


广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段
海域使用论证报告书

（公示稿）

广东**三海环保科技**有限公司
（统一社会信用代码 91440105MA59CA5093）

二零二六年四月

论证报告编制信用信息表

论证报告编号	4404042026000633		
论证报告所属项目名称	广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段		
一、编制单位基本情况			
单位名称	广东三海环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91440105MA59CA5093		
法定代表人	祁正举		
联系人			
联系人手机			
二、编制人员有关情况			
姓名	信用编号	本项论证职责	签字
蔡淑娟	BH000850	论证项目负责人	蔡淑娟
蔡淑娟	BH000850	2. 项目用海基本情况 4. 资源生态影响分析 5. 海域开发利用协调分析 7. 项目用海合理性分析 9. 结论 10. 报告其他内容	蔡淑娟
姚静	BH000853	1. 概述 3. 项目所在海域概况 6. 国土空间规划符合性分析 8. 生态用海对策措施	姚静
<p>本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。</p> <p style="text-align: right;">承诺主体(公章): </p> <p style="text-align: right;">2026年 / 4月 / 1日</p>			

项目基本情况表

项目名称	广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段		
项目地址	广东省 珠海市		
项目性质	公益性（ ）	经营性（√）	
用海面积	23.6438 公顷	投资金额	100.65 亿元
用海期限	50 年（主体工程）、8 年（施工期）	预计就业人数	60 人
占用岸线	总长度	64.1m	邻近土地平均价格 万元/公顷
	自然岸线	0m	预计拉动区域经济产值 3175600 万元
	人工岸线	36.3m	填海成本 万元/公顷
	其他岸线	27.8m	
海域使用类型	根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类）		新增岸线 0m
用海方式		面积	具体用途
跨海桥梁、海底隧道		23.5417 公顷	海底隧道
非透水构筑物		0.1021 公顷	施工期 2 号工作井

目 录

摘要	1
1 概述	5
1.1 论证工作来由	5
1.2 论证依据	6
1.3 论证等级和范围	10
1.4 论证重点	11
2 项目用海基本情况	13
2.1 用海项目建设内容	13
2.2 平面布置和主要结构、尺度	14
2.3 隧道防排水设计	18
2.4 软土处理	18
2.5 项目主要涉海施工工艺和方法	19
2.6 土石方平衡	24
2.7 项目用海需求	24
2.8 项目用海必要性	25
3 项目所在海域概况	30
3.1 海洋资源概况	30
3.2 海洋生态概况	39
4 资源生态影响分析	76
4.1 资源影响分析	76
4.2 生态影响分析	80
5 海域开发利用协调分析	85
5.1 海域开发利用现状	85
5.2 项目用海对海域开发活动的影响	88
5.3 利益相关者界定	94
5.4 相关利益协调分析	94
5.5 项目用海对国防安全 and 国家海洋权益的影响分析	97
6 国土空间规划符合性分析	98
6.1 国土空间规划符合性分析	98
6.2 与《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的符合性分析	106
6.3 与“三区三线”中的海洋生态保护红线的符合性分析	108
6.4 项目用海与相关规划符合性分析	111
7 项目用海合理性分析	118
7.1 用海选址合理性分析	118

7.2	用海平面布置的合理性分析	120
7.3	用海方式合理性分析	123
7.4	占用岸线合理性分析	125
7.5	用海面积的合理性分析	125
7.6	立体设权合理性分析	142
7.7	用海期限合理性分析	145
8	生态用海对策措施	146
8.1	生态用海对策	146
8.2	生态保护修复措施	146
8.3	岸线修复方案	147
8.4	生态跟踪监测	147
9	结论	149
9.1	项目用海基本情况	149
9.2	资源生态影响分析结论	150
9.3	海域开发利用协调分析结论	150
9.4	项目用海与国土空间规划符合性分析结论	151
9.5	项目用海合理性分析结论	151
9.6	项目用海可行性结论	152

摘要

一、项目用海基本情况

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段由广东省铁路建设投资集团有限公司进行建设，涉及穿越珠海市鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道海域。项目新建线路约 15.6km，其中新建正线双线特大桥 1 座 2.5km（均位于陆上），路基长约 0.2km（均位于陆上，衔接桥梁与隧道），鹤琴隧道全长约 12.1km（含明挖隧道和盾构隧道），站场范围总长约 0.8km。盾构隧道沿线共设置 3 座工作井，其中 1 号和 3 号两座工作井位于陆上，2 号工作井位于海域范围内的鹤洲南围垦区。项目全线设珠海鹤洲站（仅接入，不含在工程范围内）、横琴站 2 座车站。本项目主体工程仅盾构隧道涉及用海，涉海长度约为 7.04km（CK4+454~CK11+492），采用单洞双线隧道方案，线间距为 4.6m，盾构隧道内轮廓 12.8m，管片厚度采用 600mm 方案，管片外径 14.0m。施工期，项目拟在海底盾构隧道建设范围建设 2 号工作井；施工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，仅拟对 2 号工作井超出海床面的钢板桩临时结构等进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部分。

二、项目立项情况

项目已取得广东省投资项目代码（2109-440000-04-01-622010）。

三、用海必要性

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段是京哈~京港澳高铁主通道的重要组成部分，已纳入《中长期铁路网规划》等多项国家及区域重点规划，是近期重点实施的交通基础设施项目，项目规划线位穿越鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道连接鹤洲站和横琴站。

对于本项目线路布局，可行性研究过程中，可研单位在现场踏勘、勘察的基础上，结合铁路规划、沿线地形、开发利用情况、通航要求等工程建设环境因素，从工程可行性和经济合理性出发，根据桥梁、隧道不同的工程特性等进行了多方案研究和比选，各线位均需穿越鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道海域。可见广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段从鹤洲站连接至横琴站，从区域交通规划和经济合理性角度以及项目建设意义等方面都不可能从陆地上选择轨道交通线路，因此项目的建设必须跨越和使用海域。可研单位结合地方政府等的意见，对各方案进行充分比选和论证，确定跨海段采用

对沿线开发利用项目、通航、防洪影响较小，对海域资源和海洋生态环境基本无影响的盾构隧道方案，盾构隧道需从海域底土穿越，需使用一定范围的底土海域空间。

此外，由于本项目有约 10.538km 的隧道拟采用盾构法施工，盾构施工长度较长。若不在隧道起点和终点间加设工作井，将导致盾构机一次性掘进距离过长，增加设备故障、姿态控制困难、地面沉降控制难度等风险，将显著增加施工风险和技术难度，同时也将大大拉长项目施工工期。因此，为了确保项目施工的安全、可控，本项目有必要在隧道起点和终点间加设工作井；而本项目盾构隧道主要位于海上（7.04km），若在陆上增设工作井，也同样存在海上段一次性掘进距离过长的情况，因此，增设的工作井必须设置于海上，才能达到其预期效果。为确保施工安全，同时尽量减少工作井的数量，在盾构隧道接近中间的位置设置，是比较合理的位置；因此，可研单位经对沿线地形地貌、工程地质、水文条件、交通条件等因素进行综合比选后，确定在接近盾构隧道线路中间位置设置 2 号工作井，该位置位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，接近围垦区内现状堤路，场地相对开阔，便于盾构机吊装、临时设施布置及施工组织；地质条件相对稳定，有利于工作井结构施工。在施工结束后，2 号工作井超出海床面的钢板桩等临时围蔽结构拟进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部分。综合前述分析，本项目 2 号工作井的用海是必要、合理的。

综上，本项目用海是必要的。

四、国土空间规划符合性

本项目用海符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《珠海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035 年）》《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划要求，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的要求。同时，本项目选址建设还符合“三区三线”、《中长期铁路网规划》《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》《珠海市综合交通体系规划（2021-2035 年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》等相关规划的要求。

五、占用岸线情况

本项目主体工程海底隧道用海范围需底土穿越的岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越的居民海岛人工岸线约 36.3m。

六、利益相关者协调情况

本项目论证范围开发利用项目主要包括跨海桥梁、围垦区、航道、海底电缆管道、水闸、码头、水文站、绿化提升工程、海底隧道等，本项目海底隧道需下穿番禺/惠州天然气开发项目的天然气海底管道和珠海洪鹤大桥，需下穿防洪海堤、通航防洪水道鹤洲水道和磨刀门水道，与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的距离较近，穿越鹤洲南围垦区，同时拟在鹤洲南围垦区内建设 2 号工作井。本项目利益相关者为番禺/惠州天然气开发项目、珠海洪鹤大桥工程的权属单位、珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的建设单位和鹤洲南围垦区的管理单位，需协调的部分为防洪海堤、鹤洲水道和磨刀门水道的水利防洪主管部门、通航主管部门。

本项目拟不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段和与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）重叠部分的用海，拟协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对其用海进行调整，确保与前述用海项目不存在海域使用权属冲突。本项目在方案设计时，隧道走向已考虑跨海桥梁桩基位置，隧道埋深已考虑桥梁桩基、现状海底电缆管道等埋深情况，并与桥梁桩基在水平面上、与天然气海底管道和通航航道在垂向上预留足够的距离，且拟在施工过程中严格落实相关防护和监控措施，确保对沿线下穿或邻近的用海项目的影响是可接受和可控的。因此，本项目选址虽然与珠海洪鹤大桥工程、番禺/惠州天然气开发项目存在立体交越，与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）较近，但对前述项目的影响是可控的，与前述项目的权属单位或建设单位是存在协调途径的。本项目 2 号工作井避免布置于鹤洲南围垦区堤防上，且拟严格落实相关措施降低对围垦区堤防的影响，与其管理单位可协调。

目前本项目建设单位已委托第三方单位正在编制航道通航条件影响论证报告和防洪评估报告，项目用海批复前需取得航道和水利主管部门对相关专题报告的审核或批复意见，同时严格落实专题报告提出的相关措施，则在此前提下，本项目与水利防洪主管部门、航道主管部门是可协调的。

综上，本项目与周边海域开发利用活动是存在协调途径的，是相适宜的。

七、资源生态影响及生态用海对策措施

本项目拟在鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧建设 2 号工作井，该工作井仅在施工期会有部分钢板桩围蔽结构等临时设施出露海床面，施工结束后拟拆除海床面以上钢板桩等临时结构，海床面以下结构拟保留为海底隧道的组成部分，不予拆除。由于 2 号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在海域退潮时露出水面，水文动力条件弱；2 号工作井用海面积小，对海洋水文动力和冲淤环境的影响较小。2 号工作井拟在

退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工期对海水水质和海洋沉积物影响较小。2号工作井占用海域，不可避免地会造成潮间带生物的损失，其直接损失量约为66.8kg。

本项目常规段（2号工作井以外段）海底隧道拟采用盾构的施工方式，从海底-65.8m~-42.4m（国家1985高程）穿过，与海床表面预留一定距离，对附近海域的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境、水质环境、沉积物、海洋生态环境无影响。

项目建设与运营对“三场一通道”影响较小，对典型生态系统红树林无影响。

八、用海合理性

本项目所在区位和社会条件满足项目建设需求，与项目所在海域的自然资源和生态环境相适宜，选址合理。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类），主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。本项目拟申请用海总面积为23.6438公顷，其中主体工程申请用海总面积为23.5417公顷，施工期用海（2号工作井）申请用海总面积为0.1021公顷。从对海洋开发活动的影响和权属排他性等角度考虑，本项目主体工程拟全线进行立体分层设权，其中保留了施工期建设的2号工作井的隧道段申请的立体空间范围为2号工作井的设计底高程至海床面，即高程-79.9m（1985国家高程基准）至海床面范围内的底土；其他常规段申请的立体空间范围为海底隧道底部高程至实际设计高程，即高程-65.8m~-42.4m（1985国家高程基准）范围内的底土。项目用海范围需底土穿越的岸线总长度约为64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约27.8m，需底土穿越的居民海岛人工岸线约36.3m。主体工程申请用海期限为50年，施工期申请用海期限为8年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，同时也符合项目的实际需求。

综合分析，从海域使用角度考虑，项目用海可行。

1 概述

1.1 论证工作来由

粤港澳大湾区经济活力强劲，2023 年 GDP 突破 14 万亿元，人口密度达 1537 人/平方公里，珠澳地区人均 GDP 显著高于全国平均水平，旅游、商务等客运需求持续增长。而珠澳地区现有铁路客运网络存在短板，广珠城际设计速度偏低（200km/h），能力趋于饱和，无法满足珠澳地区北向、西向中长途客流及湾区内城际客流的旺盛需求，亟需高标准高铁通道补强。

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段（以下简称“本项目”）是京哈～京港澳高铁主通道的重要组成部分，已纳入《中长期铁路网规划》等多项国家及区域重点规划，是近期重点实施的交通基础设施项目。粤港澳大湾区建设作为重大国家战略，需强化基础设施互联互通，本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义。

本项目建设是贯通京哈～京港澳高铁主通道、完善区域高速铁路网的需要；是扩大澳门与广大内地交流，保持澳门长期繁荣稳定，支撑大湾区极点带动、辐射周边的需要；是补强广珠澳主轴交通运输体系，满足旺盛的客运需求的需要；是加快建设横琴粤澳深度合作区的需要；是坚持生态优先，促进绿色发展的需要；项目建设具有迫切必要性。本项目线路自珠海鹤洲站珠肇场引出，上跨界河、珠海大道后入地，下穿江珠高速并进行桩基托换，下穿鹤洲水道、鹤港高速后折向东，穿越磨刀门水道，进入横琴合作区，线路穿越横琴国家湿地保育区，绕避横琴水质净化厂地下室，沿琴海西路向东绕避广澳高速桥墩，下穿环岛西路后走行于港澳大道北侧，最后引入横琴站，新建线路约 15.6km，其中新建正线双线特大桥 1 座 2.5km，路基长约 0.2km，鹤琴隧道全长约 12.1km，站场范围总长约 0.8km，铁路等级为高速铁路。为满足项目施工需求，项目拟在海底盾构隧道建设范围内建设 2 号工作井；施工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，仅拟对 2 号工作井超出海床面的钢板桩临时结构等进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部分。

本项目有约 7.04km 的盾构隧道需下穿鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道等海域，且 2 号工作井也位于鹤洲南围垦区海域，涉及用海。根据《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，在中华人民共和国内水、领海持续使用特定海域三个月以上的排他性用海活动，应进行工程项目的海域使用论证。

受项目总包单位的委托，广东三海环保科技有限公司（以下简称“论证单位”）承担该项目的海域使用论证工作。为使论证工作顺利开展，论证单位在接受了用海论证工作的委托后，根据该项目海域使用的性质、规模和特点，立即组织相关人员到项目所在地进行了现场踏勘，详细了解工程内容，并收集了大量相关信息资料。按照《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361-2023）等的要求，编制完成了《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段海域使用论证报告书（送审稿）》。

1.2 论证依据

1.2.1 法律法规、条例、部门规章和地方管理规定

本项目海域使用论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律法规，以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

（1）《中华人民共和国海域使用管理法》，2001 年 10 月 27 日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；

（2）《中华人民共和国海洋环境保护法》，2023 年 10 月 24 日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订；

（3）《中华人民共和国渔业法》，2013 年 12 月 28 日十二届人大常委会第十六次会议第四次修正；

（4）《中华人民共和国防洪法》（2016 年 7 月修订）；

（5）《中华人民共和国野生动物保护法》，由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议于 2022 年 12 月 30 日修订通过，自 2023 年 5 月 1 日起施行；

（6）《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》，中共中央办公厅、国务院办公厅，2019 年 11 月；

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

- (8) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订；
- (9) 《海域使用权管理规定》，国家海洋局，2006 年；
- (10) 《海岸线保护与利用管理办法》，国家海洋局，2017 年；
- (11) 《调整海域无居民海岛使用金征收标准》，2018 年 5 月 1 施行；
- (12) 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》（自然资办函〔2021〕2073 号），自然资源部办公厅，2021 年 11 月 10 日；
- (13) 《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（中华人民共和国交通运输部令 2021 年第 24 号），交通运输部，2021 年 9 月 1 日；
- (14) 《“十四五”海洋经济发展规划》，国务院，2021 年 12 月 15 日；
- (15) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），2022 年 8 月 16 日；
- (16) 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）“三区三线”划定成果作为报批建设启用项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月 14 日；
- (17) 《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》，自然资办函〔2022〕640 号；
- (18) 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》，自然资发〔2023〕89 号，2023 年 6 月 13 日；
- (19) 《中国海洋渔业水域图（第一批）》，中华人民共和国农业部公告第 189 号，2002 年 2 月；
- (20) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 7 号，国家发展和改革委员会，2024 年 2 月 1 日施行；
- (21) 《市场准入负面清单（2025 年版）》，发改体改规〔2025〕466 号；
- (22) 《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》，自然资规〔2023〕8 号，2023 年 11 月 13 日；
- (23) 《中长期铁路网规划》，国家发展改革委、交通运输部、中国铁路总公司，2016 年 7 月 13 日；
- (24) 《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》，国务院，2021 年 12 月 9 日；

(25) 《广东省海域使用管理条例》，根据 2021 年 9 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正；

(26) 《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》，根据 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《关于修改〈广东省环境保护条例〉等十三项地方性法规的决定》第二次修正

(27) 《广东省渔业管理条例》，广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十四次会议第三次，2019 年 9 月 25 日修正；

(28) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（粤府办〔2021〕33 号），广东省人民政府办公厅，2021 年 9 月 30 日；

(29) 《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030 年）》，广东省人民政府，2017 年 10 月 27 日；

(30) 《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，广东省人民政府，2021 年 4 月 6 日；

(31) 《广东省自然资源厅关于印发〈广东省项目用海政策实施工作指引〉的通知》（粤自然资函〔2020〕88 号），广东省自然资源厅，2020 年 2 月 28 日；

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

(33) 《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》，广东省自然资源厅，2025 年 6 月 12 日；

(34) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》，广东省自然资源厅办公室，2022 年 2 月 22 日；

(35) 《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，广东省生态环境厅，2022 年 4 月 27 日；

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

(37) 《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（广东省自然资源厅，粤自然资规字〔2023〕5 号，2023 年 9 月 18 日）

(38) 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》，2023 年 8 月 8 日；

(39) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》，2023 年 5 月 10 日；

- (40) 《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》（粤自然资发〔2025〕1号，广东省自然资源厅，2025年1月23日）；
- (41) 《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》，粤自然资海域〔2023〕149号；
- (42) 《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020年）》；
- (43) 《粤港澳大湾区发展规划纲要》，中共中央、国务院，2019年2月；
- (44) 《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》，2020年8月；
- (45) 《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，珠海市人民政府，2021年4月21日；
- (46) 《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》，珠海市人民政府办公室，2022年1月18日；
- (47) 《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》；
- (48) 《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》；
- (49) 《横琴总体发展规划》，
- (50) 《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》；
- (51) 《横琴粤澳深度合作区建设总体方案》，2021年9月；
- (52) 《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》。

1.2.2 技术标准和规范

海域使用论证执行的技术规范和标准主要有：

- (1) 《海域使用论证技术导则》，GB/T 42361-2023；
- (2) 《海域使用分类》，HY/T 123-2009；
- (3) 《海籍调查规范》，HY/T 124-2009；
- (4) 《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，自然资发〔2023〕234号；
- (5) 《宗海图编绘技术规范》，HY/T 251-2018；
- (6) 《海域使用面积测量规范》，HY/T 070-2022；
- (7) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部，2023年11月）；
- (8) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范

（试行）》；

- （9）《全球导航卫星定位（GNSS）测量规范》，GB/T18314-2024；
- （10）《全球定位系统实时动态（RTK）测量技术规范》（CH/T2009-2010）；
- （11）《海洋观测规范 第2部分海滨观测》，GB/T 14914.2-2019
- （12）《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》，SC/T 9110-2007；
- （13）《海洋监测规范》，GB 17378-2007；
- （14）《海洋调查规范》，GB/T 12763-2007；
- （15）《海水水质标准》，GB3097-1997；
- （16）《海洋生物质量》，GB18421-2001；
- （17）《海洋沉积物质量》，GB18668-2002；
- （18）《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》，HJ1409-2025。

1.2.3 项目技术资料

（1）《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段可行性研究报告（鉴修稿）》，中铁第四勘察设计院集团有限公司，2025年11月；

（2）《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段工程地质勘察报告（CK4+430.00~CK16+416.02）》，中铁第四勘察设计院集团有限公司，2025年6月；

（3）《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段防洪评估报告》，珠江水利委员会珠江水利科学研究院，2025年11月；

（4）《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段航道通航条件影响论证报告》，广东正方工程咨询有限公司，2025年11月。

1.3 论证等级和范围

1.3.1 论证等级

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类），主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。

其中本项目涉海隧道均为盾构海底隧道（暗挖海底隧道），根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361- 2023）中关于海域使用论证等级的判断规定依据，本项目主体工程海底隧道的海域使用论证等级为二级。本项目 2 号工作井施工期需先在其周围建设钢板桩临时围蔽结构，在施工期用海方式为非透水构筑物，非透水构筑物总长（直径）36.1m，长度小于 250m；用海面积为 0.1021 公顷，小于 5 公顷；2 号工作井毗邻磨刀门重要河口生态保护红线，位于敏感海域，海域使用论证等级为二级。本项目 2 号工作井施工完成后，拟拆除上部钢板桩围蔽等临时结构并封口，海床面以下结构拟保留为隧道的永久结构组成部分，纳入海底盾构隧道用海范围。

根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361- 2023），同一项目用海按不同用海方式、用海规模和海域特征判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级。由此确定本项目的论证等级为二级。

表 1.3-1 海域使用论证等级的判断规定依据一览表

一级用海方式	二级用海方式	用海规模	所在海域特征	论证等级
构筑物用海	明挖海底隧道	长度大于（含）250 m	所有海域	一
		长度小于 250m	所有海域	二
	暗挖海底隧道	所有规模	所有海域	二
	非透水构筑物用海	构筑物总长度大于（含）500 m 或用海面积大于（含）10 公顷	所有海域	一
		构筑物总长度（250~500）m 或用海面积（5~10）公顷	敏感海域	一
			其他海域	二
		构筑物总长度小于（含）250m 或用海面积小于（含）5 公顷	敏感海域	二
其他海域	三			

1.3.2 论证范围

本项目论证等级为二级，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361- 2023），确定本项目的论证范围为以项目用海外缘线为起点，四周外扩不低于 8km 的范围，论证范围面积约 151.13km²。

1.4 论证重点

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类），在考虑本项目的特征、用海特点及周边开发利用现状的前提下，根据《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361- 2023）

附录 C1“海域使用论证重点参照表”（详见表 1.4-1）的要求，确定本项目海域使用论证重点包括：（1）项目选址（线）合理性；（2）用海面积合理性；（3）海域开发利用协调分析。

2 项目用海基本情况

2.1 用海项目建设内容

（1）建设项目名称

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段。

（2）建设项目性质

新建。

（3）建设单位

广东省铁路建设投资集团有限公司。

（4）投资估算

项目总投资约 100.65 亿元。

（5）地理位置

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段位于珠海市鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道海域。

（6）建设内容及规模

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段铁路等级为高速铁路新建线路约 15.6km，其中新建正线双线特大桥 1 座 2.5km（均位于陆上），路基长约 0.2km（均位于陆上，衔接桥梁与隧道），鹤琴隧道全长约 12.1km（含明挖隧道和盾构隧道），站场范围总长约 0.8km。盾构隧道沿线共设置 3 座工作井，其中 1 号和 3 号两座工作井位于陆上，2 号工作井位于海域范围内的鹤洲南围垦区。项目全线设珠海鹤洲站（仅接入，不含在工程范围内）、横琴站 2 座车站。

本项目主体工程仅盾构隧道涉及用海，涉海长度约为 7.04km（CK4+454~CK11+492），采用单洞双线隧道方案，线间距为 4.6m，盾构隧道内轮廓 12.8m，管片厚度采用 600mm 方案，管片外径 14.0m。

为配合项目安全施工，项目拟在海底盾构隧道建设范围建设 2 号工作井，井外径 26.1m，内径 23.5m；施工期，工作井四周拟先建设钢板桩等临时围蔽结构，临时围蔽结构外径约 36.1m。施工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，2 号工作井仅拟拆除海床面以上钢板桩等临时设施，而海床面以下工作井结构拟保留，不予拆除。

2.2 平面布置和主要结构、尺度

2.2.1 主要技术标准

本线规划年度仅承担旅客运输任务，运行高速动车组列车，因此，铁路等级为高速铁路。根据可研预测结果，规划年度近期、远期本线最大开行的列车对数分别为 130 对/日、142 对/日，为满足运输能力、服务频率和速度的高标准需求，本线应一次修建双线。根据本项目功能定位、客流特点、相关技术规范要求等，可研单位经比选论证，确定本项目的主要技术标准如下：

铁路等级：高速铁路；

正线数目：双线；

正线线间距：4.6m；

最小曲线半径：一般地段 3200m，困难地段 2800m；

最大坡度：一般 20%，困难 30%；

动车组类型：CRH、CR 型动车组；

到发线有效长：650m；

列车运行控制方式：CTCS-2；

调度指挥方式：综合调度集中；

最小行车间隔：3min。

2.2.2 平面布置

本项目总体线位自鹤洲站引出后，上跨珠海大道后即采用 25% 的下坡逐渐入地，依次下穿广佛江珠高速、珠三角环线高速公路、鹤洲水道、鹤洲南围垦区后折向东，下穿磨刀门水道，尔后沿港澳大道地下向东走行，下穿大横琴综合管廊后于中心大道西侧下设横琴站。线路总长 15.6km，其中新建正线双线特大桥 1 座 2.5km，路基长约 0.2km，鹤琴隧道全长约 12.1km，站场范围总长约 0.8km。其中 10.538km 采用盾构法施工，隧道共设置三座工作井。其中本项目盾构隧道涉海段下穿鹤洲水道和鹤洲南水道后折向东，下穿磨刀门水道，涉海段总长约 7.04km。

为满足本项目安全施工需要，本项目拟在海底盾构隧桩号 CK8+420~CK8+442 范围内建设 2 号工作井，工作井呈圆形布置。选址于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，避开鹤洲南围垦区堤防位置。施工期，2 号工作井周围需建设临时钢板桩等进行围蔽；施

工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，2号工作井仅拟拆除海床面以上钢板桩等临时设施，而海床面以下工作井结构拟保留，不予拆除。

2.2.3 纵断面设计

本线铁路等级为高速铁路，结合沿线地形地貌和工程地质特征，最大坡度采用 20% 能适应沿线大部分地形条件、立交要求，在困难条件下采用 30% 能适应特殊地形。在满足控制标高的前提下，尽量选用较长的坡段和较小的坡度差，来减少列车上下坡的能源消耗。本项目广珠澳高铁鹤洲至横琴段正线共使用坡段 9 个，平均坡段长度 1735.47m，大于等于 12% 地段 3.92km，占全线总长的 25.07%。上行方向线路拔起高度 80.65m，下行方向线路拔起高度 49.35m。正线竖曲线半径采用 20000m，最大坡度 25%，纵断面技术特征见表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 线路纵断面技术特征表

项 目		单 位	数 量	
设计坡度	坡段个数	个	9	
	平均长度	m	1735.47	
	$0 \leq i < 3$	km	5-2.75	
	$3 \leq i < 6$	km	2-7.80	
	$6 \leq i < 9$	km	1-1.15	
	$9 \leq i < 12$	km	0-0	
	$12 \leq i \leq 20$	km	0-0	
	$20 < i \leq 25$	km	2-3.92	
拔起高度	上行	拔起高度	m	80.65
	下行	拔起高度	m	49.35

2.2.4 主要结构、尺寸

2.2.4.1 盾构隧道结构

根据本项目可研报告，本项目规划年度近期、远期本线最大开行的列车对数分别为 130 对/日、142 对/日，为满足运输能力、服务频率和速度的高标准需求，本线应一次修建双线，隧道段拟采用单洞双线方案。

(1) 隧道建筑限界

根据《高速铁路设计规范》“图 1.0.6 高速铁路建筑限界轮廓及基本尺寸”，单洞双线隧道标准线段间距 4.6m。因此，本项目单洞双线隧道标准线段间距 4.6m。

根据国家铁路局《铁路隧道净空面积及断面布置标准》课题研究结论，双线隧道净

空面积优化最小净空面积不小于 80m^2 ，可研报告根据现有研究成果并参考类似工程建设经验，在满足空气动力学要求的基础上，对《高速铁路设计规范》（TB 10621-2014）要求的轨面以上隧道净空面积进行优化，隧道断面优化后方案如下：

①结合隧道气动效应研究成果，轨面以上净空横断面面积确定为 90.05m^2 。

②轨旁疏散通道宽度及轨下疏散廊道高度优化，轨旁疏散通道宽度 1.25m ，轨下疏散廊道高度 2.1m ，宽度 4.4m ；

③轨道采用 CRTS 双块式无砟轨道，轨道结构高度按 515mm 考虑。

④隧道内弧面预留 30cm 工程技术作业空间。

（2）衬砌结构设计

衬砌是直接支承地层，保持规定的隧道净空，防止渗漏，同时又能承受施工、运营阶段荷载的结构。总结国内外大型盾构隧道实例，采用单、双层衬砌结构的均有。单层衬砌，施工工艺单一、工程实施周期短、投资省。本线盾构隧道穿越区大部分位于土层及泥质砂岩地层，管片衬砌的变形、接缝张开量及混凝土衬砌裂缝开展、防水效果等均能控制在预期的要求内，可以满足隧道的使用要求，可研推荐采用单层衬砌。

（3）管片结构型式

管片的结构型式包括管片的材料和管片的形状。

按材料分类：目前制作管片的种类有混凝土、铸铁、钢材、复合材料等。从工程投资、管片加工、结构耐久性，以及运营围护出发，混凝土管片具有较大的优越性。本次设计采用混凝土管片。

按形状分类：大致将管片分为平板形、箱形、特殊的异形结构等多种形式。在相等厚度的条件下，箱形管片具有重量轻、材料省的优点，但抗弯刚度及抗压条件均不及平板形管片，在盾构千斤顶顶力作用下容易开裂。平板形管片具有较大的抗弯、抗压刚度，尤其在大直径水底盾构隧道工程中，高水压条件下，采用平板型管片，其抗浮、结构刚度均具有较大的优越性，根据国内外应用的实际状况，平板形管片状况良好。本线盾构隧道覆土厚，水压高，要求管片具有较大的抗弯刚度和良好的抗压、抗渗能力及耐久性。因此，本工程衬砌管片型式采用钢筋混凝土平板形管片。

此外，由于本项目鹤琴隧道不设置内衬时，单层管片结构的受力和变形均能满足要求，且水域段隧道埋深达到了 40m 以上，受上部水域的潮汐和冲刷等荷载的影响较小，地基相对稳定，无活动地震断裂带等不利因素，因此在满足技术可行的基础上，从经济性上考虑，本项目盾构隧道管片内不设置内衬。

（4）洞内附属构筑物工程设计

利用盾构段底部疏散廊道楼梯侧布置箱式变电站，不占用底部贯通疏散廊道空间。箱式变电站每 6km 设一处，采用防护门进行隔断。

利用盾构段底部边箱涵布置通信直放站和公网预留，间距 500m 设一处，设备安装平台尺寸为 0.65×10m（宽×长）。

（5）盾构结构设计

最终确定本项目盾构隧道内轮廓 12.8m，管片厚度采用 600mm 方案，管片外径 14.0m，轨面以上净空横断面面积 90.05m²，内设双侧疏散通道，疏散通道宽 1.25m。下部疏散廊道净高 2.1m，净宽 4.4m。纵向每间隔 150m 设置一部疏散楼梯连通轨行区与疏散廊道。轨下结构采用全预制弧形件，环宽 2m。隧道两侧各设一处水沟、电力电缆槽、通信电缆槽和救援通道。救援通道尺寸 1.25m×2.2m（宽×高），底部高于内轨顶面 300mm，距线路中线距离 2.3m。疏散楼梯设置于两条线路之间的全预制弧形件内，靠一侧布置，便于箱涵内行车。隧道内设置双侧电缆槽，外侧电缆槽结构外缘距同侧线路中线距离为 2.2m。盾构管片采用 C60，P12 耐腐蚀钢筋混凝土。轨道采用 CRTS 双块式无砟轨道，轨道结构高度按 515mm 考虑。隧道顶部预留 30cm 工程技术作业空间。

2.2.4.2 工作井结构

本项目隧道施工过程全线共需建设 3 个工作井，其中 1 号和 3 号等两座工作井位于陆上；2 号工作井位于海域范围内的鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，其主要承担 2 号工作井的施工任务以及两端盾构机的接收和吊出任务，不承担出渣任务。

2 号采用竖向机械法开挖，竖向长度 78.7 米，外径 26.1m，内径 23.5m，管片衬砌厚 1.3m，环宽 2m。地面处设压顶环梁，与管片筒形结构连接后整体抗浮；竖井底部用钢筋混凝土封底。

施工期，2 号工作井周围需进行围蔽，四周采用钢板桩作为临时挡土止水结构，桩长 9m。钢板桩桩顶设置 100mm 厚 C10 素混凝土垫层，用于分散顶部荷载，保护桩头。钢板桩顶安装 HW360b 型钢围檩，搭配 4000×3000mm 的 H 型钢支撑，形成水平受力体系，控制基坑侧向变形。钢板桩顶部设置钢围檩+钢支撑体系，水平支撑采用 H 型钢，间距约 3~4m，控制基坑变形。2 号工作井周围钢板桩等围蔽结构外径约 36.1m。

在施工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，仅拟对 2 号工作井超出海床面的钢板桩临时结构等进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部

分。

2.3 隧道防排水设计

（1）防水等级

明挖、盾构隧道采用全包防水，满足《地下工程防水技术规范》（GB50108-2008）规定的一级防水标准，衬砌表面无湿渍。

（2）盾构段防排水设计

A. 防水标准及设计原则

隧道防水等级为一级。遵循“以防为主，多道设防、突出重点防线，综合治理”的原则。以混凝土衬砌结构自防水为根本，接缝防水为重点，加强隧道与工作井连接处等特殊部位防水，确保隧道整体防水。

区域防洪水位约为 4m，鹤琴隧道盾构隧道段最大水压约 0.83MPa。

防水标准：接缝张开 8mm、错位 15mm 条件下，设计使用年限内能够抵抗 0.83MPa 的水压（试验防水能力应达 1.66MPa 以上），并应进行一字缝或 T 字缝耐水压检测。

B. 盾构段防水设计

根据地质条件及隧道的实际情况，管片接缝采用外侧双道三元乙丙橡胶+聚醚聚氨酯遇水膨胀弹性密封垫防水。防水密封垫需具备一定防气功能。

管片结构采用抗渗等级为 P12/P15 的 C60 高性能防水混凝土，对于侵蚀性环境地段，管片外侧涂水泥基渗透结晶型防水涂料，提高混凝土的自防水能力。

盾构隧道与工作井间的现浇圈梁与管片间设有遇水膨胀止水胶，并预留可重复注浆管防水。

C. 盾构段排水设计

盾构隧道底部廊道设中心排水沟，并在隧道最低点设置废水泵房，将收集的渗漏水、冲洗水抽排至地表排水系统。

2.4 软土处理

盾构隧道部分地段隧底分布承载力较低（ $\sigma_0=30\text{kPa}$ 、 60kPa ）的淤泥质粘土层。根据地质勘查报告，深度达 20m~40m。为避免列车长期动荷载作用下的沉降问题，采取盾构机通过前地面加固处理。

对隧道底部位于淤泥质土层的段落采用三管 $\Phi 800@500$ 高压旋喷桩进行加固，井字

型格栅布置，横断面方向加固范围至盾构隧道结构边线外 2m，加固深度至淤泥质土底部以下不小于 1m，中线以下实桩。

2.5 项目主要涉海施工工艺和方法

2.5.1 施工分区

本项目鹤琴隧道全长为 12.1km，包括敞口段、明挖暗埋隧道段、盾构段和工作井等分项工程，其中本项目涉海工程为海底盾构隧道段。

盾构隧道段采用 2 台泥水平衡盾构机分 2 个工区同时开展施工。1 号工作井（位于陆上，不涉海）盾构工区：承担 1 号盾构机组装调试、1 号工作井~2 号工作井盾构段共 4760m 掘进施工任务。采用一台泥水平衡式盾构机自 1 号工作井始发至 2 号工作井接收。

2 号工作井工区：承担 2 号工作井的施工任务以及两端盾构机的接收和吊出任务。

2.5.2 主要涉海施工方案

1.盾构机组装与调试

本项目拟用盾构机属大型盾构机，单件重量较大，吊组装工序复杂，周期较长，安全风险较高；为了满足盾构整体吊组装工序，且能保证安全按期完成吊组装工程，盾构机吊组装主工作面分 2 个，分别为主机吊组装井口和后配套拖车吊组装井口，同时吊组装。

盾构机组装完毕后即可进行空载调试，空载调试完成并证明盾构机满足初步要求后，即可进行盾构机的负载调试。

2.盾构始发方案

根据项目总体施工组织，盾构始发待工作井主体结构、盾构端头加固、地表加固及盾构软弱地层加固施工完成后进行盾构始发，预配备两台直径 14.5m 泥水盾构机，分别从鹤洲侧工作井和横琴侧工作井发，向围垦区方向掘进，在 2 号工作井进行接收、吊装。两侧始发工作井分别采用 36 吨门吊垂直吊运，2 台大型轨道式管片运输车、1 台大型轨道型式箱涵运输车，2 台混凝土罐车运送砂浆，进出浆均采用管道输渣，泥水分离、废浆压滤；整体式箱涵预制件与盾构施工同步，两侧管线沟槽采用自制模板台车，现浇混凝土。

盾构始发包括：洞门凿除、洞门密封装置安装、始发定位、轨线铺设、盾构组装、盾构调试、反力架及支撑安装、负环安装等重要步骤。

3.盾构试掘进方案

盾构试掘进主要目的为：用最短的时间对盾构机的操作方法、机械性能进行熟悉，较好地控制隧道轴线及地面沉降。了解和认识本工程的地质条件，掌握在该地质条件下泥水盾构的掘进施工方法。收集、整理、分析及归纳总结掘进参数，制定正常掘进时的操作规程，实现快速、连续、高效的正常掘进。熟悉管片拼装的操作工序，提高拼装质量，加快施工进度。一般要求在盾构掘进阶段前 100m 进行施工总结。

4.盾构正常掘进方案

始发井井口设置 36t 门吊一台，满足管片、箱涵及管线等材料下井。管片、箱涵及管线等材料采用隧道运输专用轮式框架车进行运输，砂浆及内部结构混凝土运输采用混凝土罐车。

盾构掘进过程中严格按照掘进流程施工，做好盾构控制程序操作，严格掘进方向控制，在掘进中随时注意盾构掘进姿态调整与纠偏，不断优化相关掘进参数。

盾构掘进采用泥浆管路输送废浆，并通过泥水处理系统进行处理。盾构掘进过程中进行同步注浆，在一般土质地层或裂隙发育的岩层中，注浆量充填系数为 130%~180%，在裂隙不发育的较为完整的基岩中，注浆量充填系数为 110~130%，在裂隙发育的基岩段，注浆量充填系数为 180%~250%。同步注浆浆液配置应具有良好的抗水分散性和可注性。注浆压力应高于正常掘进时掘进面水土压力 0.1~0.2Mpa，施工时以注浆量和注浆压力同时管理，任何一项指标达到都作为止浆标准。二次注浆在管片脱出盾尾后及时跟进，与盾构掘进施工同步进行。

盾构达到循环掘进进尺后，进行管片及箱涵拼装。整个拼装工序由盾构操作手、拼装机操作员和拼装工等三种特殊工种配合完成。

5.盾构到达方案

盾构接收施工是指盾构机刀盘抵达接收井洞门处开始，至盾构机盾尾完全脱出洞门，移动至接收架上截止的作业。

盾构接收施工的主要工作内容包括：接收基座的安装与固定、洞门密封的安装、盾构接收段推进与管片安装及洞口段管片固定。

在盾构接收施工开始前做好盾构接收基座安装、洞门密封安装等准备工作。接收基座的安装应加强测量，确保盾构机准确接收。

6.内部结构施工方案

盾构隧道内部结构土建工程主要包括隧道整体式箱涵两侧沟槽及道床下钢筋混凝土板四部分。整体式箱涵框架预制结构在拖车后部拼装，与盾构掘进同步进行，拼装完成后进行底部弧形底板的注浆，待隧道稳定后进行箱涵底部填充。两侧可同步进行沟槽的施工，两侧沟槽模板采用组合模板施工。沟槽盖板与箱涵一起预制，待隧道掘进完成再进行沟槽内填砂及盖板施工。

7.2 号接收井施工方案

2号工作井位于海域范围内的鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，主要承担2号工作井的施工任务以及两端盾构机的接收和吊出任务。

2号工作井上部淤泥质地层深厚，为了使得盾构隧道位于较为稳定的砂层中，隧道轨面埋深约69m，隧底埋深约73m；此外，竖井作为盾构的接收工作井，还需要考虑工作井底板和底板上部接收托架的高度，使得基坑的埋深达到约77m。2号工作井采用机械掘进法进行施工。包括始发基坑开挖、抗拔桩基施工、竖井竖向掘进、预制管片拼装等工序，在退潮时先施工打设钢板桩围护等临时结构，再开展后续掘进工作。

（1）临时结构施工

钢板桩等临时维护结构采用汽车吊配合振动锤施工，首根钢板桩精准对准桩位，缓慢插入土中1-2m后，用两台经纬仪（垂直方向）监测垂直度，偏差 $\leq 1/200$ ，校正无误后继续锤击至设计标高。后续钢板桩逐根对接锁口，确保咬合紧密，插打过程中每锤击1-2次监测一次垂直度，发现偏差及时调整，严禁强行纠偏。钢板桩插打完成后，在桩顶浇筑100mm厚C10素混凝土垫层，然后安装HW360b型钢围檩，围檩与钢板桩密贴，内支撑采用H型钢（4000×3000mm）。

（2）主体工作井掘进

2号工作井采用机械掘进法进行施工。

竖井掘进机包含井下刀盘开挖系统、岸上井筒下沉系统和液压泵站、膨润土系统、泥水分离站等配套设备。掘进机施工作业示意图如下所示。

本项目采用通用型管片预制拼装，施工周期短。竖井每环管片外径24.6m，厚度1.3m，共计10块管片组成；管片环宽2m；管片间采用斜螺栓连接，错缝拼装。在首环管片下设刃脚环以利于管片整体下沉。在地面处设压顶环梁，与管片筒形结构连接后整体抗浮。

盾构机接收后，在洞内进行拆解，吊装采用1200t履带吊进行吊出。当工作井内部

结构施工完成后，顶板进行封顶，拆除临时围护结构后，恢复海域环境。其中 2 号工作井开挖产生的土石方，拟由汽车通过鹤洲南围垦区内的堤路陆运。

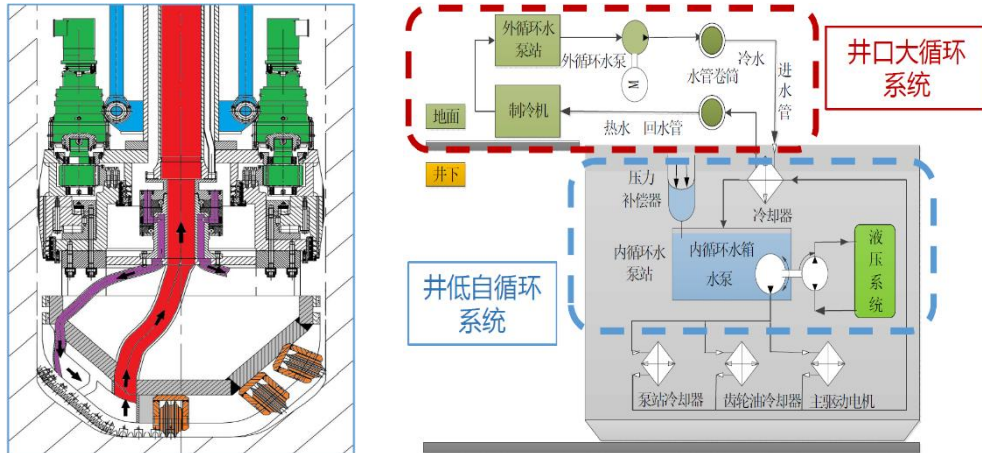


图 2.5-1 竖井掘进机施工作业示意图

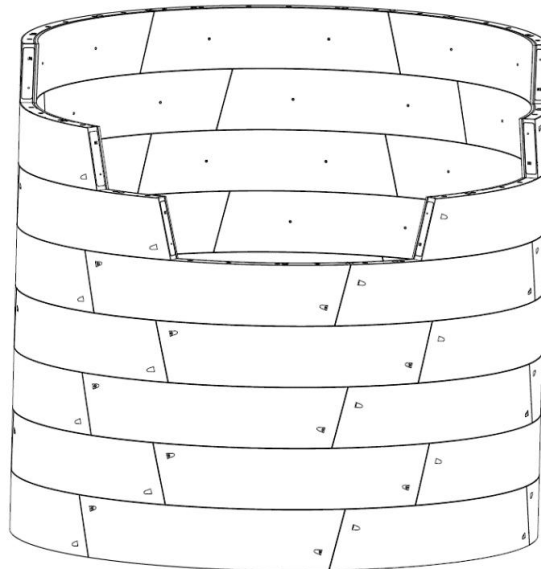


图 2.5-2 预制拼装圆形竖井示意图

(3) 临时设施拆除

当工作井内部结构施工完成后，顶板进行封顶。周围钢板桩等临时结构需进行拆除，以恢复海域环境。

1) 内支撑拆除

待主体结构混凝土强度达到设计强度 100%后，方可拆除内支撑，拆除顺序与安装顺序相反（自上而下）。

拆除前检测结构稳定性，采用汽车吊配合切割设备分段拆除，严禁暴力作业，拆除的钢支撑、围檩分类堆放，可回收构件经防腐处理后存放。

2) 钢板桩拆除

内支撑全部拆除且主体结构检验合格后，启动钢板桩拆除，拆除顺序从合拢处向两侧进行。采用振动锤拔桩。

2.5.3 主要施工设备

本项目施工过程中涉及的主要施工设备见表 2.5-1 所示。

表 2.5-1 本项目施工设备一览表

序号	名称	数量	型号（规格）
1	泥水盾构机	2 台	直径 14.5
2	36 吨门吊	2 台	
3	大型轨道式管片运输车	4 台	
4	大型轨道型式箱涵运输车	2 台	
5	混凝土罐车运送砂浆	4 台	
6	竖井掘进机	1 台	
7	管片拼装机	1 台	
8	1200t 履带吊	1 台	
9	振动锤	1 台	

2.5.4 施工进度安排

本项目计划工期为 5 年。考虑到铺轨、运营调试等需要至少 10 个月时间，则隧道主体工程（含内部结构施工）必须在 50 个月内完成，总体施工进度安排见图 2.5-1 所示。

表 2.5-1 本项目总体工程施工进度安排一览表

工程项目	时间 月 \ 季度	第一年				第二年				第三年				第四年				第五年			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
施工准备	2	[Gantt bar from Q1 Y1 to Q2 Y1]																			
路基工程	12	[Gantt bar from Q3 Y1 to Q4 Y1]																			
桥梁工程（不含现浇梁）	24	[Gantt bar from Q3 Y1 to Q4 Y2]																			
桥梁现浇梁	10	[Gantt bar from Q2 Y2 to Q3 Y2]																			
鹤琴隧道	46	[Gantt bar from Q1 Y1 to Q4 Y2]																			
无砟轨道	6	[Gantt bar from Q3 Y2 to Q4 Y2]																			
铺轨/道砟/整道	3	[Gantt bar from Q4 Y2 to Q1 Y3]																			
四电及站后配套工程	12	[Gantt bar from Q3 Y2 to Q4 Y2]																			
站房工程	36	[Gantt bar from Q2 Y2 to Q4 Y2]																			
联调联试及试运行	3	[Gantt bar from Q4 Y2 to Q1 Y3]																			

隧道包括敞口段、明挖暗埋隧道段、盾构段和工作井等分项工程，其中涉海的为盾构段，其施工进度安排如下：

- 施工准备：2 个月；
- 盾构井下组装、调试：3 个月；
- 盾构吊、拆：2 个月；

盾构掘进指标：始发接收段 120m/月、软硬不均段 70m/月、硬岩 W2 段 120m/月、软岩 W3 段 150m/月、软岩 W4 段 220m/月，粗砂土层段 250m/月、淤泥质土层段 250m/月；

经测算，鹤琴隧道全线工期控制性盾构工区的贯通工期约为 48 个月。

2.6 土石方平衡

本项目开挖土石方总量约为 199.1 万 m³，隧道弃碴优先考虑满足本项目内部路基和填方需要，其余按地方接收的原则处理，由于本项目明挖段开挖土体大部分主要为淤泥与淤泥质土，盾构段采用泥水平衡盾构，压滤后的渣土也难以满足基段、区间三改及场坪工程的填料要求；因此，本项目实际可回填土方总量仅约 8.1 万 m³，弃土石方量约为 191.0 万 m³。由于项目目前处于前期阶段，暂未能确定受纳场。在正式弃土前，需取得相关弃土受纳证明，确保本项目弃土石方能得到有效处理处置。本项目土石方平衡见表 2.6-1。

表 2.6-1 项目土石方平衡表 单位：m³

挖方	填方	弃方
199.1	8.1	191.0

2.7 项目用海需求

2.7.1 项目申请用海情况

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类），主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。

本项目拟申请用海总面积为 23.6438 公顷，其中主体工程申请用海总面积为 23.5417 公顷，施工期用海（2号工作井）拟申请用海总面积为 0.1021 公顷。从对海洋开发活动的影响和权属排他性等角度考虑，本项目主体工程拟全线进行立体确权，其中保留了施工期建设的 2号工作井的隧道段申请的立体空间范围为 2号工作井的设计底高程至海床面，即高程-79.9m（1985 国家高程基准）至海床面范围内的底土；其他常规段申请的立体空间范围为海底隧道底部高程至实际设计高程，即高程-65.8m~-42.4m（1985 国家高

程基准）范围内的底土。

本项目用海范围需底土穿越的岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越的有居民海岛人工岸线约 36.3m。

表 2.7-1 本项目用海及底土穿越海岸线情况一览表

用海工程	用海单元	用海方式	界址线	面积（公顷）	底土穿越岸线长度
主体工程	海底隧道	海底隧道用海	1-2-3-4-91-...-97-98-1; 5-6-7-...-88-89-90-5	23.5417	64.1m（其中生态恢复岸线约 27.8m，有居民海岛人工岸线约 36.3m）
施工用海	工作井（施工期）	非透水构筑物	1-2-3-4-5-...-35-36-1	0.1021	0
合计				23.6438	64.1m

2.7.2 项目申请用海期限

本项目主体工程申请用海期限 50 年，施工用海申请用海期限 8 年。

2.8 项目用海必要性

2.8.1 项目建设必要性

（1）符合国家产业政策要求

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“二十三、铁路”中的“1. 铁路建设和改造：铁路新线、既有铁路改扩建、铁路专用线、城际、市域（郊）铁路建设，线路全封闭和道口平改立，重点口岸扩能改造”，属于鼓励类项目。

此外，本项目也不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》中所列的负面清单项目，符合市场准入要求。

综合分析，本项目的建设是符合国家产业政策要求的。

（2）符合规划、政策的要求

2016 年 7 月国家发展改革委批复《中长期铁路网规划》（2016 年），在上一轮中长网规划“四纵四横”高速铁路的基础上，拓展为建设以“八纵八横”主通道为骨架的高速铁路网。其中，京哈～京港澳通道，即哈尔滨～长春～沈阳～北京～石家庄～郑州～

武汉～长沙～广州～深圳～香港高速铁路，包括广州～珠海～澳门高速铁路，链接东北、华北、华中、华南、港澳地区，贯通哈长、辽中南、京津冀、中原、华中、长江中游、珠三角等城市群。

本项目是广州～珠海～澳门高速铁路的先期实施段，规划依据明确，符合国家铁路网规划和政策。

同时，本项目将形成珠澳地区对外便捷、舒适、绿色的交通运输方式，对于优化珠澳地区对外交通运输结构具有积极意义，符合相关政策要求。

（3）本项目建设是贯通京哈～京港澳高铁主通道、完善区域高速铁路网的需要

京哈～京港澳通道是国家“八纵八横”高铁通道，根据中长期铁路网规划，在大湾区内分两支，利用广深港高铁至香港，利用广州至珠海至澳门高铁至澳门。京港澳通道北京至广州段以北及至深圳 2012 年底已贯通，广深段 2011 年底已贯通，香港段也于 2018 年 9 月通车，均为设计速度 350km/h 高速铁路。

广州至珠海至澳门段，目前利用广珠城际，设计速度仅为 200km/h，现状仅开行 4 对跨线至京广高铁客车，且现状能力已经基本饱和。预测研究年度近、远期珠澳发展极北向客流约为 636 万人和 746 万人，客车对数分别为 32 对、38 对，广珠澳轴还有大量的城际客流需求，广珠城际等无法满足珠澳发展极对外中长途客流和广珠澳轴内城际客流需要。

2020 年 7 月国铁集团印发新时代交通强国铁路先行规划纲要，2021 年 2 月中共中央、国务院印发国家综合立体交通网规划纲要，均将尽快贯通高速铁路主通道作为主要任务之一，因此需尽快建设广珠（澳）高铁，贯通京广高铁至澳门。本项目是广珠（澳）高铁的重要组成部分，有助于贯通高铁主通道，完善珠西地区高铁路网，促进大湾区均衡发展。

（4）是扩大澳门与广大内地交流，保持澳门长期繁荣稳定，支撑大湾区极点带动、辐射周边的需要

《粤港澳大湾区发展规划纲要》提出构建极点带动、轴带支撑网络化空间格局，强调发挥香港～深圳、广州～佛山、澳门～珠海强强联合的引领带动作用，确立了以香港、澳门、广州、深圳四大中心城市为区域发展的核心引擎，继续发挥比较优势做优做强，增强对周边区域发展的辐射带动作用。其中澳门定位是“建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，促进经济适度多元发展，打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。”

珠海是澳门与广大内地地区沟通交流的主要门户，本项目引入横琴合作区，是内地高铁网沟通澳门的桥头堡。本项目建成后，不仅带动澳门与内地通过高铁大动脉紧密衔接，也可实现珠澳与深港两大极点的高铁直接联系。项目有利于增进澳门与内地融合交流，保持澳门特别行政区长期繁荣稳定、丰富“一国两制”成功实践；对支撑大湾区整体布局、提升珠澳极点带动能级具有重要作用和意义。

（5）是补强广珠澳主轴交通运输体系，满足旺盛的客运需求的需要

广珠澳主轴处于珠三角西岸主轴区位，与广深港主轴共同构成支持区域进一步发展的交通“脊梁”。广珠澳主轴由北到南经过广州主城区、南沙、顺德、中山主城区、珠海主城区和澳门等西岸各核心功能区。根据预测，研究年度近、远期广珠澳走廊全社会客运约 2.4 亿人和 2.8 亿人，铁路客运量分别为 8300 万人和 12570 万人，客运需求旺盛。广珠澳主轴既有广珠城际，近期运力紧张，无法满足珠澳地区高速通达需求。

本项目作为广珠（澳）高铁的重要组成部分，在广珠（澳）高铁全线建成之前，可与珠肇高铁珠海鹤洲至高明段，广湛高铁形成途经佛山、江门的广州至珠海至澳门的西通路，补强广珠澳综合交通运输体系。广珠（澳）高铁全线建成后，可形成途经广州空港、番禺、南沙和中山的广珠（澳）高铁主通路，进一步加强广珠澳主轴的高速通道功能和覆盖联系。

（6）是加快建设横琴粤澳深度合作区的需要

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；2015 年 3 月 24 日，中共中央政治局审议通过广东自由贸易试验区总体方案，横琴被纳入广东自贸区范围；2019 年 2 月，中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》，将建设珠海横琴为粤港澳深度合作示范区。开发建设 10 年间习近平总书记 4 次登岛视察，就横琴开发建设和促进澳门经济适度多元发展，维护港澳长期繁荣稳定作出重要指示。

横琴新区设立 10 年以来，地区生产总值达 2024 年的 538.5 亿元，比设立初期增长 189 倍，经济飞速发展。引进澳资企业 3290 家，已成为内地澳资企业最集中的区域，以科技创新、特色金融、文旅会展等为代表的现代产业体系逐步成型。

交通设施是推进横琴建设粤澳深度合作区示范区的基础，近年来横琴交通设施取得多项突破，2020 年 8 月 18 日，新横琴口岸开通，近几年出入境人口增长迅速，2024 年达 2282 万人次，占澳门出入境全方式的 11.1%，珠机城际珠海至珠海长隆段同步开通，在横琴口岸实现衔接，实现珠海、澳门的互联互通。本项目为广珠（澳）高铁的组

成部分，在广珠（澳）高铁全线建成前，可与珠肇高铁、广湛高铁、深南高铁等衔接，可尽快实现澳门融入我国高铁路网，助力横琴加快建设粤澳深度合作区。

（7）是坚持生态优先，促进绿色发展的需要

粤港澳大湾区是我国人口最密集的区域之一，特别是深港、珠澳等地将面临经济快速发展、人口急剧增长、交通需求大量增加、城市规模不断扩大的形势。发展空间受到很大局限，土地资源不足和环境污染成为制约区域社会经济发展的瓶颈。

铁路作为国民经济大动脉，国家重要基础设施和大众化交通工具，具有运力大、成本低、占地省、能耗低、污染少等多种比较优势，是综合交通运输体系的骨干，对于落实“绿色发展”理念，构建资源节约型、环境友好型社会，实现可持续发展战略具有重要意义。

本项目的建设在满足经济交通增长需求的同时，可以有效地节省土地、节约能源、减少环境污染、改善投资环境并可以提升人民生活质量。符合我国节约能源、加强环保、促进能源与环境协调发展的主要政策，对于沿线地区完成节能减排任务，创造绿水青山工程具有积极的意义。

综上所述，本项目建设是贯通京哈～京港澳高铁主通道、完善区域高速铁路网的需要；是扩大澳门与广大内地交流，保持澳门长期繁荣稳定，支撑大湾区极点带动、辐射周边的需要；是补强广珠澳主轴交通运输体系，满足旺盛的客运需求的需要；是加快建设横琴粤澳深度合作区的需要；是坚持生态优先，促进绿色发展的需要。本项目的建设是必要的。

2.8.2 项目用海的必要性

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段是京哈～京港澳高铁主通道的重要组成部分，已纳入《中长期铁路网规划》等多项国家及区域重点规划，是近期重点实施的交通基础设施项目，项目规划线位穿越鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道连接鹤洲站和横琴站。

对于本项目线路布局，可行性研究过程中，可研单位在现场踏勘、勘察的基础上，结合铁路规划、沿线地形、开发利用情况、通航要求等工程建设环境因素，从工程可行性和经济合理性出发，根据桥梁、隧道不同的工程特性等进行了多方案研究和比选，各线位均需穿越鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道海域。可见广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段从鹤洲站连接至横琴站，从区域交通规划和经济合理性角度以及项目建

设意义等方面都不可能从陆地上选择轨道交通线路，因此项目的建设必须跨越和使用海域。可研单位结合地方政府等的意见，对各方案进行充分比选和论证，确定跨海段采用对沿线开发利用项目、通航、防洪影响较小，对海域资源和海洋生态环境基本无影响的盾构隧道方案，盾构隧道需从海域底土穿越，需使用一定范围的底土海域空间。

此外，由于本项目有约 10.538km 的隧道拟采用盾构法施工，盾构施工长度较长。若不在隧道起点和终点间加设工作井，将导致盾构机一次性掘进距离过长，增加设备故障、姿态控制困难、地面沉降控制难度等风险，将显著增加施工风险和技术难度，同时也将大大拉长项目施工工期。因此，为了确保项目施工的安全、可控，本项目有必要在隧道起点和终点间加设工作井；而本项目盾构隧道主要位于海上（7.04km），若在陆上增设工作井，也同样存在海上段一次性掘进距离过长的情况，因此，增设的工作井必须设置于海上，才能达到其预期效果。为确保施工安全，同时尽量减少工作井的数量，在盾构隧道接近中间的位置设置，是比较合理的位置；因此，可研单位经对沿线地形地貌、工程地质、水文条件、交通条件等因素进行综合比选后，确定在接近盾构隧道线路中间位置设置 2 号工作井，该位置位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，接近围垦区内现状堤路，场地相对开阔，便于盾构机吊装、临时设施布置及施工组织；地质条件相对稳定，有利于工作井结构施工。在施工结束后，2 号工作井超出海床面的钢板桩等临时围蔽结构拟进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部分。综合前述分析，本项目 2 号工作井的用海是必要、合理的。

综上，本项目用海是必要的。

3 项目所在海域概况

3.1 海洋资源概况

本项目论证范围内无海洋矿产资源开发区，无海洋保护区，也无规划或现状旅游景区，本节主要介绍岸线及岛礁资源，港口及锚地资源、滩涂资源。

3.1.1 岸线及岛礁资源

1.岸线资源

珠海市海洋资源丰富，海域辽阔，海岛众多，全市领海线以内海域面积 9348 平方公里，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），全市海岸线全长 227.3km，其中严格保护岸线 32.7km，限制开发岸线 38.4km，优化利用岸线 156.2km。大陆自然岸线保有率 15.3%。

本项目论证范围内岸线类型以人工岸线为主，鹤洲南围垦区北侧有部分其他岸线（生态恢复岸线），此外，珠海金湾机场附近有部分自然岸线。

本项目用海范围底土穿越生态恢复岸线和有居民海岛人工岸线。

2.岛礁资源

珠海市岛屿众多，素有“百岛之市”的美誉，全市拥有大小海岛 262 个。其中有居民海岛共 10 个，领海基点所在海岛 1 个，即佳蓬列岛的平洲。

项目附近海域海岛资源较多，论证范围内主要有横沥岛、交杯岛、马鬃岛、大岗岛、二岗岛，其中横沥岛与本项目最近。横沥岛隶属于珠海市金湾区，距离本项目约 3.10km，岸线长度约 4.36km，域面积约 0.6819 平方千米，最高点高程 130.2m；该岛为基岩岛，属于未开发无居民海岛，岛上长有灌木；山脚建有数栋简易民居；此外，建有中国移动信号发射塔。

3.1.2 港口及锚地资源

目前珠海港已形成包括西部的高栏港区、东部的桂山港区以及九洲、香洲、唐家、洪湾、井岸、斗门等港区的港口格局。其中高栏和桂山为深水港区，其它为中小泊位区。各主要港区现状情况如下：

（1）高栏港区是珠海港的主体港区，目前已开发南迳湾和南水两个作业区。南迳

湾作业区已成为珠江三角洲地区油气品转运基地，南水作业区已依托电厂、钢厂等建成企业专用码头及公用码头。

（2）桂山港区位于珠江出海口的万山群岛，是珠海港承担珠江三角洲地区油品水水转运的作业区和香港矿建材料供应的出口区。现已建成1个5万吨级多点系泊成品油泊位及2个500吨级成品油泊位，9个以陆岛运输为主的万吨级以下生产性泊位。

（3）九洲港区是以城市生产生活物资运输、客运及对香港集装箱喂给为主的港区，地处珠海市区相对繁华地带，港区发展受城市制约，需要逐步调整货运功能。目前建有多个多用途、客运、滚装泊位。

（4）香洲、唐家港区位于珠江口西岸，斗门、井岸、洪湾港区位于内河水道，主要为珠海城市建设、生活物资运输和少量喂给香港的集装箱运输及陆岛交通服务。其中，香洲港区承担陆岛交通及少量的集装箱运输，未来港区功能需按城市规划调整；斗门港区主要开展对香港的集装箱运输；洪湾港区、唐家港区以件杂、油气品运输为主；井岸老港区需与城市环境相协调调整功能，新港区以散杂货运输为主。

珠海港的航道分为西部、东部和市区三部分。西部高栏港区主航道可乘潮通航5万吨级船舶；东部桂山港区为天然深水航道；市区九洲港区原按乘潮通航万吨级船舶的标准设计，目前按乘潮通航3000吨级船舶的标准维护，香洲和唐家港区为天然深水航道。

珠海港水域布置有30个锚地。九洲港、唐家港区利用头洲引航锚地、九洲港小型船舶引航锚地、头洲候潮和装卸锚地及桂山引航、检疫和装卸锚地等多处锚地；万山港区主要利用桂山国际锚地。桂山港区利用桂山国际锚地，高栏港区锚地位于高栏岛南侧。

本项目用海范围不涉及现状或规划港区，距离最近的港区为洪湾港区。

3.1.3 滩涂资源

珠海市滩涂面积30.46万亩，占全市土地面积12.69%，其中超高滩5260亩，高滩5040.4亩，中滩24112.1亩，低滩18894.2亩，浅滩251306.4亩。按滩涂底质分为泥滩（占88.15%）和砂石滩（11.85%）。在268519.8亩泥滩中生有咸水草的（草滩）3082亩，有红树林的（林滩）5689亩，增养牡蛎的10917亩，光滩248832亩。

全市滩涂可分4个区：（1）磨刀门口门滩涂区，包括鹤洲北、鹤洲南、三灶湾、洪湾西、洪湾北、洪湾南等6片，占滩涂总面积37.61%。该区淡水来源充足，可发展鱼、稻、蔗、果的综合性生产。（2）东部沿海滩涂区，包括金鼎、唐家、香洲等片，

占滩涂总面积 14.77%。（3）西部沿海滩涂区，包括蠕蛛和平沙两片，占滩涂总面积 20.83%。（4）近岸岛屿滩涂区，包括淇澳、横琴、三灶、南水、高栏诸岛，占滩涂总面积 26.78%，滩涂形成于岛屿湾内，小片分散，类型多种多样，以浅泥滩和中泥滩居多。

3.1.4 渔业资源

3.1.4.1 调查概况

本次引用广东宇南检测技术有限公司于 2024 年 4 月 1 日~4 月 2 日（春季）在项目附近海域开展的渔业资源现状调查资料进行评价，该次调查共布设渔业资源部调查站位 12 个。

3.1.4.2 鱼卵与仔稚鱼

1、种类组成

垂直拖网

本次调查海域各站位共鉴定出鱼卵仔稚鱼 9 科 9 种；鱼卵共鉴定出 5 科 5 种，其中鉴定到科 5 种；仔稚鱼共鉴定出 8 科 8 种，其中鉴定到科 7 种，鉴定到种 1 种。鱼类浮游生物名录详见附录V。

水平拖网

本次调查海域各站位共鉴定出鱼卵仔稚鱼 10 科 11 种；鱼卵共鉴定出 5 科 6 种，其中鉴定到科 5 种，鉴定到属 1 种；仔稚鱼共鉴定出 8 科 8 种，其中鉴定到科 7 种，鉴定到种 1 种。鱼类浮游生物名录详见附录V。

2、密度分布

（1）垂直拖网

调查的 12 个站位，有 8 个站位捕获到鱼卵，密度范围为（2.632~25.000）ind/m³，平均密度为 7.653ind/m³，其中最高值出现在 S8 号站位；有 9 个站位捕获到仔稚鱼，密度范围为（2.273~11.111）ind/m³，平均密度为 5.085 ind/m³，其中最高值出现在 S18 号站位。鱼类浮游生物密度详见表 3.1.4-1。

表 3.1.4-1 垂直拖网鱼类浮游生物密度

站位	发育阶段		合计 (ind/m ³)
	鱼卵 (ind/m ³)	仔稚鱼 (ind/m ³)	
S1	9.091	0	9.091
S3	10.000	0	10.000

站位	发育阶段		合计 (ind/m ³)
	鱼卵 (ind/m ³)	仔稚鱼 (ind/m ³)	
S5	2.632	4.605	7.237
S6	0	5.000	5.000
S8	25.000	5.000	30.000
S9	3.846	7.692	11.538
S11	0	0	0
S13	0	2.273	2.273
S14	0	6.667	6.667
S16	5.645	8.871	14.516
S17	24.510	9.804	34.314
S18	11.111	11.111	22.222
平均值	7.653	5.085	12.738

(2) 水平拖网

调查的 12 个站位中，有 12 个站位捕获到鱼卵，密度范围为 (0.043~0.265) ind/m³，平均密度为 0.088ind/m³，其中最高值出现在 S17 号站位；有 12 个站位捕获到仔稚鱼，密度范围为 (0.011~0.043) ind/m³，平均密度为 0.022ind/m³，其中最高值出现在 S16 号站位。

表 3.1.4-2 水平拖网鱼类浮游生物密度

站位	发育阶段		合计 (ind/m ³)
	鱼卵 (ind/m ³)	仔稚鱼 (ind/m ³)	
S1	0.054	0.022	0.076
S3	0.054	0.011	0.065
S5	0.065	0.022	0.086
S6	0.049	0.022	0.070
S8	0.092	0.016	0.108
S9	0.065	0.022	0.086
S11	0.049	0.016	0.065
S13	0.070	0.022	0.092
S14	0.043	0.022	0.065
S16	0.151	0.043	0.194
S17	0.265	0.027	0.292
S18	0.097	0.016	0.113
平均值	0.088	0.022	0.109

3、优势种

(1) 垂直拖网

鱼卵优势种有 2 种，以鯷科最具优势，优势度为 0.486；其次是舌鳎科，优势度为 0.056。仔稚鱼优势种有 3 种，以鲱科最具优势，优势度为 0.122；其次是鳎科，优势度为 0.075。鱼类浮游生物优势种详见表 3.1.4-3。

表 3.1.4-3 垂直拖网鱼类浮游生物优势种

中文名	平均密度 (ind/m ³)		比例 (%)		出现频率 (%)		优势度 (Y)	
	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
鯷科	5.583	0.434	72.956	8.541	66.667	25.000	0.486	0.021
舌鳎科	1.028	--	13.433	--	41.667	--	0.056	--
鲱科	--	1.867	--	36.705	--	33.333	--	0.122
鲳科	--	1.150	--	22.624	--	33.333	--	0.075

注：“--”表示鱼卵或仔稚鱼非优势种。

(2) 水平拖网

本次调查中，鱼卵优势种有 4 种，其中鯷科的优势度最高，为 0.590；其次是鳎科，优势度为 0.154；仔稚鱼优势种有 5 种，其中鲱科的优势度最高，为 0.194；其次是鯷科，优势度为 0.104。鱼类浮游生物优势种详见表 3.1.4-4。

表 3.1.4-4 鱼类浮游生物优势种

中文名	平均密度 (ind/m ³)		比例 (%)		出现频率 (%)		优势度 (Y)	
	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼	鱼卵	仔稚鱼
鯷科	0.052	--	58.97	--	100.00	--	0.590	--
鳎科	0.016	0.002	18.46	8.333	83.33	25.000	0.154	0.021
石首鱼科	0.012	--	13.33	--	41.67	--	0.056	--
舌鳎科	0.006	--	6.67	--	41.67	--	0.028	--
鲱科	--	0.006	--	29.17	--	66.67	--	0.194
鯷科	--	0.004	--	20.83	--	50.00	--	0.104
鳎科	--	0.004	--	16.67	--	50.00	--	0.083
鲳科	--	0.003	--	14.58	--	41.67	--	0.061

注：“--”表示鱼卵或仔稚鱼非优势种。

3.1.4.3 游泳生物

一、游泳动物资源调查总结结果

1、类群组成

本次调查捕获的游泳动物，分隶于 3 大类群 30 科 48 种，其中鱼类为 24 科 35 种，占游泳动物总种类数的 72.91%；甲壳类为 4 科 11 种，占总种类数的 22.92%；头足类为 2 科 2 种，占总种类数的 4.17%。详见表 3.1.4-5。种类名录详见附录 VI。

表 3.1.4-5 调查海区游泳动物类群组成

类群	科数	种数	种数所占比例%
鱼类	24	35	72.91
甲壳类	4	11	22.92
头足类	2	2	4.17
合计	30	48	100.00

2、游泳动物总资源数量及评估

调查评价区水域游泳动物的平均尾数资源密度为 51617.30 ind/km²，各站位游泳动物尾数资源密度表现为：S13>S11>S1>S6>S9>S17>S16>S3>S5>S14>S18>S8，最高值出现在站位 S13，为 61195.10ind/km²，最低值出现在站位 S8，为 45767.77ind/km²；平均质量资源密度为 1055.00 kg/km²，各站位游泳动物质量资源密度表现为：S13>S17>S6>S11>S9>S16>S14>S5>S1>S3>S18>S8，最高值出现在站位 S13，为 1571.99kg/km²，最低值出现在站位 S8，为 739.97kg/km²，详见表 3.1.4-6。

表 3.1.4-6 调查海区各站位游泳动物的总资源密度

调查站位	尾数资源密度 (ind/km ²)	质量资源密度 (kg/km ²)
S1	53995.68	821.94
S3	48596.11	804.14
S5	48081.87	860.62
S6	53738.56	1362.24
S8	45767.77	739.97
S9	53481.44	1006.79
S11	54509.92	1181.80
S13	61195.10	1571.99
S14	48081.87	995.17
S16	51424.46	1002.05
S17	53481.44	1550.59
S18	47053.38	762.66
平均值	51617.30	1055.00

二、鱼类资源调查结果

1、种类组成

本次调查捕获的鱼类，分隶于 10 目 24 科，种类数为 35 种，占游泳动物总种类数的 72.91%；其中鲈形目种类数最多，为 10 科 16 种，占鱼类总种数的 45.71%。详见表 3.1.4-7。种类名录详见附录 VI。

表 3.1.4-7 调查海区鱼类类群组成

类群	科数	种数	种数所占比例%
鲱形目	3	6	17.14
鳗鲡目	1	1	2.86
仙女鱼目	1	1	2.86
鲤形目	1	1	2.86
鲇形目	1	1	2.86
鲻形目	1	1	2.86
鲉形目	1	1	2.86
鲈形目	10	16	45.71
鲽形目	3	4	11.43
鲀形目	2	3	8.57
合计	24	35	100.00

2、优势种

鱼类优势种通过 *IRI* 来确定,以 *IRI* 值大于 1000 的种类为优势种,*IRI* 值在 500~1000 的为主要种类,优势种和主要种类组成优势种群。本次调查的鱼类优势种为康氏小公鱼、花鲮、丝鳍海鲶、前鳞骨鲮和青鳞小沙丁鱼,主要种类为颈斑鲷和皮氏叫姑鱼。详见表 3.1.4-8。

表 3.1.4-8 调查海区鱼类的优势种群

种名	N (%)	W (%)	F (%)	<i>IRI</i>
康氏小公鱼	24.20	4.16	100.00	2835.94
花鲮	6.14	20.02	100.00	2616.44
丝鳍海鲶	2.91	16.96	100.00	1987.04
前鳞骨鲮	6.48	8.73	100.00	1521.02
青鳞小沙丁鱼	9.55	2.84	100.00	1238.71
颈斑鲷	6.77	2.67	100.00	943.22
皮氏叫姑鱼	2.37	2.90	100.00	526.74

3、鱼类资源数量及评估

调查评价区水域鱼类的平均尾数资源密度为 41332.41ind/km²,各站位鱼类尾数资源密度表现为: S13>S11>S6>S17>S9>S1>S3>S18>S14>S8>S6>S5,最高值出现在 S13 号站位,为 57338.27ind/km²,最低值出现在 S5 号站位,为 31111.80ind/km²;平均质量资源密度为 892.14kg/km²,各站位鱼类质量资源密度表现为: S13>S17>S6>S11>S14>S9>S16>S3>S18>S1>S8>S5,最高值出现在 S13 号站位,为 1526.24kg/km²,最低值出现在 S5 号站位,为 557.74kg/km²。详见表 3.1.4-9。

表 3.1.4-9 调查海区鱼类的资源密度

调查站位	尾数资源密度 (ind/km ²)	质量资源密度 (kg/km ²)
S1	37282.73	579.05
S3	37025.61	621.66
S5	31111.80	557.74
S6	50395.97	1319.37
S8	35225.75	576.90
S9	40111.08	791.70
S11	51167.34	1140.44
S13	57338.27	1526.24
S14	35997.12	794.17
S16	34197.26	706.01
S17	49367.48	1503.90
S18	36768.49	588.46
平均值	41332.41	892.14

三、头足类资源调查结果

1、种类组成

本次调查捕获的头足类，分隶于 2 目 2 科，种类数为 2 种，为枪形目和乌贼目，各占头足类总种数的 50.00%，在游泳动物总种类数中占比 4.17%。详见表 3.1.4-10，种类名录详见附录VI。

表 3.1.4-10 调查海区头足类类群组成

类群	科数	种数	种数所占比例%
枪形目	1	1	50.00
乌贼目	1	1	50.00
合计	2	2	100.00

2、优势种

头足类优势种通过 *IRI* 来确定，以 *IRI* 值大于 1000 的种类为优势种，*IRI* 值在 500~1000 的为主要种类，优势种和主要种类组成优势种群。本次调查的头足类 *IRI* 值均不足 500，无优势种群。

3、头足类资源数量及评估

调查评价区水域头足类的平均尾数资源密度为 224.98ind/km²，其中 S6、S11、S13、S17 站位未采集到头足类。其余各站位头足类尾数资源密度表现为：S1=S5=S16>S8=S9>S3=S14=S18，最高值出现在站位 S1、S5 和 S16 号站位，为 1285.61ind/km²，最低值出现在站位 S3、S14 和 S18 号站位，为 257.12ind/km²；平均质量资源密度为 7.24kg/km²，各站位头足类质量资源密度表现为 S16>S5>S1>S8>S9>S14>S3>S18，最高值出现在站位 S16，为 21.58kg/km²，最低值出现在站位 S18，为 3.74kg/km²。详见表 3.1.4-11。

表 3.1.4-11 调查海区头足类的资源密度

调查站位	尾数资源密度 (ind/km ²)	质量资源密度 (kg/km ²)
S1	1285.61	13.16
S3	257.12	3.89
S5	1285.61	20.33
S6	0	0
S8	514.24	10.61
S9	514.24	7.86
S11	0	0
S13	0	0
S14	257.12	5.74
S16	1285.61	21.58
S17	0	0
S18	257.12	3.74
平均值	471.39	7.24

四、甲壳类资源调查结果

1、种类组成

本次调查捕获的甲壳类，分隶于 2 目 4 科，种类数为 11 种，占游泳动物总种类数的 22.92%。其中虾类为 1 科 4 种，占甲壳类总种数的 36.37%；虾蛄类为 1 科 2 种，占甲壳类总种数的 18.18%；蟹类为 2 科 5 种，占甲壳类总种数的 45.45%。详见表 3.1.4-12。种类名录详见附录VI。

表 3.1.4-12 调查海区甲壳类类群组成

类群		科数	种数	种数所占比例%
十足目	虾类	1	4	36.37
	蟹类	2	5	45.45
口足目	虾蛄类	1	2	18.18
合计		4	11	100.00

2、优势种

甲壳类优势种通过 *IRI* 来确定，以 *IRI* 值大于 1000 的种类为优势种，*IRI* 值在 500~1000 的为主要种类，优势种和主要种类组成优势种群。本次调查的甲壳类主要种类为长叉口虾蛄。详见表 3.1.4-13。

表 3.1.4-13 调查海区甲壳类的优势种群

种名	N (%)	W (%)	F (%)	<i>IRI</i>
长叉口虾蛄	4.19	3.76	91.67	728.61
近缘新对虾	3.32	1.24	100.00	455.83

3、甲壳类资源数量及评估

调查评价区水域甲壳类的平均尾数资源密度为 9813.50nd/km²，各站位甲壳类尾数资源密度表现为：S16>S5>S1>S9>S14>S3>S8>S18>S17>S13>S6>S11，最高值出现在 S16 号站位，为 15947.58ind/km²，最低值出现在 S11 号站位，为 3342.59ind/km²；平均质量资源密度为 155.62kg/km²，各站位甲壳类质量资源密度表现为：S5>S16>S1>S9>S14>S3>S18>S8>S17>S13>S6>S11，最高值出现在 S5 号站位，为 282.54kg/km²，最低值出现在 S11 号站位，为 41.36kg/km²。详见表 3.1.4-14。

表 3.1.4-14 调查海区甲壳类的资源密度

调查站位	尾数资源密度 (ind/km ²)	质量资源密度 (kg/km ²)
S1	15427.34	229.73
S3	11313.38	178.59
S5	15684.46	282.54
S6	3342.59	42.86
S8	10027.77	152.46
S9	12856.11	207.24

调查站位	尾数资源密度 (ind/km ²)	质量资源密度 (kg/km ²)
S11	3342.59	41.36
S13	3856.83	45.75
S14	11827.63	195.26
S16	15941.58	274.47
S17	4113.96	46.69
S18	10027.77	170.46
平均值	9813.50	155.62

3.2 海洋生态概况

3.2.1 区域气候气象

珠海地处祖国大陆南部，属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。

本节主要引用珠海气象站 2004 年至 2023 年近 20 年的气象资料进行统计分析。

(1) 气温

本区域全年气温较高，近 20 年多年年平均气温为 23.3℃。最热的月份出现在 6~9 月份，多年月平均气温为 28.0℃以上；5 月和 10 月次之，多年月平均气温为 25.6℃~26.3℃；最冷的月份出现在 1 月份，多年月平均气温为 15.4℃；12 月次之，多年月平均气温为 17.1℃。平均最高气温出现在 7 月份，为 29.1℃；平均最低气温出现在 1 月份为 15.4℃。历年最高气温为 38.7℃，出现在 2005 年 7 月 17 日；历年最低气温为 2.0℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。

表3.2.1-1 珠海市2004年至2023年近20年平均气温的月变化

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	全年
温度℃	15.4	16.6	19.3	22.7	26.3	28.3	29.1	28.7	28.2	25.6	21.9	17.1	23.3

(2) 降水

根据珠海气象站统计资料，项目所在区域近 20 年平均全年降水量约为 2042.26mm。每年最多降水量主要集中在夏半年（4~9 月），约占全年降水量 84%，最少降水量出现在冬半年（10~3 月），约占全年降水量的 16%。多年平均最大日降水量 189.68mm。最大日降雨量为 325.6mm，出现在 2013 年 5 月 22 日。

表 3.2.1-2 珠海市 2004 年至 2023 年近 20 年平均降水的月变化

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	全年
降水量 mm	32.79	46.38	76.7	135.61	350.05	427.08	258.16	325.44	217.35	103.31	46.32	23.07	2042.26

(3) 湿度

项目所在区域相对湿度较高，近 20 年多年平均值为 78.00%，3~8 月份平均相对湿度较大，多年月平均均在 80%以上，其余月份的平均相对湿度较小，多年月平均相对湿度在 80% 及以下，12 月份平均相对湿度最小，多年月平均相对湿度为 66.33%。

表 3.2.1-3 珠海市 2004 年至 2023 年近 20 年平均湿度的月变化

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	全年
湿度%	71.53	78.68	82.71	84.10	84.06	83.51	80.85	82.48	77.77	71.42	72.53	66.33	78.00

(4) 风况

项目所在海域地处季风区，近 20 年累年平均风速 2.60m/s。月平均风速 7 月份相对较大，为 2.90m/s；1 月份相对较小，为 2.21m/s。多年平均风速变化不大。多年平均风速统计见表 3.2.1-4 所示。

表 3.2.1-4 珠海市 2004 年至 2023 年近 20 年平均风速的月变化

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	全年
风速 m/s	2.21	2.36	2.43	2.63	2.76	2.73	2.90	2.69	2.84	2.84	2.46	2.32	2.60

项目所在区域年主导风向为东南东向，出现频率均为 14.00%，风向和风速随季节变化明显。西北西向风最少，出现频率为 2.233%。

表 3.2.1-5 珠海市 2004 年至 2023 年近 20 年平均风频的月变化 (%)

月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
1月	5.40	4.92	13.37	14.72	12.31	10.07	7.28	2.17	1.78	0.97	2.63	3.19	4.03	2.50	4.37	7.95	2.55
2月	4.23	4.20	10.29	12.55	12.72	14.48	9.54	2.86	2.32	1.61	3.17	3.52	3.91	2.33	3.63	5.98	2.61
3月	3.22	3.29	9.18	13.06	13.68	16.37	11.67	3.43	2.93	2.19	3.78	3.04	3.20	1.86	2.97	3.62	2.55
4月	2.53	2.75	7.10	10.28	12.19	18.20	11.57	3.79	4.21	3.76	5.66	4.47	3.37	1.77	2.67	3.12	2.62
5月	2.08	2.15	6.06	8.59	10.54	16.09	9.84	3.67	4.38	6.43	10.62	7.37	3.48	2.02	2.12	2.31	2.34
6月	1.34	1.29	4.33	5.62	8.85	13.31	8.13	3.83	4.80	8.51	17.94	11.38	4.07	1.82	1.61	1.38	1.95
7月	1.41	1.27	4.30	6.10	9.94	15.25	9.62	3.90	4.61	7.24	13.10	11.63	4.51	1.97	1.85	1.40	1.95
8月	2.10	1.84	4.88	6.86	9.80	15.03	9.89	3.87	3.67	4.76	10.30	11.30	5.66	3.29	2.48	2.17	2.18
9月	2.22	2.59	8.03	11.17	12.19	17.52	11.56	3.23	2.90	2.32	4.90	5.99	4.45	2.82	2.95	3.04	2.19
10月	4.04	5.44	15.01	15.17	11.13	12.87	9.14	2.58	1.81	1.13	2.72	3.09	3.17	2.01	3.73	5.18	1.84
11月	5.04	5.77	14.75	14.79	11.79	11.60	8.37	2.26	1.69	0.98	2.54	2.92	3.13	2.02	3.84	6.41	2.07
12月	6.75	6.87	16.27	14.61	9.90	7.17	5.76	1.93	1.53	0.97	2.32	2.93	3.44	2.31	5.29	9.82	2.25
全年	3.36	3.53	9.46	11.13	11.25	14.00	9.36	3.13	3.05	3.41	6.64	5.90	3.87	2.23	3.13	4.37	2.26

3.2.2 海洋水文动力状况

3.2.2.1 基面关系

本项目设计资料采用国家 1985 高程系，各基面关系如下图 3.2.2-1。

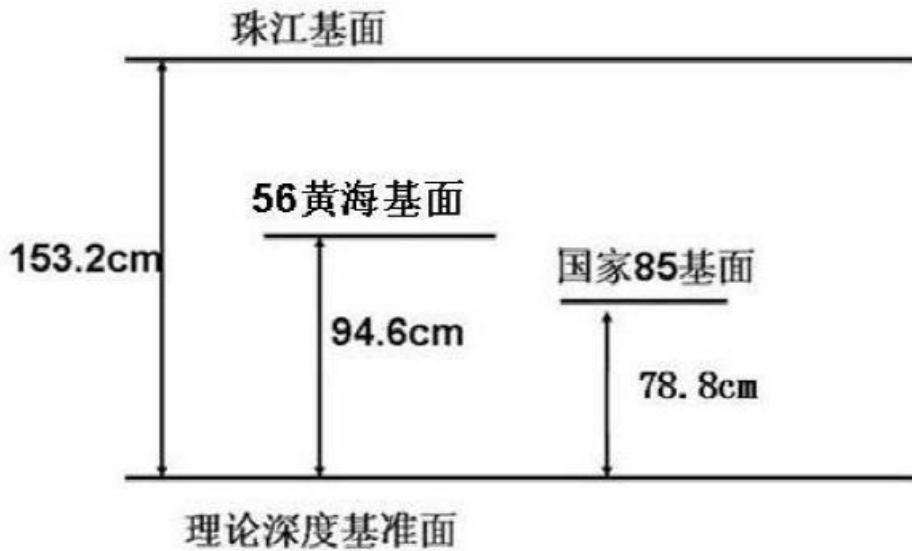


图 3.2.2-1 国家 1985 基面与其它基面转换关系图

3.2.2.2 潮汐

1. 潮型

磨刀门潮汐属于不规则半日混合潮，日潮不等现象显著，潮位潮期均不相等。一个日周期内发生两次高潮，两次低潮，历时约 24 小时 50 分，潮型一般是以高高潮→低低潮→低高潮→高低潮形式出现，大约经过 12 天、13 天，潮型变为低高潮→高低潮→高高潮→低低潮。冬春之间高高潮多出现于夜间，低低潮多出现于白天，夏秋之间则相反。因受汛期洪水和风暴潮的影响，最高潮位一般出现在 6 月~9 月，最低潮位一般出现在 12 月~翌年 2 月。

2. 潮差、潮位

八大口门及其附近海区，潮差由磨刀门向东、西两侧递增，即向黄茅海、向内伶仃洋潮差逐渐增大。内伶仃洋东部深槽潮差大于西部浅滩潮差。黄茅海区，汛期潮差由湾顶向湾口减小，枯水期则由湾顶向湾口增大。八大口门中，虎门、蕉门、崖门潮差最大，磨刀门最小为 0.86m。三灶站平均涨潮差、落潮差 1.11m，最大涨潮差 2.66m，最大落潮差 3.18m。潮差的年际变化不大，年内变化则相对较大，在通常情况下，枯水期潮差

大于汛期潮差。在表 3.2.2-1 中给出了西江主要潮位测站的潮汐特征值。

表 3.2.2-1 西江主要潮位站潮汐特征值统计表

潮汐特征	站名	西炮台 (虎跳门)	黄金 (鸡啼门)	灯笼山 (磨刀门)	三灶 (海区)
高潮位 (m)	多年平均	0.744	1.184	1.184	1.104
	历年最高	3.134	3.024	3.394	3.324
	出现年月	1965.7.15	1993.9.17	1993.9.17	1989.7.18
低潮位 (m)	多年平均	0.074	0.154	0.334	0.014
	历年最低	-0.826	-0.826	-0.376	-1.226
	出现年月	1991.12.28	1979.1.31	1965.3.16	1968.12.22
涨潮差 (m)	多年平均	1.20	1.03	0.85	1.10
	历年最大	3.08	2.90	2.98	3.26
	出现年月	1993.9.17	1993.9.17	1993.9.17	1993.9.17
落潮差 (m)	多年平均	1.20	1.03	0.85	1.10
	历年最大	2.7	2.71	2.74	3.18
	出现年月	1989.7.18	1976.12.22	1993.9.17	1968.12.21
涨潮历时 (hh:mm)	多年平均	05:07	05:46	05:24	06:13
	历年最大	17:10	18:20	17:40	18:30
	出现年月	1985.3.15	1996.2.28	1996.2.28	1986.11.26
落潮历时 (hh:mm)	多年平均	07:21	06:45	07:12	06:22
	历年最大	14:40	15:45	13:25	18:30
	出现年月	1993.6.27	1990.7.31	1989.1.31	1993.1.1
资料年份		1957~2004	1954~2004	1959~2004	1965~2004

3.2.2.3 实测海洋水文动力环境调查概况

1. 调查概况

本次引用广东宇南检测技术有限公司于 2024 年 3 月 26 日至 2024 年 3 月 27 日在项目附近海域的海洋水文动力资料进行论述分析，该次调查共布设 6 个海流观测站，同步对其中的 2 个站位开展潮位观测。6 个水文动力观测站位均位于项目论证范围内，满足《海域使用论证技术导则》(GB/T 42361-2023)中“二级论证一般不少于 4 个观测站位，同时应至少设置 1 个潮位站位”的要求。

表 3.2.2-2 2024 年 3 月水动力环境现状调查站位表

名称	经度	纬度	调查项目
1#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）
2#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）、潮位
3#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）
4#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）
5#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）、潮位
6#			潮流、悬沙（悬浮体含量及粒径）

2、潮位

调查海域潮汐性质为规则半日潮。其中，2#站平均半潮面分别为 2.95 m，实测最高潮位为 1.20 m，发生在 3 月 27 日 10: 45，最低潮位为-0.14 m，发生在 3 月 27 日 04: 55；平均高潮位为 1.05 m，平均低潮位为-0.11 m；平均潮差为 1.34 m，最大潮差为 1.34 m，最小潮差为 1.34 m；涨潮历时小于落潮历时，其中平均涨潮历时为 5 小时 50 分钟，平均落潮历时为 6 小时 15 分钟。5#站的平均半潮面为 9.95 m，实测最高潮位为 1.20 m，发生在 3 月 27 日 10: 45，最低潮位为-0.14 m，发生在 3 月 27 日 04: 55；平均高潮位为 1.06 m，平均低潮位为-0.11 m；平均潮差为 1.34 m，最大潮差为 1.34 m，最小潮差为 1.34 m；涨潮历时小于落潮历时，其中平均涨潮历时为 5 小时 50 分钟，平均落潮历时为 6 小时 15 分钟。

3、潮流

在观测期间，各站点的海流流速差别较大，最大流速介于 32.12cm/s-137.78cm/s。其中，表层最大流速介于 32.12cm/s-132.60cm/s，最大流速出现在 5#站，对应流向为 272°；中层最大流速介于 32.44cm/s-137.78cm/s，最大流速出现在 5#站，对应流向为 275°；底层最大流速介于 32.68cm/s-130.29cm/s，最大流速出现在 5#站，对应流向为 270°。在垂向上，1#和 4#最大流速出现在底层，2#、5#和 6#最大流速出现在中层，3#最大流速出现在表层，各站位各层次流速在垂向上相差不大（见表 3.2.2-3）。

表 3.2.2-3 实测最大潮流速及对应流向统计（流速单位： cm/s， 流向单位： °）

站位 \ 层次	表层		0.6H		底层	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向
1#	32.12	322	32.44	321	32.68	319
2#	68.92	325	71.96	322	71.01	323
3#	90.12	332	80.06	335	70.53	334
4#	97.56	155	101.11	152	102.22	155
5#	132.60	272	137.78	275	130.29	270
6#	67.21	272	71.58	309	70.90	272

观测期间，实测最大涨潮流速为 137.78cm/s，对应流向为 275°，发生在 5#站 0.6H 层；实测最大落潮流速为 137.78cm/s，对应流向为 275°，发生在 5#站 0.6H 层。在垂向上，1#、3#、4#和 6#实测最大涨潮流速均出现在底层，2#和 5#实测最大涨潮流速均出现在中层；1#和 4#实测最大落潮流速出现在底层，2#实测最大落潮流速出现在表层，3#、5#和 6#实测最大落潮流速出现在中层；各站位各层的实测最大涨潮流速均大于最大落潮流速（见表 3.2.2-4）。

表 3.2.2-4 实测最大涨、落潮流速及对应流向统计（流速单位： cm/s， 流向单位： °）

层次	站位		1#	2#	3#	4#	5#	6#
表层	涨潮	流速	28.41	67.65	66.82	96.66	129.37	67.21
		流向	323	322	332	149	272	272
	落潮	流速	16.27	59.33	47.67	97.56	132.60	42.82
		流向	125	138	155	155	272	212
0.6H	涨潮	流速	30.72	71.96	68.79	101.11	137.78	61.29
		流向	324	322	333	152	275	272
	落潮	流速	15.79	58.74	51.02	101.11	137.78	43.44
		流向	152	137	152	152	275	215
底层	涨潮	流速	32.68	71.01	70.53	102.22	125.35	70.90
		流向	319	323	334	155	273	272
	落潮	流速	17.58	59.81	49.71	102.22	130.29	42.90
		流向	129	139	147	155	270	262

就涨、落潮时段平均而言观测海域垂线平均流速介于 9.09-71.54cm/s，其中，涨潮平均流速垂线平均介于 9.71 cm/s-71.54 cm/s，落潮平均流速垂线平均介于 9.09 cm/s-63.20 cm/s。最大涨潮平均流速为 72.08 cm/s，发生在 5#站 0.6H 层，最小涨潮平均流速 8.99 cm/s，发生在 1#站表层，最大落潮平均流速为 65.48 cm/s，发生在 5#站表层，最小落潮平均流速为 8.44 cm/s，发生在 1#站 0.6H 层。在垂向上，1#和 2#站位平均涨潮流速最大出现在底层，3#和 6#平均涨潮流速出现在表层，4#和 6#站位平均涨潮流速最大出现在中层；1#、2#和 6#站位平均落潮流速最大出现在底层，3#站位平均落潮流速最大出现在中层，4#和 5#平均落潮流速出现在表层（见表 3.2.2-5）。

表 3.2.2-5 涨落潮平均流速统计（流速单位： cm/s）

站位 \ 层次		表层	0.6H	底层	垂线平均
		1#	涨潮	8.99	9.46
	落潮	9.37	8.44	9.47	9.09
2#	涨潮	34.86	35.62	35.93	35.47
	落潮	36.07	35.12	36.12	35.77
3#	涨潮	31.83	31.34	30.34	31.17
	落潮	30.39	31.09	30.40	30.62
4#	涨潮	50.28	51.21	44.54	48.68
	落潮	53.56	52.75	51.11	52.47
5#	涨潮	71.18	72.08	71.37	71.54
	落潮	65.48	63.28	60.84	63.20
6#	涨潮	41.65	40.36	41.63	41.21
	落潮	23.35	24.28	24.77	24.13

受地形的影响，除 6#站位外，其余各站位均为往复流。各站点涨潮流速和落潮流速相差不大。其中，1#、2#、3#和 4#站位的涨潮方向为西北向，落潮方向相反，为西南向；5#的涨潮方向为西向，落潮方向为东向；6#表现为顺时针的旋转流。此外，各站在不同深度流速比较稳定，变化不大，底层流速略大于表层流速。

4、余流

调查海域整体余流差异性较大，各站余流流速介于 0.67-65.55 cm/s 之间，最大余流流速位于 5#站表层，流向为 277°，最小余流流速位于 1#站底层，流向为 105°。其中，1#站余流流速最小出现在底层,其中表层和底层余流流向为东南向，0.6H 层余流流向为东北向；2#站余流流速最小出现在 0.6H 层,其中表层和底层余流流向为东向，0.6H 层余流流向为东北向；3#站余流流速最小出现在底层,各层余流流向均为西北向；4#站余流流速最小出现在底层,各层余流流向均为东南向；5#站余流流速最小出现在底层,各层余流流向均为西北向；6#站余流流速最小出现在底层,各层余流流向均为西南向（见表 3.2.2-6）。

表 3.2.2-6 观测期间余流（流速单位： cm/s， 流向单位： °）

站位	层次	表层	0.6H	底层
	1#	流速	0.96	0.73
流向		111	45	105
2#	流速	4.07	3.76	4.99
	流向	93	84	86
3#	流速	4.87	3.31	1.74
	流向	327	328	284
4#	流速	14.94	14.24	11.50
	流向	163	165	134
5#	流速	65.55	64.35	62.99
	流向	277	276	278
6#	流速	25.22	25.09	25.04
	流向	259	257	255

5、悬沙

（1）悬沙含量及其分布特征

在观测期间，最大含沙量为 24.90 mg/L,位于 1#站 0.6H 层，最小含沙量为 4.10 mg/L，位于 5#站表层。各站的含沙量差别不大，平均值介于 8.54~ 16.16 mg/L，其中 1#站的平均含沙量最大，平均值介于 12.19~ 16.16 mg/L 之间,5#站的平均含沙量最小，平均值介于 8.54~ 9.08 mg/L 之间。在垂向上，各站位海水泥沙含量随深度无明显变化，底层泥

沙含量略大于表层（见表 3.2.2-7）。

表 3.2.2-7 观测期间含沙量特征值统计（单位： mg/L）

站号	特征值	表层	中层	底层
1#	最小	6.9	9.2	11.4
	最大	22.3	24.9	20.9
	平均	12.2	14.2	16.2
2#	最小	4.2	6.2	8.4
	最大	17.1	18.2	21.6
	平均	10.8	11.2	13.6
3#	最小	4.9	9.6	6.7
	最大	19.0	20.1	20.9
	平均	11.2	12.8	12.3
4#	最小	8.3	8.2	7.8
	最大	24.0	22.0	24.6
	平均	12.9	13.9	15.1
5#	最小	4.1	4.6	4.5
	最大	13.4	13.1	15.0
	平均	8.5	9.1	9.0
6#	最小	6.1	5.5	6.1
	最大	19.9	18.2	19.9
	平均	11.3	11.5	13.0

在观测期间，调查海域为规则半日潮，各站点的含沙量随潮流变化而不断波动，呈现多峰结构。就一个潮周期而言，各站在涨急和落急时刻含沙量均出现峰值。在垂向上，各站点各层含沙量的变化不大，底层略大于表层。

（2）悬沙输移特征

由实测含沙量资料结合海流资料计算悬沙的输沙量，主要公式为：

单宽输沙率： $q=HVS$

式中： q —单宽输沙率，单位为 $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$

H —水深，单位为 m ，由于没有同步观测水深，此处水深采用海图标注水深。

V —流速，单位为 m/s

S —悬沙含量，单位为 kg/m^3 。

周日单宽净输沙量计算方法：

$$W_{\text{净}} = (q_0 + q_1 t_1 + (q_1 + q_2 t_2 + \dots + (q_{n-1} + q_n t_n)) / 2$$

式中： $W_{\text{净}}$ —周日单宽净输沙量，单位为 $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ；

q —单宽输沙率；

t —取样时间。

计算结果见表 3.2.2-8。本次监测最大单宽净输沙量为 157048.80 mg/(L·d)，出现在 5#站；最小单宽净输沙量为 1164.93 mg/(L·d)，出现在 1#站。除 3#、5#和 6#站位外，各站位的输沙方向为东南向，3#和 5#站位的输沙方向为西北向，6#站位的输沙方向为西南向。

表 3.2.2-8 单宽净输沙量和方向

站点	输沙量(mg/ L·d)	方向
1#	1164.93	101
2#	3238.90	98
3#	6297.52	328
4#	34856.68	158
5#	157048.80	277
6#	51730.03	256

(3) 海水悬沙粒度分析

各站海水悬沙粒度组分以及命名如表 3.2.2-9 所示，各站均以粉砂为主，颗粒组成较细，其中粉砂的占比较大。

表 3.2.2-9 悬沙组分及其命名

站位	砾 (%)	砂 (%)	粉砂 (%)	粘土 (%)	沉积物名称 (谢波德)	沉积物名称 (福克)
1#	0.00	1.91	94.75	3.34	粉砂	Z
2#	0.00	0.36	95.51	4.13	粉砂	Z
3#	0.00	1.11	97.34	1.55	粉砂	Z
4#	0.00	2.59	95.03	2.38	粉砂	Z
5#	0.00	0.89	96.51	2.59	粉砂	Z
6#	0.00	0.60	98.91	0.49	粉砂	Z

根据福克与沃德的标准，各站位的平均粒径、中值粒径、分选性、偏态与峰态等特征参数如表 3.2.2-10 所示。各站位均以粉砂为主，海水悬沙粒度的分选性均极好，偏态均为负偏或极负偏，表明沉积物粒度集中在细端，粒度分布集中。

表 3.2.2-10 海水悬沙特征参数

站位	平均粒径 Mz (Φ)	中值粒径 Md (Φ)	偏态值 Skf (Φ)	峰态值 Kg (Φ)	分选系数 σi (Φ)	分选性	偏态	峰态
1#	0.0098	6.9344	-0.3833	1.0805	0.0070	极好	极负偏	中等
2#	0.0077	7.2264	-0.3300	1.0080	0.0049	极好	极负偏	中等
3#	0.0111	6.6773	-0.2803	0.9696	0.0068	极好	负偏	中等
4#	0.0113	6.7145	-0.3475	1.0332	0.0077	极好	极负偏	中等
5#	0.0099	6.8885	-0.3099	0.9919	0.0061	极好	极负偏	中等
6#	0.0128	6.4564	-0.2802	0.9973	0.0074	极好	负偏	中等

3.2.2.4 波浪

磨刀门口门外有 2015 年 9 月~2016 年 8 月的波浪观测资料，本次引用该波浪资料进行统计分析。磨刀门口门位于外海，本项目位于近岸河口海域，磨刀门口门外波浪观测站受波浪影响将较本项目的大，因此，本次引用磨刀门口门外波浪观测站的波浪资料可较保守的在一定程度上体现本项目所在海域的波浪情况。

根据该周年统计资料，磨刀门口门区最大波高介于 0.26~5.1m 之间，全年最大波高 5.1m，是台风“彩虹”于 2015 年 10 月 4 日 9:00 形成，其对应的最大波周期为 6.3s。从波高均值的大小来看，2016 年 6 月份波高最大，其次为 2016 年 5 月，最小为 2015 年 9 月。磨刀门口门区 1/10 大波波高介于 0.19~2.63m 之间，其平均值 7 月最大，为 0.89m，其次为 6 月，为 0.83m；最小为 9 月，为 0.6m。有效波高介于 0.12~1.71m 之间，其平均值 7 月最大，为 0.61m，其次为 6 月，为 0.56m，最小为 9 月，为 0.41m。平均波高介于 0.05~0.79m 之间，其平均值 1 月最大，为 0.3m；其次为 7 月，为 0.29m；最小为 9 月，为 0.2m。刀门口门区全年最大波周期的最大值为 8.8s，平均值为 4.1s；有效波周期最大值 5.9s，平均值为 2.93s；平均周期的最大值为 4.4s，平均值为 2.15s；磨刀门口门区波浪谱峰周期:观测海域谱峰周期在 1.27s~7.48s 之间。从季节看，谱峰周期平均值夏季最大 2.94s，其次是春季 2.64s，然后是秋季 2.51s，冬季最小为 2.46s。

表 3.2-16 为 2015 年 9 月~2016 年 8 月有效波高有效周期联合分布概率，磨刀门口门区全年有效波高主要集中分布在 0.2~0.8m，概率密度达到 8.95；有效波周期主要分布在 2.0s~3.5s 之间，平均波周期则为 1.5s~3.0s 之间，其中仅 1.5s~2.5s 的分布概率就高达 9.0，如表 5.1-2。磨刀门口门区全年有效波高周期联合分布概率最大值为 1.783，对应的波高为 0.4~0.6m，周期为 2.5~3s。

磨刀门口门区全年中风浪占 32%，以风浪为主的混合浪(F/)占 26.2%、以涌浪为主的混合浪(U/F)占 13.4%，以及风浪涌浪相当的混合浪(FU)占 9.6%，涌浪(U)占 18.9%。

全年就有效波高而言，常浪向为 ESE，频率达到 12.56%，其次为 S 向浪占 9.32%，SE 向浪，占 8.66%。波高分布主要集中在 0.2~0.8m，频率之和达到 74.74%。

表 3.2.2-11 磨刀门口门外 2015 年 9 月~2016 年 8 月有效波高有效周期联合分布概率

Hs (m)	~2	2~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	5.5~5.0	>5	合计
≤0.2	0.08	1.18	0.95	0.37	0.02	0	0	0	2.6
0.2~0.4	1.97	10.44	12.76	7.38	1.79	0.14	0.04	0	34.52
0.4~0.6	0.8	5.86	17.83	6.71	2.62	0.69	0.45	0.01	34.97

Hs (m)	~2	2~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	5.5~5.0	>5	合计
0.6~0.8	0.01	0.21	11.3	4.93	1.97	0.84	0.42	0.28	19.96
0.8~1.0	0	0.02	1.92	3.41	0.62	0.12	0	0.01	6.1
1.0~1.2	0	0	0.02	0.64	0.33	0.04	0	0	1.03
1.2~1.4	0	0	0	0.16	0.27	0.11	0	0	0.54
1.4~1.6	0	0	0	0	0.11	0.08	0	0	0.19
1.6~1.8	0	0	0	0	0.06	0.02	0	0	0.08
>1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	2.86	17.71	44.78	23.6	7.79	2.04	0.91	0.3	100

3.2.3 地形地貌与冲淤环境

3.2.3.1 地形地貌

隧址区线路穿越泛珠江三角洲南部地区，地势总体由北向南倾斜。线路主要位于海积平原区，平坦开阔，地面高程多为-2~5m，区内水道发育，河道汊港纵横交错，局部水塘泽地星罗棋布，构成方格网状。其中 CK6~CK13 段越鹤洲水道及磨刀门水道；CK13 大里程侧位于横琴岛中大小横琴山之间的围垦区，地势较平坦；仅 CK5+860~CK6+030 穿经鹤洲水道西岸剥蚀残丘，CK15+740~CK16+050 段穿经小横琴山南麓坡脚，局部地形起伏较大，自然坡度 10°~40°，局部达 70°。

本项目海底隧道下穿鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门隧道。根据中铁第四勘察设计院集团有限公司 2025 年 6 月的实测水深地形图，本项目下穿的鹤洲水道海域现状水深为 0-4.8m（国家 1985 高程），水道中部通航区水深较大，由中部逐渐向两侧递减；下穿的鹤洲南围垦区段的现状水深为 0~0.5m（国家 1985 高程），仅水塘区域有水，现状为堤围的区域常年出露；下穿的磨刀门水道海域现状水深在 0.1~9.5m（国家 1985 高程）之间，水道中部通航区水深较大，由中部逐渐向两侧递减。

3.2.3.2 冲淤环境

本节主要引用《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段防洪评估报告》中的相关内容进行评价分析。

1.历史演变概况

根据以往的研究，大约在七世纪，西江河口在天河附近，宋初（公元 960 年）才发展到外海，明初（公元 1368 年）下移到竹洲，十七世纪到达大排沙，18 世纪末发展到竹排沙附近，1900 年灯笼沙出露。1913 年灯笼沙发展到东三围，这期间河口相继形成

了大排沙与竹排沙，并分出天生河汊道，1946年发展到东六围，1962年发展到东七围，20世纪中期才移到现今的磨刀门位置。磨刀门水道在20年内由北向南延长7.5km，平均每年107m，海湾向东成围延长1.7km，平均每年85m，大约50年期间围填向西扩展约8km，平均每年约160m。

对比1938、1946、1964和1971年等深线的变化，可见磨刀门水域整治前的演变基本趋势是：

（1）水域浅滩面积不断扩展。在内海区水域，2m等深线以浅的浅滩，1946年出露的只有灯笼沙尾和西后浅滩；到了20世纪60年代，浅滩面积扩展到约占内水域面积的72%；70年代发展到约占83%，年淤厚率为1~3cm。与此同时，外水域的淤积也不断增强；在10m等深线范围内，1946年浅滩面积只占总面积的1.7%，1964年扩展至10%，1971年又发展到22.7%。

（2）内海区水域入海水道5m等深线以深的深槽不断地萎缩，横洲水道深槽在缩窄，其向外海方向的长度也在缩短，但始终保持一条较顺直的深槽；龙屎窟水道深槽不断地萎缩，已接近衰亡；洪湾水道深槽在淤高变浅，其进、出口逐渐淤出两块心滩，前者使进口河道曲率增大，后者左侧有一条涨潮冲刷沟，右侧为落潮冲刷沟。

（3）拦门沙前缘不断向口外延伸。从5m等深线变化可见，拦门沙外延速率1964~1971年比1946~1964年明显加快。

2. 近期演变分析

（1）磨刀门水域岸线边界变化分析

从20世纪80年代中开始，磨刀门整治工程的实施使磨刀门发生显著变化，口门内外河势变化表现出新的特点。整治后西江水流经灯笼山下泄后，分为磨刀门水道、洪湾水道和白龙河分流入海，其中磨刀门水道是泄洪纳潮的主干道，河道受东、西治导堤的约束，河宽为2200~2300m；洪湾水道受南、北治导堤约束，河宽为500m，成为一条规则的水道，分泄部分洪水和接纳经澳门水道上溯的潮流；白龙河则主要为排水通道，承泄白藤湖垦区及白蕉联围界河水闸的排水。

根据收集到的遥感资料，制作工程附近区域1978~2011年岸线变化对比图，生动反映了1978年以来岸线边界变化的情况。并统计各时段内滨岸滩涂围垦的面积和口门治理工程后的口门延伸长度（表3.2.3-1所示）。

表 3.2.3-1 磨刀门围垦面积与岸线伸长统计表

年份 区域	1978-1988	1988-1992	1992-1995	1995-1999	1999-2005	2005-2011
三灶岛及三灶湾片围垦面积 (km ²)	37.04	3.26	3.15	0.00	3.08	0.00
鹤洲北垦区、鹤洲南片及交杯沙围垦面积 (km ²)	18.36	0.00	31.27	1.08	0.78	0.58
鹤洲北垦区、鹤洲南片及交杯沙向外海延伸长度 (km)	3.75(A-B)	0.00	9.0(B-C)	0.00	3.714(C-D)	0.00
洪湾北片围垦面积 (km ²)	3.07	9.17	1.23	0.00	0.00	0.00
横琴岛填海围垦面积 (km ²)	0.00	0.00	22.99	2.74	3.97	0.00
横琴岛西岸向北延伸长度 (km)	0.00	0.00	6.378(E-F)	0.00	0.00	0.00
路环岛、丞仔岛围垦面积 (km ²)	0.48	3.20	2.34	0.29	1.01	1.15

由以上图表分析，磨刀门岸线变化受整治工程影响，具有以下变化特征：

①1978年~1980年代初，受岛屿屏障影响，口门多，分隔浅滩多，岸线边界复杂。

上世纪80年代，磨刀门内海区整治工程实施前，自灯笼山以下由东而西分别由洪湾水道、横洲水道、白龙河和大二门水道出海。各水道径、潮流分配不一，涨落潮相位不同，径流与潮流交汇点众多，径、潮流顶托现象明显，造成河道严重淤积、拦门沙发育，深槽不连续，严重影响了泄洪纳潮通道畅通。

②1980年代中~1999年，受磨刀门治理开发工程影响，磨刀门水道岸线规则化、堤线化，形成一主一支的河道格局；磨刀门水道西边滩局部扩展明显。

从图中可见，经过整治，磨刀门水道一主一支格局基本形成，磨刀门内海区不复存在，磨刀门河口向外延伸，从1978年~1999年间磨刀门口门从鹤洲移向横洲口门，向海延伸约12.75km。横洲主槽西侧自鹤洲经横洲至交杯沙，在原鹤洲浅滩的基础上沿西堤逐渐淤积形成边滩，即使高水位滩头也出水，将水流挑向东岸。

③1999年~现今，鹤洲及白龙河片大堤缺口封闭，横洲交杯沙堤线加固，岸线变化总体较小。

总的来说，从1978年~2011年间磨刀门河口向外延伸约16.5km，磨刀门附近水域围垦面积约135km²，其中整治工程实施以来内海区围垦面积最大。

(2) 磨刀门水域各河段河床冲淤变化分析

①百顷头-灯笼山网河段河床变化分析

普遍认为，近 20 年的大规模河道采砂，造成西北江三角洲河床由总体缓慢淤积变为急剧、持续的下切。

对比 1981 年、1999 年、2005 年测图，可知磨刀门两岸防洪堤防都有所加高、加固，岸线基本稳定，滩槽位置相对固定，但河床下切比较剧烈。1981 年~1999 年的 18 年间磨刀门水道（百顷头-灯笼山）2m 以下河道容积差为 3223 万 m^3 ，冲刷深度 0.9m，年均冲刷深度为 0.05m。1999 年~2005 年 6 年间磨刀门水道（百顷头-灯笼山）2m 以下河道容积差为 8526 万 m^3 ，冲刷深度 1.40m，年均冲刷深度为 0.23m。。

可见从 1999 年到 2005 年，河槽容积全程加大，表现为全河段冲刷。

②灯笼山-横洲口段河床变化分析

磨刀门口门的治理开发工程于八十年代中期开始实施。整治后磨刀门河口向外延伸 15km，灯笼山~横洲口（大井角）由浅海区成为磨刀门水道出海的主干。全河段平均河宽缩窄，平均水深和断面容积均呈增加趋势。2000 年以后，该水道的河势基本稳定：右岸边滩长约 13km，宽度约 1km，顶面呈微淤趋势；左岸深槽呈冲刷状态，宽度为 1~1.5km。

根据 2000 年、2003 年、2005 年、2007 年及 2008 年的水深地形图，设置河床断面进行分析。该河段河床变化具有如下特征：

- A.两侧岸线基本稳定，这主要是水利部门的治理将河道两岸用石堤维护的影响；
- B.右边滩发育，由鹤洲涌至石栏洲之间宽约 1km 的边滩长达 13km；
- C.磨刀门主干呈现右侧边滩微淤、左侧深槽冲刷的总体特征；
- D.灯笼沙河段河床断面呈“W”形，平面变化较小，但左右两汊水深变大，均为冲刷状态，灯笼沙尾则呈淤积趋势，并向南推移。
- D.灯笼山—横洲段深泓线冲深，下段尤其明显。

根据本河段河势变化和泥沙冲淤变化的特点，将该河段分成 13 区~16 区共 4 个区，以绘图水位为计算基准面，岸边到 0m 水深线，分析各区河床的冲淤变化。13 区为磨刀门主干（即图示交杯沙水道）的深槽区域，14 区为边滩区域，15 区为磨刀门主干、洪湾水道分流口，16 区包含了整个灯笼沙。

13 区从 2003 年~2008 年的 5 年间一直呈冲刷趋势。2003 年~2005 年，冲刷总量为 371.6 万 m^3 ，每年冲刷 185.8 万 m^3 ；2005 年~2008 年冲刷总量为 106.1 万 m^3 ，每年冲刷 64.04 万 m^3 ；年均冲刷量呈减少趋势。14 区整体呈淤积趋势。2003 年~2005 年，淤积量为 118.6 万 m^3 ，每年淤积 59.3 万 m^3 ；2005 年~2008 年呈微冲状态，冲刷量为 25.46

万 m³，相当于每年冲刷 8mm。近年来，边滩部位一直存在人工挖沙现象，2008 年较 2005 年呈冲刷现象，可能与人工挖沙有关。

15 区 2003 年~2005 年呈冲刷趋势，每年的冲刷量为 142.2 万 m³；而 2005 年~2008 年则呈淤积状态，每年的淤积量为 53.99 万 m³，淤积部位主要集中在灯笼沙尾的浅滩区域。16 区 2005 年~2008 年也呈冲刷状态，每年的冲刷量为 193.41 万 m³，每年的平均冲深为 0.19m。

③磨刀门口门外滩槽冲淤变化分析

为说明磨刀门口门外拦门沙区冲淤变化特征，根据 2008 年等深线将磨刀门口门外分为六区：横琴岛南侧（A 区）、东汉（B 区）、拦门沙顶端区（C 区）、西汉（D 区）、交杯沙南汉（E 区）、拦门沙西侧浅滩区（F 区）。

各区冲淤特征统计见表 3.2.3-2 所示。从中可以看出，30 年来除拦门沙西侧浅滩所在 E、F 区呈现淤积态势，其它各浅滩区均以冲刷为主，且不同年代之间具有不同的冲淤特征。

表 3.2.3-2 口门外各区冲淤变化统计表

区号	1977~1984 年			1984~2000 年			2000~2005 年			2005~2011 年		
	容积	水深	速率	容积	水深	速率	容积	水深	速率	容积	水深	速率
	(万 m ³)	(m)	(m/a)	(万 m ³)	(m)	(m/a)	(万 m ³)	(m)	(m/a)	(万 m ³)	(m)	(m/a)
A	-8.06	0	0	-237.04	-0.14	-0.01	294.65	0.17	0.03	12.11	0.04	0.005
B	-195.53	-0.32	-0.04	60.74	0.1	0.01	503.15	0.84	0.14	165.88	0.27	0.04
C	62.65	0.05	0.01	-451.41	-0.36	-0.02	140.91	0.1	0.02	819.48	0.68	0.1
D	-81.2	-0.07	-0.01	-1014.91	-0.71	-0.04	1300.54	1	0.17	468.01	0.4	0.06
E	-338.29	-0.52	-0.06	202.56	0.3	0.02	39.63	0.15	0.03	55.81	0.03	0
F	-1092.21	-0.33	-0.04	0	0	0	-4169.44	-1	-0.17	-101.36	-0.15	-0.02

注：负值代表淤积；正值代表冲刷。

A 区（横琴岛南侧近岸水域）1977~2011 年间以轻微冲刷为主，30 年内冲刷约 0.06m，珠基 0m 以下容积增加 62 万 m³。其中，2000 年前以淤积为主，淤积速率小于 0.01m/a；2000~2005 年间由淤转冲，冲刷速率为 0.03m/a，2005 年后冲淤基本平衡，达到稳定状态。

东汉所在 B 区以冲刷为主，1977~2011 年间平均水深加深 0.88m，容积增加 534 万 m³，其中在 1984~2005 年间冲刷尤为剧烈，冲刷速率在 0.1m/a 以上，这与“98·6”、“2005.6”大洪水的冲缺作用密切相关；近期东汉冲刷速率为 0.05m/a，冲刷强度有所放缓，东汉成为磨刀门出海支汊。

1977~2011 年间中央拦门沙所在 C 区以冲刷为主，平均水深增加 0.47m，容积增加 571 万 m^3 。中央拦门沙在 2005 年以前以淤积为主，1977~2005 年间淤浅约 0.2m；2005 年后由淤转冲，且冲刷剧烈，4 年间平均水深增加 0.68m。

西汉所在 D 区 1977~2011 年间以冲刷为主，平均水深增加约 0.62m，容积增加 672 万 m^3 ，但各年代之间冲淤转换剧烈。2000 年以前以淤积为主，1984~2000 年间淤厚约 0.71m；2000 年之后由淤转冲，2000~2011 年间共计冲刷 1769 万 m^3 ，2005 年后冲刷强度有所放缓，但仍大于东汉冲刷速率。

1977~2011 年间 E 区以轻微淤积为主，30 年内共淤厚 0.03m，容积减少 40 万 m^3 。不同时期冲淤速率有所不同，1977~1984 年间淤积强度最大，速率为 0.06m/a，容积减少 338 万 m^3 ；2000~2005 年冲刷强度最大，速率为 0.03m/a，近年来冲淤基本达到平衡。

F 区 1977 年以来以淤积为主，30 年共淤浅 1.6m，容积减少 6300 万 m^3 。2000~2005 年间淤积强度最大，水深减少 1m，平均淤积速率 0.17m/a，2005~2011 年间淤积强度有所放缓，淤积速率在 0.02m/a 左右。

（3）演变趋势分析

磨刀门水道的演变，是水流冲淤和人为共同作用的结果，其中以人为作用因素为主，到 2000 年，磨刀门水道的河道岸线整治基本完成。

磨刀门水域受整治工程、航道疏浚、人为挖沙等人类活动的影响，深槽可能进一步扩展，槽道将更为顺畅，水动力将有所增强，横洲口内水域深槽将仍会以冲刷为主，边滩保持稳定。口外拦门沙受上游来水来沙的年际变化影响，拦门沙位置有时内移、有时外推，但总体呈向外推移的趋势；西汉、东汉深槽头部存在拦门沙坎，与拦门沙连成一体，其宽度和水深将随上游水沙条件的变化而变化；东汉呈发展趋势，但西汉仍是水流通道的主槽；西汉进一步发展，可能将出现二级分汊和二级拦门沙。

《珠江河口综合治理规划》针对新的水文情况和河口区的主要问题，提出应巩固磨刀门在分泄流域洪水中的主导地位。随着河道管理力度的加强，通过禁止人为的乱围乱占、随意的挖沙抛沙，配合合理的河道疏浚整治工程，磨刀门水道及口外水域最终将趋于稳定发展之势。在河道及河岸范围的工程建设，必须密切关注对河道的动力影响，以确保磨刀门水域河势趋向稳定，达到河床冲淤平衡。

3.2.4 区域地质构造及工程地质

3.2.4.1 区域地质构造

本工程场区位于南岭构造带的南缘、新华夏系第二隆起的西南端，南部与新华夏系第一沉降褶皱带中的珠江口盆地相毗邻。近场区西江断裂南段在磨刀门附近是由 5~6 条断层组成的两组断阶带，SW 倾向，沿磨刀门水道展布，为正断层。此断层为晚更新世断裂，断裂近场区沿西江断裂未发生过破坏性地震，断层对工程影响小。

由于本项目工程线路下穿磨刀门水道，西江断裂在磨刀门水道与本线现贯通方案相交于 CK8+930 附近。西江断裂为张扭性断裂，全长约 200km，顺西江干流和磨刀门水道展布。据邻近珠机城际铁路、粤西沿海高速磨刀门大桥、珠海隧道、洪鹤大桥、香海大桥等工程地震安评报告及区内 1990-2013 年多项研究成果，测区内为西江断裂南段，为北西向断裂，走向约 330°，倾向北东，倾角 60~80°，多隐伏于第四系下，发育于燕山期花岗岩中，为晚更新世活动断裂。该断层活动年代在 1 万年前，活动速率为 0.92~1.32mm/a，活动方式以蠕滑为主，兼少量粘滑。断裂最后一次强烈活动发生在晚更新世末期，全新世中期以来，尤其距今 2500 年以来的全新世晚期沉积物在西江磨刀门一带是相当稳定的。断裂近场区沿西江断裂未发生过破坏性地震，断层对工程影响小。西江断裂与本线贯通方案相交于 CK10+375 附近。据物探及邻近工程钻探揭示，断层破碎带宽约 150m，基岩面以上覆盖层厚度约 80~85m。西江断裂本段为晚更新世断裂，不影响线位方案及具体桥隧工程类型的选择。

3.2.4.2 工程地质

本节主要引用《广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段工程地质勘察报告（CK4+430.00~CK16+416.02）》中的相关内容进行论述分析，

该次勘察共在海上布置了 15 个钻孔。

根据本次勘测资料揭示，场区的岩土层按其成因分类主要有：第四系全新统填土层（ Q_4^{ml} ）；第四系全新统海陆相交互沉积层（ Q_4^{mc} ）淤泥、淤泥质粉质黏土、粉质黏土、粉砂、细砂、中砂、粗砂、砾砂；下伏基岩为寒武系（ ϵ ）变质砂岩及燕山期（ γ_5^{2-3} ）花岗岩，其中寒武系与燕山期岩层呈侵入接触。各岩土层地层岩性由上及下、由新到老叙述如下：

（1）填土层（ Q_4^{ml} ）

0 填土：主要为杂填土，黄褐色，稍密~中密，主要由黏性土夹建筑垃圾及花岗岩碎块堆积而成，层厚 0.4~11.2m，平均厚度 2.92m，主要分布于塘埂、道路、房屋等附近，局部堤岸、道路附近厚度大于 10m。

（2）第四系海陆沉积层（Q₄^{mc}）

1-1 淤泥：深灰色、灰褐色，流塑，局部软塑，土质较均匀，刀切面较光滑，局部夹粉细砂及淤泥质粉质黏土，具腐殖质有明显腥臭味，层厚 7.0~29.0m，平均层厚 13.34m，层面埋深 0.0~34.0m，该层广泛分布。

1-2 淤泥质粉质黏土：灰褐色，软塑，局部流塑，土质较均匀，刀切面较光滑，局部含粉砂和淤泥，可搓 1~3mm 泥条，偶见贝壳碎屑，含有机质，具腥臭味，层厚 1.4~34.9m，平均层厚 13.1m，层面埋深 0.5~65.5m，该层广泛分布。

2-3 粉质黏土：黄褐色，软塑状，土质较均匀，切面较光滑，主要成分由黏粉粒组成，含少量砂粒，黏性一般，局部夹少量砾石，层厚 0.9~10.6m，平均厚度 4.2m，层面埋深 0~62.4m，该层在隧址内局部有分布。

1-1 粉砂：褐层~灰色，松散状，饱和，砂质不均匀，级配较差，成分以石英，长石为主，中夹少量贝壳碎片及黏性土，层厚 2.3~6.6m，平均厚度 4.51m，层面埋深 3.7~55.0m，该层在隧址内局部有分布。

2-1 细砂：褐灰色，松散，局部稍密，饱和，砂质不均匀，级配较差，成分以石英，长石为主，中夹少量贝壳碎片及黏性土，层厚 2.3~15.7m，平均厚度 7.61m，层面埋深 3.8~81.6m，该层在隧址内局部有分布。

3-2 中砂：褐灰色，稍密，饱和，砂质不均匀，级配较差，成分以石英，长石为主，中夹少量贝壳碎片及黏性土，层厚 3.2~5.2m，平均厚度 4.2m，层面埋深 56.8~61.8m。

4-3 粗砂：灰褐色，饱和，中密，颗粒主要成分为石英，含少量黏性土，层厚 3.3~16.5m，平均厚度 9.88m，层面埋深 48.6~85.0m，该层在隧址内局部有分布。

5-3 砾砂：灰白色，饱和，中密，分选性较好，主要成分为石英，局部夹有薄层可塑状黏性土，层厚 15.0m，层面埋深 46.1，该层在隧址内局部分布。

（3）寒武系（Є）

隐伏分布于 CK5+550~CK9+980 范围。

1-1 变质砂岩：褐黄~褐红色，全风化，原岩结构构造已基本遭风化破坏，仅局部残留特征尚可辨认，岩芯多呈砂土状，本次钻探揭示层厚 17.9~36.5m，平均厚度 26.73m，层面埋深 39.6~70.4m。

1-2 变质砂岩：褐黄色~灰青色，强风化，节理裂隙发育，岩体较破碎，岩心以碎块状为主。层厚 0.8~20.0m，平均厚度 8.93m，层面埋深 31.3~57.5m。

1-3 变质砂岩：灰青色，弱风化，砂质结构，层状构造，裂隙较发育，岩质较硬，

锤击声脆，岩芯呈柱状为主，少量短柱状及块状，层厚 6.5~22.3m，平均厚度 12.25m，层面埋深 20.0~90.2m。饱和抗压强度统计值 $R_c=46.0\text{MPa}$ 。

（4）燕山期（ γ_5^{2-3} ）

隐伏分布于 CK4+430.00~CK5+550、CK9+980~CK16+416.02 范围。

1-1 花岗岩：褐黄色，全风化，原岩结构构造已基本遭风化破坏，局部残留尚可辨认，岩芯呈砂土状，层厚 1.1~21.2m，平均厚度 12.2m，层面埋深 36.3~70.5m。

1-2 花岗岩：灰白色，强风化，中粗粒结构，块状构造，节理裂隙发育，局部裂面可见泥质浸染，岩质较硬，锤击声哑，岩芯呈碎块状、饼状，局部少量短柱状，层厚 1.7~17.7m，平均厚度 8.03m，层面埋深 57.5~88.3m。

1-3 花岗岩：灰白色，弱风化，中粗粒结构，块状构造，岩石主要矿物成分为长石、石英，节理裂隙较发育，岩质硬，锤击声脆，岩芯多较完整，局部破碎，呈长柱状、短柱状夹少量饼状、块状，钻探揭示层厚 6.1~10.1m，平均厚度 8.73m。饱和抗压强度统计值 $R_c=70.2\text{MPa}$ 。

3.2.4.3 场地稳定性评价

（1）场地及地基等级的评价

场地内存在较厚的软弱土，属抗震不利地段，不良地质作用不发育，隧道建设穿越航道，地表水和地下水丰富，场地等级属中等复杂场地，地基土或隧道围岩，岩性较不均一，性质变化较大，地基等级为中等复杂地基。

（2）建筑场地类别及场地土类型评价

根据现行建筑抗震设计规范（GB50011-2010）及《中国地震动参数区划图》（GB180036-2001），本场地土类型属于软弱土场地，建设场地类别为IV类。从岩土工程角度出发，场地内不良地质作用（如砂土液化、软土震陷等）可通过岩土治理加以解决。场地稳定，适宜隧道工程建设。

（3）地质构造评价

经物探及钻探揭示，在隧址区 CK10+375 附近发育有西江断裂影响带，其第四系软土、砂土覆盖层厚约 80~85m。断层附近岩体较破碎，在设计和施工中应引起重视。

另根据钻孔揭示，寒武系（ ϵ ）变质砂岩与燕山期（ γ_5^{2-3} ）花岗岩于 CK5+540、CK9+910 附近呈侵入接触，接触带附近岩体软硬不均，岩体多较破碎。在设计与施工中应该加强支护。

3.2.5 海洋环境质量现状

3.2.5.1 调查概况

本次引用广东宇南检测技术有限公司于 2024 年 3 月 31 日至 4 月 1 日（春季）在项目附近海域开展的海洋环境现状调查资料进行评价，该次调查共设置了 20 个海水水质调查站位、10 个海洋沉积物调查站位、12 个海洋生态调查站位和 4 条潮间带调查断面。

表 3.2.5-1 2024 年春季海洋环境现状调查站位表

站位	东经	北纬	调查内容
S1			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S2			水质
S3			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S4			水质
S5			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S6			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S7			水质
S8			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S9			水质、海洋生态环境（含渔业资源）
S10			水质
S11			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S12			水质
S13			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S14			水质、海洋生态环境（含渔业资源）
S15			水质
S16			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S17			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S18			水质、沉积物、海洋生态环境（含渔业资源）
S19			水质
S20			水质
C1			潮间带调查断面
C2			潮间带调查断面
C3			潮间带调查断面
C4			潮间带调查断面

3.2.5.2 海水水质现状调查及评价

①第一类区

本次调查位于第一类区的海水水质调查站位有 9 个。评价结果显示，9 个调查站位中的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、活性磷酸盐、挥发酚、铜、铅、镉、铬、汞、砷、镍、硒的监测结果均符合海水水质第一类标准，仅部分站位中的石油

类、无机氮和锌的监测结果不能满足第一类海水水质标准要求。其中石油类有两个站位超标（S11、S15），最大超标倍数约为 0.270，能满足第三类海水水质标准要求。无机氮有 5 个站位超标，最大超标倍数约为 2.125，除了 S11 同时也不能满足第四类海水水质标准要求外；其他超标站位中的无机氮监测结果能满足第二类标准要求。锌有 2 个站位超标，最大超标倍数约为 0.365，但均能满足第二类标准要求。

②第二类区

本次调查位于第二类区的海水水质调查站位有 11 个。评价结果显示，各调查站位中的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、活性磷酸盐、挥发酚、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒的监测结果均符合海水水质第二类标准，仅石油类和无机氮的监测结果不能完全满足第二类海水水质标准要求。其中石油类有一个站位超标，超标倍数约为 0.318，能满足第三类海水水质标准要求。无机氮最大超标倍数约为 0.947，其中 S4、S13 和 S14 站位中的无机氮监测结果能满足第三类海水水质标准要求，S6、S7、S12、S17 站位中的无机氮监测结果能满足第类海水水质标准要求，而 S20 站位中的无机氮监测结果也不能满足第四类海水水质标准要求。

调查结果显示，调查海域的海水水质总体不能达标，主要超标因子为无机氮和石油类，可能受沿岸生活污染源和海上船舶污染源等的影响所致。

3.2.5.3 沉积物质量现状调查与评价

本次引用广东宇南检测技术有限公司于 2024 年 3 月 31 日至 4 月 1 日（春季）在项目附近海域开展的海洋沉积物环境现状调查资料进行评价，该次调查共设置了 10 个海洋沉积物调查站位。

调查结果显示，调查海域表层沉积物砂含量在 1.59%~73.62%之间，平均值为 30.10%；粉砂含量在 20.86%~74.96%之间，平均值为 49.97%；粘土含量在 5.40%~38.39%之间，平均值为 19.%。平均粒径(MZ)变化范围是(0.003~0.059)mm，平均值为 0.022mm。中值粒径 (Md) 变化范围是 (3.76~8.64) ϕ ，平均值为 6.893 ϕ 。表层沉积物类型为砂质粉砂和粘土质粉砂。

由调查及评价结果可知，所有站位中的有机碳、硫化物、总汞、铅和铬的现状监测结果均符合海洋沉积物第一类标准。有 3 个站位海洋沉积物中的砷的监测结果不能满足第一类标准要求，最大超一类标准限值倍数约为 0.32，但均能满足第二类海洋沉积物质量标准要求。有 5 个站位海洋沉积物中的铜的监测结果不能满足第一类标准要求，最大

超一类标准限值倍数约为 0.41，但均能满足第二类海洋沉积物质量标准要求。有 3 个站位海洋沉积物中的锌的监测结果超标，最大超标倍数约为 0.20，但均能满足第二类海洋沉积物质量标准要求。有 3 个站位海洋沉积物中的镉的监测结果不能满足第一类标准要求，最大超一类标准限值倍数约为 1.70，但均能满足第二类海洋沉积物质量标准要求。有 1 个站位海洋沉积物中的石油类的监测结果不能满足第一类标准要求，最大超一类标准限值倍数约为 0.50，但均能满足第二类海洋沉积物质量标准要求。

3.2.5.4 海洋生物质量现状调查与评价

本次引用广东宇南检测技术有限公司于2024年4月1日至4月2日（春季）在项目附近海域开展的海洋生物质量现状调查资料进行评价，该次调查选取潮间带调查的贝类常见种和优势种进行分析，分析其体内总汞、铜、铅、镉、锌、铬、砷、石油烃共8项指标。

由调查和评价结果可知，本次采集的 4 个贝类样品中的汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬、石油烃等含量均能满足《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的第一类标准要求。总体上，调查期间，调查海域的海洋生物质量现状良好。

3.2.6 海洋生态环境质量现状调查与评价

3.2.6.1 调查概况

论证单位委托广东宇南检测技术有限公司于 2024 年 4 月 1 日~4 月 2 日（春季）在项目附近海域开展的海洋环境现状调查资料。本次调查布设海洋生态调查站位 12 个、潮间带调查断面 4 个。

3.2.6.2 叶绿素 a 和初级生产力

使用紫外分光光度法测定叶绿素 a 含量，初级生产力采用叶绿素 a 法，按照联合国教科文组织（UNESCO）推荐的公式计算，其结果见表 3.2.6-3。

调查海区叶绿素 a 含量范围是（1.22~2.65）mg/m³，平均值为 1.87mg/m³，其中，最高值出现在 S13 号站位，最低值出现在 S14 号站位。初级生产力变化范围是（45.74~323.88）mg·C/m²·d，平均值是 172.69mg·C/m²·d，S16 号站位最高，S6 号站位最低。

3.2.6.3 浮游植物

1、种类组成

本次调查海域各站位共鉴定出浮游植物 6 门 110 种。其中，硅藻门种类数最多，为 58 种，占总种类数的 52.73%；甲藻门为 27 种，占总种类数的 24.55%；绿藻门为 16 种，占总种类数的 14.55%；蓝藻门为 6 种，占总种类数的 5.45%；金藻门为 2 种，占总种类数的 1.82%；隐藻门为 1 种，占总种类数的 0.91%。

2、密度分布

本次调查中各门类的细胞密度相差较大，其中金藻门的平均细胞密度为 $2.34 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的百分比不足 0.01%；隐藻门的平均细胞密度为 $3.82 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的百分比不足 0.01%；绿藻门的平均细胞密度为 $84.90 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的 0.03%；蓝藻门的平均细胞密度为 $278.32 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的 0.11%；甲藻门平均细胞密度为 $656.95 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的 0.27%；硅藻门平均细胞密度为 $244227.77 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，占总密度的 99.58%。详见图 3.2.6-1。

12 个站位浮游植物的细胞密度介于 $(482.37 \sim 1092939.53) \times 10^3 \text{cell/m}^3$ 之间，平均密度为 $245254.10 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ，其中 S11 号站位样品细胞密度最高，S5 号站位细胞密度最低。

3、优势种

本次调查期间该海域浮游植物优势种类共 2 种。其中，颗粒直链藻为第一优势种，优势度为 0.799，平均细胞密度为 $235215.90 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ ；颗粒直链藻极狭变种为第二优势种，优势度为 0.021，平均细胞密度为 $7863.28 \times 10^3 \text{cell/m}^3$ 。

3、多样性指数、均匀度指数和丰富度指数

调查期间该海域浮游植物多样性指数范围在 $(0.182 \sim 4.160)$ 之间，平均值为 2.165，最高值出现在 S8 号站位，为 4.160，最低值出现在 S17 号站位，为 0.182；均匀度指数范围在 $(0.041 \sim 0.726)$ 之间，平均值为 0.392，最高值出现在 S8 号站位，为 0.726，最低值出现在 S17 号站位，为 0.041；丰富度指数范围在 $(1.213 \sim 8.039)$ 之间，平均值为 4.889，最高值出现在 S9 号站位，为 8.039，最低值出现在 S11 号站位，为 1.213。

3.2.6.4 浮游动物

1、种类组成

本次调查海域各站位共鉴定出浮游动物 11 类群 57 种。其中桡足类最多，有 17 种，占浮游动物总物种数的 29.82%；浮游幼体有 12 种，占浮游动物总物种数的 21.05%；枝角类有 9 种，占浮游动物总物种数的 15.79%；腔肠动物有 7 种，占浮游动物总物种

数的 12.28%；被囊类有 4 种，占浮游动物总物种数的 7.02%；毛颚类和端足类各有 2 种，各占浮游动物总物种数的 3.51%；涟虫类、十足类栉水母动物和轮虫各 1 种，各占浮游动物总物种数的 1.75%。

2、密度分布

本次调查浮游幼体占优势，占浮游动物总丰度的 36.15%。浮游幼体 ($153.99\text{ind}/\text{m}^3$) > 枝角类 ($116.08\text{ind}/\text{m}^3$) > 桡足类 ($78.67\text{ind}/\text{m}^3$) > 腔肠动物 ($33.26\text{ind}/\text{m}^3$) > 被囊类 ($13.68\text{ind}/\text{m}^3$) > 轮虫 ($11.34\text{ind}/\text{m}^3$) > 毛颚类 ($7.23\text{ind}/\text{m}^3$) > 端足类 ($5.94\text{ind}/\text{m}^3$) > 栉水母动物 ($4.03\text{ind}/\text{m}^3$) > 十足类 ($1.41\text{ind}/\text{m}^3$) > 涟虫类 ($0.29\text{ind}/\text{m}^3$)。

12 个站位浮游动物密度范围为 ($59.09\sim 960.00$) ind/m^3 ，平均密度为 $425.93\text{ind}/\text{m}^3$ ，最高密度出现在 S6 号站位，最低在 S13 号站位；生物量范围为 ($36.61\sim 1244.85$) mg/m^3 ，平均生物量为 $342.49\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中最高生物量出现在 S6 号站位，最低在 S1 号站位。

3、优势种

调查期间该海域浮游动物优势种类有鸟喙尖头蚤、太平洋纺锤水蚤、短尾类溞状幼体、箭虫幼体、桡足类无节幼体和指突水母属，这 6 种浮游动物占有所有浮游动物总丰度的 50.71%。优势度最高的种类是短尾类溞状幼体，优势度为 0.123，平均丰度为 $52.414\text{ind}/\text{m}^3$ ，出现频率为 100%，在 S18 号站位丰度最高。

4、多样性指数、均匀度指数和丰富度指数

调查期间该海域浮游动物多样性指数范围在 ($2.034\sim 3.708$) 之间，平均值为 2.935，最高值出现在 S6 号站位，为 3.708；均匀度指数范围在 ($0.456\sim 0.962$) 之间，平均值为 0.728，最高出现在 S14 号站位，为 0.962；丰富度指数范围在 ($1.205\sim 3.296$) 之间，平均值为 2.370，最高出现在 S6 号站位，为 2.370。

3.2.6.5 大型底栖生物

1、种类组成

调查海域共采集鉴定出大型底栖生物 6 门 24 种，其中环节动物种类最多，为 11 种，占总种类数的 45.83%；软体动物为 8 种，占总种类数的 33.33%；棘皮动物为 2 种，占总种类数的 8.33%；节肢动物、纽形动物和螯虫动物均为 1 种，各占总种类数的 4.17%。

2、栖息密度与生物量

调查海域大型底栖生物栖息密度以环节动物为主，其平均密度为 $12.96\text{ind}/\text{m}^2$ ，占总密度的 43.75%；其次为棘皮动物和软体动物，平均密度均为 $5.19\text{ind}/\text{m}^2$ ，各占 17.50%；

节肢动物最低，平均密度为 $0.37\text{ind}/\text{m}^2$ ，占 1.25%。生物量则以蠕虫动物为主，平均生物量为 $11.944\text{g}/\text{m}^2$ ，占 81.27%；其次为软体动物，平均生物量为 $1.023\text{g}/\text{m}^2$ ，占 6.96%；最低为节纽形动物，平均生物量为 $0.056\text{g}/\text{m}^2$ ，仅占 0.38%。

调查海域各站位大型底栖生物的密度介于（8.89~57.78） ind/m^2 之间，平均密度为 $29.63\text{ind}/\text{m}^2$ ，其中最高值出现在 S16 号站位；大型底栖生物的生物量介于（0.458~94.289） g/m^2 之间，平均生物量为 $14.697\text{g}/\text{m}^2$ ，最高出现在 S16 号站位。

3、优势种

调查期间该海域大型底栖生物第一优势种为光滑倍棘蛇尾，优势度为 0.081，平均栖息密度为 $4.81\text{ind}/\text{m}^2$ ，出现频率 50.00%，该种在 S16 号站位分布密度最高，栖息密度为 $22.22\text{ind}/\text{m}^2$ ；第二优势种为奇异稚齿虫，优势度为 0.063，平均栖息密度均为 $4.44\text{ind}/\text{m}^2$ 。

4、多样性指数与均匀度和丰富度指数

各站位大型底栖生物多样性指数的变化范围为（1.000~2.750），平均值为 1.866，其中 S6 号站位最高，为 2.750，S11 号站位最低，为 1.000；均匀度变化范围为（0.763~1.000），平均值为 0.935，其中 S3、S11 和 S17 号站位最高且达到 1.00，S18 号站位最低，为 0.763；丰富度指数变化范围为（0.780~2.885），平均值为 1.819，其中 S6 号站位最高，为 2.885，S16 号站位最低，为 0.780。

3.2.6.6 潮间带生物

1、种类组成

本次调查海域 4 个潮间带断面共采集鉴定出潮间带生物 3 门 15 种（含定性种类），其中节肢动物和软体动物种类均为 7 种，占总种类数的 46.67%；环节动物为 1 种，占总种类数的 6.67%。

2、栖息密度与生物量

定量调查断面潮间带生物平均栖息密度为 $31.56\text{ind}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $106.49\text{g}/\text{m}^2$ 。平均栖息密度最高为软体动物，为 $18.67\text{ind}/\text{m}^2$ ，占总密度的 59.15%；环节动物最低，为 $0.89\text{ind}/\text{m}^2$ ，占比 2.82%。平均生物量最高为软体动物，为 $100.02\text{g}/\text{m}^2$ ，占总生物量的 93.93%；环节动物最低，为 $0.037\text{g}/\text{m}^2$ ，占比 0.04%。

a. 栖息密度与生物量的水平分布

定量调查断面的水平分布方面，各断面潮间带生物栖息密度表现为： $C2 > C1 > C4$

>C3，其中 C2 断面的栖息密度最高，为 37.33ind/m²，C3 断面的栖息密度最低，为 26.67ind/m²；生物量表现为：C2>C4>C1>C3，其中 C2 断面的生物量最高，为 127.40g/m²；C3 断面的生物量最低，为 65.45g/m²。

b. 栖息密度与生物量的垂直分布

定量调查断面的垂直分布方面，潮间带生物平均栖息密度表现为：中潮带>高潮带>低潮带，其中，中潮带平均栖息密度最高，为 44.00ind/m²，低潮带平均密度最低，为 17.33ind/m²；平均生物量表现为：中潮带>低潮带>高潮带，其中中潮带平均生物量最高，为 200.89g/m²，高潮带平均生物量最低，为 58.79g/m²。

3、优势种

调查期间该海域潮间带生物第一优势种为熊本牡蛎，优势度为 0.264，平均栖息密度为 6.44ind/m²，出现频率 100.00%；第二优势种为网纹纹藤壶，优势度为 0.245，平均栖息密度为 6.00ind/m²，出现频率 100.00%。

4、多样性指数、均匀度指数和丰富度指数

各站位潮间带生物多样性指数的变化范围为（2.624~2.843），平均值为 2.763，其中 C4 断面最高，为 2.843，C2 断面最低，为 2.624；均匀度的变化范围为（0.808~0.930），平均值为 0.866，C3 断面最高，为 0.930，C1 断面最低，为 0.808；丰富度指数变化范围为（1.427~2.749），平均值为 1.815，其中 C1 断面最高，为 2.749，C3 断面最低为 1.427。

3.2.7 “三场一通道”分布情况

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

1、南海鱼类产卵场

本工程海域不在南海中上层鱼类产卵场内，也不在南海底层、近底层鱼类产卵场内。

2、南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域，保护期为 1-12 月，管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

3、南海区幼鱼、幼虾保护区

广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域均为南海区幼鱼、幼虾保护区，保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，期间禁止底拖网渔船和拖虾渔船以及捕捞幼鱼幼虾为主的其它作业渔船进入生产。本项目位于南海区幼鱼、幼虾保护区内。

3.2.8 珍稀海洋生物资源和典型生态系统

3.2.8.1 海洋自然保护区和珍稀海洋生物资源

本项目周边最近的海洋保护区为珠江口中华白海豚国家级自然保护区，主要的珍稀保护生物为中华白海豚。

1、中华白海豚保护区

珠江口中华白海豚国家级自然保护区位于珠江口，1999 年经广东省人民政府批准建立（粤办函〔1999〕583 号），2003 年 6 月升级为国家级自然保护区（国办发〔2003〕54 号）。保护区面积 46000 公顷，分三个功能区。

① 核心区：面积 140km²，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经 113°46′，南北范围为北纬 22°13′-22°22′；② 缓冲区：面积 128 km²，东边以香港特别行政区边界为界，西边为东经 113°43′，南北范围为北纬 22°11′-22°24′；③ 实验区：面积 192 km²，东边为东经 113°43′，西至为东经 113°40′。

本项目不在珠江口中华白海豚国家级自然保护区范围内，与其最近距离约为 22.6km。

2、中华白海豚的生物习性

中华白海豚（*Sousa chinensis*）在分类上属于哺乳动物纲、鲸目、海豚科、驼背豚属，该属与糙齿豚属、白海豚属的亲缘关系较近。体呈长圆柱形，中部肥硕。喙突狭长，喙额间有 V 形沟。体色随年龄而变化，幼体背部灰黑，腹部白色。成体全身乳白，背部有灰斑。背鳍、鳍肢及尾鳍棕灰色，眼黑色。背鳍较低矮，略呈三角形。中国境内的中华白海豚形态特征基本一致，与其他各地的中华白海豚最大的区别点在于背部及背鳍基部没有骆驼峰状的隆起。年龄段的划分主要是根据体色，但划分方法有所不同，珠江口的调查根据香港的调查方法分为 6 个年龄阶段：无斑点婴儿期（UC 期），体色纯灰；无斑点少年期（UJ 期），体色浅灰；斑点少年期（SJ 期），身上布满灰点；斑点亚成年期（SS 期）身体灰白各半；斑点成年期（SA 期），身上有少量灰点；无斑点成年

期（UA 期），浑身纯白，有的有少量灰点。雌性一般 9~10 年才能性成熟，雄性性成熟还要晚些。怀孕期约 11 个月左右。幼子出生主要集中在 1~8 月。刚出生的中华白海豚幼仔体长 100cm，雌中华白海豚的性成熟年龄约在一岁，雄中华白海豚的性成熟年龄偏晚。每年的春夏季节是中华白海豚的繁殖高峰期，但结果表明中华白海豚全年皆可繁殖。中华白海豚的年龄一般在 25-35 岁，最长的可达 50 岁，幼仔存活率在 95%左右。

中华白海豚的个体行为主要分为生理功能类、摄食类、抚幼类、性行为、逃避行为、休息行为、玩耍行为、头部行为、嬉肢行为、躯干行为、游动行为、出水行为。群体行为主要包括围捕、聚群捕食及其他同步行为。围捕是指三头上中华白海豚同步出水驱赶鱼群，伴有鱼群跃起，然后分开进行捕食；随后又聚群同步驱赶鱼群后再分开捕食，一般持续 3~5 次。聚群捕食是指中华白海豚群体同时在同一片区域（小范围）摄食，通常游速较快，伴有水平跳跃和弓形跳跃。由于受到野外观察条件限制，到目前为止，野外观察的馆类行为一般仅能划分为摄食、休息、玩耍、化群行为、迁移等几个较为宽泛的类别。

据李怡婷等（2014）三年的调查结果显示，中华白海豚的行为模式较为固定，以摄食行为为主，平均摄食时间所占总时间的比例为 60.49%，其中第一年和第二年的摄食时间所占总时间的比例均在 60%以上，第三年较低，平均 42.93%。其次是玩耍和休息，玩耍较休息多，三年平均值为 17.87%，休息行为的时间所占总时间的平均比例为 9.65%。抚幼和互作所占时间相对较少，三年平均值分别为 6.24%和 5.75%。

中华白海豚是近岸海洋生态系统的旗舰物种和指示物种，位于近岸海域食物链的顶端，具有重要的生态、科研和文化价值。中华白海豚在闽粤一带被渔民尊称为“妈祖鱼”，1997 年被遴选为香港回归祖国的吉祥物。保护中华白海豚对于维护海洋生物多样性有重要意义。

3、中华白海豚分布特征

（1）中华白海豚分布情况

根据陈涛等于 2019 年 2 月发表于 Wiley 的《Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis* in the Moyang River Estuary: The western part of the world's largest population of humpback dolphins)》，珠江口-莫阳江口中华白海豚种群从伶仃洋，沿横琴岛、高栏岛、荷包岛、大襟岛、广海湾、上、下川岛周围，向西经淇洲岛一直连续分布至海陵岛附近水域，是目前已知世界上最大中华白海豚种群。本项目不位于该种群的分布范围，与该种群分布范围的最近距离约为 5.5km。

根据《珠海长隆富祥岛填海工程海洋环境影响报告书》（2017），2014年出海监测珠江口中华白海豚资源，共计82航次，总航时达442小时，总航程达8716.3公里。成功目击中华白海豚共计476群次，中华白海豚共计2861头次，共收集超过21万张照片，其中1.8万张用于建档。至2014年12月31日，在泛珠江口海域共辨识1985头中华白海豚个体，其中东部种群（保护区所属内伶仃海域）累计辨识798头，所占比例达40.2%。珠江口东部、中部和西部种群2014年新增辨识个体分别为82、53和178头，其中各区之间有部分新增辨识个体重叠，整体新增辨识个体295头。

该次调查未在本项目用海范围内目击到中华白海豚。

（2）中华白海豚在分布上的季节性变化

珠江口中华白海豚的数量分布有明显的季节变化。冬季和春季珠江口中华白海豚的出现机率较高，目击次数较多，中华白海豚的群体规模亦较大。夏季和秋季的出现机率和出现数量则较少。

中华白海豚在珠江口的分布活动范围主要在伶仃洋自然保护区一带，季节和珠江流域的汛期变化，会令中华白海豚的分布出现南北移动。冬季时，中华白海豚主要分布在自然保护区北部的内伶仃岛周围水域，在大屿岛西侧的保护核心区。在冬天，中华白海豚出现的次数较多，群体规模也较大。在淇澳岛、香港和澳门对开的伶仃洋西侧水域，中华白海豚活动比较分散，群体规模较小。在春季时，中华白海豚分布比较集中在自然保护区的核心区和缓冲区，是一年之中中华白海豚目击次数和数量最多的季节，尤其是在内伶仃岛南侧、马友石和大屿岛西侧的核心保护区水域，中华白海豚出现次数多，群体规模大；和保护区内中华白海豚活动密集的情况相反，在保护区以西至香洲湾沿岸的伶仃洋西侧则很少出现观察到中华白海豚活动。夏季时，由于伶仃洋水域为大范围淡水所覆盖，中华白海豚的群体活动范围会整体南移，活动区域主要集中在保护区南部的大屿山岛西侧至桂山岛周围水域，群体较为分散；至于在内伶仃岛北面和伶仃洋西部，则极少于夏季观察到中华白海豚活动。秋季时，中华白海豚活动区域又开始稍向北移，活动范围主要集中在马友石至大屿山岛西侧的自然保护区核心区；另外在桂山岛至青洲、赤滩岛一带海面，也有较大的中华白海豚群体出现。在此期间，可经常观测到母子中华白海豚。至于保护区的北部和西部，零星的中华白海豚群体也偶有出现。

（3）影响珠江口中华白海豚分布移动的因素

1) 珠江冲淡水可能是影响中华白海豚在区域内分布移动的一个很重要因素。Jefferson（2000）曾研究在大屿山东北水域中华白海豚的目击率与盐度的关系，发现在

该水域 22 至 35 盐度范围内，随着盐度的升高中华白海豚的目击率呈下降趋势。珠江的径流量年平均达 3000 亿 m^3 ，水量相当充沛，其径流量的周年变化主要受制于上游的降雨量和汛期的长短，每年 4~8 月是珠江流域的汛期，每当上游洪水汇入珠江口时，整个伶仃洋水域的海水盐度变得非常淡，内伶仃岛北面水域的盐度降至 5 以下。这期间中华白海豚的活动区域重心向南移动，在夏季内伶仃岛附近水域很少有中华白海豚出现，而个别中华白海豚的活动区域扩展至桂山岛南面水域，这里平时很少有目击。9 月份以后珠江汛期结束，径流有所减弱，外海高盐水逐渐进入珠江口，伶仃洋的表面海水盐度维持在 20~28 之间，中华白海豚的活动区域重心向北移动，此时甚至大铲岛以北水域也常有中华白海豚出没。

2) 中华白海豚的活动也与渔场渔汛密切相关。珠江口为广东沿海重要渔场，也是多种经济鱼类的产卵场和幼鱼的育肥场。每年的冬、春季节，珠江口的许多经济鱼类如棘头梅童鱼、凤鲚、银鲳等聚集在伶仃洋产卵，形成渔汛，这些鱼类都是中华白海豚喜爱的食物，吸引了许多中华白海豚前来觅食，从而在这一带水域形成了中华白海豚活动的密集区。到了夏季，孵化出来的幼鱼随着洪水的来临也逐渐长大，向南部逸散或洄游入海，又在大屿山以西至桂山岛和东澳岛一带形成小渔汛，该季节中华白海豚的活动密集区也向南移动。中华白海豚的南北转移的时间、地点与这两个渔汛发生的时间、地点相一致，说明它们的转移活动可能与觅食也有很大的关系。

3) 中华白海豚的活动与生产渔船也有关系。中华白海豚一个很重要的活动是觅食，而中华白海豚跟随在拖网渔船后面比较容易找到食物，因此在拖网渔船后面经常可以看到中华白海豚。拖网的网尾及网口通常聚集大量的鱼类，而且拖网拖过海床时也会激起很多底栖鱼类，经常会看到当拖网渔船下网不久就会有中华白海豚聚集过来。中华白海豚有时追随拖网渔船可以追得很远，直到渔船起网方才罢休。Hung & Jefferson (2004) 的研究表明，中华白海豚个体的活动范围与其是否经常跟随渔船有很大的关系，经常跟随渔船个体的活动范围要比很少跟随渔船个体的活动范围大得多，很多中华白海豚跟渔船有联系的目击记录通常位于该个体习惯活动范围的边缘附近，说明跟随渔船使其活动范围扩大了。这也意味着人类活动对中华白海豚的行为习性产生了影响。

(4) 本项目与中华白海豚分布区的位置关系

由前述相关调查研究资料可知，本项目不位于中华白海豚保护区，与其距离较远，且本项目位于河口海域，未发现中华白海豚活动，与中华白海豚分布范围的距离较远。

3.2.8.2 典型生态系统

根据现场踏勘及对照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》中的典型海洋生境空间分布图，本项目论证范围内无盐沼、珊瑚礁、海草床、海藻场和牡蛎礁等海洋典型生态系统。

但本项目需底土穿越鹤洲北堤围南面红树林和鹤洲南围垦区堤围北侧红树林分布片区，且本项目论证范围内其他区域也有红树林分布。

经现场调查，鹤洲南围垦区调查样方中共记录了8种植物，其中乔木层以千屈菜科的真红树植物无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*)为主要种群，林下灌木层分布着爵床科的老鼠筋 (*Acanthus ilicifolius*)以及报春花科的桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)，部分样方下还分布着草本植物莎草科的短叶茳芏 (*Cyperus malaccensis* subsp. *monophyllus*)。在红树林植被后缘紧邻海堤区域，还生长着人工栽培或自然生长的半红树植物黄槿 (*Tillipariti tiliaceums*)、水黄皮 (*Pongamia pinnata*)、海欉果 (*Cerbera manghas*)、苦郎树 (*Volkameria inermis*)。

根据《横琴粤澳深度合作区红树林保护修复规划（2023-2030年）》（以下简称“规划”），横琴粤澳深度合作区四面环海，红树林资源丰富，主要有无瓣海桑、桐花树、秋茄、老鼠筋、卤蕨拉关木等。根据《规划》中红树林统计调查结果，横琴粤澳深度合作区现有红树林总面积为28.59公顷，主要植被有乡土红树群落和外来红树群落，其中乡土红树群落面积15.85公顷，外来红树优势群落面积12.74公顷。红树林主要分布在芒洲湿地公园、横琴二井湾湿地公园、赤沙湾中部、横琴岛东岸、石栏洲白曹湾和猪头湾等地。其中位于本项目海洋生态环境影响评价范围内的为分布在芒洲湿地公园周围、赤沙湾中部、石栏洲白曹湾和猪头湾的红树林。芒洲湿地公园红树林面积6.66公顷，占比23.29%。乡土红树群落面积2.31公顷，主要有老鼠筋+水黄皮+黄槿群落、桐花树+卤蕨群落、桐花树+海芒果群落、银叶树群落、黄槿群落、杨叶肖槿群落等；外来红树群落面积4.35公顷，其中有1.17公顷位于红树林全国第三次国土调查（以下简称“三调”）图斑内，位于芒洲湿地公园西岸洪鹤大桥以南，主要有无瓣海桑群落、无瓣海桑+海桑群落、海桑群落、拉关木群落等。赤沙湾红树林面积有1.97公顷，占比6.89%，其中赤沙湾中部有1.89公顷乡土红树群落位于三调图斑内，主要红树群落分别为桐花树+老鼠筋群落、桐花树+卤蕨、桐花树+卤蕨+老鼠筋+海漆群落等。石栏洲红树林面积有2.66公顷，占比9.30%，其中白曹湾2.40公顷，猪头湾闸口内0.26公顷，主要为无瓣海桑群落。

3.2.9 海洋自然灾害

3.2.9.1 热带气旋

(1) 1961—2022年：分析1961—2022年热带气旋资料发现，影响珠海最多的年份为1961年，共9个；最少年份为2000年和2004年，没有热带气旋影响。影响珠海的热带气旋存在明显的月际变化，7月最多，占34%，其次是8月和9月，各占23%和22%，5月、6月、10月和11月受热带气旋影响的概率较小，4月、12月极少（各一个），1—3月无热带气旋影响。台风移近或到达此海区时，风应力中切线分量在台风前进风向向右侧使海水向岸堆积，造成增水，而在左侧，使海水离岸造成减水。一般在北纬20度以北，东经114度以西的海面，都会使本海区产生台风增水，从而导致潮水漫溢，海堤溃决，冲毁建筑设施，造成大量人员伤亡和财产损失。严重影响珠海的台风有6次，均发生重大灾情，尤其8908号、9316号、0814号和1208号台风灾害最重。

1989年7月18日8908号台风在珠海以西的阳江登陆，珠海最大风力达11级，8级以上大风持续24小时，又适逢农历十六大潮，全市各地普遍出现特大值高潮位，黄金站2.24m，超记录0.33m，三灶站2.6m，超记录0.65m，所有堤防水位超过警戒水位0.7~1.1m，漫顶堤段长265km，崩坍决口70.2km/1284处，共有37.6万亩农田、鱼塘受淹，倒塌房屋4894间，死亡13人，经济损失2.05亿元。

1993年9月17日9316号台风正面袭击珠海，阵风12级以上，最大风速44.6m/s，时值农历初二大潮，各地普遍出现有历史记录以来的最高潮位（灯笼山2.69m，广昌水闸2.92m，三灶3.14m，白藤大闸3.4m）。三灶湾、鹤洲北海堤全部漫顶，堤围受损45.08km，决口14.56km/275处，沉船187艘，30多艘百吨以上的避风船被抛上堤岸，受淹农田22.5万亩，倒塌房屋144座/1.61万m²，死亡12人，受伤400多人，经济损失6亿多元。

2008年第14号台风“黑格比”于9月24日6:45在广东省电白县陈村镇沿海登陆，登陆时中心最大风力有15级（48m/s），这是今年登陆我国影响最大的台风，也是广东省多年来未遇到的强台风。强台风“黑格比”由于具有强度大、移速快、影响范围广等特点，给沿海地区造成了巨大的风暴潮增水，同时由于最大增水出现的时间基本与天文潮高潮时间同步，导致沿海地区部分风暴潮站不同程度地出现了超历史的最高水位。横门站2008年9月24日（2008年第14号台风（黑格比）期间）出现历年最高潮位为3.31m。“黑格比”期间，珠海市4个区（县）23个乡镇，4.553万人口受灾，倒塌房屋50间，

死亡人口 1 人，直接经济损失 4.98 亿元。其中，农作物受灾面积 1.304 万公顷，农林牧渔业直接经济损失 2.18 亿元；水利设施方面，损坏 45 处约长 46km 堤防、3 座水闸、2 座机电泵站，直接经济损失 0.838 亿元。

2012 年第 8 号台风“韦森特”于 7 月 24 日 04 时 15 分在台山市赤溪镇登陆，登陆时中心附近最大风力 13 级，达到 40m/s。“韦森特”强度强，影响范围广，风雨影响重。据珠海市气象台监测到，珠海市沿岸及海岛上阵风已达到 14~17 级，最大风速出现在珠海港区，最高达 60m/s，均破珠海气象史上纪录。据珠海市三防指挥部初步统计，珠海全市因灾死亡 2 人，失踪 3 人，9404 人受灾，转移人员 19390 人。全市约 21343 棵树木被吹毁，吹倒广告牌约 4420m²，房屋、工棚受损 692 间，农作物受淹约 66240 亩，水产养殖过水约 66186 亩，渔船、渔排损毁 23 条，海堤受损约 237m，供电线路损坏 77 条，电线杆（塔）吹倒 24 根（座），压坏车辆 147 辆，经济损失约 1.4356 亿元。

2017 年第 13 号台风“天鸽”（强台风级）的中心于 8 月 23 日 12 时 50 分前后在广东珠海南部沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 14 级（45m/s），中心最低气压 950 百帕。监测显示，珠海 12 点 10-15 分之间观测到 51.9m/s（16 级）的瞬时大风，打破当地风速纪录（原纪录为 1993 年 9 月 17 日 44.6m/s）。天鸽给珠海市带来狂风骤雨，陆地风力 12 级阵风 13-14 级，沿岸及海面风力 13-14 级阵风 16-17 级，台风天鸽造成珠海 2 人死亡，房屋倒塌 275 间，全市农作物受灾面积 3 万亩，大部分地区出现停水停电，部分道路因为树木倒伏通行受阻，直接经济总损失 55 亿元。

1822 号台风“山竹”2018 年 9 月 16 日 17 时在广东台山海宴镇登陆，登陆时中心附近最大风力 14 级，中心最低气压 955 百帕。其间，珠海站的平均风已达 12 级（33.5m/s），超过天鸽，打破历史纪录，造成珠海大面积海水倒灌，全市无人员死亡。

2019 年有影响的台风有 2 个，1907 号台风“韦帕”和 1911 号台风“白鹿”，给珠海市带来强降水，但未造成直接经济损失。

2020 年有影响的台风有 2 个，06 号台风“米克拉”和 07 号台风“海高斯”，给珠海市带来暴雨。

2021 年有影响的台风有 2 个，07 号台风“查帕卡”和 09 号台风“卢碧”，给珠海市带来暴雨。

2022 年有 5 个台（“暹芭”、“木兰”、“马鞍”、“尼格”和一个热带低压）登陆广东省，登陆台风数较多年平均值（3.7 个）偏多 1.3 个。其中，8 月份连续有三个台风登陆：8

月4日9时热带低压在惠州惠东沿海登陆，登陆时中心附近最大风力6级（13米/秒），中心最低气压1002百帕；第7号台风“木兰”于8月10日10时以热带风暴级（9级，23米/秒，中心最低气压992百帕）在湛江徐闻沿海登陆；第9号台风“马鞍”于8月25日10时以台风级（12级，33米/秒，中心最低气压975百帕）在茂名电白沿海地区登陆。

（2）2023年：在2023年有6个台风登陆或严重影响广东。这6个台风分别为“泰利”“苏拉”“海葵”“小犬”“鸳鸯”“三巴”，其中，“泰利”“三巴”直接登陆广东。台风“泰利”于7月17日22时20分前后登陆广东湛江南三岛沿海，登陆时中心附近最大风力38米/秒（13级），是2023年首个登陆中国的台风。台风“三巴”在10月20日9时45分左右登陆湛江遂溪沿海，它路径复杂，共三次登陆，是近20年里第一个在雷州半岛西侧登陆的台风。而台风“苏拉”“海葵”“小犬”“鸳鸯”虽未直接登陆广东，却给广东带来狂风、暴雨等恶劣天气，对当地造成极大影响。

（3）2024年：2024年11月8日，台风“银杏”从菲律宾吕宋岛进入南海，受其影响，8至10日南海北部、台湾海峡、广东海面风力较大，台风中心经过的附近海面风力13至16级。虽然台风“银杏”尚未登陆广东，但已促使海上船舶密切关注台风动态并及时避风，海上作业、海岛及滨海旅游等也在密切关注天气变化，避开恶劣天气影响路线和区域。

3.2.9.2 风暴潮

根据《2023年广东省海洋灾害公报》，2023年，广东省沿海共发生风暴潮过程4次，其中2次造成灾害，分别为“泰利”台风风暴潮和“苏拉”台风风暴潮，共造成直接经济损失1.83亿元，未造成人员死亡失踪。“苏拉”台风风暴潮造成直接经济损失最严重，为1.04亿元，约占全年风暴潮灾害直接经济损失的57%。2023年广东省风暴潮灾害主要损失统计见表3.2.9-1。

表 3.2.9-1 2023 年广东省风暴潮灾害主要损失统计

表 2 2023 年广东省风暴潮灾害主要损失统计表					
灾害过程		发生时间	主要受灾地区	死亡失踪人口 (人)	直接经济损失 (万元)
编号	名称				
2304	“泰利”台风风暴潮	7月16-18日	湛江、阳江、茂名、珠海	0	7 896.39
2309	“苏拉”台风风暴潮	9月1-2日	珠海、汕尾	0	10 357.00
合计				0	18 253.39

与近十年平均状况相比，2023 年风暴潮发生次数和致灾次数与平均值（4.6 次、2.4 次）基本持平，风暴潮灾害造成的直接经济损失和死亡失踪人口均低于平均值。2014-2023 年广东省风暴潮灾害直接经济损失和死亡失踪人口统计情况见图 3.2.9-1 所示。

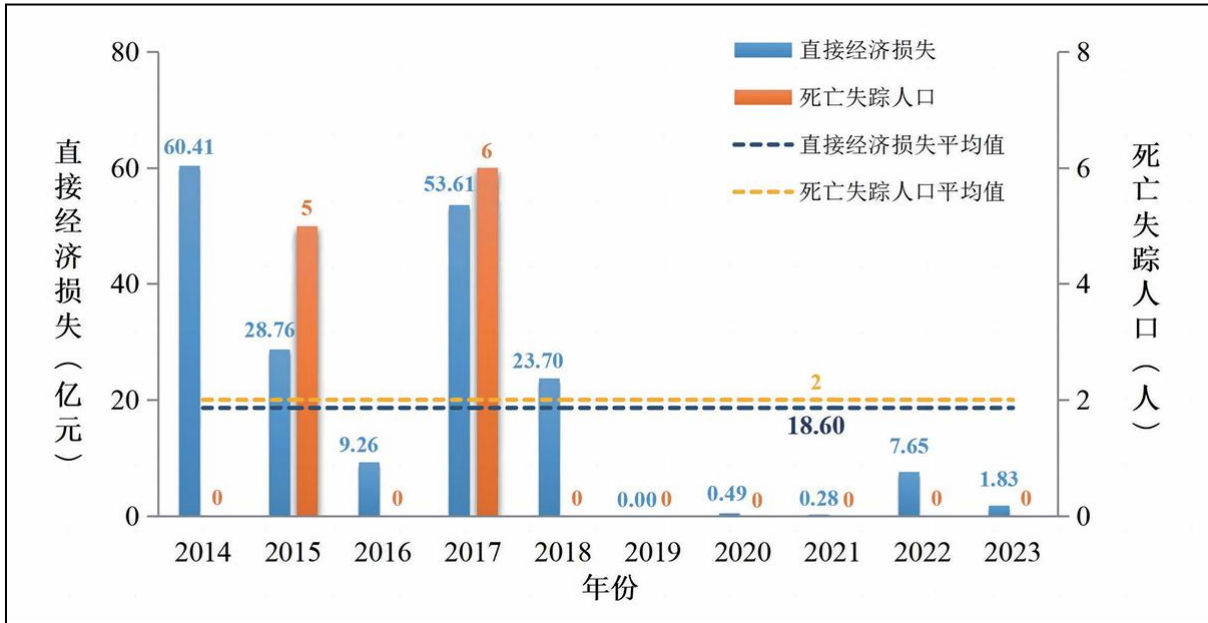


图 3.2.9-1 2014-2023 年广东省风暴潮灾害直接经济损失和死亡失踪人数统计

3.2.9.3 海浪灾害

根据《2023 年广东省海洋灾害公报》，2023 年，广东省近海共发生有效波高 4.0 米（含）以上的灾害性海浪过程 12 次，其中台风浪 5 次，冷空气浪 7 次。发生海浪灾害过程 1 次，造成 1 人死亡。灾害性海浪过程中，台风浪主要发生在 7-10 月，冷空气浪主要发生在 1-2 月和 11-12 月。8 月 31 日-9 月 2 日，受台风“苏拉”影响，广东近海

海域出现了狂浪到狂涛，其余灾害性海浪过程级别均在狂浪及以下。

表 3.2.9-2 2023 年广东省海浪灾害过程

名称	发生时间	引发海浪原因	海浪级别
20230124 冷空气过程	1 月 24-25 日	冷空气	大浪到巨浪
20230220 冷空气过程	2 月 20-22 日	冷空气	大浪到巨浪
20230225 冷空气过程	2 月 25-27 日	冷空气	大浪到巨浪
2304 号台风“泰利”过程	7 月 16-18 日	热带气旋	巨浪到狂浪
2305 号台风“杜苏芮”过程	7 月 26-28 日	热带气旋	大浪到巨浪
2309 号台风“苏拉”过程	8 月 31 日-9 月 2 日	热带气旋	狂浪到狂涛
2311 号台风“海葵”过程	9 月 4-5 日	热带气旋	大浪到巨浪
2314 号台风“小犬”过程	10 月 6-9 日	热带气旋	巨浪到狂浪
20231111 冷空气过程	11 月 11-13 日	冷空气	大浪到巨浪
20231129 冷空气过程	11 月 29 日-12 月 2 日	冷空气	大浪到巨浪
20231216 冷空气过程	12 月 16-18 日	冷空气	大浪到巨浪
20231220 冷空气过程	12 月 20-24 日	冷空气	大浪到巨浪

3.2.9.4 地震

项目位于中国东南沿海地震带，地震活动存在明显的低潮期和高潮期交替出现的周期性特征，自 1400 年有地震记录以来，明显存在 2 个地震活动周期；1400 年~1700 年为第一活动周期，1701 年至今为第二活动周期，目前拟建场区处于东南沿海地震带第二活动周期的剩余释放期。

地震活动是区域稳定性的一项重要标志。据记载在珠江三角洲地区地震 400 多次，近场区历史上无破坏性地震记录，近场区附近地区历史上发生过三次破坏性地震，为 1372 年广州 4.43 级，1915 年广州 4.43 级和 1936 年中山 5 级地震，震级不超过 5 级。自八十年代末至九十年代初，我国已进入第五个地震活动期。珠江三角洲地震活动总体水平不高，共发生 $M_s \geq 4\frac{3}{4}$ 地震 12 次，最大地震级为 $5\frac{3}{4}$ 级。1995 年以来广东及其临近地区 3 级以上地震活动水平超过了过去 10 年，显示了地震活动态势。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）及《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），本项目所在地的地震烈度介于VI—VII度之间，地震对工程项目的影影响烈度应不会超过VII度，但仍需严格按照基本烈度VII度设防。

4 资源生态影响分析

4.1 资源影响分析

4.1.1 对海域空间资源及海岸线资源的影响分析

4.1.1.1 对海域空间资源的影响分析

本项目拟申请用海总面积为 23.6438 公顷，其中主体工程申请用海总面积为 23.5417 公顷，施工期用海（2 号工作井）拟申请用海总面积为 0.1021 公顷，2 号工作井在施工结束后，拟拆除海床面以上临时结构并封口，海床面以下结构拟保留为海底隧道主体结构的一部分。

海洋资源共存于一个主体的海洋环境中，在同一个空间上同时拥有多种资源，具有多种用途，其分布是立体式多层状的，其特点决定了该海域是多功能区。本项目海底隧道竣工后为永久性水工建筑物，客观上对其所在海域空间有一定的阻隔作用，将占用 23.5417 公顷的海域底土空间资源，对其所占用的海域空间层（常规段为-65.8m~-42.4m 范围内的底土，保留了施工期建设的 2 号工作井段为-79.9m 至海床面范围内的底土）具有完全排他性，但对隧道以外海域空间不具有完全排他性。

本项目作为《中长期铁路网规划》等规划建设的铁路项目，建成后可贯通京哈~京港澳高铁主通道、完善区域高速铁路网扩大澳门与广大内地交流，保持澳门长期繁荣稳定，支撑大湾区极点带动、辐射周边的需要；可补强广珠澳主轴交通运输体系，满足旺盛的客运需求的需要；可加快建设横琴粤澳深度合作区的需要；同时采用盾构海底隧道方式穿越海域底土空间，是对海域空间资源影响较小的用海方式，不改变海域的自然属性，对海域空间资源的利用是合理的。

4.1.1.2 对海岸线资源的影响分析

1. 穿越的岸线情况

本项目用海范围需底土穿越的海岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越有居民海岛人工岸线约 36.3m，穿越岸线情况见图 4.1.1-1。本项目下穿鹤洲水道段穿越地层主要为弱风化花岗岩，隧顶与上部不稳定地层淤泥层的垂直距离约为 28.8m，与岸线地面的垂直距离约为 46.7m。下穿磨刀门水道段穿越地层主

要为强风化花岗岩，隧顶与上部不稳定地层淤泥层的垂直距离约为 18.9m，与岸线地面的垂直距离约为 38.5m，穿越岸线段隧道顶标高和对应的岸线标高统计见表 4.1.1-1，穿越地层情况及与不稳定地质的垂直距离统计见表 4.1.1-2。

表 4.1.1-1 涉海段起止点高程和岸线高程关系

序号	涉海段名	岸线标高 (m)	隧道顶标高 (m)	高差 (m, 隧道顶-岸线距离)
1	穿鹤洲水道段	+4.3	-42.4	46.7
2	穿磨刀门水道段	+3.3	-35.2	38.5

表 4.1.1-2 项目穿越地层和垂直距离关系

序号	涉海段名	岸堤下部穿越层地质条件	岸线位置与不稳定地层的垂直距离 (m)
1	穿鹤洲水道段	弱风化花岗岩	28.8m (不稳定地层为淤泥)
2	穿磨刀门水道段	强风化花岗岩	18.9m (不稳定地层为淤泥)

2.隧道设计和施工的安全措施

本项目穿越海岸段上部存在淤泥不稳定地层，但隧顶与上部不稳定淤泥层保持较大垂直距离，可大幅降低地层变形向海堤基础传导引起沉降或崩塌等风险。且本项目从设计到施工层面也会采取一系列措施进一步降低发生沉降及崩塌的风险及影响。

(1) 设计阶段

①线路优化设计

初步设计阶段及施工图设计阶段，将更进一步地进行地质勘探，确保隧道从稳定地层中穿越并预留足够的覆土空间，降低对海岸等的扰动。根据目前地质勘察的结果，工可设计方案穿越海岸的隧道主要位于花岗岩风化层，且隧道在海域范围最小覆土深度均不小于一倍隧道洞径。

②盾构选型设计

根据地质条件选择适合的盾构类型，降低施工扰动，增强施工安全性，保护海域生态。

根据工程地质及施工特点，本项目拟采用泥水盾构机进行海底隧道施工。泥水平衡盾构开挖面平衡机理：开挖面形成渗透性差，具有一定表面张力的泥皮，一方面阻止泥浆进入地层，另一方面在舱内压力作用下支撑易失稳的地层，提高地层抗坍塌性。

③隧道断面形状设计

本工程采用圆形盾构隧道，圆形断面具有较好的受力性能，能有效分散地层压力及水压力，有助于隧道结构的安全稳定。

④特殊地质专项设计

隧道施工前将按勘察规范要求进一步探明地质情况，确保隧道洞身位于稳定地层，若隧道受其他条件制约无法避让淤泥、海沙等不稳定地层时，将对隧道洞身范围不良地层进行专项加固设计及处理，确保隧道施工安全及降低施工对周边环境的扰动。

⑤盾构管片防水设计

管片接缝采用多道防水密封，可有效降低隧道渗漏水风险。

⑥注浆系统设计

下穿海域前，根据具体地层进行注浆材料配比试验，优化注浆材料配合比，解决浆液离析和管道堵塞问题。设计智能化注浆监控系统，实时掌握注浆情况，信息化施工。

(2) 施工阶段

①施工参数优化

下穿海域前，通过试掘进阶段优化推进速度、正面压力、纠偏控制等技术参数，保持盾构机最佳推进状态，减少超挖和地层损失，有效降低对海域范围的扰动。

②注浆技术控制

施工过程中及时地进行同步注浆及二次注浆，并确保注浆量和注浆压力合理，同时加强跟踪注浆，填补土体与管片间空隙，可有效减小地层损失，控制地层扰动。

③监测与反馈

加强监控量测，根据监测数据实时反馈调整施工，建立近接施工管理系统，确保施工安全并保持最小扰动。

综上，本项目海底隧道与不稳定地层间距较大，且隧道从设计到施工会采取一系列措施防止发生地表沉降和坍塌事故，尽可能避免对海岸地表产生影响。

3.对海岸线资源的影响分析

从前述分析结果可以看出，本项目隧道设计和施工过程中会采取一系列措施防止发生地层松动、沉降甚至崩塌的严重事故。即隧道正常施工，并不会影响隧道上方覆土的结构和高程。隧道完成施工后，隧道周边达到压力平衡，正常运营列车通过产生的震动被周边岩土结构吸收衰减，不会对上方覆土结构和高程产生影响。

可见，正常情况下，本项目不会对隧道上方覆土的结构和标高产生影响，也就不会改变岸线的形态，不会对岸线自然属性和生态功能产生影响。

4.1.2 对岛礁资源的影响分析

本项目不涉及直接占用岛礁资源，论证范围内有横沥岛、交杯岛、马鬃岛、大岗岛、二岗岛和宽河口沙岛等海岛。

本项目涉海工程为盾构海底隧道和 2 号工作井，其中盾构海底隧道拟从海底穿越，与海床表面预留一定距离，对所在海域的水文动力和冲淤环境无影响，不会影响附近海岛的水文动力条件和冲淤环境；且本项目隧道拟采用盾构施工方式，对海洋生态环境无影响，不会影响附近岛礁资源的生态环境。

本项目拟在鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧建设 2 号工作井，由于 2 号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在围垦区四周有鹤洲南堤围围蔽，与堤围外侧水力联系较弱，水文动力条件较弱，其建设对论证范围内位于鹤洲南围垦区外的岛礁资源的水文动力、冲淤环境和海洋生态环境不会产生影响。

综合分析，本项目的实施对论证范围内岛礁资源无影响。

4.1.4 对港口、航道、锚地资源的影响分析

本项目不位于现状或规划港口区，与周边港口区和锚地区有一定距离，对周边港口和锚地无影响。

本项目海底盾构隧道拟下穿磨刀门水道和鹤洲隧道，其中磨刀门水道为 I 级航道，通航 5000t 海轮，最高通航水位 2.94m（国家 85 高程，下同），最低通航水位-0.33m。鹤洲水道为 III 级航道，最高通航水位 2.94m，最低通航水位-0.33m。

根据通航安全评估报告和防洪评价报告的评价结果，结合磨刀门百年冲刷线预测结果，为了确保穿越的通航水道的通航安全，本项目穿越鹤洲水道的隧道控制高程为-24.50m，实际设计顶高程约为-38m；本项目穿越磨刀门水道的隧道控制高程为-30.30m，实际设计顶高程约为-49m；由此可知，本项目海底隧道与通航水道预留了足够的底土空间，不会对航道的正常通航及后续疏浚维护等产生影响。且本项目隧道拟采用盾构方式从水道下穿过，施工及运营过程均不涉及使用船舶，不改变河床地形，不占用通航和过流断面，不会改变所在海域的水动力、地形地貌和冲淤环境，对穿越水道的通航环境基本不影响。

因此，总体上，本项目的实施对航道无影响。

4.1.5 对生物资源的影响分析

本项目海底隧道拟采用盾构的施工方式，常规段拟从海底-65.8m~-42.4m（国家 1985 高程）通过，不会扰动表层沉积物产生悬浮泥沙，无因悬浮泥沙引起的海洋生物资源损失问题。此外，底栖生物、潮间带生物的活动范围一般是在表层及近表层底土，渔业资源的活动范围一般是在水层，因此，本项目拟从海底中下层穿过的盾构隧道建设范围不会有底栖生物、潮间带生物和渔业资源等海洋生物活动，不会对底栖生活、潮间带生物和渔业资源等海洋生物资源产生影响。

本项目对生物资源产生影响的主要来自 2 号工作井。2 号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在海域退潮时露出水面，拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙对海洋生态环境的影响，其对生物资源的影响主要为占用潮间带海域，使潮间带生物的栖息环境被破坏，导致施工区内潮间带生物死亡。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（以下简称《规程》）的要求，本工程建设占用海域造成的底栖生物资源损害量评估按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

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

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

S_i —第 i 种生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。在此为项目新增水工实际占用海域面积。

本项目 2 号工作井施工期用海面积为 0.1021 公顷。由于潮间带生物的活动性比较差，本次选取距离 2 号工作井最近的 C3 调查断面的潮间带生物量 65.45g/m² 进行计算。则根据上述公式，计算得本项目造成的潮间带生物直接损失量约为 66.8kg。

4.2 生态影响分析

4.2.1 水文动力环境影响分析

本项目涉海工程为盾构海底隧道和 2 号工作井，其中本项目海底隧道拟采用盾构的施工方式，拟从海底-65.8m~-42.4m（国家 1985 高程）穿过，与海床表面预留一定距离，不会对海床及水流产生扰动，不占用过流断面，对水文动力环境无影响。

本项目 2 号工作井选址于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在围垦区四周有鹤洲南堤围围蔽，与堤围外侧水力联系较弱，水文动力条件较弱。2 号工作井仅施工期会有部分临时设施位于海床面以上，施工完成后，海床面以上的临时设施将拆除，其他保留的结构位于海床面以下，不会对水流造成阻流。因此，本项目 2 号工作井仅施工期会对鹤洲南围垦区内的水文动力条件产生一定的影响，但由于 2 号工作井占用海域面积非常小，其对堤围内水文动力环境影响非常有限。

综合分析，本项目对水文动力环境影响较小。

4.2.2 地形地貌和泥沙冲淤环境影响分析

本项目涉海工程为盾构海底隧道和 2 号工作井，其中海底盾构隧道拟从海底-65.8m~-42.4m（国家 1985 高程）穿过，不占用过流断面，对所在海域潮流动力无影响，对所在海域及附近水域的水动力、泥沙输移基本无影响，对地形地貌与冲淤环境无影响。

本项目 2 号工作井选址于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在围垦区四周有鹤洲南堤围围蔽，与堤围外侧水力联系较弱，水文动力条件较弱，其对水文动力影响非常有限，由水文动力变化引起的冲淤环境变化也非常有限。此外，本项目 2 号工作井用海面积非常小，且施工结束后，将对海床面进行恢复，对地形地貌也不会产生明显的影响。

综合分析，本项目的实施对地形地貌和泥沙冲淤环境影响较小。

4.2.3 水质环境影响分析

1. 施工期海水水质影响分析

本项目为隧道建设工程，涉海隧道拟采用盾构施工方式，无需使用施工船舶，施工过程中无船舶含油污水、船舶生活污水等的产生与排放。2 号工作井虽然位于海上，但位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在海域退潮时露出水面，2 号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放；而盾构在底土掘进过程，也无悬浮泥沙排放入海；因此本项目施工期基本无悬浮泥沙对海水水质的影响。本项目盾构海底隧道施工期产生的废水主要为施工队伍的生活污水和盾构施工泥浆水。施工人员生活污水拟经陆上化粪池预处理后，定期由吸粪车抽吸处理，

不直接排放入海。盾构施工过程中产生的泥浆水拟经建设于两端陆上的盾构泥水处理场进行处理，处理后上层水回用于陆上施工过程，而渣土则作为废弃土石方处理，不直接排放入海。因此，本项目施工过程中产生的各类污废水均能得到有效处理处置，不会对所在海域的海水水质产生影响。

2.运营期海水水质影响分析

本项目隧道建成运营期产生的废水主要为隧道冲洗水和少量渗漏水。本项目盾构隧道底部廊道设中心排水沟，并在隧道最低点设置废水泵房，将收集的冲洗水抽排至地面排水系统，不直接排放入海，不会对所在海域的海水水质产生影响。此外，本项目隧道建设过程中及建成后，将加强防水设计和建设，防水等级为一级，将采取一系列措施进行防水工作。隧道的建设施工单位将严格按有关规范及设计进行施工，确保工程质量，本项目建设后，不会有明显渗水，对项目附近海域水质环境造成影响不大。

4.2.4 沉积物环境影响分析

本项目海底隧道需要从海底通过，项目施工过程中将破坏一定的沉积底土，但由于本项目拟采用盾构施工方式从海底穿过，对沉积底土的破坏将较小。本项目2号工作井开挖将直接移除部分海底沉积物，改变局部底质类型；但本项目2号工作井用海面积非常小，其对海洋沉积物的改变仅局限于工作井用海范围。此外，本项目施工及运营过程中产生的各类污废水和固体废物均不排放入海，不会对海洋沉积物质量产生影响。综合分析，本项目对海洋沉积物的影响较小。

4.2.5 项目用海生态影响分析

本项目海底隧道拟采用盾构施工方式，隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，底栖生物、潮间带生物的活动范围一般是在表层及近表层底土，渔业资源的活动范围一般是在水层，本项目拟从海底中下层穿过的盾构隧道建设范围不会有底栖生物、潮间带生物和渔业资源等海洋生物活动，不会对底栖生活、潮间带生物和渔业资源等产生影响。但本项目2号工作井开挖施工，不可避免地会对用海范围内的潮间带生物造成永久的影响，造成一定的潮间带生物损失，直接生物损失量约为66.8kg。

本项目2号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放；而盾构在底土掘进过程中，也无悬浮泥沙排放入海，因此，本项目施工时基本无悬浮泥沙对海洋生态环境的影响。

项目施工及运营过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不排放入海，无污染物入海可能对海洋生态环境造成的影响。

此外，虽然项目盾构施工时会产生一定的噪声和振动，但由于项目盾构隧道将从海底穿过，盾构隧道顶板上有较厚的覆土，经覆土等衰减后，项目盾构施工时产生的振动和噪声基本不会对海洋生态环境产生影响。

综合分析，本项目对海洋生态环境影响主要来自 2 号工作井的施工和占用海域，但由于其建设规模小，其影响有限。总体上，本项目用海对海洋生态环境的影响较小。

4.2.7 对海洋生态敏感区的影响分析

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图，本项目位于南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区内。

本项目海底隧道拟采用盾构施工方式，隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，从海底中下层穿过的盾构隧道穿越的底土区域无幼鱼、幼虾等活动，不会对南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区内的幼鱼、幼虾产生影响。本项目 2 号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放；而盾构在底土掘进过程中，也无悬浮泥沙排放入海，因此，本项目施工时基本无悬浮泥沙对南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区的影响。项目施工及运营过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不排放入海，无污染物入海可能对海洋生态环境造成的影响。此外，虽然项目盾构施工时会产生一定的噪声和振动，但由于项目盾构隧道将从海底穿过，盾构隧道顶板上有较厚的覆土，经覆土等衰减后，项目盾构施工时产生的振动和噪声基本不会对幼鱼、幼虾产生影响。

综合分析，本项目对所在的南海北部幼鱼繁育场保护区和南海区幼鱼、幼虾保护区基本无影响。

4.2.8 对典型生态系统的影响分析

本项目海底隧道需底土穿越鹤洲北堤围南面红树林和鹤洲南围垦区堤围北侧红树林分布片区，且本项目论证范围内的鹤洲南围垦区南侧也有红树林分布。

本项目海底隧道拟采用盾构施工方式，隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，施工及运营过程中产生的各类污废水和固体废物均不直接排放入海，不会对本项目穿越的红树林分布片区的海水水质和生态环境产生影响。虽然本项目盾构施工时会

产生一定的噪声和振动，但由于项目盾构隧道将从海底穿过，盾构隧道顶板上有较厚的覆土，经覆土等衰减后，对红树林分布片区的声环境质量基本无影响，不会影响其鸟类栖息环境。此外，本项目穿越的红树林分布片区分布的红树林树种为无瓣海桑和秋茄，其垂直根系一般在 1m 以内，而本项目盾构海底隧道埋设高程约为-65.8m~-42.4m（国家 1985 高程），与其垂直根系预留有足够大的距离，盾构施工不会破坏穿越的红树林的根系，不会对其正常生长产生影响。

综合分析，本项目基本不会对下穿的红树林产生影响。

4.2.6 主要生态问题及跟踪监测范围

根据前述用海资源生态影响分析结果可知，本项目海底隧道拟采用盾构施工方式从海底穿越，施工及运营过程对所在海域的资源生态环境影响较小，无需开展生态跟踪监测。

5 海域开发利用协调分析

5.1 海域开发利用现状

5.1.1 社会经济概况

5.1.1.1 经济概况

本项目位于珠海市金湾区，根据《2024年金湾区经济运行简况》，2024年全区地区生产总值946.28亿元，增长4.0%。其中，第一产业增加值14.78亿元，增长5.2%；第二产业增加值646.13亿元，增长4.7%；第三产业增加值285.37亿元，增长2.5%。三次产业的比例为1.6:68.3:30.2，其中工业占全区经济总量的61.3%。

2024年，全区规上工业总产值2748.41亿元，增长3.9%。规上工业增加值578.05亿元，增长6.9%。分门类看，采矿业增加值增长-2.3%；制造业增加值增长8.8%；电力、热力、燃气及水生产和供应业增加值增长-2.4%。分产业集群看，集成电路、生物医药、新材料、新能源、高端打印设备增加值分别增长148.0%、-11.3%、14.3%、-2.2%、12.5%；两大优势产业临空装备、临海装备（船舶与海洋装备制造）增加值分别增长76.2%、6.5%；从新动能产业发展看，2024年，全区先进制造业、装备制造业、高技术制造业增加值分别增长11.3%、16.6%、17.4%。

5.1.1.2 海洋产业发展现状

珠海市的海洋产业发展状况呈现出快速增长和高质量发展的态势，主要体现在以下几个方面：

1. 海洋经济总体情况

2024年上半年，珠海市海洋生产总值同比增长8.6%，显示出较强的增长动力和良好的发展态势。珠海通过体制机制改革，单独成立市海洋发展局、组建海洋集团，优化万山海洋开发试验区管理体制机制，推动了海洋经济的高质量发展。

2. 海洋新兴产业发展

珠海的海洋新兴产业发展迅速，船舶与海工装备制造业、海上风电、海洋牧场装备研发等领域表现突出。例如，亚洲第一深水导管架“海基二号”在珠海建造完工，南方海洋科学与工程广东省实验室成功组织“香洲云”智能系统航行试验，三一海洋重工与沙特

成功签下全球最大的单笔电动集卡订单 1。此外，全球首创水体自然交换型养殖工船“九州一号”、国内首台配备可自主升降折叠网箱的新型数字智能化深海养殖平台“珠海琴”等现代化海洋牧场项目相继开工建设。

3. 传统海洋产业转型升级

珠海的传统海洋产业也在稳步回升，渔业和渔业加工业转型升级加快，推动养殖生产从近岸走向深远海。2022 年，珠海新增深水大网箱 30 个，大型深远海养殖平台“湾区横洲号”投产，渔业产值达 80 亿元，比上年增长 9.4%²。

4. 政策支持与未来规划

珠海被明确支持建设为区域性海洋中心城市，这为珠海的海洋产业发展提供了强有力的政策支持。珠海正在以前所未有的魄力和行动，打造“海上新珠海”，力争成为广州、深圳之外的“海上新广东”海洋发展“第三极”。未来，珠海将继续推动海洋经济高质量发展，探索现代化海洋牧场发展模式，形成“标准用海、立体养殖、岸海联动、智慧赋能、多元服务”五位一体的海上 5.0 新空间。

综上所述，珠海市的海洋产业发展状况呈现出快速增长和高质量发展的态势，新兴产业和传统产业都在不断转型升级，政策支持也为未来的发展提供了坚实的基础。

5.1.1.3 项目所属行业的发展状况

珠海当前已形成以铁路为重要纽带，公路、跨海通道为骨干，机场、港口为延伸的立体综合交通运输网络，且多个重点交通项目推进中，助力其从交通末梢升级为粤港澳大湾区重要交通枢纽，其中本项目所属的铁路运输行业发展状况如下：

已通车线路成熟运营：一是广珠城际铁路 2012 年底全线开通，设计时速 120km/h，珠海境内设珠海北、唐家湾等多个站点，是珠海接入大湾区城际网络的核心线路，在此基础上开通的珠海站至珠海北站市郊列车已优化为“S”字头，车次达 18 个且多趟实现站站停，客流较开通初期翻倍。二是珠机城际铁路（连接珠海站与珠海机场站）分两期通车，2024 年二期通车后全线贯通，全程 39.8 千米设 9 个车站，横琴往来金湾最快 18 分钟，高峰期日客流量近万人次，还推出计次月票提升出行性价比。三是广珠铁路作为市郊铁路，2012 年开通，珠海境内设斗门站、珠海西站等，主要服务于市内及跨市的普速运输与货运需求。

在建及规划线路推进有序：在建的珠肇高速铁路预计 2027 年开通，珠海境内设鹤洲站，2024 年底相关盾构施工已突破 2000 米；南珠中城际铁路进入盾构施工阶段，设计

时速 160km/h，未来将强化珠海与广州、中山的联动。规划中的广中珠澳高铁、深珠高铁等线路建成后将大幅提升珠海的跨区域高铁通行能力，其中深珠通道已被列入交通运输部 2025 年重点工程。

5.1.2 海域使用现状

本项目位于珠海市鹤洲和磨刀门水道海域，通过遥感影像、资料收集和现场踏勘，了解到现状项目论证范围内海域开发利用活动主要有：跨海桥梁、围垦区、航道、海底电缆管道、水闸、码头、水文站、绿化提升工程、海底隧道等。

表 5.1-1 项目周边海域开发利用现状一览表

序号	附近海域开发活动	与本项目相对方位	与本项目用海范围最近水平距离（km）
1	鹤洲南围垦区	本项目下穿	0
2	鹤洲水道	本项目下穿	0
3	磨刀门水道	本项目下穿	0
4	珠海洪鹤大桥工程	本项目下穿	0
5	番禺/惠州天然气开发项目	本项目下穿其天然气管道	0
6	鹤洲北 4 号水闸	西南侧	0.05
7	珠海隧道工程 TJ2 标段	东北侧与其施工栈桥权属无缝衔接	0
8	1 号闸	西南侧	0.2
9	船闸	西南侧	0.3
10	北闸	东北	1.1
11	5 号闸	北侧	0.2
12	珠海市鹤洲至高栏港高速公路工程鹤洲北至省道 S272 跨海大桥工程	西南侧	1.7
13	泥湾门水道	西南侧	2.5
14	珠海大道（珠海大桥西至泥湾门大桥西段）扩建工程	西北侧	3.3
15	2 号闸	西南侧	3.1
16	3 号闸	西南侧	3.4
17	4 号闸	西南侧	3.8
18	十三眼水闸	西南侧	4.7
19	机场东路美化绿化提升工程一期	西南侧	3.6
20	珠海市区至珠海机场城际轨道交通工程（含代建金海公路大桥工程）	西南侧~东南侧	2.8
21	三灶水文站	西南侧	9.8
22	珠海隧道工程	东北侧	4.0
23	珠海港洪湾港区一期工程	东北侧	4.9

序号	附近海域开发活动	与本项目相对方位	与本项目用海范围最近水平距离（km）
24	珠海港洪湾港区二期工程（第一阶段）	东北侧	4.7
25	珠海港洪湾港区洪湾港务公司二期工程（第二阶段）项目	东北侧	4.6
26	西域（珠海保税区）物流有限公司重件码头结构加固工程	东北侧	4.5
27	珠海市金港路横琴北段（横琴二桥）工程	东北侧	3.6
28	珠海市南屏均昌船厂码头及滑道工程	东北侧	3.8
29	横琴新区马骝洲交通隧道（横琴第三通道）新建工程	东北侧	5.1
30	珠海保税区加华货柜码头	东北侧	5.7
31	大横琴水文站	东南侧	2.8
32	深井湾码头	东南侧	3.0

5.1.3 海域使用权属现状

本项目周边海域已确权且海域使用权证仍在有效期的用海项目共有 16 宗。

5.2 项目用海对海域开发活动的影响

5.2.1 对跨海桥梁的影响分析

本项目海底隧道需下穿珠海洪鹤大桥，论证范围内还有珠海市鹤洲至高栏港高速公路工程鹤洲北至省道 S272 跨海大桥工程、珠海大道（珠海大桥西至泥湾门大桥西段）扩建工程、珠海市区至珠海机场城际轨道交通工程（含代建金海公路大桥工程）、珠海市金港路横琴北段（横琴二桥）工程等跨海桥梁，同时还有施工栈桥——珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）。其中本项目需下穿珠海洪鹤大桥，同时与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的距离较近，与其他跨海桥梁或栈桥均不存在海域使用权属冲突，从海底一定深度穿过的盾构隧道施工，对未直接穿越且有一定距离的跨海桥梁及施工栈桥的桩基稳定等基本不产生影响，本项目主要可能对下穿的珠海洪鹤大桥和距离较近的珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）产生影响。

（1）对珠海洪鹤大桥的影响分析

本项目海底隧道于 CK6+050~110 范围侧穿珠海洪鹤大桥，隧道位于该桥梁 61~62 号墩之间，与其海域使用权属存在交越，为了避免海域使用权属冲突，本次不申请与其交越段的用海，但穿越该大桥需取得大桥权属单位的同意意见。

本项目下穿段的桥梁形式为 4×3000 预应力砼小箱梁，桥墩桩基直径 1.8m，61 号墩桩长 97m，桩底标高-96.0m，62 号墩桩长 98m，桩底标高-97m。盾构与 61 号墩桩基最近距离约 4.1m，与 62 号墩桩基最近距离约 12.3m。隧顶标高约 -54.21m（国家 85 高程），轨面标高-63.11m（国家 85 高程）。隧道穿越地层为粗砂层和全、强风化花岗岩层，平面和立面位置关系分别见图 5.2-1 和 5.2-2 所示。若不采取有效保护措施，本项目盾构施工将可能对珠海洪鹤大桥的桥梁桩基等产生一定的影响。因此，本项目施工前，应做好对不良地质现象、桥梁桩基等构筑物的详细勘察，同时委托专业机构根据建筑物与盾构隧道的垂直和水平关系进行评估，对盾构施工中可能对其产生的影响进行分析、评估，并根据不良水文、地质现象勘探结果和影响评估结果，提出保护措施，确保本工程及穿越的珠海洪鹤大桥的绝对安全。

（2）对珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的影响分析

本项目海底隧道与珠海隧道工程 TJ2 标段施工栈桥呈平行走向，隧道结构与栈桥结构的水平最近净距约 11m，本项目外扩 10m 拟申请用海范围线与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的外扩 10m 范围线存在局部重叠。经本项目建设单位与该栈桥权属单位的初步沟通了解，该栈桥权属单位有意向申请该栈桥在海域使用权到期后仍继续使用，但目前仍需进一步争取海事和通航部门的同意；因此，现阶段，本项目拟不申请重叠部分的用海，确保不存在海域使用权属冲突。

本项目接近施工栈桥段的隧道埋深约为 42.4~52.5m，穿越地层涉及淤泥质粉质黏土、细砂和中砂。施工栈桥为水上临时结构，其基础形式为钢管桩，桩端通常坐落于浅部土层（如粉质黏土或砂层）。

本项目接近珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）段的隧道埋深较大（42.4~52.5m），与栈桥基础的竖向距离较远，一定程度上降低了竖向变形的直接传递；但结构水平净距最低仅约为 11m，远小于隧道埋深，属于近接施工范畴，且邻近段隧道涉及穿越淤泥质粉质黏土、细砂和中砂，发生地面沉降等可能对珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的桩基稳定性等产生一定的影响。

因此，本项目施工前，应在栈桥基础及周边土层布置沉降、位移及水位监测点，建立实时预警系统，确保施工过程中栈桥的安全。同时，施工过程中应建立泥浆压力动态监测系统，根据地层水土压力实时调整泥浆压力，优化同步注浆参数，采用“高压、低流量”的注浆策略，确保浆液均匀填充盾尾间隙，注浆压力略高于地层静止侧压力；

施工时在隧道与栈桥之间设置隔离桩或高压旋喷桩止水帷幕，阻断扰动应力和地下水的传递路径；针对可能出现的桩体偏位、沉降超限等情况，制定应急加固方案，必要时对施工栈桥设置临时支撑限制栈桥变形等。则经采取措施后，本项目对珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的影响可降至最低。

5.2.2 对鹤洲南围垦区及其穿堤建筑物的影响分析

根据现场踏勘及资料收集，鹤洲南围垦区内大部分海域为水域，历史上有围塘水上养殖活动，现基本已弃养。

本项目海底隧道从海床下-65.8m~-42.4m（国家 1985 高程）的底土穿越，对渔业养殖水层无影响。本项目 2 号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，非养殖水域，不涉及直接占用围塘养殖水域；且 2 号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放，不会对海水水质产生影响。

1.对鹤洲南围垦区的影响分析

本项目需下穿鹤洲南围垦区，穿越围垦区段隧道埋深约为 42~51m。

目前鹤洲南围垦区未开发建设，但远期有城市建设规划。根据《珠海市自然资源局关于为避免广中珠澳高铁选线影响鹤洲南片区远期城市规划实施建议提前开展工程专项研究的函》，鹤洲南片区的城市规划竖向标高不低于 3.2m（黄海高程、填土固结后），即标高不低于 3.358m（国家 85 高程），且在高铁线路上方区域需进行围填海工程、软基固结工程及市政道路施工等城市建设。

基于规划竖向标高条件，项目可研对围垦区未来规划回填及开发建设对鹤琴隧道结构变形及轨道平顺性的影响进行了专项分析，分析验算结果显示，考虑鹤洲南片区的城市规划竖向标高不低于 3.2m（黄海高程、填土固结后），由于围垦区淤泥层深厚，因此上方填土荷载对管片结构内力影响较大；在管片外径和厚度不变的情况下，可以通过加大隧道埋深，使得隧道全断面位于中密砂层或全风化岩层，提高隧道外侧土体的被动抗力刚度，减小地表填土荷载对管片的收敛变形；同时提高混凝土标号至 C70，加强管片的结构配筋，管片接头采用 DDCI+螺栓的双接头型式，使得隧道管片结构满足承载能力和正常使用极限状态要求。由此可见，通过一系列的结构加强措施，可以使得隧道结构的结构变形以及不均匀沉降影响可控，确保不会影响围垦区的未来开发建设产生影响。

2.对鹤洲南围垦区堤防的影响

本项目盾构海底隧道需下穿鹤洲南围垦区北堤和东堤，2号工作井位于东堤附近。

本项目下穿鹤洲南围垦区北堤地层主要为变质砂岩、中砂、粉质黏土，隧顶与上部不稳定地层淤泥层的垂直距离约为31.1m；下穿鹤洲南围垦区东堤地层主要为粗砂、粉质黏土，隧顶41.6m，2号工作井边界与东堤的最近距离约为30m。

本项目2号工作井与东堤保持30m以上的安全间距，未触碰堤防本体结构；隧道下穿堤防段仅涉及地下地层掘进作业，不涉及堤防拆除、改造等直接干预行为。因此，本项目的实施，对穿越的鹤洲南围垦区北堤和东堤不会造成直接的破坏影响。

本项目隧道与上部不稳定淤泥层保持31.1m（北堤段）、41.6m（东堤段）的较大垂直距离，远离易失稳地层，可大幅降低地层变形向堤防基础传导的可能性。且在设计阶段，本项目拟通过深化地质勘探优化线路与覆土设计、选用泥水盾构机适配地层、采用圆形断面隧道与多道防水密封管片、针对特殊地质专项加固及优化注浆材料配比等措施，从源头降低施工扰动对穿越堤防的稳定性的影响。施工阶段，拟经试掘进优化推进速度等技术参数，通过同步注浆、二次注浆及跟踪注浆填补空隙，搭配全程监控量测与近接施工管理系统动态调整施工，全方位减少超挖与地层损失，避免地表沉降、崩塌等问题，最大限度降低对堤防稳定的影响。

综合前述分析结果可知，本项目用海过程中，通过合理的工程布局、针对性的设计优化及精细化的施工管控，可避免对鹤洲南围垦区北堤、东堤的直接破坏，又将间接扰动风险降至最低，堤防安全稳定可得到有效保障，项目用海对鹤洲南围垦区堤防的影响在可控范围内。

3.对鹤洲南围垦区穿堤建筑物的影响分析

鹤洲南围垦区现状共有穿堤建筑物8座，其中水闸7座、船闸1座。

本项目海底盾构隧道无需穿越鹤洲南围垦区现状穿堤建筑物所在区域，2号工作井也远离前述穿堤建筑物，与前述穿堤建筑物不存在海域使用冲突。本项目穿越鹤洲南围垦区段的隧道埋深约为42~51m，与海床预留较大的距离，从海底穿过的盾构隧道施工，对未直接穿越且有一定距离的水闸及船闸结构安全等基本不产生影响。本项目2号工作井与穿堤水闸、船闸等距离较远，且施工工程量较小，也不会对前述鹤洲南围垦区穿堤建筑区产生影响。

综合分析，本项目的实施对鹤洲南围垦区穿堤建筑物的影响基本无影响。

5.2.3 对通航防洪水道的影响分析

本项目盾构海底隧道下穿鹤洲水道和磨刀门水道，西南侧约 2.5km 处有泥湾门水道。

本项目无需占用泥湾门水道海域，与其有一定距离，且本项目盾构海底隧道的建设不会对附近海域的水文动力和冲淤环境等产生影响，不会影响其通航环境和防洪纳潮条件。

本工程以隧道形式在 CK4+527-CK4+905、CK8+500-CK11+478 段分别穿越鹤洲水道及磨刀门水道，长度分别约为 0.378km、2.978km。其中磨刀门水道为规划 I 级航道，通航 5000t 海轮，现状最高通航水位 2.94m（国家 85 高程，下同），最低通航水位-0.33m；规划航道水深要求 8.0m。鹤洲水道为 III 级航道，现状最高通航水位 2.94m，最低通航水位-0.33m；规划航道水深要求 4.0m。

根据通航安全评估报告和防洪评价报告的评价结果，结合磨刀门百年冲刷线预测结果，为了确保穿越的通航水道的通航安全，本项目穿越鹤洲水道的隧道控制高程为-24.50m，实际设计顶高程约为-38m；本项目穿越磨刀门水道的隧道控制高程为-30.30m，实际设计顶高程约为-49m；由此可知，本项目海底隧道与通航水道预留了足够的底土空间，不会对航道的正常通航及后续疏浚维护等产生影响。且本项目隧道拟采用盾构方式从水道下穿过，施工及运营过程均不涉及使用船舶，不改变河床地形，不占用通航和过流断面，不会改变所在海域的水动力、地形地貌和冲淤环境，对穿越水道的通航环境和防洪纳潮条件基本不影响。

综合分析，本项目的实施对穿越的水道的通航环境、防洪纳潮条件等不会产生影响。

5.2.4 对番禺/惠州天然气开发项目的影响分析

本项目海底隧道于里程桩号 CK11+080 下穿番禺/惠州天然气开发项目的超高压天然气管道，交叉角度为 62° ，隧道顶距离管道的竖向净距约为 42.65m。

根据《油气输送管道与铁路交汇工程技术及管理规定》（国能油气 392 号），当采纳非爆破方式开挖管沟时，管沟底部与铁路隧道结构顶部外缘的垂直间距不该小于 10m，输油管道在铁路隧道洞身及其双侧各不小于 20m。本项目隧道顶距离管道的竖向净距约为 42.65m，远大于 10m，已与该天然气管道预留了足够的安全距离。为了评估本项目可能对番禺/惠州天然气开发项目天然气管道的影响，本项目建设单位已组织编制了《广州至珠海（澳门）高速铁路鹤洲至横琴段下穿中海油海底管道安全风险评估报

告》（中海油安全技术服务有限公司，2026年3月），该报告通过对项目海底隧道盾构施工对海底管道影响进行模拟计算分析，预测得海底隧道盾构施工过程中，可导致海底管道竖向位移最大为3.22mm，满足海底管道竖向位移控制值要求；管道内部应力变化较小，满足规范要求，本项目海底盾构隧道施工对海底管道影响在可控范围内。但本项目仍应加强与该项目权属单位的沟通协调，在施工前进行更为详细的勘察，探明其海底电缆管道的具体位置和埋深，同时制定专项施工方案，采取保护措施，确保不对其产生不良影响。

5.2.5 对码头的影响分析

本项目论证范围内有珠海港洪湾港区一期工程、珠海港洪湾港区二期工程（第一阶段）、珠海港洪湾港区洪湾港务公司二期工程（第二阶段）项目、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、珠海保税区加华货柜码头和深井湾码头等码头工程，与前述码头工程的距离均较远（在3.0km以上），与周边码头不存在海域使用权属冲突。

本项目施工过程无需使用施工船舶，建成运营后也无需使用船舶，且本项目采用盾构的施工方式从海底穿过，不占用过流断面，不影响海域的水文动力条件，不会改变周边码头的通航条件和环境，对周边码头基本无影响。

5.2.6 对水文站的影响分析

本项目论证范围内有三灶水文站和大横琴水文站等2个水文站，用海范围与该两个水文站的最近距离分别约为9.8km和2.8km。本项目与前述两个水文站的距离较远，且本项目采用盾构的施工方式从海底穿过，不改变周边海域的水文动力条件，不会改变前述两个水文站的监测条件，对其正常运行无影响。

5.2.7 对其他开发利用项目的影响分析

本项目周边还有机场东路美化绿化提升工程一期、珠海隧道工程、横琴新区马骝洲交通隧道（横琴第三通道）新建工程等开发利用项目，本项目与前述项目不存在海域使用权属冲突，且本项目采用盾构的施工方式从海底穿过，与前述开发利用项目的距离较远，不会对前述开发项目产生影响。

5.3 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人，界定的利益相关者应该是与用海项目存在直接利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。

本项目需下穿珠海洪鹤大桥和番禺/惠州天然气开发项目的天然气海底管道，前述两个项目的权属单位为本项目的利益相关者。本项目与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的距离较近，可能对其结构稳定产生一定的影响，其建设单位珠海交通集团有限公司是本项目的利益相关者。本项目海底隧道下穿鹤洲南围垦区，且拟在洲鹤洲南围垦区内建设 2 号工作井，鹤洲南围垦区的管理单位珠海城建地产开发有限公司是本项目的利益相关者。

本项目海底隧道下穿防洪海堤、道鹤洲水道、磨刀门水道，需协调的部门包括水利防洪主管部门、航道主管部门。

5.4 相关利益协调分析

5.4.1 与利益相关者的协调分析

由界定结果可知，本项目的利益相关者为番禺/惠州天然气开发项目的权属单位中海石油（中国）有限公司、珠海洪鹤大桥工程的权属单位珠海交通集团有限公司、鹤洲南围垦区的管理单位珠海城建地产开发有限公司、珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的建设单位珠海市轨道交通有限公司。

1. 与番禺/惠州天然气开发项目权属单位的协调分析

本项目海底隧道于里程桩号 CK11+080 下穿番禺/惠州天然气开发项目的超高压天然气管道，交叉角度为 62° 。与该项目的用海范围在垂直投影平面上存在重叠，但立体物理空间上无冲突。

根据本项目设计资料，本项目海底隧道已与该天然气管道预留了足够的安全距离。在施工前也拟进行更为详细的勘察，探明其海底电缆管道的具体位置和埋深，制定专项施工保护方案，在施工过程中加强对土体位移监测，确保不对其天然气海底管道产生不良影响。

本项目拟开展立体确权，需对番禺/惠州天然气开发项目进行立体空间范围变更变更，需中海石油（中国）有限公司配合开展相关工作。为此，本项目建设单位已与番禺/惠州天然气开发项目的权属单位中海石油（中国）有限公司进行了多轮沟通协调，中

海石油（中国）有限公司已表示同意配合本项目进行立体设权变更，并将在本项目用海报批前，出具同意本项目建设的书面意见，且配合完成其海域使用权属的立体设权变更，确保两个项目的用海不存在海域使用权属冲突。则在此前提下，本项目与其用海可协调。

2.与珠海洪鹤大桥权属单位的协调分析

本项目海底隧道于 CK6+050~110 范围侧穿珠海洪鹤大桥，与该项目的用海范围在垂直投影平面上存在重叠，但立体物理空间上无冲突。由于该项目原申请用海时，未对其跨海大桥进行立体分层设权，考虑该项目用海方式为跨海桥梁，其海域使用金征收标准与本项目主体工程的相同。为了避免海域使用权属冲突，本项目拟不申请与其交越段的用海。

由于本项目从该桥梁的桩基之间穿越，若不采取有效保护措施，本项目盾构施工可能会对珠海洪鹤大桥的桥梁桩基安全等产生一定的影响。为了避免对桥梁桩基稳定性等产生影响，本项目可研报告提出了如下措施：在盾构穿越前预先在桥桩附近埋设土体测斜管，施工时加强土体位移监测，并预先施工单排钻孔灌注桩（ $\phi 800@1000$ ）对桥桩进行保护；盾构掘进过程中，同步在盾构机中全环径向注浆孔交替注入克泥效，及时填充开挖直径和盾体之间的空隙，并根据地层控制注入压力和注入量；在墩顶设置沉降和倾斜监测点，并设置千斤顶等应急保护措施，通过前后应加强监测，做好应急预案。

此外，本项目应加强与该项目权属单位的沟通协调，取得该项目权属单位同意本项目用海的意见。在施工前，应做好对不良地质情况、桥梁桩基等构筑物的详细勘察，同时应委托专业机构进行安全专题评估，提出施工期桥桩安全保障措施，并在施工过程中严格落实，确保桥梁和本项目隧道自身结构绝对安全。

综上，在取得珠海洪鹤大桥工程的权属单位珠海交通集团有限公司同意本项目用海的书面意见，且在施工过程中切实落实桥桩保护措施，确保桥梁和本项目隧道自身结构绝对安全的前提下，本项目与其可协调。

3.与鹤洲南围垦区管理单位的协调分析

本项目海底隧道下穿鹤洲南围垦区，且拟在鹤洲南围垦区内建设 2 号工作井。

本项目建设单位需加强与鹤洲南围垦区管理单位的沟通协调，确保在本项目用海报批前，顺利取得其同意本项目用海的正式意见。本项目 2 号工作井选址避开鹤洲南围垦区的堤防，同时为最大限度降低穿越堤防施工对围垦区堤防稳定性的不利影响，需从设计与施工全流程管控入手，构建全方位防控体系：设计阶段，通过优化线路走向及结构设计方案、选用适配性强的盾构设备与加固材料等源头管控手段，从根源上规避潜在风

险；施工阶段，以试掘进参数为依据持续优化施工工艺，结合多道注浆加固技术及全程监控量测数据实施动态调整，精准控制地层损失，有效减小施工扰动，实现对堤防稳定性的全过程、精细化防护。

综上，在取得鹤洲南围垦区管理单位同意本项目用海的意见，且在设计和施工过程中严格落实对鹤洲南围垦区堤防的安全保障措施的前提下，本项目与珠海城建地产开发有限公司可协调。

4.与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）建设单位的协调分析

本项目与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的距离较近，可能对其结构稳定产生一定的影响。本项目建设单位需加强与其建设单位的沟通协调，确保在本项目用海报批前，顺利取得其同意本项目用海的正式意见。同时在施工过程中实施“监测预警、压力控制、物理隔离及应急加固”四位一体的综合防护措施，将本项目海底施工可能对珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的结构安全等不利影响降至最低。则在前述前提下，本项目与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的建设单位是可协调的。

5.4.2 与相关部门的协调分析

本项目海底隧道下穿防洪海堤、道鹤洲水道、磨刀门水道，需协调的部门包括水利防洪主管部门、航道主管部门。

目前本项目建设单位已委托第三方单位正在编制航道通航条件影响论证报告和防洪评估报告，项目用海批复前需取得航道和水利主管部门对相关专题报告的审核或批复意见，同时严格落实专题报告提出的相关措施，则在此前提下，本项目与水利防洪主管部门、航道主管部门是可协调的。

综合前述分析结果，本项目的利益协调情况统计见表 5.4-2 所示。

表 5.4-1 利益协调情况统计一览表

利益相关用海项目	协调内容	协调内容及方案
番禺/惠州天然气开发项目	本项目海底隧道需下穿其部分已建天然气管道，与其用海存在立体交越	（1）取得该项目权属单位同意本项目与其已建海底天然气管道交越用海的意见；（2）在本项目用海报批前，中海石油（中国）有限公司需配合对番禺/惠州天然气开发项目进行立体空间范围变更，确保不存在海域使用权属冲突；（3）本项目在施工过程中需严格落实对其已建天然气管道的保护措施，确保其天然气管道绝对安全。

利益相关用海项目	协调内容	协调内容及方案
珠海洪鹤大桥工程	本项目海底隧道需下穿其部分已建桥梁,与其用海存在立体交越	(1) 取得该项目权属单位同意本项目用海的意见; (2) 为避免权属冲突, 本项目拟不申请与其重叠部分的用海; (3) 在本项目施工前, 需开展更详细的岩土勘察, 同时委托开展对桥梁的影响专题评估, 提出保护措施并严格落实, 确保桥梁结构绝对安全。
鹤洲南围垦区	本项目海底隧道下穿鹤洲南围垦区, 且拟在洲鹤洲南围垦区内建设2号工作井	(1) 取得该项目管理单位同意本项目用海的意见; (2) 在设计和施工过程中严格落实对鹤洲南围垦区堤防的安全保障措施。
珠海隧道工程 TJ2 标段 (施工栈桥)	本项目与珠海隧道工程 TJ2 标段 (施工栈桥) 的距离较近	(1) 取得该项目管理单位同意本项目用海的意见; (2) 在施工过程中实施“监测预警、压力控制、物理隔离及应急加固”四位一体的综合防护措施, 将本项目海底施工可能对珠海隧道工程 TJ2 标段 (施工栈桥) 的结构安全等不利影响降至最低。
防洪海堤、道鹤洲水道、磨刀门水道	本项目海底隧道下穿防洪海堤、道鹤洲水道、磨刀门水道	项目用海批复前需取得航道和水利主管部门对相关专题报告的审核或批复意见, 同时严格落实专题报告提出的相关措施, 确保防洪海堤、防洪和通航水道的安全

5.5 项目用海对国防安全和国家海洋权益的影响分析

5.5.1 对国防安全和军事活动的影响分析

本项目所使用的海域及周围海域无国防、军事设施和场地, 其工程建设、生产经营不会对国防产生不利影响。本项目用海不涉及领海基点和国家秘密, 对国家海洋权益无碍。

5.5.2 对国家海洋权益的影响分析

本项目用海不涉及领海基点和国家秘密, 对国家海洋权益无碍。

6 国土空间规划符合性分析

6.1 国土空间规划符合性分析

6.1.1 与《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的符合性分析

1. 本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《广东省国土空间规划（2021-2035年）》“以下简称《省国空》”提出，要对接国家综合交通骨干网布局，推进高快速铁路、高速公路和高等级航道网建设，打造“三横六纵两联”的综合运输通道，形成综合立体、能力充分、高效衔接的综合交通网络。以通道集约、线路共享为原则，推进综合运输通道基础设施的一体化规划建设，强化京港澳、沿海、京深港、沪广-西江、粤贵川、粤湘渝、二湛等国家级通道，完善汕昆、粤东北上、汕尾北上、粤西北上等区域性或联络性通道，在京广深、沿海等战略通道预留规划建设高速磁浮系统条件，保障广昆等通道功能提升的空间需求，统筹跨珠江口通道空间资源，做好深圳至珠海等跨珠江口通道项目规划控制，预留琼州海峡通道。围绕畅通国内大循环和联通国内国际双循环，统筹铁路、公路、水运、民航等基础设施规划布局，加快完善全省高快速公路网络，支持京港澳、沈海等高速公路路段扩容升级，加快推动城际轨道和城际铁路网建设，加快赣粤运河等港航项目研究建设，积极推进对外交通、城市群交通、都市圈交通网络高效衔接和有机融合，完善多层次网络布局，加快形成“12312”交通圈。

《省国空》提出要优化四类空间布局安排，打造集约高效的城镇空间、构建内联外通的综合立体交通网络。本项目位于其中的海洋开发利用空间，穿越海洋生态保护红线。《省国空》提出，海洋开发利用空间要“提升海岸带品质和功能，统筹航运交通、能源矿产、渔业养殖、基础设施布局，增强海岸带综合承载力，推动海岸带高质量发展。……”要“优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。……”

《省国空》提出，要规范管控有限人为活动：（1）生态保护红线内，自然保护地核心区原则上禁止人为活动。（3）生态保护红线内自然保护地核心区外，

禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。（3）符合规定的生态保护红线管控范围内有限人为活动，涉及新增建设用地、用海用岛审批的，在报批农用地转用、土地征收、海域使用权、无居民海岛开发利用时，需附省级人民政府出具符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见。

2.对国土空间规划分区的影响分析

本项目涉海主体工程为海底隧道工程，主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。其中主体工程拟采用盾构施工方式从海底穿过，隧道与海床之间预留有一定的空间，不会改变所在国土空间规划分区的自然属性。2号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，用海面积非常小；仅施工期有部分临时钢板桩等结构会超出海床面，施工结束后临时钢板桩等结构将予以拆除，海床面将恢复；2号工作井仅施工期会对局部极小范围海域的自然属性造成临时的改变，施工结束后改变也将消失。此外，本项目施工及运营过程对所在国土空间规划分区的资源生态环境影响均较小，对生态保护红线的生态环境不会产生影响。综合分析，本项目对国土空间规划分区影响小。

3.项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于《省国空》专栏“9-1：广东省综合立体交通网主骨架布局”（见表6.1-1）中规划京港澳通道的重要组成部分，本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义；有利于加快推动城际轨道和城际铁路网建设，积极推进对外交通、城市群交通、都市圈交通网络高效衔接和有机融合，完善多层次网络布局，加快形成“12312”交通圈，推动海岸带高质量发展。此外，本项目虽需穿越磨刀门重要河口生态保护红线，但所穿越的生态保护红线不属于自然保护区核心区，项目属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自

然资发〔2023〕11号）中允许建设的有限人为活动——“⑥必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，对生态保护红线基本无影响，符合生态保护红线的管控要求。

综合分析，本项目的实施符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的相关要求。

表6.1-1 广东省综合立体交通网主骨架布局

专栏9-1：广东省综合立体交通网主骨架布局
<p>三横：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.沿海通道：自福建进入广东，经潮州、汕头、揭阳、汕尾、惠州、深圳、东莞、广州、中山、江门、珠海、阳江、茂名、湛江，至广西。 2.沪广-西江通道：自福建进入广东，经梅州、河源、广州、佛山、肇庆、云浮，至广西。 3.汕昆横向通道：粤北生态发展区横向通道，经河源、韶关、清远，至广西。 <p>六纵：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.京港澳通道：自湖南进入广东，经韶关、清远、广州、东莞、深圳、佛山、江门、中山、珠海，至香港、澳门。 2.京深港通道：自江西进入广东，经河源、惠州、东莞、深圳，至香港、澳门。 3.粤贵川通道：起自粤港澳大湾区，经珠海、中山、江门、广州、佛山、肇庆，至广西，连接成都。 4.粤湘渝通道：起自粤港澳大湾区，经珠海、中山、江门、广州、佛山、清远，至湖南，连接重庆。 5.二湛通道：自广西进入广东，经湛江，连接海南自由贸易港。 6.粤东北上通道：起自汕潮揭地区，经汕头、潮州、揭阳、梅州，至江西。 <p>两联：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.汕尾北上通道：经汕尾、河源。 2.粤西北上通道：经湛江、茂名。

6.1.2 与《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》的符合性分析

1.本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

根据《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》，本项目穿越海洋预留区、城镇发展区和生态保护区，需穿生态保护红线（磨刀门重要河口），不涉及占用基本农田。

海洋预留区为重点保障未来发展的战略预留空间。

城镇发展区包括城镇开发边界，以及为保持城镇发展区完整性、便于规划管理而划入的邻近区域。区内不涉及永久基本农田、生态保护红线，涉及城镇开发边界的按照国家相关规定进行管理。

生态保护区是具有特殊重要生态功能或生态敏感脆弱、必须强制性严格保护的陆地和海洋自然区域。空间范围与生态保护红线一致，按照国家关于生态保护红线的相关规定进行管理。

生态保护红线按照国家相关规定进行管控。增强生态系统服务功能，注重保护重要生态空间，严格控制人为活动，减少开发建设对生态系统的破坏和扰动。规范管控有限人为活动。生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。符合规定的生态保护红线管控范围内有限人为活动，涉及新增建设用地、用海用岛审批的，在报批农用地转用、土地征收、海域使用权、无居民海岛开发利用时，需附省级人民政府出具符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见。

2.对国土空间规划分区的影响分析

本项目涉海主体工程为海底隧道工程，主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。其中主体工程拟采用盾构施工方式从海底穿过，隧道与海床之间预留有一定的空间，不会改变所在国土空间规划分区的自然属性。2号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，用海面积非常小；仅施工期有部分临时钢板桩等结构会超出海床面，施工结束后临时钢板桩等结构将予以拆除，海床面将恢复；2号工作井仅施工期会对局部极小范围海域的自然属性造成临时的改变，施工结束后改变也将消失。此外，本项目施工及运营过程对所在国土空间规划分区的资源生态环境影响均较小，对生态保护红线的生态环境不会产生影响。综合分析，本项目对国土空间规划分区影响小。

3.项目用海与国土空间规划的符合性分析

《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》近期行动计划提出，交通引领行动。以“破末端局、畅连东西、服务城市产业”为近期交通发展导向，全力提升双港（珠海机场、珠海港）能级，推进区域铁路及其综合枢纽建设，完善“对接深中通道、对接港珠澳大桥”两条战略通道高快速路体系，实现与湾区城市直连直通。积极推进市

域轨道环线建设及公交化运营工作，建设东、西部城区快速环线，完善中心城区骨架路网，实现东西城区高效连通。积极推进市域骨干通道建设，提升改造已建骨干道路通行能力，服务城市生活、生产出行需求，支撑产业园区高质量建设。综合交通近期建设任务见表6.1-2所示。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于《市国空》专栏“16-2：综合交通近期建设任务”（见表6.1-2）中规划广珠澳高铁等区域铁路建设的重要组成部分，本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义。

本项目作为铁路隧道建设项目，符合海洋预留区重点保障未来发展的战略预留空间的功能定位。部分盾构隧道穿越城镇发展区，位于属于《广东省自然资源厅关于明确市县级国土空间总体规划数据库启用条件及使用规则的通知》（粤自然资函〔2023〕630号）所附《城镇开发边界外布局建设项目准入目录(试行)》“1.区域性交通、能源、水利，以及城市道路和城乡供水、排水、供电、供燃气、供热、通信、广播电视设施、环卫、消防等设施”中的“区域性交通”项目，符合城镇开发边界的准入要求。此外，本项目虽需穿越生态保护红线区（磨刀门重要河口），但穿越的生态保护红线不属于自然保护地核心保护区，项目属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）中允许建设的有限人为活动——“⑥**必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施**”，对生态保护红线基本无影响，符合生态保护红线的管控要求。

综合分析，本项目符合所在国土空间规划分区的管控要求，项目建成后也有利于积极推进市域骨干通道建设，提升改造已建骨干道路通行能力，服务城市生活、生产出行需求，支撑产业园区高质量建设，符合《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》要求。

表6.1-2 综合交通近期建设任务

专栏 16-2：综合交通近期建设任务	
类别	近期任务
破末端局	推进珠海机场改扩建、综合交通枢纽、滑跑系统、T2 航站楼、空港国际智慧物流园等工程建设，加快启动第二跑道、图航站区前期工作，积极争取开通国际口岸，推进机场北路南延段等集疏运体系建设。 完成高栏港集装箱码头三期和航道扩建等工程，积极推进高栏港快线、金港大桥等疏港通道建设，提升珠海港货运吞吐能力和服务水平。 推进珠肇高铁、广珠澳高铁等区域铁路建设，开展深珠城际（伶仃洋通道）前期研究工作，启动珠海中心站（鹤洲）、珠海北站、金湾站等枢纽建设。
畅连东西	加快推进黄茅海通道、金琴快线北延、兴业快线、珠海隧道、珠海大道改扩建等工程建设，启动珠峰大道快速化改造、机场东路（金湾立交以北段）建设，建设环岛北路西延线。
服务城市产业	积极推进横琴第三通道、金溪大道、莲鹤大道等骨干通道建设，推进人民路、九洲大道等骨干道路提升改造工作以及三溪大道、呈祥路、平华大道东延等通道建设。

6.1.3 与《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035 年）》的符合性分析

1. 本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035 年）》对外交通规划构建轨道交通新格局，规划引入广珠澳高铁，向北串联珠海至广州，并以珠海中心站（鹤洲）枢纽为铁路主枢纽，支撑珠澳积极融入国家高铁网络。规划广佛江珠城际轨道，串联金湾机场、金湾城区、斗门城区、莲洲镇和莲洲通用机场，至江门南站、对接珠三角城际铁路网络；建成珠机城际二期，强化机场与横琴粤澳深度合作区、香洲城区的衔接联动；规划预留珠斗城际，串联鹤洲、香洲城区、富山至粤西，支撑珠海向粤西辐射带动。

本项目用海范围不涉及《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035 年）》中的城镇开发边界和基本农田，需穿越海域生态保护红线。生态保护红线按照国家相关规定进行管控。增强生态系统服务功能，注重保护重要生态空间，严格控制人为活动，减少开发建设对生态系统的破坏和扰动。海洋生态保护红线内自然保护区、风景名胜

区、饮用水水源保护区等区域，依照相关法律法规进行管理。海洋生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。严控新增围填海造地，确保海洋生态保护红线面积不减少。

2. 对国土空间规划分区的影响分析

本项目涉海主体工程为海底隧道工程，主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。其中主体工程拟采用盾构施工方式从海底穿过，隧道与海床之间预留有一定的空间，不会改变所在国土空间规划分区的自然属性。2号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，用海面积非常小；仅施工期有部分临时钢板桩等结构会超出海床面，施工结束后临时钢板桩等结构将予以拆除，海床面将恢复；2号工作井仅施工期会对局部极小范围海域的自然属性造成临时的改变，施工结束后改变也将消失。此外，本项目施工及运营过程对所在国土空间规划分区的资源生态环境影响均较小，对生态保护红线的生态环境不会产生影响。综合分析，本项目对国土空间规划分区影响小。

3. 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目为海底隧道工程，虽需穿越生态保护红线区（磨刀门重要河口），但穿越的生态保护红线不属于自然保护地核心保护区，项目属于《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）中允许建设的有限人为活动——“⑥必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，对生态保护红线基本无影响，符合生态保护红线的管控要求。此外，本项目属于《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》规划引入的广珠澳高铁的重要组成部分，本项目建成后，可向北串联珠海至广州，并以珠海中心站（鹤洲）枢纽为铁路主枢纽，支撑珠澳积极融入国家高铁网络，促进区域交通和区域经济发展，符合《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》的交通发展规划。

综合分析，本项目是符合《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》的相关要求的。

6.1.4 与《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》的符合性分析

1. 本项目所在海域国土空间规划分区基本情况

《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》提出要加快推动高速铁路建设。尽快引入高速铁路资源，填补合作区高速铁路空白。加快推进广州至珠海（澳门）高速铁路（简称广珠（澳）高铁）、珠海至肇庆高铁铁路建设和深圳至珠海高速铁路规划建设，规划新增高铁横琴站，推动合作区融入国家高铁网，实现3小时到达省内其他城市，强化与全国铁路枢纽城市高效连通。谋划合作区衔接澳门的城市轨道交通体系充分考虑与澳门轻轨系统无缝衔接。积极推动珠机城际铁路公交化运营。

本项目用海范围需穿越《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》中划定的海洋生态保护红线区。需严格落实生态保护红线管理要求，实施自然保护地管控。衔接广东省、珠海市生态保护格局与澳门相关的自然保护地，细化落实广东省关于蓝色海岸带等重要生态系统保护总体布局的部署，共筑区域生态安全重要节点，构建“一环、双核、多廊”的生态安全格局，协同打造生态保护屏障。

2. 对国土空间规划分区的影响分析

本项目涉海主体工程为海底隧道工程，主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。其中主体工程拟采用盾构施工方式从海底穿过，隧道与海床之间预留有一定的空间，不会改变所在国土空间规划分区的自然属性。2号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，用海面积非常小；仅施工期会有部分临时钢板桩等结构超出海床面，施工结束后临时钢板桩等结构将予以拆除，海床面将恢复；2号工作井仅施工期会对局部极小范围海域的自然属性造成临时的改变。此外，本项目施工及运营过程对所在国土空间规划分区的资源生态环境影响均较小，对生态保护红线的生态环境不会产生影响。综合分析，本项目对国土空间规划分区影响小。

3. 项目用海与国土空间规划的符合性分析

本项目为海底隧道工程，虽需穿越生态保护红线区（磨刀门重要河口），但穿越的生态保护红线不属于自然保护地核心保护区，项目属于《自然资源部 生态环境部

国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号）中允许建设的有限人为活动——“⑥必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”，对生态保护红线基本无影响，符合生态保护红线的管控要求。此外，本项目属于《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》中规划加快推进建设的广珠（澳）高铁的重要组成部分，可填补合作区高速铁路空白，推动合作区融入国家高铁网，促进区域交通和经济发展。

综合分析，本项目是符合《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》的相关要求的。

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

本项目部分位于城镇开发空间，不位于蓝色海洋生态屏障生态保护和修复单元。根据《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》，城镇空间应顺应自然地理格局，让生态融入城镇，形成生态、景观、休闲功能的有机结合。重点推动广州、深圳、珠江口西岸、汕潮揭、湛茂五大都市圈生态基底提质，保护修复城市水网系统，依托碧道打造生态廊道，连通城市周边河湖水系，构筑城市湿地。修复完善城市绿地系统，加强城市生态斑块、美丽海湾及城市沿江、滨海绿道建设，营造岭南特色魅力开敞空间，增强城市生态系统韧性，提升城市人居生态品质。

本项目涉海主体工程为海底隧道建设，项目建成后有利于完善所在区域的城市交通基础设施。本项目主体工程拟采用盾构施工方式从海域底土穿越，与海床面预留一定的距离，对海洋生态环境基本无影响；2号工作井位于四周均有围蔽的鹤洲南围垦区内，对海洋生态环境影响非常有限，不影响附近蓝色海洋生态屏障生态保护和修复单元的生态环境，与《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》的要求不相冲突。

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

(1) 根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，本项目海底盾构

隧道需下穿鹤洲南海洋预留区、磨刀门重要河口生态保护区和横琴工矿通信用海区。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于规划建设的铁路项目的重要组成部分，不属于围填海历史遗留问题项目，项目设计方案已经过科学论证，本项目海底隧道建成后，与海床面及已建天然气海底管道预留足够的距离，不影响油气、工业、海底电缆管道用海需求。本项目穿越的磨刀门重要河口生态保护红线不属于自然保护地，不位于自然保护地核心区，拟采用盾构的施工方式从海洋生态保护红线的底土穿越，对生态保护红线区的生态功能不产生影响，属于有限人为活动——“必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施”。综合分析，本项目符合所在海洋功能分区的空间准入要求。

本项目主体工程用海方式为海底隧道，不会改变海域自然属性；本项目2号工作井施工期的用海方式为非透水构筑物，施工期结束后将拆除海床面上部结构，下部保留为海底隧道组成部分；仅施工期会局部改变工作井用海范围的自然属性。项目的实施对生态系统服务功能、海岸地形、水动力环境等影响均较小。与已建海底天然气管道拟预留足够的安全距离，不会对海底电缆管道安全产生影响。综合分析，本项目符合所在海洋功能分区对利用方式的要求。

本项目不涉及无居民海岛资源的利用。本项目涉海主体工程为海底隧道，拟采用盾构施工方式从海底穿过，与海床面预留一定的距离；2号工作井位于鹤洲南围垦区内；主体工程和2号工作井均无需占用过水和防洪断面；且经采取措施后，本项目对防洪堤防也不会产生明显不良影响，对所在海域的防洪纳潮功能基本无影响。项目主体工程不占用滩涂，对重要河口海域、滩涂及海水等均不产生明显不良影响，也不影响红树林、盐沼及其生境。采用盾构施工方式底土穿越海岸线，不影响岸线自然形态和生态功能，有利于保护严格保护岸线。此外，本项目施工及运营期也无污染物入海，对海洋生态环境基本无影响。综合分析，本项目符合所在海洋功能分区的环境保护要求。

此外，本项目结构设计时已考虑相关防灾要求，同时施工过程中也将严格落实相关的风险防范措施。

综合分析，本项目的实施符合所在海洋功能分区的要求。

（2）在海岸线精细化管控方面，《海岸带规划》将海岸线分为严格保护岸线、限制开发岸线和优化利用岸线三类。本项目需底土穿越的岸线保护类型为严格保护岸线（见图6.2-1）。严格保护岸线要求生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。

禁止在严格保护岸线保护范围内开展任何损害海岸地形地貌和生态环境的活动。经科学论证，不损害海岸线原有形态或生态功能的项目，可在严格保护岸线保护范围内实施，包括空中跨越或底土穿越的跨海桥梁、海底隧道、透水构筑物、海底电缆管道，无需对海岸线进行改造施工的港池、蓄水以及离岸取、排水口，开放式养殖、浴场、游乐场、专用航道、锚地及其他开放式项目，生态修复工程（丁坝、潜堤）等；以及已建非透水构筑物（水闸、防波堤、海堤、码头）、围海养殖等用海用岸活动的继续使用和升级改造。

本项目拟采用盾构施工方式从海域底土穿越，对海岸地形地貌和生态环境基本无影响，不会改变严格保护岸线的生态功能和性质，不会减少其长度，属于严格保护岸线允许实施的不损害海岸线原有形态或生态功能的海底隧道项目，符合《海岸带规划》对严格保护岸线的管控要求。

综合前述分析，本项目符合《海岸带规划》的管控要求和对严格保护岸线的管控要求，是符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的要求的。

6.3 与“三区三线”中的海洋生态保护红线的符合性分析

1.项目所在海洋生态保护红线区

根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号），本项目需穿越海洋生态保护红线——磨刀门重要河口。

2.项目用海对海洋生态红线的影响分析

本项目海底隧道涉及穿越海洋生态保护红线——磨刀门重要河口，拟采用盾构施工方式直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，在生态保护红线内的海底隧道施工过程无悬浮泥沙的产生与排放，且从海底中下层穿过的盾构隧道不会对海洋生物及其生境产生影响。本项目施工及运营过程中产生的各类污废水和固体废物均拟收集上岸处理，不排放入海，无污染物入海可能对海洋生态环境造成的影响。此外，虽然项目盾构施工时会产生一定的噪声和振动，但由于项目盾构隧道将从海底穿过，盾构隧道顶板上有较厚的覆土，经覆土等衰减后，项目盾构施工时产生的振动和噪声基本不会对海洋生物产生影响。综合分析，本项目的实施对海洋生态环境基本无影响，不影响所穿越的海洋生态保护红线——磨刀门重要河口的生态功能。

3. 与生态保护红线的符合性分析

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）和《广东省自然资源厅 广东省生态环境厅 广东省林业局关于严格生态保护红线管理的通知（试行）》（粤自然资发〔2023〕11号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护区核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。

①管护巡护、保护执法、科学研究、调查监测、测绘导航、防灾减灾救灾、军事国防、疫情防控等活动及相关的必要设施修筑。

②原住居民和其他合法权益主体，允许在不扩大现有建设用地、用海用岛、耕地、水产养殖规模和放牧强度（符合草畜平衡管理规定）的前提下，开展种植、放牧、捕捞、养殖（不包括投礁型海洋牧场、围海养殖）等活动，修筑生产生活设施。

③经依法批准的考古调查发掘、古生物化石调查发掘、标本采集和文物保护活动。

④按规定对人工商品林进行抚育采伐，或以提升森林质量、优化栖息地、建设生物防火隔离带等为目的的树种更新，依法开展的竹林采伐经营。

⑤不破坏生态功能的适度参观旅游、科普宣教及符合相关规划的配套性服务设施和相关的必要公共设施建设及维护。

⑥**必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施**、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动；已有的合法水利、交通运输等设施运行维护改造。

⑦地质调查与矿产资源勘查开采。包括：基础地质调查和战略性矿产资源远景调查等公益性工作；铀矿勘查开采活动，可办理矿业权登记；已依法设立的油气探矿权继续勘查活动，可办理探矿权延续、变更（不含扩大勘查区块范围）、保留、注销，当发现可供开采油气资源并探明储量时，可将开采拟占用的地表或海域范围依照国家相关规定调出生态保护红线；已依法设立的油气采矿权不扩大用地用海范围，继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立的矿泉水和地热采矿权，在不超出已经核定的生产规模、不新增生产设施的前提下继续开采，可办理采矿权延续、变更（不含扩大矿区范围）、注销；已依法设立和新立铬、铜、镍、锂、钴、锆、钾盐、（中）重稀土矿等战略性矿产探矿权开展勘查活动，可办理探矿

权登记，因国家战略需要开展开采活动的，可办理采矿权登记。上述勘查开采活动，应落实减缓生态环境影响措施，严格执行绿色勘查、开采及矿山环境生态修复相关要求。

⑧依据县级以上国土空间规划和生态保护修复专项规划开展的生态修复。

⑨根据我国相关法律法规和与邻国签署的国界管理制度协定（条约）开展的边界边境通视道清理以及界务工程的修建、维护和拆除工作。

⑩法律法规规定允许的其他人为活动。

（1）必须且无法避让说明

广珠澳高铁是纳入国家“十四五”铁路发展规划的重点项目，为珠江西岸重要的南北向国铁大通道，承担着衔接全国高铁网络与服务港澳地区的双重战略职能，《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》等规划均有对其线位进行了初步规划，前述规划线位均需从磨刀门水道穿过，而根据《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号），磨刀门水道海域范围基本为生态保护红线，规划线位需占用海洋生态保护红线——磨刀门重要河口。

根据对规划珠海鹤洲站和横琴站周边生态保护红线的调查结果，两个规划站台之间有较大范围的陆域或海上生态保护红线。若要完全避开陆上或海上生态保护红线，同时避免铁路线路过度弯曲造成的安全风险，则将需要穿过大片的城市建成区，将涉及较大的征地拆迁工程量，且运行过程中也会对周边建成区等造成较大的噪声、震动等影响，工程实施难度显著提升，实施阻力巨大。

因此，为了降低征地拆迁等工程实施难度，减少项目可能造成的生态环境和社会环境等影响，且使线位尽量按规划线位布置，本项目不得不穿越磨刀门重要河口生态保护红线；但拟采用盾构施工方式穿越磨刀门重要河口生态保护红线，对生态保护红线生态功能无影响。

（2）符合性分析

本项目穿越的海洋生态保护红线为磨刀门重要河口生态保护红线，不属于自然保护区。本项目涉海工程为高速铁路的海底隧道建设，不属于开发性、生产性建设活动；已纳入《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》，属于国土空间规划建设的线性基础设施工程。本项目海底隧道拟采用盾构施工方式，

隧道将直接穿越海底，并与海床表面预留一定距离，对海洋生态保护红线的生态功能不产生影响。

综上，本项目属于“**必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施**”，对海洋生态保护红线的生态功能不产生影响，符合《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207号）和《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）的有关要求。在项目用海报批前，需取得省政府出具的“项目符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见”。

6.4 项目用海与相关规划符合性分析

6.4.1 与《中长期铁路网规划》的符合性分析

2016年7月国家发改委批复《中长期铁路网规划》（规划期2016-2025年，展望2030年），在上一轮中长网规划“四纵四横”高速铁路的基础上，拓展为建设以“八纵八横”主通道为骨架的高速铁路网。

其中“八纵通道”中规划的京哈~京港澳通道，即哈尔滨~长春~沈阳~北京~石家庄~郑州~武汉~长沙~广州~深圳~香港高速铁路，包括广州~珠海~澳门高速铁路，链接东北、华北、华中、华南、港澳地区，贯通哈长、辽中南、京津冀、中原、华中、长江中游、珠三角等城市群。

本项目作为京哈~京港澳高铁主通道的重要组成部分，是《中长期铁路网规划》近期重点实施的交通基础设施项目。本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义。因此，本项目的建设是对《中长期铁路网规划》的落实，与其相关规划是相符的。

6.4.2 与《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》的符合性分析

2020年8月国家发展改革委正式批复《关于粤港澳大湾区城际铁路建设规划的批复》（发改基础〔2020〕1238号），规划目标为按照科学布局、统筹衔接、创新发展、支撑引领的原则，在继续实施并优化原珠江三角洲地区城际轨道交通网规划基础上，进一步加大城际铁路建设力度，做好与大湾区内高铁、普速铁路、市域（郊）铁路等轨道网络的融合衔接，形成“轴带支撑、极轴放射”的多层次铁路网络，构建大湾区主要城市间1小时通达、主要城市至广东省内地级城市2小时通达、主要城市至相邻省会城市3小时通达的交通圈，打造“轨道上的大湾区”，完善现代综合交通运输体系。该批复关于珠海铁路枢纽总体布局与衔接方案概述如下：

客运枢纽总体布局：珠海铁路枢纽布局以珠海鹤洲为主客站，珠海、横琴为辅助客站。

重点枢纽衔接方案：按照城际铁路引入中心城区、干线铁路便捷衔接的思路，结合重点枢纽相关主辅枢纽场站的功能定位和能力，确定重点枢纽场站线路衔接方案。其中，珠海鹤洲站衔接近期实施的珠海至肇庆高铁。

与港澳口岸衔接方案：珠海市与澳门特别行政区在珠海站、横琴站实现高铁、城际铁路与澳门轻轨衔接，做好各口岸与城际铁路站点之间的连接规划，支持粤澳新通道（青茂口岸）连接通道与广珠城际铁路在珠海站内连接，促进澳门融入国家铁路网络。

珠海鹤洲站：主要客站，承担区际和城际交通。主要衔接线路为广州至珠海（澳门）、珠海至肇庆高铁等。

珠海站：辅助客站，承担城际交通。主要衔接的线路为广州至珠海、珠海至珠海机场、南沙至珠海（中山）城际铁路等，与澳门轻轨衔接。

本项目广珠（澳）高铁鹤洲至横琴段基本沿规划线位布设，全线设珠海鹤洲站（仅接入，不含在工程范围内）、横琴站2座车站，珠海鹤洲站衔接珠肇高铁、深珠城际（广珠澳高铁），主要办理珠肇、广珠（澳）高铁和深珠城际的大部分始发终到列车；横琴站衔接深珠城际（广珠澳高铁），办理广珠（澳）高铁、珠肇高铁和深珠城际部分始发终到客车和停站通过客车。本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，

支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，有助于构建大湾区主要城市间1小时通达、主要城市至广东省内地级城市2小时通达、主要城市至相邻省会城市3小时通达的交通圈，打造“轨道上的大湾区”，完善现代综合交通运输体系。本项目的建设是对《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》的落实，符合其相关规划要求。

6.4.3 与《粤港澳大湾区发展规划纲要》的符合性分析

《粤港澳大湾区发展规划纲要》提出，要加强基础设施建设，畅通对外联系通道，提升内部联通水平，推动形成布局合理、功能完善、衔接顺畅、运作高效的基础设施网络，为粤港澳大湾区经济社会发展提供有力支撑。要畅通对外综合运输通道。完善大湾区经粤东西北至周边省区的综合运输通道。推进赣州至深圳、广州至汕尾、深圳至茂名、岑溪至罗定等铁路项目建设，适时开展广州经茂名、湛江至海安铁路和柳州至肇庆铁路等区域性通道项目前期工作，研究广州至清远铁路进一步延伸的可行性。有序推进沈海高速（G15）和京港澳高速（G4）等国家高速公路交通繁忙路段扩容改造。加快构建以广州、深圳为枢纽，高速公路、高速铁路和快速铁路等广东出省通道为骨干，连接泛珠三角区域和东盟国家的陆路国际构筑大湾区快速交通网络。**以连通内地与港澳以及珠江口东西两岸为重点，构建以高速铁路、城际铁路和高等级公路为主体的城际快速交通网络，力争实现大湾区主要城市间1小时通达。**编制粤港澳大湾区城际（铁路）建设规划，完善大湾区铁路骨干网络，加快城际铁路建设，有序规划珠三角主要城市的城市轨道交通项目。加快深中通道、虎门二桥过江通道建设。创新通关模式，更好发挥广深港高速铁路、港珠澳大桥作用。推进莲塘/香园围口岸、粤港澳新通道（青茂口岸）、横琴口岸（探索澳门莲花口岸搬迁）、广深港高速铁路西九龙站等新口岸项目的规划建设。加强港澳与内地的交通联系，推进城市轨道交通等各种运输方式的有效对接，构建安全便捷换乘换装体系，提升粤港澳口岸通关能力和通关便利化水平，促进人员、物资高效便捷流动。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，加强港澳与内地的交通联系，推进城市轨道交通等各种运输方式的有效对接，构建安全便捷换乘换装体系，符合《粤港澳大湾区发展规划纲要》的规划要求。

6.4.4 与《横琴粤澳深度合作区总体发展规划》的符合性分析

《横琴粤澳深度合作区总体发展规划》提出，要打造畅通便捷对外交通体系。对接区域轨道交通网络，加快推进广州至珠海（澳门）高铁、珠海至肇庆高铁建设；加快建设横琴高铁站综合交通枢纽，做好高铁、城际铁路等轨道交通衔接。完善合作区与港珠澳大桥、深中通道路网衔接，加强合作区与珠海机场、深圳机场之间的快速联系。开设过境候机楼，直抵港澳机场离境登机，促进澳门机场拓展国际客运航线。加强合作区港口客运码头建设，增加与粤港澳大湾区核心城市的水上航线，开通邮轮接驳航线。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于广州至珠海（澳门）高铁的重要组成部分，属于《横琴粤澳深度合作区总体发展规划》提出要加快推进建设的项目。本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力打造畅通便捷对外交通体系，符合《横琴粤澳深度合作区总体发展规划》的相关规划要求。

6.4.5 与《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》的符合性分析

《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》关于铁路的目标定位如下：构建“东西贯通、南北始发、互联互通”的铁路网络布局，形成多层次功能互补、资源统筹、便捷高效、运营协调的一体化轨道交通网络，打造粤港澳大湾区重要门户枢纽，建设珠江口西岸轨道交通中心。2035年，实现全国主要城市10小时通达，粤港澳大湾区城市群小时通达，中珠江都市圈半小时通达时空目标。依托高速铁路，衔接国家高铁通道，对接京津冀、长三角、一带一路、成渝经济区等国家战略，融入国家发展大局。依托城际铁路，实现湾区城市群间联系和城市轨道快线双重功能，满足市内公共交通通勤出行需要。

规划提出，要协同澳门融入国家高铁网络。往北规划布局珠肇、广珠（澳）两条高铁，通过广珠（澳）高铁接入横琴口岸直接联系澳门，协同澳门融入国家高铁网络并共建澳珠极点城市；往东规划布局深珠城际（伶仃洋通道），往西规划预留珠海至阳江高铁，形成“东西贯通、南北始发、互联互通”的“五指状”铁路布局体系。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于规划建设的广珠（澳）高铁。本项目串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，将助力珠海构建“东西贯通、南北始发、互联互通”的铁路网络布局，形成多层次功能互补、资源统筹、便捷高效、运营协调的一体化轨道交通网络，衔接国家高铁通道，对接京津冀、长三角、一带一路、成渝经济区等国家战略，协同澳门融入国家高铁网络并共建澳珠极点城市，符合《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》的规划要求。

6.4.6 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出强化多向连通的综合运输大通道。全面推进沿海高速铁路建设，加快建设赣州至深圳、广州至湛江、广州经汕尾至汕头、珠海至肇庆高铁，推进柳州至广州铁路、**广州至珠海（澳门）高铁**、南宁至玉林铁路至广湛铁路连接线前期工作，规划研究广州至清远铁路延伸至永州，谋划推进深南高铁与广湛高铁茂名至岑溪连接线、京广高铁与京九高铁韶关至龙川连接线，推进沈海高速公路、京港澳高速公路等粤境瓶颈路段改扩建，打造以粤港澳大湾区为核心，东联海峡西岸、联系长三角地区，西通桂滇黔、连接成渝地区，北达湘赣鄂、连通京津冀地区的“三横四纵”综合运输通道。到 2025 年，全省铁路运营里程达 6500 公里，其中高快速铁路运营里程 3600 公里；高速公路通车里程达 12500 公里。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于广州至珠海（澳门）高铁的重要组成部分，属于规划提出要加快建设的铁路项目的重要组成部分。本项目的建设，可串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义，符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的相关规划。

6.4.7 与《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五

年远景目标纲要》的符合性

《珠海市人民政府关于印发珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出要建设珠江口西岸轨道交通中心。编制实施市铁路及各层次轨道交通一体化规划，系统谋划高铁、城际、市域（郊）和城市轨道，加快构建市域综合轨道交通网。加快构建北优东接、辐射粤西的多层次轨道交通网络。建成珠海至肇庆高铁（珠海至江门段），加快建设广州至珠海（澳门）高铁，力争开工建设深珠高铁（深南高铁深珠段），规划建设珠江西岸沿海高铁通道。加快建设与大湾区重点城市之间的城际铁路，全线贯通珠机城际，开工建设南沙至珠海（中山）城际、广佛江珠城际（珠机城际北延线）。推动广珠铁路客运化改造、珠机城际公文化改造，规划研究城市轨道交通1号线、2号线。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，属于广州至珠海（澳门）高铁的重要组成部分，属于规划提出要加快建设的铁路项目的重要组成部分。本项目的建设，可串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，助力澳门融入国家发展大局，对扩大澳门经济腹地、保持澳门长期繁荣稳定具有重要意义，符合《珠海市人民政府关于印发珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的相关规划。

6.4.8 与《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》提出要拓宽珠穗深蓝色互联通道。加快拓宽珠海与深圳、广州海上互联通道，推动深中通道珠海连接线交通路网建设，加快推进伶仃洋（深珠）通道前期工作。加强与深圳、广州海上交通连接，加密珠海与深圳、广州海上航线。深化三地海港合作，全面提升港口航线合作水平。积极推动珠机城际、深珠城际（高铁，延伸至阳江）等项目规划研究，构建沿海高铁新通道，支持海洋经济发展。

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，串联珠海鹤洲、横琴等关键节点，衔接广州枢纽、深圳枢纽及粤西、桂滇、川渝等地区，衔接珠肇高铁、深珠高铁等线路，可形成澳门与内地融合交流的高铁纽带，有助于构建珠澳地区与全国高铁网

的快速联系，支撑大湾区“极点带动、轴带支撑”的空间发展格局，构建沿海高铁新通道，助力澳门融入国家发展大局，支持海洋经济发展。因此，本项目的建设是符合《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》的相关规划要求的。

7 项目用海合理性分析

7.1 用海选址合理性分析

7.1.1 区位和社会条件适宜性分析

本项目海底隧道拟采用复合泥水平衡式盾构施工方式，施工工艺成熟。本地区砂石料等建筑材料丰富，项目建设所需的建材可就近解决。工程建设的水、电、通讯、燃油等供应均有保障，完全可以满足本工程施工的需求。

本项目选址符合《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《珠海市国土空间总体规划（2021-2035年）》《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035年）》《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035年）》等国土空间规划要求，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》的要求。同时，本项目选址建设还符合“三区三线”、《中长期铁路网规划》《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》《珠海市综合交通体系规划（2021-2035年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》等相关规划的要求。

综合上述，工程所处区位和社会条件优越，可以满足工程建设要求，同时项目的选址也满足国土空间规划和相关规划的要求，因此，本项目的选址区位和社会条件适宜。

7.1.2 自然资源适宜性分析

（1）气候条件适宜性分析

本项目所在海域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。

虽然大风、暴雨、热带气旋等灾害性天气会对本项目的施工过程产生一定影响。但灾害性天气一般持续时间较短，只需采取相应的保护措施或避开灾害性天气进行施工，则可将影响降至最低。

（2）工程地质条件适宜性分析

区域地质资料表明，本项目所在场地在勘探深度范围内未见有活动断裂、岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流及采空区等不良地质作用。但存在软土及松软土等不良地质，在隧址区 CK10+375 附近发育有西江断裂影响带，于 CK5+540、CK9+910 附近有寒武系（ ϵ ）变质砂岩与燕山期（ γ_5^{2-3} ）花岗岩呈侵入接触。项目在设计时已加大轨面埋深，同时在施工过程中也拟加强地质环境监测，采取加强隧道洞顶支护等措施，则经采取措施后，场地是适宜海底隧道的建设的。

（3）水文动力条件适宜性分析

本项目海区属不正规半日潮，出现潮汐日不等现象。平均潮差在 2m 左右，潮流流向以南-北向为主，波浪小，施工和营运期间对工程建设的影响不大，适合工程建设。

7.1.3 冲淤条件适宜性分析

根据防洪影响评估报告中对工程区穿越的水道的冲淤演变分析结果可知，现状项目穿越的磨刀门水道和鹤洲水道海床由于受人类活动影响较小，演变相对稳定。本隧道在目前海床以下约（42.4~65.8）m（国家 1985 高程），采用盾构施工方法，按目前的演变规律及航道疏浚要求分析，隧道在满足规范要求埋深的前提下，海床冲刷的结果不会造成隧道露出海床面，隧道工程的建设也不会造成航道海床底部形成跌坎。

因此，本项目的选址与冲淤条件是适宜的。

7.1.3 生态环境适宜性分析

本项目所处海域为入海河口海域，生态系统较为稳定。由于主体工程为海底隧道工程，拟采用盾构的施工方式，对海洋生态环境基本无影响；2 号工作井位于四周均有围蔽的鹤洲南围垦区内，其施工对海洋生态环境的影响仅局限于 2 号工作井施工及其邻近的小范围海域，对海洋生态环境的影响较小。综上，项目的选址与区域海洋生态环境是适宜的。

7.1.4 与周边海域开发活动的适宜性分析

本项目论证范围开发利用项目主要包括跨海桥梁、围垦区、航道、海底电缆管道、

水闸、码头、水文站、绿化提升工程、海底隧道等，本项目海底隧道需下穿番禺/惠州天然气开发项目的天然气海底管道和珠海洪鹤大桥，同时本项目也需下穿通航防洪水道鹤洲水道和磨刀门水道。

本项目拟全线进行立体分层设权，拟不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段和与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）重叠部分的用海，拟协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对该用海进行立体分层设权变更，确保与前述用海项目不存在海域使用权属冲突。同时本项目在方案设计时，隧道走向已考虑跨海桥梁桩基位置，隧道埋深已考虑桥梁桩基、现状海底电缆管道等埋深情况，并与桥梁桩基在水平面上、与天然气海底管道和通航航道在垂向上预留足够的距离，且拟在施工过程中严格落实相关防护和监控措施，确保对沿线立体交叉的用海项目的影响是可接受和可控的。因此，本项目选址虽然与其他开发利用项目立体交叉，但是存在协调途径的，与周边海域开发利用活动是相适宜的。

7.2 用海平面布置的合理性分析

7.2.1 项目用海平面布置是否体现集约、节约用海的原则

在遵循“集约、节约用海”和“技术上可行、经济上合理、安全可靠”的前提下，目前本项目可研确定的线位已为经过可研单位充分论证和比选，确定的线路顺直性及技术标准明显较其他方案有显著的优势，对磨刀门水道通航、对合作区地区规划以及对沿线路网方面影响较小，且横琴合作区推荐的方案。

目前推荐的线路方案基本沿规划线位布置，对鹤洲南围垦区的切割相对较小，有利于鹤洲南围垦区海域资源的后续开发利用，体现了集约节约用海的原则。根据可研预测结果，本项目规划年度近期、远期本线最大开行的列车对数分别为 130 对/日、142 对/日，为满足运输能力、服务频率和速度的高标准需求，本线应一次修建双线，隧道段拟采用单洞双线方案，目前采用的盾构隧道结构断面尺度已是在满足《高速铁路设计规范》《铁路隧道净空面积及断面布置标准》等对双线布置的间距、隧道抗弯刚度及抗压条件等要求的前提下，较紧凑的断面尺寸，也体现了集约、节约用海的原则。

综合分析，本项目的平面布置根据海洋工程地质条件、自然资源环境条件、海洋工程设施等进行综合分析论证确定，项目的布置经过严格论证，有效利用所在海域的

岸线、海域等资源，实现海洋功能的合理利用，未盲目扩大规模多占用海域，体现了集约、节约用海的原则。

7.2.2 项目用海平面布置是否有利于生态保护，并已避让生态敏感目标

本项目平面布置对生态和环境的保护主要体现于外轮廓上，本项目平面布置不涉及依法设立的海洋保护区，不涉及占用珊瑚礁、海草床等典型生态系统。

本项目选线虽然不可避免地下穿海洋生态保护红线——磨刀门重要河口，且也需底土穿越鹤洲北堤围南面红树林和鹤洲南围垦区堤围北侧红树林分布片区，但采用盾构施工方式从海洋生态保护红线区和红树林分布片区穿越，从立面尺度避让了生态敏感目标，对生态保护红线和红树林无影响，对生态保护无不利影响。

7.2.3 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲环境的影响

本项目海底隧道线路拟采用海底盾构隧道的方式穿越海域，并与海床预留一定的距离，对水文动力和冲淤环境基本无影响；2号工作井布置于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，布置位置与外围海域水文动力联系弱，且2号工作井布置范围小，对水文动力和冲淤环境影响非常有限。因此，本项目的平面布置能最大程度地减少对水文动力环境和冲环境的影响。

7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响

本项目平面布置虽然需下穿已确权的珠海洪鹤大桥工程和番禺/惠州天然气开发项目，但本项目与前述两个项目使用的是不同的海域空间，在立体层面不存在海域使用冲突，且为了避免海域使用权属冲突，本项目拟不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段的用海，拟协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对该用海进行立体分层设权变更。在平面和断面设计时，已与珠海洪鹤大桥工程的桥桩和番禺/惠州天然气开发项目的已建天然气管道预留足够的安全距离，且在施工过程中，拟严格落实对桥梁和天然气管道的保护措施，确保项目穿越的桥梁及天然气管道的绝对安全。

此外，本项目与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）较近，外扩 10m 范围线与其批复用海范围存在局部重叠，但主体结构之间不重叠，结构净距在 11m 以上，本项目施工过程中将严格落实对施工栈桥的安全保障措施，确保对其不产生影响。

因此，总体上，本项目的平面布置对周边其他开发利用项目的影响是可控的。

7.2.5 立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值。

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），海底隧道及其附属设施的用海立体空间层按照实际情况界定，立体设权用海高程范围为海底隧道底部高程至实际设计或使用高程，或界定为海底隧道底部高程至现状海床高程。

本项目海底隧道常规段底部最低点设计高程约为-65.8m（国家 85 高程，下同），顶部最高点设计高程约为-42.4m；考虑到本项目常规段仅排他性使用海底隧道底部高程至实际设计高程范围内的底土空间，不妨碍其他层空间继续使用，对于常规段本次仅对项目使用的前述相应层空间进行用海申请，申请的为高程-65.8m~-42.4m 范围内的底土。对于施工期建设有 2 号工作井的隧道段，由于 2 号工作井在施工结束后拟拆除海床面以上临时结构封口并将保留海床面以下结构为海底隧道的永久组成部分，因此，对于该段，拟申请 2 号工作井的设计底高程至海床面的底土，即高程-79.9m（1985 国家高程基准）至海床面范围内的底土。

本项目立体空间布置满足项目的实际需求，且该高程范围与海域已确权用海项目不存在立体空间使用冲突，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用，本项目进行立体化开发利用将可提高海域资源的集约利用的程度，提高海域空间资源的产权效率，与《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号）的要求是相符的，是合理的。

7.2.7 小结

综合分析，本项目的平面布置是按照相关防洪标准进行设计的，体现了集约、节约用海的原则，对所在海域的水动力环境、冲淤环境影响较小，有利于减小对生态和环境的影响，与周边其他用海活动存在协调途径，且立体分层设权不影响其他层海域空间正常使用，本项目的平面布置具有合理性。

7.3 用海方式合理性分析

根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式）。

7.3.1 是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用开放式的用海原则

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，主体工程拟采用海底隧道的用海方式，并采用盾构施工方式从海底穿越，不会改变海域自然属性和基本功能，对海洋生态环境基本无影响。主体工程目前所采用的用海方式为对海域自然属性及基本功能影响最小的用海方式。

由于本项目有约 10.538km 的隧道拟采用盾构法施工，盾构施工长度较长，为了降低项目施工风险和难度，拟在海上设置工作井，工作井作为盾构机始发/接收的核心构筑物，结构必须稳定、封闭、不透水，以保证施工安全。因此，非透水构筑物用海方式，是其合适且唯一的用海方式，该方式可有效阻断海水与井内的水力联系，降低盾构进出洞时的突水、涌砂风险，保障盾构隧道安全施工。2号工作井仅在施工期用海方式为非透水构筑物，且其用海面积非常小，仅施工期会局部短期改变所在海域的自然属性。在施工结束后，其超出海床面的临时围蔽钢板桩等结构拟拆除，海床面下结构保留为海底隧道的永久组成部分，海床面将恢复。

7.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，主体工程拟采用海底隧道的用

海方式，并采用盾构施工方式从海底穿越，不会改变海域自然属性和基本功能。2号工作井仅在施工期用海方式为非透水构筑物，且其用海面积非常小，仅施工期会局部短期改变所在海域的自然属性；在施工结束后，其超出海床面的临时围蔽钢板桩等结构拟拆除，海床面下结构保留为海底隧道的永久组成部分，海床面将恢复，恢复后不改变海域自然属性和基本功能。

综上，本项目用海方式能最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能。

7.3.3 能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响

本项目主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海（2号工作井）的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式）。

主体工程采用盾构施工方式从海底穿越，对海洋生态系统基本无影响。

施工用海的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物用海（二级方式），2号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放；2号工作井用海面积非常小，占用海域造成的生物量损失较小。

综合分析，本项目对海洋生态环境影响较小，能最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响。

7.3.4 能否最大程度减小对水文动力环境和冲淤环境的影响

本项目主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），采用盾构施工方式从海底穿越，与海床面预留一定的距离，无需占用过水断面，对海床无扰动，对水文动力环境和冲淤环境基本无影响。2号工作井在施工期的用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式），拟布置于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，与外围海域水文动力联系弱，且2号工作井布置范围小，对水文动力和冲淤环境影响非常有限，其影响也将随着施工期的结束而消失。

综上，本项目用海方式能最大程度减小对水文动力环境和冲淤环境的影响。

7.3.4 用海方式的适宜性

综上，作为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，本项目主体工程未采用跨海桥梁或填海路基等方式跨越海域，而是采用海底隧道的用海方式，并采用盾构施工方式从海底穿越，为对海域自然属性及基本功能、水文动力、冲淤环境、海洋生态系统影响最小的用海方式，为满足项目功能要求的最优的用海方式，具有合理性。

为满足项目安全施工需要，本项目需要建设非透水构筑物 2 号工作井，该工作井拟布置于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，对水文动力和冲淤环境影响、海洋生态环境影响非常有限，仅施工期临时改变 2 号工作井用海范围内的自然属性，施工完成后对海域自然属性和基本功能无影响。本项目 2 号工作井的用海方式是满足安全施工要求必须的用海方式，是唯一且合理的。

综上，本项目用海方式是合理的。

7.4 占用岸线合理性分析

本项目用海范围需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m 和有居民海岛人工岸线约 36.3m，详见图 7.4-1 所示。本项目拟采用盾构施工方式从海床下一定距离的底土穿越海岸线，无需开挖，且拟在设计、施工等过程严格落实地面沉降、崩塌等防范措施，不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，对岸线资源基本不产生影响。项目底土穿越岸线是合理的。

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》，海岸线占补是指项目建设占用海岸线（包括大陆岸线和海岛岸线，均包含自然岸线和人工岸线）导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行海岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现海岸线占用与修复补充相平衡。根据《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149 号），用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。本项目海底隧道从底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化。因此，本项目无需进行海岸线占补平衡分析。

7.5 用海面积的合理性分析

本项目拟申请用海总面积为 23.6438 公顷，其中主体工程用海总面积为 23.5417

公顷，施工期用海（2号工作井）总面积为0.1021公顷。

7.5.1 是否满足项目用海需求

合理的用海面积主要表现为用海面积既能满足项目用海的实际需求，又能有效地利用和保护海域资源。

本项目总体线位自鹤洲站引出后，上跨珠海大道后即采用25%的下坡逐渐入地，依次下穿广佛江珠高速、珠三角环线高速公路、鹤洲水道、鹤洲南围垦区后折向东，下穿磨刀门水道，尔后沿港澳大道地下向东走行，下穿大横琴综合管廊后于中心大道西侧下设横琴站。线路总长15.6km，其中涉海段总长约7.04km。隧道采用单洞双线方案，其中海底盾构隧道管片外径14.0m。本次根据项目海底盾构隧道的平面布置、结构外径外缘线和《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求界定用海面积，满足项目海底隧道用海需求。

本项目2号工作井主体结构外径为26.1m，施工期外围围蔽结构外径约36.1m，本次根据2号工作井施工期和运营期平面布置尺寸和《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求界定用海面积，满足项目2号工作井用海需求。

7.5.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

1. 与《建设项目用海面积控制指标（试行）》的符合性分析

本项目不涉及围填海，因此不针对项目与《建设项目用海面积控制指标（试行）》的符合性作进一步的分析。

2. 与行业设计规范的符合性分析

本项目为广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段，是严格根据《铁路技术管理规程（高速铁路部分）》（TG/01-2014）、《高速铁路设计规范》（TB 10621-2014）、《铁路轨道设计规范》（TB 10082-2017）、《铁路无缝线路设计规范》（TB 10015-2012）等要求进行设计的，项目设计符合相关规范要求。而本项目的用海面积是严格根据项目的设计方案及《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）、《海域使用面积测量技术规范》等的要求进行界定的，也是符合相关规范的要求的。

3. 与《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的符合性

本项目涉海工程为海底隧道建设，根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），隧道主体及其海底附属设施用海，以隧道主体及其海底附属设施的外缘线向两侧外扩

10m 距离为界，由于 2 号工作井施工完成后，其上部超出海床面的临时结构拟拆除，海床面以下结构拟保留为隧道的永久结构，因此，本项目永久工程用海范围以海底盾构隧道（含 2 号工作井运营期结构）外径边缘线向两侧外扩 10m 距离为界，则本项目海底隧道用海总面积约为 $7.01\text{km} \times (10\text{m} + 14.0\text{m} + 10\text{m}) + 26.1\text{m} \times (10\text{m} + 26.1\text{m} + 10\text{m}) = 239543\text{m}^2$ ；本项目线路为曲线型，且与珠海洪鹤大桥工程的已批复用海范围存在交越，交越面积分别约为 0.1802 公顷，本次不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段的面积，则考虑线型，同时扣除与已确权项目交越段的面积后，本项目主体工程实际拟申请用海总面积为 23.6438 公顷，符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求。

本项目 2 号工作井在施工期设有临时钢板桩等围蔽设施，其施工期用海方式为非透水构筑物。根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009），非透水构筑物的用海范围岸边以海岸线为界，水中以非透水构筑物及其防护设施的水下外缘线为界。2 号工作井施工期围蔽结构外径约 36.1m，则其施工期用海面积约为 $3.14 \times (36.1/2)^2 = 1023\text{m}^2$ ，经投影后，其实际拟申请用海面积为 0.1021 公顷，符合《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求。

综上，本项目用海面积是根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求进行界定的，符合其要求。

4. 与立体分层设权相关指南及文件的符合性

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号），海底隧道及其附属设施的用海立体空间层按照实际情况界定，立体设权用海高程范围为海底隧道底部高程至实际设计或使用高程，或界定为海底隧道底部高程至现状海床高程。

考虑到本项目仅排他性使用海底隧道底部高程至实际设计高程范围内的底土空间，不妨碍其他层空间继续使用，本次仅对项目实际使用空间进行用海申请。本项目常规段海底隧道底部最低点设计高程约为-65.8m，顶部最高点设计高程约为-42.4m，则常规段申请的为高程-65.8m~-42.4m 范围内的底土。对于施工期建设有 2 号工作井的隧道段，由于 2 号工作井在施工结束后拟拆除海床面以上临时结构封口并将保留海床面以下结构为海底隧道的永久组成部分，因此，对于该段，拟申请 2 号工作井的设计底高程至海床面的底土，即高程-79.9m（1985 国家高程基准）至海床面范围内的底土。本项目宗海立体空间范围示意图见图 7.5-4 所示。因此，本项目进行立体分层设权，与《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》和《广东省自然资源厅关于

推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5号）的要求是相符的。

7.5.3 减少项目用海面积的可能性分析

由用海面积合理性分析可知，本项目用海面积界定依据的平面布置及断面尺度均已严格按照《铁路技术管理规程（高速铁路部分）》（TG/01-2014）、《高速铁路设计规范》（TB 10621-2014）、《铁路轨道设计规范》（TB 10082-2017）、《铁路无缝线路设计规范》（TB 10015-2012）等要求进行设计的，已经过严格的计算及论证，已体现了集约、节约用海的理念，也体现了海洋环保和可持续发展的理念。根据本项目的设计方案，界定本项目的用海面积为 23.6438 公顷，前述用海面积均按《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）的要求界定，不可再减少用海面积。

综合分析，本项目无减少用海面积的可能性。

7.5.4 用海面积量算

7.5.4.1 项目海域使用测量说明

（1）宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》（HY/T 123-2009）、《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018），广东三海环保科技有限公司负责进行本工程海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44512919，本项目测量人员和绘图人员为陈杰麟，审核人员为庄铎。

（2）执行的技术标准

- 1) 《海域使用面积测量规范》（HY 070-2022）；
- 2) 《海域使用分类》（HY/T 123-2009）；
- 3) 《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）；
- 4) 《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）；
- 5) 《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》（自然资源部办公厅，自然资办函〔2023〕2234号，2023年11月17日）；
- 6) 《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》（广东省自然资源厅，2024年6月）。

7.5.4.2 宗海界址线及界址点的确定

本项目主体工程各用海单元的宗海界址线以隧道主体及其海底附属设施的外缘线向两侧外扩 10m 范围线和 2022 年省政府批复海岸线界定，界址点为前述范围线或海岸线的拐点。

施工用海的宗海界址线以 2 号工作井四周钢板桩围蔽结构的水下外缘线为界，界址点为钢板桩围蔽结构的水下外缘线拐点。

7.5.4.3 宗海图的绘制方法

本项目的宗海图绘制严格按照《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）和《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）的规定执行，宗海图的绘制采用专业制图软件绘制。

（1）宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用海军海道测量局2021年12月出版、图号为15440的海图作为底图，比例尺为1:150000，深度、高程单位为米，深度基面为理论最低潮面，高程采用1985年国家高程基准，地图投影为墨卡托投影（22°28′），图式采用GB12319-1998。

将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。本项目主体工程宗海位置图见图 7.5-1，施工期宗海位置图见图 7.5-5。

（2）宗海平面布置图的绘制方法

根据委托方提供的项目平面布置图，按照《海籍调查规范》（HY/T124-2009）的规定确定本项目各宗海单元的宗海范围，并绘制成宗海面图斑。将本项目各宗海单元的平面布置和位置关系反映至图面，并按照《宗海图编绘技术规范》（HY/T251-2018）中的 5.4.2 要求绘制宗海平面布置图，本项目主体工程宗海平面布置图见图 7.5-2，施工期宗海平面布置图见图 7.5-6。

（3）宗海界址图绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海界址图的基础数据，矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）和《宗海图编绘技术规范》（HY/T 251-2018）对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成用海单元的界址范围，本项目主体工程宗海界址图见图 7.5-3，施工期宗海界址

图见图 7.5-7。

（4）宗海立体空间范围示意图的绘制方法

利用委托方提供的项目隧道纵断面设计图，确定宗海立体空间范围图的立体空间、高程范围，根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》等的绘制要求，利用相关软件绘制宗海立体空间范围示意图，见图 7.5-4。

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段宗海位置图

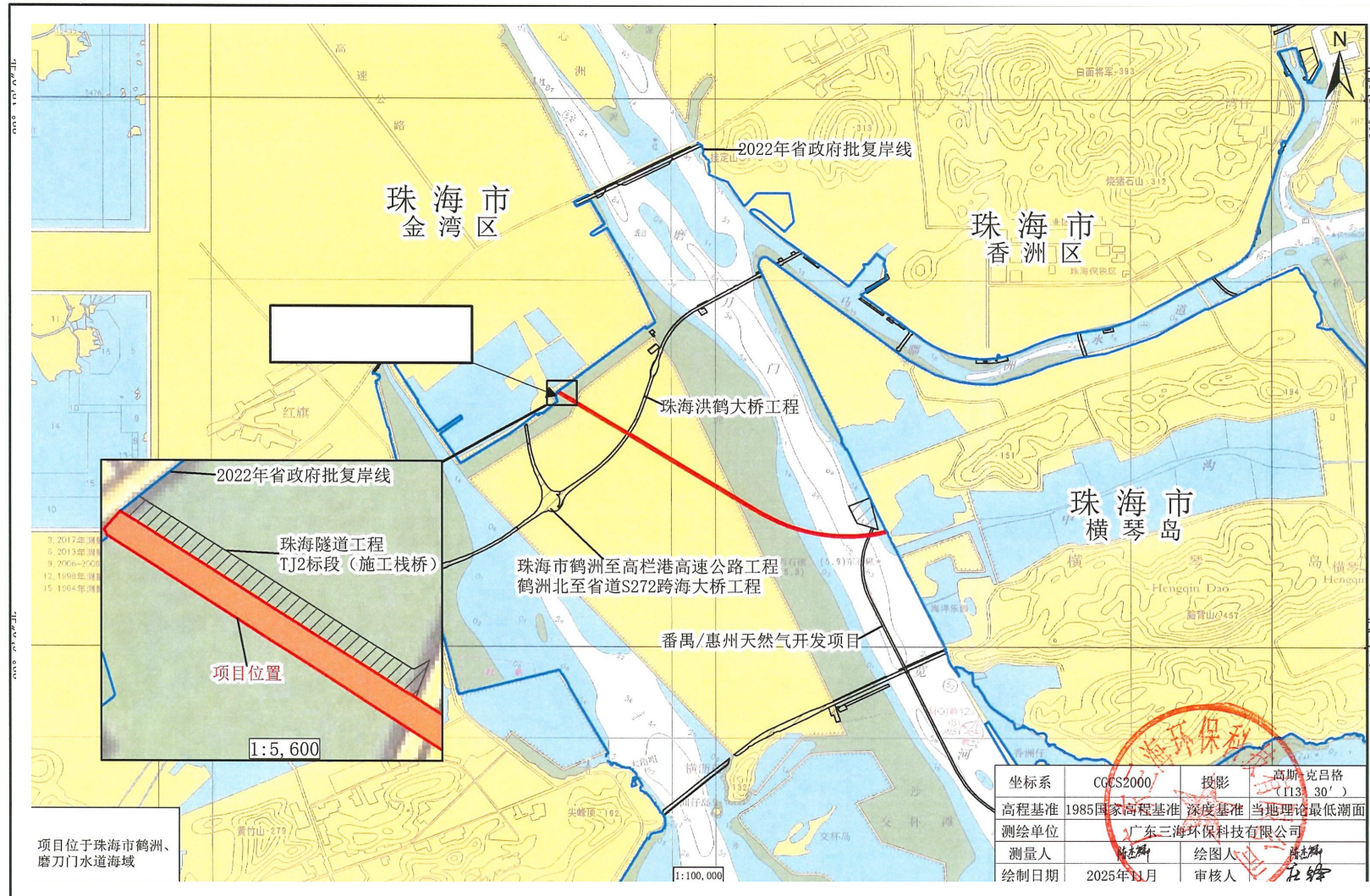


图 7.5-1 本项目主体工程宗海位置图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段宗海平面布置图

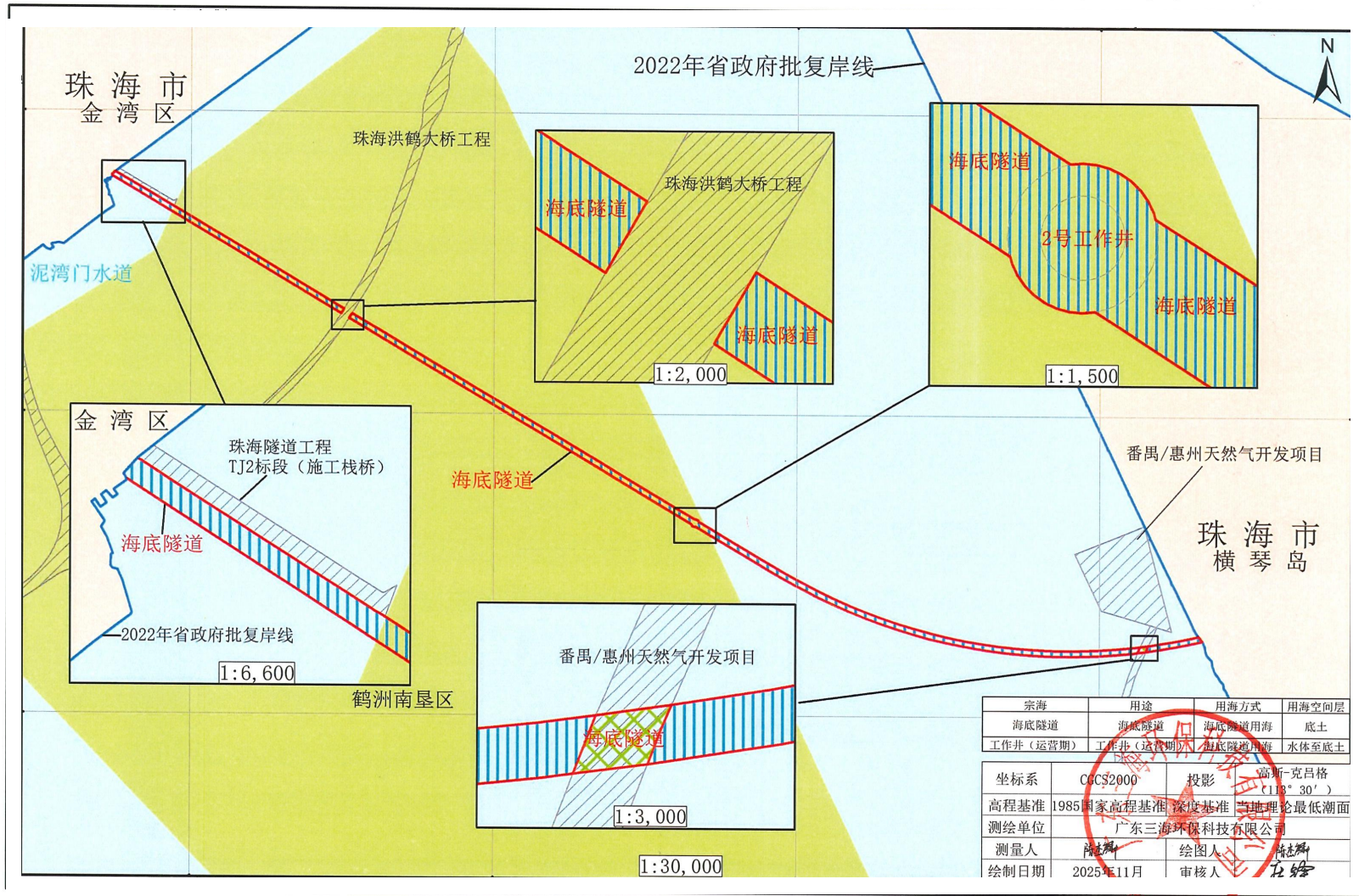


图 7.5-2 本项目主体工程宗海平面布置图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段宗海界址图

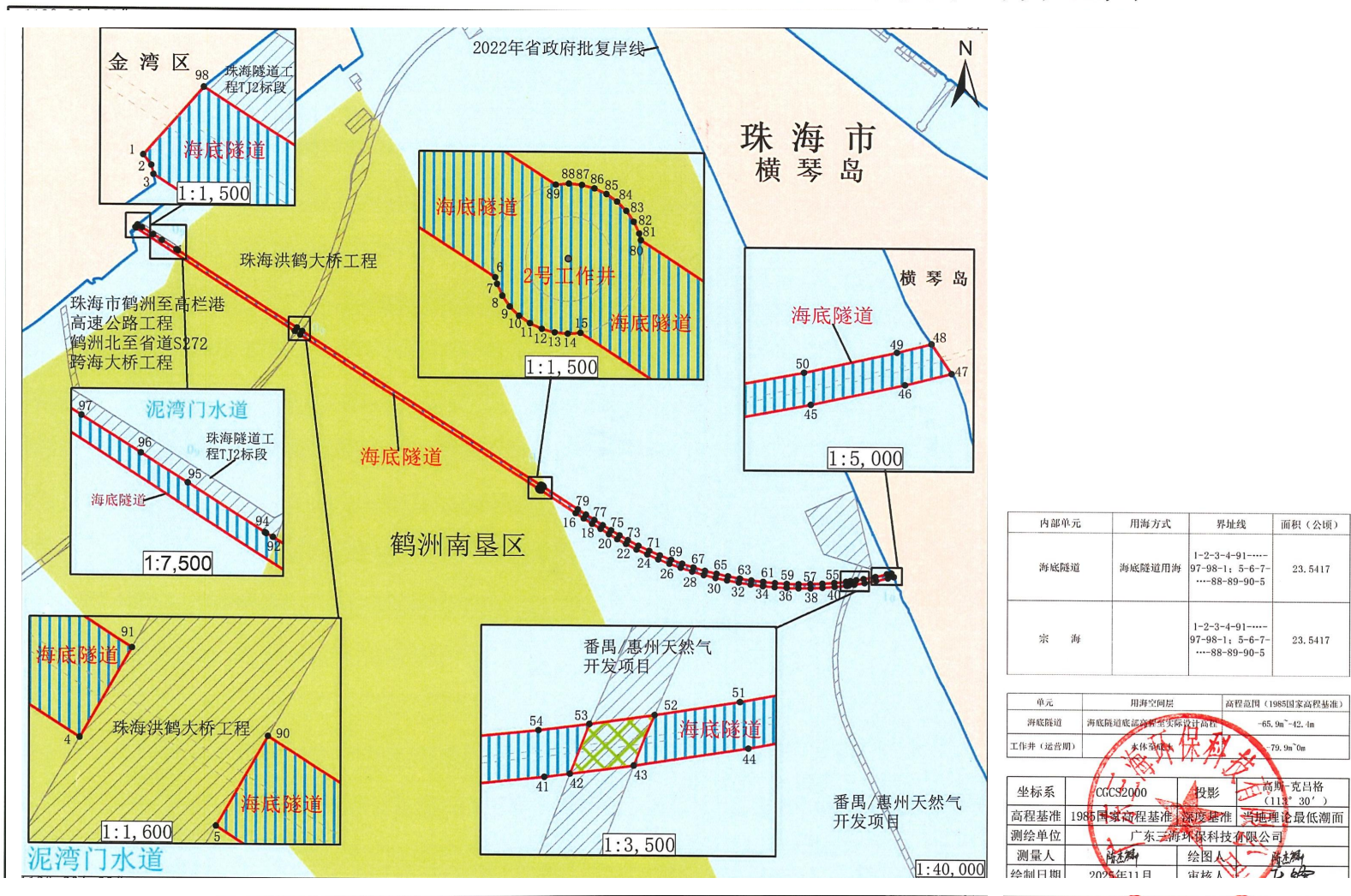
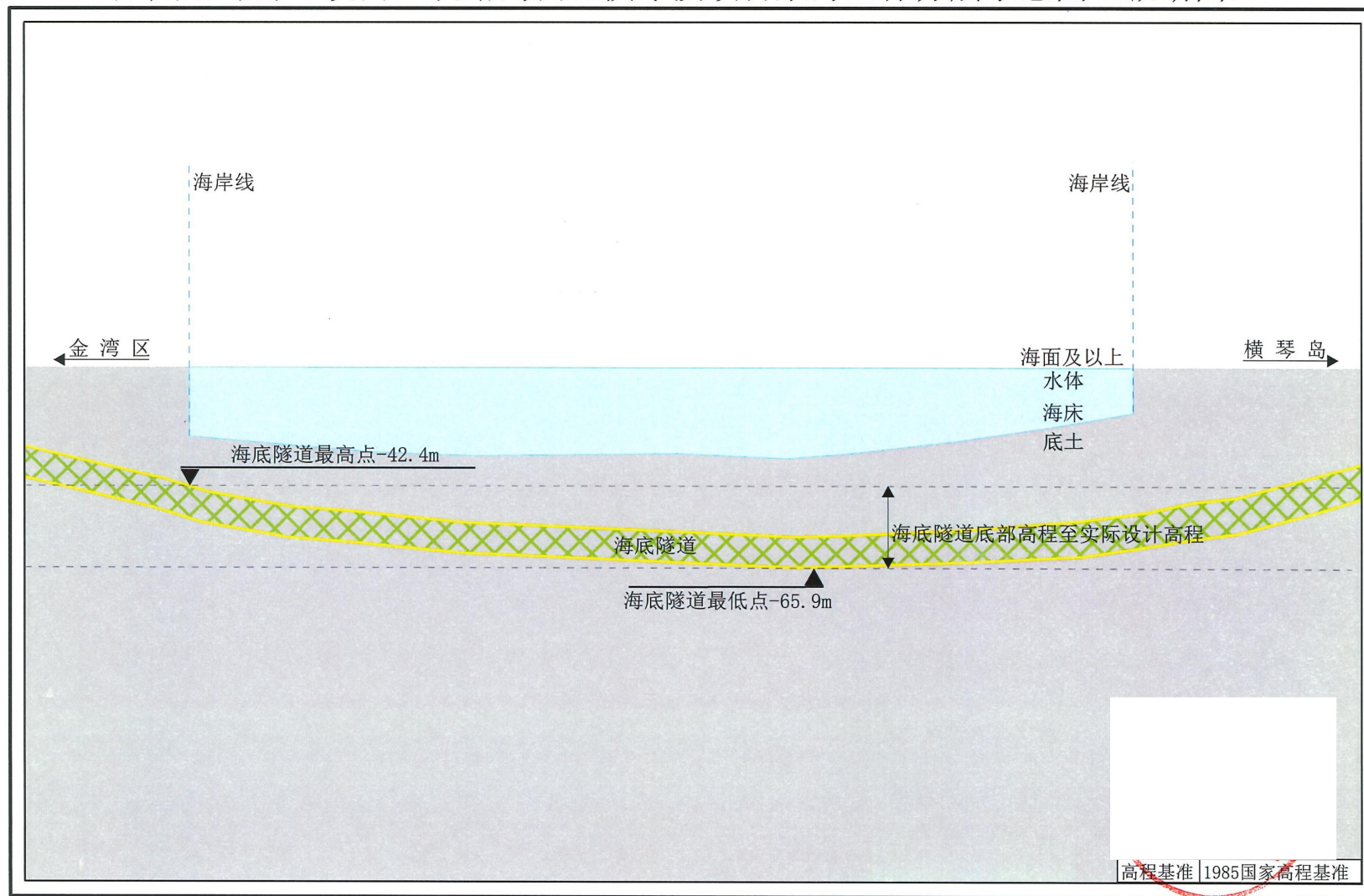


图 7.5-3 本项目主体工程宗海界址图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段项目宗海立体分层示意图（纵断面）



广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段（2号工作井）项目宗海立体分层示意图

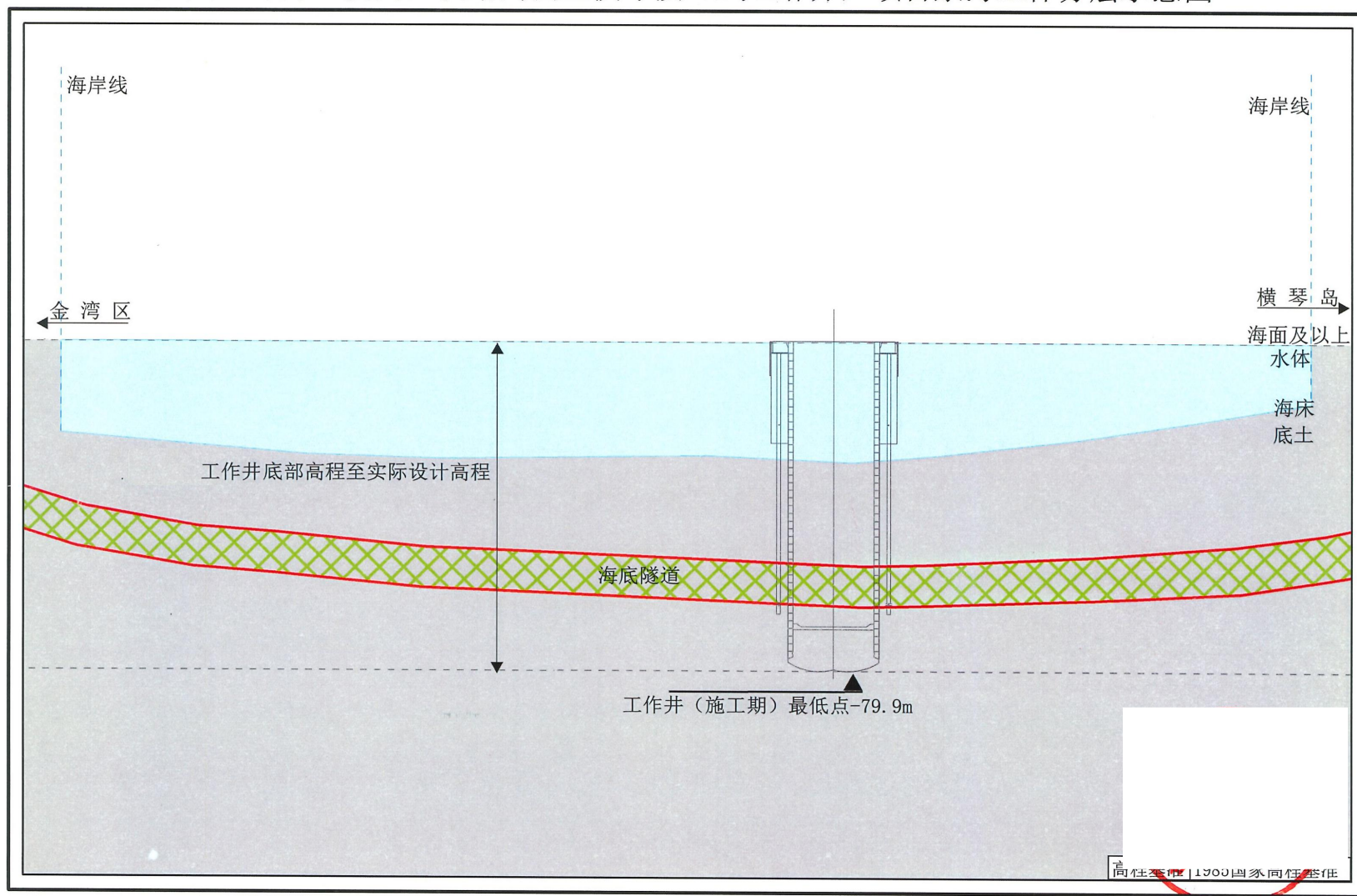


图 7.5-4 本项目主体工程宗海立体空间范围示意图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段（施工用海）宗海位置图

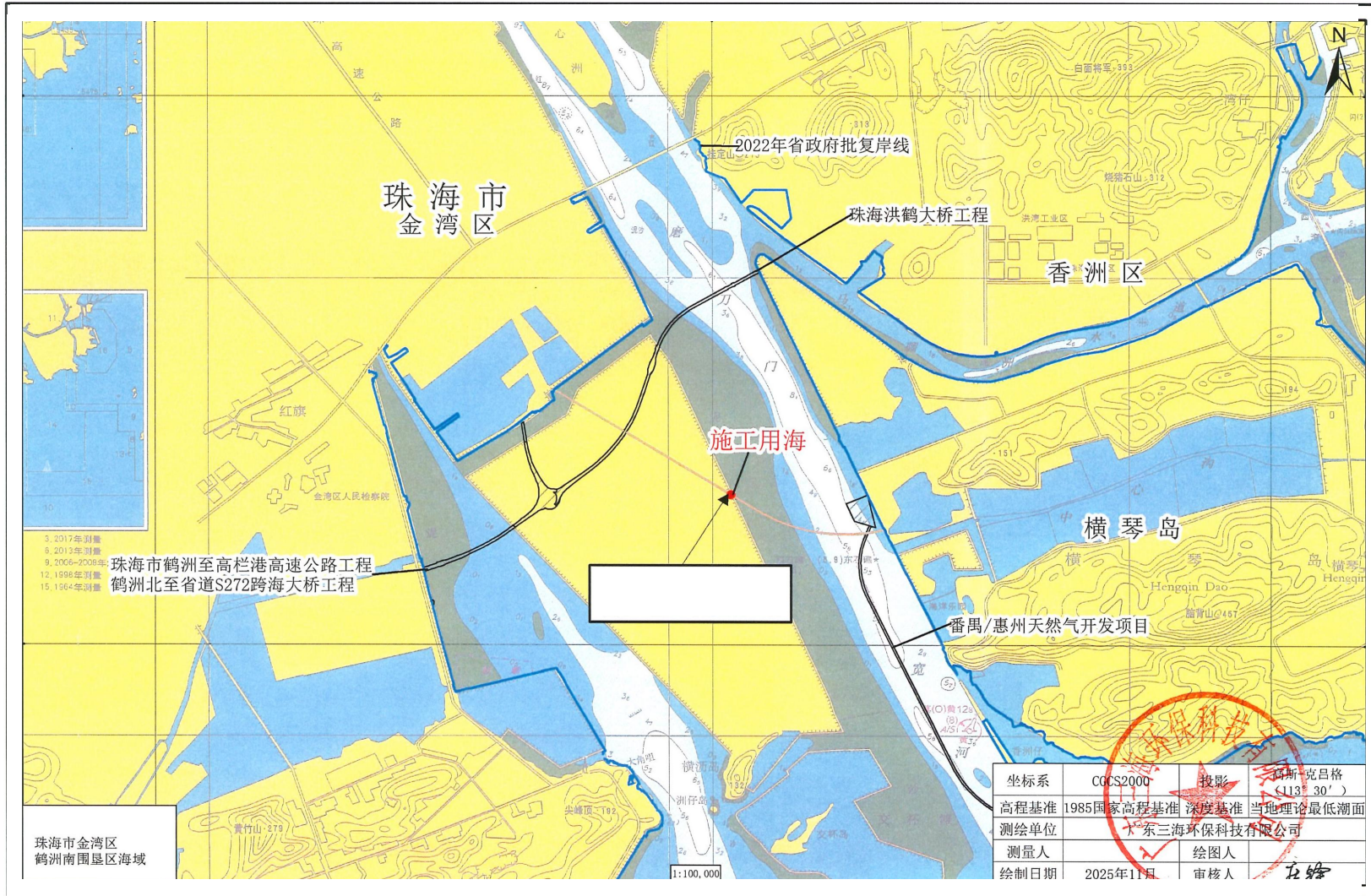


图 7.5-5 本项目施工用海宗海位置图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段（施工用海）宗海平面布置图

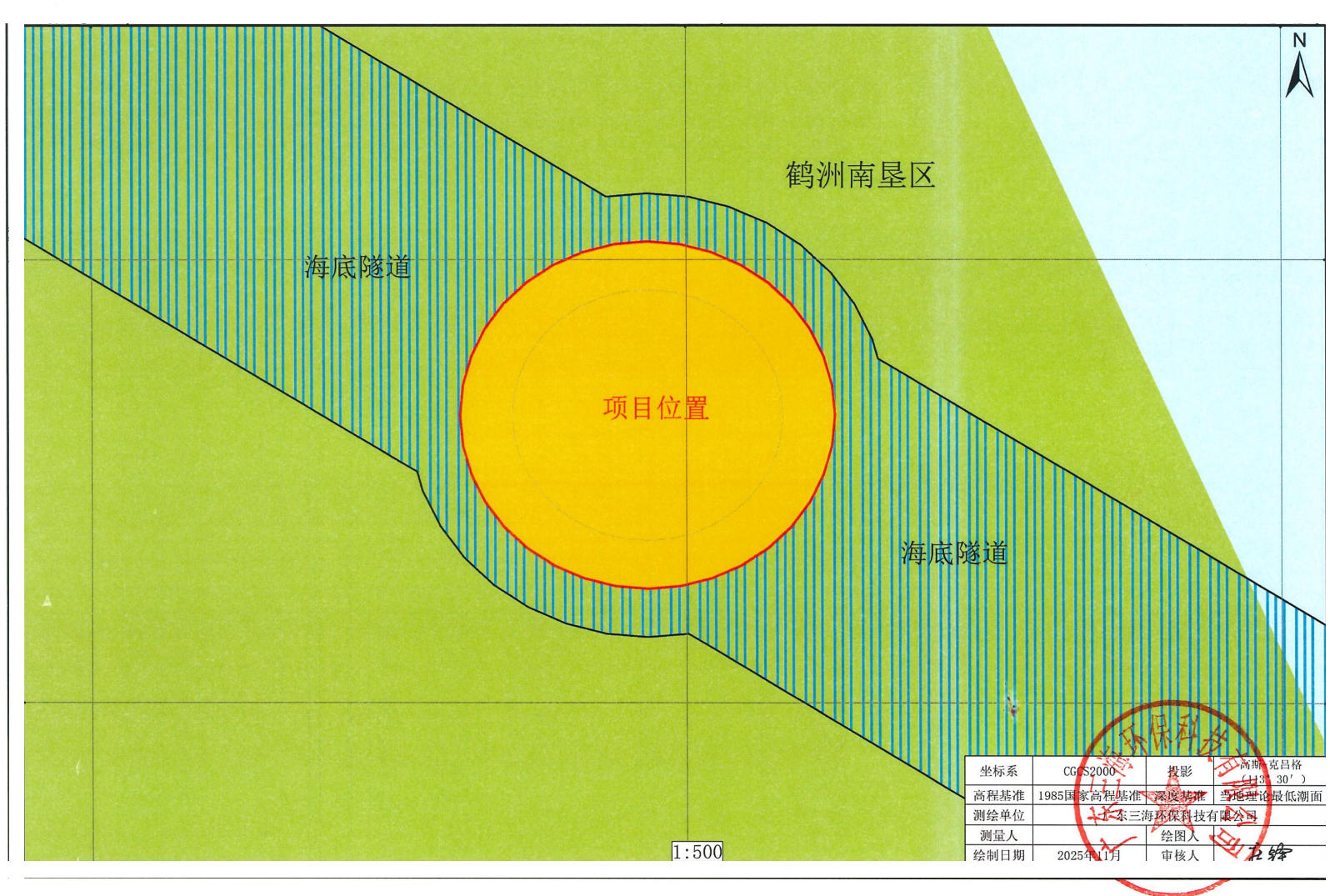


图 7.5-6 本项目施工用海宗海平面布置图

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段（施工用海）宗海界址图

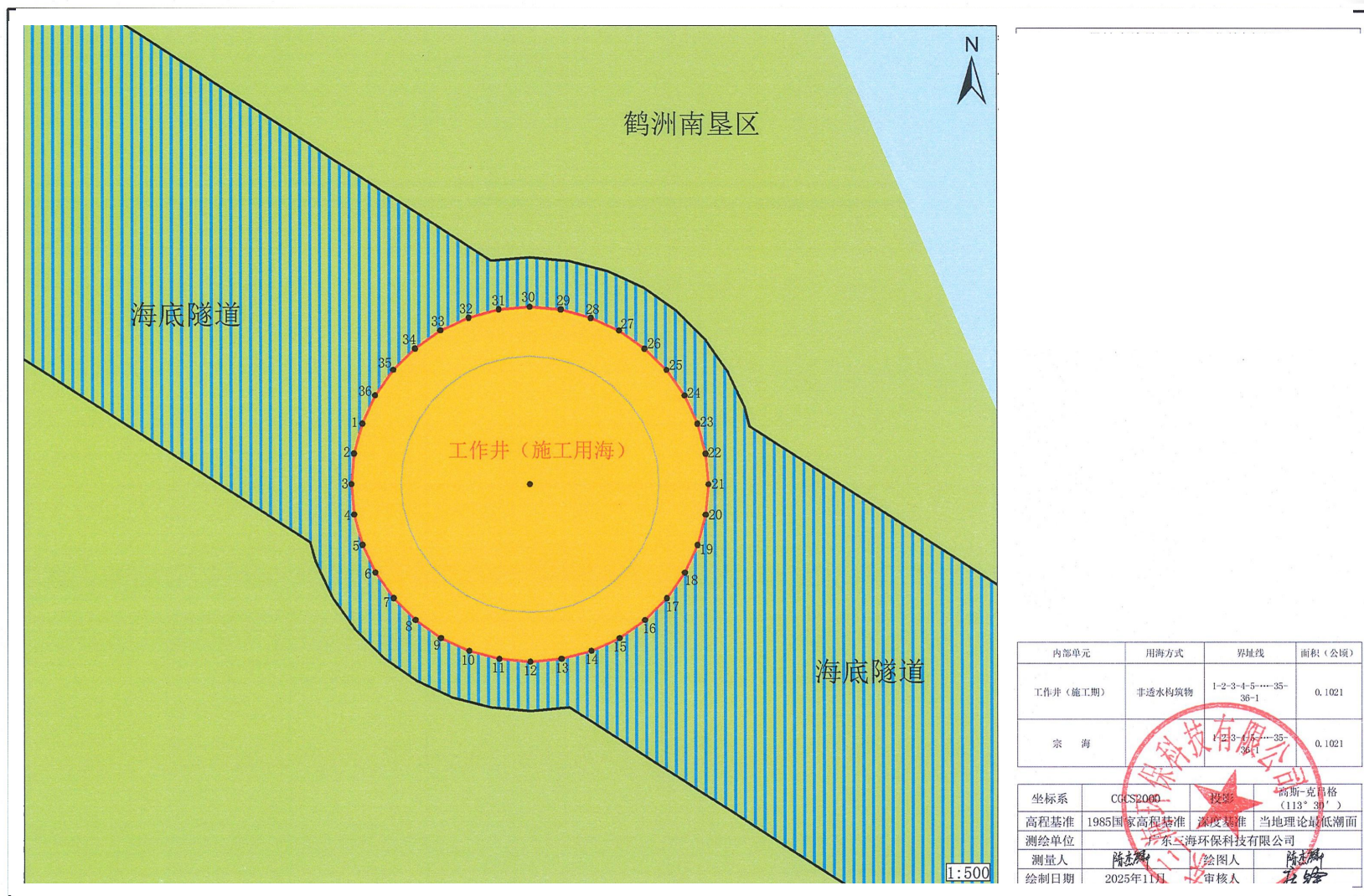


图 7.5-7 本项目施工用海宗海界址图

7.5.4.4 宗海界址点坐标及面积的计算方法

(1) 宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在专业软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、113°30'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。本项目主体工程宗海界址点坐标见表 7.5-2 所示，施工用海宗海界址点坐标见表 7.5-3 所示。

高斯投影反算公式：

$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

$$B = B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left(\frac{y}{N_f} \right) \left[1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left(\frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left(\frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

表 7.5-2 本项目主体工程宗海界址点坐标

点号	北纬	东经	点号	北纬	东经
1			50		
2			51		
3			52		
4			53		
5			54		
6			55		
7			56		
8			57		
9			58		
10			59		
11			60		
12			61		
13			62		

点号	北纬	东经	点号	北纬	东经
14			63		
15			64		
16			65		
17			66		
18			67		
19			68		
20			69		
21			70		
22			71		
23			72		
24			73		
25			74		
26			75		
27			76		
28			77		
29			78		
30			79		
31			80		
32			81		
33			82		
34			83		
35			84		
36			85		
37			86		
38			87		
39			88		
40			89		
41			90		
42			91		
43			92		
44			93		
45			94		
46			95		
47			96		
48			97		
49			98		

表 7.5-3 本项目施工用海宗海界址点坐标

点号	纬度(N)	经度(E)	点号	纬度(N)	经度(E)
1			19		
2			20		
3			21		

点号	纬度(N)	经度(E)	点号	纬度(N)	经度(E)
4			22		
5			23		
6			24		
7			25		
8			26		
9			27		
10			28		
11			29		
12			30		
13			31		
14			32		
15			33		
16			34		
17			35		
18			36		

(2) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积采用坐标解析法进行计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助软件计算功能直接求得用海面积。

(3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》（HY/T 124-2009）及本项目的实际用海情况界定，申请用海总面积为 23.6438 公顷，其中主体工程用海总面积 23.5417 公顷，施工用海面积 0.1021 公顷，具体见表 7.5-3 所示。

表 7.5-3 本项目用海面积情况统计一览表

用海工程	用海单元	用海方式	界址线	面积（公顷）
主体工程	海底隧道	海底隧道用海	1-2-3-4-91-...-97-98-1; 5-6-7-...-88-89-90-5	23.5417
施工用海	工作井（施工期）	非透水构筑物	1-2-3-4-5-...-35-36-1	0.1021
合计				23.6438

7.6 立体设权合理性分析

7.6.1 立体分层设权范围

根据《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5号），海底隧道及其附属设施的用海立体空间层按照实际情况界定，立体设权用海高程范围为海底隧道底部高程至实际设计或使用高程，或界定为海底隧道底部高程至现状海床高程。

根据《海域立体分层设权宗海范围界定指南（试行）》《广东省海域使用权立体分层设权宗海范围界定及宗海图编绘技术规范（试行）》等要求，考虑到本项目仅排他性使用海底隧道底部高程至实际设计高程范围内的底土空间，不妨碍其他层空间继续使用，本次仅对项目实际使用底土空间进行用海申请。本项目常规段海底隧道底部最低点设计高程约为-65.8m（1985国家高程基准，下同），顶部最高点设计高程约为-42.4m，则常规段申请的为高程-65.8m~-42.4m范围内的底土。对于施工期建设有2号工作井的隧道段，由于2号工作井在施工结束后拟拆除海床面以上临时结构封口并将保留海床面以下结构为海底隧道的永久组成部分，因此，对于该段，拟申请2号工作井的设计底高程至海床面的底土，即高程-79.9m至海床面范围内的底土。

详见表7.6-1和图7.5-4所示。

表 7.6-1 本项目立体分层设权范围

工程	工程区域	用海空间层	高程范围（1985高程）
鹤琴隧道（常规段）	鹤洲水道、鹤洲南围垦区、磨刀门水道海域	底土	-65.8m~-42.4m
鹤琴隧道（保留2号工作井段）	鹤洲南围垦区	底土	-79.9m~海床面

7.6.2 分层立体设权可行性分析

（1）海域管理政策的可行性分析

《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号）提出“海域是包括水面、水体、海床和底土在内的立体空间。对排他性使用海域特定立体空间的用海活动，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用的，可仅对其使用的相应海域立体空间设置海域使用权。在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证

具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。”。《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5号）提出“用海项目需排他性使用海域的特定层空间（水面、水体、海床或底土），且不妨碍其他层空间继续使用的，原则上仅对其使用的相应层空间设置海域使用权。可实施立体分层设权管理的用海活动包括但不限于：主要使用水面（含上覆空间）的跨海桥梁、桩基式海上光伏等用海；主要使用水体的温（冷）排水、污水达标排放等用海；主要使用海床的底播养殖等用海；主要使用底土的海底电缆管道、海底隧道等用海。完全改变海域自然属性的填海，排他性较强或具有安全生产需要的海砂开采、油气开采等海底矿产资源开发活动以及军事用海等特殊用海，不予立体设权。”

本项目用海类型为海底隧道，常规段需排他性使用所在海域-65.8m~-42.4m（1985国家高程基准）的底土空间，保留2号工作井段需排他性使用所在海域-79.9m（1985国家高程基准）至海床面范围内的底土。

对于上方的水体、水面等海域空间资源均未利用，且不妨碍其他层空间继续使用，属于可实施立体分层设权管理的用海活动，确权空间范围为海底隧道底部高程至实际设计高程范围内的底土空间，项目确权后，同一海域其他立体空间范围仍可继续排他使用，因此，本项目进行立体分层设权，符合相关海域管理要求，可提高海域有限资源的利用效率。

（2）利益相关者可协调

根据《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8号），在已设定海域使用权的海域进行立体分层设权，应与原海域使用权人协商一致达成协议后按程序办理用海手续，确保新设海域使用权与原海域使用权不存在权属冲突。

本项目海底隧道线路需下穿番禺/惠州天然气开发项目的天然气海底管道和珠海洪鹤大桥工程。本项目拟不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段的用海，拟协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对其用海进行立体分层设权或退让变更，确保与前述两个项目的用海不存在海域使用权属冲突。

同时本项目在方案设计时，隧道走向已考虑跨海桥梁桩基位置，隧道埋深已考虑桥梁桩基、现状海底电缆管道等埋深情况，并与桥梁桩基在水平面上、与天然气海底管道和通航航道在垂向上预留足够的距离，与下穿的两个已确权的用海项目使用的是不同层次

的海域空间，在立体分层上不存在海域使用冲突。但本项目仍应与前述两个项目的权属单位协商一致，取得前述两个用海项目权属单位对本项目用海的同意意见，且应协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对其用海进行变更。

在此前提下，本项目立体分层设权与利益相关者可协调。

（3）立体空间布置的合理性

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，海域是指“中华人民共和国内水、领海的水面、水体、海床和底土”，明确海域是立体的空间资源且包含 4 个层次。从海域空间资源上看，每个层面的海域资源都有其特定的开发利用价值，本项目进行立体化开发利用将会大大提高海域资源的集约利用的程度，对不同层面的海域进行确权，也将提高海域空间资源的产权效率。本项目采用平面界址“四至”坐标和竖向分层的海籍信息表达方式，其中，宗海竖向边界采用“水面”、“水体”、“海床”“底土”定性表述及 1985 高程范围定量表述结合，竖向边界范围根据设计标高确定，能够满足项目所需的海域空间承载范围。

综合分析，本项目进行分层立体设权符合《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（自然资规〔2023〕8 号）和《广东省自然资源厅关于推进海域使用权立体分层设权的通知》（粤自然资规字〔2023〕5 号）等相关要求，不存在海域使用权冲突，且其立体空间布置是合理的，因此，分层立体设权是可行的。

7.6.3 立体设权必要性分析

随着海洋经济快速发展，用海需求持续增加，海域空间资源稀缺性日益凸显。开展海域立体分层设权是完善海域资源资产产权制度、丰富海域使用权权能的重要举措，也是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的必然选择，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。

本项目用海类型为海底隧道，常规段需排他性使用所在海域-65.8m~-42.4m（1985 国家高程基准，下同）的底土空间，保留 2 号工作井段需排他性使用-79.9m 至海床面范围内的底土。

对于上方的水体、水面等海域空间资源均未利用，且不妨碍其他层空间继续使用，属于可实施立体分层设权管理的用海活动。本项目海底隧道利用的海底空间与上方及下方海域空间资源不冲突，可同时开发利用，为满足同一海域空间不同空间层用海需求，本项目开展立体分层设权是缓解用海矛盾、提高资源利用效率的较优选择，对于促进海

域资源节约集约利用具有重要意义。

立体分层设权的项目用海，按照“一物一权、一证一缴”的方式征收海域使用金，同一海域立体分层设权的每一个项目，均视为独立的征收对象，依据其用海方式，分别按规定征收海域使用金，本项目立体设权符合相关海域管理要求，可提高海域有限资源的利用效率。

综合以上分析，本项目采取立体设权方式用海，具有必要性。

7.7 用海期限合理性分析

根据《中华人民共和国海域使用管理法》，港口、修造船厂等建设工程用海的用海期限为五十年。本项目设计使用年限为 100 年，本次申请主体工程用海期限为 50 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》中对建设工程用海最高用海期限 50 年的规定，该用海期限在其设计使用年限范围内，也是满足项目的实际需求的，是合理的。

本项目 2 号工作井仅在施工期会在其海床面以上设置钢板桩等临时围蔽设施。本项目总体施工工期计划约 5 年，其中盾构隧道施工工期计划约为 4 年。由于项目工程量大，前期需办理的手续较多，考虑施工时序要求、办理相关手续可能耽误的时间、自然灾害等不可抗力因素可能延长施工期限，本次申请施工期用海期限为 8 年，是满足项目的实际需求的，是合理的。

8 生态用海对策措施

8.1 生态用海对策

8.1.1 设计阶段生态保护对策

本项目选线穿越珠海市鹤洲和磨刀门水道海域，选线避开了海洋自然保护区，虽然不可避免需要穿越海洋生态保护红线——磨刀门重要河口，但本项目拟采用盾构施工方式穿越生态保护红线，对海洋生态保护红线的生态功能不产生影响。且设计阶段选取盾构海底隧道方式穿越海洋生态保护红线，对海洋水文动力、冲淤环境、海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境等基本无影响，有利于生态环境保护。

8.1.2 施工期生态保护对策

本项目拟采用盾构施工方式穿越海域，无需使用施工船舶，施工过程无船舶污水的产生与排放。2号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工时基本无悬浮泥沙的产生与排放；而盾构在底土掘进过程，也无悬浮泥沙排放入海。施工人员生活污水拟经陆上化粪池预处理后，接入市政管网，不直接排放入海。盾构施工过程中产生的泥浆水拟经建设于两端陆上的盾构泥水处理场进行处理，处理后上层水回用于陆上施工过程，而下层渣土则作为废弃土石方处理，不直接排放入海。盾构施工过程中产生的弃土渣拟及时运至受纳场。

8.1.3 运营期生态保护对策

项目隧道建成运营期产生的废水主要为隧道冲洗水和少量渗漏水。本项目盾构隧道底部廊道设中心排水沟，并在隧道最低点设置废水泵房，将收集的冲洗水抽排至地面排水系统，不直接排放入海。此外，本项目隧道建设过程中及建成后，将加强防水设计和建设，防水等级为一级，将采取一系列措施进行防水工作。隧道的建设施工单位将严格按照有关规范及设计进行施工，确保工程质量，本项目建设后，不会有明显渗水，少量渗水纳入冲洗废水由水泵地面排水系统，不直接排放入海。

8.2 生态保护修复措施

本项目仅2号工作井的施工建设会对海洋生态环境造成一定的影响，造成的潮间带

生物直接损失量约为 66.8kg，生物损失量较低。

建设单位应与主管部门协商，就工程建设造成生物资源损失制定合理的补偿计划，确保补偿的生物量不低于本项目造成的生物损失量。

8.3 岸线修复方案

8.3.1 本项目占用岸线情况

本项目用海范围需底土穿越的岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越的居民海岛人工岸线约 36.3m。

8.3.2 海岸线占补要求

根据《广东省自然资源厅关于印发海岸线占补实施办法的通知》，海岸线占补是指项目建设占用海岸线（包括大陆岸线和海岛岸线，均包含自然岸线和人工岸线）导致海岸线原有形态或生态功能发生变化，要进行海岸线整治修复，形成生态恢复岸线，实现海岸线占用与修复补充相平衡。根据《广东省自然资源厅关于进一步做好海岸线占补台账管理的通知》（粤自然资海域〔2023〕149号），用海项目从空中跨越或底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化的，可免于落实海岸线占补。本项目海底隧道从底土穿越海岸线，不改变海岸线原有形态和生态功能，不造成海岸线位置、类型变化。

本项目拟采用盾构施工方式从海床下一定距离的底土穿越海岸线，无需开挖，不会导致岸线原有形态或生态功能发生变化，对岸线资源基本不产生影响。因此，本项目无需进行海岸线占补平衡分析。

8.3.3 海岸线保护与修复措施

对于施工期，为保护岸线，施工期间施工单位需注意对海岸线的保护，优化施工方案，使用合适的施工机械，明确施工范围，施工机械不得越过施工范围施工；加强施工人员的培训，禁止遗弃施工废物和生活废物等在岸线处。

8.4 生态跟踪监测

本项目施工期和运营期基本不会对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境产生影响，因此不对海水水质、海洋沉积物和海洋生态环境提出生态跟踪监测计划。

本项目需下穿红树林分布片区和严格保护岸线（生态恢复岸线），建议项目开展海域施工后，针对项目穿越的红树林和严格保护岸线开展跟踪监测。

1. 岸滩监测

（1）岸滩地形监测

在项目下穿的严格保护岸线（生态恢复岸线）现状岸线至水下-2m 水深设置 1 条断面，监测该岸段的水深地形。

（2）沉积物采样

在设置的断面的高潮滩和低潮滩附近，每次监测各采集一个底质样品采样点，进行粒径测试。

（3）岸线变化监测

在掌握岸滩断面变化的同时，同时收集购买历次岸滩调查前后半个月内存像的高清卫星遥感影像，认识岸线剖面上整体的变化情况。

（4）监测频次

工程施工前监测一次；工程营运期前 5 年内，每年监测 1 次，5 年之后根据前期监测分析结果，可 2~3 年监测 1 次。

2. 红树林调查

在项目下穿的鹤洲北堤围南面红树林和鹤洲南围垦区堤围北侧红树林分布片区各设置 1 个样方开展调查，施工前后各调查一次。

在样方内开展实地考察并结合无人机摄影，辨别不同生境中的红树植被物种组成，记录样方内的植被数量、胸周长及植株高度、郁闭度等本底信息并拍摄照片，分析评估红树植物的生长状况及冠层结构，并总结在项目施工前后红树林生境条件、威胁因素等。

9 结论

9.1 项目用海基本情况

广州至珠海（澳门）铁路鹤洲至横琴段由广东省铁路建设投资有限公司进行建设，涉及穿越珠海市鹤洲水道、鹤洲南围垦区和磨刀门水道海域。项目新建线路约 15.6km，其中新建正线双线特大桥 1 座 2.5km（均位于陆上），路基长约 0.2km（均位于陆上，衔接桥梁与隧道），鹤琴隧道全长约 12.1km（含明挖隧道和盾构隧道），站场范围总长约 0.8km。盾构隧道沿线共设置 3 座工作井，其中 1 号和 3 号两座工作井位于陆上，2 号工作井位于海域范围内的鹤洲南围垦区。项目全线设珠海鹤洲站（仅接入，不含在工程范围内）、横琴站 2 座车站。本项目主体工程仅盾构隧道涉及用海，涉海长度约为 7.04km（CK4+454~CK11+492），采用单洞双线隧道方案，线间距为 4.6m，盾构隧道内轮廓 12.8m，管片厚度采用 600mm 方案，管片外径 14.0m。施工期，项目拟在海底盾构隧道建设范围建设 2 号工作井；施工结束后，为避免对隧道主体结构产生影响，仅拟对 2 号工作井超出海床面的钢板桩临时结构等进行拆除并封井，海床面以下主体结构拟保留为隧道永久结构组成部分。

本项目拟申请用海面积为 23.6438 公顷，其中主体工程申请用海总面积为 23.5417 公顷，施工期用海（2 号工作井）申请用海总面积为 0.1021 公顷。从对海洋开发活动的影响和权属排他性等角度考虑，本项目主体工程拟全线进行立体确权，其中保留了施工期建设的 2 号工作井的隧道段申请的立体空间范围为 2 号工作井的设计底高程至海床面，即高程-79.9m（1985 国家高程基准）至海床面范围内的底土；其他常规段申请的立体空间范围为海底隧道底部高程至实际设计高程，即高程-65.8m~-42.4m（1985 国家高程基准）范围内的底土。项目主体工程用海范围需底土穿越的岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越的居民海岛人工岸线约 36.3m。根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类），主体工程用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式），施工用海方式为构筑物（一级方式）中的非透水构筑物（二级方式）。

9.2 资源生态影响分析结论

本项目拟在鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧建设 2 号工作井，该工作井仅在施工期会有部分钢板桩围堰等临时设施出露海床面，施工结束后拟拆除水面上钢板桩围堰等临时结构，海床面以下结构拟保留为海底隧道的组成部分，不予拆除。由于 2 号工作井位于鹤洲南围垦区内水利堤坝道路旁侧，所在海域退潮时露出水面，水文动力条件弱；2 号工作井用海面积小，对海洋水文动力和冲淤环境的影响较小。2 号工作井拟在退潮时先施工打设钢板桩围护，再开展后续掘进工作，施工期对海水水质和海洋沉积物影响较小。2 号工作井占用海域，不可避免地会造成潮间带生物的损失，其直接损失量约为 66.8kg。

本项目常规段（2 号工作井以外段）海底隧道拟采用盾构的施工方式，从海底 -65.8m~-42.4m（国家 1985 高程）穿过，与海床表面预留一定距离，对附近海域的水文动力环境、地形地貌与冲淤环境、水质环境、沉积物、海洋生态环境无影响。

项目建设与运营对“三场一通道”影响较小，对典型生态系统红树林无影响。

9.3 海域开发利用协调分析结论

本项目论证范围开发利用项目主要包括跨海桥梁、围垦区、航道、海底电缆管道、水闸、码头、水文站、绿化提升工程、海底隧道等，本项目海底隧道需下穿番禺/惠州天然气开发项目的天然气海底管道和珠海洪鹤大桥，需下穿防洪海堤、通航防洪水道鹤洲水道和磨刀门水道，与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的距离较近，穿越鹤洲南围垦区，同时拟在洲鹤洲南围垦区内建设 2 号工作井。本项目利益相关者为番禺/惠州天然气开发项目、珠海洪鹤大桥工程的权属单位、珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）的建设单位和鹤洲南围垦区的管理单位，需协调的部分为防洪海堤、鹤洲水道和磨刀门水道的水利防洪主管部门、通航主管部门。

本项目拟不申请与珠海洪鹤大桥工程交越段的用海，拟协调番禺/惠州天然气开发项目的权属单位对其用海进行调整，确保与前述两个用海项目不存在海域使用权属冲突。本项目在方案设计时，隧道走向已考虑跨海桥梁桩基位置，隧道埋深已考虑桥梁桩基、现状海底电缆管道等埋深情况，并与桥梁桩基在水平面上、与天然气海底管道和通航航道在垂向上预留足够的距离，且拟在施工过程中严格落实相关防护和监控措施，确保对沿线下穿或邻近的用海项目的影响是可接受和可控的。因此，本项目选址虽然与珠

海洪鹤大桥工程、番禺/惠州天然气开发项目存在立体交越，与珠海隧道工程 TJ2 标段（施工栈桥）较近，但对前述项目的影响是可控的，与前述项目的权属单位或建设单位是存在协调途径的。本项目 2 号工作井避免布置于鹤洲南围垦区堤防上，且拟严格落实相关措施降低对围垦区堤防的影响，与其管理单位可协调。

目前本项目建设单位已委托第三方单位正在编制航道通航条件影响论证报告和防洪评估报告，项目用海批复前需取得航道和水利主管部门对相关专题报告的审核或批复意见，同时严格落实专题报告提出的相关措施，则在此前提下，本项目与水利防洪主管部门、航道主管部门是可协调的。

综上，本项目与周边海域开发利用活动是存在协调途径的，是相适宜的。

9.4 项目用海与国土空间规划符合性分析结论

本项目用海符合《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《珠海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》《珠海市金湾区国土空间分区规划（2021-2035 年）》《横琴粤澳深度合作区国土空间总体规划（2021-2035 年）》等国土空间规划要求，符合《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》的要求。同时，本项目选址建设还符合“三区三线”、《中长期铁路网规划》《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》《珠海市综合交通体系规划（2021-2035 年）》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《珠海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》《珠海市海洋经济发展“十四五”规划》等相关规划的要求。

9.5 项目用海合理性分析结论

本项目建设符合国土空间规划和相关规划，用海面积符合相关规定；本项目拟申请用海面积为 23.6438 公顷，其中主体工程申请用海总面积为 23.5417 公顷，施工期用海（2 号工作井）拟申请用海总面积为 0.1021 公顷。从对海洋开发活动的影响和权属排他性等角度考虑，本项目主体工程拟全线进行立体分层设权，其中保留了施工期建设的 2 号工作井的隧道段申请的立体空间范围为 2 号工作井的设计底高程至海床面，即高程 -79.9m（1985 国家高程基准）至海床面范围内的底土；其他常规段申请的立体空间范围为海底隧道底部高程至实际设计高程，即高程 -65.8m~-42.4m（1985 国家高程基准）范围内的底土。项目主体工程用海范围需底土穿越的岸线总长度约为 64.1m，其中需底土穿越生态恢复岸线约 27.8m，需底土穿越的居民海岛人工岸线约 36.3m。根据《国土空间

调查、规划、用途管制用地用海分类指南》，本项目用海类型为交通运输用海（一级类）中的路桥隧道用海（二级类）；根据《海域使用分类》（HY/T123-2009），本项目用海类型为海底工程用海（一级类）中的海底隧道用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的跨海桥梁、海底隧道（二级方式）。本项目主体工程申请用海期限为 50 年，施工期申请用海期限为 8 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，同时也符合项目的实际需求。

综上，本项目用海具有合理性。

9.6 项目用海可行性结论

本项目的建设与该区域的自然条件和社会条件是相适宜的，项目用海是符合国土空间规划和相关规划要求的，本项目的用海方式、期限和面积也是合理的，与周边开发利用项目是可协调的，项目产生的不利影响是可以接受的，因此，本项目能较好地发挥该海域的自然环境和社会优势。

综上所述，本项目的海域使用是可行的。