，连续完整的地下连续墙复合挡土截水结构。施工工艺流程图见下图。

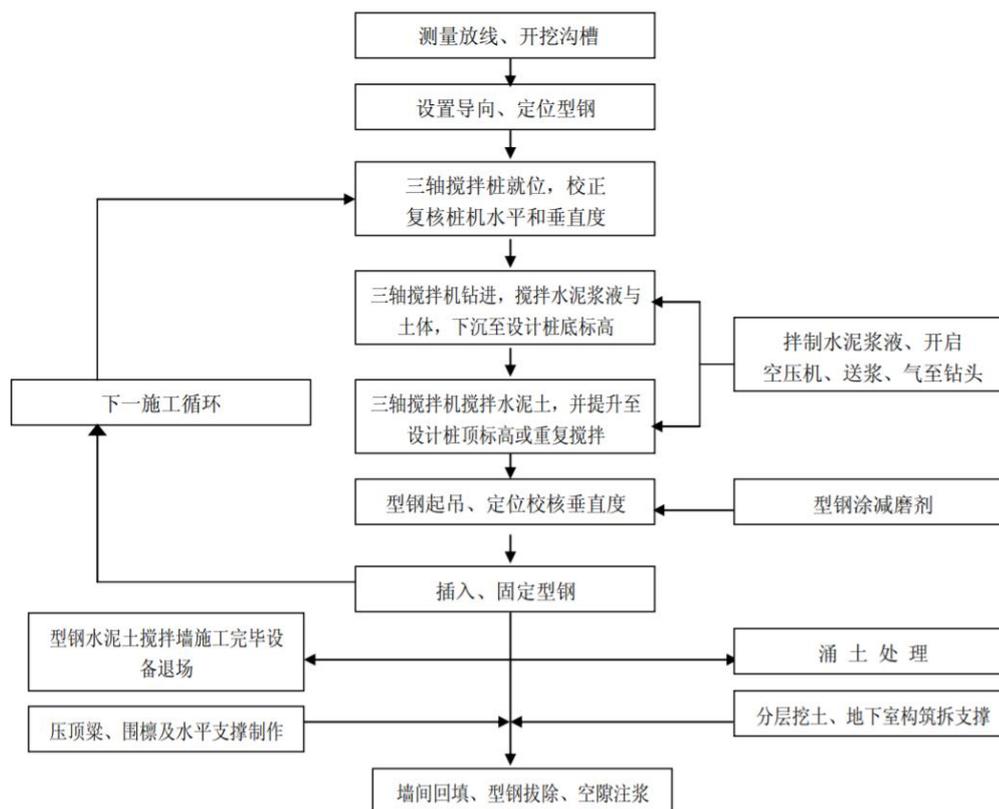


图 3.1-1 三轴搅拌桩施工工艺流程图

(2) 地下连续墙施工工艺流程

地下连续墙的施工，就是在地面上先构筑导墙，采用专门的成槽设备，沿着支护或深开挖工程的周边，在特制泥浆护壁条件下，每次开挖一定长度的沟槽至指定深度，清槽后，向槽内吊放钢筋笼，然后用导管法浇注水下混凝土，混凝土自下而上充满槽内并把泥浆从槽内置换出来，筑成一个单元槽段，并依此逐段进行，这些相互邻接的槽段在地下筑成一道连续的钢筋混凝土墙体，以作承重、挡土或截水防渗结构之用。施工流程如下图所示。

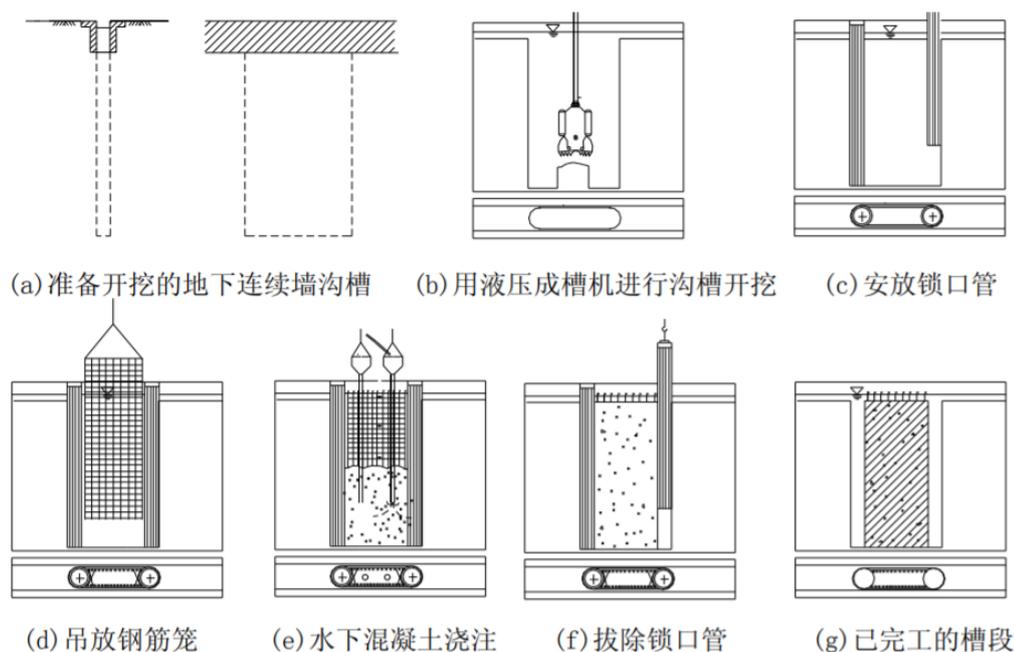


图 3.1-2 地下连续墙施工程序示意

### 3.1.1.2 盾构段施工

#### 3.1.1.2.1 盾构施工

采用地下连续墙施工盾构出发井，然后对盾构出洞段、试掘进段地基进行加固处理，同时吊装、调试盾构机，准备破除地下连续墙掘进。在明洞开挖暗埋工作井后，采用地下连续墙作为围护结构，然后施工盾构机接收井。需要对盾构进洞段地基进行加固处理，盾构进洞后解体、吊运出各部件。隧道盾构施工工艺流程见图 3.1-3。

##### (1) 盾构隧道施工技术措施

**盾构进出工作井：**进出洞的关键在于洞口加固土体的稳定、止水和洞口密封装置的止水效果。盾构出洞流程（见图 3.1-4），出洞采用冻结加固措施；盾构进洞主要技术与出洞相似。

**(2) 施工进度计划：**北岸和南岸工作井施工后隧道单线采用 1 台盾构机施工，单台掘进长度 1923m。预计盾构掘进 5~6m/天，月掘进平均 155m。盾构施工总工期约为 18 个月，右线盾构掘进 8 个月，在南岸工作井调头 3 个月，然后进行左线盾构掘进 7 个月。

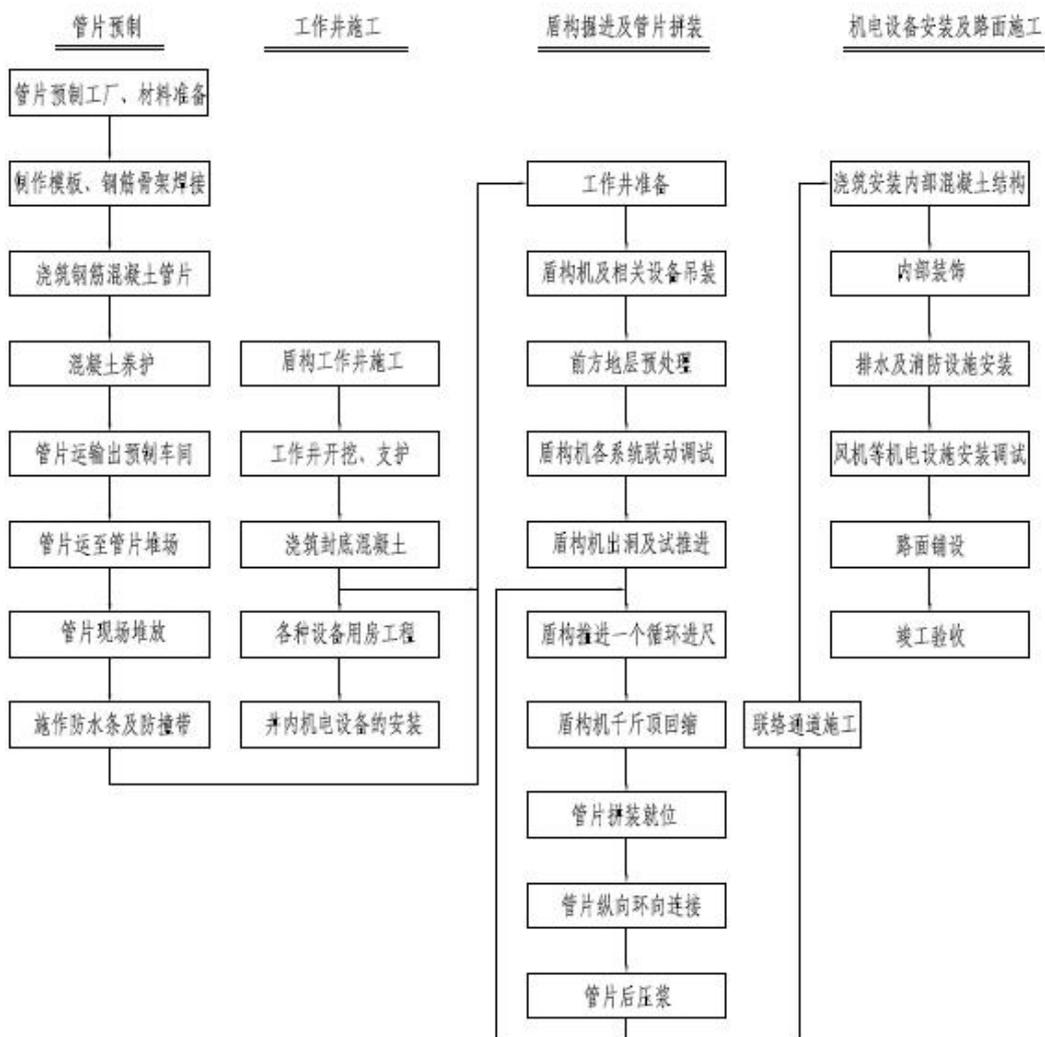


图 3.1-3 隧道盾构施工工艺流程

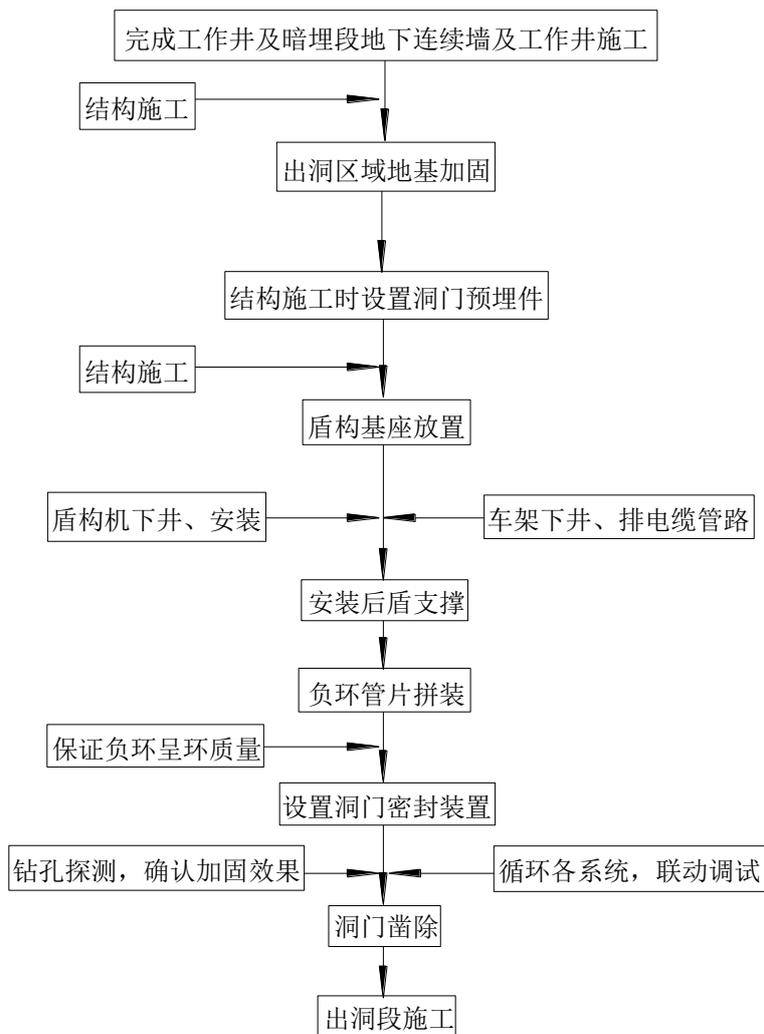


图 3.1-4 盾构出洞流程

### 3.1.1.2.2 淤泥段处理

#### 1、陆域段选用三轴搅拌桩进行加固。

三轴搅拌桩施工工艺流程见 3.1.1.1 (1) 章节。

#### 2、海堤段因施工条件限制拟采用高压旋喷桩加固。

高压旋喷桩施工中专门设置了水泥仓、水箱和称量系统。此外，在输送水泥浆、高压水、压缩空气的过程中，设置了监测装置，以保证施工质量。施工工艺流程见下图。

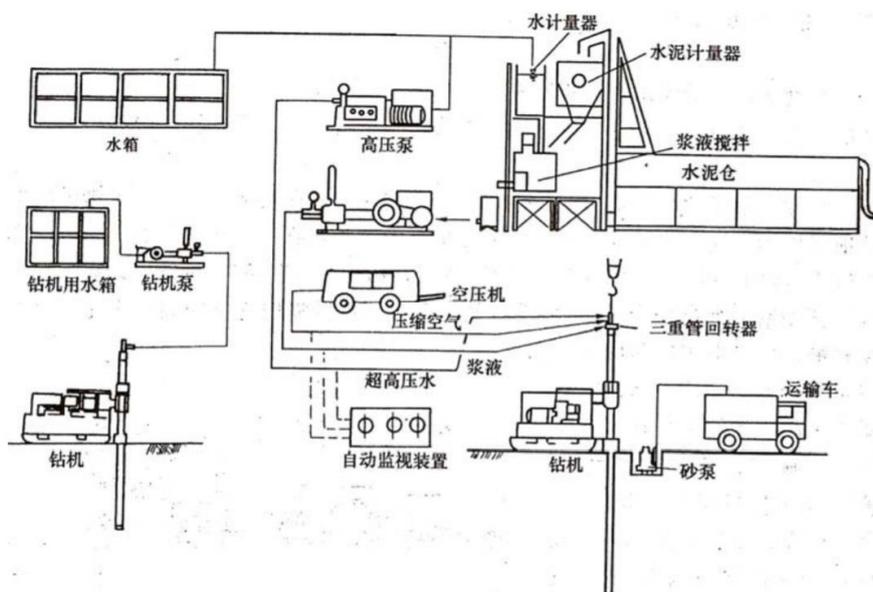


图 3.1-5 高压旋喷桩施工工艺流程图

### 3、水域段采用深层水泥土搅拌桩加固

#### (1) 疏浚

水域疏浚采用抓斗式挖泥船施工，具体施工方法如下：水下疏浚采用分条、分层、分段开挖的施工方式进行施工。挖泥船自上而下分层开挖。由于挖泥船斗臂长度的限制，在每段必须分条施工，条与条之间至少有 0.5~1.0 米的重叠区，避免形成欠挖土埂。根据挖槽宽度和机械能力合理确定分条开挖的宽度和数量。挖泥船一次最有利挖泥厚度 0.8m 左右，需分层开挖。为保证形成稳定的设计边坡，边坡开挖采用阶梯型进行开挖。超、欠面积比必须控制在 1~1.5 范围内，避免出现边坡超挖或欠挖现象。

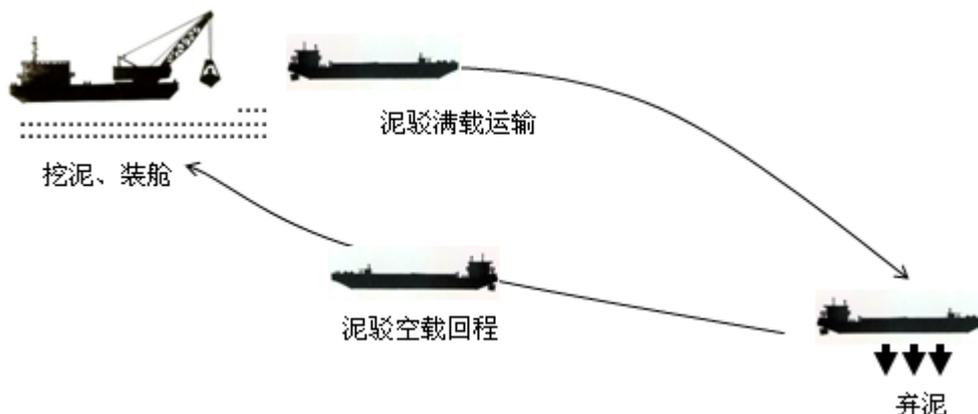


图 3.1-6 抓斗式挖泥船作业示意图



图 3.1-7 抓斗式挖泥船

### (2) 深层水泥土搅拌桩

深层水泥搅拌是指将水泥或水泥固化材料按相关配比添加到软弱粘性土中，同时强制进行搅拌混合，利用化学固化作用在地基中形成坚固稳定土，从而达到加固水下软土作为水工建筑基础目的的施工方法。

DCM 船能够实现深水水泥搅拌，依靠的关键装备是位于船艏的三组四轴 DCM 处理机。处理机是由用于深层土体切削搅拌的搅拌翼和用来完成水泥喷浆的管路组成，施工过程中依靠处理机自身重力不断向下搅拌直到接触到地基强度足够高的地层后为止，然后处理机前部的喷浆口喷射出根据施工环境事先按照一定比例制备好的水泥浆，并通过搅拌翼的搅拌作用使之与海底松软的沙土充分混合，形成一根加固的水泥桩。



图 3.1-8 DCM 船示意图

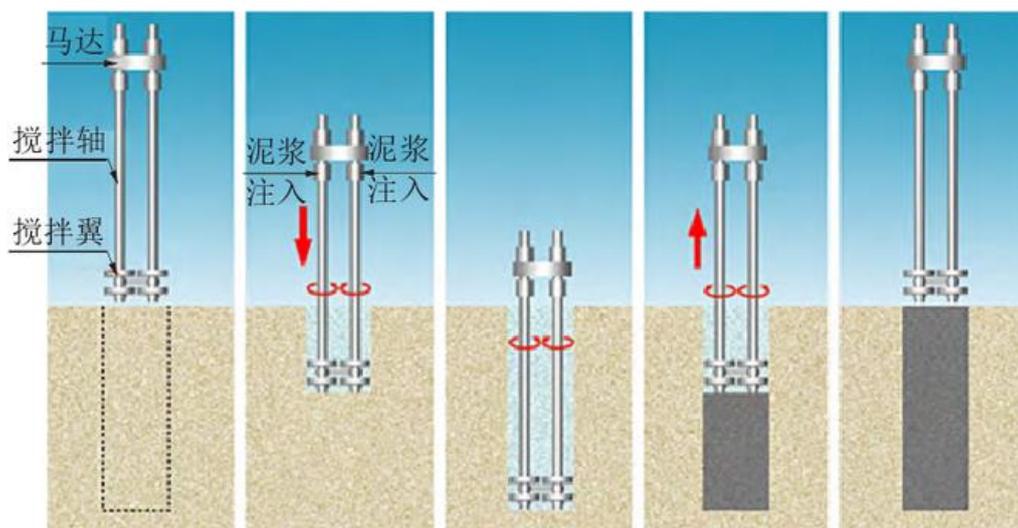


图 3.1-9 处理机深层水泥搅拌流程

### 3.1.2 运营期生产工艺与过程分析

本项目是海底隧道工程，满足区域交通需要的基础建设项目，没有类似码头、化工、采矿等其他生产经营性的活动。

## 3.2 工程各阶段污染环节与环境影响分析

本工程包括隧道工程、接线道路工程及相关附属工程等。隧道工程和接线道路工程的环境影响如下。

### 3.2.1 施工期污染环节与环境影响分析

#### 3.2.1.1 隧道工程

##### (1) 悬浮沙

##### 1) 疏浚作业

本工程总疏浚土方约 17210m<sup>3</sup>，疏浚范围见下图，疏浚物运输至指定地点。



图 3.2-1 本工程疏浚范围图

本项目软基处理疏浚范围约  $1.1\text{hm}^2$ （以左线计，桩号 LK1+687.2~LK1+813.27），采用  $8\text{m}^3$  两栖抓斗船挖泥施工，挖掘频率取  $2\text{min}/\text{次}$ ，则挖泥效率约为  $240\text{m}^3/\text{h}$ ，泥水比例按 3:2 计，根据地勘资料，淤泥湿密度按  $1.64 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，含水率约为 57%，则淤泥干容重为  $1.04 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，悬浮沙产生量按抓泥量的 5% 计，则  $8\text{m}^3$  两栖抓斗船的悬浮沙源强 =  $240 \times 3/5 \times 5\% \times 1.04 \times 10^3/3600 = 2.08\text{kg}/\text{s}$ ，近似为连续源。

表 3.2-1 各船型疏浚挖泥施工时产生悬浮沙源强

污染源	数量	施工源强 (kg/s)
$8\text{m}^3$ 抓斗船	1	抓斗 $1 \times 2.08$

## 2) 打桩

## ①软基处理 深层水泥土搅拌桩

深层水泥土搅拌桩打桩时产生的悬浮沙量采用如下公式进行计算：

$$M = \pi \times (0.25 \times D^2) \times h \times \rho \times n$$

式中M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：桩的直径；

h：桩基深度；

$\rho$ ：覆盖层泥沙干容重， $1.04 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ；

n：泄漏量，按5%估算。

深层水泥土搅拌桩，设计桩径 1.3m，4 根一组，一次 3 组，同时打桩，所需时间为 2.4 小时，桩基平均深度 32.3m，根据上面公式计算每组打桩的悬浮沙源强为 $=3.14 \times (0.25 \times 1.3^2) \times 32.3 \times 1.04 \times 10^3 \times 5\% \times 4 / (2.4 \times 3600) = 1.03 \text{kg/s}$ 。

## ②海堤段 高压旋喷桩加固

深层水泥土搅拌桩打桩时产生的悬浮沙量采用如下公式进行计算：

$$M = \pi \times (0.25 \times D^2) \times h \times \rho \times n$$

式中：M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：桩的直径，0.8m；

h：桩基深度，取平均深度 32.3m；

$\rho$ ：覆盖层泥沙浓度， $1.04 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；

n：泄漏量，按 5% 估算。

根据施工计划，海堤段高压旋喷桩设计桩径 0.8m，一次打设 1 根，时长 6 小时，桩基平均深度 31.25m，根据上面公式计算每次打桩的悬浮沙源强为 $=3.14 \times (0.25 \times 0.8^2) \times 31.25 \times 1.04 \times 10^3 \times 5\% / (6 \times 3600) = 0.038 \text{kg/s}$ 。

## (2) 废水污染物

在施工过程中，施工人员产生的生活污水、施工船舶污水及施工车辆和机械冲洗、维修时排放的含油废水会对隧道工程沿线的环境质量产生一定的影响，如不加以控制流入海域将对海水水质造成损害。

### 1) 生活污水

生活污水包括施工人员的日常生活用水、食堂下水和厕所冲洗水。根据本项目施工情况，进场的施工人员高峰期约 400 人，施工期为 42 个月，按月施工 30 天，用水标准按 120L/(人/日)，污水排放系数取值为 0.9，则本项目施工期施工人员生活污水产生量为  $43.2 \text{m}^3/\text{d}$ ，整个施工期施工人员生活污水产生量约为  $54432 \text{m}^3$ 。其中，厨余废水先经隔油池处理后排入地理式化粪池处理，然后排入市政管网，其余生活污水经地理式化粪池处理后排入市政管网，不直接向地表水体排放。

### 2) 施工船舶污水

#### ①船舶机舱含油污水

疏浚施工期间，会有  $8 \text{m}^3$  抓斗船和配备驳船，每天每艘机舱含油污水产生量为  $0.5 \text{m}^3$ ，施工时间为 20 天，因此，产生的机舱含油污水为  $20 \text{m}^3$ 。深层水泥

土搅拌桩施工期间，DCM 船每天机舱含油污水产生量为  $0.5 \text{ m}^3$ ，施工时间为 7 个月，因此，产生的机舱含油污水为  $105 \text{ m}^3$ 。海堤段高压旋喷桩施工期间，打桩船每天机舱含油污水产生量为  $0.5 \text{ m}^3$ ，施工时间为 6 个月，因此，产生的机舱含油污水为  $90 \text{ m}^3$ 。施工期间，产生机舱含油污水共  $215 \text{ m}^3$ 。

工程船舶产生的含油污水可以在船上处理，也可由岸上接收设备加以处理。根据《船舶污染物排放标准》的要求，400 总吨以上的船舶必须设置油污水处理设施，以处理机舱底油污水，船舶运行中产生的机舱含油污水可通过自身配备的油水分离器处理达标后（石油类浓度 $<15\text{mg/L}$ ）在航行中直接排放，也可经油水分离器处理后采用船上配备的储污箱进行收集和贮存，而后再由有资质单位的污水接收船接收上岸加以处理。本工程施工船舶均配备油水分离器，施工船舶含油污水经油水分离器处理后与施工船舶生活污水一起采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位的污水接收船统一接收上岸进行集中处理。

### ②船舶作业人员生活污水

施工人员在船舶上将排放一定量的生活污水，污水主要来自厨房与餐厅排出的厨房灰水，盥洗室、住舱洗脸盆、厕所、洗衣间等舱室排出的洗涤水与粪便污水，主要污染物包括 COD、BOD、SS 和大肠杆菌，生活污水若直接排入工程海域，将消耗水中溶解氧，产生难闻气味，危及水生生物生存。按每人每天  $0.35\text{m}^3$  计算生活污水的产生量，疏浚施工期间，会有  $8\text{m}^3$  抓斗船和配备驳船，施工人员为 35 人，施工时间为 20 天，产生的生活污水为  $245\text{m}^3$ 。深层水泥土搅拌桩施工期间，DCM 船施工人员为 20 人，施工时间为 7 个月，产生的生活污水为  $1470 \text{ m}^3$ 。海堤段高压旋喷桩施工期间，打桩船施工人员为 15 人，施工时间为 6 个月，产生的生活污水为  $945 \text{ m}^3$ 。施工期间，船舶产生生活污水共  $2660 \text{ m}^3$ 。

本工程施工船舶作业人员产生的生活污水采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位的污水接收船统一接收上岸进行集中处理，严禁向海排放，对工程海域水体质量基本无影响。

### 3) 施工生产废水

生产废水包括施工场地内施工机械跑、冒、滴、漏的油污及露天机械被雨水等冲刷后产生一定量的含油污水，施工机械产生的含油污水经收集后有资质的单位接收处理。

### (3) 固体废物

本项目施工过程中产生的固体废物主要是北岸和南岸基坑施工及盾构施工中产生的渣土、以及施工人员的生活垃圾等。

#### 1) 弃渣、泥浆

本工程隧道明挖段施工产生渣土 25.1 万 m<sup>3</sup>，回填方量 0.27 万 m<sup>3</sup>；工作井挖方约 6.3 万 m<sup>3</sup>，回填方量 3.9 万 m<sup>3</sup>；盾构段产生挖方约 34.5 万 m<sup>3</sup>；合计 61.63 万 m<sup>3</sup>，用渣土车运至中山坦洲镇祯祥二街永二工业园。

疏浚土方量 1.7 万 m<sup>3</sup>，采用泥驳运至中山南朗镇，敏捷温泉海岸附近进行吹填。

盾构过程泥浆循环系统产生泥浆量约 608706.42m<sup>3</sup>，泥浆拌浆考虑取用海水，盾构泥浆传输至泥水分离系统，泥水分离系统对盾构排出的泥浆进行处理，使排出泥浆能够重新达到盾构掘进过程中泥浆的要求，由泵送入盾构机，加以循环利用。弃渣通过泥水分离系统，将泥浆细颗粒压成泥饼，运到中山坦洲镇祯祥二街永二工业园。

#### 2) 生活垃圾

施工期间施工人员生活垃圾按照人日均 0.5kg 估算，本项目施工期施工人员高峰期约 400 人，施工期约为 42 个月，则生活垃圾产生量为 0.2t/d，共约 252t。施工人员的生活垃圾集中收集，交由当地环卫部门处理。

#### (4) 噪声

隧道工程施工过程中各类施工机械（如挖掘机、推土机、混凝土搅拌机、压路机、装载机、盾构机等）及施工作业场所运输车辆会产生一定的噪声，主要施工机械噪声源强见表 3.2-2。

表 3.2-2 主要噪声源强

序号	机械类型	声级/距离[d (A) /m]
1	推土机	75~90/3
2	挖掘机	77~85/5
3	装载机	85/3
4	压路机	86/5
5	重型卡车	80~85/8
6	混凝土搅拌机	91/3
7	起重机	72~76/5
8	盾构机	110~115/5

#### (5) 大气污染源

施工过程中的大气污染源主要有：运输车辆引起的道路扬尘及汽车尾气；建

筑材料的装卸、运输和使用过程中产生的大量粉尘和扬尘；施工机械运转排放的废气等。这些大气污染源均会在不同程度上给施工场地周围近距离范围内的环境空气质量产生一定的影响。

### 3.2.1.2 接线道路工程

#### (1) 施工期废气产生情况

##### 1) 施工废气

##### ①车辆行驶扬尘：

在施工过程中，车辆行驶产生的扬尘占总扬尘的 60% 以上。车辆行驶产生的扬尘，在完全干燥的情况，可按以下经验公式计算：

$$Q = 0.123 \left( \frac{V}{5} \right) \left( \frac{W}{6.8} \right)^{0.85} \left( \frac{P}{0.5} \right)^{0.75}$$

式中：Q—汽车行驶的扬尘量，kg/km·辆；

V—汽车速度，km/h；

W—汽车载重量，吨；

P—道路表面粉尘量，kg/m<sup>2</sup>。

下表为一辆 10t 卡车，通过一段长为 1km 的路面时，不同路面清洁程度，不同行驶速度情况下的扬尘量。从上面的公式以及下表可见，在同样的路面条件下，车速越快，扬尘量越大；在同样的车速情况下，路面越脏，扬尘量越大。

表 3.2-3 不同车速和地面清洁程度的汽车扬尘量 (单位：kg/km·辆)

清洁度车速	0.1 (kg/m <sup>2</sup> )	0.2 (kg/m <sup>2</sup> )	0.3 (kg/m <sup>2</sup> )	0.4 (kg/m <sup>2</sup> )	0.5 (kg/m <sup>2</sup> )	1.0 (kg/m <sup>2</sup> )
5(km/h)	0.0511	0.0859	0.1164	0.1444	0.1707	0.2871
10(km/h)	0.1021	0.1710	0.2328	0.2888	0.3414	0.5742
15(km/h)	0.1532	0.2576	0.3491	0.4332	0.5121	0.863
25(km/h)	0.2553	0.4293	0.5819	0.7220	0.8536	1.4355

本项目施工运输道路路面情况良好，因此对运输车辆限速行驶是减少施工期扬尘的有效办法。

##### ②风力扬尘：

施工扬尘的另一来源是建材的露天堆放、裸露场和搅拌作业的风力扬尘，这类扬尘的主要特点是受作业时风速的影响，一般情况下，施工工地在自然风作用

下产生的扬尘所影响的范围在 100m 以内。

堆场扬尘量的经验计算公式为：

$$Q = 2.1(V_{50} - V_0)^3 e^{-1.023W}$$

式中：Q—起尘量，kg/吨·年；

$V_{50}$ —距地面 50 米处风速，m/s；

$V_0$ —起尘风速，m/s；

W—尘粒的含水量，%。

起尘风速与粒径和含水量有关，粉尘在空气中的扩散稀释与风速等气象条件有关，也与粉尘本身的沉降速度有关。不同粒径粉尘的沉降速度见下表。由此表可知，粉尘的沉降速度随粒径的增大而迅速增大。当粒径为 250 $\mu\text{m}$  时，沉降速度为 1.005m/s，因此可认为当尘粒大于 250 $\mu\text{m}$  时，主要影响范围在扬尘点下风向近距离范围内，而真正对外环境产生影响的是一些微小粒径的粉尘。

表 3.2-4 不同粒径尘粒的沉降速度

粉尘粒径( $\mu\text{m}$ )	10	20	30	40	50	0	70
沉降速度(m/s)	0.003	0.012	0.027	0.048	0.075	0.108	0.147
粉尘粒径( $\mu\text{m}$ )	80	90	100	150	200	250	350
沉降速度(m/s)	0.158	0.170	0.182	0.239	0.804	1.005	1.829
粉尘粒径( $\mu\text{m}$ )	450	550	650	750	850	950	1050
沉降速度(m/s)	2.211	2.614	3.016	3.418	3.820	4.222	4.624

本项目扬尘主要表现在交通运输沿线和工地附近，尤其是干燥及风速较大时影响更为明显，使该区块及周围大气中总悬浮颗粒(TSP)浓度增大。粉尘的排放量大小直接与施工期的管理措施有关，因此较难估算。

### ③施工扬尘：

本项目施工扬尘主要来源于钻孔、灌浆、护面的浇注以及坝顶路面的铺设产生的粉尘，其主要于施工场地的风力和施工时的防护措施有关，在施工期间进行合理的施工方式，对施工现场进行洒水降尘，采取相关的防护措施后可将施工扬尘的影响降到最低，其影响会随着施工期的结束而消失。

### ④施工机械废气：

本项目施工过程中用到的施工机械，主要有挖掘机、装载机等机械，它们运作过程中柴油作为燃料（该燃料须是清洁能源，不可使用不符合环保要求的燃料），都会产生一定量废气，包括 CO、THC、NO<sub>x</sub> 等，考虑其使用清洁柴油燃料，并

且施工机械为移动源，本项目施工期较短，施工机械废气对周边大气环境的影响随着施工期的结束而消失，对环境影响比较小。

#### ⑤运输尾气

本项目施工期间车辆运输过程中会产生少量的运输尾气，调查有关资料以及类比同类型项目，运输尾气主要污染因子为 CO、NO<sub>x</sub> 和 THC，无组织排放。车辆使用清洁柴油燃料，且本项目施工期较短，运输尾气对周边大气环境的影响随着施工期的结束而消失，对环境影响比较小。

#### 2) 沥青烟

铺路产生的沥青烟：工程道路路面采用沥青路面，本工程不在现场设置沥青搅拌站，路面铺设时产生的沥青烟气中主要污染物为 THC、苯并[α]芘和酚等有毒有害物质。沥青熔融产生的沥青烟源强：下风向 50m 外苯并[α]芘浓度低于 0.0001mg/m<sup>3</sup>，酚在 60m 左右浓度接近 0.01mg/m<sup>3</sup>，THC 在 60m 左右浓度接近 0.16mg/m<sup>3</sup>。由于沥青混凝土施工为移动进行，其对固定地点的影响只是暂时的，所以在道路施工过程中，沥青铺浇应避免风向针对临近建筑物的时段，以避免对人群健康产生影响。

#### (2) 施工废水产生情况

根据项目施工组织预估安排，本项目建设工期为360天（12个月）。施工人员约63人。施工期施工人员产生的生活污水主要为粪便污水、洗手、冲厕废水等，水质可参照同类型项目指标，根据《广东省用水定额》（DB44/T 1461-2014），施工人员生活用水按0.04t/人·d计算，其污水排放系数0.9，则项目施工期生活污水排放量907.2m<sup>3</sup>。主要污染物有COD<sub>Cr</sub>（250mg/L，0.23t）、BOD<sub>5</sub>（180mg/L，0.16t）、SS（150mg/L，0.14t）、氨氮（20mg/L，0.02t）。

施工场地污水有条件接入市政管网时，接入市政管网，无条件接入的，生活污水经三级化粪池处理满足广东省地方标准《水污染物排放限值》

（DB44/26-2001）第二时段三级标准后，通过吸粪车运至南区水质净化厂处理

表 3.2-5 施工期生活污水一览表

污水排放量	项目	CODCr	BOD5	SS	氨氮
施工期生活污水 907.2t	产生浓度（mg/L）	250	180	150	20
	产生量（t）	0.23	0.16	0.14	0.02
	排放浓度（mg/L）	200	110	60	15

	排放量 (t)	0.18	0.10	0.05	0.01
--	---------	------	------	------	------

施工废水包括混凝土搅拌产生的搅拌废水、钻孔产生的泥浆水、防渗工程产生的清洗废水、施工设备冲洗废水等。施工产生的泥浆水及暴雨冲刷等水污染源与施工条件、施工方式及天气等综多因素有关，在此不作定量的计算。类比同类型施工场地，施工期的用水量约为  $5\text{m}^3/\text{d}$ ；产生的废水量按 90% 计算，为  $4.5\text{m}^3/\text{d}$ 。项目总工期约为 360 天，则施工期建筑污水总产生量约为 1620t，主要污染物是 SS（产生浓度为  $800\text{mg/L}$ ，总产生量 1.30t）、CODcr（产生浓度为  $50\text{mg/L}$ ，总产生量 0.08t）、石油类（产生浓度为  $80\text{mg/L}$ ，总产生量 0.13t）。可在施工场地内建立临时隔油池和沉砂池，沉淀后的废水用于施工场地的洒水降尘。

### (3) 施工噪声产生情况

施工噪声主要为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。机械噪声主要有施工机械所造成，如挖掘机、升降机等，多为点声源；施工作业噪声主要是指一些零星的敲打声、装卸建材的撞击声，多为瞬间噪声；施工车辆的噪声属于交通噪声。在这些施工噪声中对声环境影响最大的是施工机械噪声。

在施工阶段，使用的施工设备较多，主要的噪声源为挖掘机、推土机、运输车辆等产生的噪声，这些施工机械噪声将会对声环境产生一定的影响。据预测，施工期间其施工场界 5 米处的噪声达到  $70\sim 96\text{dB}(\text{A})$ 。施工期主要噪声及其声级见下表：

表 3.2-6 各类施工机械的噪声声级预估值一览表

序号	机械设备名称	声级/距离[d(A)/m]	最高噪声源强 $Leq[\text{dB}(\text{A})]$
1	路面破碎机	90/5	105
2	装载机	90/5	95
3	挖掘机	84/5	90
4	压路机	87/5	95
5	移动式吊车	96/5	95
6	切割机	76/5	100
7	推土机	85/5	100
8	空压机	80/5	90
9	钻孔机	70/5	90
10	运输车辆	75/5	95

### (4) 施工期固废污染源

项目接线道路工程施工期的固废污染源主要是废弃土石方和建筑垃圾。

经估算，接线道路建设过程中产生的废弃土石方量约  $1.1\text{万 m}^3$ 。

据同类工程调查，道路工程每建设 1m 将产 5kg 左右的建筑垃圾。本项目接

线道路设计全长 1317 米，估算整个工程建筑垃圾产生量约 6.59t，建筑垃圾需定期运至指定消纳场。

### 3.2.1.3 小结

综上，工程施工期污染物汇总见表 3.2-7。

表 3.2-7 施工期污染源强汇总表

工程内容	污染源	污染物	产生量	污染因子	排放/处理方式	
隧道工程	悬浮沙	悬浮沙	2.08kg/s (最大值)	SS	自然扩散	
	废水	生活污水(陆上)	54432m <sup>3</sup>	COD	经地埋式化粪池处理后排入市政管网	
		生活污水(船舶)	2660m <sup>3</sup>	COD	上岸集中处理	
		机舱含油污水	215m <sup>3</sup>	石油类	经油水分离器处理后采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位的污水接收船统一接收上岸进行集中处理。	
		生产废水	/	石油类	收集后有资质的单位接收处理	
	固废	弃渣土	31.4×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	SS	运至中山坦洲镇禛祥二街永二工业园	
		泥浆	61.5×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	废弃泥浆	处理后运至中山坦洲镇禛祥二街永二工业园。	
		生活垃圾	252t	食品废弃物、食品包装等	当地环卫部门接收	
	噪声	噪声	75~110dB(A)	噪声	自然衰减	
	废气	施工扬尘	/	TSP	洒水抑尘	
		施工机械及运输车辆尾气	少量	NO <sub>x</sub> 、CO、HC	不连续排放	
	接线道路工程	废气	施工扬尘	/	TSP	洒水抑尘
			施工机械及运输车辆尾气	少量	NO <sub>x</sub> 、CO、HC	不连续排放
沥青烟气			0.16 mg/m <sup>3</sup>	THC	自然扩散	
废水		生产废水	1620t	SS、COD <sub>cr</sub> 、石油类	经临时隔油池和沉砂池，沉淀后用于施工场地的洒水降尘	
		生活污水	907.2t	COD <sub>cr</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮	运至南区水质净化厂处理	
噪声		噪声	70~96dB(A)	噪声	自然衰减	

	固废	建筑垃圾	6.59t	建筑垃圾	运至指定建筑垃圾消纳场
		废弃土石方	$1.1 \times 10^4 \text{m}^3$	SS	运至指定的弃渣场
		生活垃圾	10.8t	食品废弃物、食品包装等	当地环卫部门接收

### 3.2.2 施工期非污染影响分析

#### (1) 对海洋水动力的影响

本工程采用盾构隧道方式穿越马骝洲水道，隧道在海床以下下穿马骝洲水道，不占用马骝洲水道水体自然流动空间，对工程区海洋水文动力条件基本没有影响。

#### (2) 对海底地形地貌的影响

本项目主要涉海工程建设内容包括盾构始发井、接收井以及海底隧道南岸附近软基处理，以及始发井和接收井之间通过海底隧道相接，隧道以泥水加压盾构技术进行作业，由于始发井和接收井分别设置于穿联港四路和琴海东路、胜洲十二路南侧的陆域部分，过海隧道顶部水中段覆土约 7.1m~12.7m，不占用该海域水体自然流动的空间，根据盾构法施工对海床扰动的影响研究，盾构法施工对海床存在轻微的扰动，根据相关参考文献资料研究表明，盾构法施工改变了地层的原始应力状态，形成了扰动地应力场，直观表现为地表隆沉。疏浚对海底地形有一定影响，但是本项目疏浚面积较小，相对于海域来说对地形地貌的影响很小。

#### (3) 对海洋生态的影响

本项目隧道采用盾构法，施工和营运期对海洋生态环境影响很小。但隧道在南岸附近需进行清淤及深层水泥土搅拌桩打桩作业，作业导致的入海悬浮沙将对海洋生态环境造成一定负面影响。此外，隧道施工产生的噪声会对海域渔业资源造成一定影响，

#### (4) 对陆域生态的影响

项目施工期道路建设范围内表土和植被将遭受直接破坏，原生生存环境形成大量的残遗斑块，影响野生动物的迁徙活动，使开采区范围内的野生动物的生存环境面积受到压缩。

临时占地范围内的植被也将被破坏。工程施工完成后，施工临建区全面整地及植被恢复，然后交还当地使用。

陆域工程取土、填土、临时堆土等裸露表面如被雨水冲刷后将造成水土流失，对城市生态景观造成不利影响。

项目运营期汽车尾气会对沿线生态系统造成一定的影响。

### 3.2.3 运营期生产工艺与过程分析

#### 3.2.3.1 隧道工程

工程建成后，隧道本身在营运过程中不产生污染物，项目可能产生的污染物主要是管理中心生活污水、生活垃圾、隧道冲洗水、初期雨水、大气污染物、噪声等。运营期主要环境影响体现在以下几方面：

##### (1) 水污染物

##### 1) 生活污水

本隧道工程建成投入使用后，隧道管理中心工作人员会产生一定量的办公生活污水。工作人员办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水可排入市政污水管网，而雨水可直接排入市政雨水管网。

本项目建设后，管理中心扩建需要增加的运营人员为 40~60。废水排放量按最大 60 人计算为  $0.05\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{d} \times 60 \text{人} = 3\text{m}^3/\text{d}$ 。

##### 2) 隧道冲洗水

隧道内冲洗水按每天冲洗一次，冲洗水量按  $10\text{m}^3/\text{次}$  计，水中主要污染物为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、BOD、SS 和石油类，水质与初期雨水路面径流基本相同，各污染物浓度详见表 3.2-7。运营期水污染物预测结果见表 3.2-8。冲洗废水进入废水泵房最终通过管道排至市政污水管网。

表 3.2-7 隧道冲洗水污染物浓度范围 (mg/L)

污染物	SS	BOD	COD	石油类	总氮	总磷
浓度范围	18.71~231.42	3.06~17.13	4.0~87	0.21~22.30	2.3~3.6	0.63~0.99
均值	100	10.1	45.5	11.25	3.0	0.81

表 3.2-8 运营期污水及污染物排放量预测结果

废水量	污染物	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	石油类
隧道冲洗水 3650m <sup>3</sup> /a	排放浓度(mg/L)	45.5	10.1	100	11.25
	排放量 (t/a)	0.17	0.04	0.37	0.04

##### 3) 初期雨水

$$Q = \psi \cdot q \cdot F$$

上式中：

Q--流量 (L/s);

q--暴雨强度 ((1/s·ha)), =1958.242/(t+9.068)<sup>0.500</sup>

ψ--径流系数, 综合径流系数取 0.65。

F--汇水面积 (ha); 敞开段面积为 1.29ha。

路面初期雨水冲刷量为 1.23m<sup>3</sup>/s, 15min 的雨水总量为 1107.6m<sup>3</sup>/次。初期雨水进入雨水泵房, 泵房内设有雨水泵, 将雨水提升至地面经压力排水井泄压后汇入市政雨水系统。

#### 4) 隧道结构渗漏水

根据设计资料和经验估算, 隧道结构渗漏水约 1.5m<sup>3</sup>/d。

##### (2) 固体废弃物

###### 1) 生活垃圾。

隧道管理中心办公人员产生一定量的生活垃圾, 增加的运营人员按 60 人计, 生活垃圾产生量按每人每天 0.25kg 计, 则生活垃圾产生量约 15kg/d。生活垃圾由环卫部门接收处理。

###### 2) 洒落物和泥沙

项目营运期间汽车装载货物的撒落物和汽车轮胎携带的泥沙, 道路清洁人员应注意及时清扫, 统一收集后交由市政环卫部门进行处置。

##### (3) 营运期振动

道路交通振动是机动车在行驶时对路面产生作用力而使地面形成横向波动, 波动还会向道路两侧辐射, 这种波动就是道路(桥梁、隧道)交通产生的振动。交通振动强度大小与多种因素有关, 如交通工具自身因素(包括载重量、振动频率)、车流量、车速、路面的施工质量、路面建筑材料、路面的光滑度及路底土壤的性质等。

### 3.2.3.2 接线道路工程

#### (1) 水污染源

道路营运期污水主要为路面雨水。由于大气降尘、飘尘、气溶胶、路面腐蚀、路面磨损及人类活动残留物, 通过降水将其大部分经由排水系统进入受纳水体, 将会对水体水质产生一些影响。在隧道洞口设置路面横截沟, 路面外侧设置排水边沟, 排放路面雨水。

#### (2) 大气污染源

本工程营运期对大气的污染主要来源于车辆运行中汽车尾气的排放，以及公路上行驶的汽车轮胎接触路面而使路面灰尘扬起，从而产生二次扬尘污染。

汽车尾气污染物主要来自曲轴箱漏气、燃油系统挥发和排气管的排放，主要有一氧化碳、氮氧化物和碳氢化物。由于目前已逐步推广使用清洁车用燃料、复合动力汽车以及电动汽车，使汽车尾气排放的污染影响已得到有效控制，经大气稀释及扩散作用，项目汽车尾气对周围环境的影响很小。

#### 1) 交通量预测

按照《城市道路工程设计规范》(CJJ37-2012)，道路交通量达到饱和状态时的道路设计年限为：主干路为 20 年；次干路为 15 年；支路宜为 10~15 年。本工程定位为城市主干道，预计 2022 年年底建成通车。特征年分别为近期 2022 年，中期 2032 年，远期 2042 年。根据本工程可行性研究报告，特征年各路段双向高峰小时交通流量预测结果见下表。

表 3.2-9 预测年杧洲隧道高峰小时流量 (单位: pcu/h)

特征年	近期 (2022 年)	中期 (2032 年)	远期 (2042 年)
交通量	1337	2896	5840

根据《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)，不同车型转换为标准车的转换系数见下表。

表 3.2-10 不同车型转换为标准车的转换系数

车型	小型车	中型车	大型车
转换系数 PCU/辆	1	1.5	2.5

车流量昼夜比为 80%:20%，按昼间 16h、夜间 8h 计算，高峰期按总车流量的 10% 计算，得到项目昼间小时、夜间小时的车流量情况。

类比周边同类型道路车型构成比例 (小型车:中型车:大型车=7.5:1.5:1)，项目各预测年昼、夜的小、中、大型车流量计算公式如下：

$$X = \frac{PCU值}{\sum(K_i * y_i)}$$

$$N_i = X * y_i$$

式中：X：自然车流量；

K<sub>i</sub>：i 型车换算系数；

y<sub>i</sub>：i 型车比例系数；

$N_i$ :  $i$  型车自然车流量。

表 3.2-11 特征年双向昼间、夜间小时交通流量 (辆/小时)

年份	近期		中期		远期	
	昼间	夜间	昼间	夜间	夜间	夜间
小型车	409	205	887	443	1788	894
中型车	82	41	177	89	358	179
大型车	55	27	118	59	238	119

### 2) 汽车尾气计算公式

车辆排放污染物线源，按连续污染线源计算，线源的中心线即路线中心线，气态污染物排放源源强按下式计算：

$$Q_j = \sum_{i=1}^3 \frac{A_i E_{ij}}{3600}$$

式中： $Q_j$ — $j$  类气态污染物排放源强度， $\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ；

$A_i$ — $i$  型车预测年的小时交通量，辆/h；

$E_{ij}$ —汽车专用公路运行工况下  $i$  型车  $j$  类排放物在预测年的单车排放因子， $\text{mg}/(\text{m}\cdot\text{辆})$ 。

### 3) 单车排放因子

为控制机动尾气排放，根据《广东省环境保护厅关于广东省提前执行第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的通告》(粤环〔2015〕16号)，广东省于2015年3月1日提前实施《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段)》(GB 18352.5—2013)，即2015年3月1日起、对在珠海市销售、注册登记或转入本市的轻型点燃式发动机汽车和重型气体点燃式发动机汽车执行第五阶段国家机动车污染物排放标准(简称“国V标准”)。《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB18352.6—2016)》已经颁布，自2020年7月1日起，所有销售和注册登记的轻型汽车应符合该标准要求，但在2025年7月1日前，第五阶段轻型汽车的“在用符合性检查”仍执行第五阶段国家机动车污染物排放标准。

根据各车型各排放标准实施时间及实施情况，结合本工程的实际情况，考虑到旧机动车仍有一定的服役期，本评价轻型汽车、重型车近期按国V、国VI分别占50%计，中期按国V、国VI分别占50%计，远期按国VI占100%计。本项目的车辆大气污染物排放因子主要采用的是2014年第92号公告《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》、《轻型汽车污染物排放限值及测量方

法（中国第六阶段）（GB18352.6—2016）》，由于重型车未出我国 VI 污染物排放限值，因此，本环评大中型车国 VI 污染物排放限值仍按国 V 限值执行，具体因子详见下表：

**表 3.2-12 《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》污染物排放因子单位：g/km·辆**

车型	国 V	
	CO	NOX
小型车	1.06	0.14
中型车	1.20	1.60
大型车	2.20	2.93

\*备注：由于各类型车辆无法区分柴油车、汽油车等，以上数值均为平均值。

**表 3.2-13 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）I 型试验排放限值（6a 阶段）**

阶段	类别	级别	基准质量 (kg)	限值(g/km)		
				一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )
VI	第一类车	—	全部	0.7	0.1	0.06
	第二类车	I	RM≤1305	0.7	0.1	0.06
		II	1305<RM≤1760	0.88	0.13	0.075
		III	1760<RM	1	0.16	0.082

**表 3.2-14 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）I 型试验排放限值（6b 阶段）**

阶段	类别	级别	基准质量 (kg)	限值 (g/km)		
				一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )
VI	第一类车	一	全部	0.5	0.05	0.035
	第二类车	I	RM≤1305	0.5	0.05	0.035
		II	1305<RM≤1760	0.63	0.065	0.045
		III	1760<RM	0.74	0.08	0.05

**表 3.2-15 本项目所选取的污染物排放因子单位：g/km·辆**

评价年	车型	CO	NO <sub>x</sub>	备注
近期	小型车	0.88	0.10	国 V、国 VI 分别占 50%
	中型车	1.20	1.60	
	大型车	2.20	2.93	国 V 占 100%
中期	小型车	0.88	0.10	国 V、国 VI 分别占 50%
	中型车	1.20	1.60	
	大型车	2.20	2.93	国 V 占 100%

远期	小型车	0.71	0.06	国 VI 占 100%
	中型车	1.20	1.60	
	大型车	2.20	2.93	国 V 占 100%

本工程营运期各特征年的汽车尾气污染源强见下表。

表 3.2-16 本项目营运期各特征年机动车尾气污染源强一览表

序号	时段	污染物	单位	2022 年	2032 年	2042 年
1	昼间	CO	mg/(s·m)	0.241	0.39	0.69
		NO <sub>x</sub>	mg/(s·m)	0.138	0.22	0.43
2	夜间	CO	mg/(s·m)	0.04	0.09	0.15
		NO <sub>x</sub>	mg/(s·m)	0.023	0.05	0.1

#### 4) 污染物排放情况

表 3.2-17 道路机动车尾气污染物源强估算 (mg/s)

排放位置		污染物	2022 年	2032 年	2042 年
北段道路	昼间	CO	146.53	237.12	419.52
		NO <sub>x</sub>	83.9	133.76	261.44
	夜间	CO	24.32	54.72	91.2
		NO <sub>x</sub>	13.98	30.4	60.8
南段道路	昼间	CO	170.87	276.51	489.21
		NO <sub>x</sub>	97.84	155.98	304.87
	夜间	CO	28.36	63.81	106.35
		NO <sub>x</sub>	16.31	35.45	70.9

#### (3) 噪声污染源

项目营运后将道路沿线声环境造成一定影响,随着交通量的增大,噪声的超标范围、超标量逐渐增大,尤其是距道路较近的建筑物影响较大。

##### 1) 交通噪声源

本工程北起环港东路-洪湾大道地面辅路交叉口至隧道接地点(K0+189.898~K0+798)接线道路长约 608m,南岸横琴新区隧道接地点至项目终点(K2+475~K3+184.437)接线道路长约 709m,双向 8 车道,道路设计等级为城市主干道,设计车速 60km/h。

##### 2) 噪声预测

参照《公路建设项目环境影响评价规范》(JTGB03-2006)计算本工程营运期

各类型车 7.5m 处的平均辐射噪声级 (dB)  $L_{oi}$  按下式计算:

$$\text{小型车: } L_{OS}=12.6+34.73\lg V_S+\Delta L_{\text{路面}}$$

$$\text{中型车: } L_{OM}=8.8+40.48\lg V_M+\Delta L_{\text{纵坡}}$$

$$\text{大型车: } L_{OL}=22.0+36.32\lg V_L+\Delta L_{\text{纵坡}}$$

式中: 右下角注 S、M、L——分别表示小、中、大型车;

$V_i$ ——该车型的平均行驶速度, km/h。

公路纵坡引起的交通噪声源强修正量  $\Delta L_{\text{纵坡}}$  计算按下表取值。

**表 3.2-18 路面纵坡噪声级修正值**

纵坡 (%)	噪声级修正值 (dB)
$\leq 3$	0
4~5	+1
6~7	+3
$> 7$	+5

注: 本表仅对大型车和中型车修正, 小型车不作修正。

本工程最大纵坡为 3%,  $\Delta L_{\text{纵坡}}=0$ 。

公路路面引起的交通噪声源强修正量  $\Delta L_{\text{路面}}$  取值按下表取值。

**表 3.2-19 常见路面噪声修正量**

路面类型	$\Delta L_{\text{路面}}$
沥青混凝土路面	0
水泥混凝土路面	+1~2

本工程沥青混凝土路面, 路面修正量  $\Delta L_{\text{路面}}$  为 0。

本工程营运期各类型车在道路上的平均辐射声级如下表所示:

**表 3.2-20 次干道营运期各类型车的平均辐射声级**

车型	小型车	中型车	大型车
平均辐射声级	71.6dB (A)	71.8dB (A)	78.5B (A)

### 3) 道路交通噪声预测模式以及机动车产生噪声的衰减变化规律

噪声预测方法根据本工程路面行驶机动车产生噪声的特点, 可选用根据《环境影响评价技术导则声环境》(HJ2.4-2009) 中道路交通噪声预测模式对机动车产生噪声的衰减变化规律进行模拟预测。预测模式如下:

①第 i 类车等效声级的预测模式:

$$Leq(h)_i = (\overline{L_{0E}})_i + 10 \lg \left( \frac{N_i}{VT} \right) + 10 \lg \left( \frac{7.5}{r} \right) + 10 \lg \left( \frac{\Psi_1 + \Psi_2}{\pi} \right) + \Delta L - 16$$

式中：

$Leq(h)_i$ ——第 i 类车的小时等效声级，dB(A)；

$(\overline{L_{0E}})_i$ ——第 i 类车速度为  $V_i$ ，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB(A)；

$N_i$ ——昼间、夜间通过某预测点的第 i 类车平均小时流量，辆/h；

$r$ ——从车道中心到预测点的距离，m；适用于  $r > 7.5m$  预测点的噪声预测， $r$  取 10-100，共 10 个值；

$V_i$ ——第 i 类车的平均车速，km/h；本项目设计道路平均车速为 50km/h；

$T$ ——计算等效声级的时间，1h；

$\Psi_1$ 、 $\Psi_2$ ——预测点到有限长路段两端的张角，弧度； $\Psi_1$ 、 $\Psi_2$ ，一般考虑道路为无限长的道路，所以  $\Psi_1 + \Psi_2 = 180$  度，不考虑有限长道路引起的修正。

$\Delta L$ ——由其他因素引起的修正量，dB(A)，可按下式计算：

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} + \Delta L_{\text{路面}}$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

$\Delta L_1$ ——路线因素引起的修正量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{坡度}}$ ——公路纵坡修正量，dB(A)；所以大、中、小型车的公路纵坡修正量  $\Delta L_{\text{纵坡}}$  如表 28 所示

$\Delta L_{\text{路面}}$ ——公路路面材料引起的修正量，dB(A)；本项目全程为沥青混凝土路面， $\Delta L_{\text{路面}}$  为 0。

在此， $\Delta L = \Delta L_1$ ，不考虑  $\Delta L_2$ 、 $\Delta L_3$  的影响。

②总车流等效声级为：

$$Leq(T) = 10 \lg (10^{0.1 Leq(h)_{\text{大}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{中}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{小}}})$$

由①②公式以及特征年的车流量可以计算得出特征年各条道路的高峰小时总车流等效声级如下表所示：

表 3.2-21 特征年各路段双向昼间、夜间小时总车流量等效声级

年份	2022 年		2032 年		2042 年	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
等效声级 dB (A)	70.0	62.2	72.1	65.6	75.1	68.6

#### 4) 固废污染源

本工程营运期固体废物污染源主要为道路两侧绿化植物的腐败物和部分过往车辆的散落物，产生量较小，难以定量计算，故本报告仅对其作的定性分析。这些垃圾较为分散，可采取定期人力清扫的方法加以收集，再交由环卫部门处理。

#### 5) 营运期生态影响

本项目用地范围不占用自然保护区、基本农田，调查中也没有发现国家保护的珍稀濒危保护动植物。道路及桥梁建设使区域交通顺畅，美化景观，人车分道，直行、转弯车道分流的交通顺畅景观。建设项目没有改变周围土地利用状况，而本项目将建设与路面交通相配套的完善路面绿化系统，道路沿线的生态景观将得到提升和完善。随着营运时间的延续，依托道路的绿化带逐步定型、成熟，沿线区域的植物生态系统重新得以构筑，形成了新的群落景观，通常在局部区域内还会引入新的植物种类（行道树乔木），从而增加了物种的多样性。这对沿线的植物生态系统来说，具有一定的积极意义。

### 3.2.3.3 小结

综上，工程营运期污染物汇总见表 3.2-22。

表 3.2-22 工程营运期污染物

工程内容	污染源	污染物	产生量	污染因子	排放/处理方式	
隧道工程	废水	生活污水	3m <sup>3</sup> /d	COD	排入市政污水管网	
		隧道冲洗水	3650m <sup>3</sup> /a	石油类、SS、COD 等	进入市政污水管网	
		初期雨水	1107.6m <sup>3</sup> /次	石油类、SS、COD 等	汇入市政雨水系统	
		结构渗水	1.5m <sup>3</sup> /d	石油类、SS、COD 等	进入市政污水管网	
	固废	生活垃圾	15kg/d	食品废弃物、食品包装等	当地环卫部门接收	
接线道路工程	汽车尾气	大气污染物	昼间	0.241mg/(s·m)~ 0.69mg/(s·m)	CO	自然排放
				0.138mg/(s·m)~ 0.43mg/(s·m)	NO <sub>x</sub>	

			夜间	0.04mg/(s·m)~ 0.15mg/(s·m)	CO	
				0.023mg/(s·m)~ 0.1mg/(s·m)	NO <sub>x</sub>	
	噪声	交通噪声		70.0~75.1 dB (A)	昼间	自然排放
				62.2~68.6 dB (A)	夜间	
	废水	道路雨水		少量	COD <sub>cr</sub> 、SS、石 油类	通过排水边沟 排入附近水体

## 4 区域概况

### 4.1 自然环境概况

#### 4.1.1 气候气象

珠海地处我国大陆南部，属亚热带季风气候区，海洋性气候明显，光、热、水资源丰富。其主要气候特点是：气候温暖，雨量充沛，雨热同季，光照充足；冬不寒冷，夏不酷热，夏长冬短，春早秋迟；秋冬春旱，常有发生，夏涝风灾，危害较重。根据珠海海洋站（113°35'00" E，22°15'00" N）的实测资料分析结果，区域气象特征如下：

##### （1）气温

本区域全年气温较高，多年年平均气温为 23.5℃，平均气温年变幅不大，年较差为 4.7℃。最热的月份出现在 6~9 月份，多年月平均气温为 28.7℃以上；5 月和 10 月次之，多年月平均气温为 26.0℃~26.6℃；最冷的月份出现在 01 月份，多年月平均气温为 14.6℃；12 月次之，多年月平均气温为 16.8℃。平均最高气温出现在 8 月份为 33.2℃，平均最低气温出现在 1 月份为 12.7℃。历年最高气温为 37.4℃，出现在 2009 年 07 月 18 日；历年最低气温为 5.1℃，出现在 2011 年 01 月 12 日，表 4.1-1 是珠海海洋站气温资料统计表。

表 4.1-1 区域各月份特征气温单位：℃

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累年
平均	14.6	17.5	19.2	22.5	26.6	28.7	29.6	30.1	28.8	26.0	21.7	16.8	23.5
均高	17.4	20.1	21.9	25.1	29.4	31.4	32.8	33.2	31.6	28.5	24.3	19.5	26.3
均低	12.7	15.9	17.5	20.8	24.8	26.7	27.4	27.8	26.8	24.2	19.9	14.8	21.6
极高	25.6	26.7	29.1	31.2	35.7	35.9	37.4	37.1	36.5	32.4	31.3	27.5	37.4
日期	22	27	21	27	09	21	18	23	19	11	01	06	18
年份	2013	2010	2010	2011	2012	2009	2009	2009	2010	2013	2013	2010	2009
极低	5.1	6.6	8.3	12.2	18.7	21.0	24.2	24.5	22.6	16.3	8.1	5.3	5.1
日期	12	19	10	15	02	03	05	31	24	28	18	17	12
年份	2011	2010	2010	2010	2013	2010	2009	2013	2011	2010	2009	2010	2011

注：平均、最高、最低气温及极端最高、最低气温采用 2009 年 01 月~2013 年 12 月的资料。

##### （2）风况

本区域累年平均风速 2.8 米/秒，年主导风向为东南和北北东向，出现频率均

为 29%和 17%，风向和风速随季节变化明显。冬季盛行北向风；春、秋两季为过渡季节，既有东南风也有偏北风；夏季盛行东南和西南季风，偏南风频率较大达 41%。常年平均风速变化不大，其平均值在 1.9 米/秒~3.7 米/秒之间。其中 6 月份的平均风速最小，多年月平均值为 1.9 米/秒。历年最大风速为 25.7 米/秒，风向东南，出现在 2012 年 07 月 24 日。各月最多风向频率和平均风速、最大风速分布见表 4.1-2 和表 4.1-3。

**表 4.1-2 区域各月最多风向及频率(%)**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累年
多向	N	N	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	N	N	SE
频率	38	23	23	38	41	29	35	39	38	38	30	40	29
次向	NNE	NNE	NNE	SW	SW	SW	SW	SW	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
频率	31	22	23	12	15	23	21	12	18	25	27	34	17

注：珠海海洋站各月最多风向及频率（2003 年 01 月~2012 年 12 月）。

**表 4.1-3 区域各月平均风速、最大风速及对应风向**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累年
平均	3.5	2.7	2.6	2.4	2.4	1.9	2.1	2.2	3.2	3.6	3.6	3.7	2.8
最大	14.2	12.5	13.8	14.7	13.5	15.0	25.7	18.1	21.9	12.9	16.9	14.7	25.7
风向	NNE	NNE	NNE	SE	N	NE	SE	SE	SE	NNE	NNE	NNE	SE
日期	01	20	13	19	17	30	24	03	15	26	19	21	24
年份	2005	2005	2005	2008	2006	2012	2012	2006	2009	2004	2012	2005	2012

注：珠海海洋站各月风速、最大风速（2003 年 01 月~2012 年 12 月）。

### (3) 湿度

本区域相对湿度一般，多年平均值为 72%（见表 4.1-4），02 月份平均相对湿度较大，多年月平均为 79%，其余月份的平均相对湿度较小，多年月平均相对湿度在 78% 及以下，10 月份平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为 65%；极端最小相对湿度为 20%，出现在 2009 年 11 月 02 日。各月相对湿度分布见表 4.1-4。

**表 4.1-4 区域年平均湿度及逐月湿度分布（单位：%）**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累年
平均	69	79	76	78	76	76	72	69	69	65	69	66	72
最小	21	39	26	32	21	43	38	34	27	29	20	21	20
日期	10	01	10	24	30	04	18	30	17	05	02	31	02
年份	2009	2011	2010	2011	2009	2009	2009	2011	2012	2009	2009	2010	2009

注：珠海海洋站相对湿度平均值、极端最小相对湿度值（2009 年 01 月~2012 年 12 月）。

#### (4) 雾

本区域雾日一般，多年雾日平均值为 4.5 天，雾日出现在 11 月至翌年 4 月间，其中以 3 月份最多达 2 天。

### 4.1.2 海洋水文

#### (1) 潮汐特征

珠江河口的潮汐类型属于不正规半日潮，每一太阴日内发生两次高潮和两次低潮，潮汐日不等现象显著。根据工程上、下游灯笼山站、三灶站和马骝洲站的长系列资料，对工程所在河道的潮汐要素特征值进行统计，见表 4.1-5。

结果表明，本区域属弱潮型河口，潮差较小，一般为 1m 左右，最大潮差可达 3m 多，潮差的年际变化也不大。每逢台风侵袭并遇上大潮时，则形成台风暴潮，口门附近河段潮位会出现下游高于上游的现象。年最高潮位一般多出现在汛期 6~9 月或风暴潮正面袭击时，年最低潮位多出现于枯季 1~3 月，即一年中夏潮高于冬潮。工程上游灯笼山站多年平均高、低潮位分别为 0.44m 和 -0.41m，最大涨潮差为 3.12m，最大落潮差为 2.86m；工程所在马骝洲水道上的马骝洲站历年最高潮位为 2.68m，历年最低潮位为 -1.66m。磨刀门水道属于径流作用为主的口门地区河道，多年平均落潮历时大于涨潮历时；落潮历时从上游向下游递减，涨潮历时则相反。据灯笼山站资料统计，落潮平均历时比涨潮平均历时约长 2h。

表 4.1-5 磨刀门水域各站潮汐要素特征值统计表

站名	高潮位 (m)		低潮位 (m)		涨潮差 (m)		落潮差 (m)	
	多年平均	历年最高 出现年月	多年平均	历年最低 出现年月	多年平均	历年最大 出现年月	多年平均	历年最大 出现年月
灯笼山 (1959~2010)	0.44	2.73 2008.9	-0.41	-1.19 1910.2	0.85	3.12 2008.9	0.85	2.86 2008.9
三灶 (1965~2010)	0.36	3.16 2008.9	-0.73	-1.97 1968.12	1.10	3.77 2008.9	1.09	3.18 1968.12
马骝洲 (1983~2004)		2.68 1993.9		-1.66 1985.2				

#### (2) 潮流特征

磨刀门区域潮流类型为不规则半日潮流，潮流运动形式为往复流。工程所在马骝洲水道是磨刀门出海口的支汊。磨刀门是西江干流的主要出海口，其径流下泄量约占西江径流总量的 1/3 左右，是珠江流域的重要泄洪口门。

马骝洲水道水流呈往复流趋势，落潮流速大于涨潮流速，主槽流速大于边滩

流速，大潮期流速大于小潮期流速。根据 2014 年珠委水局马骝洲水道水文实测成果，大潮时其涨潮最大垂线平均流速为 0.49m/s，流向为 234°，落潮最大垂线平均流速为 0.77m/s，流向为 66°；小潮时涨潮最大垂线平均流速为 0.42m/s，流向为 237°，落潮最大垂线平均流速为 0.58m/s，流向为 50°。

### 4.1.3 河势演变

#### (1) 岸线变化特征

磨刀门内水域自 1984 年 3 月开始进行整治。整治前马骝洲水道是一条宽阔而淤积的河道；1995 年整治结束后，马骝洲水道受南、北治导堤约束，河宽为 500m 左右，成为一条规则的水道。马骝洲水道的围垦主要发生在磨刀门口门整治期间，之后岸线基本稳定。马骝洲水道左岸属珠海市的南湾城区，自洪湾涌起往下游沿程建有多个码头，依次为洪湾港区、西域公司重件码头、国土中心砂石码头、电厂油码头、海事码头等。右岸横琴新区北部尚处在初步开发阶段。

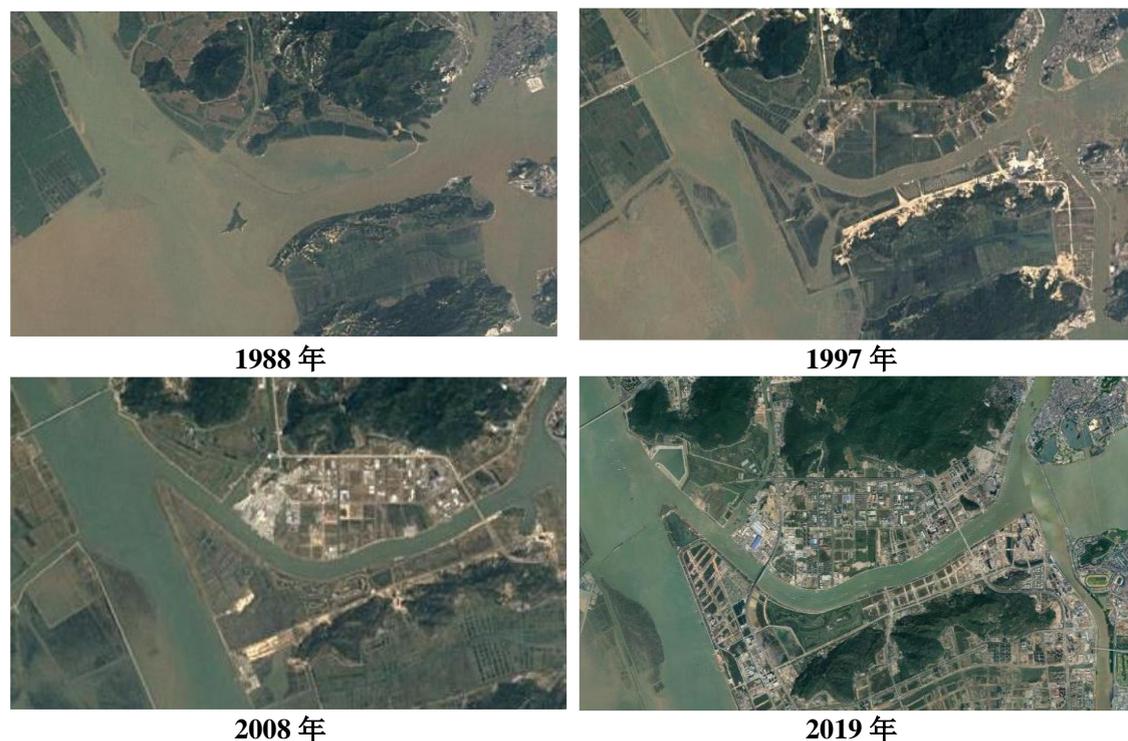


图 4.1-1 马骝洲水道整治前后岸线变化遥感影像图

#### (2) 河势变化特征

2003~2008 年间，马骝洲水道-5m 等高线总体较为顺直，拟建隧道工程上下游河段河势整体比较稳定，没有发生明显变化。从 2019 年工程上下游局部地形看，在工程上游约 750m 处，河道左侧河床明显下切，深泓位置及向各级等深线

明显向左岸偏移，对照历史卫星遥感影像图，此处河床下切是应该是由 2015 年左岸新建了一个码头，码头港池开挖所致。

总体上看，马骝洲水道设有堤防，为约束性河道，岸线比较稳定，工程附近河段河道走势历年变化较小，河势整体稳定，工程上下游深槽相对平顺。2015 年后由于拟建隧道工程上游左岸新建码头，港池开挖引起局部地形发生变化。

### (3) 河道深泓线变化特征

2003~2008 年间，马骝洲入口段（拟建工程上游）深泓线呈现一个往复摆动情况，最大的摆动幅度约 70m，应该是由于分流口处流态复杂加上河道局部采砂引起的。拟建工程所在的河段深泓线摆动不明显。拟建工程下游河段，由于河道的自然冲淤作用略有摆动，幅度不大，深泓线总体顺直。由 2019 年拟建工程附近深泓线看，由于近年来工程所在河段左岸开发利用程度加大和航道整治等工程的实施，人类活动使得工程附近上下游深泓线明显向左岸偏移，最大的偏移出现在拟建工程上游约 750m，偏移量约为 140m。推测深泓线发生较大偏移的主要原因是该河段左岸于 2015 年新建的码头港池开挖造成的。

综上，2003~2019 年期间马骝洲水道深泓总体变化不大，相对顺直。局部河段深泓变化除了自然演变之外，还受到港口码头、人工挖沙等人类活动因素的影响，出现了一定的幅度的偏移。

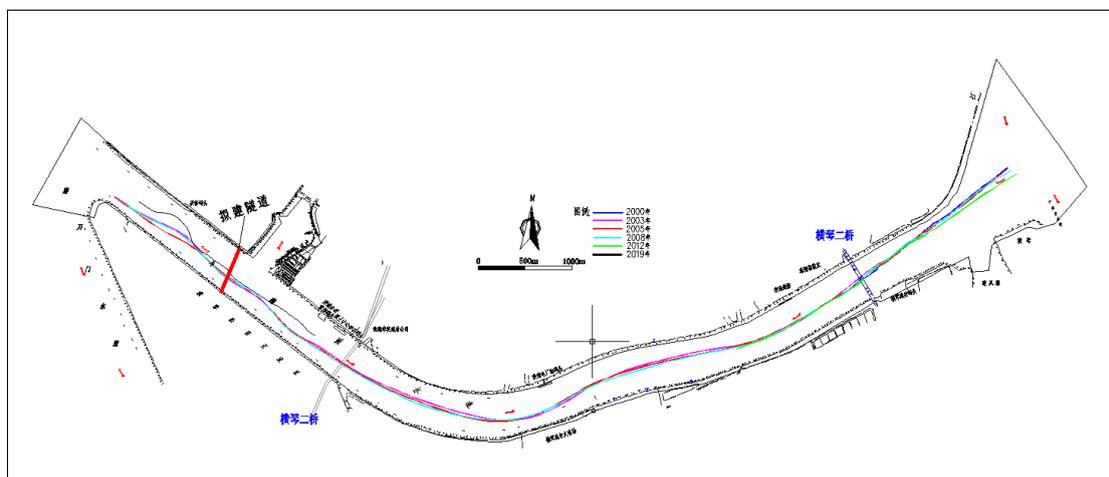


图 4.1-2 马骝洲水道深泓变化情况

## 4.1.4 地形地貌

珠海市区内陆部分地势由西北向东南倾斜，地形多样，以平原（25.5%）、丘陵（占 58.68%）为主，兼有低山、滩涂等。地势平缓，倚山临海，海域辽阔，

百岛蹲伏，有奇峰异石和秀美的海湾、沙滩。内陆由凤凰山、将军山两大山系的山地丘陵及海岸、平原所构成。陆上山地、丘陵、台地、平原，为纵横交错的水网划分。滨海冲积平原由西江和北江冲积物聚成。珠江口外海滨滩涂辽阔，水下滩地向岸外缓慢坡降。海岸线、岛岸线长 690 公里。内陆最高的凤凰山，海拔 437 米，海岛多在海拔 100 米以上。

珠海地区被北东、北西向断裂切割成断块式隆升与沉降的地貌单元，形成了段块隆升山地与沉降平原。各断块山体、断块山体中的低平地 and 凹陷平原的展布方向呈北东向，珠江口外岛屿也受北东向构造线的控制，三列岛屿呈北东向排列。珠江口外沉积盆地展布也是北东向。而珠江的人海水道，则受北西向构造控制，如磨刀门水道、泥湾门水道均呈北西走向。横琴岛原分大、小横琴岛，70 年代修筑起东、西大堤，将大、小横琴岛连成一体。全岛面积 86 平方公里，环岛岸线长 50 公里。南部和北部多为山地，中部中心沟为东西向长条形养殖地。地貌类型有低山、丘陵、台地、滩涂。岛上最高峰是脑背山，海拔高程为 457.7 米，是珠海市第二高峰。

本项目位于广东省珠海市南部，横琴一体化区内横琴与洪湾之间，路线北岸接环港东路与洪湾大道交叉口，南岸接厚朴道。拟建场地位于珠江出海口西江流域。项目区为珠江三角洲南部，沿线勘察场地貌单元属海滩~海岸阶地地貌，后经人工改造，原始地形已改变，大部分形成陆域，表现为鱼塘、虾池、蚝池、河流、围堰区、海域及滩涂地，局部为蕉林、临时道路。现有地面部分是由块石填筑而成，部分区域表面仍是淤泥，场地标高介于 -7.78m~4.06m。拟建场地位于海陆交互相—滨海沉积地貌单元。拟建隧道下穿马骝洲水道，河道水面宽 500~600m，水深在 5~8m 之间，河道比较平缓，水流较缓。



琴海北路

南岸现状场地



图 4.1-3 项目区现场地貌实勘图

#### 4.1.5 植被及生物多样性

(1) 土壤项目区周边现状土壤用地主要为滩涂、鱼塘和荒地。区域土壤可分为三大类：水稻土、自然土壤（包括赤红壤、滨海沙土和滩涂）、旱地土壤（包括早坡地、堆叠土、菜园土和滨海砂地）。

(2) 植被：横琴新区地处热带北缘地域，原生植被具有热带雨林性质和特征。由于横琴开发程度较低，原生植被保存情况良好。区内多为河口与滨海沉积滩涂荒草地，主要是禾本科植物。根据调查本区共有维管植物 41 科 100 属 129 种，其中蕨类植物 7 科属 7 种，裸子植物 4 科 4 属 4 种，双子叶植物 27 科 70 属 92 种，单子叶植物 3 科 19 属 26 种。以科而论，禾本科 17 种，蝶行花科、樟科、桑科各 7 种，茜草科、莎草科 6 种，以上 7 科共 61 种，占总数 129 种的 47.2%。上述这些科属的植物均为普通植物种，是周边地区常有的物种，珠海红树林：主要分布淇澳岛、横琴岛和红湾西提、磨刀门和鸡啼门水道出海口附近提岸，需要重点保护。

项目区周边植被主要为荒草、常见绿化行道树等，项目陆域评价范围内未发现有国家重点保护的野生动植物和珍稀濒危动植物，也未发现文物保护单位。

#### 4.1.6 工程地质

本节内容根据《横琴杧洲隧道岩土工程勘察报告（初步勘察阶段）》编制。

##### （1）地质构造

近场区范围内主要分布有北东向和北西向两组断裂（图 4.1-4），北东向断裂有翠亨—田头断裂(F1)、白藤山—吉大断裂(F2)、马骝洲—大门岛断裂(F3)、三灶岛—高栏岛断裂带(F4)；北西向断裂有泥湾门断裂(F5)、西江断裂带(F6)、淇澳—桂山岛断裂(F7)，现分述主要断裂的构造特征及活动性如下：

##### 1) 翠亨—田头断裂(F1)

断裂东北起自珠江口西侧，往南西经翠亨、逸仙水库、三乡、六乡、大赤坎、虎跳门、崖门、元山头、都斛、田头而延入广海湾，可分为三段。东北段位于大赤坎以东，全长 40 余 km，走向 N50~60°E，倾向 SE，倾角 50~60°，主要切割寒武系及燕山期花岗岩，显示强烈的硅化与糜棱岩化，构造角砾岩发育，断层物质样品电子自旋共振(ESR)年龄为距今 682±65ka，相当于中更新世，断裂破碎带被中更新统覆盖。

中段自梅阁往南西经崖门、过银洲湖、油柑坑、大旺至元头山，全长 20 多 km，走向 N60~65°E，倾向 NW，倾角 70~80°，断裂局部地段可见硅化，一般以节理密集带的形式出现。在虎跳门西南河床内工程钻探中揭露构造角砾岩；在崖门口地区浅层地震勘探显示存在一组北东东向断裂，断层泥热释光年龄为距今 136.4±10.6ka，时代应属中更新世末。综合地质地貌特征，该断裂为中更新世断裂。

##### 2) 白藤山—吉大断裂(F2)

断裂从珠海吉大向西南延伸，经南屏、均昌围、过西江，再经白藤山北缘延至黄茅海，往东北方向则由吉大延入伶仃洋。总体走向北东东，倾向北西，倾角 50~60°。断裂在南屏—均昌围段及西江以西段，地貌上表现为平原、山地呈近直线交接，断裂带西北侧为第四系堆积区，东南侧为丘陵台地。

在白莲洞西见断裂为辉绿岩脉贯入，尔后辉绿岩又遭受强烈挤压、断错，形成糜棱岩和碎裂岩，TL 年龄为 2.5±0.3 万年的残坡积盖于其上，未受构造变动。断层物质 ESR 测年表明断裂最后一次明显活动距今 14.2±1.13

万年。白藤山一带，断裂走向北东  $60\sim 70^\circ$ ，倾向北北西，倾角  $60\sim 70^\circ$ ，由密集的挤压面、糜棱岩化角砾岩、碎裂岩组成，并有石英脉贯入，可见宽度为  $7\sim 10$  余米。白藤山北山脚下小庙断点，为出露宽  $4\text{m}$  的糜棱岩化碎裂花岗岩，矿物具拉长定向排列。综合地质地貌特征，该断裂为中更新世断裂。

### 3) 马骊洲—大门岛断裂(F3)

断裂展布于马骊洲水道南侧，向西经大门岛北缘至大襟岛以西，向东北延伸进入伶仃洋。总体走向北东  $60^\circ$ ，倾向北西，倾角陡。横琴大桥工程 G69(BH5) 钻孔在第四系之下揭示到该断层，孔深  $29.73\text{m}$  至  $82.31\text{m}$  终孔为破碎带，绿泥石化，绢云母化。由横琴桥钻孔地质资料显示，断层之上覆盖的晚更新世晚期（TL 年龄为  $38750\pm 880$  年）的沉积物未受影响。根据中国地震局地壳应力所在横琴大桥东旁侧所做的浅层人工地震和电法探测，结果表明断层亦未影响到晚更新世晚期地层。

在大门岛北侧采石场可见沿断裂发育构造角砾岩和构造透镜体，上盘泥盆系砂岩极度破碎，并出露大的断层滑动面和陡坎，最大者高达  $20\text{m}$ ，宽  $25\text{m}$ ，滑动面上发育擦痕和阶步。从擦痕看至少有两次活动，前期为挤压兼有左旋，后期以正断为主，兼有右旋特征。据滑动面断层物质 TL 测年，表明最晚一次活动发生在距今  $16.26\pm 1.15$  万年。综合地质地貌特征，该断裂为中更新世断裂。

### 4) 三灶岛—高栏岛断裂带(F4)

断裂展布于三灶岛的三灶、斜尾村至大、小横琴岛之间，向西延入海，向东入伶仃洋。总体走向为北东  $60^\circ$ ，倾向南东，倾角  $80^\circ$ 。该断裂多隐伏于第四系之下，仅在三灶岛斜尾村见局部出露。该地段岩石强烈硅化，片理化，碎裂化，见厚约  $0.5\text{m}$  的千枚岩和粉末状糜棱岩、细脉状硅质构造岩、片状碎裂岩相间排列，形成许多宽约  $0.9\sim 4.3\text{m}$  不等的挤压破碎带，并有煌斑岩脉、石英脉贯入。在大横琴岛北侧石山，断裂走向北东  $70\sim 80^\circ$ ，倾向北北西，倾角  $80\sim 87^\circ$ ，切割黑云母花岗岩，形成宽约  $40\text{m}$  的剪切破碎带。在高栏岛，断裂走向北东  $25^\circ$ ，倾向南东，倾角  $80^\circ$ ，切割黑云母花岗岩，可见宽度约  $5\text{m}$  的挤压破碎带。在大襟岛西北侧的狮子头湾，断裂发育在泥盆系砂页岩中，走向北东  $40\sim 60^\circ$ ，倾向北西，倾角  $65\sim 70^\circ$ ，断裂带宽约

10~30m。采集的断层物质热释光测年结果为距今 17.28 万年，相当于中更新世。综合地质地貌特征，该断裂为中更新世断裂。

#### 5) 泥湾门断裂(F5) 断裂

沿泥湾门水道延伸，在航卫片上线性影象十分清晰，走向 NW，东南延入南海，陆地推测长度约 50km。在泥湾门、黄杨海西岸进行的地质考察发现，西岸地势较平直，而且在南端尖峰山鬼仔角、中部小黄杨南和北西侧均见有颇具规模的断裂滑动面，滑动面走向 N330~340°W，倾向 NE 或 SW，倾角 70~80°，这些滑动面应属于该断裂的次级破裂面。据井岸大桥钻孔资料，燕山三期黑云母花岗岩具有强烈的破碎和绿泥石化现象；位于省道 S272 线珠海段改建工程黄杨河特大桥西北岸岸边的地震钻孔 ZK3-1，孔深 16.30~23.60m 处揭露厚约 4.00m 的硅化构造岩和 3.30m 的断层破碎带，表明主干断裂在泥湾门河道通过。在地震活动性方面，沿断裂没有记载过破坏性地震，自 1970 年以来沿断裂小震活动也不多。综合地质地貌特征，该断裂为早—中更新世断裂。

#### 6) 西江断裂带(F6)

近场范围的西江断裂带基本沿西江主河道左岸发育，致使深水槽多位于河床左侧，它们向东南继续延伸，进入海域。沿断裂形成多个北西向狭长的第四系沉降中心，其中斗门大桥南沉降中心最深，达 60 余米。第四系 14C 测年数据最老为  $34379 \pm 2114$  年。断裂形迹断续见于西江两岸，尤其是左岸（张虎男等，1990），如洪湾北的花岗斑岩中、神湾西的寒武系千枚状粉砂岩、砂岩中发育密集的北西向节理；在挂定角有一产状为走向北西 335°、倾向北东、倾角 80°的小断层。该断层断层泥 TL 测年资料，断裂距今  $35.43 \pm 2.4$  万年有过一次明显活动。在磨刀门西岸的小霖北麓，泥盆系碎屑岩中一组北北西向断裂断错了走向北东 40°的一组节理和岩脉，表现为正断层性质。在斗门水鬼岩见构造岩，断层物质 TL 测年数据为  $20.08 \pm 0.02$  万年。根据《磨刀门大桥工程场地地震安全性评价报告》（广东省地震科技咨询服务中心，1989 年），从航卫片解译到地貌、新构造特征分析推断该断裂存在，在工程场地地面地质调查中也得到了西江断裂南段存在的依据，根据物探和钻探结果推测，断裂是由 3~4 条断层组成的倾向南西的断阶带，错断最新地层为 Q33—Q41 地层（14C 年龄为  $7580 \pm 520 \sim 20300 \pm 1300$  年），

ZK13 号孔断层带物质热释光测年结果为距今  $2.34\pm 0.15$  万年，上述结果表明，西江断裂最后一次强烈活动发生在晚更新世至全新世初期。根据《珠海洪鹤大桥工程场地地震安全性评价报告》，西江断裂南段归为晚更新世断裂更，而《磨刀门大桥工程场地地震安全性评价报告》最终结论同样认为西江断裂的磨刀门段最后活动年代在 10000 年以前，活动速率在  $0.36\text{mm/y}\sim 1.43\text{mm/y}$  之间，活动方式以蠕滑为主，兼少量粘滑。综合地质地貌特征，近场范围西江断裂带东南段为晚更新世断裂，西北段为中更新世断裂。

#### 7) 淇澳—桂山岛断裂(F7)

断裂展布于淇澳岛及其以南至桂山岛以东水域中，总体走向北西  $320^\circ$ 。在断裂北西段的淇澳岛，断裂所通过处在地貌上形成一北西向狭长形深风化谷地，两侧为海拔  $100\sim 150\text{m}$  的丘陵。谷地西南侧，可见断裂的次级构造，形成宽达  $2.5\text{m}$  的压碎花岗岩与挤压带。断裂所通过的谷地第四系上更新统中段的厚度无明显变化，表明断裂在晚更新世中期以来已无明显的活动。据珠江水利委员会在珠海伶仃洋大桥桥址的浅层人工地震资料，在断裂部位出现基岩凹槽，凹沟相对深达  $30\text{m}$ 。覆盖在凹槽、凹沟上的第四系沉积物未见变动，判断为中更新世断裂。

根据《珠海洪鹤大桥地震安全性评价报告》，其结论为：在近场区的翠亨—田头断裂、白藤山—吉大断裂、马骝洲—大门岛断裂、三灶岛—高栏岛断裂带、泥湾门断裂、西江断裂带、淇澳—桂山岛断裂等断裂当中，晚更新世有过活动的断裂有西江断裂带东南段、淇澳—桂山岛断裂东南段，属于晚第四纪活动断裂，其余断裂属于早—中更新世断裂。根据近场区地震构造与历史地震活动性特征，近场区存在具有发生 6.5 级震级段的发震构造。6.5 级发震构造为西江断裂带东南段在区域构造体系上，珠海大陆部分属新华夏系第二隆起带中次级紫金—博罗大断裂和莲花山深大断裂带的西南段，并被北西向的西江大断裂分割成梯形断块；岛屿部分属北东向的万山隆起带（滨海大断裂）。珠海东南和西北两侧，分别与珠江口大型新生代沉积盆地和陆地上的珠江三角洲盆地相邻。地壳经历了长期复杂的构造变动，主要有加里东、印支、燕山和喜马拉雅等 4 期，其中以燕山期运动最为强烈，影响范围最广，以断裂构造发育和岩浆活动强烈为特征；区域深、大断裂主要有北东向的莲花山深大断裂带、紫金—博罗大断裂和滨海大断

裂等，北西向的珠江口大断裂和西江大断裂。

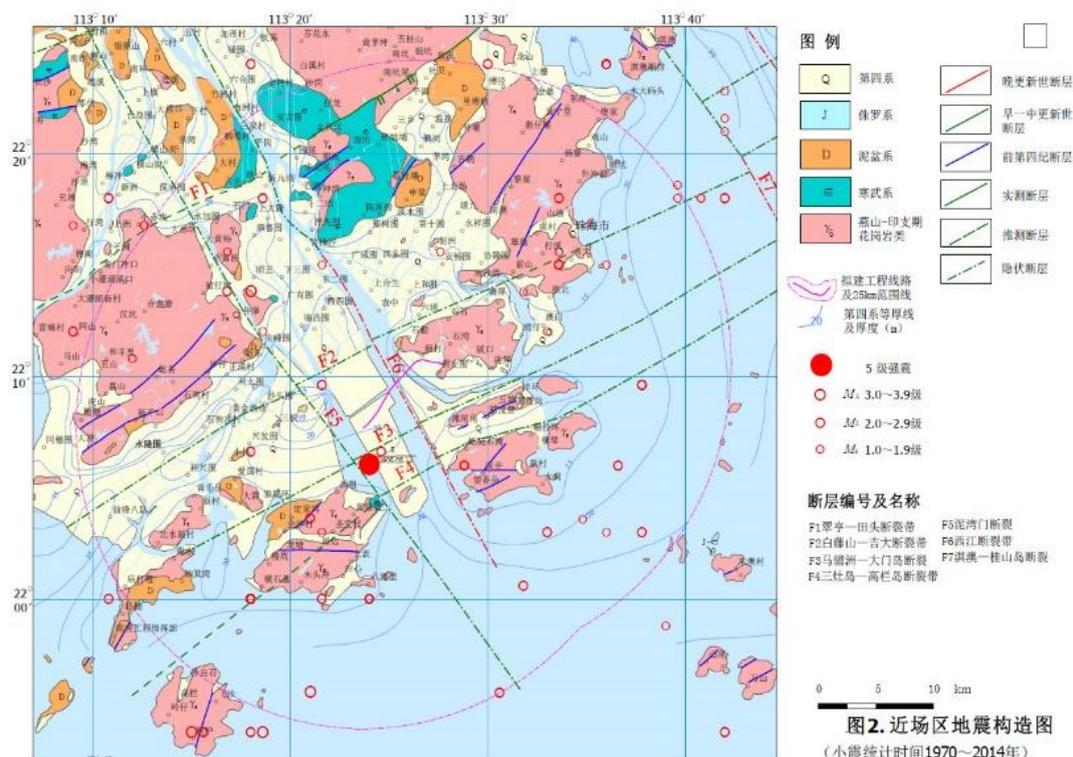


图 4.1-4 近场区地震构造图

## (2) 地层岩性

根据实地调查及周边工程勘察资料，区域内的地层、岩石及地质构造特征从新到老排列为：第四系地层（Q）、泥盆系砂岩及灰岩、燕山期花岗岩及花岗闪长岩。本次钻孔揭露的各岩土层由上至下分述如下：

### 1) 人工填土（Q<sup>ml</sup>）层

a. 浜底淤泥（地层代号①<sub>1</sub>层）：灰色、黑灰色，土质均匀、细腻，含有机质，具腥臭味。呈饱和、流塑状态。分布于线路北侧的鱼塘、河流区域。

### b. 杂填土（地层代号①<sub>2</sub>层）：

杂色、黄褐色，主要由沥青、砼路面及碎石垫层组成，含碎砖块、石块、混凝土碎块等建筑垃圾及少量的生活垃圾组成，夹少量的灰色粘性土和中粗砂。呈湿、松散状态。本层仅在ZK14孔揭露。

### c. 素填土（地层代号①<sub>3</sub>层）：

黄褐色、灰色，由粘性土混杂少量花岗岩风化碎岩块、中粗砂回填而成，局部混淤泥、水泥块，夹植物根茎较多。呈湿、松散~稍密状态，不均匀，性质变化大。主要分布于场地南侧厚朴道及既有道路内。

**d.填石（地层代号①<sub>4</sub>层）：**

填石，亦称抛石，黄褐色、灰色、青灰色为主，主要由砂岩或花岗岩中风化、微风化岩块组成，混杂粘性土。岩块粒径大小不一，岩块之间有空洞现象。夹杂少量粘性土和中粗砂，成湿、松散状态。主要分布于既有道路、琴海北路及海堤等处。

**e.冲填土、素填土（回填砂）（地层代号①<sub>5</sub>层）：**

黄褐色、褐灰色，主要由粉细砂组成，夹杂少量粘性土及中粗砂、碎石块。呈湿~饱和、松散状态。马骝洲水道以南区域基本遍布。

**2) 第四系海相沉积层 (Q<sub>4</sub><sup>mc</sup>) 层****a.淤泥（地层代号②<sub>1</sub>层）：**

灰色、深灰、灰黑色，含少量有机质，具腥臭味，无摇振反应，稍有光泽，干强度及韧性低，饱和，流塑。有机质含量为2.81%，局部富集贝壳碎屑。呈饱和、流塑状态。场区内普遍分布。

**b.黏土（地层代号②<sub>2</sub>层）：**

褐黄色、棕红色、灰色，含少量高岭土，局部含砂粒，粘感较强（局部相变为粉质黏土），土质较均匀。呈饱和、可塑状态（局部为硬塑状态）。无摇振反应，稍有光泽，干强度及韧性中等。分布较普遍，层位、层厚变化较大。

**c.粉质黏土（地层代号②<sub>3</sub>层）：**

褐黄色、灰黄色、灰色，夹薄层粘性土及细砂。呈饱和、可塑状态。局部层底夹石英碎石。呈饱和、稍密状态。多呈透镜体形式分布，分布不普遍，层位、层厚变化较大。

**d.淤泥质黏土（地层代号②<sub>4</sub>层）：**灰色、灰黑色，土质松软，含少量有机质，具腥臭味。呈饱和、流塑状态。无摇振反应，稍有光泽，干强度及韧性低。呈透镜体分布，层位、层厚变化较大。

**3) 第四系残积土 (Q<sub>4</sub><sup>el</sup>) 层****砾质粘性土（地层代号④层）：**

褐黄、灰白色、青灰色，系由砂岩原地风化而成，原岩结构较清晰，大部分矿物已风化成土状，残留矿物成分主要为石英，岩芯呈土柱状，粘性较差，手捏易散，遇水易软化。呈饱和、可塑-硬塑状态。局部为砂质粘性土及粘性土。层位、层厚变化较大。

#### 4) 泥盆系砂岩 (D) 层

##### a. 全风化砂岩 (地层代号⑤<sub>1</sub> 层) :

属极软岩, 褐黄色, 褐灰色, 咖啡色, 绝大部分矿物已风化成土状, 可见残余结构, 手捏有砂感; 岩芯呈土柱状, 合金钻具易钻进, 岩石主要由石英、少量岩屑及砾石组成, 砾状、碎块状残留砂状结构。

##### b. 强风化砂岩 (地层代号⑤<sub>2</sub> 层) :

属极软岩, 褐灰色, 褐黄、青灰色, 大部分矿物风化显著, 节理裂隙较发育, 岩体完整程度为破碎, 岩体基本质量等级为V类, 岩芯碎块状, 夹少量土状风化物, 合金钻具钻进较难, 岩石主要由石英及少量长石、白云母、石英岩组成, 见氧化铁交混形成的变余砂状结构。呈碎块状、短柱状。

工程地质钻孔平面布置图、剖面图及典型钻孔柱状图见图 4.1-5~4.1-7。

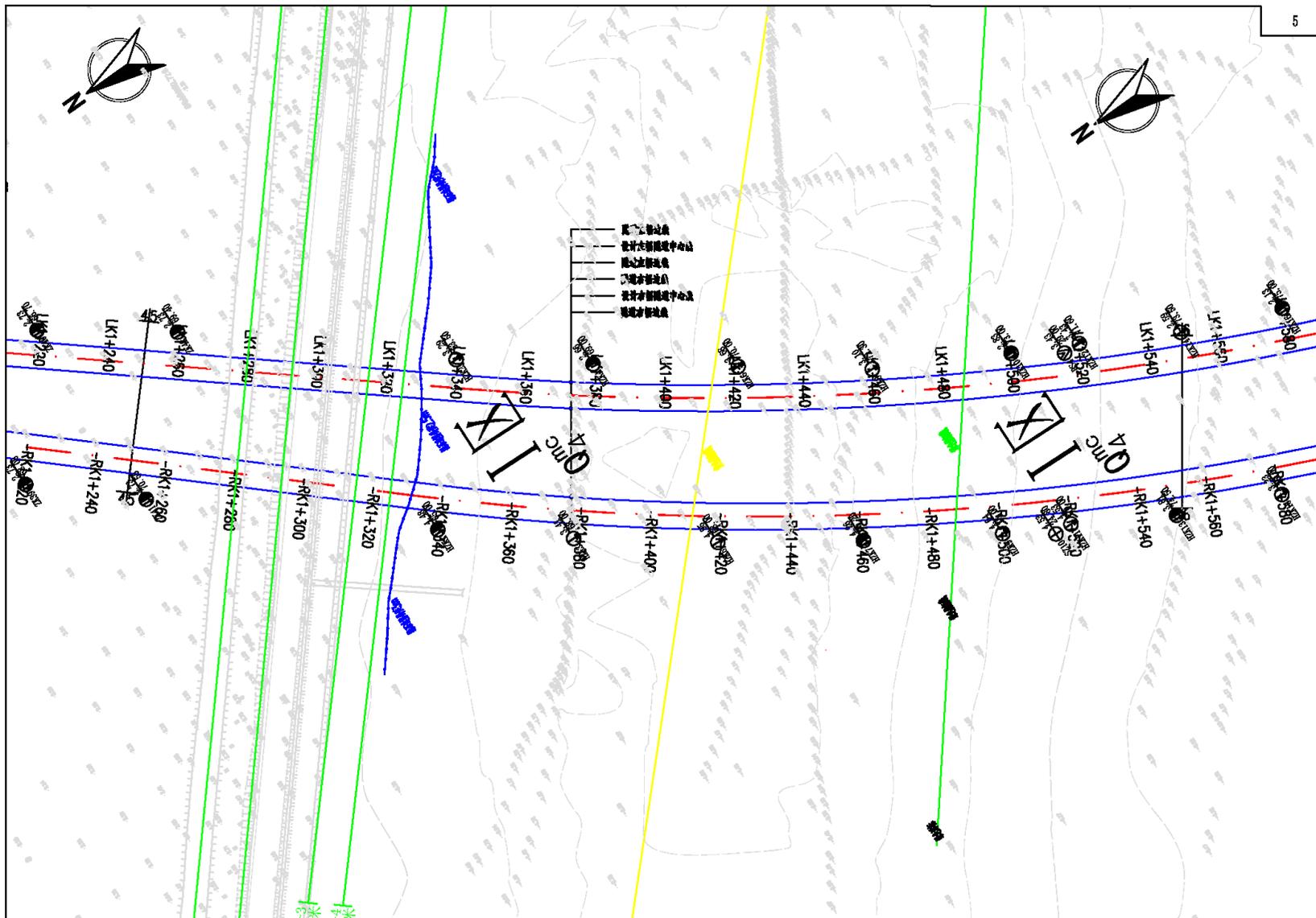


图 4.1-5(a) 盾构段钻孔平面布置图

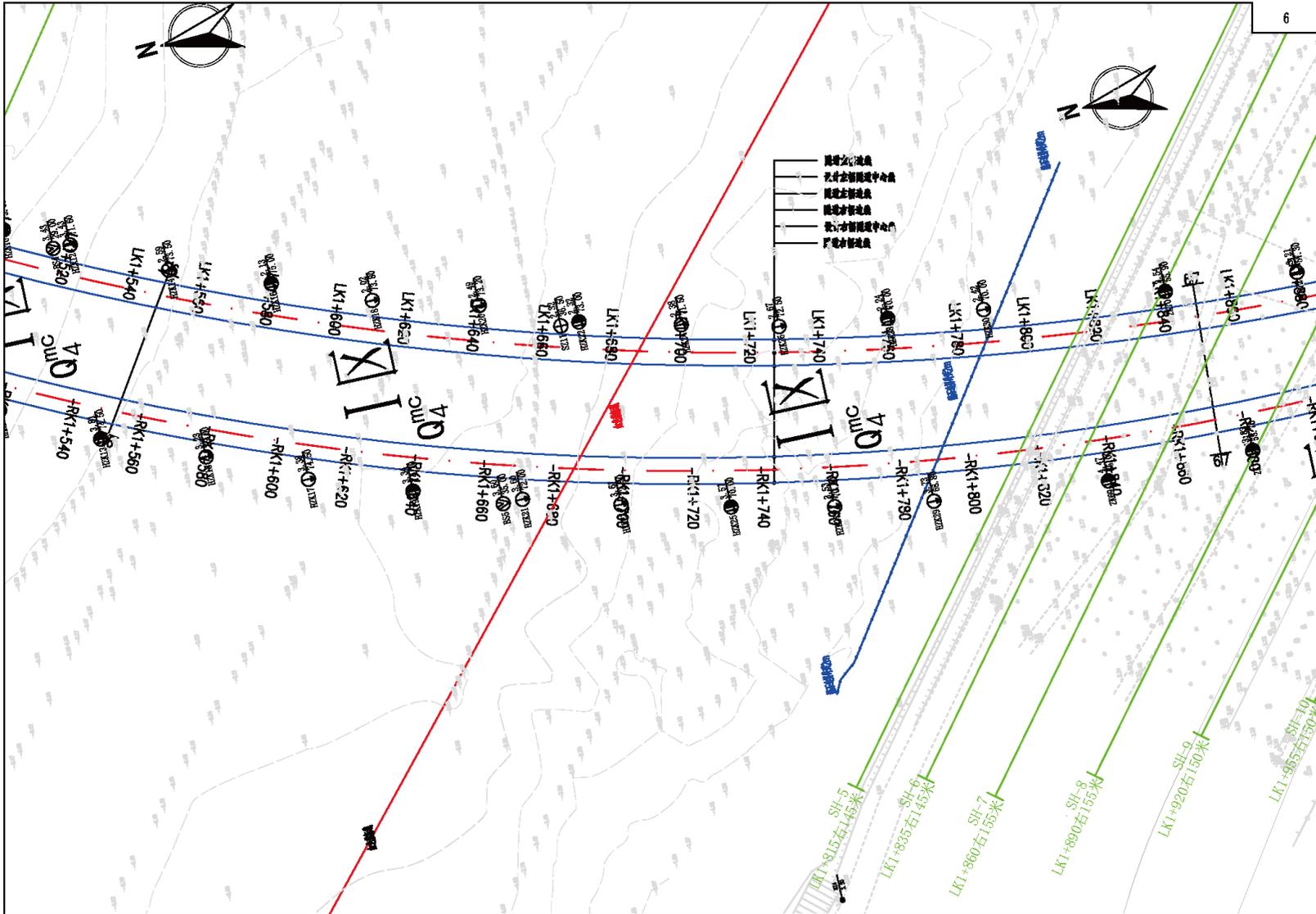


图 4.1-5(b) 盾构段钻孔平面布置图

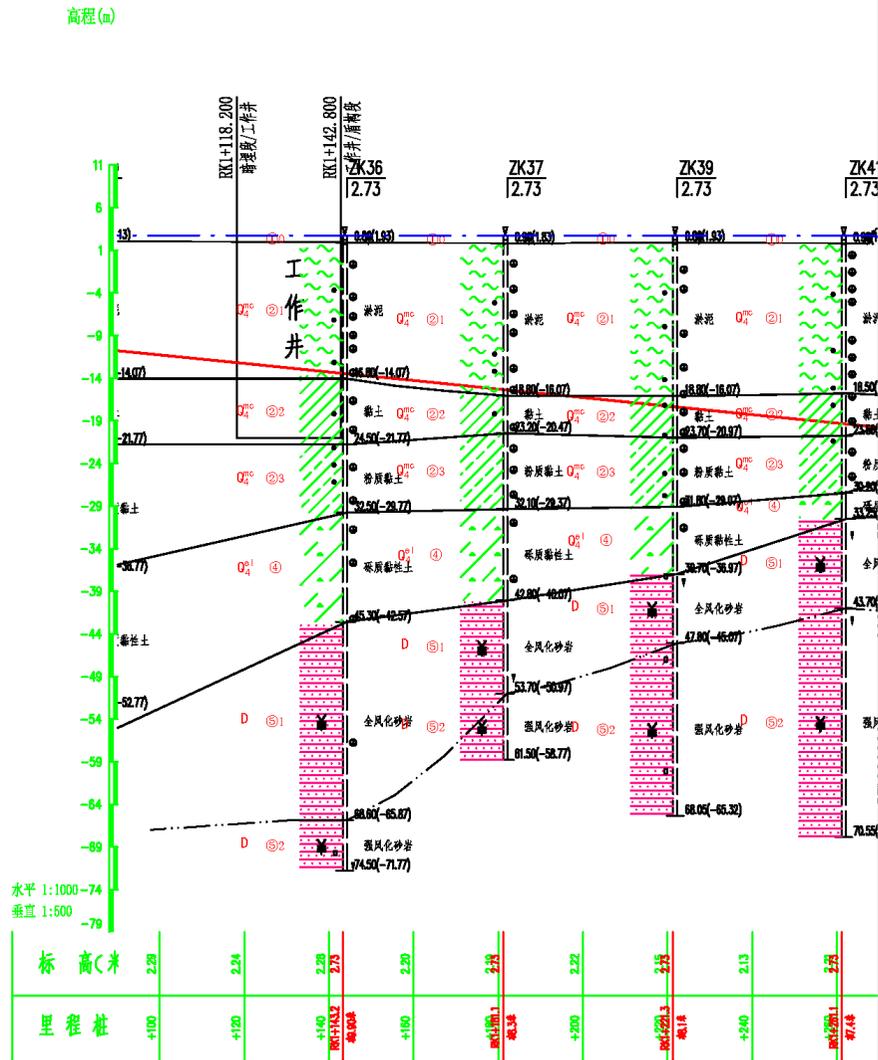


图 4.1-6 右线盾构段钻孔剖面图 (1)











































图 4.3-2 北侧接线道路所在洪湾片区现状



图 4.3-3 南侧接线道路所在横琴片区现状

### 4.3.3 海域使用权属现状

根据动管系统查询信息，项目周边 5km 内的海域权属活动有广东省珠海水上交通检查站、中国海监广东省总队粤中维权执法基地扩建项目、珠海洪鹤大桥工程、珠海港洪湾港区一期工程、珠海港洪湾港区二期工程、西域（珠海保税区）物流有限公司重件码头结构加固工程、珠海市南屏均昌船厂码头及滑道工程、珠海市金港路横琴北段（横琴二桥）工程、横琴新区马骝洲交通隧道（横琴第三通道）新建工程、番禺/惠州天然气开发项目，权属信息如表 4.3-2 所示。

表 4.3-2 项目周边用海活动权属信息表

序号	项目名称	使用权人	用海面积 (公顷)	用海类型	用海方式
1	广东省珠海水上交通检查站	广东省珠海航道局珠海市交通运输局	0.5682	港口用海	透水构筑物、港池蓄水
2	中国海监广东省总队粤中维权执法基地扩建项目	中国海监广东省总队	1.3091	其他用海	透水构筑物、港池蓄水
3	珠海洪鹤大桥工程	珠海交通集团有限公司	46.6295	路桥用海	透水构筑物、非透水构筑物、跨海桥梁
4	番禺/惠州天然气开发项目	中海石油(中国)有限公司	394.43	油气开采用海	透水构筑物、海底电缆管道
5	珠海市南屏均昌船厂码头及滑道工程	珠海市南屏均昌船厂	4.894	船舶工业用海	透水构筑物、港池蓄水
6	横琴新区马骝洲交通隧道(横琴第三通道)新建工程	珠海大横琴投资有限公司	2.8093	海底隧道用海	海底隧道
7	珠海市金港路横琴北段(横琴二桥)工程	珠海交通集团有限公司	2.8566	路桥用海	跨海桥梁
8	西域(珠海保税区)物流有限公司重件码头结构加固工程	西域(珠海保税区)物流有限公司	0.6245	港口用海	透水构筑物
9	西域(珠海保税区)物流有限公司重件码头结构加固工程	西域(珠海保税区)物流有限公司	1.8782	港口用海	透水构筑物、港池蓄水
10	珠海港洪湾港区洪湾港务公司二期工程(第二阶段)项目	珠海港洪湾港务有限公司	2.5138	港口用海	透水构筑物、港池蓄水
11	珠海港洪湾港区二期工程(第一阶段)	珠海港洪湾港务有限公司	1.7392	港口用海	透水构筑物、港池蓄水
12	珠海港洪湾港区一期工程	珠海港洪湾港务有限公司	4.33	港口用海	港池、蓄水等

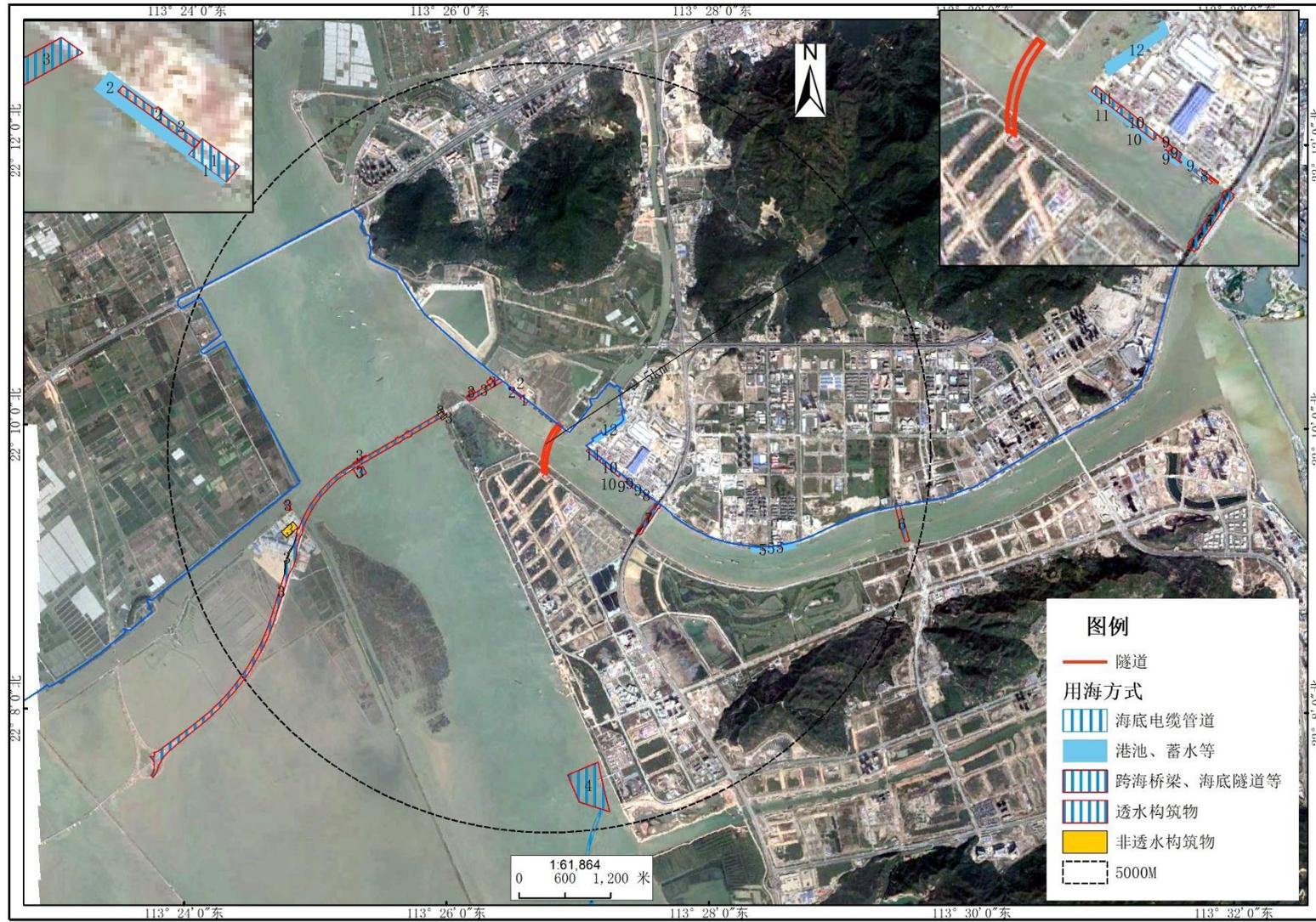


图 4.3-2 项目周边用海权属图

## 4.4 主要环境敏感目标概况

### 4.4.1 沿海水道

#### (1) 马骝洲水道

本项目盾构隧道从马骝洲水道下方穿越，马骝洲水道位于保税区和横琴新区之间，是 20 世纪 80~90 年代水利部门对磨刀门实施整治工程后“一主一支”的一支，分流量约占磨刀门泄量的 28%。马骝洲水道从珠海大桥至澳门灯桩，全长约 14.2km，是粤西各地通往港、澳的重要水道，马骝洲水道经规划整治后，形成河面宽 500m，呈单一、稳定的通航水道，并受导堤的约束作用。目前马骝洲航道维护等级为三级航道，可供 1000 吨级的船舶航行，航道底高程为 -5.104~-5.844m。马骝洲水道浅滩多、航道弯窄、船舶通航密集、航线纵横交错，通航环境复杂。据统计，马骝洲水道船舶平均日流量达 450 艘次，高峰期超过 500 艘次。船流高峰期为 0400 至 0800 时和 1200 至 1600 时。2012 年 12 月，广东省海事局印发《珠海马骝洲水道通航安全管理规定》，要求 1000 总吨及以上海船、2000 总吨及以上内河船、高速客船等相关指定类船舶进入马骝洲水道时，需通过甚高频无线电话向珠海 VTS 中心报告，高速客船通过马骝洲水道必须限速 20 节以下。

#### (2) 磨刀门水道

本项目上游 1.8km 处为磨刀门水道，磨刀门水道自斗门莲溪镇螺洲溪口入境，至横琴石栏洲入海，境内全长 42 千米。上游段水道顺直，河宽 800-1200 米；中游水道形态较为复杂，左岸有中山神湾水道汇流，河宽增加至 4000 米，相继浮现大排沙、磨刀沙、竹排沙等江心洲；下游段河势又趋平顺，河宽保持在 2000 米左右，河中浮露二排沙、三排沙两个沙洲，左岸先后有前山水道、洪湾水道（马骝洲水道）分流入澳门水域，右岸有天生河、鹤洲水道分流入白龙河出海。

磨刀门是珠江的主要入海口门，其泄洪、排沙量居八大入海口门之首，多年平均径流量达 923 亿立方米，约占珠江入海泄量的 28.37%，多年平均输沙量为 2700 万吨，约为马口站输沙量的 37.2%。

### 4.4.2 湿地公园

本项目隧道南岸西北方向 0.45km 处为滨海湿地公园（芒洲湿地片区）。该湿地公园总面积约三百九十二公顷，包括芒洲湿地片区和二井湾红树林湿地片区。

芒洲片区约 60 公顷，是城市湿地生态专题的宣教展示和精品休闲社交的公共公园；二井湾片区面积约 332 公顷，主要是围绕滨海红树林生态专题的重点修复、鸟类招引及观赏公园来建设的。2017 年 12 月，二井湾片区湿地公园经国家林业局批复同意设立为“广东珠海横琴国家湿地公园”，面积为 327.4 公顷。

根据《横琴湿地动植物调查报告》(包括芒洲湿地和二井湾湿地)，横琴湿地陆生脊椎动物约 74 种，占横琴岛总数(132 种)的 56.06%，占广东省(826 种)的 8.96%，占全国(2712 种)的 2.73%；无国家一级保护动物，国家二级保护物种 4 种，即虎纹蛙、黑耳鸢、红隼、褐翅鸦鹃；大型底栖动物有 61 种，分别隶属 5 门 6 纲。其中，软体动物门和节肢动物门种类最丰富，均录得 21 种，各占 34.4%；其次为脊索动物门，为 14 种，占 23.0%；最少的腔肠动物门只有 1 种；水产动物 3 门 4 纲 13 目 38 科 59 种。其中鲈形目鱼类物种数为 28 种，占绝对优势十足目虾蟹类，有 15 种二者合计占全部种数 72.9%。地方性种群：棘头梅童鱼、七丝鲚、鳓鱼、杜氏叫姑鱼、黄鳍鲷、三线舌鳎、鲈、鲻。洄游性种群：蓝圆鲹、乌鲳；两栖动物 1 目 4 科 9 种，占横琴岛(10 种)的 90.00%，占全省(61 种)的 14.75%，占全国(365 种)的 2.47%。个体数以黑眶蟾蜍，沼水蛙和泽陆蛙为优势种；爬行动物 1 目 8 科 20 种，占横琴岛(23 种)的 86.96%，占全省(130 种)的 15.38%，占全国(412 种)的 4.85%，个体数以铜蜓蜥、中国壁虎、变色树蜥、黄斑渔游蛇为优势种。记录的 20 种爬行动物，19 种为东洋界种类(95.65%)；世界广布种 1 种，即钩盲蛇。华南区物种有 9 种，占 20 种的 39.13%；华中区与华南区共有种 13 种，占 56.52%；从而形成了以华中区与华南区共有种为主的区系特征。其中世界自然保护同盟(IUCN)红色名录：易危(VU)3 种，即滑鼠蛇、银环蛇和舟山眼镜蛇；鸟类 8 目 22 科 35 种，占横琴岛(80 种)的 43.75%，占广东省的 6.94%，占全国的 2.53%。以留鸟居多，共 19 种，占 54.29%，冬候鸟种 14，占 40.00%，夏候鸟 2 种，占 5.71%。珍稀资源概况有：1) 国家二级重点保护动物 3 种，包括黑耳鸢、红隼、褐翅鸦鹃。2) 濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录 II 的鸟类 2 种，包括黑耳鸢、红隼。3) 中国濒危动物红皮书的鸟类 1 种，即褐翅鸦鹃；哺乳动物 4 目 7 科 10 种，占横琴岛(19 种)的 52.63%，占全省(124 种)的 8.06%，占全国(604 种)的 1.66%。10 种哺乳动物隶属于食虫目、翼手目和啮齿目。其中：食虫目包括鼯鼠科 1 种；翼手目包括蝙蝠科 1 种，狐蝠科 2 种；啮齿目包括鼠

科 6 种。个体数以褐家鼠、板齿鼠、小家鼠为优势种；野生维管植物 106 科 268 属 360 种，包括蕨类植物 14 科 15 属 22 种，占 6.1%；裸子植物 3 科 3 属 3 种，占 0.8%；被子植物 89 科 250 属 335 种，占 93.1 %。

#### 4.4.3 红树林

本项目隧道跨越北侧堤岸处至上游洪湾中心渔港沿岸分布有零散的红树林，从接岸栈桥 1 至广东省珠海水上交通检查站码头之间分布有 5 小片红树林，大小不一，面积共约 0.6 公顷，洪湾中心渔港外侧沿岸分布有 2 小片，面积共约 0.1 公顷，其余均为零星点缀几棵，隧道跨越处距离成片红树林的最近距离约为 150m。



#### 4.4.4 水源保护区

广场泵站位于西江磨刀门水道珠海大桥上游约 2.0km 的新围垦区内，2001 年建成投产。广昌泵站连接南屏水库和珠澳供水南系统、北系统，初步形成了“江水为主，库水为辅，江水补库，库水调咸、南北（系统）共济”的珠澳供水原水系统。泵站采用河心式取水方式，总取水能力 130 万  $m^3/d$ ，设计总装机容量 11500kW，共设 12 个机位，现已安装 10 台机组，预留 2 个机位。泵站现状取水

规模为 100 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，其中 25 万  $\text{m}^3/\text{d}$  调往澳门，45 万  $\text{m}^3/\text{d}$  调往珠海主城区各水厂，12 万  $\text{m}^3/\text{d}$  调往南区水厂，剩余 18 万  $\text{m}^3/\text{d}$  用于咸期时向南北水库群补充淡水。

根据《珠海市饮用水水源保护区区划》，广昌泵站属于饮用水源保护区，水源保护区总面积 1662.08 公顷，其中一级保护区面积 228.04 公顷，水域范围为取水点上游 1500 米到下游 1500 米以内，取水点一侧堤岸到河道中泓线，陆域范围长度与水域范围长度一致，宽度为取水口一侧防洪堤内侧至防洪堤外侧距离。二级保护区面积 1434.04 公顷，水域范围为距离一级保护区上边界向上延伸 7500 米，距一级保护区下边界向下游延伸 1000 米，陆域范围与一级、二级保护区水域范围长度一致，宽度为一级保护区陆域外边界纵深 500 米和取水口一侧二级保护区水域沿岸陆域纵深 500 米。水质目标为 III 类。

表 4.4-1 广昌泵站饮用水源保护区区划方案

保护区名称和级别		水质目标	保护区面积 (公顷)	区划水域范围	区域陆域范围
广昌泵站 饮用水源 保护区	一级	III	228.04	长度：取水点上游 1500 米到下游 1500 米以内的河段； 宽度：取水点一侧堤岸到河道中泓线。	长度：与一级保护区水域长度相等； 宽度：取水口一侧防洪堤内侧至防洪堤外侧距离。
	二级	III	1434.04	长度：距一级保护区上边界向上延伸 7500 米，距一级保护区下边界向下游延伸 1000 米； 宽度：防洪堤内珠海市水域宽度	长度：与一级、二级水域保护区河长相等； 宽度：一级保护区陆域外边界纵深 500 米，和取水口一侧二级保护区水域沿岸陆域纵深 500 米。



广昌泵站

#### 4.4.5 水工结构物

##### (1) 海堤

项目所在马骝洲水道流域南、北岸均有海堤工程。其中，北岸南湾片区堤防工程属于中珠联围珠海段工程，经过多年建设现已基本形成，现堤防总长 22.26km，包括新洪段、洪湾北段和湾仔城区段 3 部分。本项目所在的新洪段自新围仔至洪湾水闸全长为 8.0km，近年已按 100 年一遇的标准进行达标加固。海堤结构形式为混凝土结构，临水域侧采用抛石挤淤方式进行处理。左线 LK1+286.67~LK1+302.53、右线 RK1+285.61~RK1+302.77 范围采用盾构法下穿北侧堤岸工程，隧道与堤岸的竖向距离约 9.5m。

南岸横琴新区外江堤防属于滨海次干路堤岸和景观工程，目前堤顶路面、临水侧护坡和亲水平台已实施完成，可见完好的堤身胸墙及防汛抢险通道，设计防洪（潮）标准为 100 年一遇，堤顶高程为 3.1m。海堤结构形式为混凝土结构，临水域侧纵向约 22m 范围采用 200~300kg 抛石护堤，地基采用塑料排水板进行加固，左线 LK1+818.6~LK1+828.26、右线 RK1+818.45~RK1+828.11 范围采用盾构法下穿南侧堤岸工程，隧道与堤岸的竖向距离约 15.7m，塑料排水板侵入隧道最大约 5.9m。

##### (2) 水闸

马骝洲水道流域南湾片区现状共有 2 座外江水闸，即洪湾水闸、洪西水闸，集中在中珠联围和洪湾渠，设防标准分别为 100 年一遇和 20 年一遇。洪西水闸负责洪西村及其农田的排水、灌溉和通航。

##### (3) 跨海桥梁

洪鹤大桥一位于本项目上游，最近距离约 0.98km。洪鹤大桥是位于珠海大道南侧的东西向交通要道，起点位于珠海市香洲区南屏镇洪湾，终点与江珠高速延长线及鹤港高速相交、设鹤洲南互通。路线全长 9.654 公里，按双向六车道独立大桥标准建设，设计时速为 100km/h，是目前世界最大跨度串联式斜拉桥，项目总投资 39.75 亿元。2020 年 8 月 26 日，洪鹤大桥全线贯通，2020 年 12 月 15 日正式通车。

横琴二桥—位于本项目下游，最近距离约 1.5km。全桥分为南、北引桥及洪湾水道主桥。横跨洪湾水道主桥长度为 600 米，桥面宽 37.2 米，采用钢桁拱桥

结构形式，南北引桥均采用整幅大挑臂展翅箱梁结构。桥面为双向六车道，按高速公路标准，设计时速 100 公里/小时。主桥通航孔净高 24 米，通航孔净宽 180m。

#### (4) 海底隧道

马骝洲交通隧道是横琴岛的第三通道，又称横琴隧道，位于珠海市南湾城区和横琴新区，海底隧道横跨马骝洲水道，东距横琴大桥 2300 米，西离横琴二桥 3500 米，通道路线全长 2802.73 米，隧道长 2200 米，其中盾构段长 1082 米。隧道于 2018 年 10 月竣工通车。

#### 4.4.6 重要渔业水域

根据 2002 年 2 月农业部 189 号公告发布的《中国海洋渔业水域图(第一批)》，本工程评价水域位于其中的“幼鱼、幼虾保护区”和“南海北部幼鱼繁育场保护区”内，见图 1.7-2 和图 1.7-3，两个渔业水域保护目标的范围及保护要求如下：

**幼鱼、幼虾保护区：**位于广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日。

**南海北部幼鱼繁育场保护区：**位于南海北部及北部湾沿岸 40 米等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1 月至 12 月。

表 4.4-2 幼鱼繁育区 17 个基点地理位置表

基点编号	东经	北纬	基点编号	东经	北纬
第一基点	117°40'	23°10'	第十基点	109°00'	18°00'
第二基点	117°25'	23°00'	第十一基点	108°30'	18°20'
第三基点	115°10'	22°05'	第十二基点	108°20'	18°45'
第四基点	114°50'	22°05'	第十三基点	108°20'	19°20'
第五基点	114°00'	21°30'	第十四基点	109°00'	20°00'
第六基点	111°20'	21°00'	第十五基点	108°50'	20°50'
第七基点	111°35'	20°00'	第十六基点	108°30'	21°00'
第八基点	110°40'	18°30'	第十七基点	108°30'	21°31'
第九基点	109°50'	17°50'			

## 5 环境现状调查与评价

本次海洋环境现状调查以收集历史资料为主，现场补充调查为辅的原则开展。

### 5.1 水文动力环境现状调查与评价

#### 5.1.1 调查概况

海南安纳检测技术有限公司于 2020 年 4 月 26 日~27 日大潮期在项目工程海区开展了春季水文调查工作，在横琴岛周边海域共布设了 6 个海流观测站和 2 个临时潮位站进行观测。见图 5.1-1 和表 5.1-1。



图 5.1-1 项目用海区水文观测站位示意图

表 5.1-1 项目用海区水文观测站位表

站位	东经 E	北 纬 N	观测内容	调查时间
C1	113°31'06.78"	22°09'57.36"	潮流	2020 年 04 月 26 日 10:00 ~04 月 27 日 11:00
C2	113°28'06.80"	22°09'02.25"	潮流	

C3	113°25'08.45"	22°10'25.89"	潮流、潮位
C4	113°26'42.03"	22°07'11.84"	潮流
C5	113°31'48.81"	22°03'35.17"	潮流、潮位
C6	113°29'35.70"	22°04'30.48"	潮流

### 5.1.2 潮汐特征

根据本次实测潮位数据，通过水准测量，将潮高基面统一转化到 1985 国家高程基准，得到潮位观测结果，C5 站位于外侧海域，潮汐受波浪影响观测数据呈高低起伏状。摘取高、低潮位资料统计观测期间各站潮汐特征值，见表 5.1-2，图 5.1-2 为各站潮位过程曲线图。分析本海区潮汐特征如下：

观测期间一个观测周日内有两个高潮两个低潮，高、低潮潮高、潮时见表 5.1-2，C3 站高、低潮时滞后于 C5 站，其高、低潮潮高高于 C5 站，C5 站潮差略大于 C3 站。从图 3-1 可看出，潮汐的涨、落潮历时及潮差不相等，经过统计，C3 站涨潮历时为 9 小时 20 分，落潮历时为 15 小时 40 分，C5 站涨潮历时为 10 小时 40 分，落潮历时为 14 小时 20 分，潮汐日不等现象明显。

表 5.1-2 潮高、潮时统计表

站位	高潮		低潮		潮差 (m)
	潮时	潮高 (m)	潮时	潮高 (m)	
C3	26 日 10:35	1.33	26 日 19:15	-0.41	1.74
	26 日 23:55	0.56	27 日 06:55	0.18	0.38
C5	26 日 10:35	1.26	26 日 18:35	-0.83	2.09
	26 日 23:45	0.36	27 日 06:05	-0.06	0.42

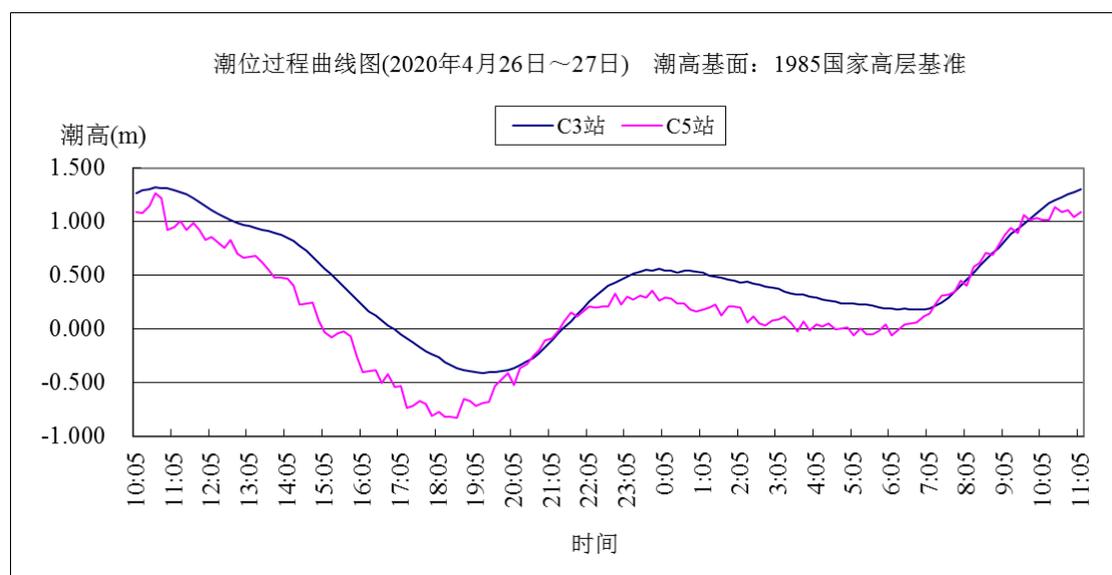


图 5.1-2 观测期间潮位过程曲线图

### 5.1.3 潮流特征

根据观测期间在横琴岛附近海域进行潮流调查提供的结果，将实测资料整理成流速、流向报表，绘制潮流玫瑰图，取潮位整点观测资料绘制出不同潮期各站流速、流向分布图，并对涨、落潮期流速特征值进行统计，见表 5.1-3，分析观测期间工程海域潮流特征如下：

(1) 位于潮汐通道内的 C1~C4 站潮流呈明显的往复流，涨、落潮流向与潮汐通道走向一致，C1、C2 站涨潮为偏 W 向，落潮为偏 E 向，C3、C4 站涨潮为偏 NNW 向，落潮为偏 SSE 向；C5、C6 站潮流受岸滩反射等影响流向较发散。

(2) C1~C4 站转流时刻基本出现在高、低潮时附近，既高、低潮时刻潮流流速最小，而最大流速大致出现在半潮面附近，可认为 C1~C4 站位潮波传播的类型与驻波较为相似。

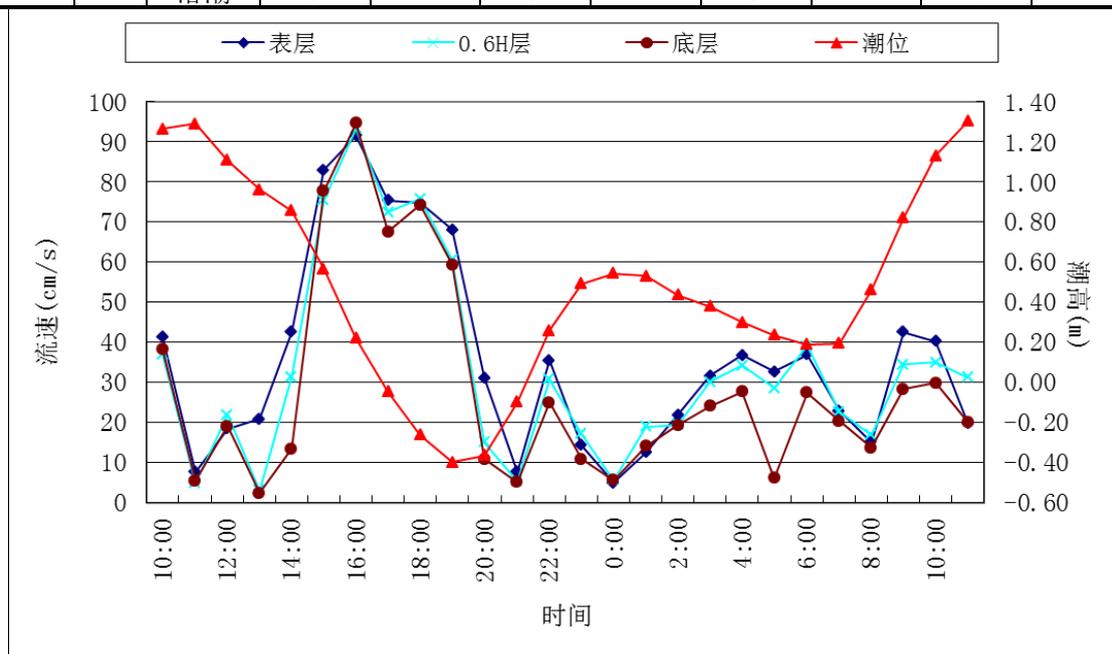
(3) 位于潮汐通道内部的 C1、C3、C4 站由于束水作用潮流流速较大，而 C2 站处于弯道处其流速略小，位于相对封闭海湾内的 C6 站由于潮动力减弱流速最小；各站潮流表、中、底层流速分层不太明显。最大流速出现在 C4 站 0.6H 层，流速为 133cm/s，流向为 SE 向。各站表层流速介于 2cm/s~111cm/s 之间，0.6H 层流速介于 2cm/s~133cm/s 之间，底层流速介于 1cm/s~118cm/s 之间。

(4) 从流速最大值及平均值来看，C1、C3、C4 站潮流涨潮最大流速及涨潮流速平均值均小于落潮时，C2、C5、C6 站反之。涨、落潮潮流流速最大值最大相差 57cm/s，出现在 C1 站底层；涨、落潮潮流流速平均值最大相差 18cm/s，出现在 C4 站表层。

表 5.1-3 实测海流海流分层流速特征值统计表

站号	参数值	潮段	表层		0.6H 层		底层		垂线平均	
			流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °	流速 cm/s	流向 °
C1	最小值	涨潮	8	127	5	92	5	155	5	125
		落潮	5	179	3	283	2	245	3	279
C2		涨潮	5	266	5	269	7	251	4	196
		落潮	3	123	3	65	1	114	2	66
C3		涨潮	4	62	4	131	2	307	2	84
		落潮	7	69	6	52	5	55	6	60
C4		涨潮	13	344	15	357	13	315	13	340
		落潮	13	156	6	90	4	194	5	101
C5		涨潮	5	222	12	54	11	36	9	332
		落潮	5	238	4	120	5	64	5	199
C6	涨潮	4	145	3	160	3	135	1	149	

C1	最大值	落潮	2	265	2	230	3	234	0.32	340
		涨潮	43	251	37	238	38	243	39	237
C2		落潮	92	87	93	86	95	92	93	88
		涨潮	21	280	25	289	24	276	23	280
C3		落潮	18	153	20	85	26	101	17	110
		涨潮	72	334	65	326	57	329	64	330
C4		落潮	71	160	70	156	66	157	69	158
		涨潮	81	161	81	336	96	335	77	336
C5		落潮	111	140	133	154	118	164	117	147
		涨潮	41	27	39	29	37	28	39	28
C6		落潮	27	22	30	115	29	66	26	21
		涨潮	11	97	10	128	10	146	9	127
平均值	C1	落潮	11	327	8	308	9	323	9	317
		涨潮	27	—	25	—	20	—	23	—
	C2	落潮	41	—	38	—	34	—	37	—
		涨潮	13	—	14	—	15	—	13	—
	C3	落潮	9	—	11	—	12	—	10	—
		涨潮	36	—	33	—	30	—	33	—
	C4	落潮	39	—	37	—	34	—	36	—
		涨潮	42	—	44	—	48	—	44	—
	C5	落潮	60	—	59	—	53	—	55	—
		涨潮	21	—	28	—	25	—	24	—
	C6	落潮	14	—	16	—	17	—	13	—
		涨潮	7	—	7	—	6	—	6	—
C6	落潮	5	—	5	—	5	—	4	—	



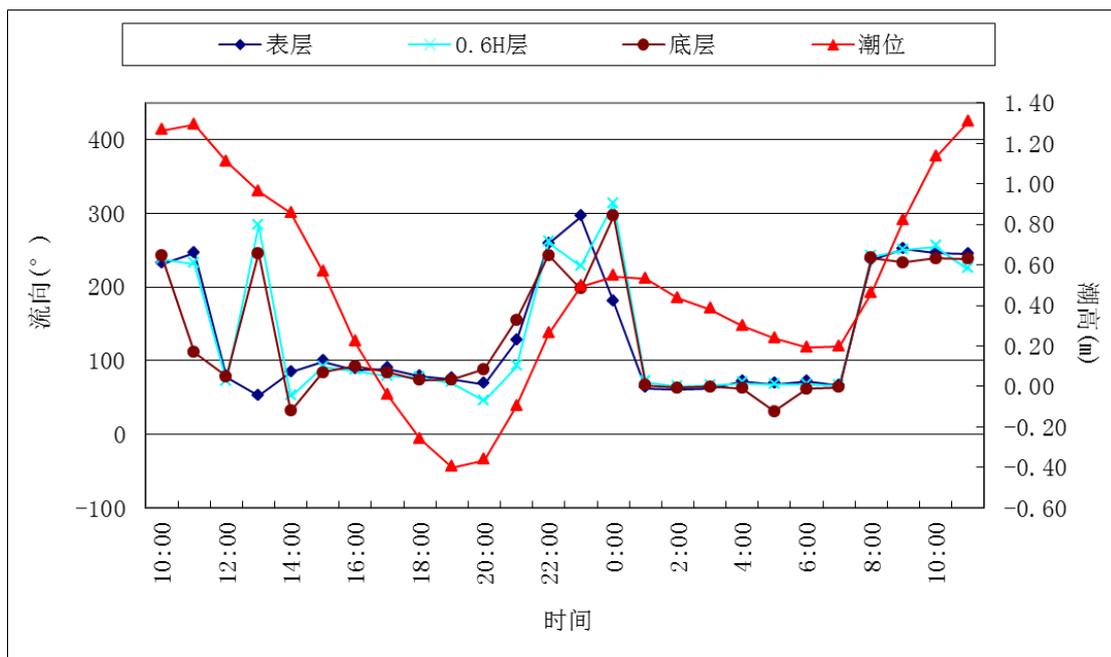
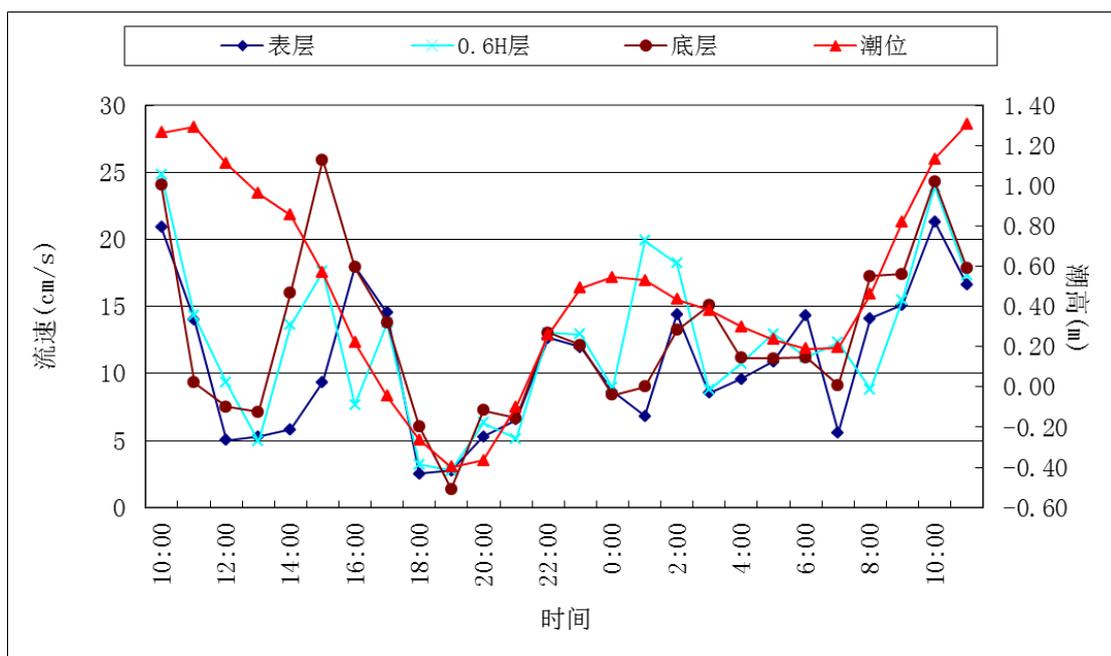


图 5.1-3 C1 站流速、流向过程曲线图



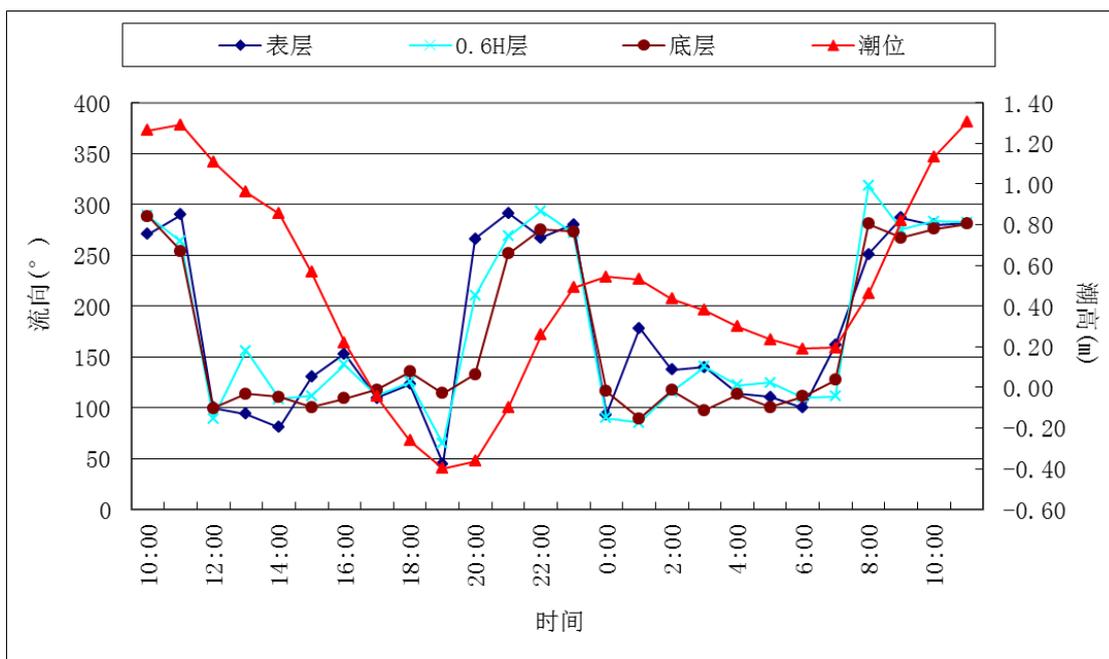
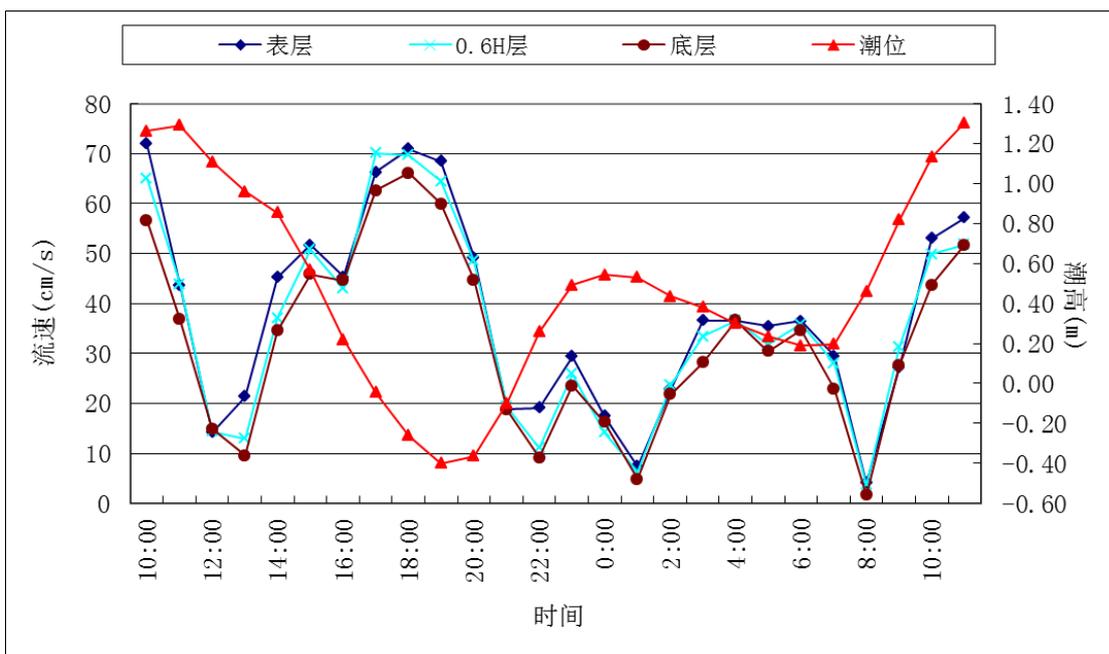


图 5.1-4 C2 站流速、流向过程曲线图



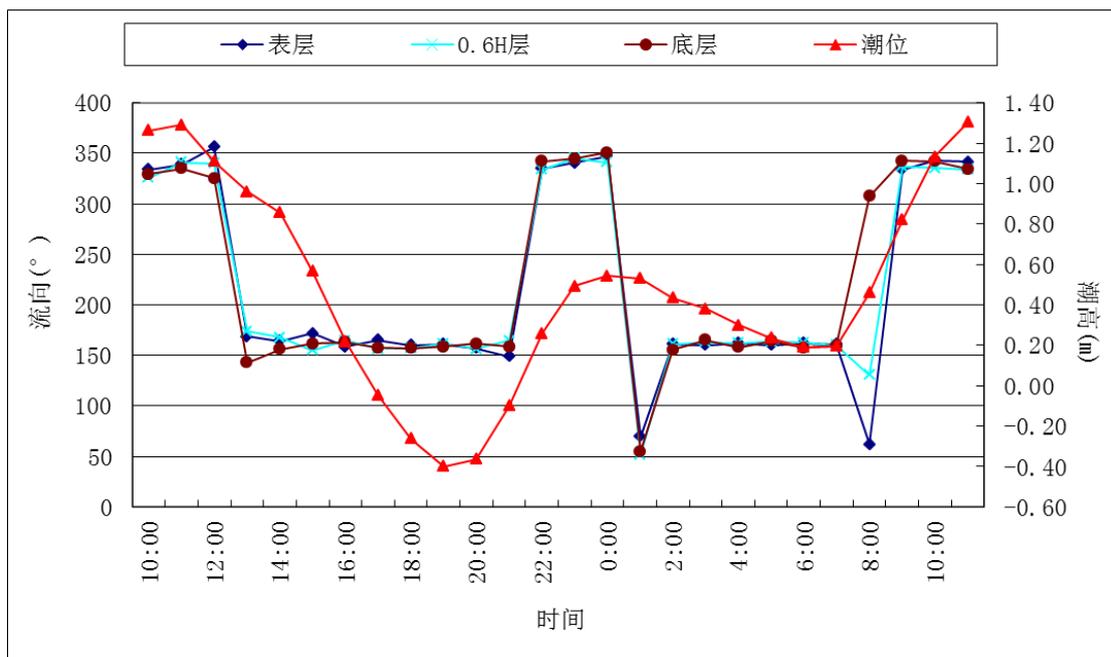
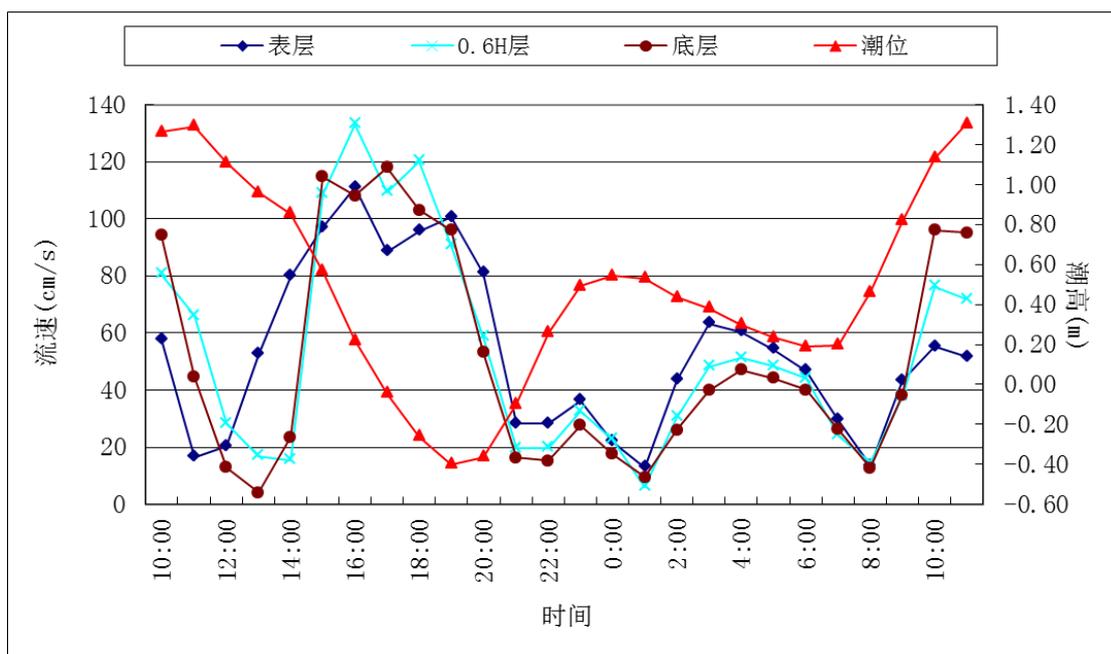


图 5.1-5 C3 站流速、流向过程曲线图



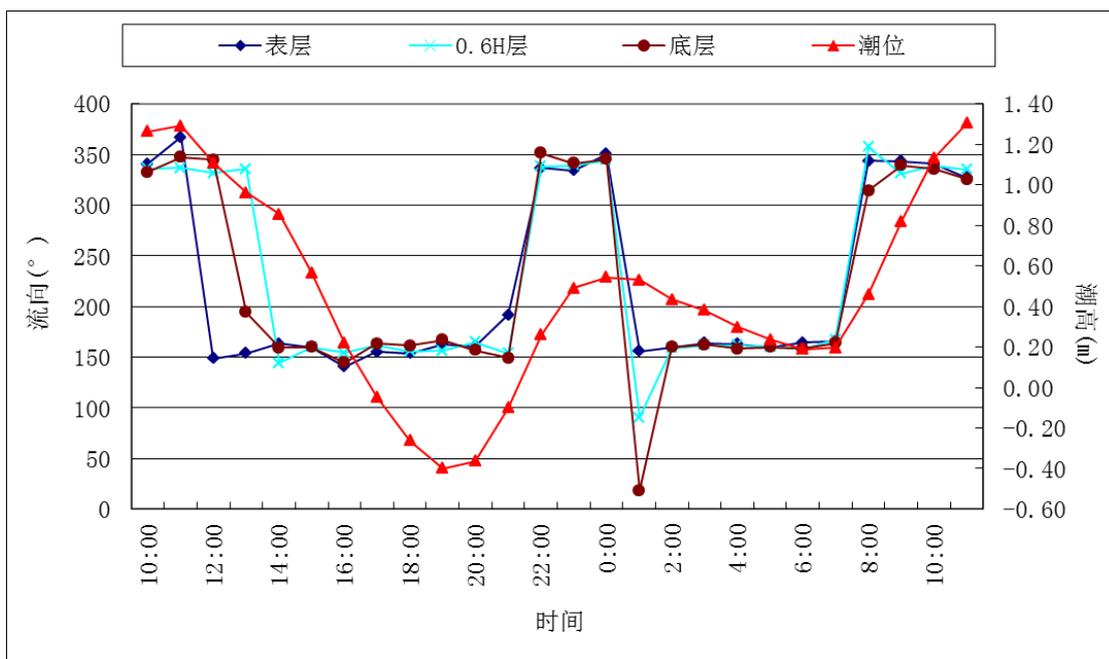
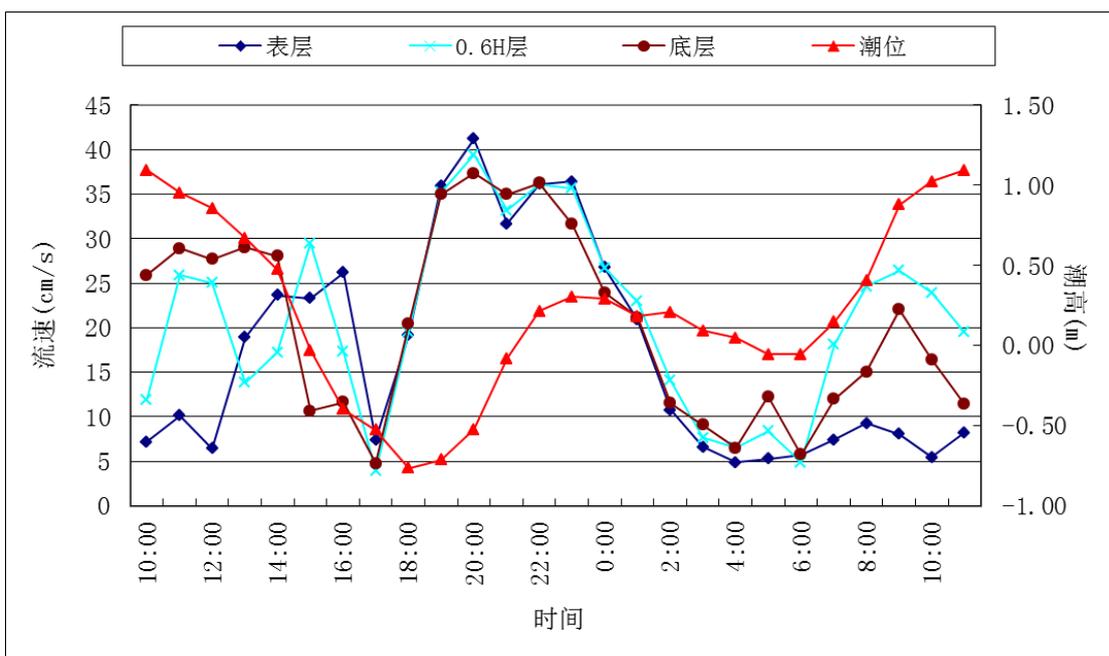


图 5.1-6 C4 站流速、流向过程曲线图



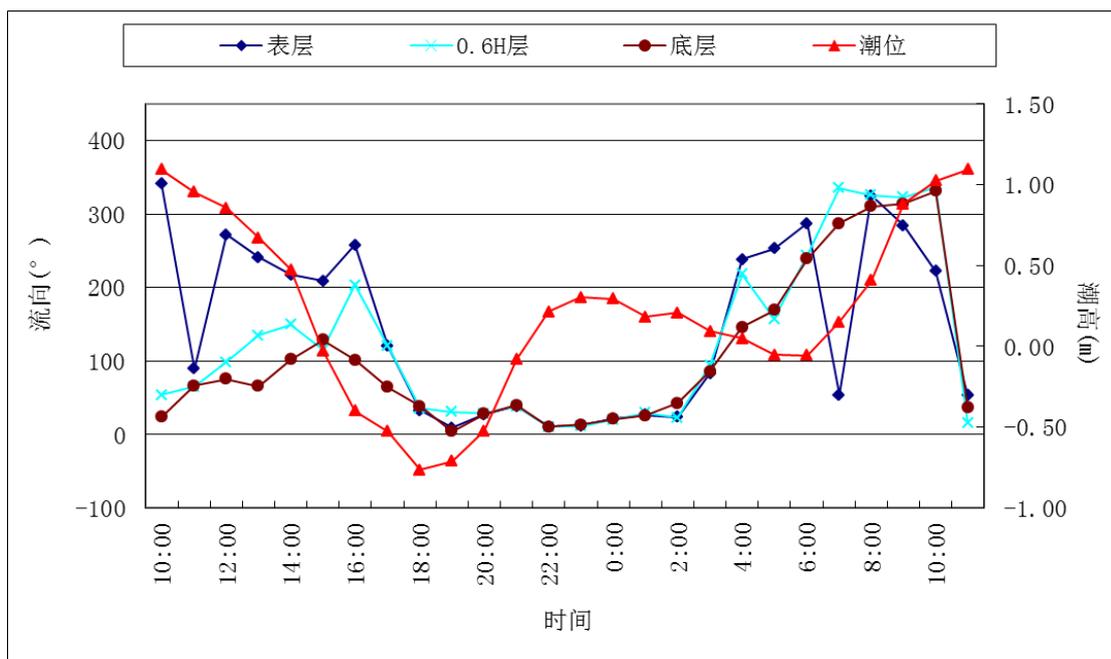


图 5.1-7 C5 站流速、流向过程曲线图

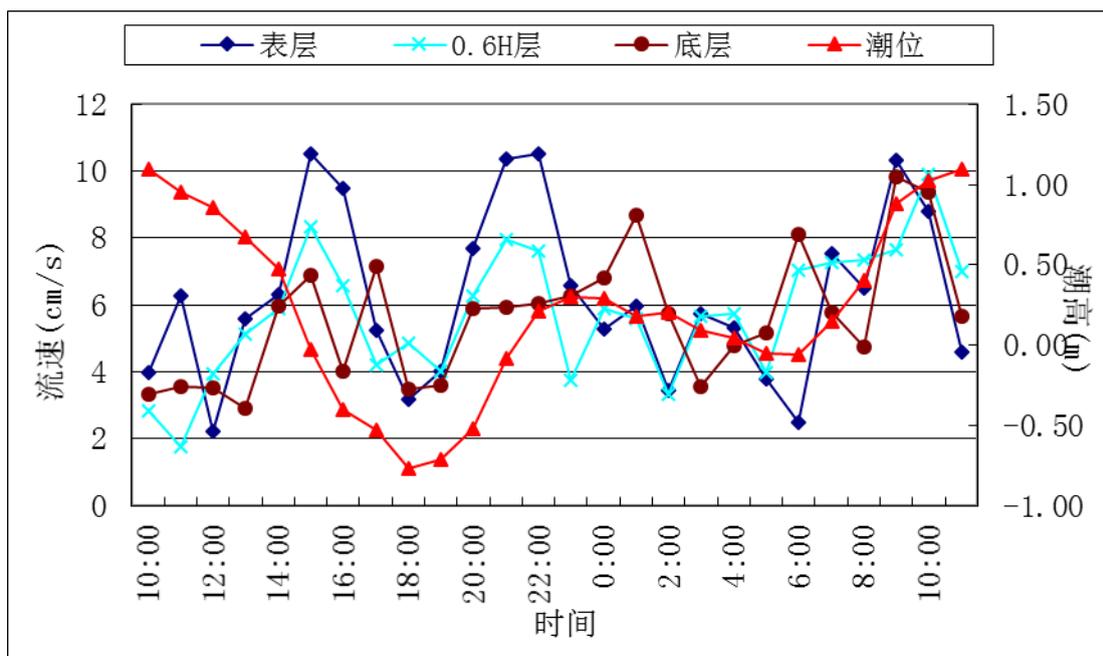






图 5.1-10 大潮期各站 0.6H 层潮流玫瑰图



图 5.1-11 大潮期各站底层潮流玫瑰图



































































































站号	样品名称	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
	软体类平均值	0.64	0.011	3.66	0.120	2.92	0.41	19.60	6.05
	贝类平均值	0.73	0.014	4.41	0.180	1.75	0.18	15.10	4.61

表 5.5-22 2017 年 11 月生物体内主要污染物质的含量状况 (单位:  $\times 10^{-6}$ )

站号	样品名称	总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油烃
Z01	鲮鱼	0.034	2.8	1.4	1.62	0.049	14.9	0.43	2.93
Z02	杂色蛤仔	0.018	0.7	3.0	0.07	< 0.005	13.7	0.27	2.43
Z05	长蛸	0.051	6.0	2.6	6.14	0.024	8.4	0.30	2.26
Z07	日本蟳	0.055	3.9	2.6	1.03	0.025	13.6	0.47	4.08
Z08	花鲮	0.059	4.2	3.4	1.51	0.068	2.9	0.29	5.22
Z09	曼氏无针乌贼	0.024	7.6	2.3	4.97	0.005	14.3	0.40	3.33
Z10	口虾蛄	0.025	4.5	1.5	1.39	0.036	9.7	0.38	6.66
Z12	褐篮子鱼	0.062	3.6	3.6	1.09	0.012	10.4	0.38	3.26
Z13	凤鲚	0.042	4.8	2.4	1.41	0.008	15.2	0.41	2.67
Z14	龙头鱼	0.056	4.2	1.8	1.32	< 0.005	11.6	0.46	4.19
Z16	棘头梅童鱼	0.036	4.6	4.0	1.19	< 0.005	9.3	0.32	3.42
Z18	远洋梭子蟹	0.050	5.6	3.5	1.67	0.026	11.3	0.51	3.72
Z20	海鳗	0.063	3.9	2.8	1.58	0.019	7.2	0.39	3.55
全海区	鱼类平均值	0.050	4.0	2.8	1.39	0.023	10.2	0.38	3.61
	甲壳类平均值	0.043	4.7	2.5	1.36	0.029	11.5	0.45	4.82
	软体类平均值	0.038	6.8	2.5	5.56	0.015	11.4	0.35	2.80
	贝类平均值	0.018	0.7	3.0	0.07	< 0.005	13.7	0.27	2.43

## (2) 生物质量评价

2018 年 3 月调查海域生物体内重金属镉和砷含量较其他评价因子高, 其中头足类受重金属铅污染较其他种类生物严重。从平均标准指数值来看, 各大类生物中鱼类生物体内污染物的残留水平较低, 各项指标的平均标准指数值均小于 1, 满足评价标准的要求。其中鱼类、甲壳类和软体类主要受到铜的污染较其他因子重。贝类受到铅的污染较重。

2017 年 11 月调查海域生物体内重金属铅和砷含量较其他评价因子高, 其中贝类受重金属铅污染较其他种类生物严重, 这与贝类的第一类评价标准值偏低且珠江口近岸海洋生物体内铅的残留量相对较高有关。从平均标准指数值来看, 各大类生物中软体类生物体内污染物的残留水平较低, 各项指标的平均标准指数值

均小于 1，满足评价标准的要求。其中鱼类、甲壳类和软体类主要受到砷和铅的污染较其他因子重。贝类受到铅、锌和铬的污染较重。

表 5.5-23 2018 年 3 月生物质量标准指数

调查 站点	生物名称	各评价因子的标准指数 (Qij)							
		总汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	石油 烃
Z01	七丝鲚	0.02	-	0.03	0.01	0.03	0.06	-	0.02
Z02	翡翠贻贝	0.10	0.17	0.05	0.01	0.03	0.08	0.01	0.01
Z05	棘头梅童鱼	0.03	-	0.02	0.01	0.03	0.07	-	0.01
Z07	周氏新对虾	0.10	-	0.07	0.01	0.14	0.14	-	0.01
Z08	斑鱯	0.10	-	0.09	0.01	0.66	0.13	-	0.01
Z09	文蛤	0.04	0.28	0.05	0.01	0.36	0.13	0.01	0.01
Z10	口虾蛄	0.03	-	0.07	0.01	0.18	0.16	-	0.01
Z12	中国枪乌贼	0.06	-	0.08	0.01	0.24	0.13	-	0.01
Z13	鲮鱼	0.14	-	0.06	0.01	0.46	0.11	-	0.01
Z14	鲮	0.08	-	0.04	0.01	0.30	0.11	-	0.01
Z16	日本蟳	0.18	-	0.06	0.01	0.12	0.14	-	0.01
Z18	孔鰕虎鱼	0.09	-	0.09	0.01	0.18	0.12	-	0.01
Z20	红星梭子蟹	0.11	-	0.05	0.01	0.20	0.07	-	0.01

表 5.5-24 2017 年 11 月生物质量单项标准指数

调查 站点	生物名称	各评价因子的标准指数 (Qij)					
		总汞	铜	铅	镉	锌	石油 烃
Z01	鲮鱼	0.11	0.07	0.81	0.08	0.37	0.15
Z02	杂色蛤仔	0.36	0.30	0.71	0.01	0.69	0.16
Z05	长蛸	0.17	0.03	0.61	0.01	0.03	0.11
Z07	日本蟳	0.28	0.03	0.52	0.01	0.09	0.20
Z08	花鱯	0.20	0.17	0.76	0.11	0.07	0.26
Z09	曼氏无针乌贼	0.08	0.02	0.50	0.01	0.06	0.17
Z10	口虾蛄	0.13	0.02	0.70	0.02	0.06	0.33
Z12	褐篮子鱼	0.21	0.18	0.55	0.02	0.26	0.16
Z13	凤鲚	0.14	0.12	0.71	0.01	0.38	0.13
Z14	龙头鱼	0.19	0.09	0.66	0.01	0.29	0.21
Z16	棘头梅童鱼	0.12	0.20	0.60	0.01	0.23	0.17
Z18	远洋梭子蟹	0.25	0.04	0.84	0.01	0.08	0.19
Z20	海鳗	0.21	0.14	0.79	0.03	0.18	0.18

## 5.6 渔业资源现状调查

### 5.6.1 调查概况

#### (1) 调查区域和调查站位

调查区域与水环境质量现状调查区域相同，调查站位和生态调查站位相同，各调查站位的地理坐标和地理位置见 5.3 小节。

#### (2) 样品采集、储存、运输和分析

鱼卵和仔稚鱼的调查站位与浮游植物和浮游动物相同，现场调查分别采用水平拖网和垂直拖网两种方式进行采样，采集到的样品用甲醛溶液固定，带回实验室进行镜检分析、种类鉴定和个体数量计数。

游泳动物调查使用的网具为底拖网。在各计划采样站拖网采样 1 次，调查船在各站海域拖曳 0.5 小时，拖网时间的计算，从拖网曳纲停止投放和拖网着底，曳纲拉紧受力时起（为拖网开始时间）至停船起网绞车开始收曳纲时（为起网时间）止。每网次采样均分别测定和记录放网和起网时间、船位（经纬度）、平均拖速（节）和水深等参数。各网次采样的拖速按生产习惯拖速，尽量保持恒定，记取平均拖速约为 3.0 节。

各调查站的渔获样品在现场进行分析和测定。渔获样品较少（<20kg）时，将全部样品进行分析测定；渔获物较多时，先挑出大个体和稀有种类的样品，其余小杂鱼样品随机取样，再进行分析测定。各站的渔获样品均鉴定到种，渔获样品的分析按各调查站进行，分别测定和记录各渔获种类的重量、尾数和体长范围、体重范围，对各调查站的主要经济种类进行生物学测定。

### 5.6.2 渔业资源调查结果

#### 5.6.2.1 2018 年 3 月调查结果

##### 5.6.2.1.1 游泳动物

#### (1) 种类组成

调查海区共采获游泳生物 73 种，隶属 12 目 37 科。其中，鱼类 44 种，隶属 8 目 27 科；甲壳类 27 种，隶属 2 目 8 科；头足类 2 种，隶属 2 目 2 科。详见附件。各调查站游泳生物种类数的变化范围为 9~23 种，Z02 站出现的种类数最多，为 23 种；其次为 Z12 站，均为 20 种；Z18 站出现的游泳生物种类数相对较少，为 9 种。详见表 5.6-1。

## 1) 鱼类生物种类组成

本次调查共捕获鱼类生物 44 种，分属 8 目 27 科。以鲈形目为主，有 18 科 26 种，占鱼类总种数的 31.51%；其次为鲱形目，2 科 5 种。各调查站鱼类种类数的变化范围为 9~23 种，Z02 站捕获的鱼类种类数最多，为 23 种；其次为 Z13 站，为 20 种；Z18 站捕获到的鱼类种类数最少，为 9 种。

## 2) 甲壳类生物种类组成

本次调查共捕获甲壳类生物 27 种，分属于十足目和十足目。其中，十足目包括虾蛄科 4 种，十足目包括对虾科 (Penaeidae) 7 种、长臂虾科 (Palaemonidae) 2 种、鼓虾科 (Alpheidae) 1 种、玉蟹科 (Leucosiidae) 1 种、梭子蟹科 (Portunidae) 7 种、长脚蟹科 (Goneplacidae) 3 种、方蟹科 (Grapsidae) 2 种。各调查站甲壳类生物种类数量的变化范围为 4~8 种之间，其中 Z02 站捕获的种类数最多，为 8 种。

## 3) 头足类生物种类组成

本次调查共捕获头足类生物 2 种，分属于枪乌贼科 (Loliginidae) 和乌贼科 (Sepiidae)，其中乌贼科包括曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*)，枪乌贼科包括杜氏枪乌贼 (*Loligo duvaucelii*)。各调查站出现的头足类生物的种类数较少，变化范围为 0~1 种之间。

表 5.6-1 各调查站出现的游泳生物的种类组成 (种)

类别	调查站位												合计
	Z01	Z02	Z05	Z07	Z08	Z09	Z10	Z12	Z13	Z14	Z16	Z18	
鱼类	8	14	11	8	9	6	9	12	11	8	10	5	44
甲壳类	6	8	5	8	7	4	4	7	4	5	6	4	27
头足类	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2
合计	14	23	16	16	17	10	13	20	15	13	17	9	73

## (2) 渔获量

游泳生物渔获率及渔获密度在各调查站的分布情况详见表 2.6-2。由表可见，本次调查游泳生物的总渔率为 77.470 kg/h，其中鱼类、甲壳类和头足类 3 大类群的渔获重量分别为 59.219 kg/h、16.051 kg/h 和 2.200 kg/h，占总渔获重量的比例分别为 76.44%、20.72% 和 2.84%。

调查海区游泳生物渔获率的变化范围为 (0.616~15.712) kg/h，平均值为 5.959 kg/h。游泳生物渔获率最大值出现在 Z05 站，最小值出现在 Z18 站。海区各调查

站间游泳生物渔获密度的变化范围为(80~826) ind/h, 平均值为 330.8 ind/h。渔获密度最高值出现在 Z02 站, 最小值亦出现在 Z18 站。

表 5.6-2 各调查站位游泳生物渔获率和渔获密度

站位	渔获率 (kg/h)				渔获密度 (ind/h)			
	鱼类	甲壳类	头足类	总渔获率	鱼类	甲壳类	头足类	总渔获密度
Z01	3.408	0.468	0	3.876	192	84	0	276
Z02	6.49	1.898	0.62	9.008	268	542	16	826
Z05	13.24	2.472	0	15.712	360	64	0	424
Z07	3.35	1.528	0	4.878	284	86	0	370
Z08	3.084	1.358	0.06	4.502	142	50	2	194
Z09	1.042	0.28	0	1.322	158	66	0	224
Z10	2.99	0.176	0	3.166	128	38	0	166
Z12	8.462	4.1028	0.906	13.471	194	426	24	644
Z13	9.296	0.3908	0	9.687	138	190	0	328
Z14	0.638	1.052	0	1.69	76	130	0	206
Z16	3.78036	1.634	0.614	6.028	194	78	2	274
Z18	0.37	0.246	0	0.616	48	32	0	80
平均值	4.555	1.235	0.169	5.959	184.2	143.2	3.4	330.8
合计	59.219	16.051	2.200	77.470	2394.0	1862.0	44.0	4300.0
比例	76.44%	20.72%	2.84%	100%	55.67%	43.30%	1.02%	100%

### (3) 资源密度

调查海域各调查站渔获物现存重量密度和尾数密度的计算结果见表 5.6-3。由表可见, 调查海区游泳生物的总重量密度范围为(28.1~808.0) kg/km<sup>2</sup>, 其中, 重量密度最高值出现于 Z05 站, 最小值出现在 Z18 站; 尾数密度范围为(37~412) ×10<sup>2</sup> ind/km<sup>2</sup>, 最高值出现在 Z02 站, 最小值亦出现在 Z18 站。

鱼类的重量密度范围为(16.9~680.9) kg/km<sup>2</sup>, 其中, 重量密度最高值出现于 Z05 号站, 最小出现在 Z18 站; 尾数密度范围为(22~185) ×10<sup>2</sup> ind./km<sup>2</sup>, 最高值出现在 Z05 站, 最小值亦出现在 Z18。

甲壳类重量密度范围为(9.0~209.3) kg/km<sup>2</sup>, 其中, 重量密度最高值出现于 Z12 站, 最小值出现在 Z10 站; 尾数密度范围为(15~270) ×10<sup>2</sup> ind./km<sup>2</sup>, 最高值出现在 Z02 站, Z18 站的尾数密度则最低。

头足类重量密度范围为(0~46.2) kg/km<sup>2</sup>, 其中, 重量密度最高值出现于 Z12 站, 最小值出现在 Z02 等站; 尾数密度范围为(0~12) ×10<sup>2</sup> ind./km<sup>2</sup>, 最高值出

现在 Z12 站，最小值亦出现在 Z02 等站。

表 5.6-3 游泳生物出现种数、现存资源密度统计数据

站号	鱼类			甲壳类			头足类			总渔获物		
	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度	种数	重量密度	尾数密度
Z01	8	169.9	96	6	23.3	42	0	0.0	0	14	193.2	138
Z02	14	323.5	134	8	94.6	270	1	30.9	8	23	449.0	412
Z05	11	680.9	185	5	127.1	33	0	0.0	0	16	808.0	218
Z07	8	152.9	130	8	69.7	39	0	0.0	0	16	222.6	169
Z08	9	140.7	65	7	62.0	23	1	2.7	1	17	205.4	89
Z09	6	47.5	72	4	12.8	30	0	0.0	0	10	60.3	102
Z10	9	152.5	65	4	9.0	19	0	0.0	0	13	161.5	85
Z12	12	431.7	99	7	209.3	217	1	46.2	12	20	687.3	329
Z13	11	424.2	63	4	17.8	87	0	0.0	0	15	442.0	150
Z14	8	32.8	39	5	54.1	67	0	0.0	0	13	86.9	106
Z16	10	168.9	87	6	73.0	35	1	27.4	1	17	269.4	122
Z18	5	16.9	22	4	11.2	15	0	0.0	0	9	28.1	37
Z20	9	137.1	95	6	19.9	34	0	0.0	0	15	157.0	129

备注：重量密度 (kg/km<sup>2</sup>)；尾数密度 (10<sup>2</sup> ind./km<sup>2</sup>)。

#### (4) 优势种群

游泳生物群落优势种的分析采用 Pinkas 的相对重要性指数 IRI 表示，以 IRI 值大于 1000 的种类为优势种，IRI 值在 100~1000 的为主要种类，优势种和主要种类组成优势种群。

本次调查游泳动物 IRI 值大于 1000 的优势种有 1 种为鱼类的短吻鲷。IRI 值在 100~1000 的主要种类有 14 种，其中甲壳类 5 种（周氏新对虾、刀额新对虾、断脊口虾蛄、红星梭子蟹和锐齿螯），其余 9 种均为鱼类。上述 15 种生物构成调查海区游泳动物的优势种群，其中短吻鲷为整个调查海域的唯一优势种，其 IRI 值最高为 1532（表 5.6-4）。

表 5.6-4 调查海域游泳生物优势种群的相对重要性指数 IRI

优势种群	渔获率比例 (%)	渔获密度比例 (%)	出现频率 (%)	IRI
短吻鲷	0.72	4.926	91.7	1532
中华海鲈	6.76	6.855	41.7	959

周氏新对虾	0.74	11.986	41.7	679
黄斑蓝子鱼	1.10	3.720	58.3	566
刀额新对虾	0.35	9.267	41.7	505
白姑鱼	11.05	3.447	25.0	422
斑鲹	0.72	2.188	58.3	345
棘头梅童鱼	0.78	2.968	50.0	320
前鳞骨鲻	2.59	1.072	41.7	288
七丝鲚	0.90	4.021	33.3	183
断脊口虾蛄	0.40	1.039	58.3	175
红星梭子蟹	4.56	1.085	25.0	168
杜氏叫姑鱼	3.19	1.723	25.0	135
龙头鱼	1.48	1.388	33.3	130
锐齿鲷	1.62	3.893	25.0	124
合计	36.9	59.59	-	-

#### 5.6.2.1.2 鱼卵和仔稚鱼

##### (1) 种类组成

由于鱼卵和仔稚鱼形态鉴定的特殊性，部分样品只能鉴定到科、属级分类阶元。本次调查共鉴定出鱼卵和仔稚鱼 12 类，其中，鱼卵 7 种类，仔稚鱼 6 类，详见附录。

##### 1) 鱼卵

水平拖网共出现 6 类鱼卵，分别为鱻科 (*Sillaginidae* sp.)、鲱科 (*Sardinella* sp.)、鯷科、(*Stolephorus* sp.)、鲻科 (*Clupeidae* sp.)、舌鲷科 (*Cynoglossidae* sp.) 和鲻科 (*Mugilidae* sp.)；垂直拖网共出现 6 类鱼卵，分别为鱻科 (*Sillaginidae* sp.)、鲱科 (*Sardinella* sp.)、鯷科、(*Stolephorus* sp.)、鲻科 (*Mugilidae* sp.)、鲻科 (*Clupeidae* sp.) 和舌鲷科 (*Cynoglossidae* sp.)。水平拖网各调查站出现的鱼卵的种类数等于垂直拖网，根据水平拖网和垂直拖网两种方式采集的样品的鉴定分析结果，各调查站出现的鱼卵的总种类数介于 4~6 类之间，其中 Z01 站的鱼卵总种类数最多，为 6 类；Z05、Z08、Z20 站鱼卵的种类数最少为 4 类。

##### 2) 仔稚鱼

水平拖网共出现 3 类仔稚鱼，分别为鰺科 (*Omobranchus elegans* sp.)、鲉科 (*Takifugu* sp.) 和鲭科 (*Scomberomorus* sp.)；垂直拖网共出现 3 类仔稚鱼，分别为鰕虎鱼科 (*Gobiidae* sp.)、鲉科 (*Scorpaenidae* sp.) 和鱻科 (*Sillaginidae* sp.)。各调查站水平拖网和垂直拖网出现的仔稚鱼的种类数均较少，水平拖网等于垂直拖网。根据水平拖网和垂直拖网两种方式采集的样品的鉴定分析结果，各调查站

出现的仔稚鱼的总种类数介于 0~4 类之间，其中 Z09 站仔稚鱼的总种类数最多，为 4 类；Z01、Z05、Z08、Z10、Z12、Z13、Z14、和 Z18 等 8 个站仔稚鱼的总种类数为 0，均未捕到。

表 5.6-5 鱼卵和仔稚鱼种类数分布

调查 站位	鱼卵			仔稚鱼		
	水平拖网	垂直拖网	总种类数	水平拖网	垂直拖网	总种类数
Z01	6	3	6	0	0	0
Z02	5	1	5	0	1	1
Z05	3	3	4	0	0	0
Z07	5	4	5	1	0	1
Z08	4	4	4	0	0	0
Z09	5	2	5	3	1	4
Z10	4	3	5	0	0	0
Z12	4	2	5	0	0	0
Z13	4	3	5	0	0	0
Z14	5	4	6	0	0	0
Z16	5	4	5	0	1	1
Z18	5	4	6	0	0	0
Z20	4	4	4	0	1	1

## (2) 数量分布

### 1) 鱼卵

水平拖网共捕获鱼卵 16203 粒，平均网获数量为 1246.38 粒/网；其中以鲱科鱼卵居多为 5327 粒，其数量占水平拖网鱼卵总数量的 32.88%；其次为鱈科（5303 粒）和鳀科（2789 粒）鱼卵，其数量分别占水平拖网鱼卵总数量的 32.73% 和 17.21%，其它种类鱼卵所占比例均低于 10.0%。各调查站鱼卵的捕获数量在 65~1830 粒/网之间，平均值为 1246.38 粒/网，鱼卵呈不均匀的斑块状分布，Z09 站捕获鱼卵的数量最多，Z12 站最少。

垂直拖网共捕获鱼卵 410 粒，各调查站鱼卵的密度在 2.94~72.50 粒/m<sup>3</sup> 之间，平均值为 19.59 粒/m<sup>3</sup>，其中 Z20 站鱼卵密度较高。总体而言，调查海域各站鱼卵密度大小不一。

### 2) 仔稚鱼

水平拖网共捕获仔稚鱼 5 尾，平均网获数量为 0.38 尾/网，各调查站捕获的仔稚鱼的数量变化范围为 0~3 尾/网，其中 Z09 站捕获数量为 3 尾/网，Z08 站捕

获数量为 2 尾/网，其他调查站捕获数量均为 0 尾/网。捕获的仔稚鱼中鳊科 3 尾，鲢科和鲮科各一尾。

垂直拖网共捕获仔稚鱼 8 尾，各调查站仔稚鱼的密度变化范围在 0~3 尾/m<sup>3</sup> 之间，平均值为 0.40 尾/m<sup>3</sup>，其中 Z09 站仔稚鱼密度最高。总体而言，调查海域各类仔稚鱼的密度均较低。

表 5.6-6 鱼卵和仔稚鱼数量分布

调查站位	鱼卵		仔稚鱼	
	水平拖网 (粒/网)	垂直拖网 (粒/m <sup>3</sup> )	水平拖网 (尾/网)	垂直拖网 (尾/m <sup>3</sup> )
Z01	1398	3.83	0	0
Z02	1432	6.67	0	0.84
Z05	124	3.48	0	0
Z07	1520	40.00	2	0
Z08	1808	41.25	0	0
Z09	1830	25.00	3	3.00
Z10	1296	15.46	0	0
Z12	65	2.94	0	0
Z13	1340	13.33	0	0
Z14	1126	13.19	0	0
Z16	1640	4.50	0	0.50
Z18	1316	12.50	0	0
Z20	1308	72.50	0	0.84
平均值	1246.38	19.59	0.38	0.40

### (3) 主要种类

#### 1) 鱼卵

根据本次调查水平拖网和垂直拖网两种方式采集的样品的鉴定分析结果，调查海域鳊科和鲮科鱼卵数量较多，分布相对较广。水平拖网中，鲮科和鳊科鱼卵捕获数量最多，分别为 5327 粒和 5303 粒，该两类鱼卵捕获数量分别占水平拖网鱼卵总数的 32.88% 和 32.73%。此两类鱼卵在各调查站中出现的频率也最高，分别为 84.6% 和 100.0%。垂直拖网中，各类鱼卵的捕获数量均较低，鳊科和鲮科鱼卵捕获数量相对较高，分别为 294 粒和 41 粒；鳊科鱼卵在各调查站中出现频率最高（92.3%），其次为鲮科鱼卵（76.9%）。

## 2) 仔稚鱼

根据本次调查水平拖网和垂直拖网两种方式采集的样品的鉴定分析结果,调查海域仔稚鱼数量较少,分布相对较窄。水平拖网中,鳎科仔稚鱼捕获数量最多为3尾,该种仔稚鱼占水平拖网仔稚鱼总数的60.00%,且仅在Z07和Z09站发现这种仔稚鱼。垂直拖网中,鲉科仔稚鱼的捕获数量最多,为5尾,该种仔稚鱼占垂直拖网仔稚鱼总数量的62.50%。

### 5.6.2.2 2019年9月调查结果

#### 5.6.2.2.1 游泳动物

##### (1) 种类组成

调查海区共捕获游泳生物27种,隶属7目19科25属。其中,鱼类19种,隶属6目14科;甲壳类8种,隶属1目5科;详见附录。各调查站游泳生物种类数的变化范围为8~13种,Z7号站出现的种类数最多,为16种;Z2号站出现的游泳生物种类数相对较少,为8种。

##### 1) 鱼类生物种类组成

本次调查共捕获鱼类生物19种,分属6目14科。各调查站鱼类种类数的变化范围为5~13种,Z7号站出现的种类数最多,为13种;Z2号站出现的鱼类生物种类数相对较少,为5种。

##### 2) 甲壳类生物种类组成

本次调查共捕获甲壳类生物8种,分属1目5科。各调查站甲壳类种类数的变化范围为1~4种,Z8号站出现的种类数最多,为4种;Z5号站出现的甲壳类生物种类数较少,为1种。

##### (2) 渔获量

游泳生物渔获率及渔获密度在各调查站的分布情况详见表5.6-7。由表可见,本次调查游泳生物的总渔获率为9.423 kg/h,总尾数渔获率为974.0 ind/h。

调查海区游泳生物渔获率的变化范围为1.005~3.957 kg/h,平均值为1.885 kg/h。游泳生物渔获率最大值出现在Z7号站,最小值出现在Z4号站。

调查海区各调查站间游泳生物尾数渔获率的变化范围为128.0~302.0 ind/h,平均值为194.8 ind/h。渔获密度最高值出现在Z7号站,最小值出现在Z5号站。

表 5.6-7 各调查站位游泳生物渔获率和渔获密度

站位	渔获率 (kg/h)			尾数渔获率 (ind/h)		
	鱼类	甲壳类	总渔获率	鱼类	甲壳类	总尾数渔获率
Z2	1.427	0.193	1.620	104.0	92.0	196.0
Z4	0.956	0.048	1.005	184.0	34.0	218.0
Z5	1.189	0.042	1.230	92.0	36.0	128.0
Z7	3.443	0.513	3.957	206.0	96.0	302.0
Z8	1.306	0.305	1.611	74.0	56.0	130.0
平均值	1.664	0.220	1.885	132.0	62.8	194.8
合计	8.321	1.101	9.423	660.0	314.0	974.0

### (3) 资源密度

调查海域各调查站渔获物现存资源密度和资源尾数密度的计算结果见表 5.6-8。由表可见，调查海区游泳生物的资源密度平均为 167.359 kg/km<sup>2</sup>，范围为 87.494~356.064 kg/km<sup>2</sup>，其中，资源密度最高值出现于 Z7 号站，最小值出现在 Z7 号站；资源尾数密度平均值为 17254.2 ind/km<sup>2</sup>，范围为 11147.5~27177.8 ind/km<sup>2</sup>，最高值出现在 Z7 号站，最小值出现在 Z5 号站。

鱼类的资源密度平均值为 147.765 kg/km<sup>2</sup>，范围为 83.299~309.859 kg/km<sup>2</sup>，其中，资源密度最高值出现于 Z7 号站，最小出现在 Z4 号站；资源尾数密度平均值为 11675.8 ind/km<sup>2</sup>，范围为 6444.6~18538.5 ind/km<sup>2</sup>，最高值出现在 Z7 号站，最小值出现在 Z8 号站。

甲壳类资源密度平均值为 19.594 kg/km<sup>2</sup>，范围为 3.631~46.205 kg/km<sup>2</sup>，其中，资源密度最高值出现于 Z7 号站，最小值出现在 Z5 号站；资源尾数密度平均值为 5578.4 ind/km<sup>2</sup>，范围为 2961.1~8639.3 ind/km<sup>2</sup>，最高值出现在 Z7 号站，最小值出现在 Z4 号站。

表 5.6-8 游泳生物出现种数、现存资源密度统计数据

站号	鱼类		甲壳类		总渔获物	
	重量密度	尾数密度	重量密度	尾数密度	重量密度	尾数密度
Z2	128.450	9359.3	17.366	8279.3	145.816	17638.6
Z4	83.299	16024.5	4.195	2961.1	87.494	18985.6
Z5	103.515	8012.3	3.631	3135.2	107.146	11147.5
Z7	309.859	18538.5	46.205	8639.3	356.064	27177.8
Z8	113.702	6444.6	26.575	4877.0	140.277	11321.7
平均值	147.765	11675.8	19.594	5578.4	167.359	17254.2

备注：重量密度 (kg/km<sup>2</sup>)；尾数密度 (ind/km<sup>2</sup>)；“-”表示该项不做统计。

## (4) 优势种群

本次调查游泳动物 IRI 值大于 1000 的优势种有 4 种，均为鱼类，依次为棘头梅童鱼、短吻鲷 (*Leiognathus brevirostris*)、中华海鲷和黄斑篮子鱼。IRI 值在 100~1000 的主要种类有 11 种，包括 4 种甲壳类、7 种鱼类。其中棘头梅童鱼为整个调查海域的优势度最高的种类，其 IRI 值为 2574。

表 5.6-9 调查海域游泳生物优势种群的相对重要性指数 IRI

序号	优势种	渔获率比例 (%)	渔获密度比例 (%)	出现频率 (%)	IRI
1	棘头梅童鱼	11.37	14.37	100	2574
2	短吻鲷	6.93	9.86	100	1678
3	中华海鲷	25.91	10.47	40	1455
4	黄斑篮子鱼	11.23	4.11	80	1227
5	细巧仿对虾	1.21	10.88	80	967
6	前鳞骨鲷	7.50	8.42	60	955
7	七丝鲚	7.76	7.80	60	934
8	刀额新对虾	1.32	8.83	40	406
9	白姑鱼	5.02	1.64	60	400
10	矛尾鰕虎鱼	1.95	3.29	60	314
11	阿氏强蟹	3.37	3.29	40	266
12	龙头鱼	3.98	1.64	40	225
13	周氏新对虾	2.81	5.75	20	171
14	鰺	1.52	0.62	60	128
15	杜氏棱鲉	1.75	1.44	40	127
合计		93.63	92.40	-	-

## 5.6.2.2.2 鱼卵和仔稚鱼

## (1) 种类组成

由于鱼卵和仔稚鱼形态鉴定的特殊性，部分样品只能鉴定到科、属级分类阶元。本次调查共鉴定出鱼卵和仔稚鱼 9 种，其中，鱼卵 5 种，仔稚鱼 6 种。

## 1) 鱼卵

本次调查水平拖网出现 5 种鱼卵，分别为鲷科 (*Leiognathidae*)、鲱科 (*Clupeidae*)、鰕科 (*Engraulidae*)、鱧科 (*Sillaginidae*) 和鰕虎鱼科 (*Gobiidae*)，其中鲷科数量最多，占水平拖网鱼卵总数 60.28%；垂直拖网共出现 4 种鱼卵，为鲷科、鲱科、鱧科和鰕科，其中鲷科鱼卵数量最高，占垂直拖网鱼卵总数的 50.00%。各调查站出现的鱼卵的总种类数范围为 2~4 种，其中 Z5 和 Z7 号站鱼

卵种类数最多为 4 种，Z2、Z4 和 Z8 号站最低，为 2 种。

## 2) 仔稚鱼

本次调查水平拖网中出现 6 种，小公鱼属、石首鱼科 (Sciaenidae)、双边鱼科 (Ambassidae)、鰕虎鱼科、鲱科和鳀科，其中小公鱼属仔鱼数量最多，占水平拖网仔鱼数量的 97.82%；垂直拖网出现 3 种仔稚鱼，为小公鱼属、石首鱼科和鳀科。其中小公鱼属仔鱼数量最高，占垂直拖网鱼卵总数的 78.57%。各调查站出现的仔稚鱼的总种类数介于 3~5 种之间，其中 Z7 号站仔稚鱼的总种类数最多，为 5 种；Z4 和 Z8 号站最少，为 3 种。

### (2) 数量分布

#### (1) 鱼卵

本次调查共捕获鱼卵数量为 159 粒，其中水平拖网捕获 141 粒，平均网获量为 14.1 粒/网；垂直拖网捕获 18 粒，平均丰度为 2.07 粒/m<sup>3</sup>，见表 5.6-10。

水平拖网各调查站鱼卵网获量在 2.5~35.5 粒/网之间，平均值为 14.1 粒/网，其中 Z7 号站最高，为 35.5 粒/网；Z4 号站最低，为 2.5 粒/网。垂直拖网各调查站鱼卵的丰度在 0.00~5.00 粒/m<sup>3</sup> 之间，平均值为 2.07 粒/m<sup>3</sup>，其中 Z4 号站丰度最高，为 5.00 粒/m<sup>3</sup>，Z8 号站最低，未捕获。

#### (2) 仔稚鱼

本次调查共捕获仔鱼数量为 3086 尾，水平拖网捕获 3072 尾，平均网获量为 307.2 尾/网；其中垂直拖网捕获 14 尾，平均丰度为 1.39 尾/m<sup>3</sup>，见表 5.6-10。

水平拖网各调查站仔鱼网获量在 27.0~928.0 尾/网之间，平均值为 307.2 尾/网，其中 Z7 号站最高，为 928.0 尾/网，Z14 号站最低，为 27 尾/网。垂直拖网各调查站中，仔鱼的丰度在 0.00~4.38 尾/m<sup>3</sup> 之间，平均值为 1.39 尾/m<sup>3</sup>，其中 Z2 号站丰度最高，为 4.38 尾/m<sup>3</sup>，Z5 和 Z8 号站最低，均未捕获。

表 5.6-10 鱼卵和仔稚鱼数量分布

调查站位	鱼卵		仔稚鱼	
	水平拖网 (粒/网)	垂直拖网 (粒/m <sup>3</sup> )	水平拖网 (尾/网)	垂直拖网 (尾/m <sup>3</sup> )
Z2	6.5	1.88	40.0	4.38
Z4	2.5	5.00	27.0	0.71
Z5	13.0	2.22	324.5	0.00
Z7	35.5	1.25	928.0	1.88

调查站位	鱼卵		仔稚鱼	
	水平拖网 (粒/网)	垂直拖网 (粒/m <sup>3</sup> )	水平拖网 (尾/网)	垂直拖网 (尾/m <sup>3</sup> )
Z8	13.0	0.00	216.5	0.00
平均值	14.1	2.07	307.2	1.39

### (3) 主要种类

本次调查主要种类有小公鱼属和鲷科鱼类等。

小公鱼属为鲱形目鳀科的鱼类，多为海洋经济鱼类，代表物种有康氏小公鱼、印度小公鱼等。本次调查中，小公鱼属未出现鱼卵，有出现仔鱼，仔鱼平均丰度为 1.08 尾/m<sup>3</sup>。仔鱼共捕获 3016 尾，占仔鱼总数的 97.73%，水平拖网出现 3005 尾，出现在 Z2、Z4、Z5、Z7 和 Z8 号站。垂直拖网出现 11 尾，出现在 Z2、Z4 和 Z7 号站。

鲷科为鲈形目的鱼类，代表物种有短吻鲷。本次调查中，鲷科出现鱼卵，仔鱼未出现，鱼卵平均丰度 0.96 粒/m<sup>3</sup>。鱼卵共捕获 94 粒，占鱼卵总数的 59.12%，水平拖网中出现 85 粒，出现在 Z2、Z4、Z5、Z7 和 Z8 号站。垂直拖网中出现 9 粒，出现在 Z4 和 Z7 号站。

## 5.6.3 渔业“三场一通道”及水生生物保护物种

### (1) 渔业“三场一通道”情况

本项目所在马骝洲水道西侧临近的磨刀门水道是鲮鱼、鳊鱼、花鳊鲮和中华鲮等的主要洄游通道。但从历史资料来看，无论海水或淡水种类，在磨刀门水道的产卵均是分散的，未有资料证实其是某种鱼虾类洄游唯一的和必经的通道。

### (2) 水生生物保护物种

本工程所在海域位于珠江口附近，涉及的水生生物保护物种包括国家一级保护动物中华鲮、国家二级保护动物花鳊鲮、国家一级保护动物中华白海豚、广东省重点保护动物鲮鱼以及重要经济鱼类鳊鲮等。其中，珠江口的中华白海豚主要活动范围位于广东珠江口中华海豚国家级自然保护区附近海域，本工程所在的马骝洲水道未见中华白海豚出现的相关报道；虽然本工程所在马骝洲水道临近的磨刀门水道增有捕获中华鲮和鲮鱼幼体的历史记录，但据报道，随着珠江中下游水坝的建设，野生中华鲮在珠江消失已达 12 年；而鲮鱼随着过渡捕捞和水质变差、拦河水坝等因素，已在珠江消失达 30 年，花鳊鲮也由于以上原因在珠江难见踪

迹，仅在广西黔江一带偶有捕获，在本工程评价海域及磨刀门水道等附近海域已无捕捞记录。

## 5.7 环境空气质量现状调查

根据《珠海市环境空气质量功能区划分》（珠环【2011】357号）文的内容，本项目所在区域环境空气规划功能为二类，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准，主要评价因子为SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>等。

根据珠海市生态环境局官网发布的《2019年珠海市环境质量状况》（[http://ssthjj.zhuhai.gov.cn/gkmlpt/content/2/2592/post\\_2592247.html#6284](http://ssthjj.zhuhai.gov.cn/gkmlpt/content/2/2592/post_2592247.html#6284)），珠海市2019年环境空气质量情况见下表。

表 5.7-1 珠海市 2019 年环境空气质量情况 单位：μg/m<sup>3</sup>

序号	环境质量指标	2019 年现状值	环境空气质量标准	达标分析
1	SO <sub>2</sub> 年均浓度	5	≤60	达标
2	NO <sub>2</sub> 年均浓度	27	≤40	达标
3	PM <sub>10</sub> 年均浓度	41	≤70	达标
4	PM <sub>2.5</sub> 年均浓度	25	≤35	达标
5	CO 日平均值的第 95 百分位数	1200	≤4000	达标
6	O <sub>3</sub> 日最大 8 小时平均值的第 90 百分位数	167	≤160	不达标

根据《2019年珠海市环境质量状况》可知，珠海市2019年度环境空气质量数据中，NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>年平均质量浓度和CO95百分位数日平均质量浓度可达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准，O<sub>3</sub>90百分位数日最大8小时平均质量浓度尚未达到《环境空气质量标准》

（GB3095-2012）及其修改单中二级标准的要求。综上，项目所在区域判定为不达标区。臭氧是氮氧化物与挥发性有机物经由大气光化学反应生成的二次污染物，是具有远距离输送特点的典型区域性污染物，需要珠三角各城市联合开展多污染物协同治理才能有效控制，治理难度远大于一次污染治理。

目前《广东省人民政府关于印发〈广东省打赢蓝天保卫战实施方案（2018-2020年）〉的通知（粤府〔2018〕128号）》已要求“珠三角地区建设项目实施VOCs排放两倍削减量替代”，《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市环境

空气质量提升计划（2018-2020）的通知》也要求“对排放二氧化硫、氮氧化物建设项目实行现役源 2 倍削减量替代”。 $O_3$ 90 百分位数日最大 8 小时平均质量浓度将满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准的要求。

## 5.8 声环境质量现状调查

本次建设单位委托深圳市土木检测有限公司于2020年10月12日至10月13日沿本项目接线道路边界外1米以及项目内布设环境噪声测点，分昼、夜间监测噪声（见图5.8-1），监测结果见表5.8-1。



图 5.8-1 本项目声环境质量监测布点图

表 5.8-1 建设项目周围环境噪声现状监测结果 单位：dB (A)

监测日期 监测点位		10月12日		10月13日	
		昼间	夜间	昼间	夜间
N1	工程起点位置	60.6	49.1	59.1	50.3
N2	工程终点位置	58.4	50.8	58.8	49.5

N3	南岸接地点	58.9	48.9	58.9	48.6
N4	北岸接地点	60.1	49.3	58.5	49.8
声环境 2 类标准		60	50	60	50

由上表可知，本项目建设区域环境噪声部分未达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。由于本项目距离附近施工场地较近，受到过往车辆及施工器械噪声影响较大，现状施工场地的噪声对本项目声环境影响较大。

## 5.9 生态环境质量现状调查

根据《珠海市主体功能区规划》，本项目北岸所在区域属于提升完善区，南岸所在区域属于集聚发展区。根据《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目北岸所在区域属于一般管控单元，南岸所在区域属于重点管控单元。

根据《环境影响评价技术导则-生态影响》（HJ19-2011）对项目所在地进行生态环境现状调查，调查结果如下。

（1）植被类型：根据现场踏勘，本项目涉及的主要生态环境为滩涂、荒地和绿地，均以人工绿化为主，以行道树、灌木球加绿篱形式为主。

（2）动物调查：本项目所在区域大部分为滩涂、荒地，人类活动频繁，动物资源匮乏，主要动物有：昆虫：蜻蜓、蚊蝇、蚯蚓等；禽鸟类：麻雀等；哺乳类动物：老鼠、田鼠，未发现中大型兽类，也未发现国家保护、濒临绝种动物。

（3）土地利用及水土流失

### ①土地利用现状

本项目所在区域土地利用现状为建设用地及农用地，用地范围大部分位于滩涂、荒地。用地范围外主要为水域、荒地等，沿线区域以城市生态系统为主。



图 5.9-1 南岸现状



图 5.9-2 北岸现状

## ②水土流失现状

本项目不在泥石流易发区，项目区内也不存在滑坡体等不良地质，本项目用地范围内没有全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点及重点试验区，也未占用国家确定的水土保持长期定位观测站；项目区地势平坦，工程建设不会引起严重水土流失，降雨充沛，光照充足，生态自然恢复相对较容易；线路沿线未直接穿越的重要城镇，项目建设与沿线城镇规划基本无冲突。

综上，项目所在地生态环境污染较少，生态环境质量良好。

## 6 环境影响预测与评价

### 6.1 海域水文动力环境影响分析

本工程采用盾构隧道方式穿越马骝洲水道，隧道北岸工作井位于海堤内侧约 160m 处，南岸工作井位于海堤内侧约 170m 处，涉海构筑物主要是海底隧道。隧道施工采用泥水平衡盾构技术，海中段隧道最小埋深 8.18m，最大埋深 17.8m，不占用马骝洲水道水体自然流动空间，对工程区附近大范围海域的潮流动力条件基本没有影响。

### 6.2 地形地貌和冲淤变化的影响分析

根据相关文献资料研究，盾构隧道施工对海床存在轻微的扰动影响。研究表明，盾构法施工过程中将引起地层原始应力状态的改变，形成扰动地应力场，使得隧道周围土体应力释放产生松动、沉陷，从而引起地表沉降，或是隧道周围土体应力增加，产生紧缩、上拱，表现为地表隆起。隧道掘进过程中，地表沉降可分为初期沉降、开挖面隆起、尾部沉降、尾部空隙沉降和长期延续沉降共五个阶段。初期沉降指盾构开挖面未到之前产生的沉降，一般认为是由于盾构施工导致的地下水或孔隙水下降引起，通常该沉降值均非常小。开挖面隆沉指盾构开挖面处由于掘进参数（开挖面泥水压力、掘进速度、推进力等）差异，使得开挖面土体应力状态不同，形成了土压的增加或应力释放，从而导致开挖面处地表隆起或沉降。尾部沉降由于盾构机身对土层的剪切扰动，使得隧道周围土体在拉应力作用下向盾构后移动，从而带来地表沉降。盾尾空隙沉降是指盾构尾部通过后，由盾尾的建筑空隙引起，或者在注浆不及时、不充分的情况下均会引起地表沉降。长期延续沉降是指盾构通过后，相当长一段时间内由于土体自身特性导致的塑性变形，从而产生了持续时间较长的地表沉降。

参考南京长江隧道施工监测，在盾构掘进过程中，盾构开挖面将要达到监测断面时，监测断面处地表呈现略微隆起，随着盾构逐渐越过监测断面，地表开始由隆起转为沉降，并随着盾构的不断前行，持续沉降并达到最大值，在达到最大沉降值后，随着盾构的远离，沉降值略有反弹，原状土段监测位置地表最大沉降值约为 38.5mm，参考该研究成果，基本可以判断盾构隧道施工对海床扰动较小。

考虑到盾构掘进引起的地层原始应力状态的改变与施工条件和技术密切相关,本报告要求隧道掘进过程中对海床隆沉进行密切监测,防止因海床过渡隆起或塌陷对海底地形地貌造成较大改变。

## 6.3 海水水质环境影响预测与评价

### 6.3.1 施工期水环境影响分析

隧道施工期涉海作业废水主要包括盾构软基处理过程中清淤和打桩作业产生的入海悬浮沙、作业船舶污水。

#### 6.3.1.1 入海悬浮沙影响分析

##### 6.3.1.1.1 二维潮流泥沙输运方程

###### (1) 悬浮物扩散数学模式

根据《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范》(JTJ/T233-98)及有关研究方法,建立工程海域二维潮流泥沙输运扩散模型。用差分方法对二维潮流泥沙输运扩散基本方程组(如下)进行离散,得到离散方程组,根据潮流模型计算出的水位、流速,从而得出在潮流动力作用下的水体含沙量分布。考虑滩地随涨、落潮或淹没或露出,采用活动边界技术,以保证计算的精度和连续性。

二维潮流泥沙输运扩散基本方程:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial S}{\partial y}) + F_s / H + Q_s / H \quad (1-1)$$

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

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

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

$S$  为垂直方向积分的水体含沙浓度;  $D_x$ 、 $D_y$  分别为  $x$ 、 $y$  方向的泥沙扩散系数;  $F_s$  为泥沙源汇函数或床面冲淤函数,  $Q_0$  为海底疏浚产生的悬浮泥沙量;  $\rho_s$  为悬砂密度(取石英密度为  $2.65\text{g/cm}^3$ );  $\rho_0$  为海水密度(取为  $1.035\text{g/cm}^3$ );  $\gamma$  为海水分子运动粘性系数(取为  $10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$ );  $u_*$ 、 $u_{*cr}$  分别为摩擦速度和泥沙再悬浮速度;  $R$  为沉降泥沙的再悬浮率( $0 \leq R \leq 1$ );  $D_{50}$  为泥沙的中值粒径,在此取粉砂的

中值粒径 0.03mm。

泥沙源函数按下面方法确定：

底部切应力计算公式：

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

(1-2)

当  $\tau \leq \tau_d$  时,水中泥沙处于落淤状态, 则：

$$F_s = \alpha \omega S \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right) \quad (1-3)$$

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

$$F_s = 0 \quad (1-4)$$

当  $\tau \geq \tau_e$  时,海底泥沙处于起动力状态, 则：

$$F_s = -M \left(\frac{\tau}{\tau_e} - 1\right) \quad (1-5)$$

以上各式中：U 为平均流速；

$\omega$  为泥沙沉降速度，根据悬沙的平均粒径为 0.03mm，取沉降速度为 0.0005m/s；

S 为水体含沙量；

$\alpha$  为沉降几率；

$\tau_d$  为临界淤积切应力；

$\tau_e$  为临界冲刷切应力；

M 为冲刷系数。

悬浮泥沙沉降速度采用张瑞谨(1998)提出的泥沙沉降速度的通用公式：

$$\omega = \sqrt{\left(13.95 \frac{\nu}{d_s}\right)^2 + 1.09 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d_s} - 13.95 \frac{\nu}{d_s} \quad (1-6)$$

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

$$\tau_d = \rho f_b U_c U_c \quad (1-7)$$

其中  $U_c$  为临界海底泥沙起动力速度。

$$U_c = k \left[ \ln 11 \frac{h}{\Delta} \right] \left( \frac{d'}{d_*} \right)^{\frac{1}{6}} \sqrt{3.6 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d_s + \left( \frac{\gamma_0}{\gamma'_0} \right)^{1/2} \frac{\varepsilon_0 + gh\delta(\delta/d_s)^{1/2}}{d_s}} \quad (1-8)$$

式中：k=0.32；

$$d_* = 10;$$

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

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

$\gamma_0$  为海底泥沙干容重；

$\gamma'_0$  泥沙颗粒的稳定干容重；

$h$  为水深；

$\rho_s$  为泥沙密度；

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

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

## (2) 定解条件

### 1) 初始条件

$$S(x, y, t)|_{t=t_0} = S_0(x, y, t_0) \quad (1-9)$$

式中： $S_0(x, y, t_0)$  为初始时刻  $t_0$  的已知值。

### 2) 边界条件

计算水域与陆地交界的固边界  $\Gamma_1$  上有：

$$S(x, y, t)|_{\Gamma_1} = S^*(x, y, t) \quad (\text{当水流流入计算域时}) \quad (1-10)$$

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} + \frac{\partial(HSu)}{\partial x} + \frac{\partial(HSv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{当水流流出计算域时}) \quad (1-11)$$

计算水域与陆地交界的固边界  $\Gamma_2$  上有：

$$\frac{\partial S}{\partial \bar{n}} = 0 \quad (1-12)$$

式中： $S^*(x, y, t)$  为已知值(实测或准实测或分析值)， $\bar{n}$  为陆地边界的单位法向矢量，式(1-12)的物理意义为泥沙沿固边界的法向通量为零。

## (3) 数值方法

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

前半步长:

$$As1S_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + Bs1S_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + Cs1S_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} = Ds1 \quad (1-13)$$

后半步长:

$$As2S_{i,j-1}^{n+1} + Bs2S_{i,j}^{n+1} + Cs2S_{i,j+1}^{n+1} = Ds2 \quad (1-14)$$

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

### 6.3.1.1.2 悬浮泥沙影响分析

#### (1) 悬沙扩散计算工况

悬浮泥沙的扩散范围和方向受水动力的影响,不同的水动力条件下其扩散范围和方向不同。在此选取一个完整的全潮周期(8天)进行模拟。悬浮泥沙扩散的模拟源点选取疏浚开挖1个源点、打桩3个源点,位置见图4.3.1-1。另外,在此仅考虑疏浚开挖和打桩施工产生的悬浮泥沙增量的影响,潮流对底床作用产生的泥沙将不计算。

工况一:疏浚1个源点,源强为2.08kg/s;

工况二:打桩3个源点叠加,源强1.03kg/s;

工况三:全部4个源点叠加。

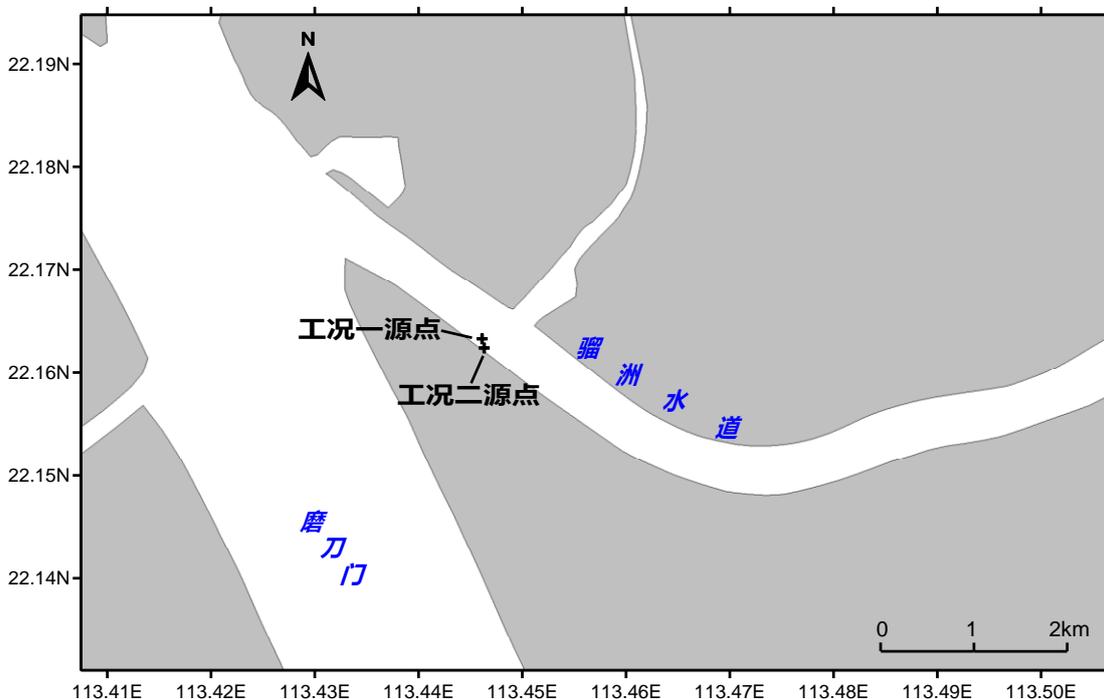


图 6.3-1 悬浮泥沙源点位置示意图

#### (2) 悬浮物分布的计算结果及分析

图 6.3-2 是大中小潮全潮周期内悬浮物扩散达到平衡后的最大浓度增值包络

线分布图。泥沙的扩散除了自身的沉降外，主要受到潮流输运作用的影响，因此泥沙的扩散方向基本与潮流方向相同，悬沙扩散范围顺着水流方向沿岸边扩散分布。

由扩散总图可以看出，本项目施工过程中，悬浮泥沙扩散的范围主要在骊洲水道的下游水域，向上游扩散的范围比向下游扩散的范围小，对磨刀门水道的影响较小。悬浮泥沙增量影响的水域面积统计见表 6.3-1。

工况一，清淤疏浚过程中（1 个源点）悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类海水水质）、大于 150mg/L（超 IV 类海水水质）的海域面积最大值分别为 0.640km<sup>2</sup>、0.119km<sup>2</sup>、0.011km<sup>2</sup>、0.005km<sup>2</sup>、0.002km<sup>2</sup>。

工况二，打桩过程中（3 个源点叠加）悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类海水水质）、大于 150mg/L（超 IV 类海水水质）的海域面积最大值分别为 0.577km<sup>2</sup>、0.108km<sup>2</sup>、0.006km<sup>2</sup>、0.003km<sup>2</sup>、0.00km<sup>2</sup>。

工况三，全部 4 个源点叠加悬浮泥沙增量大于 10mg/L（超 I、II 类海水水质）、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L（超 III 类海水水质）、大于 150mg/L（超 IV 类海水水质）的海域面积最大值分别为 0.878km<sup>2</sup>、0.206km<sup>2</sup>、0.015km<sup>2</sup>、0.007km<sup>2</sup>、0.002km<sup>2</sup>。

悬浮泥沙增量最远扩散距离统计分别见表 4.3.1-2。从表 4.3.1-2 可见，悬浮泥沙(SS)增量>10mg/L 等值线边缘在不同方向距悬沙源点的最远距离分别为：东向 4.51 km、南向 1.71 km、西向 2.13km、北向 1.61km。

需要指出的是，上述计算结果是在未采取任何防护措施的情况下得出的，如果在施工过程中采取一定的措施，可进一步控制 SS 扩散范围，缩短影响时间。此外，经计算，施工过程悬浮泥沙对海水水质的影响时间是短暂的，施工完毕后在较短的时间内（12 个小时以内）即可恢复。

表 6.3-1 悬浮泥沙（SS）增量包络面积（km<sup>2</sup>）

浓度 工况	>10mg/L (超 I、II 类水 质)	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L (超 III 类水 质)	>150mg/L (超 IV 类水 质)
工况一	0.640	0.119	0.011	0.005	0.002

工况二	0.577	0.108	0.006	0.003	0.00
工况三	0.878	0.206	0.015	0.007	0.002

表 6.3-2 大于 10mg/L 悬浮泥沙 (SS) 增量扩散距离统计

扩散方向	>10mg/L 等值线距项目区的最远距离
东向	4.51km
南向	1.71km
西向	2.13km
北向	1.61km

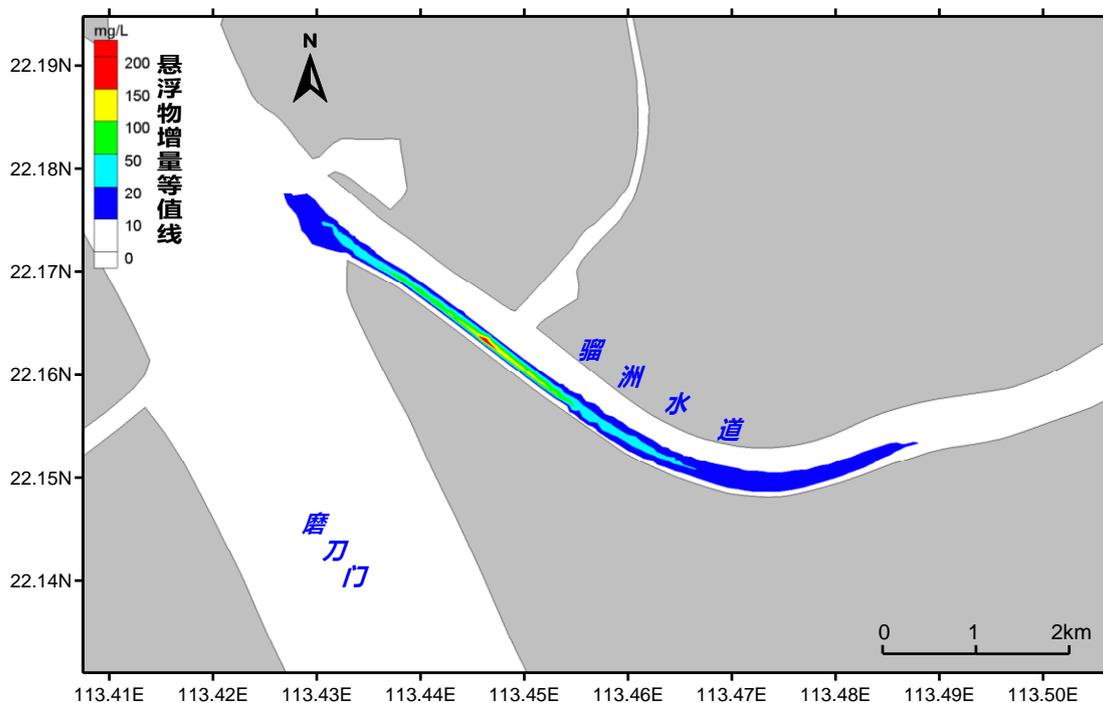


图 6.3-2 工况一 疏浚悬浮物扩散包络范围

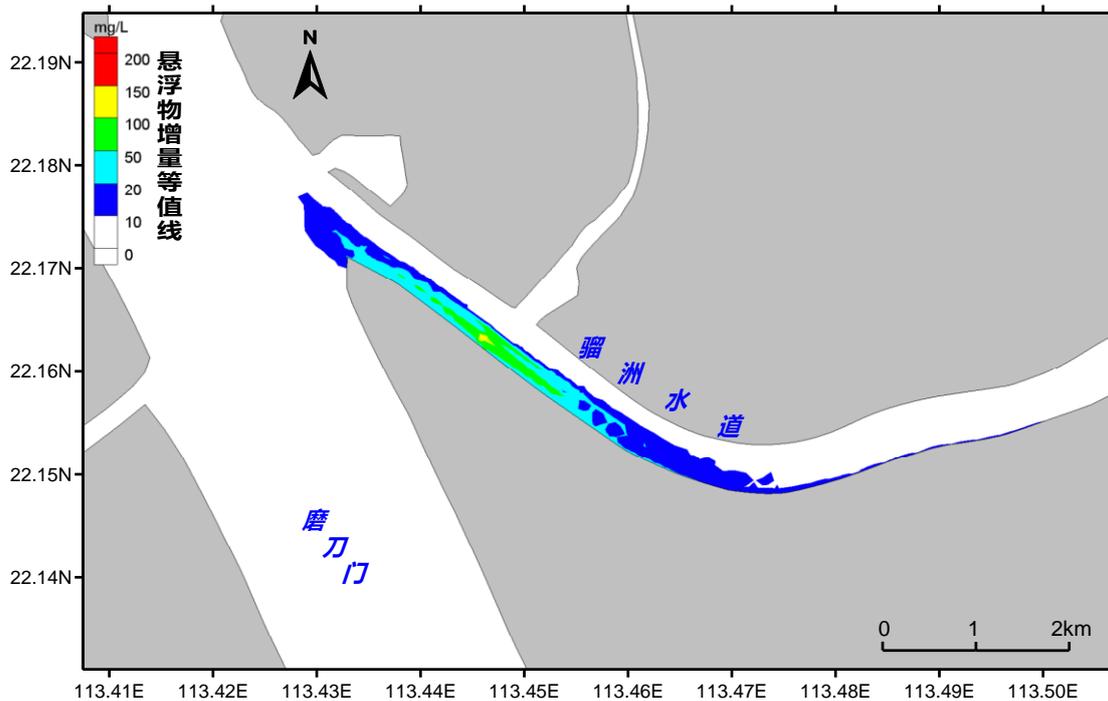
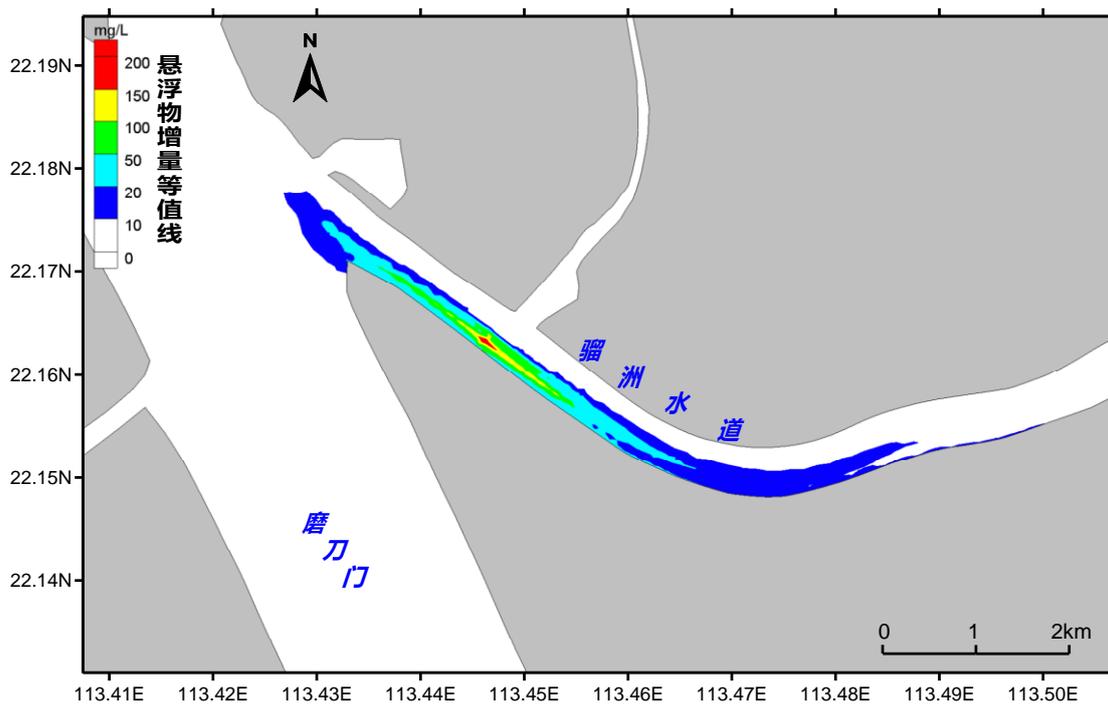


图 6.3-3 工况二 打桩悬浮物扩散包络范围



工况三 全部 4 个源点叠加悬浮物扩散包络范围

### 6.3.1.2 船舶污水影响分析

船舶污水包括作业船舶机舱含油污水和船员生活污水。

施工期间水上作业船舶油污水系统进行铅封，船舶油污水统一收集在作业船

船上，待船舶靠岸后交由有资质单位进行接收处理，严禁船舶含油废水向施工海域排放。

施工船舶上作业人员产生的生活污水，利用船载收集装置收集，待船舶靠岸后交由有资质单位接收处理，不向海排放。

### 6.3.2 营运期废水影响分析

工程建成后，隧道主要服务于交通运输服务，隧道本身在营运过程中不产生污染物，根据工程分析，隧道可能产生的污水主要有隧道冲洗水、结构渗水以及敞开段初期雨污水。

工程在南、北岸工作井分别设置有 1 处雨废水泵房，用于收集隧道敞开段雨水以及明挖暗埋段和工作井的消防废水、冲洗废水和结构渗入水，雨污水通过隧道两边的排水边沟引入雨废水泵房，并汇集于泵房下部的水池，经水泵排入市政管道。此外，隧道左、右线最低点各布置废水泵房 1 处，用于收集盾构段消防废水、冲洗废水和结构渗入水。废水通过在隧道最低点处设置的横截沟，经排水管引入泵房后，泵送至入市政管道。因此，营运期隧道各类污废水不对外排放，不会对海水水质产生不利影响。

## 6.4 海洋沉积物环境影响分析

### 6.4.1 施工期沉积物环境影响分析

施工期对海洋沉积物的影响主要发生在隧道掘进和隧道软基处理作业环节。

#### (1) 隧道掘进对沉积物的影响分析

本工程海底隧道施工采用盾构法，通过在海床下暗挖隧洞的方法，可以保持开挖表面稳定。此种施工方法对海洋表层沉积物影响不大，仅由于盾构法施工过后可能会引起海床表面轻微的塌陷，对海床下层的沉积物环境可能产生一定的影响。可见，施工活动除对海底沉积物造成部分位移和松动外，无其他污染物混入，因而沉积物环境质量不会产生明显变化，其质量状况仍将基本保持现有水平。

#### (2) 隧道软基处理对沉积物的影响分析

隧道软基处理作业时需进行水上清淤和打桩作业。水域疏浚和水下打桩会造成沉积物被搅动后再次沉积，对沉积物环境造成一定干扰。但作业过程中无外来污染物，均为施工扰动海区产生的悬浮物再次沉降，因此对本海区表层沉积物理

化性质不会产生明显影响，沉积物质量仍将基本保持现有水平。此外，施工期作业船舶含油污水、生活污水和生活垃圾利用船载收集装置收集，船舶靠岸后交由有资质单位进行接收处理，不向施工海域排放污染物，也不会对工程海域的沉积物环境产生影响。

#### 6.4.2 营运期沉积物环境影响分析

项目营运期无污染物产生、排入水体，不会对沉积物质量造成影响。

### 6.5 海洋生态环境影响预测与评价

本项目的实施位于离海底表面 8.0m 以深的淤泥、黏土层内，所采用的施工方法为盾构法。海洋生物的分布范围主要在水层中和 50cm 以内海底表层沉积物内，因此盾构法施工在正常情况下不会对海洋生物产生直接的影响，仅在发生突发性塌陷事故时才会造成海底底栖生物被填埋，而突发性事故的发生几率很小，同时本项目的南岸和北岸盾构工作井距离岸线分别约 160m 和约 170m，其开挖建设及使用不会对水体生态环境造成影响。因此本项目在隧道掘进施工和营运期对海洋生态环境影响很小。但隧道在南岸附近需进行清淤及深层水泥土搅拌桩打桩作业，作业导致的入海悬浮沙将对海洋生态环境造成一定负面影响。此外，隧道施工产生的噪声会对海域渔业资源造成一定影响，以下重点对以上作业缓解海洋生态环境影响进行重点分析。

#### 6.5.1 项目建设对底栖生物的影响

##### (1) 施工对底栖生物的影响分析

在施工期间，软基处理区疏浚作业将彻底破坏或改变生物原有的栖息环境，尤其对底栖生物的影响是最大的，少数活动能力强的底栖生物将逃往别处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖，除少数能够存活外，绝大多数将死亡，导致底栖生物资源损失。需要说明的是，软基处理时，首先进行疏浚作业，继而进行打桩作业区，两者是是隧道软基处理的不同工序，水下作业区相同，均是隧址软基处理段，因此对底栖生物的损害是一次性的，不会造成重复损害，且是短期的，可恢复的。待软基处理全部完成后，底栖生物的栖息环境将逐渐恢复。

##### (2) 项目建设对底栖生物资源损失估算

项目建设对底栖生物的损失量计算过程如下。

### 1) 计算方法

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007), 底栖生物资源损害量采用占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估法。按如下公式计算:

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中:

W—底栖生物资源受损量, 单位为 kg;

D—评估区域内底栖生物资源密度, 单位 kg/m<sup>2</sup>;

S—底栖生物占用的水域面积, 单位为 m<sup>2</sup>。

### 2) 参数取值依据

D—评估区域内底栖生物资源密度。根据 2019 年 9 月在马骝洲水道及磨刀门水道开展的海洋生态现状调查, 底栖生物平均生物量 0.89 g/m<sup>2</sup>。

S—底栖生物占用的水域面积。本工程隧道软基处理水域疏浚范围约 17798m<sup>2</sup>。

### 3) 计算结果

根据前式计算本工程软基处理时水域疏浚作业临时侵占造成底栖生物损失量 15.84kg, 计算过程见表 6.5-1。

表 6.5-1 底栖生物损失量表

作业项目	平均生物量 D (g/m <sup>2</sup> )	占用水域面积 S (m <sup>2</sup> )	损失量 W	
			计算公式	结果
水域疏浚临时侵占	0.89	17798	W=D×S	15.84

## 6.5.2 项目建设对浮游生物的影响

清淤和打桩作业都会引起海底泥沙再悬浮, 在施工作业点周围水体中产生大量的悬浮物, 形成一定范围的悬浮物高密度分布区域, 从而引起水体悬浮物浓度增加, 降低水体透光率, 造成水体浮游植物生产力下降。从食物链角度看, 初级生产力下降, 必将影响正常食物链的传递, 最终导致水域可利用生物资源量下降。

一般而言, 悬浮物的浓度增加量 10 mg/L 以下时, 水体中的浮游植物不会受到影响; 当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时, 浮游植物将会受到轻微的影响; 而当悬浮物浓度增加量在 50 mg/L 以上时, 浮游植物会受到较大的影响, 特

别是中心区域，悬浮物含量较高，海水透光性极差，浮游植物生长将受显著抑制。此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量达到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。

从本项目施工悬浮沙扩散预测结果来看，悬浮泥沙扩散的范围主要在马骝洲水道的下游水域，大于 10mg/L 悬浮泥沙（SS）增量最远扩散距离 4.51km。此范围内浮游植物及以其为食料的浮游动物都将受到不利影响。根据施工方案，清淤和打桩作业工期约 3 个月，除去物资准备、阶段工序验收等环节，实际水上作业产生入海悬浮沙约为 2 个月，从预测结果来看，施工结束后 12h 内悬浮沙浓度即可下降至 <10mg/L 水平，因此施工产生的悬浮泥沙对浮游生物不会产生长期不利影响。

有关资料表明，浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间，从工程海域海洋生态环境调查结果来看，项目所在的马骝洲海域浮游生物群落结构处于较不稳定的状态，生态系统抗干扰能力不强，因此，如不采取防护措施，施工悬浮沙将对浮游生物造成不利影响，本报告建议隧道软基处理作业时在作业区下游水域设置防污帘等设置，降低悬沙扩散范围，从而减轻施工对浮游生物的负面影响。

### 6.5.3 项目建设对渔业资源的影响

#### （1）施工对渔业资源的影响分析

根据 2019 年 9 月在马骝洲水道和磨刀门水域开展的渔业资源调查，工程海域有鱼类产卵繁育和索饵活动，项目建设对渔业资源的可能产生的影响主要来自两方面：一是隧道掘进过程对渔业资源的影响；二是隧道上覆淤泥层加固施工清淤和打桩作业对渔业资源的影响。

#### 1) 隧道掘进过程对渔业资源的影响分析

施工过程中盾构隧道掘进施工不会对水体水质环境造成影响，对渔业资源的可能造成影响主要来自于施工噪声。

从工程海域渔业资源调查结果来看，工程所在海域有石首鱼科鱼类出现，研究表明，游泳生物中以石首科鱼类对噪声较为敏感，水下强噪声，尤其是急促强大的敲击噪声会对石首鱼科鱼类造成惊吓，进而出现食欲减退、生长缓慢，甚至直接死亡的现象。目前我国对石首鱼科大黄鱼研究较多，声学实验表明：大黄鱼

幼苗的敏感频率在 800Hz，声压级约 140dB 时仔稚幼鱼对声波即有明显反应，当声压级达到 172dB 时有些仔稚幼鱼直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声强达到 150dB 以上小鱼有主动避开声源的行为，当声压级达到 187dB，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近，当声压级达到 192dB 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90% 的死亡（刘贞文等，2014）。

本项目海堤隧道采用盾构法施工，相比于其他海底隧道施工工艺，盾构法开挖隧道是一种噪声、振动影响相对小的施工方案。盾构开挖土层过程中，为了安全并减小对地层的扰动，一般先将盾构前面的切口贯入土体，然后在切口内进行土层开挖。由于盾构机是利用刀盘的旋转进行地层掘削的，施工产生的噪声、振动较小。根据同类工程现场调查，盾构机的电机噪声较大，约 90dB，而盾构机掘进噪声一般不超过 70dB。因此，盾构隧道施工对水下噪声的影响因素主要是隧道施工中的一般施工活动导致。类比厦门翔安隧道工程一般施工活动时水下噪声监测结果，一般施工活动所产生的总体噪声谱级不高，低频谱级 500Hz 点以下声压级最高可达 130dB，600~1000Hz 谱级声压级均小于 100dB，4kHz 点以上的谱级均在 95dB 以下，所产生的噪声在不同水深处的分布基本上相同，监测期间水下噪声比海洋环境背景噪声提高 5~10dB。因此，盾构施工期间水下噪声总体不高，在石首科鱼类较敏感的频段声压级明显小于其受影响声压级阈值，不会对海洋渔业资源造成直接伤害，对其摄食、产卵等行为模式影响很小。

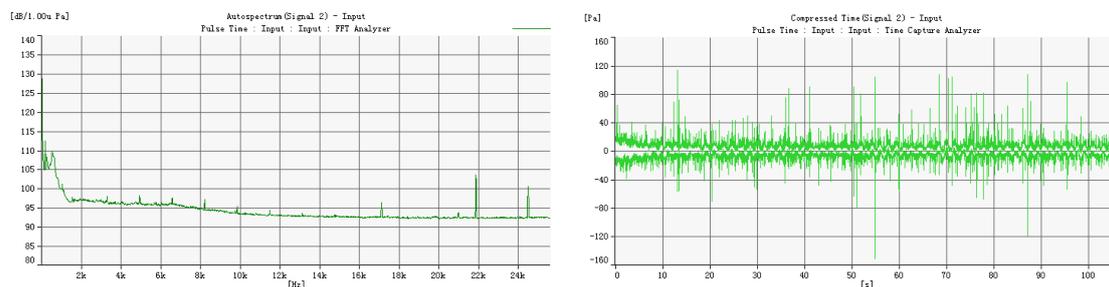


图 6.5-1 施工海域隧道一般施工活动水深 5m 水下噪声时域及频域图

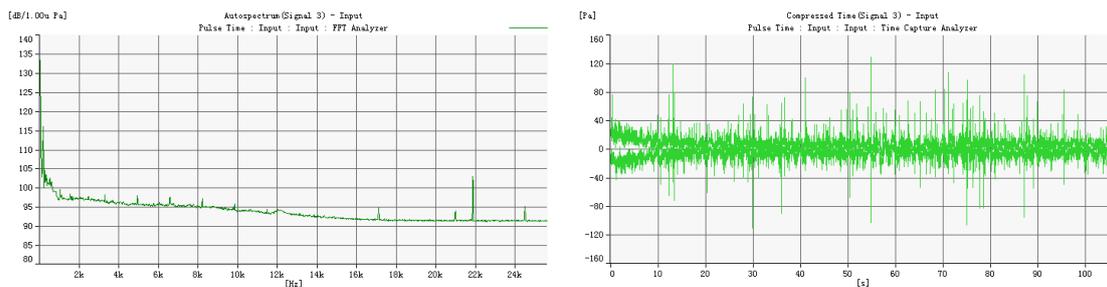


图 6.5-1 施工海域隧道一般施工活动水深 10m 水下噪声时域及频域图

## 2) 隧道软基加固作业对渔业资源的影响分析

隧道软基加固作业阶段水域疏浚和打桩施工产生的悬浮物对部分游泳生物来讲影响较为显著。悬浮物可以粘附在动物身体表面干扰动物的感觉功能，有些粘附甚至可引起动物表皮组织的溃烂；通过动物呼吸，悬浮物可以阻塞鱼类的鳃组织，造成呼吸困难；某些滤食性动物，只有分辨颗粒大小的能力，只要粒径合适就可吸入体内，如果吸入的是泥沙，那么动物有可能因吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱并最终导致死亡。水体的浑浊还会降低水中溶解氧含量，进而对游泳生物产生不利影响，甚至引起死亡。但鱼类等游泳生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，他们将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。

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

根据水质预测结果，水域疏浚作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.005km<sup>2</sup>，水下打桩作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.003km<sup>2</sup>，影响范围有限。为进一步降低水下作业对渔业资源的负面影响，本报告要求隧道软基处理水上作业避开幼鱼繁育期。

### (2) 项目建设对渔业资源损失估算

项目建设对渔业资源的损失量计算过程如下。

#### 1) 计算方法

本项目海底隧道位于海床以下，未直接占用渔业水域，根据《建设项目对海

洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)，渔业资源损害量采用污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估法。按如下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

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

式中：

$M_i$ ——第  $i$  种类生物资源累计损害量，单位为尾、个或千克 (kg)；

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

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

$D_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾平方千米 (尾/km<sup>2</sup>)、个平方千米 (个/km<sup>2</sup>) 或千克平方千米 (kg/km<sup>2</sup>)；

$S_j$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为平方千米 (km<sup>2</sup>)；

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

$n$ ——某一污染物浓度增量分区总数。

## 2) 参数取值依据

$D_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度。根据本次 2019 年 9 月渔业资源调查，马骝洲水道及磨刀门海域游泳生物平均资源密度为 167.359 kg/km<sup>2</sup>，鱼卵分布平均密度为 2.07 粒/m<sup>3</sup>，仔鱼分布平均密度为 1.39 尾/m<sup>3</sup>。

$S_j$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积：根据数模计算结果，清淤疏浚施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积 0.005km<sup>2</sup>，50mg/L~100mg/L 的最大可能影响面积为 0.006km<sup>2</sup>，20~50mg/L 的最大可能影响面积为 0.108km<sup>2</sup>，10~20mg/L 的最大可能影响面积为 0.521km<sup>2</sup>；打桩作业施工期悬浮物增量值大于 100mg/L 的最大可能影响面积 0.003km<sup>2</sup>，50mg/L~100mg/L 的最大可能影响面积为 0.003km<sup>2</sup>，20~50mg/L 的最大可能影响面积为 0.102km<sup>2</sup>，10~20mg/L 的最大可能影响面积为 0.469km<sup>2</sup>。

$K_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源损失率：参照《规程》中“污染物对各类生物损失率”中的数值进行内插（表 6.5-2），小于 10mg/L 增量

浓度范围内的海域近似认为悬浮泥沙对海洋生物不产生影响。

表 6.5-2 污染物对各类生物损失率

分区	各污染区内悬浮物浓度增量范围 (mg/L)	污染物 i 的超标倍数 (Bi)	各污染区的面积 (km <sup>2</sup> )		各类生物损失 (%)	
			清淤	打桩	鱼卵和仔稚鱼	成体
I 区	10~20mg/L	Bi≤1 倍	0.521	0.469	5	0.5
II 区	20~50mg/L	1<Bi≤4 倍	0.108	0.102	17.5	5
III 区	50~100mg/L	4<Bi≤9 倍	0.006	0.003	40	15
IV 区	>100 mg/L	Bi≥9 倍	0.005	0.003	75	60

n<sup>22</sup> 某一污染物浓度增量分区总数：参照《规程》，分为 10~20 mg/L、20~50mg/L、50~100mg/L、>100mg/L 共 4 个悬浮沙增量浓度分区。

T<sup>22</sup> 污染物浓度增量影响的持续周期数。清淤疏浚施工悬浮沙影响时间约 20 天，打桩作业悬浮沙影响时间约 210 天，因此影响周期分别取 1.33、14。

### 3) 计算结果

根据前式计算本工程隧道软基处理水下清淤和打桩作业造成的渔业资源损失量如下：

#### ①水下清淤造成的渔业资源损失量

$$\begin{aligned} \text{游泳生物: } & 167.359 \times 0.521 \times 0.005 \times 1.33 + 167.359 \times 0.108 \times 0.05 \times 1.33 + \\ & 167.359 \times 0.006 \times 0.15 \times 1.33 + 167.359 \times 0.005 \times 0.6 \times 1.33 \\ & = 2.65 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵: } & 2.07 \times 0.521 \times 0.05 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + 2.07 \times 0.108 \times 0.175 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + \\ & 2.07 \times 0.006 \times 0.4 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + 2.07 \times 0.005 \times 0.75 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 \\ & = 8.44 \times 10^5 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼: } & 1.39 \times 0.521 \times 0.05 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + 1.39 \times 0.108 \times 0.175 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + \\ & 1.39 \times 0.006 \times 0.4 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 + 1.39 \times 0.005 \times 0.75 \times 6 \times 1.33 \times 10^6 \\ & = 5.67 \times 10^5 \text{ 尾} \end{aligned}$$

经计算，水域疏浚施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 2.65kg，鱼卵 8.44×10<sup>5</sup> 粒，仔鱼 5.67×10<sup>5</sup> 尾受损。

#### ②水下打桩造成的渔业资源损失量

$$\text{游泳生物: } 167.359 \times 0.469 \times 0.005 \times 14 + 167.359 \times 0.102 \times 0.05 \times 14 +$$

$$167.359 \times 0.003 \times 0.15 \times 14 + 167.359 \times 0.003 \times 0.6 \times 14$$

$$= 22.72 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵} : & 2.07 \times 0.469 \times 0.05 \times 6 \times 14 \times 10^6 + 2.07 \times 0.102 \times 0.175 \times 6 \times 14 \times 10^6 + \\ & 2.07 \times 0.003 \times 0.4 \times 6 \times 14 \times 10^6 + 2.07 \times 0.003 \times 0.75 \times 6 \times 14 \times 10^6 \\ & = 7.78 \times 10^6 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼} : & 1.39 \times 0.469 \times 0.05 \times 6 \times 14 \times 10^6 + 1.39 \times 0.102 \times 0.175 \times 6 \times 14 \times 10^6 + \\ & 1.39 \times 0.003 \times 0.4 \times 6 \times 14 \times 10^6 + 1.39 \times 0.003 \times 0.75 \times 6 \times 14 \times 10^6 \\ & = 5.22 \times 10^6 \text{ 尾} \end{aligned}$$

经计算,水下打桩施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 22.72kg,鱼卵  $7.78 \times 10^6$  粒,仔鱼  $5.22 \times 10^6$  尾受损。

通过以上分析,本工程软基处理作业共造成游泳生物损失量 25.37kg,鱼卵  $8.62 \times 10^6$  粒,仔鱼  $5.79 \times 10^6$  尾受损。

#### 6.5.4 工程总生物资源损失量及生态赔偿额估算

通过以上分析,本工程总生物损失量如下:水域疏浚侵占底栖生物生境造成底栖生物 15.84kg 受损;水域疏浚施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 2.65kg,鱼卵  $8.44 \times 10^5$  粒,仔鱼  $5.67 \times 10^5$  尾受损。水下打桩施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 22.72kg,鱼卵  $7.78 \times 10^6$  粒,仔鱼  $5.22 \times 10^6$  尾受损。

底栖生物按成体生物处理,商品价格按照经济贝类市场价格计算(15 元/kg)。

游泳生物按成体生物处理,价格按海鱼的平均价格计算(15 元/kg)。

仔鱼折算成商品鱼苗进行计算,鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算,仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算,则鱼卵仔鱼损失量可折算成商品鱼苗各  $3.68 \times 10^4$  尾(清淤疏浚)、 $3.39 \times 10^5$  尾(水下打桩)。商品鱼苗价格取市场价为 1.0 元/尾。

各种海洋生物的直接经济损失额见表 6.5-7,本工程海洋生物直接经济损失额为 37.64 万元。

按照《规程》,当进行生物资源损害赔偿时,应根据补偿年限对直接经济损失总额进行校正。水域疏浚及水下打桩作业对海洋生物产生持续性影响的年限低于 3 年,按 3 年进行补偿。由此计算,本工程造成的生态损失总赔偿额为 112.92 万元。

表 6.5-7 海洋生物资源损失汇总及生态赔偿额估算

影响因素		生物资源	直接损失量		单价	直接经济损失额 (万元)	补偿年限	经济赔偿额 (万元)
占用海域	水域疏浚	底栖生物 (kg)	15.84		15 元/kg	0.02	3	112.92
施工悬浮沙	水域疏浚	游泳生物 (kg)	2.65		15 元/kg	0.004		
		鱼卵 (粒)	8.44×10 <sup>5</sup>	3.68×10 <sup>4</sup> 尾	1.0 元/尾	3.68		
		仔鱼 (尾)	5.67×10 <sup>5</sup>					
	水下打桩	游泳生物 (kg)	22.72		15 元/kg	0.034		
		鱼卵 (粒)	7.78×10 <sup>6</sup>	3.39×10 <sup>5</sup> 尾	1.0 元/尾	33.9		
		仔鱼 (尾)	5.22×10 <sup>6</sup>					
合计						37.64		

## 6.6 陆域环境影响分析

### 6.6.1 水环境影响分析

陆上施工场地污废水主要有生产废水和施工人员生活污水。

#### (1) 生产废水

本工程施工期生产废水主要来自隧道工程施工场地生产废水和接线道路工程施工作业带生产废水。施工场地生产废水包括：施工机械及运输车辆的冲洗水、砂石料冲洗废水、设备保养维护废水，以及泥浆池围护结构不牢从而造成的泥浆外溢废水等，主要污染物有 SS、石油类等。施工时在各工区设置沉降池、隔油池，施工机械和车辆的维修和冲洗废水经处理后用作场地抑尘用水，不会对周边环境造成不利影响。盾构作业配套的泥浆池容积、围护结构将根据隧道泥浆量合理设置，泥浆定期经专用泥浆运输车运至主管部门制定的纳泥区，经采取以上措施后，能够确保施工场地生产废水得到合理处置。

#### (2) 生活污水

### 1) 隧道工程生活污水

根据工程分析, 施工期间生活污水包括施工人员的日常生活用水、食堂下水和厕所冲洗水。隧道施工时在南北分别设置一个施工工区, 进场施工人员高峰期约 400 人, 高峰期施工人员生活污水产生量为  $43.2\text{m}^3/\text{d}$ , 生活污水经预处理达到《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段三级标准后经市政管网排至南区水质净化厂处理。

### 2) 接线道路工程生活污水

接线道路工程生活污水主要为各施工驻地施工期间产生的粪便污水、洗手、冲厕废水等。根据工程分析, 接线道路施工期施工人数约 63 人, 生活污水排放量约  $907.2\text{m}^3$  (约合  $2.52\text{m}^3/\text{d}$ )。生活污水有条件接入市政管网的, 经预处理达标后排入市政污水管网, 施工场地暂无条件接入市政管网的, 经预处理达到《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段三级标准后由吸粪车运至南区水质净化厂处理。

综上, 项目施工期间陆域施工场地各类污废水均能够得到合理处理, 不会对周边水环境造成不利影响。

## 6.6.2 环境空气影响分析

本工程施工期废气主要来自隧道工程施工场地内和接线道路施工作业带周边各类废气。废气主要来自施工场地地基处理、场地整平、材料运输和盾构材料上下井运输过程中产生的施工扬尘、施工机械烟气以及车辆运输导致的扬尘和排放的汽车尾气。

施工场地局部范围需进行沼泽地置换整平, 拟采用建筑垃圾、石块回填局部施工场地, 此外对于路基范围内淤泥层还需采取地基处理加固。隧道施工期间, 外部材料运输车进场线路拟将北岸岸边乡道和南岸琴海北路、厚朴道为施工车辆外部通行主要道路, 盾构材料运输则主要通过工作井上下运输。从施工作业特征来看, 临时施工场地地基处理、场地整平等产生的扬尘为无组织面源排放, 汽车运输所导致的扬尘和汽车尾气为线性排放, 施工机械烟气在场地内呈间歇性排放。由于施工场地周边主要为空地, 较为空旷, 有利于扬尘随空气扩散, 同时施工场地周边 200m 范围内无居民居住, 且废气排放也是短期的、局部的, 施工完成后就会消失, 因此, 其对大气环境的影响也是有限的。

## 6.6.3 声环境影响分析

### 6.6.3.1 施工期声环境影响分析

施工噪声主要来源于包括施工现场的各类机械设备、物料运输交通噪音以及施工人员的活动噪声，各施工阶段的主要噪声源及其声级见表 3.2-2。由于施工机械噪声主要属中低频噪声，故施工期噪声对周边环境的影响只考虑扩散衰减，而不考虑遮挡、空气吸收等因素的影响。施工机械视为固定点声源，声源随距离增加引起衰减的。

预测模式如下：

$$L_2 = L_1 - 20\log(r_2/r_1)$$

式中：  $r_1$ 、 $r_2$ —距离声源的距离，m；

$L_1$ 、 $L_2$ —距离声源  $r_1$ 、 $r_2$  处的噪声声级，dB(A)。

#### (1) 隧道工程声环境影响

取表 3.2-2 种各噪声源噪声值上限，估算出的噪声值与距离的衰减关系以及施工机械的噪声影响见表 6.6-2。

**表 6.6-1 不同距离施工机械的噪声影响**                      **单位: Leq dB(A)**

序号	机械类型	噪声预测值					
		5m	10m	20m	40m	50m	100m
1	推土机	85.6	79.5	73.5	67.5	65.6	59.5
2	挖掘机	85.0	79.0	73.0	66.9	65.0	59.0
3	装载机	80.6	74.5	68.5	62.5	60.6	54.5
4	压路机	86.0	80.0	74.0	67.9	66.0	60.0
5	重型卡车	89.1	83.1	77.0	70.0	69.1	63.1
6	混凝土搅拌机	86.6	80.5	74.5	68.5	66.6	60.5
7	起重机	76.0	70.0	64.0	57.9	56.0	50.0
8	盾构机	115.0	108.9	102.9	96.9	95.0	88.9

由以上分析可知：除盾构机外，所有施工机械产生的噪声经 40m 后即可衰减至《建筑施工场界环境噪声排放标准》昼间标准要求。从施工场地布置情况来看，盾构机噪声主要局限在工作井内，工作井位于地面以下一定深度，周边为地下连续墙支护结构，因此盾构机噪声对施工场地地面声环境影响有限。此外，为充分减小占地面积，临时施工场地内各功能区布置紧凑，厂界周边亦有机设备

运转噪声，故本报告要求施工场地做好各项噪声防治措施，确保场界噪声达标。此外，以上施工噪声大多为不连续性的，其影响也是暂时的，随着施工作业结束而消除，不会对周边声环境产生持续性影响。

### (2) 接线工程声环境影响

取表 3.2-6 种各噪声源噪声值上限，估算出的噪声值与距离的衰减关系以及施工机械的噪声影响见表 6.6-2。

**表 6.6-2 不同距离施工机械的噪声影响 单位: Leq dB(A)**

序号	机械类型	噪声预测值										
		5m	10m	20m	40m	50m	100m	150m	190m	200m	300m	400m
1	路面破碎机	90	83.98	77.96	71.94	70.00	63.98	60.46	58.40	57.96	54.44	51.94
2	装载机	90	83.98	77.96	71.94	70.00	63.98	60.46	58.40	57.96	54.44	51.94
3	挖掘机	84	77.98	71.96	65.94	64.00	57.98	54.46	52.40	51.96	48.44	45.94
4	压路机	87	80.98	74.96	68.94	67.00	60.98	57.46	55.40	54.96	51.44	48.94
5	移动式吊车	96	89.98	83.96	77.94	76.00	69.98	66.46	64.40	63.96	60.44	57.94
6	切割机	76	69.98	63.96	57.94	56.00	49.98	46.46	44.40	43.96	40.44	37.94
7	推土机	85	78.98	72.96	66.94	65.00	58.98	55.46	53.40	52.96	49.44	46.94
8	空压机	80	73.98	67.96	61.94	60.00	53.98	50.46	48.40	47.96	44.44	41.94
9	钻孔机	70	43.98	57.96	51.94	50.00	43.98	40.46	38.40	37.96	34.44	31.94
10	运输车辆	75	48.98	62.96	56.94	55.00	48.98	45.46	43.40	42.96	39.44	36.94

现场施工时具体投入多少设备无法确定，假设以上设备同时使用，再不采取任何降噪措施的情况下，所产生的噪声叠加后预测对某个距离的总声压级计算结果如下表所示。

**表 6.6-3 多台设备同时运转到达预定地点距离的总声压级 (dB(A))**

距离	5m	10m	20m	40m	50m	100m	150m	190m	200m	300m	400m
总声压级	98.59	92.57	86.55	80.53	78.59	72.57	69.05	66.99	66.55	63.03	60.53

施工过程噪声是由许多不同种类的设备发出的，设备运行时间不定，施工过程中发出的噪声是间歇而短暂的，从上表看出，机械设备噪声出现不同程度超标，施工产生的噪声会对周边环境噪声一定的影响，因此施工单位需采取必要的噪声防治措施，减轻施工噪声对周边环境的影响。

### 6.6.3.2 营运期声环境影响分析

#### (1)、交通噪声源

营运期噪声主要来源于来回车辆产生的噪声，其等效声压级约

71.6-78.5dB(A)，即小型车 71.6dB(A)、中型车 71.8dB(A)、大型车 78.5dB(A)。

## (2)、噪声预测方法

①根据《环境影响评价技术导则—声环境》(HJ2.4-2009) 中公路交通噪声预测模式，建设项目声源在预测点产生的等效声级贡献值(L)计算公式：

各型车辆行驶于昼间或夜间，预测点接收到的小时交通噪声等效 A 声级预测模式为：

$$Leq(h)_i = (\bar{L}_{0E})_i + 10 \lg \left( \frac{N_i}{V_i T} \right) + 10 \lg \left( \frac{7.5}{r} \right) + 10 \lg \left( \frac{\psi_1 + \psi_2}{\pi} \right) + \Delta L - 16$$

式中：

Leq(h)i——第 i 类车的小时等效声级，dB(A)；

$(\bar{L}_{0E})_i$ ——第 i 类车速度为 Vi，km/h；水平距离为 7.5m 处的能量平均 A 声级，dB(A)；

Ni——昼间、夜间通过某预测点的第 i 类车平均小时流量，辆/h；

r——从车道中心到预测点的距离，m；适用于 r>7.5m 预测点的噪声预测，r 取 10-100，共 10 个值；

Vi——第 i 类车的平均车速，km/h；本项目设计道路平均车速为 50km/h；

T——计算等效声级的时间，1h；

$\Psi_1$ 、 $\Psi_2$ ——预测点到有限长路段两端的张角，弧度； $\Psi_1$ 、 $\Psi_2$ ，一般考虑道路为无限长的道路，所以  $\Psi_1 + \Psi_2 = 180$  度，不考虑有限长道路引起的修正。

$\Delta L$ ——由其他因素引起的修正量，dB(A)，可按下列式计算：

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} + \Delta L_{\text{路面}}$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

$\Delta L_1$ ——路线因素引起的修正量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{坡度}}$ ——公路纵坡修正量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{路面}}$ ——公路路面材料引起的修正量，dB(A)；

②总车流等效声级为：

$$Leq(T) = 10 \lg (10^{0.1 Leq(h)_{\text{大}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{中}}} + 10^{0.1 Leq(h)_{\text{小}}})$$

由于本项目属于城市主干路，噪声预测选用《环境影响评价技术导则声环境》

(HJ2.4-2009)中推荐的公路交通噪声预测系列模式,根据项目设计标准及车流量情况,计算得到项目各预测年道路两侧不同距离交通噪声预测结果,并得不同距离交通噪声预测平均值评价指标,预测结果见下表:

**表 6.6-4 特征年各路段双向昼间、夜间小时总车流量等效声级**

道路名称	南岸地面道路					
	2022 年		2032 年		2042 年	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
距路红线距离 (m)						
0	64.97	56.65	66.65	59.63	69.20	62.52
10	62.49	53.81	63.81	56.37	65.98	59.03
20	61.46	52.53	62.53	54.77	64.42	57.24
30	60.89	51.80	61.80	53.77	63.46	56.07
40	60.52	51.30	61.30	53.07	62.78	55.21
50	60.26	50.93	60.93	52.53	62.26	54.53
60	60.06	50.66	60.66	52.10	61.86	53.97
70	59.90	50.44	60.44	51.75	61.53	53.50
80	59.78	50.26	60.26	51.46	61.25	53.10
90	59.68	50.11	60.11	51.21	61.02	52.76
100	59.60	49.99	59.99	51.01	60.83	52.46
110	59.53	49.89	59.89	50.83	60.66	52.19
120	59.47	49.80	59.80	50.67	60.52	51.96
130	59.42	49.72	59.72	50.53	60.39	51.75
140	59.38	49.66	59.66	50.41	60.28	51.56
150	59.34	49.60	59.60	50.30	60.18	51.40
160	59.31	49.55	59.55	50.21	60.09	51.24
170	59.28	49.50	59.50	50.12	60.01	51.10
180	59.25	49.46	59.46	50.05	59.94	50.98
190	59.23	49.43	59.43	49.98	59.88	50.86
200	59.21	49.39	59.39	49.91	59.82	50.76
2 类标准	60	50	60	50	60	50
达标距离	70	100	100	190	180	/
4a 类标准	70	55	70	55	70	55
达标距离	/	10	/	20	/	50
道路名称	北岸地面道路					
距路红线距离 (m)	2022 年		2032 年		2042 年	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
0	65.06	56.81	66.79	59.83	69.39	62.73
10	62.61	53.99	63.97	56.61	66.22	59.30
20	61.41	52.51	62.49	54.75	64.40	57.21
30	60.79	51.69	61.68	53.64	63.33	55.91
40	60.40	51.16	61.15	52.88	62.61	54.98
50	60.14	50.79	60.78	52.32	62.07	54.26
60	59.95	50.52	60.51	51.89	61.66	53.69

70	59.80	50.30	60.29	51.54	61.33	53.22
80	59.69	50.13	60.13	51.26	61.07	52.82
90	59.60	50.00	59.99	51.03	60.85	52.49
100	59.52	49.89	59.88	50.83	60.67	52.20
110	59.46	49.79	59.79	50.67	60.51	51.95
120	59.41	49.71	59.71	50.52	60.38	51.73
130	59.37	49.65	59.64	50.40	60.26	51.54
140	59.33	49.59	59.58	50.29	60.16	51.37
150	59.30	49.54	59.53	50.19	60.07	51.21
160	59.27	49.49	59.49	50.10	59.99	51.07
170	59.24	49.45	59.45	50.03	59.92	50.95
180	59.22	49.41	59.41	49.96	59.86	50.83
190	59.20	49.38	59.38	49.90	59.80	50.73
200	59.18	49.35	59.35	49.84	59.75	50.63
2类标准	60	50	60	50	60	50
达标距离	60	100	90	180	160	/
4a类标准	70	55	70	55	70	55
达标距离	/	10	/	20	/	40

从上表可看出南岸地面道路夜间在 4a 范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 7.52dB，昼间在 4a 范围内均达标；南岸地面道路夜间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 12.52dB；昼间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 9.20dB。

北岸地面道路夜间在 4a 范围内特征年 2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 7.73dB，昼间在 4a 范围内均达标；北岸地面道路夜间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 12.73dB；昼间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 9.39dB。

本项目在近期、中期、远期昼、夜间叠加值等声级图如下。

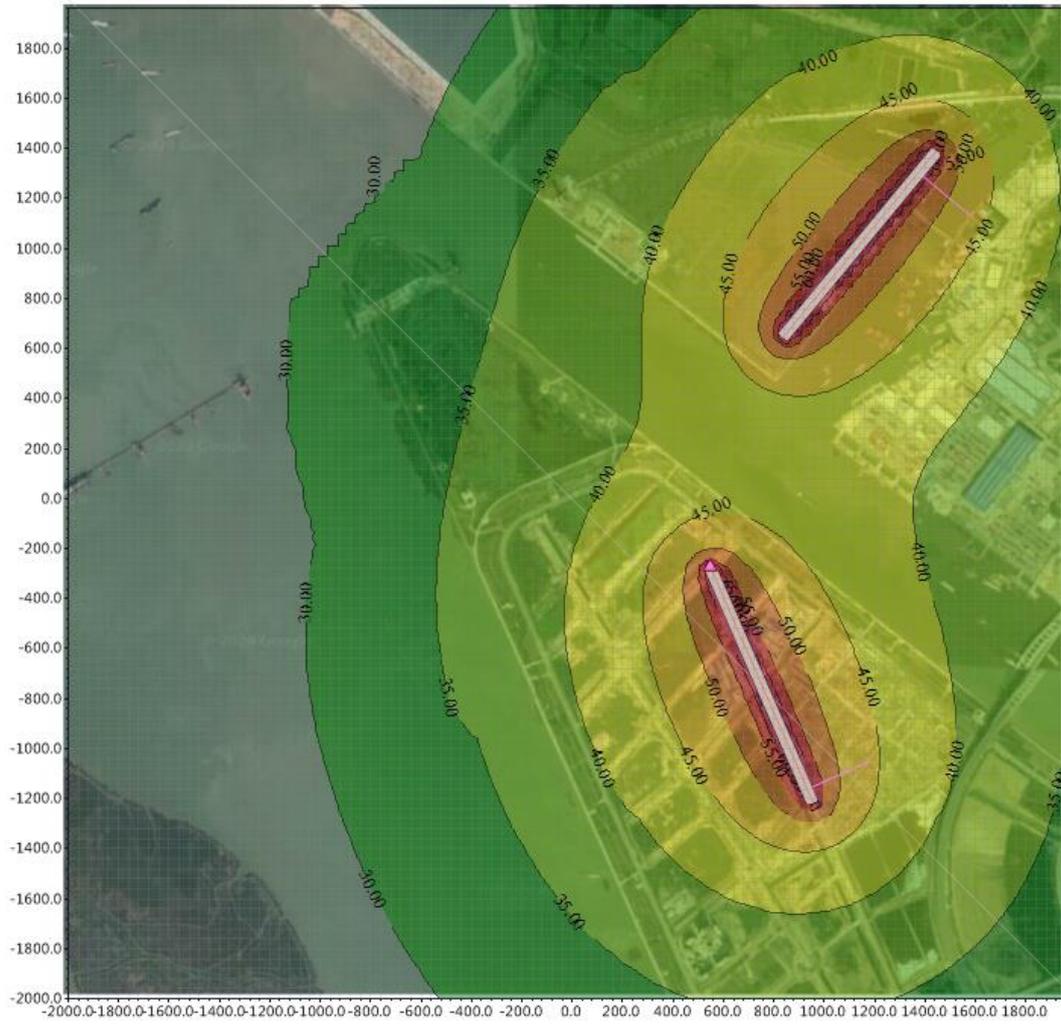


图 6.6-1 近期昼间贡献值等声级图

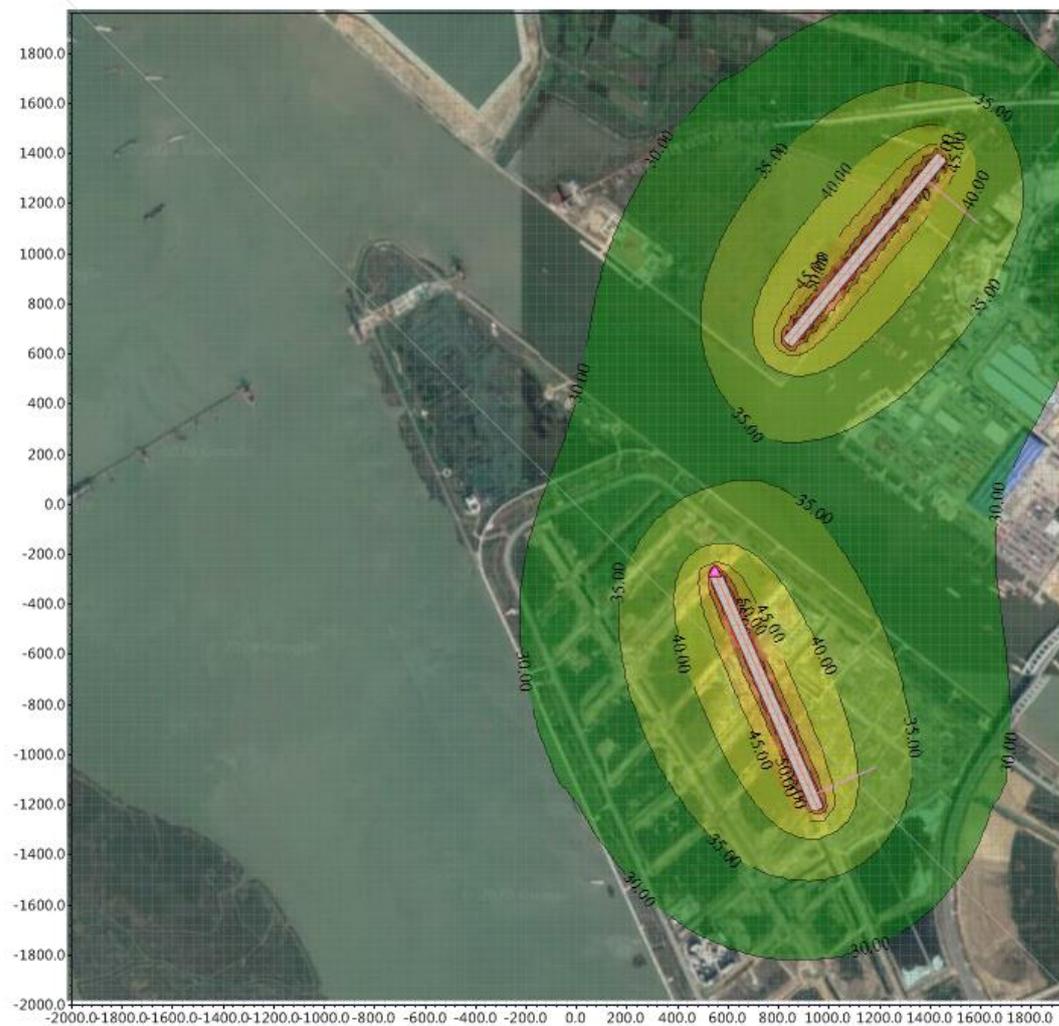


图 6.6-2 近期夜间贡献值等声级图

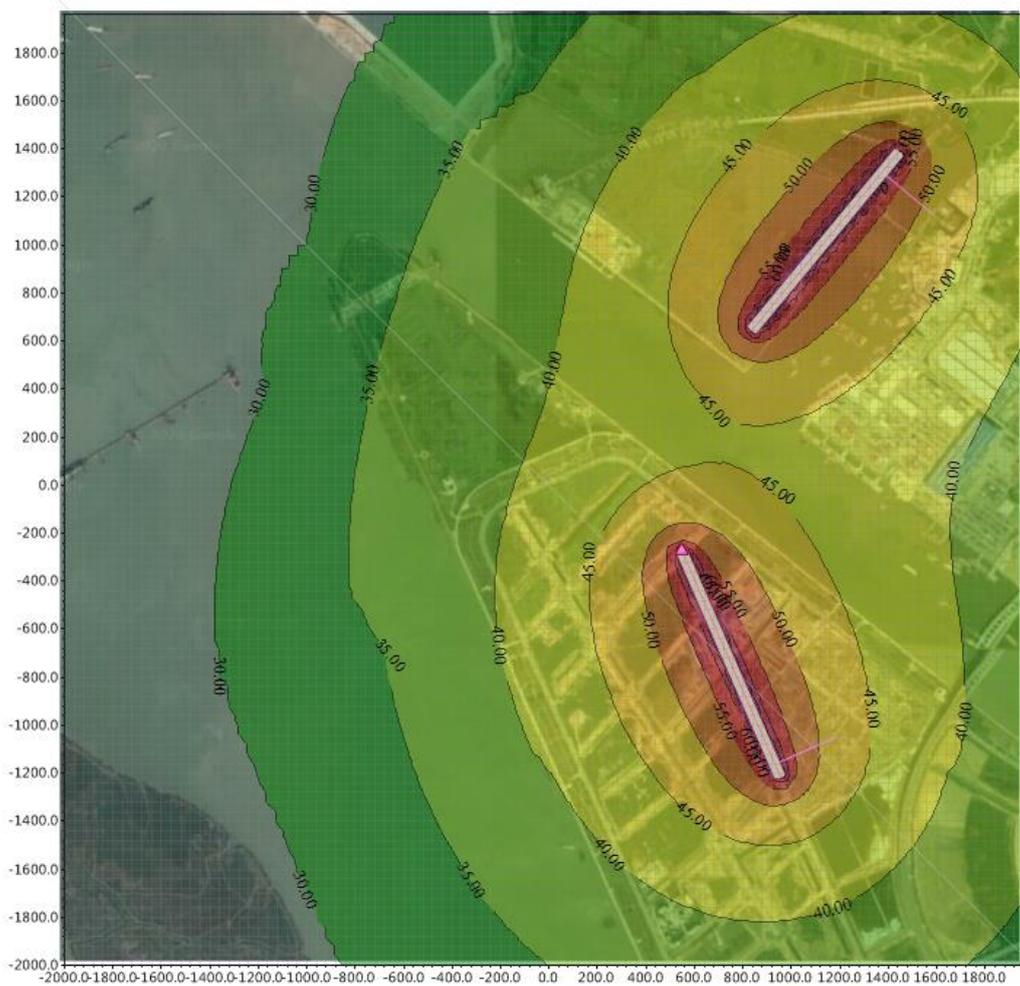
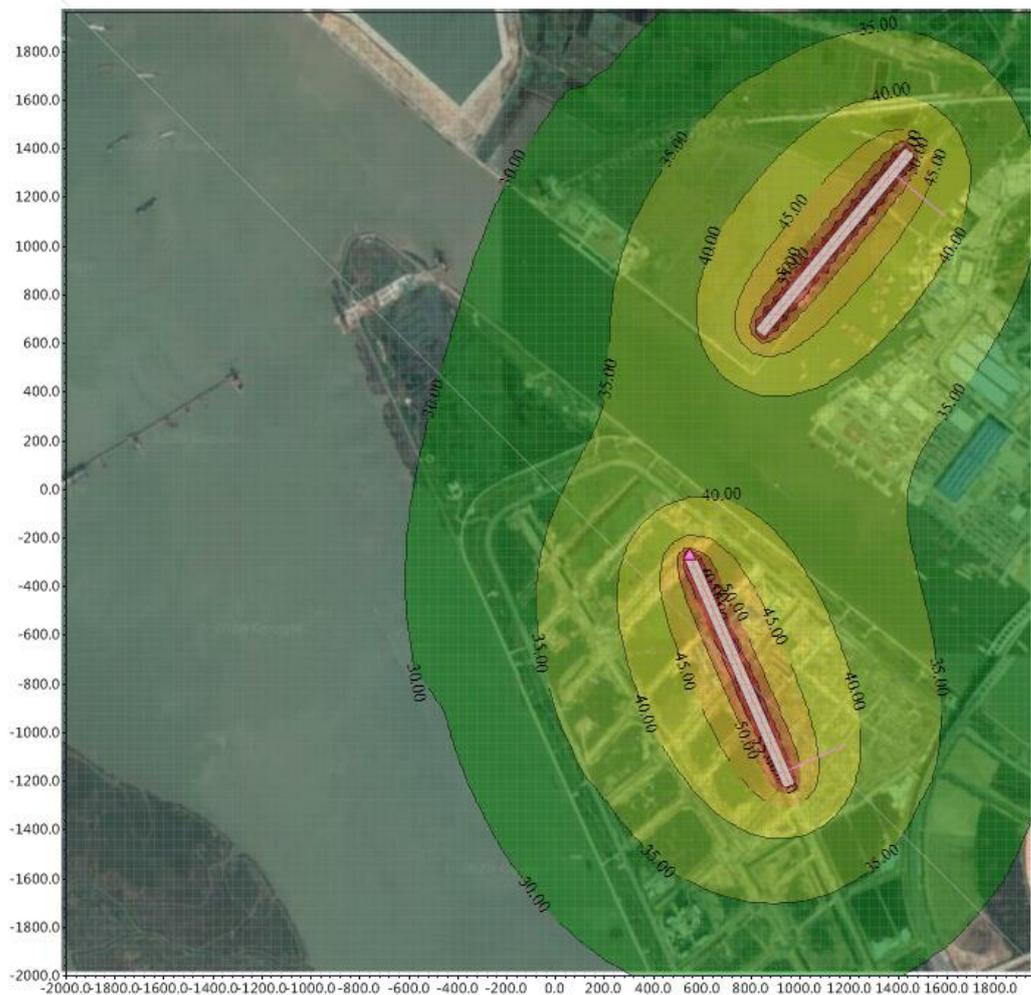


图 6.6-3 中期昼间贡献值等声级图



7-

6.6-4 中期夜间贡献值等声级图

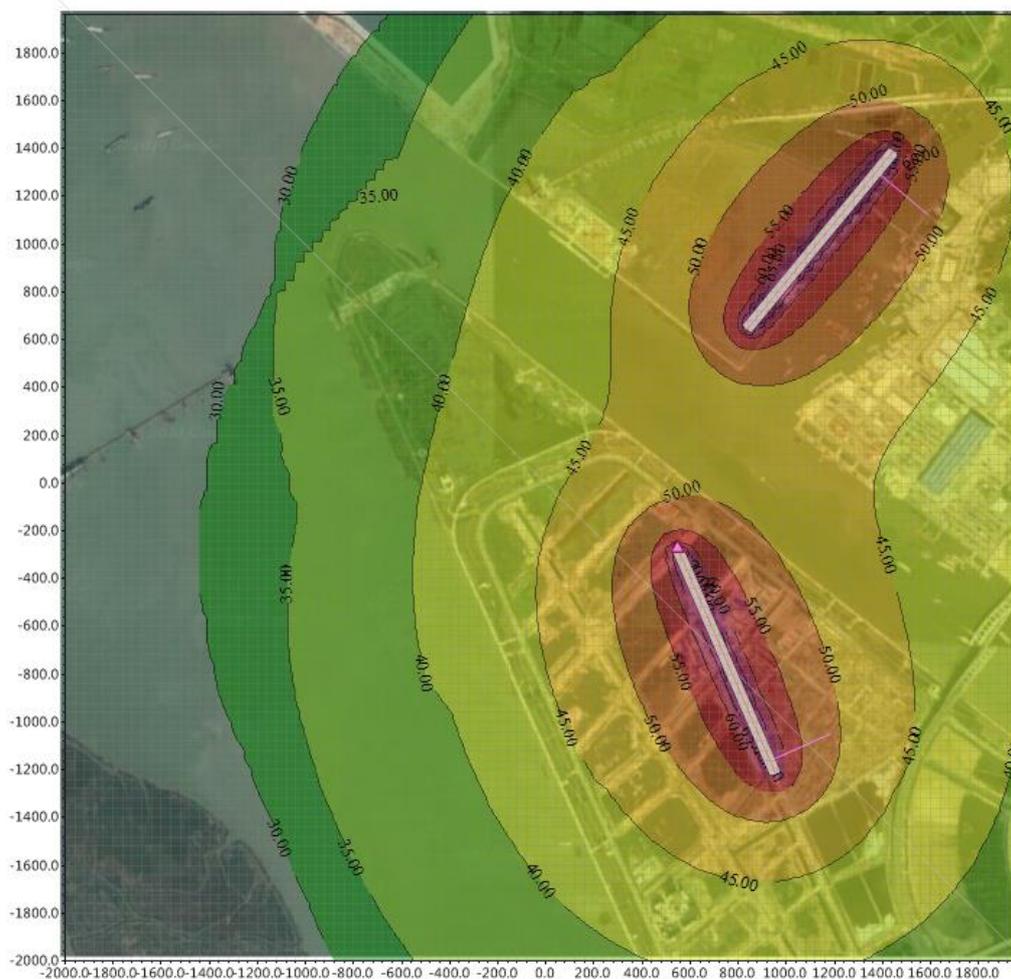


图 6.6-5 远期昼间贡献值等声级图

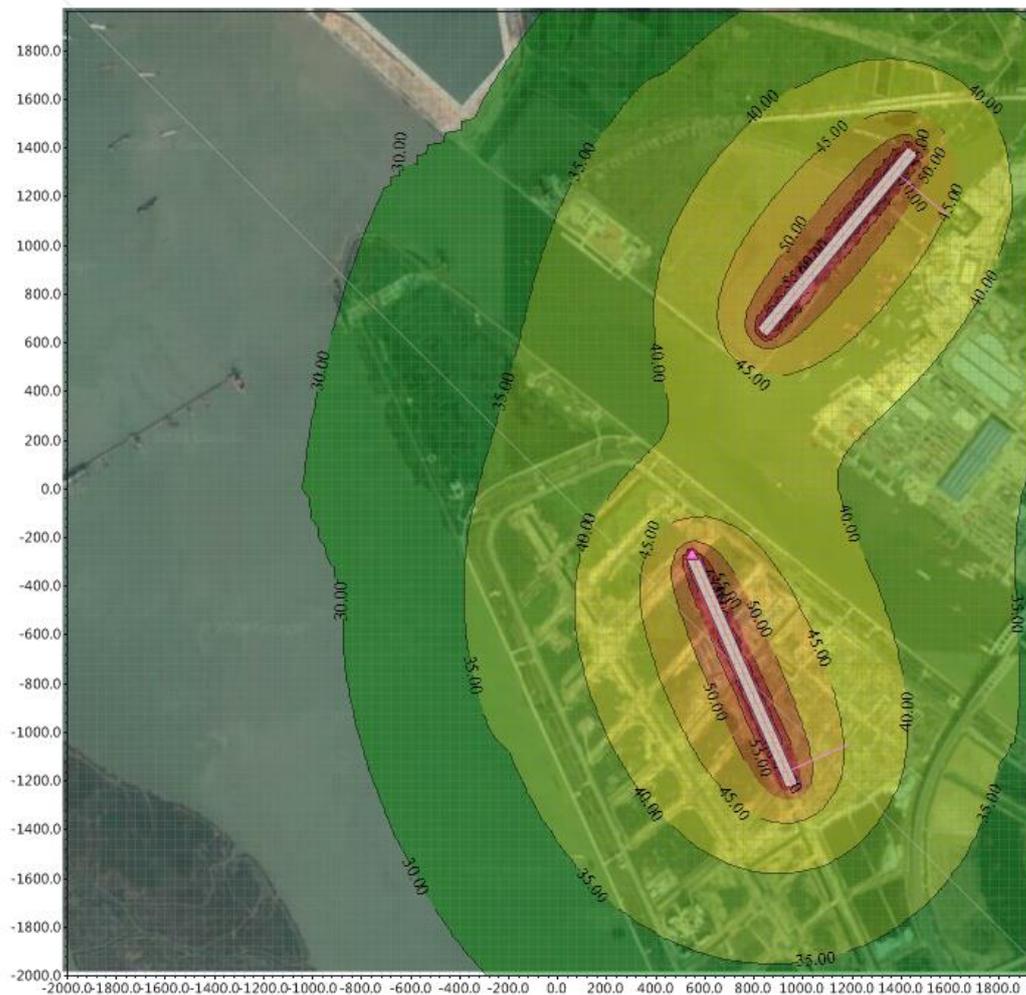


图 6.6-6 远期昼间贡献值等声级图

由噪声预测结果可知，本项目交通噪声对两段沿线有一定影响。噪声预测分析如下：

①由水平方向预测结果可知，路面上行驶机动车产生的噪声在道路两侧的噪声贡献值随距离的增加而逐渐衰减变小，并且随着车流量的增加预测噪声值也将随着增加。

②由于本项目包含城市主干道 1 种类型的道路，根据《关于印发〈珠海市声环境质量标准适用区划分〉和〈珠海市环境空气质量功能区划分〉的通知》（珠环〔2020〕177 号），本项目两侧区域定为 4a 类声环境功能区，执行 4a 类标准，其他区域执行 2 类标准。

③从各时段的噪声情况来看，夜间时段的交通噪声影响比昼间的影响大。

④道路营运期，随着交通量的增加，交通噪声影响增大。

⑤由水平方向预测结果可知，项目营运期，在仅考虑距离衰减、地面效应衰

减,不考虑建筑物、树林的遮挡屏蔽等影响情况下,各预测年份昼间交通噪声预测值要达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准,南岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为70m,2032年为100m,2042年为180m。北岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为60m,2032年为90m,2042年为160m。南岸地面道路沿线2类声环境功能区预测结果中,昼间、夜间噪声则出现不同程度的超标情况。北岸地面道路沿线2类声环境功能区预测结果中,昼间、夜间噪声则出现不同程度的超标情况。

各预测年份昼间交通噪声预测值要达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)4a类标准,南岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为0m,2032年为0m,2042年为0m。北岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为0m,2032年为0m,2042年为0m。各预测年份夜间交通噪声预测值要达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)4a类标准,南岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为10m,2032年为20m,2042年为50m。北岸地面道路距道路边界线的最短距离分别为:2022年为10m,2032年为20m,2042年为40m。地面道路沿线4a类声环境功能区预测结果中,昼间噪声均合格,夜间噪声则出现不同程度的超标情况。

## 6.6.4 固体废物环境影响评价

### 6.6.4.1 施工期固体废物环境影响分析

施工过程固体废物主要是1)隧道开挖、掘进以及工作井施工过程中产生的弃方,此外,盾构施工中将产生废弃泥浆、疏浚泥;2)接线道路弃方;3)施工人员的生活垃圾。

(1)隧道明挖段、盾构段及工作井弃方合计61.63万 $m^3$ ,用渣土车运至中山坦洲镇禛祥二街永二工业园。

盾构掘进施工时将建立泥浆循环系统,盾构机刀片切下的土方经与海水混合后,泥浆将经管道输往泥浆处理系统构筑物,泥水分离系统对盾构排出的泥浆进行处理,使排出泥浆能够重新达到盾构掘进过程中泥浆的要求,由泵送入盾构机,加以循环利用。经计算,盾构废弃泥浆最终产生量约60.87万方,废弃泥浆细颗粒压成泥饼后,就近运到南北两岸场地周边待填区域,实现弃土的资源化利用。

隧道软基处理产生的淤泥约1.7万 $m^3$ ,采用泥驳运至中山南朗镇,敏捷

温泉海岸附近进行吹填。

2) 南、北两岸接线工程废弃土石方共计约 1.1 万方，运至管理部门指定的弃渣场处置。

3) 施工人员生活垃圾在临时施工场地集中收集后，由环卫部门清运。

#### 6.6.4.2 运营期固体废物环境影响分析

本工程建成投入使用后，主要固体废物为行人产生的生活垃圾，因在道路两侧已设市政垃圾筒，且由环卫部门定期清理。本项目的建成使用将对沿线环境的影响在可接受范围。

### 6.6.5 生态环境影响评价

项目施工对生态环境的影响包括以下几个方面：

#### ①对野生动、植物的影响分析

项目施工期道路建设范围内表土和植被将遭受直接破坏，原生生存环境形成大量的残遗斑块，影响生物的迁徙活动，使开采区范围内的野生动物的生存环境面积受到压缩，可能会导致栖息地隔离或分裂，被迫迁徙或逃离，会对植物和动物群体之间的自然联系产生一定的影响。

临时占地范围内的植被也将被破坏。工程施工完成后，施工临建区全面整地及植被恢复，然后交还当地使用。道路红线范围以外的植被及时恢复，红线范围内道路将在道路两旁、侧分带、中央分隔带实施绿化工程，主要种植海南红豆、银海枣、假槟榔、黄槿等植株高大的乔木，使建设项目沿线范围内植物的种类将有所增加。由于隧道接线线路在设计阶段已最大程度利用已建低等级道路，现状无绿化，因此，项目完成后总体上工程区内的植被覆盖率将较目前有所增加，植被吸碳放氧等生态功能将比目前有所加强。

#### ②对水土流失的影响分析

陆域工程取土、填土、临时堆土等裸露表面如被雨水冲刷后将造成水土流失，对城市生态景观造成不利影响。因此在施工期要做好严防水土流失的相关措施，否则会对水质、生态及工程安全带来不利影响。水土防治措施应本着“预防为主，全面规划，综合防治，因地制宜，加强管理，注重效益”的原则，如在临时堆土区周边设置临时排水沟、在施工完毕后利用开挖土方进行回填、挖方区及临时堆土区等应增加临时拦挡措施、施工结束后，对其防治区域进行全面整地，并植草

绿化。通过采取以上措施，本项目水土流失影响是可控的。

### ③污染物排放对生态影响分析

项目运营期汽车尾气会对沿线生态系统造成一定的影响。粒径大于  $1\mu\text{m}$  的颗粒物在扩散过程中可自然沉降，吸附于植物叶片上，阻塞气孔，影响植物生长，使叶片褪色、变硬，植物生长不良。粉尘落到田间会影响土壤透水透气性，不利于植物吸收土壤养分，间接造成植物生长缓慢。一般地，大风天气，粉尘、扬尘对污染源附近 200m 的植物资源产生不良影响，此范围内的植被受到一定程度的不利影响。

## 6.7 项目对环境敏感目标的影响

### 6.7.1 对沿海水道的影响分析

项目所在海域及周边海域沿海水道主要为马骝洲水道和磨刀门水道，根据《广东省海洋功能区划(2011-2020年)》和《珠海市近岸海域环境功能区划修编》，马骝洲水道所在海域主导功能定位为港口、工业交通运输用海，水质目标为三类；磨刀门海域主导功能定位为旅游、通航、防洪纳潮等，水质目标为二类。

本项目隧址位于马骝洲水道，距离磨刀门水道约 1.8km，隧道海中段最小埋深 8.18m，最大埋深 17.8m，隧道整体结构均位于海床以下，对项目所在和周边海域水上交通运输活动和防洪纳潮功能基本无影响，能够维持上述两条沿海水道内畅通的通航环境和防洪纳潮功能。目前，建设单位已委托有关单位开展了本工程实施对防洪纳潮的影响分析专题论证，具体见本章 6.8 小节。

此外，施工期间水上作业船舶机舱油污水、船舶生活污水均不向海排放，采取上岸接收处理措施。虽然清淤和打桩作业时会不可避免的造成入海悬浮沙的扩散，但从数值模拟预测结果来看，水上作业产生的悬浮沙在马骝洲水道涨落潮流作用下将向上、下游扩散，但施工工期较短，施工结束后短时间内水质即可恢复至背景值水平，不会对磨刀门海域和马骝洲水道水质环境造成长期不利影响。

### 6.7.2 对湿地公园的影响分析

项目附近湿地公园(即滨海湿地公园芒洲湿地片区)位于隧道南岸陆域范围，距离隧道线位最近距离约为 0.45km，距离南岸施工场地约为 0.55km，其间由琴海北路相隔。该湿地公园面积约 60 公顷，定位是城市湿地生态专题的宣教展示

和精品休闲社交的公共公园。

隧道施工时，作业区均在隧道线位附近，未占用湿地公园范围，施工场地各类污废水及生产、生活垃圾均将采取相应的污染防治措施，能够确保废水废物得到有效处置，不会对湿地公园内水环境造成污染影响。但施工场地机械设备和运输车辆运转产生的扬尘、机械烟气以及噪声等会对湿地公园内生态环境造成一定的负面影响。本报告要求对施工场地实施严格的扬尘污染控制措施和噪声防治措施，加强设备的维护和使用管理，集中工区设置围挡，合理规划运输车辆行驶路线，尽量降低施工对湿地公园的干扰，则工程建设对湿地公园的影响可接受。

隧道运营期，隧道本身不产生污染物，营运期间排污主要是隧道敞开段初期雨水、隧道结构渗水和冲洗水，雨废水泵入市政管网，对芒洲湿地和横琴湿地公园的水质和生态基本无影响。

### 6.7.3 对红树林的影响分析

隧道跨越北侧堤岸处至上游洪湾中心渔港沿岸分布有红树林，呈片状零散分布，面积共约 0.6 公顷，隧道在北岸跨越处距离成片红树林的最近距离约为 100m，隧道采用盾构法下穿北侧堤岸工程，不改变红树林生境环境。隧道软基础处理作业区位于桩号 LK1+630~LK1+800（以左线计），靠近隧道南岸，从软及处理悬浮沙扩散预测结果来看，悬浮沙主要受落潮流影响，沿着马骝洲水道南岸和磨刀门西岸向下游扩散，未扩散至隧道北岸红树林分布区，不会对红树林的生境条件造成不利影响。

### 6.7.4 对水源保护区的影响分析

广昌饮用水水源保护区位于本项目上游，本项目隧道线位未占用该饮用水水源保护区，距离二级水源保护区边界为 3.2km。项目施工期间 10mg/L 悬浮泥沙增量向上游扩散范围有限，基本局限在马骝洲水道和磨刀门水道下游，未到达广昌饮用水水源保护区范围，因此不会降低该水源保护区的水质。

隧道运营期污染物主要是隧道敞开段初期雨水、隧道结构渗水和冲洗水，废水排入完全封闭的排水收集系统，也不会对水源保护区内取水造成不利影响。

### 6.7.5 对水工结构物的影响分析

工程所在及周边海域水工结构物主要是海堤、水闸、跨海桥梁、海底隧道、码头等，各水工构筑物均按照一定的抗震设防标准建造，隧址南、北岸海堤已在

近期完成加固，周边跨海大桥和海底隧道都是近年建成，建设标准高，施工工艺先进，具备抵抗较强外力干扰的能力。研究表明，盾构施工对线位两侧产生的振动影响很小，在线位正上方有一定的振动影响，主要表现为地表隆沉，本工程周边水工构筑物距离隧址区有一定距离，影响很小。为确保水工结构物安全，防止发生构筑物垮塌损毁等继而引发污染事故，本报告要求施工期对周边水工构筑物基础持里层地层应力状态进行严密监测，确保水工结构物安全。

### 6.7.6 对重要渔业水域的影响

本项目工程海域位于“幼鱼、幼虾保护区”和“南海北部幼鱼繁育场保护区”。

根据前述分析，隧道掘进开挖在海床以下 8m，施工期水下噪声总体噪声谱级不高，高声压级主要发生在低频谱级 500Hz 点以下，600Hz 点以上谱级声压级均小于 100dB。根据鱼类中对噪声较为敏感的石首科幼鱼声学实验结果，石首科幼鱼在 600Hz~800Hz 频段听力阈值在 140~150dB 左右，因此，隧道掘进开挖对保护区内鱼类幼体影响很小。此外，隧道南、北岸始发和接收工作井距岸约 160m 以远，作业井内施工噪声传播至马骝洲水道水体也将衰减至较低水平，故工程施工噪声对保护区内幼鱼繁育影响很小。

根据前述分析，隧道软基加固处理时水下清淤和打桩作业将产生入海悬浮泥沙。根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。从水质影响预测结果，水域疏浚作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.108km<sup>2</sup>，水下打桩作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.002km<sup>2</sup>，影响范围内鱼类幼体将会受到损害。

基于以上分析，本报告要求隧道软基处理水上作业避开幼鱼繁育期，同时加强隧道掘进开挖作业机械设备管理，工作井内采取降噪等措施，最大程度降低施工期噪声和悬沙对鱼类幼体繁育环境的影响，更好地保护渔业资源。

## 6.8 项目建设对防洪纳潮的影响分析

本节根据水利部珠江水利委员会技术咨询中心编制的《招珠海横琴杧洲隧道工程洪水影响评价报告》编制。

本工程为隧道工程，以埋入河床的形式穿越马骝洲水道，施工方法主要采用盾构法。工程的防洪纳潮影响评价主要考虑工程对马骝洲水道河势演变及河道行洪纳潮的影响。此外，对于横穿河流并埋设在河床以下的隧道来说，一般都要保

证在一定频率的设计洪水下的安全，即隧道的埋深应大于发生一定频率下的洪水时集中水流在床面上冲刷后的河槽深度。因此，还需对河道最大冲刷深度对工程的影响进行分析。

### 6.8.1 项目建设对河道泄洪纳潮的影响分析

本项目主要采用盾构法施工海底隧道，盾构法是在保留传统桥涵结构施工工艺基础上，对结构顶进支护方法进行重大改进，将明挖开挖改为地下暗挖盾构支护，以暗挖来推进工程进展。本工程盾构隧道在两岸堤防范围内以埋入床面以下8m 以深的方式穿越马骝洲水道，因此在施工期和工程建设后不占用河道行洪和纳潮面积，对马骝洲水道的泄洪纳潮无影响。

### 6.8.2 项目建设对河势稳定的影响分析

本工程位于马骝洲水道，现状条件下两岸均有堤防约束河床，水流基本为往复流，河势总体稳定。拟建隧道在河床以下并具有一定埋深，工程建设后不会导致河道边界条件发生变化，不会引起河道发生冲淤变形，不会造成工程附近水域分流比及涨、落潮量发生变化。因此，工程建设不会对河势稳定造成不利影响。

### 6.8.3 河道冲刷深度对工程的影响分析

#### (1) 模拟水文条件

本工程海底隧道设计洪水频率为1%，为确保隧道埋深安全，分析采用1%、0.5%和0.33%设计洪水作为计算的上边界水文条件，下边界遭遇“2005.6”洪水潮型低潮位，代表工程处流速不利的水文组合，作为极限冲刷模拟的水文条件。

#### (2) 河床冲刷分析结果

河床冲刷区域主要位于-2.5m 等高线以下的河床内，且表现为整体冲深下切，从冲深尺度来看，主槽冲刷较大，两侧岸坡冲深相对较小，河道横断面形态向窄深发展。河道深泓线基本没有发生明显偏移。

隧址断面，左线主槽河床平均下切 1.98~2.69m，河床最大冲深在 3.2~4.0m 之间，最深点高程在-9.76~-10.58m 之间；右线主槽河床平均下切 2.05~2.66m，河床最大冲深在 3.3~3.85m 之间，最深点高程在-9.83~-10.43m 之间。

#### (3) 河道冲刷深度对工程的影响分析

由以上分析可知，现状条件下，考虑河道极限冲刷后，隧址断面河床最低标高为-10.58m（黄海基面为-9.99m）。本工程海底隧道在马骝洲水道两岸堤防范围

内洞顶高程为-17.59m~-34.37m（黄海基面为-17.00m~-33.78m），两岸堤防范围内隧道洞顶距离冲刷后河床面的覆盖厚度大于 13.33m，覆土厚度满足抗浮稳定的设计要求。因此，在各计算工况下，隧址附近河床所发生的冲刷均不会对隧道安全构成威胁。

#### 6.8.4 项目对防洪纳潮的影响研究结论

拟建隧道工程采用盾构法穿越马骝洲水道，工程建设符合珠江河口综合治理规划的总体要求，对工程区域的防洪（潮）工程和排涝规划没有影响。工程布置在海床以下，不占用河道行洪纳潮过流面积，对河道泄洪纳潮和河势稳定无影响。经计算，考虑河道极限冲刷后，两岸堤防范围内隧道洞顶覆土厚度仍在 13m 以上，自然情况下隧道不会出露河床而影响河道行洪和河势稳定。

### 6.9 项目建设对周边开发活动的影响

#### （1）对周边海域开发活动的影响

项目周边海域开发活动较多，项目建设对其有影响的主要为南北两侧堤岸、厚朴道处已实施的电缆沟、胜洲十二路、3#地下通道、胜洲十一路北区、14#排洪渠、广东省珠海水上交通检查站、中国海监广东省总队粤中维权执法基地、接岸栈桥的影响。

隧道盾构施工下穿南北两侧堤岸时，在严格按照施工规范，做好相应对策措施的基础上，可以最大程度地降低对南北两侧堤岸沉降及接岸栈桥、广东省珠海水上交通检查站、中国海监广东省总队粤中维权执法基地引桥的结构稳定性影响；项目建设需改迁厚朴道处已实施的电缆沟、胜洲十一路北区、14#排洪渠并将胜洲十二路和 3#地下通道纳入本次工程修建，目前已通过政府部门的协调同意；隧道盾构施工前的水域疏浚和软基处理主要集中在南岸附近，不占用主航道且工期较短，对马骝洲水道的通航环境、广东省珠海水上交通检查站、中国海监广东省总队粤中维权执法基地船只往来的影响较小。

#### （2）对周边陆域开发活动的影响

本工程北侧接线道路（环港东路）现状为围堰区域（目前已废弃），无建筑与管线，地块均未出让，不涉及征地拆迁。项目南侧接线厚朴道占据地块中仅科学城地块出让，红线侵入均在科学城建筑退让绿地内，不涉及拆迁。

## 7 环境风险分析与评价

### 7.1 评价依据

参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018), 本项目运营期不涉及附录 B.1、B.2 列示的有毒物质、易燃物质、爆炸性物质和活性化学物质等危险性物质,  $Q < 1$ , 该项目环境风险潜势为 I, 可开展简单分析。

表 7.1-1 评价工作等级划分

环境风险潜势	IV、IV+	III	II	I
评价工作等级	一	二	三	简单分析 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>是相对于详细评价工作内容而言, 在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。

项目的环境风险按照建设阶段可分为施工期风险和运营期风险两部分。

### 7.2 风险识别及影响分析

#### 7.2.1 施工期风险识别及影响分析

本工程施工期风险包括不良地质状况风险、船舶碰撞风险以及开挖物料暴雨泄漏入海风险等事故对工程建设可能造成潜在危害, 并对周边环境形成损失; 另外, 还包括由于工程建设或设计不当造成工程事故, 以致于损害海洋环境的风险。

##### 7.2.1.1 不良地质状况风险分析

###### (1) 河岸岸坡滑塌

评估区位于珠江三角洲平原地区, 区域内水系较为发育, 靠近海域, 本项目以隧道形式穿越马骝洲水道, 北岸有洪湾涌, 南岸有杧洲湿地等。隧址所跨马骝洲水道, 两岸堤防类型为海堤。根据现场勘察, 地貌单元大部分为海漫滩地貌, 后经人工围垦改造, 大部分形成陆域, 表现为鱼塘、虾池、蚝池、河流及滩涂地, 局部为蕉林、临时道路。整体地势较低平, 勘察期间地面标高 1m~2m。目前两侧的堤岸总体稳定性较好, 未见明显岸坡滑塌现象, 但是, 由于本区浅部土层主要为填土和软土, 这些土层的工程性质差, 对近岸一带地面堆载及震动等因素反映较敏感, 一旦工程建设改变了堤岸上部的荷载条件, 则可能诱发河岸边坡滑塌地质灾害。同时水流对岸坡的侧蚀、冲刷, 河流水位的季节性变化, 这将在河流

临近土层中造成渗流，干湿循环和动水作用皆会降低土体的强度，可能造成河岸岸坡稳定性下降，可能诱发河岸边坡滑塌地质灾害。因此，有必要对线路穿过的马骝洲水道的岸坡稳定性进行计算分析。

- 1) 确定合理的桥路分界高度，路堤边坡坡高和坡率。
- 2) 岸堤填料应选用抗震稳定性较好的土，当受条件限制采用其余填料时，应改良土质或采取加固措施。
- 3) 岸堤浸水部分的填料，应选用稳定性较好的渗水土，不得使用粉砂、细砂、中砂作为填料。
- 4) 岸堤边坡应注意防冲刷和植被防护。

## (2) 地面沉降

拟建工程沿线引起地面沉降地质灾害的不良地质岩土体主要为填土、软土等特殊岩土。场地内填土成分混杂，厚度、均匀性和密实度差异大，附加荷载作用下易诱发差异沉降；南岸填筑时间不长，填土厚度较大，沉降稳定时间较长，尤其软黏土厚度较大区域。软土为淤泥，呈流塑状，分布连续，具有孔隙比大、强度低和压缩性高等不良工程特性，工程地质特性差，在附加荷载或地震作用下，软土层将可能产生长时间的变形，甚至出现触变或震陷，从而将引发地面沉降的地质灾害，导致路面变形破坏。

1) 线路穿过软弱土层埋深较深时，线路以路堤或桥形式通过，根据软土性质，天然地基其沉降、稳定不能满足设计要求时，地基采取深层搅拌桩（粉喷桩或浆喷桩）穿透软土层等加固处理。

2) 对于厚度较大，埋藏较深的软土可采用预压法进行处理，效果理想而成本较低。在真空或堆载预压处理后，进一步采用砂井、砂桩、砂垫层预压措施加固路基。

3) 实施土工格栅法，保证路基均匀沉降。在回填地段及路堤地段，填土应分层压密碾实。

4) 推行挤密桩法，即在土基中成孔后，在孔中灌以砂、石、土、灰土或石灰等材料，捣实而成直径较大的桩体，利用横向挤紧作用，使地基土颗粒挤密，孔隙减少，从而提高地基承载力，减小土的变形。

5) 对于工程区域中砂土、粉土，低饱和度的粘土、杂填土等采用机械碾压把表层地基土压密，或利用强夯的夯击能在地基中产生强烈的冲击波和动应力，

迫使土动力固结密实。

### (3) 地面塌陷

若施工过程中造成地面塌陷将会严重影响海洋生态环境,造成工程所在海域水质、沉积物、地形地貌等产生重大的损害和改变,同时对所在海域的开发活动产生较大的影响。

### (4) 海底环境的影响

本项目隧道过海段采用盾构掘进施工方案,从海底 8.18m~17.8m 以下通过,盾构掘进方式不会对海域环境及海床表层造成影响,但施工过程中会对穿越土层围岩的土体产生破坏扰动。

#### 7.2.1.2 船舶碰撞风险

本工程施工期的环境风险包括施工船舶发生碰撞或施工船舶与过往船只发生碰撞导致燃料油溢漏入海对海洋生态环境的影响。

溢油污染分为事故性污染和操作性污染两大类,事故性污染是指船舶碰撞、搁浅、触礁等突发性事故造成的污染;操作性污染是指加油作业以及船舶事故性排放机舱油污水、洗舱水、废油等造成的污染。造成溢油事故除一些不可抗拒的自然因素外,绝大部分是由于操作不当或违章作业等人为原因引起的。

溢油发生后,油膜在海面上漂浮扩散,阻止海气交换,将对海洋水环境、生态环境和景观造成影响。本项目的作业船舶可能影响工程水域渔船的通航,船只相互干扰、碰撞的几率增加,存在一定的交通安全隐患。

#### (1) 溢油对海域水质和沉积物环境的影响

受溢油影响的海域,油膜覆盖在海水表面,可溶性组分不断溶于水中,在风浪的冲击下,油膜不断破碎分散,并与水混合成为乳化油,增加了水中的石油浓度。油膜覆盖下,影响海-气之间的交换,致使溶解氧减小,从而影响水的物理化学和生物化学过程。溢油后,石油的重组分可自行沉积,或粘附在悬浮物颗粒中,沉积在沉积物表面。油块可在重力作用下沉降,从而影响沉积物表面物理性质和化学成分。

#### (2) 溢油对海域生物资源的影响

油膜覆盖下,影响水-气之间的交换,致使溶解氧减小,光照减弱,从而影响浮游动物、浮游植物及底栖生物的生长。而溶解及乳化后的油会对水生生物资源造成一定危害,沉积到底质的油类将对底栖生物造成严重影响。因此,一旦发

生事故溢油且处理不及时，将对油膜扫过海域的水生生物资源造成一定影响，主要体现在溢油突发时的急性致死影响及围油、回收油不彻底而产生的长期慢性污染影响。

### 7.2.1.3 开挖物料暴雨泄漏入海风险分析

海底隧道施工作业时南湾陆域（北岸）段和横琴陆域（南岸）段的陆上明挖暗埋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，暴雨时雨水径流可能会将开挖物料冲刷，径流携带泥沙若经过截流沉淀，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，可尽量减小地表径流对海洋水质环境影响。因此，将该风险事故作为本项目的环境风险，加以分析、评述，在此基础上，提出预防风险事故的措施，建立适当的应急方案。

## 7.2.2 运营期风险识别及影响分析

导致工程运营产生风险的主要因素可以分为内在因素和外在因素两个方面。内在因素主要是指隧道运营过程中由于管理原因可能造成的各种风险，此类风险必须通过加强和提高管理水平进行规避。而就设计方案而言，在运营期间可能产生的风险主要是针对由于各种外界因素所引起的对隧道结构本身以及隧道内车辆、人员的安全。这些外界因素归结起来就是各种可能产生的灾害，包括火灾、水灾、地震、爆炸等。在隧道工程没有防范措施时，这些外界因素发生而导致的直接后果可能就是隧道结构本身、车辆、人员造成无法弥补的破坏或伤亡，而使隧道工程无法正常使用或正常的交通陷入瘫痪。因此，应从设计角度对运营期间由于各种灾害而导致的各种风险进行可能性分析，找出原因，在工程建设时尽可能地考虑各种防范措施，有条件时从根本上杜绝各种灾害的发生。

### 7.2.2.1 交通事故风险

交通事故是一种偶然事件，隧道运营期发生交通事故的概率较低，但同时它的发生也是不可避免的。本项目可能发生的事故分为：①一般性事故：车辆相撞、侧翻、车辆油箱爆炸等；②危险性事故：监管不力时装载燃料化学品的车辆因交通事故发生泄漏、大火甚至爆炸。一旦发生在隧道内，由于隧道的特殊封闭环境，

大气扩散、稀释能力较差，将对隧道内环境造成较严重危害，同时也会对隧道进出口附近大气环境造成污染，影响人群健康。如发生在接线道路，将对周边大气环境、水环境造成不利影响。

#### 7.2.2.2 化学危险品运输事故

隧道建成后，运输车辆增多，存在着危险品如化学用品、油料车可能翻车、撞车、泄漏事故的隐患。由于危险品特殊的理化性质，在危险品运输过程中一旦发生交通意外或人为造成事故，对周围的环境将带来较为严重的危害。单从环境影响方面而言，在发生危险品运输交通事故中，运送易爆、易燃品的交通事故，主要是引起火灾或爆炸而可能大量泄漏或产生有毒有害气体导致环境空气严重污染，危及附近人群，或者造成路段及其构筑物损坏，导致一时的交通堵塞；运送液态危险品的交通事故，主要是造成有毒有害物料大量泄漏，危及人群和附近水体。

#### 7.2.2.3 火灾爆炸

隧道内电器设备损坏、交通事故、车辆本身均可能导致隧道内发生火灾爆炸。火灾爆炸发生时，由于隧道本身的特点限制，空间狭小、方向单一，使得燃烧产生的热量、烟雾、有害气体等不能快速有效地排出洞外，人员疏散困难，结果可能导致隧道主体结构由于高温受损，人员由于无法及时疏散导致伤亡，严重时可能导致隧道主体结构报废，造成无法挽回的巨大损失。

#### 7.2.2.4 地震

诸如地震等灾害发生时，可能直接导致隧道结构的破坏。虽然这些灾害发生的概率较低，但设计方案同样必须考虑相应的防护措施。

#### 7.2.2.5 隧道结构稳定风险

设计风险、建造风险导致运营期的隧道结构稳定性风险，以及运营期间的突发事件（如火灾、地震、车辆撞挤、材料老化、构件被腐蚀等）所带来隧道稳定性风险，包括隧道纵横向变形、纵向不均匀沉降、结构裂损、漏水等。

## 7.3 源项分析

### 7.3.1 事故发生概率

#### 7.3.1.1 船舶碰撞事故概率

##### (1) 国内船舶碰撞事故概率

从我国（1997~2002年）船舶溢油事故的统计情况来看，6年间沿海船舶、码头共发生1t以上溢油事故178起，其中操作性事故145起，占总事故数的82%，事故性事故33起，占总事故数的18%。按溢油量计算，145起操作性事故的溢油量为648t，平均为4.47t/起，占总溢油量的8%；33起事故性溢油量为7735t，平均每起事故溢油量为234t，占总溢油量的92%。

##### (2) 区域事故概率分析

根据广东省海事局2007~2011年度近5年的溢油资料进行统计分析，结果表明：2007~2011年度，广东省共发生船舶污染事故44起，其中操作性事故24起，海损性事故19起。全省溢油污染事故发生的概率为8.8次/年，其中10吨以下的事故发生概率为7.2次/年，10~50吨、100~500吨事故发生概率均约为0.6次/年（约1年一遇）。

#### 7.3.1.2 交通事故泄漏事故概率

运载化学危险品的车辆发生的交通事故与多种因素有关，包括：驾驶员个人因素、化学品的运载量、车速、交通量、路面状况等交通条件，以及所在地区的气象条件、道路长度等因素。本工程由于采用海底隧道下穿水道形式，当车辆在南、北岸接线道路发生交通事故后，可能对周边环境产生污染影响。

据调查，项目所在区域危险品运输种类主要有少部分易燃易爆化学品等。道路交通的风险主要为运输化学危险品的车辆发生交通事故会导致化学品泄漏，这种风险事件发生率很低，属于小概率事件。

### 7.3.2 最大可信事故

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ69-2018）的定义，最大可信事故是指基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成环境危害最严重的事故。根据上述的概率分析，与运输危险品车辆发生泄露事故相比，船舶与桥墩碰撞引发燃料油泄漏时，采取堵漏、截留等应急措施更加困难，发生泄漏

并造成海洋环境污染的可能性更大。因此，最大可信事故确定为船舶与桥墩碰撞引发的燃油泄漏事故。

### 7.3.3 溢油源强分析

#### (1) 溢油位置

根据工程实际情况溢油位置选择马骝洲水道比较繁忙的航道与疏浚作业的交点；溢油点坐标为（22° 9'49.22" N， 113°26'46.78" E），大部分油污染事故是由于船舶碰撞或搁浅造成的，当事故发生时，附近海域及岸线将成为油污染最严重的区域。

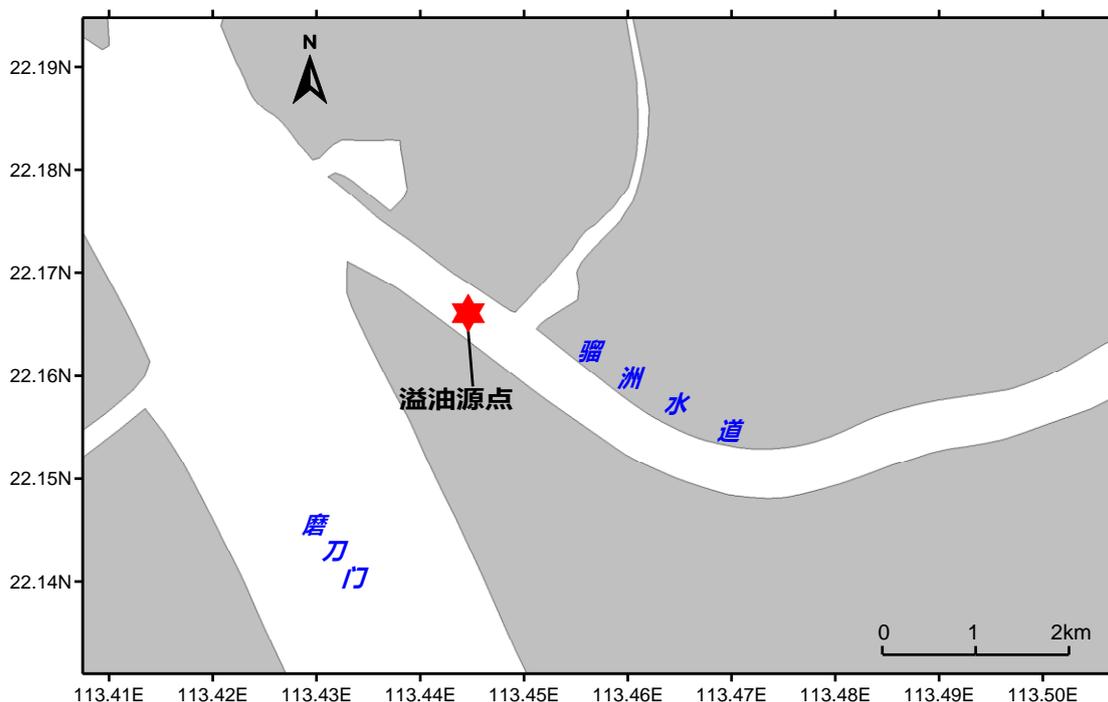


图 7.3-1 溢油源点位置示意图

#### (2) 源强

考虑施工船舶燃料油最大舱位，根据施工单位提供的施工方案，本项目施工船舶最大为 DCM 打桩船，单舱最大油量为 100m<sup>3</sup>，因此，本次评价溢油源强设计为泄漏 100m<sup>3</sup> 燃料油。溢油方式为点源连续排放，模拟时间为 72h。

#### (3) 风场与潮流场的选择

油膜迁移扩散是潮流与风力共同作用结果。本次预测考虑大潮时涨潮、落潮两种情况。

风场的变化相当复杂，不可能也没有必要针对不同的风向和风速条件下的溢出物漂移轨迹进行预测。本次评价主要考虑如下风况：海面年主导风向，对敏感

目标的不利风向等。本项目所在地年主导风向为 SE 和 NNE。此外，考虑对敏感目标的不利风向 N、NE。本风向风速的选取情况见表 3.2-1。每一种风况均考虑涨潮与落潮的情况。

表 7.3-1 溢油数值模拟扩散选取风参数

风向	SE	NE	NNE	N
平均风速 (m/s)	2.5	1.9	3.3	2.4
最大风速 (m/s)	20.1	15.0	14.2	13.5

(4) 预测工况汇总

预测工况汇总表如表 7.3-2 所示。

表 7.3-2 溢油扩散计算工况汇总表

序号	风向	风速	潮时	说明
工况 1	SE	2.5	涨潮初期	夏季主导风向
工况 2			落潮初期	
工况 3	NE	1.9	涨潮初期	冬季主导风向
工况 4			落潮初期	
工况 5	NNE	3.3	涨潮初期	不利风向
工况 6			落潮初期	
工况 7	N	2.4	涨潮初期	不利风向
工况 8			落潮初期	
工况 9	SE	20.1	涨潮初期	夏季主导风向
工况 10			落潮初期	
工况 11	NE	15.0	涨潮初期	冬季主导风向
工况 12			落潮初期	
工况 13	NNE	14.2	涨潮初期	不利风向
工况 14			落潮初期	
工况 15	N	13.5	涨潮初期	不利风向
工况 16			落潮初期	

## 7.4 溢油影响预测分析

### 7.4.1 溢油预测方法

由于溢油发生在不同地点时扩散范围差异较大，每个油粒子代表的溢油油膜面积和影响范围跟溢油点、溢油发生时间（涨潮、落潮）、风速、流速、波浪等因素有关，所以，每个油粒子代表的溢油油膜面积是一个受多因素影响的、不断变化的值。溢油模拟的情况只是一个大概的范围，具体的油膜范围受多种环境影响因子控制。

不可溶泄漏物多为油状液体，密度比水轻，在空气的蒸发或挥发以及在水中溶解性都很小。因此，当石油类物质溢散到水层表面时，就会发生各种变化，产

生各种现象，反应出溢油的特征。首先发生的变化是快速扩散，同时产生挥发现象，挥发速度的快慢决定于石油的性质、天气状况和地形位置。溢油在自然界还可发生各种反应，如氧化反应、乳化作用、溶解作用、微生物降解等。各种反应之间都是相互关联的，这些现象和反应会造成溢油性质的改变，或者影响到水面除油的方法。因此，不可溶泄漏物溢出到海面以后，存在以下几种运动形态：

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

**漂移** 是指油膜在海流、风、波浪、潮汐等因素的作用下引起的漂移。

**分散** 油品在海面形成油膜以后，受到破碎波的作用使一部分油品以油滴形式进入水中形成分散油。一部分油滴重新上升到水面，也有部分油滴从海面逸出而挥发到大气中。

**乳化** 由于机械动力，如涡旋、破碎浪花、湍流等因素，使油品和水激烈混合，形成油包水乳化物和水包油乳化物。

**吸附 沉淀** 部分油品粘附在海水中的悬浮颗粒上，并随之沉到海底。

**生物降解** 海洋环境中的微生物对水中的油品有降解作用。

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

溢油在水体中的运动主要表现为两种过程：在平流作用下的整体位移和在剪流与湍流作用下的扩散。溢油自身的表面扩展过程持续时间很短，而持续时间较长的运动形式主要表现为平流输运和湍流扩散。平流和湍流两种运动模式同时存在，通常称为“平流—扩散”问题。以往多数的研究方法都是基于各种类型的平流扩散方程的数值求解，这类数值方法的困难在于数值扩散问题，即数值离散引进的一种与物理扩散无关的伪扩散效应，可能存在数值扩散完全掩盖物理扩散的现象，使所得到的数值结果完全失真，不能描述真实的物理过程。

本次模拟采用“油粒子”方法来模拟溢油在海洋环境中的形成，即把溢油分成许多离散的小油滴(或小斑块)来模拟溢油在水体中的输运扩散过程。采用“粒子—扩散”概念的方法可以真实地重现许多实际观测到的溢油扩散特征。例如潮流和风将油膜拉长，波浪导致油膜的破裂等特征。

“粒子扩散”的概念，是把浓度场模拟为由大量的粒子组成的“云团”，其每一个粒子携带一定数据的示踪物质，采用拉格朗日法模拟油粒子在特定的流场条件下发生平移和位移的过程。再迭加油粒子在湍流场中的随机运动，即采用同时考虑到平流和湍流的扩散模式。

本报告采用溢油粒子漂移模型进行预测，溢油模型采用的动力是根据潮流模型计算的结果和风场叠加后的动力，边界条件等设置见潮流模型。

油粒子模式为：假设油膜由油粒子为代表，所有油粒子在海流和风作用下作拉格朗日运动，某一油粒子其运动遵循下列运动方程控制：

原坐标为 $(X_0, Y_0)$ 油粒子在 $\Delta t$  时间后漂移到坐标 $(X, Y)$ 则

$$X = X_0 + u_i \times \Delta t + R_x$$

$$Y = Y_0 + v_i \times \Delta t + R_y$$

$$u_i = u_{ci} + \alpha w_{xi}$$

$$v_i = v_{ci} + \alpha w_{yi}$$

$u_{ci}$  和  $v_{ci}$  分布是坐标 $(X_i, Y_i)$ 的海流东、北分量； $w_{xi}$ 、 $w_{yi}$  为风速东、北分量， $\alpha$  为风对油膜拖曳系数，采用 ECOMSI 公式， $R$  为随机扩散位移，同流速、流向、时间有关。

$$R_x = \beta u_{ci} \times (\alpha + 1/e^t)$$

$$R_y = \beta v_{ci} \times (\alpha + 1/e^t)$$

跟踪每一油粒子 $(X, Y)$ 的位置，统计油粒子扫过的网格面积，可得油膜在各区域的面积。

## 7.4.2 预测结果

根据模型预测，16 种工况下溢油事故发生后的油膜漂移轨迹及其扩散范围图 7.4-1 至图 7.4-16，各风况下的油膜的扫海面积、抵达敏感区时间见表 7.4-1。

河道中溢油扩散受风应力和潮流的共同影响，工况 1 油粒子在涨潮流和 SE 向风的作用下，迅速向上游扩散，扩散范围覆盖了红树林和水源保护区的所有区域。

工况 2 和工况 1 相差不大，油粒子的范围也覆盖了红树林和水源保护区的所有区域。

工况 3，油粒子影响到红树林和水源保护区的中部以南区域，未扩散至水源

保护区的北侧。工况 4，只有少部分油粒子影响到了水源保护区二级保护区。

工况 5 和工况 6，油粒子影响到红树林和水源保护区的中部以南区域，未扩散至水源保护区的北侧，向磨刀门扩散的范围影响到了横沥岛和交杯岛的周边区域。

工况 7，油粒子影响到红树林和水源保护区的中部以南区域，未扩散至水源保护区的北侧。向磨刀门扩散的范围影响到了横沥岛和交杯岛的周边区域。工况 8，影响到红树林区域，未影响水源保护区。向磨刀门扩散的范围影响到了横沥岛和交杯岛的周边区域。

工况 9 和工况 10，在 SE 向大风的作用下，油粒子向西江干流上溯影响到水源保护区的所有区域。

工况 11 和工况 12，只有小部分油粒子影响到水源保护区二级保护区。由于风力较大，油粒子迅速靠岸，在本模型中，油粒子靠岸即视为停止运动，所以油膜的扩散范围较小。

工况 13 和 14，未影响到水源保护区。

工况 15，油粒子扩散至磨刀门口门外，对外海的影响较大。

工况 16，油粒子迅速靠岸并在模型中停止运动，因此其扩散范围较小。这可能与实际范围有所差异。

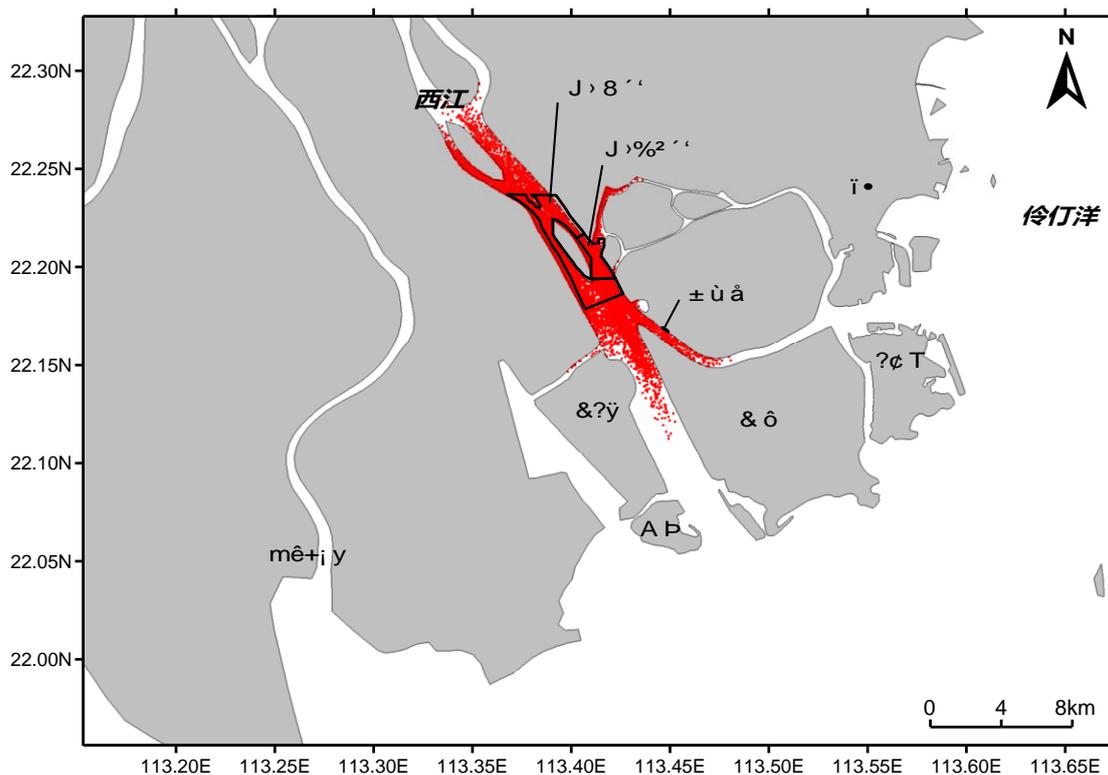


图 7.4-1 工况 1 夏季 SE 平均风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

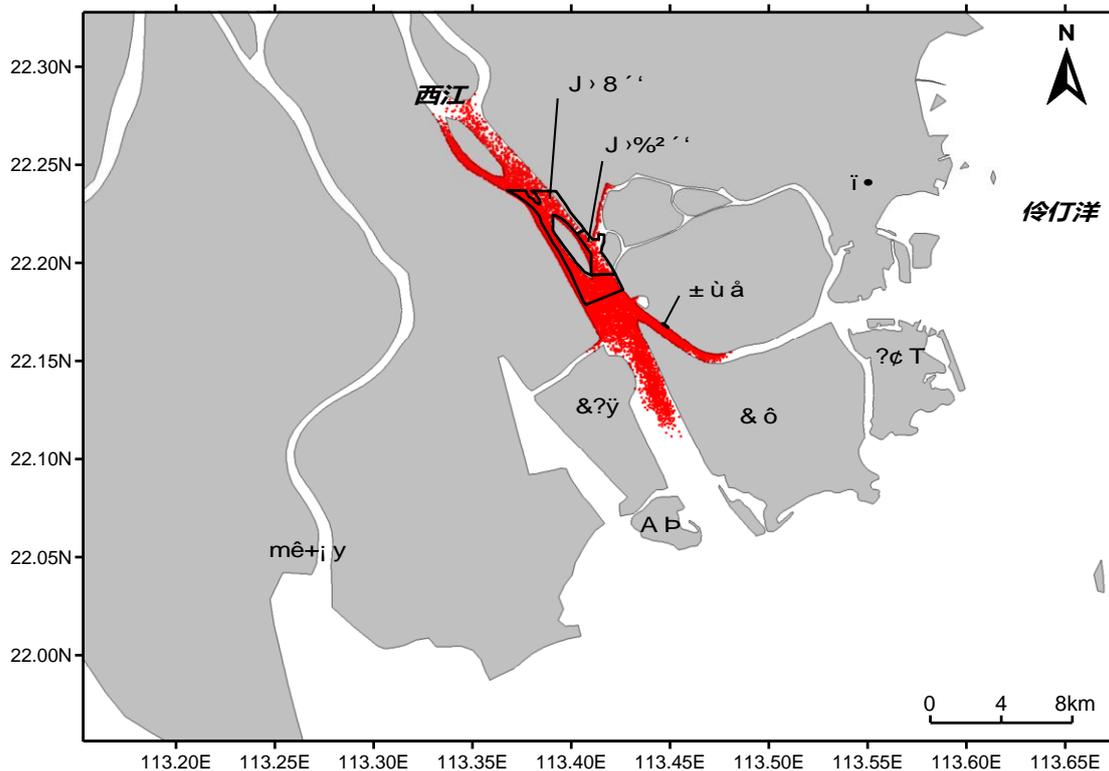


图 7.4-2 工况 2 夏季 SE 平均风大潮落潮初期油粒子扩散范围

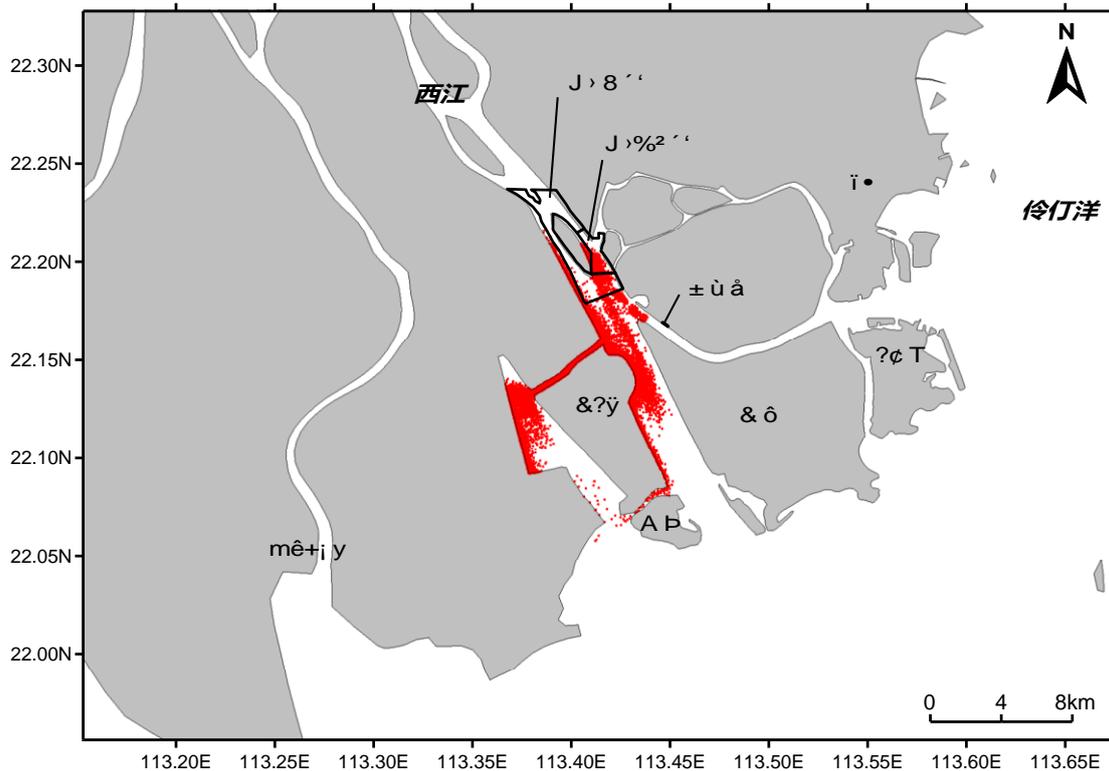


图 7.4-3 工况 3 冬季 NE 平均风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

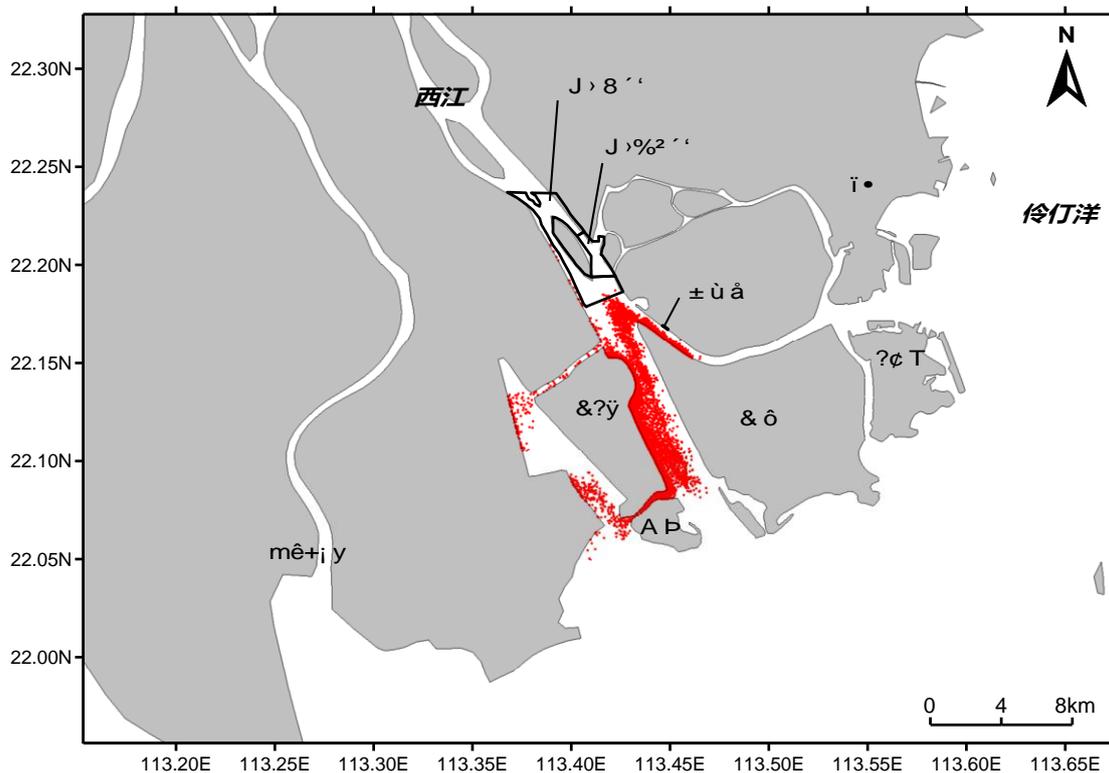


图 7.4-4 工况 4 冬季 NE 平均风大潮落潮初期油粒子扩散范围

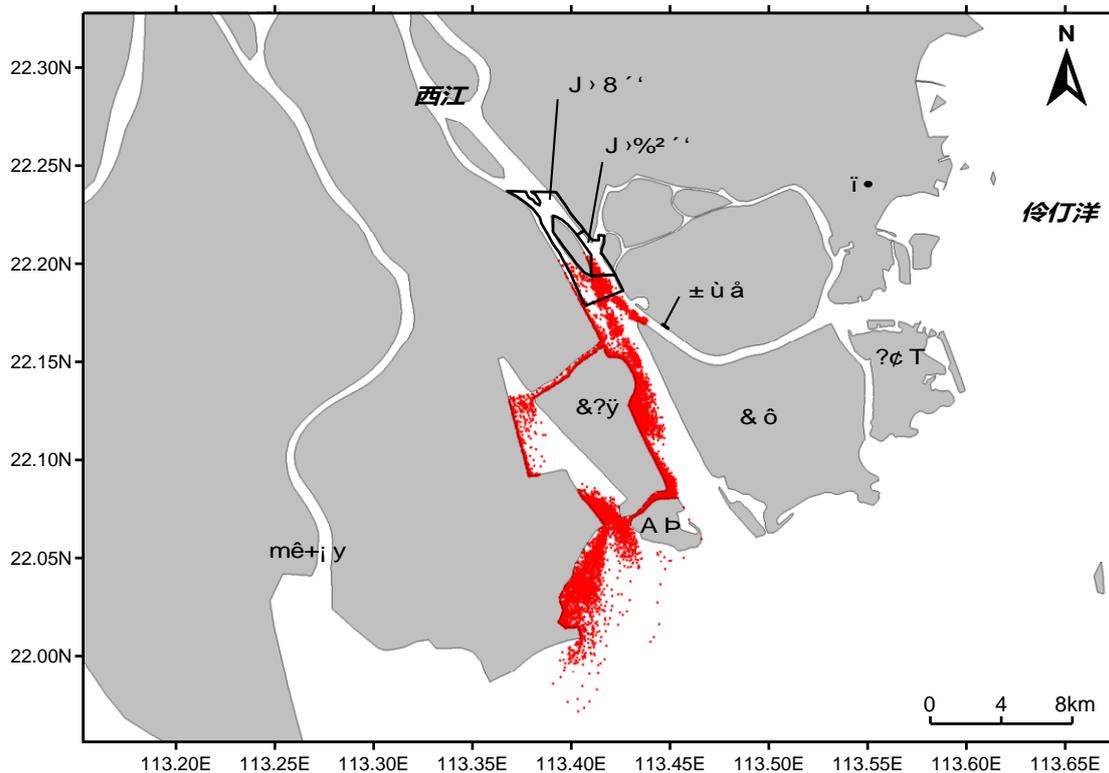


图 7.4-5 工况 5 不利风向 NNE 平均风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

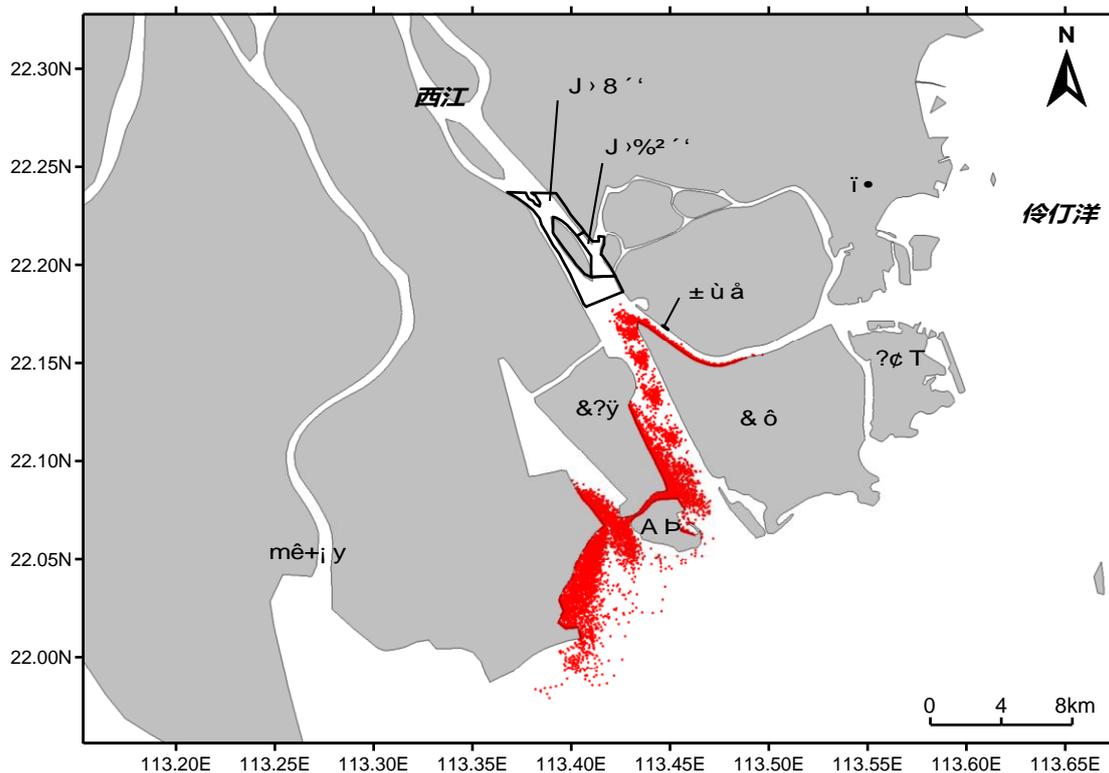


图 7.4-6 工况 6 不利风向 NNE 平均风大潮落潮初期油粒子扩散范围

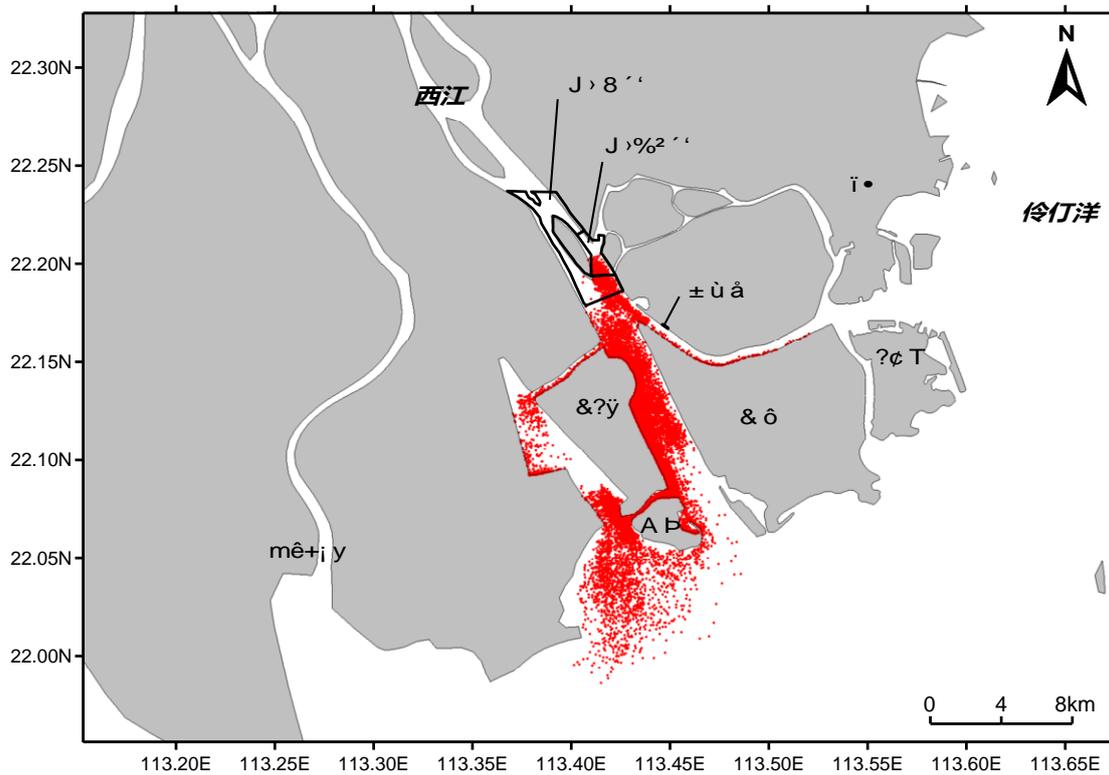


图 7.4-7 工况 7 不利风向 N 平均风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

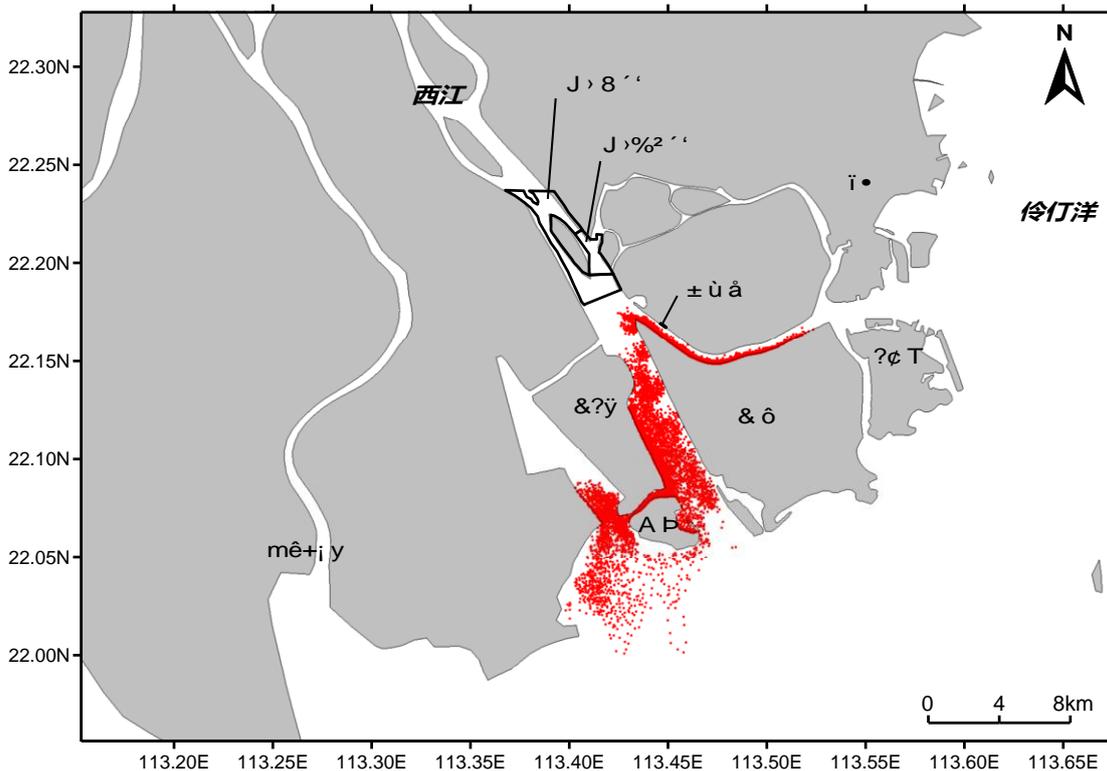


图 7.4-8 工况 8 不利风向 N 平均风大潮落潮初期油粒子扩散范围

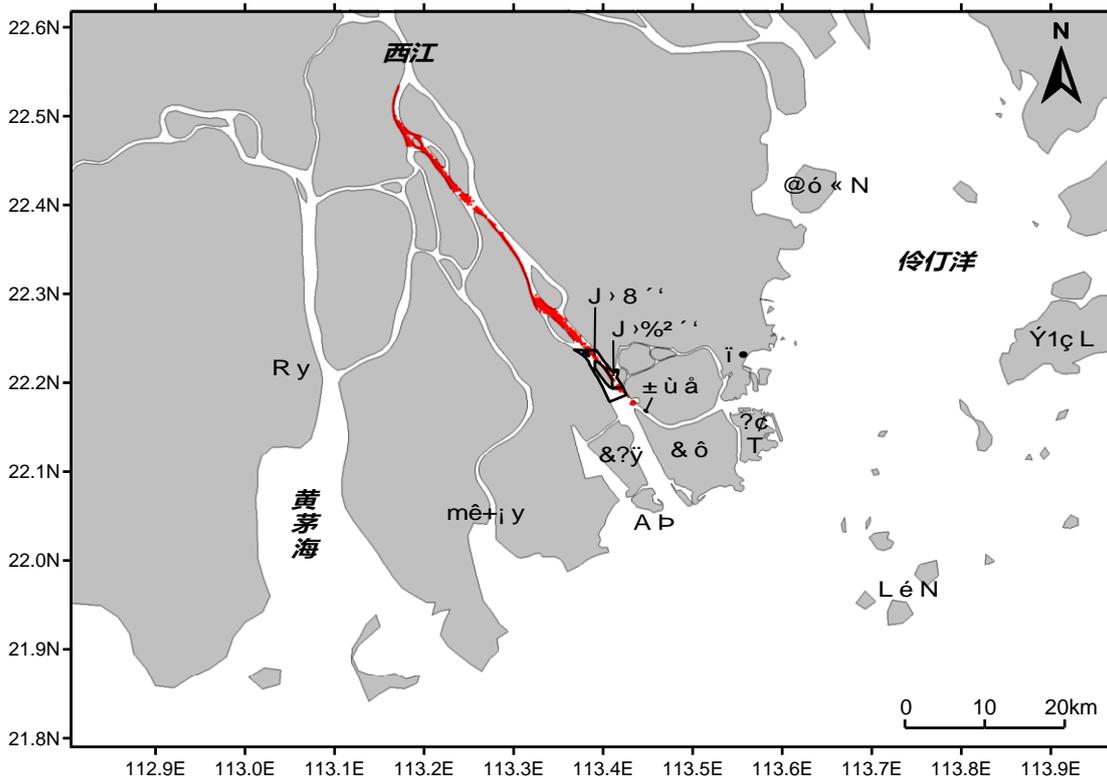


图 7.4-9 工况 9 夏季 SE 向大风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

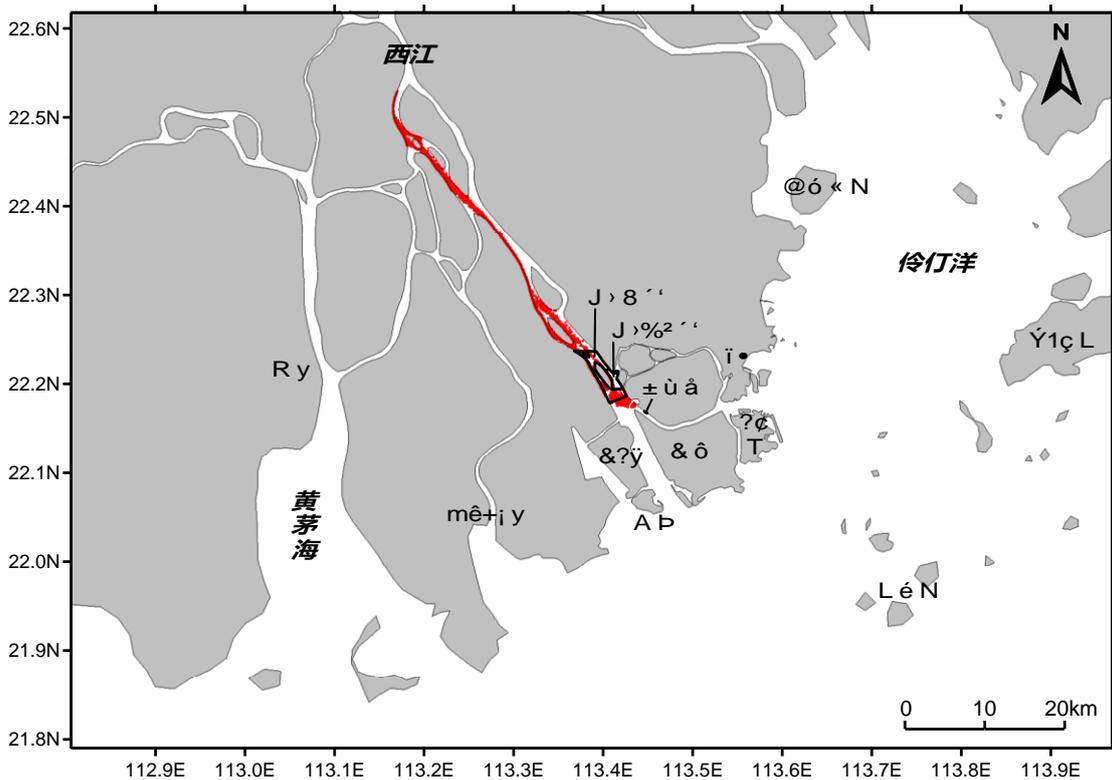


图 7.4-10 工况 10 夏季 SE 向大风大潮落潮初期油粒子扩散范围

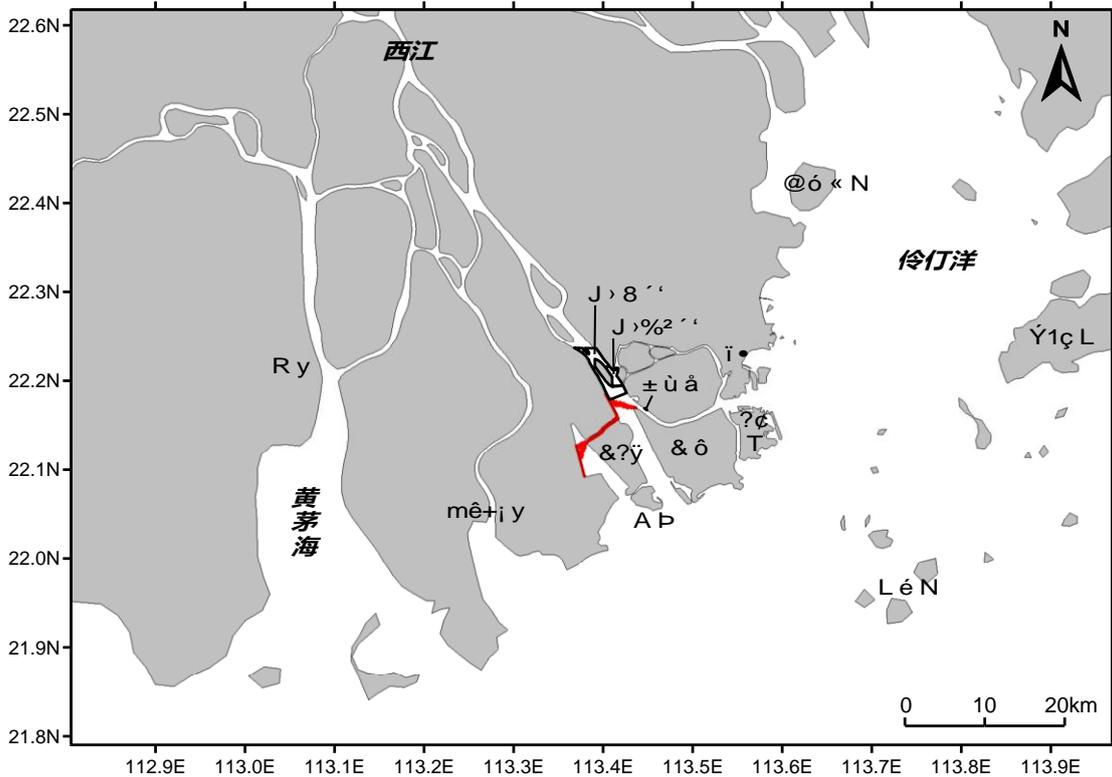


图 7.4-11 工况 11 冬季 NE 向大风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

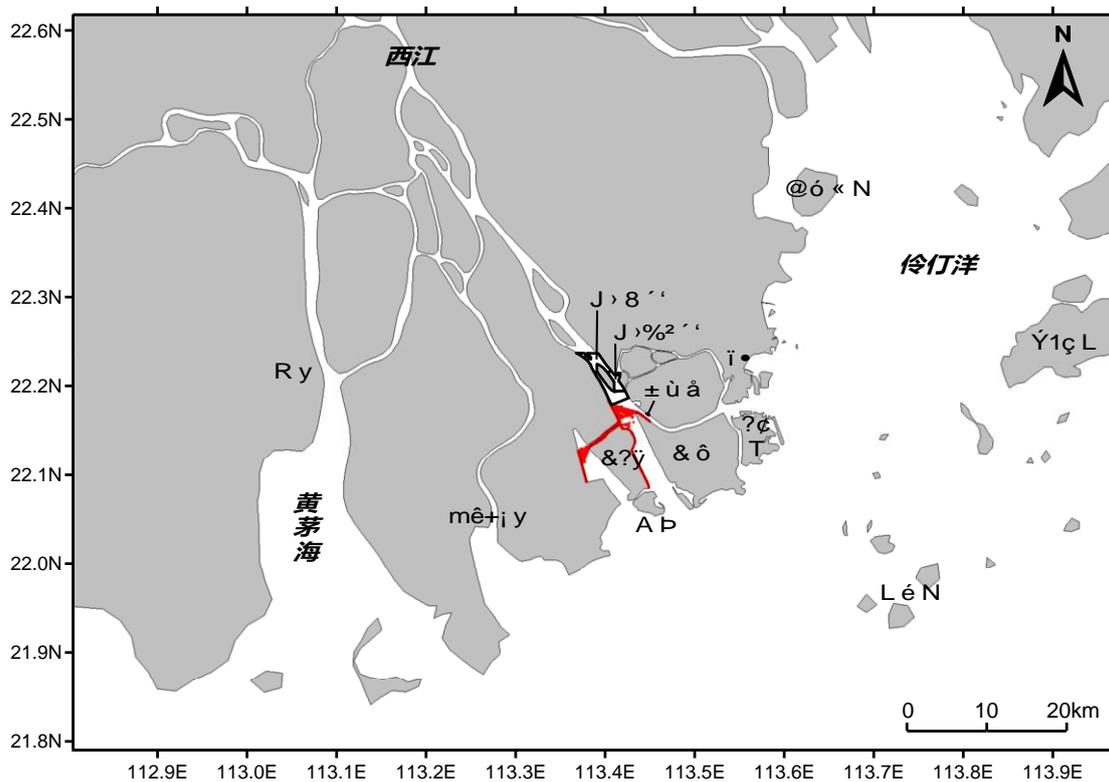


图 7.4-12 工况 12 冬季 NE 向大风大潮落潮初期油粒子扩散范围

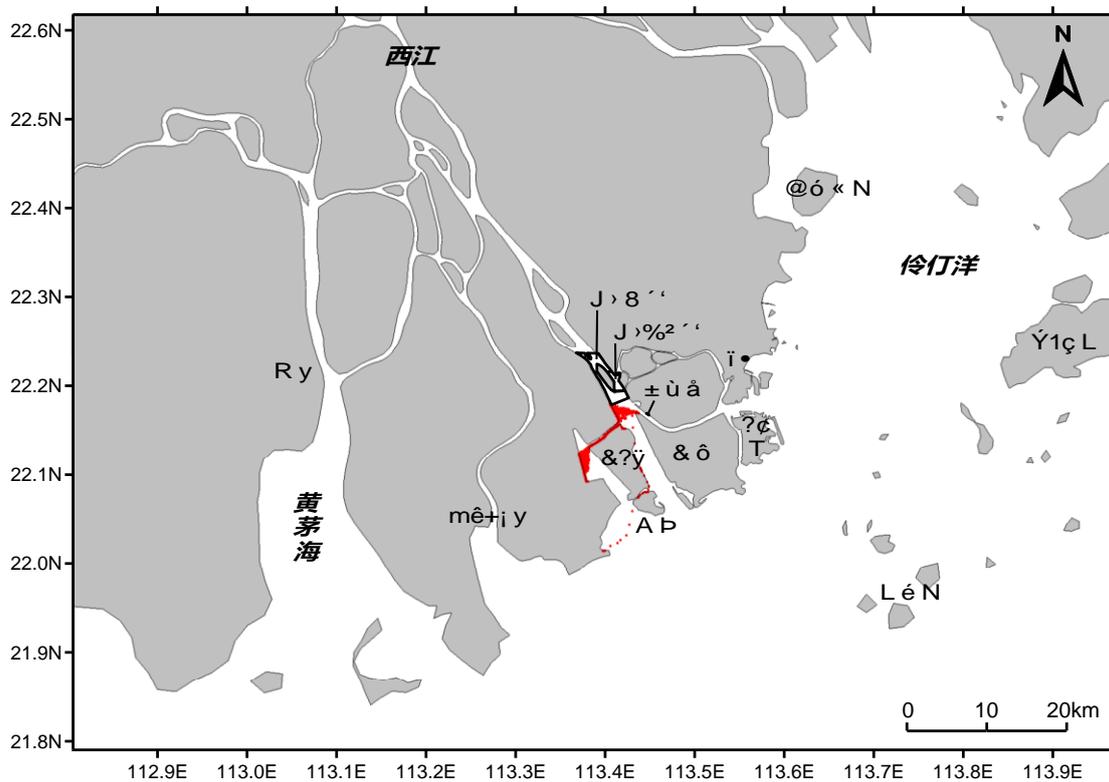


图 7.4-13 工况 13 不利风向 NNE 向大风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

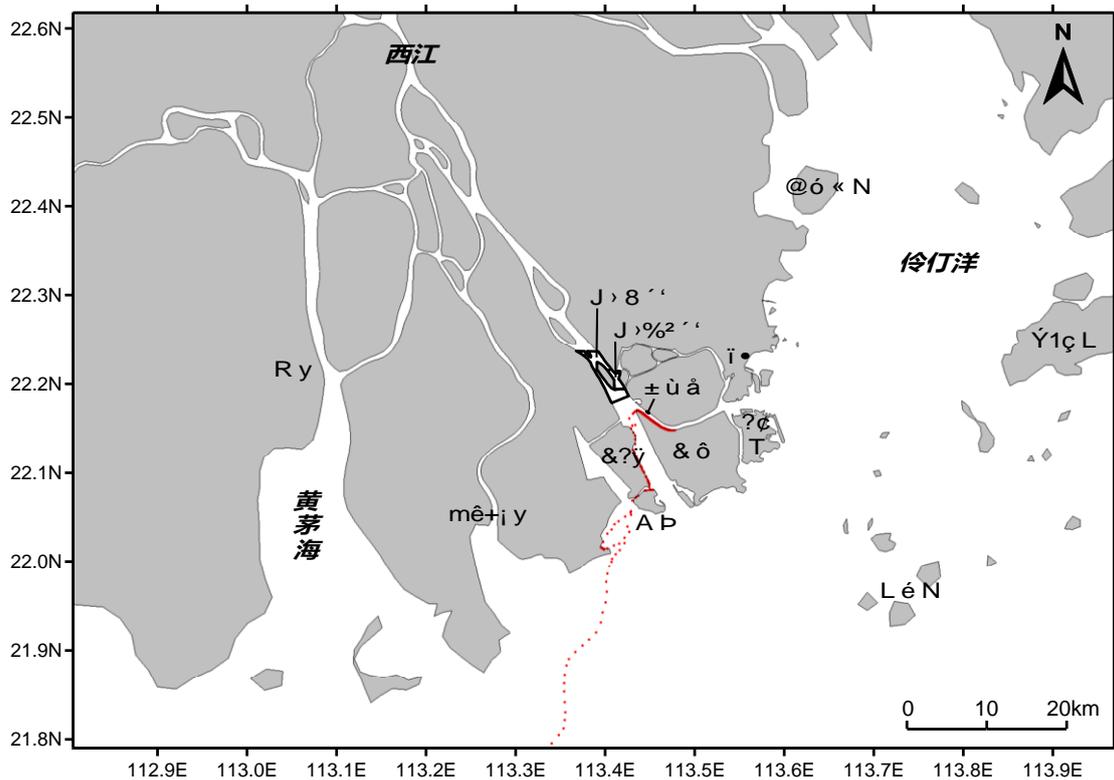


图 7.4-14 工况 14 不利风向 NNE 向大风大潮落潮初期油粒子扩散范围

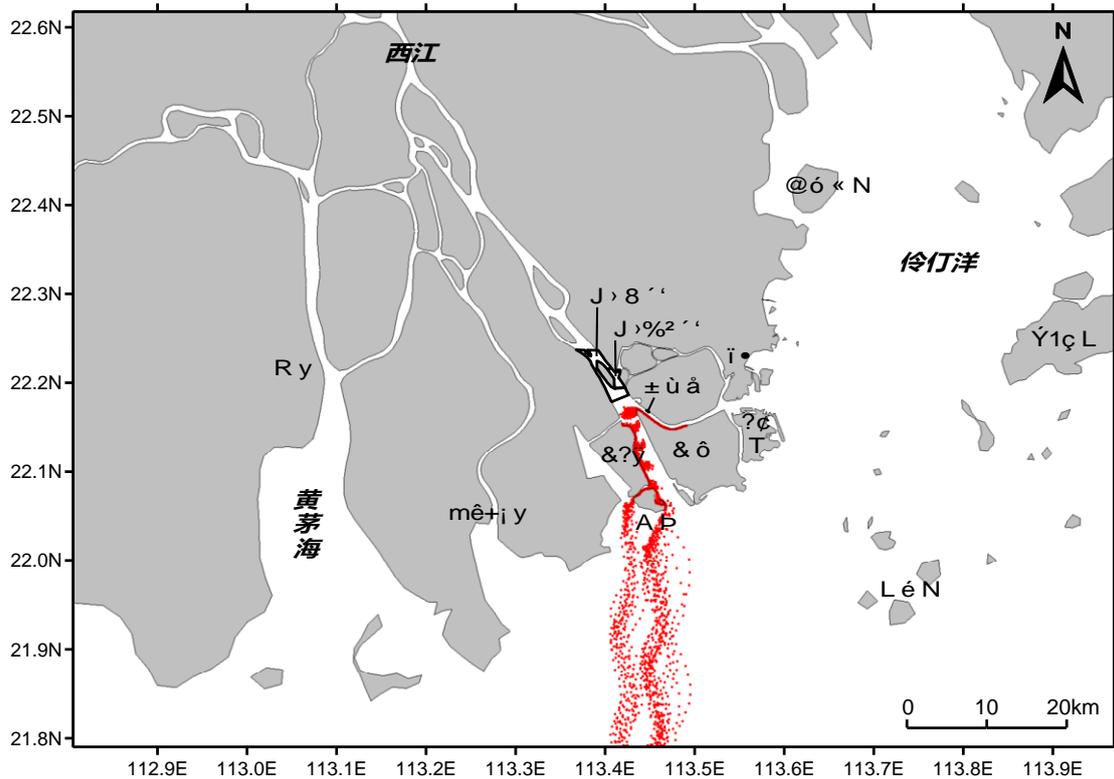


图 7.4-15 工况 15 不利风向 N 向大风大潮涨潮初期油粒子扩散范围

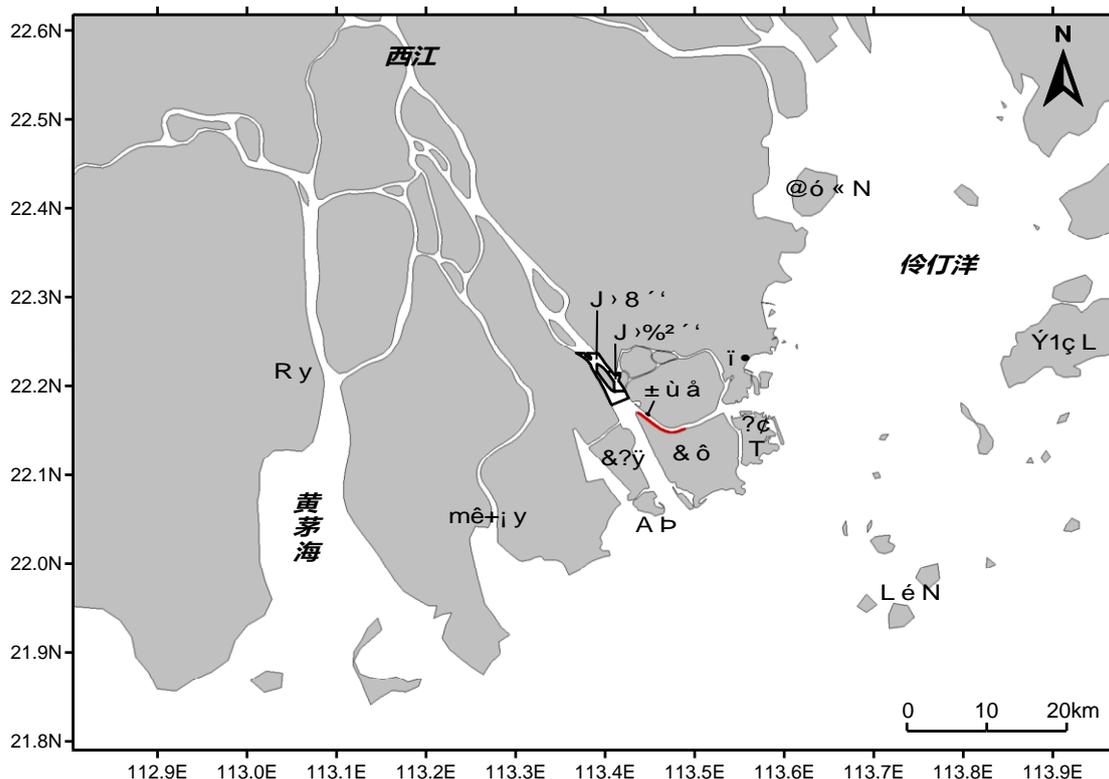


图 7.4-16 工况 16 不利风向 N 向大风大潮落潮初期油粒子扩散范围

溢油油膜影响的范围跟溢油点、溢油发生时间（涨潮、落潮）、风速、流速、波浪等因素都有关，本报告中溢油模拟假设的情况只是一个大概的范围，具体的油膜范围受多种环境影响因子的控制，但不会偏离本次模拟情况太多。

根据表 7.4-1, 工况 1 至工况 4 溢油扫海面积分别为 79.8689km<sup>2</sup>、72.6929km<sup>2</sup>、41.2654km<sup>2</sup>和 38.1067 km<sup>2</sup>。工况 4 至工况 8 溢油扫海面积分别为 42.914km<sup>2</sup>、48.0091km<sup>2</sup>、69.3104km<sup>2</sup>和 50.5277 km<sup>2</sup>。工况 9 至工况 12 溢油扫海面积分别为 27.5818km<sup>2</sup>、29.6534km<sup>2</sup>、17.8171km<sup>2</sup>和 22.4461 km<sup>2</sup>。工况 13 至工况 16 溢油扫海面积分别为 11.1154km<sup>2</sup>、10.1142km<sup>2</sup>、133.9669km<sup>2</sup>和 0.437 km<sup>2</sup>。溢油发生后到达敏感区的时间见表 7.4-2。

表 7.4-1a 油膜漂移扩散影响的范围 (km<sup>2</sup>)

溢油后时间(小时)	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8
2	0.0512	0.0526	0.0463	0.0333	0.0392	0.021	0.041	0.0291
4	0.3089	0.0523	0.0862	0.0592	0.1089	0.0488	0.0881	0.0648
6	0.8704	0.0803	0.1688	0.0879	0.1984	0.07	0.1884	0.0784
8	0.8473	0.1087	0.2921	0.0887	0.3512	0.0756	0.288	0.1043
10	1.8565	0.1663	0.452	0.1884	0.4803	0.1116	0.4803	0.1321

12	3.5797	0.3273	0.5883	0.2382	1.7003	0.1917	1.2313	0.1262
14	4.2662	0.4042	0.6363	0.3503	1.2349	0.5544	1.2468	0.4422
16	3.419	0.9605	0.6419	0.7394	0.7177	1.6396	0.919	1.1898
18	2.3387	1.571	0.8144	1.0139	0.8947	2.178	1.2717	1.7643
20	2.5627	1.0443	1.0206	0.6089	1.0316	1.7464	1.41	1.4112
22	2.986	1.2489	1.8472	0.5233	1.9343	1.2532	2.4696	1.2438
24	4.8068	1.4891	2.2584	0.6523	1.8925	1.0834	3.468	1.5488
26	4.5111	1.479	2.592	0.7296	1.6404	1.1613	2.6668	1.9773
28	3.0448	1.9551	2.3986	0.7645	1.7522	1.7313	1.7325	2.2932
30	3.6808	1.7738	2.7217	0.6455	1.9475	1.8371	1.7111	1.8534
35	5.9835	2.386	3.6844	1.2086	2.3685	2.31	5.1529	1.8421
40	4.5114	3.5602	3.0703	1.7254	2.8487	4.6424	4.1515	3.3661
45	5.2392	3.1205	3.8025	1.7658	3.2666	3.7768	4.2904	4.0361
50	4.9766	3.514	3.6037	2.2205	3.6433	4.0906	4.2399	3.5245
55	6.3452	3.5966	3.9291	2.0535	4.7239	5.6221	6.5161	3.7843
60	6.8895	4.56	3.0805	2.9095	5.4702	6.0964	11.2963	3.9465
72	6.7934	6.2422	3.5301	3.5000	4.6687	7.7674	14.4507	5.7692
扫海面积 (km <sup>2</sup> )	79.8689	72.6929	41.2654	38.1067	42.914	48.0091	69.3104	50.5277
漂移最大距离 (km)	23.6	24.1	18.3	16.8	23.9	21.7	25.6	20.3

表 7.4-1b 油膜漂移扩散影响的范围 (km<sup>2</sup>)

溢油后时间(小时)	工况 9	工况 10	工况 11	工况 12	工况 13	工况 14	工况 15	工况 16
2	0.1359	0.059	0.06	0.0031	0.0072	0.0043	0.005	0.0123
4	0.2177	0.1341	0.0737	0.0089	0.2555	0.0167	0.0218	0.0318
6	0.3069	0.2061	0.023	0.012	0.1958	0.0207	0.183	0.0325
8	0.389	0.7265	0.0289	0.0461	0.4288	0.0234	0.7278	0.0354
10	0.1533	2.4562	0.055	0.3381	0.903	0.0413	1.6378	0.0283
12	0.0439	3.08	0.1177	0.3675	1.3812	0.09	1.7037	0.0336
14	0.0154	3.12	0.2084	0.8957	1.1531	0.1664	1.6258	0.0368
16	0.0462	2.2714	0.1127	1.2541	1.1042	0.2258	1.7464	0.0206
18	0.1414	1.765	0.0876	1.6577	1.0633	0.2511	1.9962	0.0127
20	0.4502	1.2869	0.2559	1.5674	0.9212	0.243	2.709	0.0129
22	0.359	0.9248	0.3261	1.3384	1.3725	0.2323	2.6277	0.0212
24	0.2611	1.065	0.8132	1.6607	0.4852	0.2484	3.6057	0.0218
26	0.3366	1.4514	0.9194	1.6407	0.3511	0.2488	3.4428	0.02
28	0.7191	1.3019	0.8064	1.7751	0.2846	0.28	3.6249	0.0137
30	0.8837	1.6052	0.9688	1.9522	0.114	0.3146	4.4292	0.0115
35	1.6873	3.282	0.8926	1.8565	0.1638	0.3089	7.1295	0.011
40	1.1323	2.8138	1.0811	1.2183	0.1921	0.7144	9.0815	0.0167

45	0.173	1.6726	1.0151	1.3647	0.1552	0.983	11.5763	0.0164
50	0.0675	0.3254	0.7581	1.0984	0.1152	0.986	14.1181	0.0117
55	0.0207	0.065	0.697	0.9607	0.1152	1.0922	15.0885	0.0088
60	0.0185	0.0233	0.3782	0.8381	0.198	1.6635	18.7142	0.0109
72	0.0231	0.0178	0.1382	0.5917	0.1552	1.9594	28.172	0.0164
扫海面积 (km <sup>2</sup> )	27.5818	29.6534	17.8171	22.4461	11.1154	10.1142	133.9669	0.437
漂移最大距离 (km)	52.7	51.3	11.6	11.5	10.3	39.2	43.7	1.1

表 7.4-2 油膜对敏感目标的影响

工况	敏感目标和抵达时间 (小时)
工况 1	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (2h)、水源保护区二级保护区 (1.5h)
工况 2	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (3h)、水源保护区二级保护区 (2.5h)
工况 3	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (3.5h)、水源保护区二级保护区 (3h)
工况 4	红树林 (1h)、水源保护区二级保护区 (4h)
工况 5	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (4h)、水源保护区二级保护区 (3.5h)
工况 6	红树林 (1h)
工况 7	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (5h)、水源保护区二级保护区 (4.5h)
工况 8	红树林 (1h)
工况 9	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (3h)、水源保护区二级保护区 (2.5h)
工况 10	红树林 (1h)、水源保护区一级保护区 (3.5h)、水源保护区二级保护区 (3h)
工况 11	红树林 (1h)
工况 12	红树林 (1h)
工况 13	红树林 (1h)
工况 14	红树林 (1h)
工况 15	红树林 (1h)
工况 16	红树林 (1h)

### 7.4.3 溢油事故对敏感区的影响分析

溢油对周围敏感目标幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、广昌泵站饮用水源保护区和红树林等的影响见表 7.4-2 所示。本工程位于幼鱼幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区内，一旦溢油，即刻抵达。

表 7.4-3 溢油对周围敏感目标的影响汇总

敏感目标	不利条件	到达时间(h)
幼鱼幼虾保护区	SE 极风、均风涨落潮 NE 极风、均风涨落潮 NNE 极风、均风涨落潮 N 极风、均风涨落潮	0
南海北部幼鱼繁育场保护区	SE 极风、均风涨落潮 NE 极风、均风涨落潮	0

	NNE 极风、均风涨落潮 N 极风、均风涨落潮	
红树林	SE 极风、均风涨落潮 NE 极风、均风涨落潮 NNE 极风、均风涨落潮 N 极风、均风涨落潮	1
广昌泵站饮用水源保护区一级保护区	SE 均风涨潮	2
	SE 极风、均风落潮	3
	NE 均风、极风涨潮	3.5
	NNE 均风涨潮	4
	N 均风涨潮	5
广昌泵站饮用水源保护区二级保护区	SE 均风涨潮	1.5
	SE 极风、均风落潮	2.5
	NE 均风、极风涨潮	3
	NE 均风落潮	4
	NNE 均风涨潮	3.5
	N 均风涨潮	4.5

对于拟建工程溢油事故而言，环境敏感区主要包括幼鱼幼虾保护区、南海北部幼鱼繁育场保护区、广昌泵站饮用水源保护区和红树林等，由表可见，油膜在风力和潮流的共同作用下抵达敏感区，抵达幼鱼幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区的最短时间为 0 小时，抵达红树林的最短时间为 1 小时，抵达广昌泵站饮用水源保护区一级保护区最短时间为 2 小时，抵达广昌泵站饮用水源保护区二级保护区的最短时间为 1.5 小时。一旦发生溢油事故而又没有任何应对措施，油膜在风和潮流的共同作用下将会抵达敏感区并造成严重污染，在项目建设和生产运营过程中，应加强管理，杜绝事故的发生。

## 7.5 风险事故防范措施与应急预案

为了尽量避免风险事故和减少风险事故的损失，在隧道施工前必须制定完善风险防范措施和应急预案。

### 7.5.1 施工期风险防范对策措施

#### 7.5.1.1 不良地质状况和开挖物料暴雨泄漏风险防范措施

为了保护海洋环境，减少避免环境风险事故的发生，建议工程施工采取以下的措施：

- (1) 根据工程特点，制定防台预案，并贯彻执行。
- (2) 按规定及时收听气象报告，警惕热带气旋预兆及“热带低压”的突然袭

击。

(3) 工程指挥部统一安排布置避风措施和制定抢险方案等。

(4) 施工设计时要考虑多种工况的计算，严格按照国家和相关行业标准来执行。

(5) 严格按照施工工艺过程进行施工，保证工程质量；加强施工质量管理和施工监测，实行信息化施工，发现风险及时采取修复措施。

(6) 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，尽量减小地表径流对海洋水质环境影响。

(7) 对线路穿过的马骝洲水道的岸坡稳定性进行计算分析，防止发生河岸岸坡滑塌。

(8) 施工期开始就要进行沉降和位移观测，以指导工程的安全施工进度。

#### 7.5.1.2 船舶碰撞风险防范对策措施

(1) 严禁施工作业单位擅自扩大施工作业安全区，严禁无关船舶进入施工作业水域，并提前、定时发布航行公告。

(2) 注意施工期间对进出附近水域小型船舶的影响，加强对施工船舶作业的监管。过往船舶确要经过施工水域时，应加强了望，谨慎操作，缓速行驶，并与施工船舶保持适当的安全距离。

(3) 施工单位应当认真考虑施工人员的安全问题，制定应急预案，及时了解掌握天气情况，避免在恶劣天气条件下进行施工作业。

### 7.5.2 营运期风险防范对策措施

本工程通过合理的工程总体布置、主体隧道结构设计、相关工程设计、给排水、消防、通风、供电照明、监控系统的设计来实现隧道的综合防灾、减灾和救灾功能。

#### 7.5.2.1 工程总体布置所考虑的防灾措施

本隧道在总体布置方面已综合考虑了防灾要求，具体有：

①合理选择隧道的埋置位置

选择了隧道的埋置位置，确保了运营期隧道的抗浮稳定。

②设置了洞口雨水泵房和废水泵房

在隧道每个出入口设置雨水泵房，在隧道每个最低点设置废水泵房，泵房容量及排水能力可以满足暴雨及消防要求。

### ③结构断面布置考虑了养护维修、疏散救援的要求

隧道盾构段双孔作为两个独立的防火分区。每个车道孔内每隔 120 米设置消防逃生滑梯，安全疏散通道位于车道层下部，作为逃生疏散通道。当车道发生火灾情况下，人员可通过逃生滑梯撤离至安全通道内，然后再经安全通道疏散至工作井，经工作井疏散楼梯出地面。隧道南北两处工作井各设置一处车行横通道，方便救援疏散。

## 7.5.2.2 主体结构防灾措施

主体结构防灾从以下几个方面实现：

### ①通过合理的结构计算，确保主体结构具有足够的承载能力

主体结构计算时除考虑水土压力、结构自重、车辆荷载等常规荷载外，还考虑地震、爆炸、火灾等荷载，并采用多种模型进行了对比计算，使在各种荷载作用下结构具有相应的安全度，不致发生倒塌事故。

### ②防范隧道混凝土开裂、防水材料密封设防不足等造成漏水

采用高性能混凝土，混凝土施工严格按照程序进行。盾构隧道结构采用两道防水加关键部位嵌缝，确保防水可靠。

### ③加强地下结构防水

控制主体结构自身防水、施工缝防止和防水层处理；处理好围护结构中地连墙分幅处防水；围护结构外侧旋喷以提高整体防水性能；设置防水板以提高防水效果。

### ④加强了管片接缝的防水设计

根据防水等级为二级的目标要求，采取多道措施防水，确保防水效果。

⑤由于杧洲隧道址为临海超厚淤泥层，因此采用矩形加固，加固范围上至隧道顶以上 3m，下至隧道底黏土层或粉质外黏土层，外至隧道边外 3m。其中盾构岸上段采用三轴搅拌桩加固，盾构水上段建议搭钢平台高压旋喷桩加固。

### ⑥明挖段抗浮安全系数不足地段采用抗拔桩处理

明挖段抗浮安全系数不足地段采用抗拔桩处理后，由于抗拔桩既能承受拉力，也能承受压力，且刚度较大，对减少不均匀变形十分有利。

### ⑦同步注浆控制包括注浆量和注浆压力控制。盾构推进时同步注浆要及时、

充足；为了控制同步注浆压力，在注浆管路中安装安全阀，以免注浆压力过高而顶破覆土。为了加强对正面土体的支护能力，防止地面冒浆，采用重浆推进。泥水密度控制在  $1.2\text{g}/\text{cm}^3$  左右，粘度控制在  $22\sim 25\text{s}$ ；为了确保泥水质量，在推进过程中，泥水处理人员应加大对泥水的测试频率，及时调整泥水密度，保证地基的稳定性，防止因地基不均匀变形造成地面沉降，影响正常运营。

#### ⑧通风系统的防灾措施

本工程采用全射流风纵向式通风方式。同时，纵向通风系统兼火灾时排烟系统，工作井内的大型轴流风机兼火灾时排烟风机。当火灾位置位于进洞口暗埋段或盾构段时，开启进洞口至出洞口工作井区段内所有射流风机、出洞口工作井内的大型轴流风机，烟气从风塔排出；当火灾位置位于出洞口工作井至出洞口区段，开启该区段内的所有射流风机，烟气从出洞口排出。

#### ⑨通信、信号、监控、供电、照明等方面的防灾措施

a 隧道内紧急电话布置在侧墙设备箱洞内，间距  $100\text{m}$  左右，为突发事件或抛锚车辆提供紧急救助的手段，紧急电话直通监控中心，免拨号，摘机即可通话，不进入市话网络，通话内容由录音机记录。

b 配备有线广播功能，主要在隧道内阻塞、交通事故、火灾等情况下使用。

c 火灾报警联动控制系统。系统检测隧道内的火警和联动控制消防设备的运行，为隧道的安全运行提供保障。当隧道发生火警时，及时报警，提供救援和消防指挥，联动有关设备的运行，进行扑救，同时组织人员疏散。

d 隧道内可以满足无线通信要求。

e 应急照明措施。隧道内应急照明采用集中式 EPS 电源装置供电，应急照明供电系统在正常外部电源全部失电或在正常母线电压低于额定电压的  $85\%$  时，自动启动 EPS 不间断的交流电源，应急时间为  $3.0$  小时。

f 综合监控措施。隧道健康系统以确保隧道运营、人身安全及提高车辆通过能力为目的，满足疏导交通、防灾和救灾的功能要求。

g 在隧道洞口前不小于  $1\text{km}^2$  范围内应设置车辆引导标志。

### 7.5.2.3 危险品运输风险事故防范措施

虽然风险事故发生的概率值较低，但是在化学危险品运输中，一旦因重大交通事故导致环境污染事故，就会非常严重，因此，还是需要加强管理并采取工程措施防止化学危险物质进入环境。为避免化学危险品运输事故风险，须采取必要

的防范措施，具体如下：

#### ①完善交通事故防范设计

为使危险品运输污染风险事故降至最低，在项目前期设计和施工阶段，需要完善交通事故防范设计，主要是路基路面的排水设计，以防运输的危险品泄漏物进入河流水体。

#### ②营运期危险品运输管理措施

为确保危险品运输安全，国家及有关部门已制定了相关法规，主要有：《化学危险品安全管理条例》、《汽车危险货物运输规则》、《中华人民共和国民用爆炸物品管理条例》、《中华人民共和国放射性同位素与放射装置放射保护条例》、《广东省危险废物转运联单制度》。就本项目危险品运输管理而言，道路管理部门对运输危险品车辆实行申报管理制度。对“三证”不齐的车辆坚决不给上路，同时要避免行车高峰期和气候条件不好时运输危险品。

### 7.5.3 风险事故应急预案

针对项目施工期和运营期可能存在的风险事故，建议建设单位重点从以下方面制订风险应急预案，以保障施工安全和运营畅通。

#### 7.5.3.1 溢油事故应急预案

由于本工程自身不存在重大风险源，因而应急设备主要依托社会力量。为防止珠海市沿海和内河地区溢油和危险化学品泄漏等水运污染事故及其污染损害，保护生态环境和资源，珠海市人民政府于 2017 年 2 月批准实施了《珠海市船舶污染事故应急预案》，以下应急预案适用于本项目附近海域发生的溢油事故。

##### (1) 应急设备资源

珠海市辖区主要应急设备资源如下表 7.5-1 所示。目前珠海辖区的溢油应急设备已经十分丰富，可以处置本项目施工期及营运期产生的海上溢油风险事故。

表 7.5-1 珠海市辖区溢油应急设备器材汇总数据

单位名称	负责人	联系方式	设备名称	设备型号	数量
珠海船舶溢油应急设备库	王仕云	3338641 1370276818 7	快布放围油栏	MK-E	400 米
			防火围油栏	WGJ900H	1000 米
			充气式围油栏	WQJ1500/WQJ2000	1400 米
			岸滩围油栏	WQV600T/WQV900T	1000 米
			真空收油机	MiniVac/ZK20	6 套
			小型收油机	Komara30	2 套
			中型收油机	MultiSkimmerLMS/GTA50/70	3 套
			动态斜面收油机	DIP402/DXS30	5 套
			转盘式收油机	ZSJ30	4 套
			堰式收油机	YSJ30	4 套
			普通浓缩型消油剂	GM-2 浓	3 吨
			生物消油剂	WP-J-Y02	5 吨
			凝油剂	索科罗	2 吨
			吸油毡	PP-2	7 吨
吸油拖栏	XLT-Y220/XTL-220Y	800 米			
珠海安和环保服务有限公司	林志斌	1307562622 8	固体浮子 PVC 围油栏	WGV1500	2000 米
			固体浮子 PVC 围油栏	WGV900	3460 米
			防火围油栏	WGF900	400 米
			动态斜面收油机	DXS100 型	2 台
			堰式收油机	YS5 型	1 台

单位名称	负责人	联系方式	设备名称	设备型号	数量
			消油剂		20.5 吨
			吸油毡	PP-1	3.8 吨
			吸油毡	PP-2	12.6 吨
			吸油毡	化学吸附材料	3 吨
			清污船	浩凯 008	1 艘
珠海市和丰环保服务有限公司	钟振生	1392338878 8 2516866	固体浮子 PVC 围油栏	WGV1500	2000 米
			固体浮子 PVC 围油栏	WGV900	3000 米
			固体浮子 PVC 围油栏	WGV600	2000 米
			岸滩式围油栏（含充气充水	WQV600T	2000 米
			防火围油栏（含储存架）	WGV900H	800 米
			动态斜面收油机	DXS	3 台
			堰式收油机	YS100	1 台
			动态斜面收油机	DXS	3 台
			消油剂	富肯-2	8 吨
			吸油拖栏	XTL-Y200	4000 米
			吸油毡	PP-2	12 吨
化学品吸附棉		3 吨			
珠海中燃石油有限公司	张金明	1370294040 2 0756—3231 322	围油栏	浮子式	1180m
			收油机	395FB	1
			消油剂		520kg
			吸油粘		400kg
珠海经济特区华南联合石油有限公司	李学文	1382306290 0 0756-72684	围油栏	FTW600	2000 米
			转盘式收油机	ZS20	1 台

单位名称	负责人	联系方式	设备名称	设备型号	数量
		12	消油剂	GM-2	1 吨
			吸油毡	PP-2	1.5 吨
中化珠海码头	杜国盛	0756595689 71	围油栏	浮子式围油栏	1600 米
			围油栏	耐化学品	800
			围油栏	FW 型防火	200
			消油剂	环保型	3 吨
			收油机	ZSC40	1 台
			吸油毡		3 吨
珠海恒基达鑫国际化工仓储股份有限公司	贺广武	1392336187 3	围油栏	GW900/GW1100/GW750	3500
			消油剂	GM-2	3.2 吨
			收油机	2SS	2 台
			吸油毡		4 吨
广东省粤电集团公司 珠海发电厂	许奕照	1370276975 7 7776787	固体浮子 PVC 围油栏	WGV900	800 米
			溢油分散剂	富肯-2 号	1 吨
			吸油毡	PP-2	1 吨
			吸油毡	PP-1	1 吨
龙基油库码头	陈科夫	5780048 1360287911 6	围油栏	PVC 900	500 米
			消油剂	GM-2 型	375 公斤
			吸油毡	PP-2	1 吨
			收油机	S15	1 台
中国石化销售有限公司 广东石油分公司南门油 库码	涂咸波	1392805164 0	围油栏	WGV-900E	550 米
			消油剂	富肯-3 号	950KG
			转盘式收油机	TYZP-20m3/h	1 台
			吸油毡	1.9	1.9 吨

## (2) 溢油应急处理方法

溢油处理方法很多。针对海上的溢油应急情况可选择一些溢油控制方案，但必须考虑到所需设备、环境因素的影响，因此要注意优先权的选择。通常可选择的措施有围控和机械回收、喷洒化学消油剂等。

### ①围控和机械回收

燃料油溢到水面后，自身重力和风、流以及其他因素的作用下会迅速扩散和漂移。因此，溢油应急反应的首要任务是尽快采取有效措施，控制溢油，阻止其进一步扩散和漂移，以减少水域污染范围，减轻污染损害程度。这种将溢油控制在较小范围并阻止其进一步扩散和漂移所采取的措施称为溢油围控。

围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体还要根据实际情况而定。

#### a.两船拖带之“J”型

如图 7.5-1 所示，这种形式需要用两艘船。一艘作为主拖船，用于拖带围油栏较短的一端，同时存放所需的回收设备和回收作业人员；另一艘作为辅拖船，用于拖带围油栏较长的一端。围油栏的长度需要 200-400m。从主拖船至 J 形底部之间围油栏的长度为 20-40m，撇油器放置在 J 形的底部。围油栏要尽可能紧靠在主拖船的一侧（10-20m），以便于撇油器或其它回收设备的操作。

为了获得并保持理想的围油栏底部形状，可以通过拉动连接围油栏与船舶之间的绳索，对围油栏底部的形状进行适当的调整。

在进行两船拖带作业时，一般情况下，主拖船为指挥船，主拖船应根据溢油围扫情况及时、准确地向前面的拖船发出指令，拖船应注意随时与主拖船良好的通信联络，严格按照指令及时调整航向和航速，只有这样才能时刻保持良好的 J 型围扫形式，达到理想的溢油回收效果。

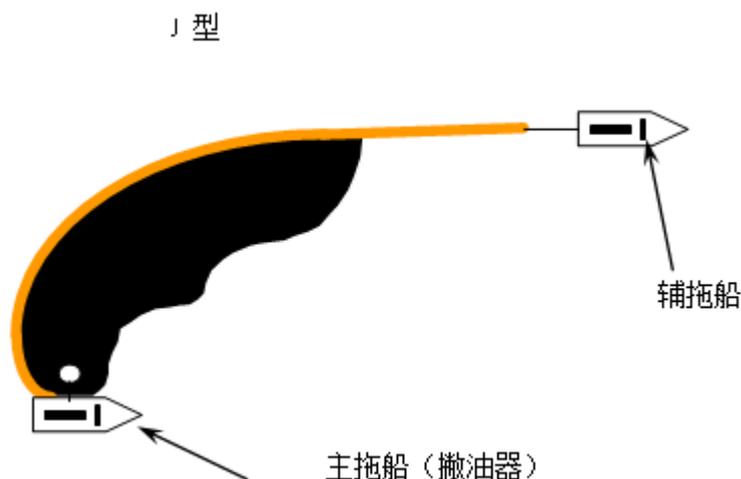


图 7.5-1“J”型拖带

## b. 两船拖带之“U”型

如图 7.5-2 所示，U 形拖带由三艘船来完成。拖带时，在前面两艘拖带船同时并进的同时，第三艘船舶则应根据两艘拖船行进的速度，始终处于 U 形的底部外侧，利用撇油器对 U 形底部聚集的油膜进行回收作业。此种形式的围扫作业，回收量较大。

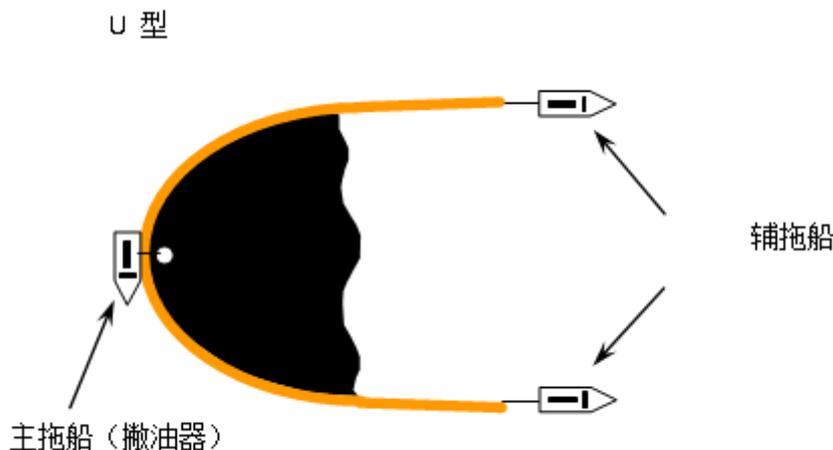


图 7.5-2“U”型拖带

## ②喷洒化学消油剂

使用化学消油剂的原则：海面溢油首先使用机械回收，消油剂应严格控制使用，在发生油污染事故时，应优先采取回收措施，对少量确实无法回收的油，经海洋行政主管部门准许后，方可使用少量的化学消油剂。一次性使用化学消油剂的数量，应根据不同海域和敏感区等情况，由海洋行政主管部门做出具体规定。作业者应按规定向海洋行政主管部门报告，经准许后方可使用。

在海面浮油可能发生火灾或者严重危及人命和财产安全，又无法使用回收方法处理，而使用化学消油剂可以减轻污染和避免扩大事故后果的紧急情况下，使用消油剂的数量和报告程序可不受限制，但事后应将事故情况和使用化学消油剂情况详细报告海洋行政主管部门。

## (2) 应急处置

一旦发生海上溢事故时，业主、船方和管理部门应共同协作，及时启动溢油应急计划，把油污染减少到最低程度。为了能及时作出反应，对溢油事故作出最快速、最有效的处理。现场总指挥组织实施现场应急救援行动，所有参与现场应急救援行动的单位 and 人员，都应服从现场总指挥的调度和安排。根据船舶污染事故处置需要，适时启动相关应急行动组，开展应急处置行动。各应急行动组都要指定专门的信息员和证据收集员。信息员负责向本组传达上级的应急指令和向上报告现场动态，每日对本组的行动进行总结。证据收集员负责本组应急行动相关证据的收集。由 12 个小组组成，各司其职，展开应急工作。

①综合协调组：负责应急处理工作的总体协调，及时向应急总指挥报告相关情况，执行并传达应急总指挥指令。

②水上救援与清污组：在现场总指挥的统一组织、指挥下，实施现场应急救援和清污工作。具体负责污染源控制；预控火灾、爆炸等衍生事故；污染物的围控清除；遇险人员救助等。

③陆上清污组：清除事故造成污染的岸滩；协调有关单位对回收的废弃物进行处理。

④警戒监测组：在现场总指挥的统一组织、指挥下，实施现场警戒和监测，及时向现场总指挥报告相关情况。具体负责发布航行通（警）告；向可能遭受污染损害的单位发布预警信息；组织调动船艇在事故水域实施交通管制；对事故污染动态进行空中遥感监视和巡逻舰监视；对事故水域的水质、有害有毒气体的浓度进行布点监测；发现和跟踪事故动态，为制订现场应急救援方案和事故调查提供参考。

⑤专家咨询组：负责对险情进行分析、评估，提出应急处置建议，提供科学决策依据，对预案的实施、终止提出建议。较大以上等级的船舶污染事故，每日均需要根据应急行动进展情况对应急行动效果进行评估，提出改进措施，保障应急行动高效进行。各种评估的内容要素应按有关规定及时上报，重大情况必须立

即报告。

⑥事故调查组：组织有关专家和调查人员对事故有关当事人进行调查，并做好询问笔录；开展事故船舶的现场勘察，并做好勘察记录；收集有关当事船舶相关物证，提取痕迹，并做好有关送检工作；调查取证结束后，进行事故原因分析，并编写事故调查报告。

⑦法律支持组：负责对应急处置工作所涉及的法律问题进行研究，提供法律支援，处理涉及应急工作的诉讼问题。在预案启动后，向清污、救援、后勤等应急参与单位和队伍传达证据材料收集、保存的具体要求，指导各成员单位按各自的职责做好事故造成的损伤、损害等情况的取证工作；收集、整理、核实应急参与单位和队伍的证据材料。

⑧治安救助组：负责事故险情相关陆域的治安警戒；协助组织相关区域人员和设施的疏散、撤离、隔离；负责陆上交通的疏导工作，保障应急救援交通畅通，必要时实施道路交通管制。

⑨医疗救护组：开辟船舶污染事故紧急绿色通道，组织医疗救护人员赶赴现场，及时抢救、转移伤员，调动医疗人员、器械、药品参加抢救。

⑩新闻发布、宣传组：负责组织对险情信息的发布；做好与新闻单位的联络、协调等工作。

⑪后勤保障组：安排应急需要的交通工具，确保能随时听从指挥部的调遣；开展清污工作所需要紧急物资的调配；对伤亡人员进行运送；为清污搜救人员提供生活保障。

⑫善后处理组：安置遇险或受伤人员；对死者尸体进行登记和妥善处理；安排伤亡家属接待处，做好接待和安抚伤亡家属及维持现场秩序的工作。

### 7.5.3.2 不良地质状况和物料泄漏风险事故应急预案

#### (1) 应急组织

应急指挥中心：该项目经理任应急指挥总指挥，主管安全项目副经理任副总指挥，成员由相关部门责任人担任。

应急救护队：该项目经理部成立应急救护队，并配备救护用的有关医疗器材。办公室主任担任救护队队长，救护队副队长由项目经理部医生担任，队员由项目经理部有关人员组成。

#### (2) 反应程序

当发生紧急状态时，分项工程负责人应立即发出应急警报，启动程序。

听到警报后，现场人员应按应变部署进行应急行动，行动中要服从指挥，防止混乱。

所有应急行动现场总指挥应确保与本工程安全调度室保持联系，并根据情势请求必要的援助。

紧急状态过后，主管安全项目经理应及时组织事故调查，进行事故处理，并将结果报有关部门。

#### (3) 应急设施与器材

完善设备设施，做到专用设备固定位置摆放。专人管理，随时可用，熟练操作，抢险人员要带齐防护用品、检漏仪器、通风设备等必备用品，分工明确，责任明确，抢修现场高效有序，抢险措施及时有效。

### 7.5.3.3 危险品运输应急预案

应急计划应包括指挥机构及相关协作单位的职责和任务，应急技术和处理步骤、设备、器材的配置和布局，人力和物力的保证和调配，事故的动态监测制度，事故发生后的报告制度等。

①建立应急网络，成立应急事故领导小组。由具有事故处理能力的环保局、公安局、消防队、卫生局等单位有关人员成立危险品运输事故处理小组，负责该区域危险品运输事故的应急处理。

②一旦有事故发生，任何发现人员应及时通过路侧紧急电话或其他通讯方式报告交通管理部门。

③交通管理部门接到事故报告后，应立即通知就近的道路巡警前往事故地

点，对事故现场进行有效控制。同时，由所属消防队就近派出消防车辆前往现场处理应急事故。

④如危险品为固态物质，一般可通过清扫加以处置，可不通知其他部门，但到场消防人员应对事故进行备案。

⑤如危险品为气态物质，且为剧毒气体时，消防人员应戴防毒面具进行处理，在泄漏无法避免的情况下，需马上通知当地环卫部门和当地公安消防部门，必要时对处于污染范围内的人员进行疏散，避免发生人员伤亡事故。

⑥如危险品为液态物质发生泄漏时，消防人员要在第一时间内封闭现场，针对泄漏品的特性利用有效的吸附剂或吸收器阻止危险品外泄，并马上通知当地相关职能部门。接着调用罐车，利用水泵尽量把污染物浓度较高的水抽走，减轻污染物对附近水体的影响。

⑦建议相关职能部门制定规划区内道路网危险品风险事故应急预案，道路运营后应由道路、消防等相关人员与当地环保部门人员和公安消防部门人员每年进行1~2次演练，从而保证联系渠道畅通，以使应急计划不断完善。

## 8 环境保护措施及其可行性论证

### 8.1 各阶段污染环境保护对策措施

#### 8.1.1 施工期污染环境保护对策措施

施工期可能排放的污染物主要为悬浮泥沙、生活污水、建筑废水、含油废水、生活垃圾和建筑垃圾,以及由于施工设备运转产生的废气和噪声而带来大气污染和噪声污染。

##### 8.1.1.1 水污染防治措施

###### (1) 控制施工悬浮泥沙污染的防治措施

1) 施工前应结合项目周边及项目自身施工进度,合理安排施工整体进度计划,制定好施工主要节点流程图。项目涉海工程施工时,针对施工对海洋环境扰动相对较大的作业环节(如软基处理打桩过程)不断优化施工工艺,从而降低引起的悬浮沙入海增量。项目在各个阶段施工作业时,严格按照施工方案执行,保证施工进度和控制施工强度,以免增加悬浮沙增量。

2) 施工作业期间,在整体施工计划框架下,根据季节性海流条件,合理优化调整各施工作业区施工计划,将重点悬浮沙产生作业环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内。提高防患意识,应尽量避免在雨季、台风等不利条件下进行施工,在恶劣天气条件下,应提前做好安全防护准备工作。

3) 施工时优先使用对环境影响较小的设备,有条件时对施工场地设置围堰措施;

4) 做好风险事故的预防,在超出其安全系数的恶劣天气条件下,应停止作业,切不可为赶任务而冒险作业。

5) 做好施工作业的监督,严格要求施工单位按照作业规程施工,避免施工单位的不规范操作。

6) 工程施工作业期间应同步进行监测,并利用监测结果反过来约束工程作业,尽量减少施工对海洋生物所产生的影响。

###### (2) 控制施工队伍生产、生活污水的排放

1) 接线道路施工期间应在工地设置足够的临时洗手间并定时进行清理,尽

量减少使用化粪池设置数量，粪便污水定期运至附近污水处理厂处理；隧道工程施工期间生活污水经市政管网排至污水处理厂处理。

2) 施工期间机械、车辆等产生的含油废水通过集水沟排入施工废水储池后进行隔油沉淀处理后全部回用于施工设备冲洗以及抑制施工扬尘洒水等，不外排。

3) 严格管理和节约生产用水、生活用水。鉴于施工场地水污染主要发生在汛期的特点，工程施工应尽量避免多雨季节，尽量缩短雨季施工周期。

4) 各种船机要防止漏油，禁止在运转过程中产生的油污未经处理就直接排放，或维修机械时油污直接排放，应全部收集交有资质单位进行处理。

5) 施工船舶含油污水经油水分离器处理后与施工船舶生活污水一起采用船上配备储污水箱进行收集和贮存，再由有资质单位的污水接收船统一接收上岸进行集中处理。

#### 8.1.1.2 空气污染防治措施

本项目对大气环境有影响的阶段主要为施工期，根据《防治城市扬尘污染技术规范》(HJ/T393-2007)，为控制项目施工对附近环境空气的影响，建设单位应采取如下降尘、防尘措施：

(1) 施工期间，施工单位应根据《建设工程施工现场管理规定》设置现场平面布置图、工程概况牌、安全生产牌、消防保卫牌、文明施工牌、环境保护牌、管理人员名单及监督电话牌等。

2) 对施工场地和汽车行驶的路面经常洒水，约每日1~2次，可以使空气中的扬尘减少70%左右，使扬尘的影响范围缩小到20~50米的范围，大大减少施工扬尘对周围环境的影响。

3) 施工阶段，对易散失冲刷的物料(石灰、水泥等)不能在露天堆放，物料在本项目内临时堆放时加盖篷布，应以防粉尘飞扬。此外，对易起尘的材料不应堆放在露天，而应加盖篷布或库内堆放，施工建筑物立面用草席及安全网全封闭施工等措施，对于施工区内的堆土区应硬底化，减少粉尘的传播和飞扬。

4) 对于建材和沙土的运输也应该加强管理，不超载，以减少建材和沙土的抛洒，定期清洗运输车辆轮胎，对运输车辆的物料进行遮盖措施，防止在运输途中发生跑、冒、漏、滴。

5) 在施工期间, 由于土石方的倾泄和水泥的铺设将会产生明显的扬尘, 因此在施工过程中可结合隔声屏的设置将施工场地设置为半封闭区域, 进行围护施工, 减小施工区域的风强, 从而减少无组织粉尘的产生, 并同时起到隔挡粉尘的作用, 减小粉尘对周围居民的影响。

6) 在本项目钻孔作业前应对钻孔位置洒水, 在钻孔过程中以麻布覆盖或者以边钻孔边洒水的方式施工, 最大程度避免粉尘的产生。

7) 尽可能的将建筑材料堆放在项目的下风向或者增大堆放位置与处理池的距离, 或者尽量在施工期间将处理池进行封闭处理。

8) 对燃柴油的大型运输车辆、推土机, 需安装尾气净化器, 尾气应达标排放。运输车辆禁止超载, 不得使用劣质燃料。对车辆的尾气排放进行监督管理, 严格执行汽车排污监管办法和汽车排放监测制度。

9) 项目所需的沥青在市内统一定购和配送, 不进行现场拌和, 运输过程中不得随意洒落, 沥青摊铺采用全幅一次摊铺成型。对于露天路面沥青混凝土铺设的日子最好在有二级以上的风力条件下进行, 以避免局部过高的沥青烟浓度扩散影响周边敏感点大气环境。

### 8.1.1.3 噪声污染防治措施

1) 施工过程中采用较先进、噪声较低的施工设备, 施工中应加强对施工机械的维护保养, 避免由于设备性能差而增大机械噪声的现象发生, 对现场的施工车辆进行疏导, 禁止鸣笛。

(2) 合理安排施工计划, 将噪声级大的工作尽量安排在白天, 夜间进行噪声较小的施工。同时应提高施工工作效率, 缩短工程机械设备使用时间。为了进一步降低噪声影响需在施工建筑周围围护等高的隔声防护密目网, 在施工场地周围围墙上加护隔声挡板。

(3) 禁止夜间运行的设备应严格执行有关规定, 若必须夜间施工, 须先向相关部门申报并征得许可。

(4) 降低人为噪声影响, 对工人进行环保方面的教育, 在按操作规范操作机械设备等过程中减少碰撞噪声, 在装卸过程中禁止野蛮作业, 减少作业噪声。

(5) 本项目基坑外围挡土采用钻孔灌注桩方式、基坑采用明挖法, 不使用爆破工艺, 减少施工噪声和震动, 最大程度减小对周边环境带来的不利影响。

(6) 应当文明施工、文明装卸、禁止高声喧哗。

#### 8.1.1.4 固体废物污染防治措施

(1) 废弃土石方应运往中山坦洲镇禛祥二街永二工业园。

(2) 隧道软基处理产生的淤泥采用泥驳运至中山南朗镇，敏捷温泉海岸附近进行吹填。

(3) 废弃泥浆通过泥水分离系统，将泥浆细颗粒压成泥饼，运到中山坦洲镇禛祥二街永二工业园。

(3) 建筑垃圾应运往指定的建筑垃圾集中点。

(4) 施工单位应当及时清理运走、处置建筑施工过程中产生的垃圾，并采取措​​施，防止污染环境。

(5) 根据《城市市容和环境卫生管理规定》中的规定，车辆运输散体材料和废物时，必须密闭、包扎、覆盖，不得沿途漏撒；运载土方的车辆必须在规定的时间内，按指定路段行驶。

(6) 收集、贮存、运输、处置固体废物的单位和个人，必须采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施。

(7) 施工人员生活垃圾应按指定地点堆放，每日由环卫部门清理运走，做到日产日清，并对堆放点进行定期的清洁消毒以免孳生蚊蝇。

### 8.1.2 营运期污染环境保护对策措施

本隧道工程建成投入使用后，水污染和固体废弃物产污环节将大幅减少，主要是隧道管理中心工作人员产生的一定量的办公生活污水和生活垃圾。但在营运期，还存在一定大气污染和噪声污染。

#### 8.1.2.1 水污染防治措施

(1) 隧道冲洗废水、结构渗水进入最低点废水泵房。废水泵房中的废水经管径 DN300 的出水管，沿隧道外侧延伸至北侧工作井穿出，排放至地面市政污水系统。

(2) 隧道敞开段雨水进入雨水泵房，泵房内设雨水泵，将雨水提升至地面经压力排水井泄压后汇入市政雨水系统。

(3) 管理中心工作人员办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水可就近

排入市政污水管网，而雨水可直接排入市政雨水管网。

(4) 严格管理和节约生活用水，严禁生活污水不按规定处理直接排入海中。

#### 8.1.2.2 固体废弃物污染防治措施

营运期间产生的生活垃圾，分类收集后交由环卫部门统一处理。项目产生的其它固废设置统一的收集点，收集后外运由有资质单位处理。营运期隧道管理中心办公人员产生的生活垃圾和路面清洁垃圾交当地环卫部门处理。

#### 8.1.2.3 空气污染防治措施

(1) 严格按照相关法律规定核准进口车辆，对道路进行限速，禁止黄标车进入；

(2) 加强新建道路（隧道口）两侧绿化带管理，可选择栽种吸附汽车尾气的树种。

#### 8.1.2.4 噪声污染防治措施

在项目建成运营后车辆行驶带来的噪声会对项目两旁的敏感目标造成影响，因此为了降低道路交通噪声对沿线声环境的影响，控制和减少噪声危害，有必要采取防护措施进行有效防治。交通噪声控制技术措施主要是从声源、传播途径和受者三个环节进行控制。根据道路沿线敏感点的分布情况及项目特点，拟采取以下减缓噪声污染的措施：

①提高工程质量，并加强道路的维修养护，保证施工质量和管理。道路检质员应跟随施工进度坚守岗位及时质检，保证路面的平整度，本道路铺筑采用的是降噪橡胶沥青路面，可以大大减少汽车在行驶过程中产生的振动和噪音。同时要及时修复路面损坏，防止车辆在行驶过程中因坑洼路面产生更大噪音。

②道路设置绿化带。树木具有声衰减作用，不同植物具有不同的降噪效果，植物的种植结构对降噪作用也有很大的影响。绿化带除可降低道路交通噪声污染外，还能够净化空气，减轻城市的热岛效应，提高城市生态系统的自净能力。

③设置车道隔离栏。设置车道隔离栏的主要作用是疏通交通，减少交通事故，能较明显减少交通噪声污染。

④加强交通管理，车流量高峰期在一些路口安排交警指挥交通，加大对违规行驶的处罚力度，确保路上文明安全行车可以保持道路交通的流畅性，大大降低

交通噪声。

⑤加强行车管理，在路段、路中进口处设交通标志，限制大型车通行，限制夜间行车速度；在敏感点附近路段，应当设立相应的减速标志、设置减速带、禁鸣喇叭标志，强制禁止无汽车环保标志的车辆上路。

## 8.2 各阶段的生态保护对策措施

根据本工程的特点，隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，本工程对海洋生态的破坏极小，基本不会对底栖生物的栖息环境造成损害，但在陆域范围施工过程中需要占用土地，将对原有植被和绿化带来一定的破坏，并可能引起局部的水土流失，为此应落实以下生态保护对策措施。

海域生态保护对策措施：

(1) 隧道软基处理水上作业避开幼鱼繁育期。

(2) 对项目建设造成的海洋生物资源损失，按照生态补偿原则予以补偿。生态补偿款主要用于当地海洋农渔业主管部门人工增殖放流、资源养护与管理以及生态环境跟踪调查及补偿方案的效果评估，建议由当地农渔业主管部门统一制定和实施生态恢复措施，有目的、有计划地进行修复。

陆域生态保护对策措施：

(1) 在临时堆土区周边设置临时排水沟，施工完毕后利用开挖土方进行回填。挖方区及临时堆土区等应增加临时拦挡措施，施工结束后，对其防治区域进行全面整地，并植草绿化。

(2) 施工机械严格选择行驶路线，尽量减少对植被破坏。

(3) 施工道路及施工场地铺碎石、人工清理表层土、种草种树等措施。

(4) 沿施工道路布置排水沟，在排水沟交汇处设置土质沉砂池，并采取临时草袋装土对临时堆土底部进行贴坡堆砌拦挡，减少水土流失。

(5) 本隧道工程建成投入使用后，应加强生态绿化建设，保证该项目的建成使用将不会对沿线生态造成明显影响。

典型生态保护措施如下图所示：



常绿水生鸢尾



鹅掌柴



满天星



马尼拉草



海南红豆



香樟



狐尾椰



大王椰子

### 8.3 环境保护设施和对策措施一览表

综上所述，本项目建设和营运过程中应采取的环境保护设施和对策措施详见表 8.3-1。

表 8.3-1 环境保护和对策措施一览表

阶段	环境影响因子	环保措施	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体
施工 期 污 染 防 治 措 施	一、悬浮物	1、合理安排施工整体进度计划，根据季节性海流条件，合理优化调整各施工作业区施工计划，将重点悬浮沙产生作业环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内。 2、优化施工工艺，优先使用对环境影响较小的设备，有条件时对施工场地设置围堰措施； 3、做好风险事故的预防，恶劣天气停止作业； 4、严格要求施工单位按照作业规程施工，避免施工单位的不规范操作； 5、同步监测，并利用监测结果反过来约束工程作业。	含悬浮泥沙雨水、泥浆经沉降后再统一处理	施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	二、生活污水	1、在施工营地设置足够的临时洗手间并定时进行清理，经内部管网最终排入城市污水管道中； 2、严格管理和节约生活用水；	生活污水运至污水处理厂处理	施工场地，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	三、含油废水	1、施工船舶机舱含油污水、机械维修、保养产生的油污水，交给有资质的单位处理。 2、设置废水收集坑及沉砂池、沉淀池； 3、设置防溢座或其它防治设施，防止洗车废水溢出工地； 4、施工期间机械、车辆等产生的含油废水通过集水沟排入施工废水储池后进行隔油沉淀处理后全部回用于施工设备冲洗以及抑制施工扬尘洒水等，不外排。	含油废水全部收集处理，不外排	施工场地，施工开始至施工结束	建设单位、施工单位和有油污水接收资质的单位
	四、空气污染	1、施工区周边设置不低于 1.8m 的固定式硬质围栏； 2、建设工程禁止使用现场搅拌混凝土，而使用预制混凝土； 3、施工回填土方临时堆放时应加盖篷布遮盖； 4、运输车辆进出施工场地的路面要经常洒水，减少车辆出入产生的扬尘； 5、施工材料、渣土和建筑垃圾运输车辆，应采用密闭车斗，并确保运输沿途不出现撒漏； 6、运输车辆离开施工场地前，应在施工场地出口处清理轮胎和车身，减少带出的土。	满足广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段无组织排放标准	施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	五、固体废物：生活垃圾、隧道产生渣土、疏浚物	1、生活垃圾分类收集交环卫部门收集处理； 2、渣土运往中山坦洲镇祯祥二街永二工业园； 3、疏浚物采用泥驳运至中山南朗镇，敏捷温泉海岸附近进行吹填； 4、废弃泥浆通过泥水分离系统，将泥浆细颗粒压成泥饼，运到中山坦洲镇祯祥二街永二工业园； 5、对可再利用的废料尽量进行回收，以节省资源； 6、加强施工期固体废物收集、暂存、运输及处置过程环境管理。	所有固体废物收集处理，不外排	施工场地，施工开始至施工结束	建设单位和施工单位
	六、噪声	1、选用低噪声的施工机械和工艺，振动较大的固定机械设备加装减振机座； 2、对设备进行维修保养，避免因设备性能差而使噪声增强；	场界噪声满足《建筑施工场界环境噪声	施工现场及车辆运输路线、	建设单位和施工单位

阶段	环境影响因子	环保措施	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体
		3、合理安排施工布局，避免多台施工机械同时作业。	排放标准》 (GB12523-2011)	施工期	
营运期污染防治措施	一、生活污水	办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水可就近排入市政污水管网，而雨水可直接排入市政雨水管网。	生活污水排入市政污水管网	项目区，项目开始运营后	建设单位
	二、冲洗废水、结构渗水、雨水	隧道冲洗废水、结构渗水进入市政污水管网，雨水可排入市政雨水管网。	冲洗废水、结构渗水进入市政污水管网，雨水排入市政雨水管网	项目区，项目开始运营后	建设单位
	三、生活垃圾	1、生活垃圾分类收集后交由环卫部门统一处理； 2、其它固废设置统一的收集点，收集后外运由有资质单位处理。	生活垃圾集中收集处理	项目区，项目开始运营后	建设单位
	四、空气污染	1、对道路两旁进行植树造林； 2、对道路进行限速，禁止黄标车进入。	达到《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》(GB18352.5—2016)》排放标准	项目沿线，项目开始运营后	建设单位
	四、噪声	1、提高工程质量，并加强道路的维修养护； 2、道路设置绿化带； 3、设置车道隔离栏； 4、加强交通管理和行车管理。	符合环保要求	项目沿线，项目开始运营后	建设单位
生态保护措施		1、施工机械严格选择行驶路线，严格控制作业带宽度，尽量减少对植被破坏； 2、尽早落实配套的绿化工程（道路两旁种植树木），沿施工道路布置排水沟，在排水沟交汇处设置土质沉砂池，并采取临时草袋装土对临时堆土底部进行贴坡堆砌拦挡，减少水土流失； 3、隧道软基处理水上作业避开幼鱼繁育期。	减轻对生态环境的影响。	项目附近海域，陆上施工场地，施工开始至施工结束	建设单位

## 9 工程的环境可行性

### 9.1 项目与《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》的符合性分析

本项目的建设是配合横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展的需要，有利于提高一体化区域的内外交通联系，同时对培育新的经济增长点，优化投资环境，带动一体化区域的经济发展都有着重要作用，也对完善路网、促进路网合理布局具有重要的意义，从而持续深入推进产业、能源、交通运输结构调整，本项目的建设符合《广东省“三线一单”生态环境分区管控方案》。

本项目对比生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和市场准入负面清单的符合性分析见下表。

本项目对比生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和市场准入负面清单的符合性分析见下表。

表 9.1-1 项目与“三线一单”符合性分析表

类别	项目与“三线一单”符合性分析	相符性
生态保护红线	根据《广东省主体功能区规划》，本项目在所在区域属于国家优化开发区域。经查《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市生态控制线划定工作方案的通知》珠府办函〔2015〕204号，本项目不属于划定的生态控制线管制范围内，与《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市生态控制线划定工作方案的通知》珠府办函〔2015〕204号相符。	符合
环境质量底线	本项目所在区域环境功能区划执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准和《海水水质标准》(GB3096-2002)的II类、III类标准，项目所在区域为声环境2类区。本项目在营运期内接线道路施工会有废水、废气、噪声及固废等污染物排放，海底隧道软基处理过程有入海悬浮沙产生，通过采取有效的保护措施能够控制不利影响，确保废水、废气、噪声及固废等污染物达标排放，确保海水水质短时间恢复，不会对项目所在地的环境质量造成恶化，故符合环境质量底线要求。	符合
资源利用上线	本项目用水用供水部门供应自来水，用电用市政电网供给，资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合当地规划要求，符合资源利用上线要求。	符合
环境准入负面清单	本项目不属于《市场准入负面清单（2020年本）》中的禁止或许可事项，符合环境准入负面清单要求。	符合

根据所在区域环境功能区划执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级

标准和《海水水质标准》(GB3096—2002)中的第二类、三类标准,项目所在区域为声环境2类区。本项目在施工期内有废水、废气、噪声及固废等污染物排放,通过采取措施能够确保废水、废气、噪声及固废等污染物达标排放,符合环境功能区划,本项目的建设符合环境质量底线标准;本项目不设备用发电机,项目用水由市政管网提供,不开采地下水,项目用电由市政电网提供,资源消耗较少,符合资源利用上限;根据《珠海市人民政府办公室关于印发珠海市生态控制线划定工作方案的通知》,本项目不在生态控制线内;对照《市场准入负面清单(2020年本)》,本项目不属于禁止或许可事项,本项目符合“三线一单”管控要求。

## 9.2 与海洋主体功能区规划的符合性

### 9.2.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

2015年8月,国务院印发《全国海洋主体功能区规划》,规划根据“陆海统筹、尊重自然、优化结构、集约开发”的基本原则,依据海洋主体功能,将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域、禁止开发区域。优化开发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。

珠江口及其两翼优化开发区的发展方向与开发原则是:构建布局合理、优势互补、协调发展的珠三角现代化港口群。发展高端旅游产业,加强粤港澳邮轮航线合作。加快发展深水网箱养殖,加强渔业资源养护及生态环境修复。严格控制入海污染物排放,实施区域污染联防机制。加强海洋生物多样性保护,完善伏季休渔和禁渔期、禁渔区制度。健全海洋环境污染事故应急响应机制。

本工程位于《全国海洋主体功能区规划》中划定的“珠江口及其两翼优化开发区”,本项目建设内容为横琴杧洲隧道工程,是横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化区域交通网的重要组成,项目建设后将会在很大程度上改善横琴新区、保税区、洪湾片区的交通联系,加快形成珠海城市新中心、粤港澳合作平台、

大湾区西部发展极，对推进新区社会经济发展规划的落地实施、强化区域作为珠江口西岸重要经济增长极城市的战略地位具有重要意义。因此，本项目建设符合《全国海洋主体功能区规划》对项目所在海域的主体功能定位。

### 9.2.2 与《广东省海洋主体功能区规划》的符合性分析

2017年广东省人民政府印发了《广东省海洋主体功能区规划》(粤府函(2017)359号文)。广东省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。本项目位于优化开发区。

优化开发区域东起惠州市惠阳区，西至江门台山市管辖海域，还包括汕头市、湛江市的中心城区管辖海域，海域面积21589平方公里，占全省的33.36%。该主体功能区功能定位为：海洋强国的战略支点、海洋强省建设重要引擎，国家海洋经济竞争力核心区、海洋科技产业创新中心、全国海洋生态文明建设示范区。优化开发区的发展方向及布局为：“海洋空间开发总体格局”、“加快推进现代海洋产业体系”、“加快发展海洋风电产业”、“整合优化港口资源”、“着力发展高端旅游产业”、“推进滨海城镇建设”、“推进滨海旅游公路建设”、“着力实施科技兴海战略”、“加强围填海管控和岸线利用管治”、“加强海洋生态环境保护”、“加强海洋防灾减灾能力”、“加强无居民海岛保护和开发”。其中“推进滨海城镇建设”、“推进滨海旅游公路建设”发展方向定位如下：

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

本项目位于《广东省海洋主体功能区规划》中划定的“优化开发区”。项目建设后有助于完善横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化区域交通路网格局，实现一体化区域的发展目标。本次杧洲隧道项目采用盾构法跨越马骝洲水道，不改变海域自然属性，不占用岸线，符合规划要求。综上，项目建设符合《广东省海洋主体功能区规划》。

### 9.3 与海洋功能区划的符合性

根据《广东省海洋功能区划》(2011-2020年),本项目所在海域的海洋功能区划为“横琴岛港口航运区”,邻近海域的海洋功能区划为“磨刀门保留区”。

项目所在海域海洋功能区划见图 1.4-1,项目所在及邻近海域的海洋功能区登记表见表 1.4-1。

#### 1、项目与所在海域海洋功能区划的符合性

##### (1) 海域使用管理要求的符合性分析

项目与所在海域的海域使用管理要求符合性分析如表 9.3-1 所示。

表 9.3-1 项目与所在海域海域使用管理要求的符合性分析

序号	“横琴岛港口航运区”海域使用管理要求	符合性分析	是否符合
1	相适宜的海域使用类型为交通运输用海	本项目用海类型为海底隧道用海,服务于马骝洲水道两岸的交通运输,与功能区的功能定位一致	符合
2	围填海须严格论证,优化围填海平面布局,节约集约利用海域资源	本项目隧道在海床面以下,不涉及围填海	不涉及
3	维持航道畅通,维护海上交通安全	1)隧道主洞在海床以下 8m 以下,对马骝洲水道航道主槽通航条件无影响; 2)隧道掘进采用盾构工法,无涉水作业,对海上交通无影响; 3)盾构软基处理施工水上作业区距离航道有一定距离,通过加强船舶管理,能够维持海上交通安全。	符合
4	改善水动力条件和泥沙冲淤环境	项目主体工程采用盾构隧道的方式下穿马骝洲水道,不影响水道的水动力条件和泥沙冲淤环境	符合
5	加强用海动态监测和监管	项目施工期实施用海监测,按照按照申请用海范围实施建设。	符合

##### (2) 海洋环境保护要求的符合性分析

项目与所在海域的海洋环境保护要求符合性分析如表 9.3-2 所示。

表 9.3-2 项目与所在海域海洋环境保护要求的符合性分析

序号	“横琴岛港口航运区”海洋环境保护要求	符合性分析	是否符合
1	加强港区环境污染治理,生产废水、生活污水须达标排海	本项目施工期仅在隧道软基加固作业阶段有涉水作业,作业时船舶生活污水、机舱含油污水均不排海,船舶靠岸后交由有资质单位接收处理。	符合
2	执行海水水质四类标准、海洋沉积物质	海洋质量现状良好,隧道软基处理	符合

量三类标准和海洋生物质量三类标准。	施工期水域疏浚、打桩引起的悬浮沙超过四类标准(>150mg/L)的影响时间短,范围有限,短时间内即可消除。且施工过程中无外来污染物,不会对海洋沉积物质量和海洋生物质量造成影响。	
-------------------	--	--

## 2、项目用海对周边海洋功能区的影响

本工程周边临近的海洋功能区为“磨刀门保留区”和“香洲保留区”，项目建设对周边海洋功能区影响分析如下：

“磨刀口保留区”位于本项目上游，最近距离约 1.5km，“香洲保留区”位于本项目下游，最近距离约 10.5km。根据项目隧道软基加固产生的悬浮沙扩散模拟结果，悬沙向隧址区上游最远扩散距离约 2.13km，向下游最远扩散距离约 4.51km。悬沙扩散范围未到达“香洲保留区”，悬沙进入“磨刀门保留区”的浓度在 10~20mg/L 之间，施工结束后短时间内海水水质即可恢复，且项目建设期船舶污废水不排海，全部运回陆地处理，能够维持以上两个保留区现状海洋环境质量水平，不会破坏改区内生态环境。

本工程海底隧道埋设在海床以下，对工程海域水流动力条件和冲淤环境基本无影响，不影响马骝洲水道泄洪纳潮功能，因而也不会改变马骝洲水道分洪量，故项目建设能够不影响“磨刀门保留区”防洪纳潮功能。施工期水上作业期短，作业区远离航道，通过加强船舶调度和管道能够维护该区正常的通航活动和水上交通安全。

综上，本项目建设符合所在海域的海域使用管理要求和海洋环境保护要求，也不影响周边海洋环境功能区定位主导功能的发挥，工程建设入海悬浮沙影响范围小，影响时间短，能够维持周边海洋环境功能区现状生态环境水平。项目建设与《广东省海洋功能区划》（2011-2020 年）相符合。

## 9.4 与海洋生态红线制度的符合性

2017 年 9 月广东省海洋与渔业厅印发了《广东省海洋生态红线》，根据“保住底线、协调发展”、“分区划定，分类管理”、“有效衔接，突出特色”、“生态保护、整治修复”、“相对稳定、依法管理”的划定原则，对海洋生态红线区和自然岸线进行了划定，并对海水水质指标落实、管控措施、实施保障进行了详述。

本工程不占用自然岸线，不占用生态红线区。工程与附近海域生态红线的位

置关系见图 9.4-1。项目附近的海洋生态红线区为“磨刀口重要河口生态系统限制类红线区”，该区的具体管控措施见表 9.4-1。

本项目距离“磨刀口重要河口生态系统限制类红线区”最近距离约 1.5km，根据前述预测分析，项目施工期仅在隧道软基加固作业阶段会产生入海悬浮沙，在潮流作用下，悬浮沙主要向下游扩散，悬沙向磨刀门海域最远扩散距离约 2.13km，“磨刀口重要河口生态系统限制类红线区”内悬浮沙增量浓度在 10~20mg/L 之间，施工结束后短时间内即可恢复背景水平，对红线区内海洋生态环境影响很小，且项目建设期船舶污废水不排海，全部运回陆地处理，能够维持该红线区现状海洋环境质量水平。

本工程海底隧道埋设海床以下，采用盾构法施工，项目建设对工程海域水流动力条件和冲淤环境基本无影响，对所在的马骝洲水道泄洪纳潮无影响，不改变马骝洲水道分洪量占磨刀门总泄洪量的比重，因此本项目建设不会破坏或降低该红线区防洪纳潮功能。综上，工程建设符合生态红线区的管控措施要求。

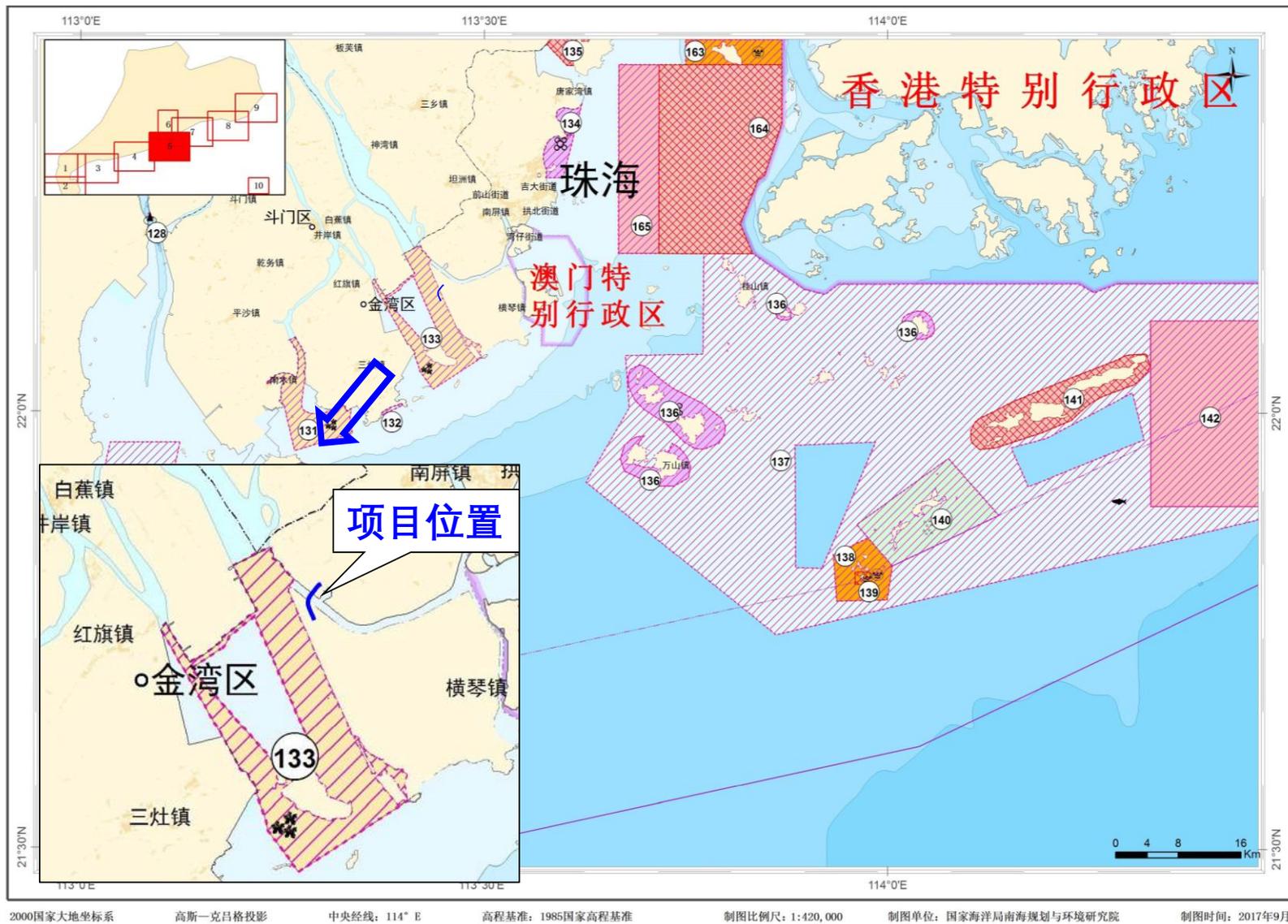


图 9.4-1 项目海域海洋生态红线图

表 9.4-1 项目邻近海域生态红线区（节选）

序号	所在行政区域		代码	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
133	珠海	金湾	44-Xc11	限制类	重要河口生态系统	磨刀口重要河口生态系统限制类红线区	113°21'43.69"-113°29'51.42"E; 22°1'38.37"-22°11'31.75"N	67.81	22.90	河口生态系统	<p>管控措施：禁止围填海、采挖海砂、设置直排排污口等破坏河口生态功能和防洪纳潮的开发活动；并加强对河口生态系统的整治和修复。</p> <p>环境保护要求：保护西江河口海域生态环境。加强西江河口海域环境综合整治。海水水质标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量需维持现状。</p>

## 9.5 与海洋环境保护规划的符合性

### 9.5.1 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性

2017年10月，广东省政府、国家海洋局联合印发《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》（粤府〔2017〕120号）。规划基于广东省海岸带的自然属性和发展需求，遵循“以海定陆，陆海统筹；生态优先，绿色发展；因地制宜，有序利用；以人为本，人海和谐”的原则，以海岸线为轴，提出了构建“一线管控、两域对接，三生协调、生态优先，多规融合、湾区发展”的海岸带功能管控总体格局。规划以岸线功能为基础，将广东省大陆岸线划分为优化利用、限制开发、严格保护三种类型，实施分类分段精细化管控。规划指出，优化利用岸线是针对人工化程度较高、海岸防护与开发利用条件较好的海岸线划定。要求严格执行建设项目用海面积控制指标等相关技术标准，提高海岸线利用效率。优化海岸线的建设项目布局，减少对海岸线资源的占用。

本项目隧址两岸岸线属规划的优化利用岸线。工程采用盾构隧道的方式下穿现状人工海堤，不破坏人工岸线，对岸线功能无影响，符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》要求。

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

《广东省海洋生态环境保护规划》坚持“生态优先、绿色发展，陆海统筹、以海定陆，改革创新、强化监督，科技引领、夯实基础，公众参与、社会共治”的基本原则，明确了2017-2020年海洋生态保护主要目标，提出了“构建绿色海洋发展格局、强化海洋生物资源养护、改善海洋环境质量、提升海洋生态环境监管能力、完善海洋生态保护管理机制和健全规划实施的保障措施”等重点任务。

本项目符合项目海域规划主体功能定位，海洋和陆域发展规划协调一致，项目不占用生态红线区，采用盾构隧道方式下穿既有人工岸线，不破坏岸线，符合海洋生态空间管控要求；隧道以埋入床面以下的方式穿越马骝洲水道，对海底地形地貌和水生生物生境基本无影响；项目运营期污废水均设置了完备的收集排放设施，能够确保污染物得到合理有效的处置，对项目建设过程中导致的海洋生物资源的损害，将按照现行生态补偿制度要求进行生态补偿；项目建设过程中，将对项目海域海洋环境和用海动态进行跟踪监测。综上，本项目与《广东省海洋生

态环境保护规划（2017-2020）》相符合。

## 9.6 与区域规划及相关规划的符合性

### 9.6.1 与《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》的符合性

2009年1月，国家发展和改革委员会公布《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020年)》，该纲要规划了2008到2020年珠江三角洲地区的改革发展目标，内容涵盖构建现代产业体系、提高自主创新能力、推进基础设施现代化、统筹城乡发展、促进区域协调发展等多个方面。

在促进区域协调发展方面，规划提出提升珠江口西岸地区发展水平，以珠海市为核心，以佛山、江门、中山、肇庆市为节点的珠江口西岸地区，要提高产业和人口集聚能力，增强要素集聚和生产服务功能，优化城镇体系和产业布局。珠海要充分发挥经济特区和区位优势，加快交通基础设施建设，尽快形成珠江口西岸交通枢纽，增强高端要素聚集发展功能和创新发展能力，提升核心竞争力，提高发展带动能力，建成现代化区域中心城市和生态文明的新特区，争创科学发展展示范市。

本项目建设位于珠海市横琴新区，“十二五”以来，珠海市先后经历了横琴新区设立、特区扩容至全市、横琴自贸区挂牌等重大事件，特区在政策创新、体制机制创新方面取得了重大突破，社会经济快速发展，道路交通流量显著增加，既有的网路格局已逐渐不能满足区域发展需要，急需提高交通服务水平、完善道路交通系统。项目建设对改善横琴新区开发建设及西部的对外交通状况具有十分显著的作用，能够带动周边用地的开发，强化珠海市作为珠江口西岸经济发展核心的重要地位，项目符合《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》。

### 9.6.2 与《横琴总体发展规划》的符合性

2009年8月14日，国务院正式批准实施《横琴总体发展规划》，将横琴岛纳入珠海经济特区范围，要逐步把横琴建设成为“一国两制”下探索粤港澳合作新模式的示范区。其中，对横琴道路交通规划原则为：“优先发展公共交通，积极引入轨道交通，合理分配城市道路、用地和空间资源，鼓励步行、自行车和公共交通出行，建设“通达有序、安全舒适、低能耗、低污染、高品质”的绿色交通系

统。通过高快速路、城际轨道等对外交通通道及枢纽设施的建设，积极融入粤港澳大湾区综合交通一体化发展；通过较高水平的道路建设和合理的路网级配，构建系统完整、分级清晰、功能分工明确的“环网相扣”的路网系统。路网骨架包括两条快速路和“两横、一纵、一环”的主干道，各功能区辅以次干道，共同形成干道路网系统。”

本项目建设是构建横琴新区、保税区、洪湾片区一体化区域联系的路网骨架的重要组成部分，加强一河两岸的沟通与联系必备的市政基础保障性工程，符合《横琴总体发展规划》。

### 9.6.3 与《横琴新区控制性详细规划维护》（2017年）的符合性

**规划定位：**横琴新区将建设成为“一国两制”下探索粤港澳合作新模式的示范区、深化改革开放和科技创新的先行区、促进珠江口岸地区产业升级的新平台、与澳门共建的世界旅游休闲中心和中-葡商贸平台。

**功能结构：**横琴新区将分为三大片十大功能区，其中三大片分别是商务服务片、休闲旅游片和科教研发片。

**道路系统规划：**规划形成“环网相扣”道路骨架格局。即以环岛路构成横琴主干环网，将各城市组团串接起来，并与城市次干道结合成为环网相扣的道路骨架，同时通过横琴大桥、洪湾大桥、莲花大桥和金海大桥实现与区域交通网络的连接。

本项目建设杧洲隧道工程，杧洲隧道位于横琴新区、保税区、洪湾片区一体化规划区西部，连接南湾城区为临山居住组团、洪湾组团，横琴新区产城融合组团产业板块”，项目建设符合《横琴新区控制性详细规划（深化）》对区内道路交通网体系规划。

### 9.6.4 与《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》的符合性

2018年9月6日，《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》（以下简称《规划》）获市政府正式批复实施。《规划》一共29章，从产业功能、交通规划、公共设施等方面，对一体化发展区进行了全面而具体的规划，致力于将其建设成为珠海城市新中心、粤港澳深度合作新引擎、大湾区城市客厅。

一体化发展区位于珠海市中心城区西南部，东临澳门，西与金湾、斗门等西

部新城隔水相望，包括横琴新区、珠海保税区、洪湾商贸物流中心、洪湾片区、十字门北片区等多个发展区域，《规划》的重点规划区为马骝洲水道一河两岸总面积约为 46.64 平方公里的区域。当前，一体化发展区面临着粤港澳大湾区加速建设、港珠澳大桥即将通车，以及珠海正推进城市发展重点南进西拓等重大国家战略与历史机遇，《规划》的实施，将充分利用一体化发展区的独特区位优势，发挥好澳门“精准联系人”和香港“超级联系人”的作用，积极促进自贸区、保税区、海港、空港联动发展，对一体化地区进行了“一河两岸多片区”的空间统筹布局，规划构建以商务服务、物流服务、金融服务、科技创新等为主体的现代产业体系。

在产业功能上，《规划》提出，规划区内包含珠海保税区、跨境工业区、洪湾商务物流中心、粤澳产业合作园等几大产业集聚区，未来要打造差异互补的重点产业发展集群，形成以商务服务、物流服务、金融服务、科技创新等为主体，面向未来的高端 CBD 总部云集、承接港澳现代产业最集中的现代产业生态圈。

在空间布局上，《规划》提出，规划区内要构建形成“一带三轴、双核十组团”的城市空间结构，形成“一河两岸多片区”格局，实现山环水绕、绿脉新都。“一带”为滨水活力带，“双核”包括新中心核心区和十字门商务组团，“三轴”为南北向跨江商务核心轴、生产服务轴和综合服务轴；“十组团”分别为新中心核心区、新型产业组团、十字门北岸组团、十字门南岸组团、综合保税组团、通关物流组团、产城融合组团、洪湾组团、临山居住组团和国际社区组团。

在交通布局上，《规划》提出，一方面要推进对外通道建设，与澳门共同建设珠澳高铁枢纽，实现广珠城际轨道延长线在一体化地区内设置湾仔站、十字门站、金融岛站 3 个站点，并构建“两横三纵”的对外路网格局。另一方面要加快城市道路交通建设，实现规划区内总体路网密度达 7.59 公里/平方公里。

《规划》优化一体化区域内部的道路网络格局，构建层次分明、功能清晰、疏密有致的城市道路系统。在原有横琴大桥、横琴二桥、横琴第三通道、洪鹤大桥（在建）、十字门隧道（在建）的基础上，新增杧洲隧道、洪湾隧道、保税区隧道等三条跨河通道，均采用隧道形式，加强一河两岸的沟通与联系。

本项目建设为杧洲隧道工程，作为一体化区域西侧内部联系最便捷的通道，项目建设对加强一河两岸的沟通与联系具有重要意义，项目建设符合《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》对区内道路交通网体系规划。

## 9.6.5 与《一体化区域洪湾片区控制性详细规划（2018年修改）》的符合性分析

一体化区域洪湾片区位于横琴一体化新拓宽区域西部，北依有髻山，南临马骝洲水道，西临磨刀门水道，东临保税区，规定功能定位为珠江西岸综合物流枢纽、科技创新区、珠海市中心渔港、服务城市新中心的山水生态居住组团。控规对规划范围内道路等级、标准道路断面进行了详细设计，其中本项目北岸接线道路环港东路道路等级为次干路。

项目建设符合一体化区域洪湾片区的道路等级规划，连接南湾城区临山居住组团、洪湾组团与横琴新区产城融合组团产业板块”，可以直接服务于两岸人口的就业、出行需求，减轻横琴隧道等跨马骝洲水道主要通道的交通需求，项目建设符合《一体化区域洪湾片区控制性详细规划（2018年修改）》。

## 9.7 与国家及地方产业政策的符合性

根据国家发改委《产业结构调整指导目录》（2019年本），“长大隧道修筑和维护技术应用”为鼓励类建设项目。本项目隧道工程总长度全长约1995m（以左线主线计），属中长隧道，工程建设符合国家产业政策。

本项目不属于《珠海市产业发展导向目录(2020年本)》规定的限制发展类与禁止发展类。

## 9.8 工程选址与布置的合理性分析

### 9.8.1 工程选址的合理性

#### 9.8.1.1 项目选址与社会条件的适宜性

1996年11月3日，珠海保税区获国务院批准建立。2003年12月5日，珠海跨境工业区经国务院批准设立。2009年8月，国务院正式批准实施《横琴总体发展规划》，提出将横琴建设成为“一国两制”下探索“粤港澳”合作示范区，标志横琴新区开发上升为国家战略。未来横琴新区将建设成为粤港澳区域性CBD，发挥“衔接港澳，辐射内陆”的重要功能，亟需构建开放便捷、高效畅达的对外交通体系，打造区域交通枢纽地区，提升区域辐射力。2009年12月16日，珠海市横琴新区挂牌成立，横琴的发展成为国家战略。2015年4月23日，中国（广

东)自由贸易区试验区珠海横琴新区片区正式挂牌运作。区域内集聚叠加了众多政策优惠区,随着港珠澳大桥的建设,借助大桥经济区,正谋划建立通关中心。

2018年9月6日,《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》(以下简称《规划》)获市政府正式批复实施。《规划》一共29章,从产业功能、交通规划、公共设施等方面,对一体化发展区进行了全面而具体的规划,致力于将其建设成为珠海城市新中心、粤港澳深度合作新引擎、大湾区城市客厅。

一体化发展区位于珠海市中心城区西南部,东临澳门,西与金湾、斗门等西部新城隔水相望,包括横琴新区、珠海保税区、洪湾商贸物流中心、洪湾片区、十字门北片区等多个发展区域,《规划》的重点规划区为马骝洲水道一河两岸总面积约为46.64平方公里的区域。当前,一体化发展区面临着粤港澳大湾区加速建设、港珠澳大桥即将通车,以及珠海正推进城市发展重点南进西拓等重大国家战略与历史机遇,《规划》的实施,将充分利用一体化发展区的独特区位优势,发挥好澳门“精准联系人”和香港“超级联系人”的作用,积极促进自贸区、保税区、海港、空港联动发展,对一体化地区进行了“一河两岸多片区”的空间统筹布局,规划构建以商务服务、物流服务、金融服务、科技创新等为主体的现代产业体系。

在交通布局上,《规划》提出,一方面要推进对外通道建设,与澳门共同建设珠澳高铁枢纽,实现广珠城际轨道延长线在一体化地区内设置湾仔站、十字门站、金融岛站3个站点,并构建“两横三纵”的对外路网格局。另一方面要加快城市道路交通建设,实现规划区内总体路网密度达7.59公里/平方公里。

洪鹤大桥、横琴二桥是横琴、保税区、洪湾片区一体化对外通道,形成“两横三纵”的高等级对外路网的组成部分,主要承担货运及过境交通的功能;横琴隧道和横琴大桥承担的两岸短距离交通过河需求较大,时常出现拥堵,且马骝洲南北通道分布不均,横琴新区西部不存在直接的跨河通道。为加强马骝洲两岸交通联系,满足未来马骝洲两岸交通出行需求,《规划》规划3处跨马骝洲通道,自西向东分别为:①杧洲隧道(规划,双向4车道城市次干道)、②洪湾通道(规划,双向4车道城市次干道)和③保税区通道(规划,双向4车道城市次干道)。

本项目为杧洲隧道工程,杧洲隧道位于一体化规划区西部,连接南湾城区临山居住组团、洪湾组团和横琴新区产城融合组团产业板块,根据规划,杧洲隧道是研究片区西侧内部联系最便捷的通道,隧道西侧在规划内不存在直接的跨河通

道，隧道东侧的横琴二桥，主要承担货运及过境交通的功能，对临山居住组团、洪湾组团和产城融合组团的服务能力较小，服务不便。在杧洲隧道直接服务的片区内，存在 24 万居住人口和 16 万的就业人口，南北两岸存在一定的通勤交通需求，杧洲隧道的修建，可以直接服务于两岸人口的就业、出行需求，减轻横琴隧道等跨马骝洲水道主要通道的交通需求。

本工程的建设可以增强珠海地区与横琴新区之间交通联系、保障横琴全天候对外联系，对于促进珠海市经济发展，完善珠海市道路网，改善项目沿线居民的出行条件，发展横琴岛旅游资源，实施横琴、保税区、洪湾片区一体化发展规划均起到积极的作用。因此，项目建设与横琴新区的社会经济发展相适应。

#### 9.8.1.2 项目选址与自然环境条件的适宜性

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

场地内的风化岩层较厚且裂隙发育，但未见明显断裂构造迹象，场地属构造基本稳定区。区域内无影响工程场地稳定性的不良地质存在，工程地质条件尚可，适宜进行公路工程的建设。本工程沿线分布软弱淤泥层，施工前进行软基处理，可避免发生震陷。

因此，本项目选址气候及光照条件良好，场地稳定性较好，自然环境条件适宜本项目工程的建设。

#### 9.8.1.3 项目选址与区域生态环境的适宜性

本工程水上段疏浚和软基处理将不可避免的对区域生态系统造成一定的不利影响。本工程生态影响包括直接影响和间接影响两个方面。直接影响主要限定在疏浚和软基处理范围之内，将直接破坏底栖生物生境，改变底栖生物栖息地；间接影响则是由于疏浚和软基处理致使施工的局部水域悬浮物增加对区域海洋生物造成危害，施工行动的干扰等等。通过前面章节的分析，水域疏浚造成游泳生物 2.65kg，鱼卵  $8.44 \times 10^5$  粒，仔鱼  $5.67 \times 10^5$  尾受损；水下打桩造成游泳生物 22.72kg，鱼卵  $7.78 \times 10^6$  粒，仔鱼  $5.22 \times 10^6$  尾受损。随着疏浚和软基处理作业结束，工程范围内生境将重新恢复。建议工程建设单位采取贝类底播增殖和鱼类增殖放流等方式进行生态资源补偿。工程在采取一定补偿措施以及环保措施的条件

下，可减轻对生态环境的影响。

#### 9.8.1.4 项目选址与区域海洋产业发展的适宜性

根据横琴新区 2019 年工作计划，横琴新区坚定不移贯彻新发展理念，坚定不移推动高质量发展，以粤港澳大湾区建设为纲，以政策创新、项目建设为抓手，主动担当、认真履职、埋头苦干，全力推进重大项目建设，确保重要节点工作顺利完成。落实珠海市《优化政府投资项目前期管理加快项目审批工作方案》，加强前期管理，精简审批环节、提高审批效率，推动杧洲隧道、综合服务区学校、珠海市人民医院横琴分院（一期）等一批政府投资项目加快建设。认真履行一体化指挥部统筹发展工作组（办公室）职责，切实做好各项工作。加快推动南湾大道改造工程（横琴大桥至红东互通段）、洪湾片区道路整治和环境提升工程等一批道路和市政基础设施项目，推动一体化区域尽快形成大开发大建设局面。

本项目位于一体化区域的西部，是一体化西部连接一河两岸的最便捷通道，项目的建设有利于优化基础设施建设，推进一体化区域建设，加快打造城市新中心。因此，项目用海与区域的海洋产业发展现状和趋势相协调。

#### 9.8.2 平面布置的合理性

本工程隧道线位是在《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》中线位基础上实施的，根据隧道两岸接线方案的，工程设计初期考虑了 3 个平面布置方案。

##### （1）起、终点方案

项目起点，根据一体化路网规划，在南湾片区可作为通道接线道路有，环港东路、港纵五路、港纵四路。线位分别为线位 1、2、3，与洪湾大道交叉处作为起点，存在三个起点。



图 7.1.6-1 起点示意图

项目终点，规划在横琴新区可作为通道接线道路有，琴海北路、厚朴街、琴海西路。线位分别为 B 线、C 线、X 线，分别为琴海北路与百合路交叉口、厚朴街与胜洲九路交叉口、琴海西路与胜洲十二路交叉作为终点，是可能的三个终点。



图 7.1.6-2 终点示意图

## (2) 方案比较

### 1) 项目起点方案比较分析

①接线道路红线宽度及等级，线位 1=线位 3>线位 2；

②南北贯通性，线位 1>线位 3>线位 2；

③路网布局位置及服务功能：本通道南湾片区主要服务洪湾组团、临山居住组团，相对洪湾组团、临山居住组团路网布局位置，线位 1 偏东，线位 2 居中，

线位 3 偏西。线位 2 虽居中，但南北贯通性较差，线位 1 偏东（非单边服务），不仅能服务洪湾组团、临山居住组团，另外还能兼顾港口码头仓储区域以及部分保税区（尤其是洪湾通道没有建成前）。在交通功能方面，线位 1 > 线位 2 > 线位 3。

经综合比较，北岸接线线位 1 明显更优。

## 2) 项目终点方案比较分析

①分析结论，南岸接线 X 线在南北贯通性，交通功能方面均较差，重点比较 B 线、C 线。

②综合比较道路条件和线路的连通性，接线 B 连通性更优，而接线 C 道路条件更佳，与公交通道走向一致。

③根据横琴及周边一体化轨道交通线网规划研究（征求意见稿），B 线横琴岸沿琴海北路，与轨道规划无干扰，C 线横琴岸沿厚朴道与轨道规划方案一 3 号线、方案三 5 号线在厚朴道与杧洲隧道并行。

④B 线、C 线明挖隧道均位于防洪堤内，防洪堤防洪标准 100 年一遇。B 线隧道横琴岸沿琴海北路，紧邻马骝洲水道对防洪要求更高，而 C 线沿厚朴道，距离河岸较远。

经综合比较，南岸接线线位 C 线方案较优。

## 3) 项目隧道线位综合比选

经分析比较，南湾片区推荐环港东路（线位 1），横琴新区推荐厚朴街（C 线），从而组成本项目的推荐线位，基本走向为：起于南湾片区洪湾大道与环港东路交叉处，自北向南沿环港东路，穿马骝洲水道至横琴新区，沿厚朴街，止于胜洲九路与厚朴道交叉处。

综上，本项目隧道线位是根据贯通性、路网布局位置及服务功能、路网流量、轨道规划和防洪要求等多方面比选而确定的，推荐线位的盾构涉海长度最短；且隧道单层双管设计方案，也最大程度的减少了用海面积。充分体现了集约、节约用海的原则。总体来看，项目的平面布置是合理的。

## 10 环境影响经济损益分析

### 10.1 环境保护设施和对策措施的费用估算

为了加强建设项目的环境管理，防止环境污染，减轻或防止环境质量下降，根据国家环境保护法律、法规的规定，建设项目应执行环境保护“三同时”制度，即环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

本工程环保设施营运后，年环保费用主要是废水、废气排污处理费用、生活垃圾处置、噪声控制费用、环保设备维修管理费、绿化工程管理费、管理监测机构人员的工资奖金等，现参照国内同类规模项目年环保费用开支情况。

根据当前的市场经济，估算本次评价所提出的各项污染防治措施实施的环境保护设备和环境保护投资费用约为 612.92 万元，项目总投资约 294626.55 万元，环保投资占总投资的 0.21%。详见表 10.1-1。

表 10.1-1 环保投资估算表

类别	环保措施		环保投资（万元）
第一部分 环境污染治理			
声环境污染治理	施工期	采用低噪声设备	20
	运营期	绿化（环评增加部分）、合理布局、通风隔声窗	330
环境空气污染治理	施工期	设置围挡，配备洒水车、篷车等	20
地表水污染环境治理	施工期	车辆清洗、施工废水：设置隔油池与沉淀池，生态厕所，设土工布围栏；物料堆放：配备草包篷布，挖设明沟等	80
第二部分 生态环境保护			
施工期水保措施及绿化工程	设临时排水沟，沉沙池，集水井，土沙袋挡墙，洗车池，彩条布；乔木、灌木、草皮、爬藤等		30
海洋生态补偿	增殖放流、资源养护与管理、生态环境跟踪调查等		112.92
第三部分 环境风险防范			
危险化学品运输事故防范措施	防撞栏、排水沟、警示标示、其他措施		20
合计			612.92

## 10.2 环境保护的经济损益分析

### (1) 环境直接、间接经济损失分析

环境经济损失是指采取相应环保措施后，工程项目仍然可能造成的环境损失，对于本工程建设项目来说，隧道工程对环境的主要影响因素有：自然风景破坏、噪声、水质等。但是，通过合理的设计和施工安排，可以尽量减少隧道建设对自然环境的破坏；而且在隧道建设完成后，会在出入口形成新的外观优美、安全舒适的景观。

### (2) 环境直接、间接经济收益分析

环境经济收益是指在采取环境保护措施后所得到的直接和间接效益。直接效益为资源、能源的回收利用所产生的收益；间接效益为由于污染物的适当排出所削减的环境经济损失。对本建设工程来说，环境经济效益只由间接效益组成。

本项目为海底隧道工程，经过多方案比选，采用了对环境影响较小的盾构施工工艺。工程建成运营期完全在海床以下，设有专用污水收集管道及提升设施，废水均回收后经市政污水厂处理后达标排放，敞开段初期雨水经收集后进入市政雨水管网，不会直接对海洋环境产生不利影响；但工程在施工期会对周边环境造成暂时性损害，但会通过生态修复措施进行环境修复，在工程完成后，采取异地保护、本区恢复等方式，对工程建设造成的直接环境损失进行补偿。总之，本项目在施工工艺、设备选用、原辅材料与能源消耗、废物回收及处理等方面都能符合清洁生产的要求，环境协调性较好。根据本报告前述章节的相关分析可知，在不采取任何环保措施的情况下，工程环境污染的范围和程度将成倍增大，资源的损失和环境污染损失也同样以倍数增加；在采取环境保护措施后，可以使建设工程产生的环境影响被控制在最小范围和最低程度，进而也能在一定程度上减少资源的损失。可见，建设工程污染防治措施的环境经济效益还是比较明显的。

## 10.3 环境保护的技术经济合理性

本工程建成后，有利于珠海市继续发挥粤港澳大湾区战略特区位置优势，可以较好的改善横琴新区与洪湾片区、珠海市区的交通环境，同时也可加快周边用地的开发，符合横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化区域的发展需要，利

于新区的社会经济发展。对完善一体化区域交通状况具有十分显著的作用，对加快洪湾片区开发，完善区域道路网络，提高一体化道路服务水平，改善居民出行条件，有着重大的意义。为当地居民的生活提供巨大的便利，同时配合区域配套设施的建设形成一个统一、协调、优雅、全面的生活共同体，对改善居民生活条件、提高居民生活质量有着重大的作用。因此，项目的社会、经济效益良好。

同时，本工程的施工建设和营运会给项目所在海域环境带来一定负面的影响，因此，为了将环境影响减少到最小程度，必须实施环境保护措施，投入必要的环保建设费用和运行费用。根据估算环保投资费用约为 612.92 万元，约占工程总投资的 0.21%。

项目所在海域的属性发生改变，并由此带来一定的经济损失，但是，与本工程带来社会效益比较而言，这些由环境影响造成的经济损失是可以接受的。同时，在项目施工建设和将来营运生产中，建设单位也将采取一定的环境保护措施来降低环境污染，实现清洁生产，努力将环境影响控制在最小范围和最低程度。这些污染防治办法与环境保护措施在经济上是合理的、可行的。

## 11 环境管理与监测计划

### 11.1 环境保护管理计划

#### 11.1.1 环境管理体系

为了做好项目建设过程中的环境保护工作,减轻本项目外排污染物对环境的影响程度,建设单位及本项目施工单位应高度重视环境保护工作,制定相应的污染防治和保护措施,明确环境管理程序,建立环境监督机制,建议成立相应机构进行环境保护管理。

在项目建设期和营运期,相关的环境管理体系包括:建设单位和施工单位的环境管理机构、环境保护监督机构、施工期环境监理机构和环境监测机构(图11.1-1)。

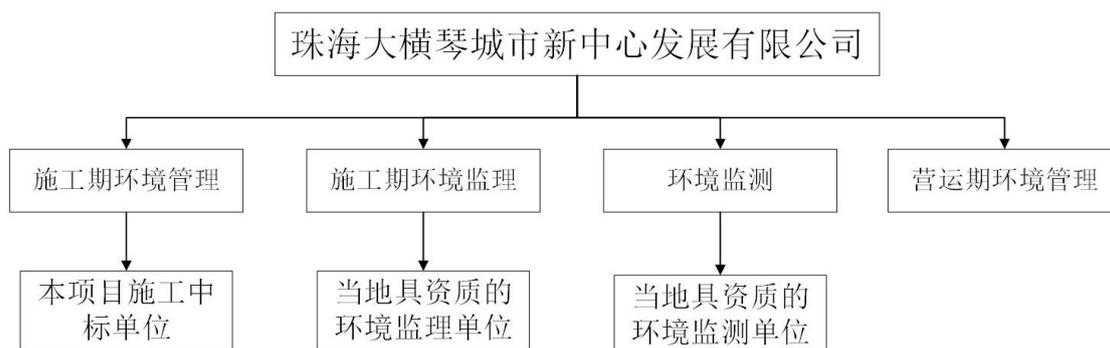


图 11.1-1 本项目环境管理体系图

#### 1、项目环境管理机构

##### (1) 建设单位环境管理机构

本项目的环境保护工作由建设单位——珠海大横琴城市新中心发展有限公司负责,其工作内容包括制定相应的污染防治和保护措施,明确环境管理程序,建立环境监督机制,成立专门机构进行环境保护管理,并委托具有资质的单位进行项目的施工环境监理和施工期间的环境监测。

为了有效保护项目所在区域的环境质量,切实保证本报告提出各项施工期环境保护措施的落实,针对本项目的建设施工,建设单位应成立专门小组,负责监督施工单位对各项环境保护措施的落实,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保措施的能力作为项目施工单位

中标考虑的因素，将需要落实的环境保护措施列入与施工单位签署的合同中，并且配合生态环境主管部门对项目施工实施监督、管理和指导。

建设单位的环境管理机构职责为：

①与环境主管部门保持密切联系，及时了解国家、地方与本工程项目有关的环境保护法律、法规和其它要求，及时向生态环境主管部门反映与项目施工有关的污染因素、存在的问题、采取的污染控制对策等，听取主管部门的意见和建议，配合主管部门贯彻各项环保政策和法规。

②及时将国家、地方与本项目环境保护有关的法律、法规和其它要求向施工单位负责人介绍，及时向施工单位有关机构、人员进行通报，组织施工人员进行环保教育和技术培训，提高施工及环保人员的环境意识和专业水平。

③根据本报告提出的各项环保措施，编制详细的施工期环保措施落实计划，明确各施工工序的施工场地位置、环境影响、环境保护措施、落实责任机构（人）等，并将该环境保护计划以书面形式发放给相关人员，以便于各项措施的落实；制定并组织实施环境监测计划。

④负责制定、落实和监督执行有关环保管理规章制度，负责实施环境保护控制措施，管理污染防治设施；对施工期配备的防污设施进行检查，建立资料档案，为今后改进防污设施的工艺技术提供依据。

⑤除执行建设及施工单位主管领导的各项有关环保工作的指令外，还应接受当地生态环境主管部门的检查监督，定期和不定期地上报各项环保管理工作的执行情况，为区域环境整体控制服务。

⑥协调工程及周边区域内有关部门和区外有关单位在环境保护方面的工作。

## **（2）施工单位环境管理机构**

施工单位应设立内部环境保护管理机构，主要由施工单位主要负责人及专业技术人员组成，专门负责环境保护工作。实行定岗定员，岗位责任制，负责各个施工工序的环境保护管理，保证施工期环保设施的正常运行，各项环境保护措施的落实。

施工单位应建立完善的环境管理体系，健全内部环境管理制度，加强日常环境管理工作，对整个施工过程实施全程环境管理，杜绝施工过程中的污染工序和污染事故的发生。

加强项目施工过程中的环境管理制度，根据本报告中提出的环境保护措施和

对策，项目施工单位应制定切实可行的环境保护行动计划，将环境保护措施分解落实到具体机构（人）；做好环境教育和宣传工作，提高各级施工管理人员和具体施工人员的环境保护意识，加强员工对环境污染防治的责任心，自觉遵守和执行各项环境保护的规章制度，定期对环境保护设施进行维护和保养，确保环境保护设施的正常运行，防止污染事故的发生。

## 2、环境保护监督机构

本工程生态环境保护监督机构为珠海市生态环境保护部门，上级环境主管机构为广东省生态环境厅。

## 3、环境监理单位

工程施工应实行环境监理制度，环境监理应由具有环境监理资质的单位完成。监理工程师必须接受必要的环境知识、工程监理知识的培训，按照保证工程质量和环保要求对项目进行全面质量监理。

## 4、环境监测机构

环境监测工作需要委托有相关资质的环境监测部门或环保监测站承担，由建设单位的环保机构监督执行，同时报送当地生态环境主管部门备案。

### 11.1.2 环境监理计划

环境监理是工程（建设）监理的派生分支，着重工程建设中环境的保护，是工程建设中环境保护的重要内容，也是工程监理的重要组成部分，同时又具有相对社会化和专业化的独立性。

实施环境监理的目的是使施工现场的环境监督、管理责任分明，目标明确，并贯穿于整个工程实施过程中，从而保证环境保护设计中各项环境保护措施能够顺利实施，保证施工合同中有关环境保护的合同条款切实得到落实。

工程施工阶段的监理任务包括：管理，即有关监督、环境、质量和信息的收集、分类、处理、反馈及储存的管理；协调，即对业主和承包商之间、业主与设计单位之间，及工程建设各部门之间的协调组织工作；控制，即质量、进度、投资控制。

环境监理应由具有环境监理资质的单位完成，本工程施工期环境监理计划为：

施工期的环保措施是否落实到位。受委托的监测单位是否按环境监测计划实

施日常监测，污染事故发生的临时环境监测和污染事故的处理工作。根据施工期环境监测结果是否达标，及时调整施工进度和计划，加强环保措施的落实等。

## 11.2 环境监测计划

根据《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》要求，为了及时了解和掌握建设项目在其施工期对海水水质、海底沉积物和海洋生物生态的影响，以便对可能产生明显环境影响的关键环节事先制度性监测，使可能造成环境影响的因素得以及时发现，需要对建设项目施工对海洋环境产生的影响进行跟踪监测。

结合工程施工特点和项目周围的环境敏感目标，提出以下施工期间海洋环境监测方案。

### 11.2.1 施工期环境监测

#### 11.2.1.1 海洋环境监测

##### (1) 监测内容

施工期主要选择在本项目施工区域附近海域进行水环境和生态环境常规监测，同时为了最大限度降低施工期使用海域带来的风险，还需对施工过程中况的动态变化进行必要监测，对潜在风险进行防范。

##### 1) 常规监测内容

水质环境：水深、pH、COD、SS、无机氮、活性磷酸盐和石油类共 7 个项目

沉积物：Cu、Pb、Cd、石油类；

海洋生物监测因子为：叶绿素 a 及初级生产力、浮游动物、浮游植物、底栖生物等。

##### 2) 动态监测内容

工程建设过程工作面沉降监测；

施工期堤岸变形及周边码头区域稳定性监测；

工程上下游海底地形。

##### (2) 监测站位

常规监测站位设置为 4 个（详见图 11.2-1）（监测过程中可根据具体情况进行调整），动态监测站位根据实际施工情况设置。

常规监测站位坐标见表 11.2-1。

表 11.2-1 监测站位坐标

站号	坐标		内容
	东经	北纬	
Z1	113.4493	22.1654	水质
Z2	113.4499	22.1618	水质
Z3	113.4529	22.1632	水质、沉积物、生物生态
Z4	113.4525	22.1601	水质

### (3) 监测时间与频率

根据施工期性质和施工现状，拟定洪、枯季选择大、小潮各一次。在工程完成后，进行一次后评估监测，对水质、海洋初级生产力分别做大、小潮二次采样；沉积物、浮游生物、底栖生物和残毒等不分潮时作一次采样。

动态监测内容根据实际施工进度和工作面调整。

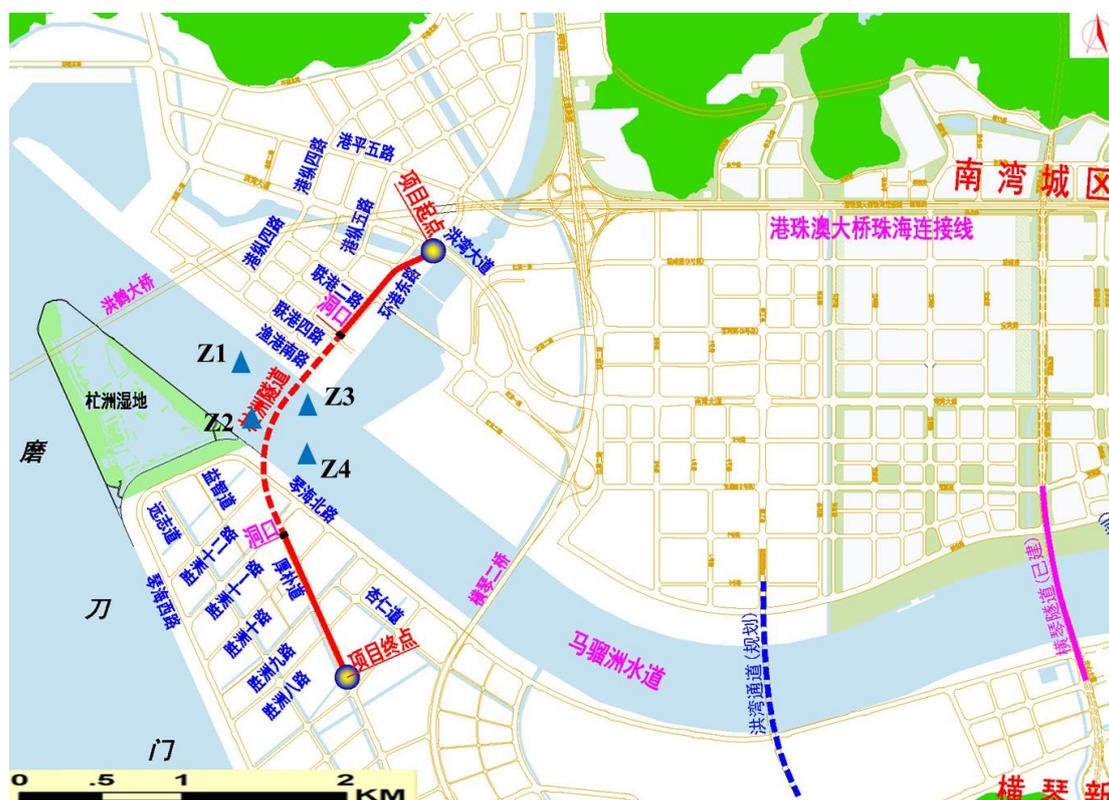


图 11.2-1 施工期监测站位图

### 11.2.1.2 陆域环境监测

施工期陆域环境监测内容为环境噪声、环境空气等，施工期环境监测计划如下：

#### ① 环境空气监测

监测项目：TSP

监测点位：南岸施工营地、北岸施工营地

监测时间与频率：每季度1次

②环境噪声监测

监测项目：噪声

监测点位：南岸施工营地、北岸施工营地

监测时间与频率：每季度1次

### 11.2.2运营期动态监测

1、水深地形监测

监测项目：工程上下游海底水深、地形。

监测频次：1次/3~5年。

### 11.2.3监测资料建档及报告提交

承担监测的单位应认真分析监测数据，发现异常及时向上级主管部门汇报，以便采取相应的补充环保对策措施。并加强监测数据的管理，全部监测数据报项目建设部门存档备案，作为项目环境保护竣工验收的重要资料。

(1) 施工期每月向上级主管部门提交环境监察审核报告一份。报告书应对当月监察与审核情况进行评估和总结，并做下一个月的监察计划和监测程序。运营期每三年向上级主管部门提交环境跟踪监测报告一份。

(2) 日常委托监测分析按化验室质量控制技术进行，对原始记录及相关资料应完整保留备查。

(3) 及时整理汇总监测资料，反馈通报，建立良好的信息系统，定期总结。

(4) 环境管理与监测情况应随时接受生态环境主管部门的检查和监督。

### 11.3环境管理和监测计划的可行性与时效性分析

完备的环境保护管理机构设置、完善的环境管理制度是落实各项环保措施的基本保证。施工期的海洋水质监测，可以及时地反映工程施工引起的海洋环境质量变化，有效地指导施工期的环境保护管理。施工期期间海洋水质环境、生态环境的监测，可以反映工程施工引起的海洋环境质量变化。施工结束后三年内每年1次的海洋环境监测，可以基本反映工程区域海洋环境质量的变化趋势。

从监测站位布设、监测项目设置、监测时段和监测频率分析，本工程区域水环境质量、海洋生态环境和水文动力与冲淤环境监测计划是可行的，且具有很强的实效性。

## 12 环境影响评价结论

### 12.1 工程分析结论

本工程位于横琴一体化区域，项目北岸接环港东路与洪湾大道交叉口、南岸接厚朴道，道路等级为城市主干道，设计速度 60km/h，以左线计路线全长约 2994.449m，采用单层双管盾构隧道方案，盾构外径 14.5m，以左线主线隧道长度 1995m（含敞口段），其中盾构段长 945m，主线明挖暗埋段长 675m，主线敞口段长 323m，匝道明挖暗埋段长 64m，敞口段长 155m。北岸接线段长度（起点至渔港南路）为 954.505m，南岸接线段长度（胜洲十一路至终点）为 1001.465m。工程内容主要包括隧道工程、接线道路工程及相关附属工程等。

工程总投资额为 294626.55 万元，其中环保投资约 612.92 万元，占总投资的 0.21%。总体工期安排为 42 个月。

施工期盾构施工段的隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，参考相关研究成果，海底隧道施工期通过严格控制施工质量，密切监测，能够有效防止隧道掘进过程海床过渡隆起或塌陷，对海底地形地貌和潮流动力条件不会造成较大改变。经分析，施工期主要污染源包括：①隧道软基处理段水域疏浚和打桩作业产生的悬浮沙；②作业船舶产生的机舱油污水以及临时施工场地生产废水和人员生活污水；③施工场地扬尘和机械设备、运输车辆产生的扬尘、汽车尾气和机械烟气；④施工机械设备运转噪声和人员活动噪声；⑤隧道掘进弃土弃渣、废弃泥浆等。水域疏浚悬浮沙源强为 11.52kg/s（8m<sup>3</sup> 两栖抓斗船），打桩施工悬浮沙源强为 1.61kg/s；作业船舶机舱油污水产生量约 215m<sup>3</sup>/d，施工高峰期生活污水产生量为 43.2m<sup>3</sup>/d；隧道明挖段、工作井和盾构段产生渣土 61.63 万 m<sup>3</sup>，疏浚土方量 2.2 万 m<sup>3</sup>，废弃泥浆量约 608706.42m<sup>3</sup>；施工期间生活垃圾产生量为 0.2t/d，总共约 216t。

施工期接线道路工程：①废气污染源主要是施工扬尘、施工机械及运输车辆的尾气、沥青烟气；②废水污染源施工人员产生的生活污水和施工废水。③噪声污染源主要为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声；④固废污染源主要是废弃土石方和建筑垃圾。⑤对生态环境影响为路面填挖土石方、取土（石）及临时占地将使沿线的人工植被遭到一定程度的破坏；工程取土、填土、临时堆土等裸

露表面被雨水冲刷后造成的水土流失对城市生态景观的影响。经核算，沥青烟气的源强为  $0.16 \text{ mg/m}^3$ ，生活污水为  $907.2\text{t}$ ，生产废水为  $1620\text{t}$ ，废弃土石方约  $1.1 \text{ 万 m}^3$ ，建筑垃圾约  $6.59\text{t}$ 。

运营期海底隧道本身不产生污染物，主要的污染源：①隧道冲洗水、结构渗水、初期雨水；②管理用房工作人员日常办公期间产生的生活污水；③管理用房工作人员生活垃圾等。经核算，隧道冲洗水产生量约为  $3650\text{m}^3/\text{a}$ ，隧道结构渗水  $1.5\text{m}^3/\text{d}$ ，初期雨水（敞开段） $1107.6\text{m}^3/\text{次}$ ；管理人员生活污水产生量约  $3\text{m}^3/\text{d}$ ，生活垃圾产生量约  $15\text{kg}/\text{d}$ 。

运营期接线道路工程：①主要废水污染源路面雨水；②废气污染源为车辆运行中汽车尾气的排放和扬尘；噪声污染源为交通噪声；③固废污染源主要为道路两侧绿化植物的腐败物和部分过往车辆的散落物。经核算，汽车尾气排放量昼间  $\text{CO}: 0.241\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 0.69\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 、 $\text{NOx}: 0.138\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 0.43\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})$  夜间  $\text{CO}: 0.04\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 0.15\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 、 $\text{NOx}: 0.023\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 0.1\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ；噪声昼间  $70.0\sim 75.1 \text{ dB (A)}$ 、夜间  $62.2\sim 68.6 \text{ dB (A)}$ 。

## 12.2 环境现状分析与评价结论

### 12.2.1 海水水质现状

本次委托深圳中检联检测有限公司于 2019 年 9 月在马骝洲水道及磨刀门海域开展了海水水质调查，此外收集到深圳中检联检测有限公司于 2018 年 3 月在磨刀门海域及横琴岛南部开展的海洋水质调查资料。调查内容包括水温、盐度、pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、锌、镉、总汞、砷。

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》、《广东省近岸海域环境功能区划》，按照就高不就低的原则，确定各站位评价标准，采用标准指数法对水质现状进行评价。评价结果显示：

2018 年 3 月调查期间，执行二类水质标准的调查站位，pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、总汞、铜、铅、锌、镉、硫化物、砷、无机氮、无机磷均符合海水水质二类标准；执行一类水质标准的调查站位，100% 站位的无机氮和 75% 的站位无机磷含量超海水水质第一类标准，但符合二类海水水质标准，其他评价指标均符合一类海水水质标准。

2019年9月调查期间，执行三类水质标准的调查站位，所有评价指标均符合海水水质三类标准；执行二类水质标准的调查站位（共4个），3个站位的无机氮超标，2个站位的pH超标，1个站位的石油类超标，但pH、石油类均符合第三类水质标准。

### 12.2.2 海洋沉积物质量现状

本次委托深圳中检联检测有限公司于2019年9月在马骝洲水道及磨刀门海域开展了海洋沉积物调查，此外收集到深圳中检联检测有限公司于2017年11月在横琴岛南部开展的海洋沉积物质量调查资料。调查内容包括石油类、有机碳、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷。

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》确定各站位评价标准，采用标准指数法对海洋沉积物质量现状进行评价。评价结果显示：

2017年11月调查期间，执行一类、二类海洋沉积物质量标准的调查站位，各项沉积物评价因子均能够满足相应功能区环境质量标准要求；海洋沉积物质量执行维持现状的调查站位，沉积物质量能够满足一类沉积物标准要求。

2019年9月调查期间，执行三类海洋沉积物质量标准的调查站位，各项沉积物评价因子均能够满足海洋沉积物质量三类标准要求；海洋沉积物质量执行维持现状的调查站位，铅、锌、镉、砷、有机碳、硫化物能够满足一类沉积物质量标准要求，铜、总汞、石油类能够满足二类沉积物质量标准要求。

工程海域沉积物质量总体良好。

### 12.2.3 海洋生态环境现状

#### （1）叶绿素 a 和初级生产力

春季调查表层叶绿素 a 含量变化范围为 1.36~4.07mg/m<sup>3</sup>，平均含量为 2.98mg/m<sup>3</sup>，初级生产力水平的变化范围为 41.97~679.30mgC/m<sup>2</sup>·d，平均值为 274.39mgC/m<sup>2</sup>·d。

秋季调查表层叶绿素 a 含量变化范围为 6.79~9.03 mg/m<sup>3</sup>，平均含量为 7.60 mg/m<sup>3</sup>，初级生产力水平的变化范围为 91.95~275.14 mg·C/m<sup>2</sup>·d，平均值为 189.99 mg·C/m<sup>2</sup>·d。

#### （2）浮游植物

春季调查期间，采集到的浮游植物经鉴定有 4 门 43 属 90 种。浮游植物平均

细胞密度为  $2490.74 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。各测站种类多样性指数平均值为 2.89，均匀度指数平均值为 0.511，丰富度指数平均值为 3.22。总体来看，调查期间该海域春季浮游植物的种类较为丰富，均匀度指数偏低。

秋季调查期间，采集到的浮游植物经鉴定有 4 门 47 属 88 种，浮游植物细胞密度平均值为  $105.17 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 。各测站种类多样性指数平均值为 1.961，种类均匀度指数平均值为 0.396，丰富度指数平均值为 2.561。总体来看，调查期间该海域秋季浮游植物种类较多，种间分布不均匀。

### (3) 浮游动物

春季调查期间，采集到的浮游动物共鉴定出终生浮游动物 68 种和阶段性浮游幼体 10 类。浮游动物的优势种较多。浮游动物平均生物量为  $20.79 \text{ mg/m}^3$ ，平均丰度为  $3746.23 \text{ ind/m}^3$ ，种类多样性指数平均值为 3.61，均匀度指数平均值为 0.707，丰富度指数平均值为 3.05。总体来看，调查期间该海域浮游动物的种类多样性指数、均匀度均处于较高水平，群落结构处于比较稳定的状态。

秋季调查期间，采集到的浮游动物共鉴定出浮游动物 32 种和浮游幼体 7 类。浮游动物平均生物量为  $568.92 \text{ mg/m}^3$ ，平均丰度为  $15186.7 \text{ ind/m}^3$ 。多样性指数平均值为 1.847；均匀度指数平均值为 0.472；丰富度指数平均值为 1.221。总体来看，调查期间该海域浮游动物的种类多样性指数、均匀度、丰富度基本处于偏低水平，群落结构处于较不稳定的状态。

### (4) 底栖生物

春季调查期间，采集到的底栖生物经鉴定共 5 大门类 36 种。底栖生物的总平均生物量为  $3.20 \text{ g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $149.98 \text{ ind/m}^2$ 。总体来看，调查海域底栖生物群落种类多样性处于较中高等水平，分布较均匀，群落结构比较稳定。

秋季调查期间，采集到的底栖生物经鉴定共 4 大门类 15 种。底栖生物的总平均生物量为  $0.89 \text{ g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $209.3 \text{ ind/m}^2$ 。总体来看，调查海域底栖生物群落分布较均匀，种类多样性处于偏低水平，群落结构稳定性较弱。

### (5) 潮间带生物

2018 年 3 月调查期间，采集到的潮间带生物经鉴定共 5 大门类 17 种，优势种有短角双眼钩虾、双齿相手蟹和钩虾科。潮间带生物平均生物量为  $24.65 \text{ g/m}^2$ ，平均栖息密度为  $245 \text{ ind/m}^2$ ，生物栖息密度和生物量水平分布不均匀，垂直分布也有一定差异。

2017年11月调查期间,采集到的潮间带生物经鉴定共6大门类39种,优势种有溪沙蚕、疣吻沙蚕、短沟蠕、光滑河蓝蛤、滩拟猛钩虾、无齿相手蟹和褶痕相手蟹。潮间带生物平均生物量为 $2.89\text{g}/\text{m}^2$ ,平均栖息密度为 $27.23\text{ind}/\text{m}^2$ ,生物栖息密度和生物量水平分布不均匀,垂直分布也有一定差异。

## 12.2.4 海洋渔业资源现状

### (1) 鱼卵仔稚鱼

春季调查期间,共鉴定出鱼卵和仔稚鱼12类,其中,鱼卵7种,仔稚鱼6种。各调查站水平拖网捕获鱼卵的数量在65~1830粒/网之间,平均值为1246.38粒/网。垂直拖网捕获鱼卵的密度在 $2.94\sim 72.50$ 粒/ $\text{m}^3$ 之间,平均值为19.59粒/ $\text{m}^3$ 。各调查站水平拖网捕获的仔稚鱼的数量在0~3尾/网之间,平均值为0.38尾/网。垂直拖网捕获的仔稚鱼的密度在 $0\sim 3$ 尾/ $\text{m}^3$ 之间,平均值为0.40尾/ $\text{m}^3$ 。总体而言,调查海域各类仔稚鱼的密度均较低。

秋季调查期间,共鉴定出鱼卵和仔稚鱼9种,其中,鱼卵5种,仔稚鱼6种。各调查站水平拖网捕获鱼卵的数量在2.5~35.5粒/网之间,平均值为14.1粒/网。垂直拖网捕获鱼卵的密度在 $0.00\sim 5.00$ 粒/ $\text{m}^3$ 之间,平均值为2.07粒/ $\text{m}^3$ 。各调查站水平拖网捕获的仔稚鱼在27.0~928.0尾/网之间,平均值为307.2尾/网。垂直拖网捕获的仔鱼的密度在 $0.00\sim 4.38$ 尾/ $\text{m}^3$ 之间,平均值为1.39尾/ $\text{m}^3$ 。

### (2) 游泳生物

春季调查期间,调查海区共捕获游泳生物73种,隶属12目37科。其中,鱼类44种,隶属8目27科;甲壳类27种,隶属2目8科;头足类2种,隶属2目2科。短吻蝠为整个调查海域的唯一优势种。调查海区游泳生物的总重量密度范围为 $(28.1\sim 808.0)$   $\text{kg}/\text{km}^2$ ,尾数密度范围为 $(37\sim 412)\times 10^2$   $\text{ind}/\text{km}^2$ 。游泳生物渔获率的变化范围为 $(0.616\sim 15.712)$   $\text{kg}/\text{h}$ ,平均值为5.959  $\text{kg}/\text{h}$ ,尾数渔获率的变化范围为 $(80\sim 826)$   $\text{ind}/\text{h}$ ,平均值为330.8  $\text{ind}/\text{h}$ 。

秋季调查期间,调查海区共捕获游泳生物27种,隶属7目19科25属。其中,鱼类19种,隶属6目14科;甲壳类8种,隶属1目5科。调查海区游泳生物的总重量密度范围为 $(87.494\sim 356.064)$   $\text{kg}/\text{km}^2$ ,平均为167.359  $\text{kg}/\text{km}^2$ ,尾数密度范围为 $(11147.5\sim 27177.8)$   $\text{ind}/\text{km}^2$ ,平均值为17254.2  $\text{ind}/\text{km}^2$ 。游泳生物渔获率的变化范围为 $(1.005\sim 3.957)$   $\text{kg}/\text{h}$ ,平均值为1.885  $\text{kg}/\text{h}$ ,尾数渔获率的变化范围为 $(128.0\sim 302.0)$   $\text{ind}/\text{h}$ ,平均值为194.8  $\text{ind}/\text{h}$ 。

### 12.2.5 环境空气质量现状

根据《2019年珠海市环境质量状况》可知，珠海市2019年度环境空气质量数据中，NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>年平均质量浓度和CO<sub>95</sub>百分位数日平均质量浓度可达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准，O<sub>3</sub><sub>90</sub>百分位数日最大8小时平均质量浓度尚未达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中二级标准的要求。

### 12.2.6 声环境质量现状

本项目建设区域环境噪声部分未达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。主要是由于本项目距离附近施工场地较近，受到过往车辆及施工器械噪声影响所致。

## 12.3 环境影响预测分析与评价结论

### 12.3.1 水文动力环境影响分析

本工程涉海构筑物主要是海底隧道部分，隧道采用盾构隧道方式穿越马骝洲水道，隧道两侧工作井距离海堤均有一定距离，海中段隧道最小埋深8.18m，最大埋深17.8m，不占用马骝洲水道水体自然流动空间，对工程区附近大范围海域的潮流动力条件基本无影响。

### 12.3.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

盾构隧道施工对海床存在轻微的扰动影响，在隧道盾构掘进过程中，掘进工作面上方海床处可能发生呈现略微隆起-沉降的变化过程，参考同类工程施工监测结果，基本可以初步判断盾构隧道施工对海床扰动在可接受范围内。但考虑到盾构掘进引起的地层原始应力状态的改变与施工条件和技术密切相关，本报告要求隧道掘进过程中对海床隆沉进行密切监测，防止因海床过渡隆起或塌陷对海底地形地貌造成较大改变。

### 12.3.3 海水水质环境影响分析

#### （1）施工期海水水质影响分析

工程施工期对海水水质的影响主要发生在隧道软基处理过程清淤和打桩作业阶段，该阶段会产生入海悬浮沙和船舶污水。

船舶油污水和生活污水分别收集后,待船舶靠岸后交由有资质单位进行接收处理,不会对海洋环境造成不利影响。

针对隧道软基处理阶段产生的悬浮物,本次采用二维潮流泥沙输运扩散模型进行预测分析,结果显示:清淤疏浚过程中(1个源点)悬浮泥沙增量大于 10mg/L(超 I、II 类海水水质)、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L(超 III 类海水水质)、大于 150mg/L(超 IV 类海水水质)的海域面积最大值分别为 0.640km<sup>2</sup>、0.119km<sup>2</sup>、0.011km<sup>2</sup>、0.005km<sup>2</sup>、0.002km<sup>2</sup>。

打桩过程中悬浮泥沙增量大于 10mg/L(超 I、II 类海水水质)、大于 20mg/L、大于 50mg/L、大于 100mg/L(超 III 类海水水质)、大于 150mg/L(超 IV 类海水水质)的海域面积最大值分别为 0.577km<sup>2</sup>、0.108km<sup>2</sup>、0.006km<sup>2</sup>、0.003km<sup>2</sup>、0.00km<sup>2</sup>。悬浮泥沙在不同方向最远扩散距离分别为:东向 4.51 km、南向 1.71 km、西向 2.13km、北向 1.61km。

#### (2) 运营期海水水质影响分析

工程建成后,隧道主要服务于交通运输服务,隧道本身不产生污染物。隧道冲洗水、结构渗水以及敞开段初期雨污水经水泵排入市政管道,不会对海水水质产生不利影响。

### 12.3.4 沉积物环境影响分析

施工期对海洋沉积物的影响主要发生在隧道掘进和隧道软基处理作业环节。本工程海底隧道施工采用盾构法,对海洋表层沉积物影响不大,隧道掘进过程无其他污染物入海,不会对沉积物环境质量造成影响。隧道软基处理作业时会造成沉积物被搅动后再次沉积,对沉积物环境造成一定干扰。但作业过程中无外来污染物,均为施工扰动海区产生的悬浮物再次沉降,因此对本海区表层沉积物理化性质不会产生明显影响,沉积物质量仍将基本保持现有水平。

项目运营期无污染物产生、排入水体,不会对沉积物质量造成影响。

### 12.3.5 海洋生态环境影响分析

经估算,本工程施工对海洋生态将造成的生物损失量如下:项目涉海施工中水域疏浚侵占底栖生物生境造成底栖生物 15.84kg 受损;水域疏浚施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 2.65kg,鱼卵  $8.44 \times 10^5$  粒,仔鱼  $5.67 \times 10^5$  尾受损。水下打桩

施工产生的悬浮泥沙造成游泳生物 22.72kg，鱼卵  $7.78 \times 10^6$  粒，仔鱼  $5.22 \times 10^6$  尾受损。悬浮泥沙及水域侵占对海洋生物损害按 3 年进行补偿，本工程造成的生态损失总赔偿额为 112.92 万元。

### 12.3.6 陆域环境影响分析

#### (1) 水环境影响分析

陆上施工场地废水污染源主要是生产废水和生活污水。

生产废水主要污染物有 SS、石油类等。施工时在各工区设置沉降池、隔油池，施工机械和车辆的维修和冲洗废水经处理后用作场地抑尘用水，不会对周边环境造成不利影响。盾构作业泥浆定期经专用泥浆运输车运至主管部门制定的纳泥区。

隧道工程高峰期施工人员生活污水产生量为  $43.2\text{m}^3/\text{d}$ ，接线道路工程施工人员生活污水排放量约  $2.52\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水经预处理达到《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段三级标准后，有条件接入市政管网的直接排至南区水质净化厂处理，施工驻地暂未接入市政管网的采用粪车将污水运至南区水质净化厂处理。

综上，项目施工期间陆域施工场地各类污废水均能够得到合理处理，不会对周边水环境造成不利影响。

#### (2) 环境空气影响分析

本工程施工期废气主要是施工场地内扬尘、机械烟气以及车辆运输导致的扬尘和排放的汽车尾气。由于施工场地周边较为空旷，有利于扬尘扩散，同时施工场地周边 200m 范围内无居民居住，且废气排放也是短期的、局部的，施工完成后就会消失，因此，其对大气环境的影响也是有限的。

#### (3) 声环境影响分析

##### 1) 施工期声环境影响

经预测，隧道工程陆上施工场地内除盾构机外，所有施工机械产生的噪声经 40m 后即可衰减至《建筑施工场界环境噪声排放标准》昼间标准要求。考虑到盾构机噪声主要局限在工作井内，工作井位于地面以下，因此盾构机噪声对施工场地地面声环境影响有限；接线道路工程施工场地内噪声出现不同程度超标，施工产生的噪声会对周边环境噪声一定的影响，考虑到设备噪声大多为不连续性的，其影响也是暂时的，随着施工作业结束而消除，且周边 200m 范围声环境敏感

目标，因此对周边声环境是可接受的。

## 2) 运营期声环境影响

经预测，南岸接线道路夜间在 4a 范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 7.52dB，昼间均达标；夜间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 12.52dB；昼间在特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 9.20dB。

北岸接线道路夜间在 4a 范围内特征年 2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 7.73dB，昼间均达标；夜间在 2 类范围内特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 12.73dB；昼间在特征年 2022 年、2032 年和 2042 年均超标，最大超标量为 9.39dB。

## (4) 固体废物环境影响评价

施工过程固体废物包括盾构废弃泥浆、工作井弃土弃渣、接线道路弃方以及施工人员的生活垃圾。盾构泥浆循环利用，废弃泥浆压成泥饼后，就近运到南北两岸场地周边待填区域，实现弃土的资源化利用。盾构工作井及接线道路废弃土方运至管理部门指定的弃渣场处置。施工人员生活垃圾在临时施工场地集中收集后，由环卫部门清运。

运营期固体废物为行人产生的生活垃圾，收集至市政垃圾筒，由环卫部门定期清理。

## (5) 生态环境影响评价

项目施工期道路建设范围内表土和植被将直接被破坏，使开采区范围内的野生动物的生存环境面积受到压缩，可能会导致栖息地隔离或分裂，会对植物和动物群体之间的自然联系产生一定的影响。临时占地范围内的植被也将被破坏。此外，施工场地裸露表面如遭受降雨冲刷后将造成水土流失，对城市生态景观造成不利影响。运营期汽车尾气会对沿线 200m 范围内植被生长造成一定的影响。

工程施工期将采取严防水土流失的相关措施。完工后临建区全面整地及植被恢复，道路红线范围内将建设与路面交通相配套完善路面绿化系统，道路沿线的生态景观将得到提升和完善。随着营运时间的延续，依托道路的绿化带逐步定型、成熟，沿线区域的植物生态系统重新得以构筑，形成了新的群落景观，这对沿线的植物生态系统来说，具有一定的积极意义。

### 12.3.7 对环境敏感目标的影响分析

#### (1) 对沿海水道的影响

本项目海底隧道采用盾构法穿越马骝洲水道，隧道整体结构均位于海床以下，对项目所在和周边海域水上交通运输活动和防洪纳潮功能基本无影响。

此外，施工期间水上作业船舶各类污废水均不向海排放，涉海作业造成的入海悬浮沙在涨落潮流作用下将向上、下游扩散，但施工工期较短，施工结束后短时间内水质即可恢复至背景值水平，不会对磨刀门海域和马骝洲水道造成长期不利影响。

#### (2) 对湿地公园的影响

滨海湿地公园芒洲湿地片区距离隧道南岸出口最近距离约 400 多米，距离施工场地约 550 米，施工过程中场地各类污废水及生产、生活垃圾都将采取污染防治措施，不会对湿地公园内水环境造成污染影响。但施工场地机械设备和运输车辆运转产生的扬尘、机械烟气以及噪声等会对湿地公园内生态环境造成一定的负面影响。通过设置施工围挡、加强运输车辆扬尘管理等污染控制措施和噪声防治措施，工程建设对湿地公园的影响可接受。

隧道运营期，隧道本身不产生污染物，营运期间排污主要是隧道敞开段初期雨水、隧道结构渗水和冲洗水，雨废水泵入市政管网，对芒洲湿地和横琴湿地公园的水质和生态基本无影响。

#### (3) 对红树林的影响

隧道跨越北侧堤岸处至上游洪湾中心渔港沿岸分布有红树林，呈片状零散分布，面积共约 0.6 公顷，隧道北岸盾构工作井位于海堤内约 160m，对红树林生境环境无破坏性影响。隧道软基础处理作业产生的入海悬浮沙主要受落潮流影响，沿着马骝洲水道南岸和磨刀门西岸向下游扩散，未扩散至隧道北岸红树林分布区，不会对红树林的生境条件造成不利影响。

#### (4) 对水源保护区的影响

广昌饮用水水源保护区位于本项目上游，本项目隧道线位距离二级水源保护区边界为 3.2km。项目施工期间 10mg/L 悬浮泥沙增量向上游扩散范围有限，基本局限在马骝洲水道和磨刀门水道下游，未到达广昌饮用水水源保护区范围，因此不会降低该水源保护区的水质。

隧道运营期污染物主要是隧道敞开段初期雨水、隧道结构渗水和冲洗水，废

水排入完全封闭的排水收集系统，也不会对水源保护区内取水造成不利影响。

#### (5) 对水工构筑物的影响

本工程所在及周边海域水工结构物主要有海堤、水闸、跨海桥梁、海底隧道、码头等，工程周边水工构筑物距离隧址区有一定距离，且各水工构筑物均按照一定的抗震设防标准建造，具备抵抗较强外力干扰的能力，施工对各水工构筑物结构安全影响很小。

#### (6) 对重要渔业水域的影响

本项目工程海域位于“幼鱼、幼虾保护区”和“南海北部幼鱼繁育场保护区”。

根据分析，隧道掘进开挖产生的噪声对保护区内鱼类幼体影响很小。此外，隧道南、北岸始发和接收工作井距岸约 160m 以远，作业井内施工噪声传播至马骝洲水道水体也将衰减至较低水平，故工程施工噪声对保护区内幼鱼繁育影响很小。

根据前述分析，隧道软基加固处理时水下清淤和打桩作业将产生入海悬浮泥沙。根据有关研究资料，水体中 SS 浓度大于 100mg/L 时，对幼鱼苗的生长有明显的阻碍，而且可导致死亡。从水质影响预测结果，水域疏浚作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.005km<sup>2</sup>，水下打桩作业悬浮沙大于 100mg/L 的影响面积为 0.003km<sup>2</sup>，影响范围内鱼类幼体将会受到损害。通过采取涉海作业避开幼鱼繁育期，加强隧道掘进设备管理，工作井施工降噪等措施后，能够在一定程度上予以缓解。

## 12.4 环境风险分析与评价结论

本项目施工期环境风险事故包括不良地质状况风险、船舶碰撞风险以及物料泄漏入海风险等。运营期环境风险事故包括交通事故风险、化学危险品泄露风险及各种外在因素导致的灾害事故。

通过风险识别分析，本项目风险事故预测主要考虑施工期船舶碰撞溢油风险，分别对大潮涨潮期和落潮期发生溢油泄漏事故的情况进行计算，并选取当地夏季主导风向、冬季主导风向和不利风向大风风速共 16 种情景进行预测分析。溢油数值预测结果表明，一旦发生溢油事故，即进入幼鱼幼虾保护区和南海北部幼鱼繁育场保护区，溢油抵达红树林的最短时间为 1 小时，抵达广昌泵站饮用水源保护区一级保护区最短时间为 2 小时，抵达广昌泵站饮用水源保护区二级保

护区的最短时间为 1.5 小时。发生溢油事故后若没有任何应对措施，油膜将对周边敏感区造成严重污染。

针对可能发生的各类环境风险事故，建设单位需按本报告要求，采取风险防范措施，依托当地应急力量，深入落实《珠海市船舶污染事故应急预案》。建设单位应在项目开工前，与区域具备溢油应急处置单位充分沟通，确保事故发生时可调用应急资源能够及时响应，则工程环境风险事故可以控制在可接受水平。

## 12.5 环境保护对策措施的合理性、可行性结论

### 12.5.1 施工期环境保护对策措施

#### 1、悬浮物

(1) 合理安排施工整体进度计划，优化调整施工计划，将重点悬浮沙产生作业环节尽量安排在风浪相对小、潮流相对弱等不利于悬沙扩散的潮期内；(2) 优化施工工艺，优先环境影响较小的设备，有条件时对施工场地设置围堰措施；(3) 恶劣天气停止作业；(4) 严格要求施工单位按照作业规程施工，避免施工单位的不规范操作；(5) 同步监测，并利用监测结果反过来约束工程作业。

#### 2、生活污水

(1) 在施工营地设置足够的临时洗手间并定时进行清理，经内部管网最终排入城市污水管道中；(2) 严格管理和节约生活用水；

#### 3、含油废水

(1) 施工船舶机舱含油污水、机械维修、保养产生的油污水，交给有资质的单位处理。(2) 设置废水收集坑及沉砂池、沉淀池；(3) 设置防溢座或其它防治设施，防止洗车废水溢出工地；(4) 施工期间机械、车辆等产生的含油废水通过集水沟排入施工废水储池后进行隔油沉淀处理后全部回用于施工设备冲洗以及抑制施工扬尘洒水等，不外排。

#### 4、空气污染

(1) 施工区周边设置不低于 1.8m 的固定式硬质围栏；(2) 建设工程禁止使用现场搅拌混凝土，而使用预制混凝土；(3) 施工回填土方临时堆放时应加盖篷布遮盖；(4) 运输车辆进出施工场地的路面要经常洒水，减少车辆出入产生的扬尘；(5) 施工材料、渣土和建筑垃圾运输车辆，应采用密闭车斗，并确保运输沿途不出现撒漏；(6) 运输车辆离开施工场地前，应在施工场地出口处清理轮胎和

车身，减少带出的土。

#### 5、固体废物

(1) 生活垃圾分类收集交环卫部门收集处理；(2) 渣土运往中山坦洲镇禛祥二街永二工业园；(3) 疏浚物采用泥驳运至中山南朗镇，敏捷温泉海岸附近进行吹填；(4) 废弃泥浆通过泥水分离系统，将泥浆细颗粒压成泥饼，运到中山坦洲镇禛祥二街永二工业园；(5) 对可再利用的废料尽量进行回收，以节省资源；(6) 加强施工期固体废物收集、暂存、运输及处置过程环境管理。

#### 6、噪声

(1) 选用低噪声的施工机械和工艺，振动较大的固定机械设备加装减振机座；(2) 对设备进行维修保养，避免因设备性能差而使噪声增强；(3) 合理安排施工布局，避免多台施工机械同时作业。

### 12.5.2运营期环境保护对策措施

#### 1、生活污水

办公生活污水及路面清洁时产生的少量废水可就近排入市政污水管网，而雨水可直接排入市政雨水管网。

#### 2、冲洗废水、结构渗水、雨水

隧道冲洗废水、结构渗水进入市政污水管网，雨水可排入市政雨水管网

#### 3、生活垃圾

(1) 生活垃圾分类收集后交由环卫部门统一处理；(2) 其它固废设置统一的收集点，收集后外运由有资质单位处理。

#### 4、空气污染

(1) 对道路两旁进行植树造林；(2) 对道路进行限速，禁止黄标车进入。

#### 5、噪声

(1) 提高工程质量，并加强道路的维修养护；(2) 道路设置绿化带；(3) 设置车道隔离栏；(4) 加强交通管理和行车管理。

### 12.5.3生态保护对策措施

(1) 施工机械严格选择行驶路线，严格控制作业带宽度；尽量减少对植被破坏；

(2) 尽早落实配套的绿化工程（道路两旁种植树木），沿施工道路布置排水

沟，在排水沟交汇处设置土质沉砂池，并采取临时草袋装土对临时堆土底部进行贴坡堆砌拦挡，减少水土流失；

(3) 隧道软基处理水上作业避开幼鱼繁育期。

## 12.6 公众参与

本次评价期间由建设单位开展了公众参与工作。公众参与采用网上公示、报纸公示、在项目周边相关组织信息公告栏中公示方式进行。报告书完成后建设单位自主进行了网上全文公示。公示期间建设单位未接到反对本项目建设的意见。

## 12.7 建设项目环境可行性结论

本项目的建设是落实粤港澳大湾区发展战略的需要，也是实现横琴新区、保税区、洪湾片区一体化发展的需要，具有较好的社会效益和经济效益。项目建设符合“三线一单”管控要求，符合海洋主体功能区规划，符合《广东省海洋功能区划》、海洋环境保护规划及生态红线制度要求，符合《横琴总体发展规划》、《横琴新区与保税区、洪湾、湾仔区域一体化发展规划》等相关规划的要求。根据对本项目所在区域环境现状的调查分析以及对环境影响的模拟预测和分析，本报告针对项目建设施工过程中可能对环境造成影响的环节，提出了一系列有针对性的环境保护措施。建设单位在项目实施过程中，应进一步优化施工方案、加强施工期及营运期的管理，切实落实工程可研及本报告书提出的各项环保对策措施及生态补偿措施，则项目建设对区域环境的影响程度和对生态环境造成的损失可以接受，在此基础上，项目建设从环境保护角度考虑是可行的。