汕头市苏埃通道工程海域段平纵横方案研究

周华贵，王 丽

（中铁第六勘察设计院集团有限公司，天津 300308）

摘要：为有效解决汕头市苏埃通道工程遇到的海底硬岩、孤石群及高烈度抗震等技术难题，从海底隧道横断面、平面及纵断面方案进行研究。主要研究和结论如下：1）对两管方案与三管方案进行比较，在海底硬岩处理方面，2 种方案施工风险无本质区别，但两管方案可利用车道板下空间解决消防防灾问题、取消隧道联络通道设置、降低施工及抗震风险，优于三管方案；2）从抗震、工程造价、结构受力及隧道运维等方面进行研究，发现盾构管片采用单层预制结构优于管片内置二次衬砌结构；3）隧道平面方案需摸清海底硬岩及孤石群分布范围，结合码头、港池及锚地等控制因素综合确定；4）隧道纵断面方案的确定，需充分考虑海底硬岩、孤石分布规律以及最小覆土、主航道规划标高、港池范围等控制因素，避开硬岩及孤石群，以减小隧道修建难度和风险。

关键词：海底隧道；海域段；盾构法；横断面设计；平面设计；纵断面设计；8 度抗震区；海底硬岩；孤石群

DOI：10.3973/j.issn.2096－4498.2018.07.015

中图分类号：U 45　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2096－4498(2018)07－1189－07

Study of Plan, Cross-sectional and Longitudinal Profile Design Schemes for Sea Water Section of Su′ai Tunnel in Shantou

ZHOU Huagui, WANG Li

(*China Railway Liuyuan Group Co., Ltd*, *Tianjin* 300308, *China*)

Abstract: In order to solve the technical problems that Shantou Su′ai Tunnel encounters, i. e. seabed hard rock, boulder group, high seismic fortification intensity, etc., a deep study focusing on the cross-sectional, plan and longitudinal profile design schemes is made. Some conclusions are drawn as follows: (1) Comparison is made between twin-tube and triple-tube scheme, which shows no essential distinction in terms of seabed hard rock; while twin-tube scheme is superior to triple-tube scheme in terms of firefighting, connection gallery and construction and seismic resistance risk. (2) The study of seismic resistance, cost, structural force and tunnel operation and maintenance shows that shield segment with single-layered precast structure is superior to that with built-in secondary lining structure. (3) The seabed hard rock and boulder group conditions, dock, harbor, anchorage, etc. should be surveyed before tunnel plan design scheme determination. (4) The seabed hard rock and boulder group conditions, minimum cover soil, planed elevation of main channel, harbor, etc. should be surveyed before tunnel longitudinal profile design scheme determination to reduce construction difficulty and risk.

Keywords: submarine tunnel; sea water section; shield method; cross-sectional design; cross-section design; plan design; longitudinal profile design; 8 degree seismic zone; seabed hard rock; boulder group

0 引言

近年来，随着城市发展，越来越多的跨海越江通道建设提上日程，现代化的盾构工法已经成为跨海越江通道修建最主要的施工工法之一。国内已建或在建的多条水下大直径盾构隧道，如上海长江隧道[1]、南京长江隧道[2]、武汉长江隧道[3]、佛莞城际铁路狮子洋隧道[4]、武汉三阳路隧道[5]等，这些隧道有的位于软土地层、有的处于岩石地层，地质构造情况相对单一，易于处理；但隧址位于 8 度抗震设防烈度区，隧道范围内存在高强度硬岩、软弱地层、码头、规划主航道，同时伴有孤石群的隧道，在国内已建或在建工程中较为罕见，汕头市苏埃通道工程即为这种情况的典型案例。

收稿日期：2017－04－10；**修回日期**：2018－02－26

第一作者简介：周华贵(1976—)，男，湖南新化人，2003 年毕业于中南大学，土木工程专业，本科，高级工程师，主要从事隧道与地下工程设计工作。E-mail：Kuake-mail@163.com。

该通道工程是我国华南地区第1条采用大直径盾构法施工的跨海通道,位于东南沿海地震带的北部,靠近地震活动强度较高的台湾海峡,属于8度抗震设防烈度区;隧址南岸海域存在大量花岗岩球状风化体(孤石),主航道下存在200 MPa以上的硬岩段;隧址附近是繁忙的码头,以及港池、锚地和规划主航道。

为了解决上述技术难题,最大限度地减小施工难度、降低工程风险及提高抗震能力,本文针对海域段盾构隧道平纵横方案进行研究。

1 工程概况

1.1 设计概况

汕头市苏埃通道工程连接汕头市新老城区,位于汕头市北岸龙湖区天山南路与金砂东路平交口。路线自北向南,下穿长平东路,沿天山南路西侧绿化带敷设,下穿龙湖沟水闸、电排站、龙湖沟及华侨公园,进入苏埃湾海域,至本项目研究终点处,与规划路相接。隧道总平面见图1。本工程线路全长6.68 km,全程采用双向6车道标准设计,工程总投资约60亿元,工期4.5年。

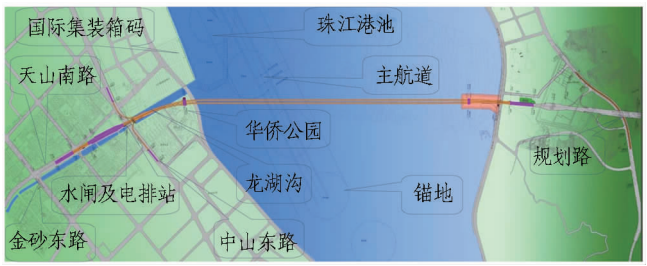


图1 隧道总平面

Fig. 1 Plan of tunnel

1.2 地震

根据规范[6],场地抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度为0.20g,设计地震分组位于第1组。

1.3 航道、锚地与码头

1.3.1 航道现状及规划

隧址处的航道目前按通航5 000吨级设计,航道宽120 m,底标高为-8.884 m。该航道规划按通航3万吨级设计,航道底宽为150 m,底标高为-11.884 m。

1.3.2 锚地现状及规划

隧址处的汕头港内现有锚地12处,其中引航锚地1处。船舶应急抛锚时锚体的入土深度最大约4 m。汕头港锚地现状见图2。

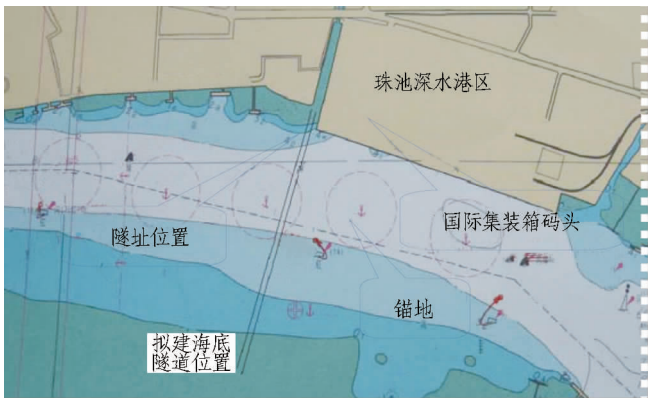


图2 汕头港锚地现状

Fig. 2 Present situation of anchorage in Shantou Port

1.3.3 隧址附近码头

隧址北岸附近为汕头市国际集装箱码头,具有9个(1~2.5)万吨级泊位,码头岸线长2 159 m,陆域纵深900 m,码头前沿是水深-11.7 m的珠江港池,该港池外边缘距离码头沿岸约480 m。

1.4 工程地质及水文地质

工程地质及水文地质条件极为复杂。隧道地质纵断面见图3。

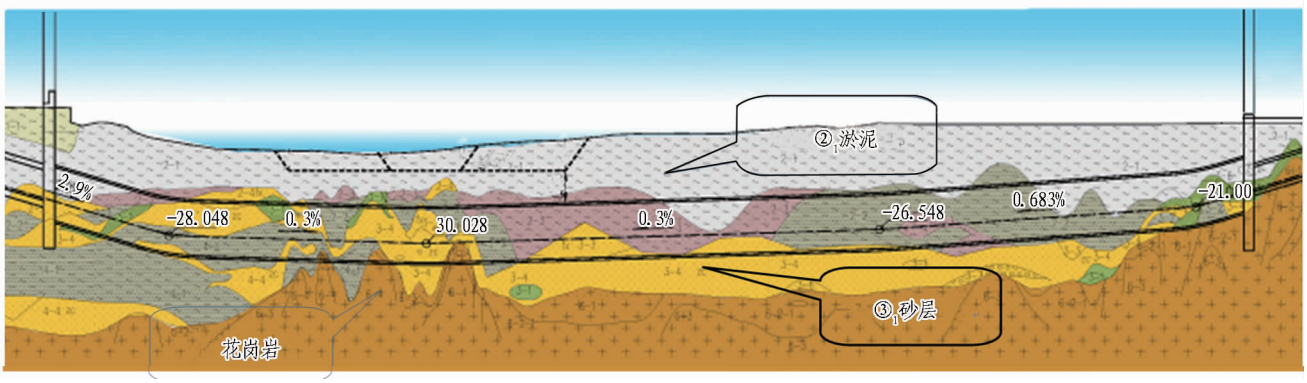


图3 隧道地质纵断面

Fig. 3 Geological profile of tunnel

1)工程范围内存在大量海相②$_1$淤泥地层,承载力仅50 kPa,重度仅15 kN/m^3。

2)本工程共有180个钻孔揭露基岩,其中有33个钻孔揭露了共45个花岗岩球状风化体,主要分布在南段海域;花岗岩球状风化核大小不一,最大5.6 m,最小0.5 m,一般1~3 m;球状风化发育深度不一,在2.6~-50.89 m均有发育,部分球状风化呈串珠状。

3）海域主航道下有 3 段花岗岩突起段，中、微风化平均强度达到 98.5 MPa 和 127.4 MPa，最高达 203.0 MPa。

1.5　河势演变

100 年一遇洪水下，现状河床下工程断面的最大极限冲深为 4.014 m，冲刷最深处距北岸约 800 m；规划航道疏浚后非主航道处极限冲深为 3.363 m（主航道处为 2.8 m），冲刷最深处距北岸约 860 m，疏浚后河床极限冲深减小了 0.651 m。隧道线位河床冲刷结果见图 4。

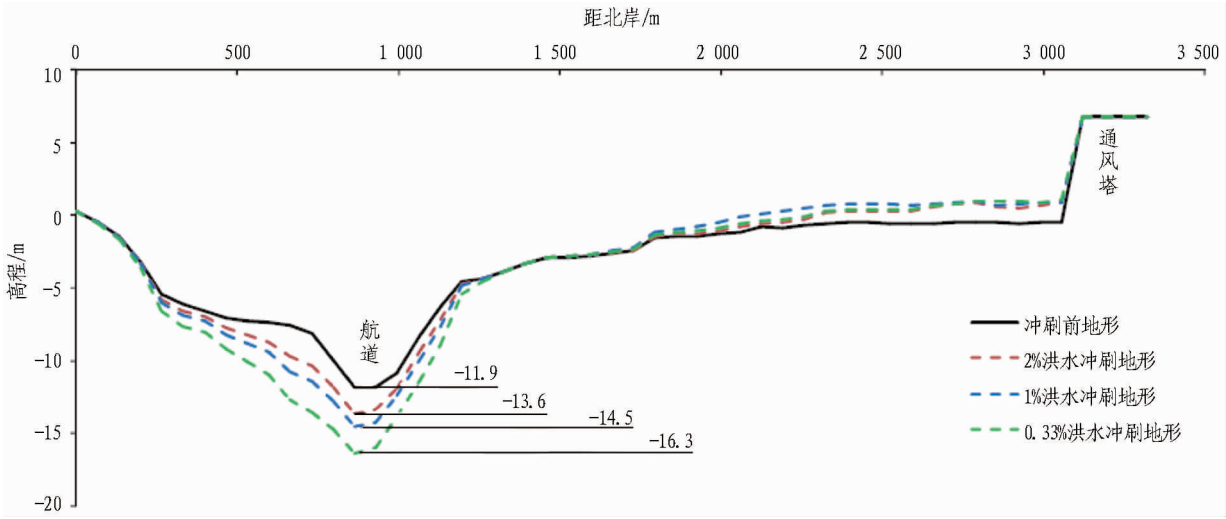


图 4　隧道线位河床冲刷结果

Fig. 4　Riverbed scouring result of tunnel alignment

2　主要技术标准

2.1　几何设计标准

根据规范[7-8]相关规定，汕头苏埃通道工程主线主要技术指标如下。

1）公路等级：一级公路。

2）设计行车速度：60 km/h。

3）建筑限界：行车道宽 3.5 m，限界高 5.0 m，侧向左侧宽 0.5 m，侧向右侧宽 0.75 m，余宽每侧 0.25 m。

4）最大纵坡：3.0%。

2.2　其他标准

1）抗震设防：结构设防烈度为 8 度，按 9 度地震采用抗震措施。

2）盾构段结构抗浮安全系数：施工阶段及运营阶段隧道抗浮稳定安全系数≥1.1。

3）航道等级：3 万吨级集装箱船舶。

3　工程海域段平纵横方案研究

3.1　横断面方案研究

3.1.1　横断面尺寸大小研究

工程地质、水文地质及周边环境复杂，选择合适的横断面尺寸尤为重要。小直径盾构隧道断面小，埋深小，施工风险小，造价低；大直径盾构隧道断面大，埋深大，施工风险大，造价高。特别是 8 度抗震设防烈度地区，海底大直径盾构隧道设计要求更高，需认真研究。研究过程中，提出了 2 种方案，即三管盾构法方案和两管盾构法方案。

1）三管方案。即一个洞内设置 2 个车道，双向 6 车道需 3 个通道。该方案线路全长 6.8 km，隧道总长 5 010 m，盾构隧道长 4 050 m，隧道内轮廓直径为 10.2 m、外径为 11.2 m，管片厚 0.5 m。三管盾构法方案横断面见图 5。

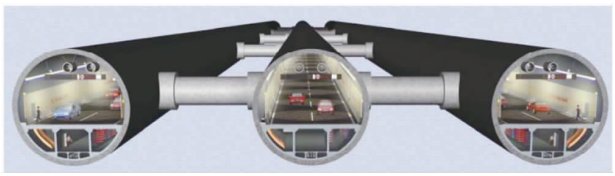


图 5　三管盾构法方案横断面

Fig. 5　Cross-section sketch of triple-tube shield tunneling

2）两管方案。即一个洞内设置 3 个车道，双向 6 车道需 2 个通道。该方案线路全长 6.8 km，隧道总长 5 110 m，盾构隧道长 4 030 m，隧道内轮廓直径为 13 m、盾构外径为 14.2 m，管片厚 0.6 m。两管盾构法方案横断面见图 6。

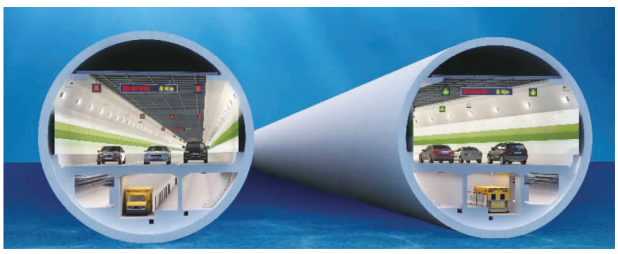


图 6　两管盾构法方案横断面

Fig. 6　Cross-section sketch of twin-tube shield tunneling

结合详勘地质资料，对三管、两管方案进行深入研究，主要结论如下。

1)三管方案埋深小,海域硬岩侵入隧道深度三管方案为4~5 m、两管方案为8~9 m,三管方案比两管方案少约4 m;但侵入隧道长度三管方案为1 782 m、两管方案为1 518 m,三管方案比两管方案长264 m。通过比较,三管方案仍然无法避开硬岩,虽然埋深小,但硬岩侵入隧道长度反而增加了,2个方案施工难度及风险没有本质的变化,基本相当。

2)根据现行较为成熟的做法,国内类似水下公路隧道通常约800 m设置1处联络通道[8]。本工程盾构段约4 000 m,若设联络通道的话,三管方案需设置约8处联络通道,两管方案则只需设置约4处联络通道。盾构段大部分下穿淤泥、砂层,联络通道施工风险极大;加之本工程地处8度抗震设防地区,在隧道之间设置联络通道,则会约束隧道变形,地震过程中在连接处很容易出现裂缝渗漏水甚至受力破坏。因此,联络通道设置的数量越少越好。通过研究,本工程取消联络通道设置。两管方案隧道是独立的,在地震过程可以自由变形,抗震能力大大提高。

3)三管方案隧道车道板下中间空间(两侧用于设备管线及下滑通道使用)只有1.8 m×2.0 m,无法设置消防车或救援车通道,难以满足消防防灾问题;而两管方案车道板下中间空间约4 m×2.8 m,采取小型消防车或救援车,用于隧道内消防及救援通道使用,完全能够满足消防防灾要求。

基于以上研究,本工程最终采用两管盾构法方案。

3.1.2 横断面是否设置二次衬砌研究

日本东京湾海底隧道属于8度抗震区,双向6车道标准设计,隧道内径为12.9 m,外径为13.9 m,该隧道是世界上第1个设置二次衬砌结构的盾构隧道[9]。国内狮子洋海底隧道部分地段也设置了二次衬砌结构;厦门地铁3号线海底隧道预留了设置二次衬砌结构的空间;大连地铁5号线海底11.8 m单洞双线大直径盾构隧道初步设计也设置了二次衬砌结构,施工图阶段正在讨论设置的合理性;何川等[10]进行了铁路盾构隧道单、双层结构力学试验研究。综上所述,国内对海底盾构隧道设置二次衬砌结构没有统一的标准,文章将针对本工程是否设置二次衬砌结构进行深入研究。

1)本工程盾构管片外径为14.2 m,如果设置二次衬砌结构,盾构管片外径至少增加到14.7 m,会大大增加盾构制造费用以及增加下穿主航道硬岩处理的难度及风险。

2)本工程属于8度抗震区,对抗震要求极高。盾构隧道属于柔性构件,在地震作用下,能够吸收一部分地震作用;若施作二次衬砌结构,由于二次衬砌结构为刚性结构,地震时则会约束盾构管片的变形,对抗震不利。另外,施作二次衬砌结构会增加结构自重,抗震过程中水平力随之增大,在硬岩突起段、盾构井段对结构抗震不利。

3)施作二次衬砌结构,会增加后期运维等相关工作难度,如管片渗透点不易检查、管片螺栓等构件腐蚀难以维修及大变形环破坏后难以更换。

4)管片结构内设置二次衬砌结构,2种结构叠加在一起,结构受力体系难以确定。

5)二次衬砌结构一般200~300 mm,为了便于施工二次衬砌结构,需等盾构隧道贯通后才可施工,这样大大增加施工工期。

6)二次衬砌结构的作用大多是防止螺栓被腐蚀以及防止火灾引起的安全事故,但以上问题均可以通过其他工程措施加以解决。

综合以上各种因素,本工程不再考虑设置二次衬砌结构,仅采用单层预制盾构管片。

3.2 平面方案研究

通过前期多线位方案比选研究,最终确定B_1、B_2线位方案。

1)B_1线位在汕头国际集装箱码头西南角龙湖沟入海口处进入海域,以*R*5 000 m与*R*3 000 m的反向曲线穿越苏埃湾海域。路线全长约6.8 km,该轴线穿越海域宽度约3.5 km。

2)B_2线位避开码头,穿龙湖沟后以*R*1 500 m转入华侨公园,于华侨公园东南角处进入海域,以直线形式穿越苏埃湾海域,避开珠池港区,南岸顺接规划线位。路线全长约6.68 km,该轴线穿越海域宽度约3.35 km。B_1、B_2线位平面见图7。

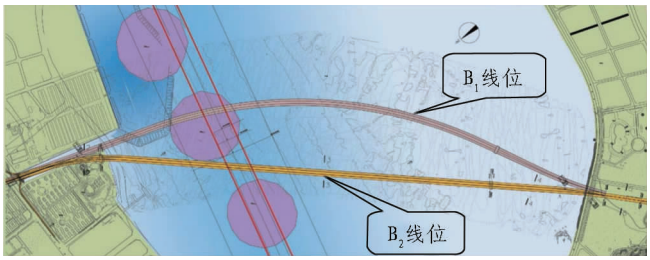


图7 B_1、B_2线位平面

Fig. 7 Plan of Lines B_1 and B_2

初勘阶段,在隧址附近进行了大量的物探,发现水下硬岩主要分布在南岸及主航道下,之后进行了相应的钻探。详勘阶段,在南岸及主航道附近进行了大量补勘,特别是发现了主航道附近B_2线位岩面整体较低,而B_1线位整体较高。具体而言,B_1线位隧道入岩长度为436 m,侵入隧道内8~12 m,南岸下伏基岩突起范围为700 m;B_2线位隧道入岩长度为182 m,侵入隧道内4~6 m,南岸下伏基岩突起范围为300 m。B_1线位局部加密地质纵断面见图8。B_2线位局部加密地质纵断面见图9。

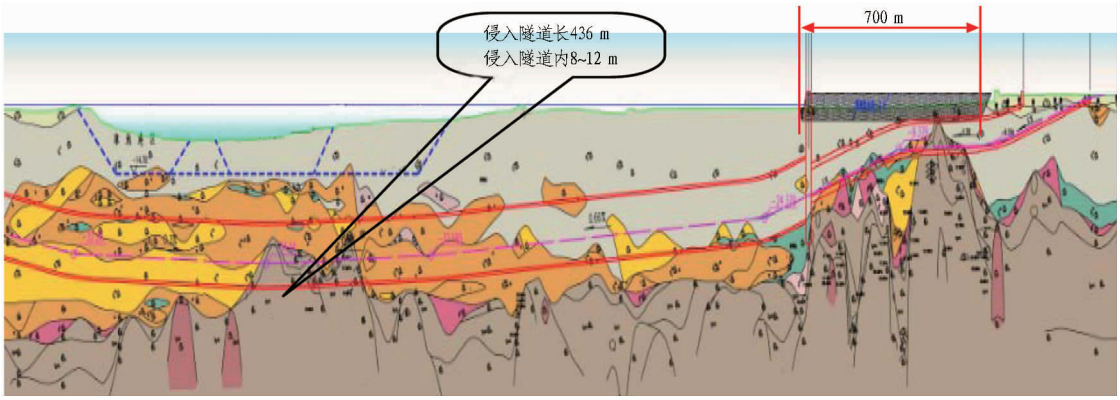


图 8　B_1 线位局部加密地质纵断面

Fig. 8　Densely-processed geological profile of local Line B_1

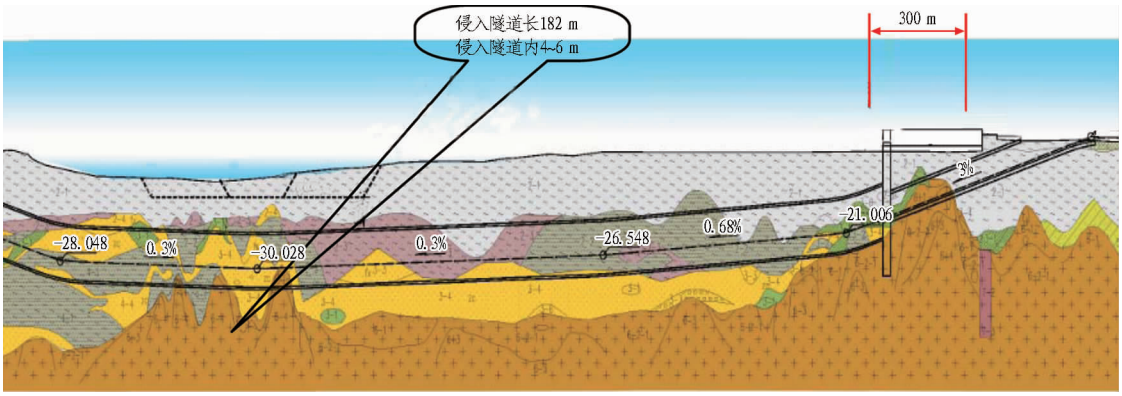


图 9　B_2 线位局部加密地质纵断面

Fig. 9　Densely-processed geological profile of local Line B_2

通过比较，B_2 线位在航道处基岩突起高度有所降低，入岩长度由 436 m 减少到 182 m；南岸下伏基岩突起范围有所减少，由 700 m 减少到 300 m；盾构段隧道底部不存在淤泥质土。

就平面结构而言，B_2 线位线路长度为 6.68 km，B_1 线位线路长度为 6.8 km，B_2 线位比 B_1 线位海域段减少 150 m；B_2 线位隧道埋深控制范围由 1 120 m（珠池港区水深影响）减少到 708.54 m，更有利于隧道纵断面设计；B_2 线位也避开了码头珠池港区及主航道锚地。

基于对隧道长度、隧道入岩长度及深度、隧址处孤石、主航道、港池及锚地等因素的综合考虑，本工程最终选择 B_2 线位方案。

3.3　纵断面设计研究

本工程隧道纵断面设计不同于陆域一般隧道，由于受南岸海域内孤石、海域内规划 3 万吨级主航道、水下硬岩、北岸码头及珠江港池等诸多条件限制，需充分研究纵断面。

1）海域段隧道最大纵坡问题。本工程为一级公路项目，又兼具城市隧道功能，经研究最终确定海域段隧道主线最大纵坡为 3%、最小纵坡为 0.3%，其他段采用城市道路标准执行。

2）南岸孤石处理问题。通过对勘察及详勘报告的研究，孤石集中分布在南岸海域，主要分布在强风化花岗岩地层中，且埋深大，淤泥地层中基本未发现。通过分析孤石分布规律，为了有效避开孤石，在南岸海域段沿隧道方向设置 1 座 300 m 临时围堰，盾构竖井设置在临时围堰上，直接在临时围堰上始发，盾构掘进段避开孤石，大大减小了孤石引起的施工难度及风险。同时，隧道能尽早爬出地面，缩短了隧道伸入南岸岸上的长度。

3）海域主航道、硬岩段隧道埋深控制问题。主航道下硬岩突起，且存在规划航道问题。根据规范[11]相关要求：①当穿越的航道为人工开挖时，其埋深应包括航道设计水深、疏浚施工的允许误差和船舶应急抛锚时锚体的入土深度；②在海床（河床）不稳定的水域，尚应考虑航道可能冲刷的最大深度。

主航道现状标高为 −8.884 m，规划标高为 −11.884 m。规划后主航道百年一遇冲刷极限深度为 2.8 m，船舶应急抛锚时锚体的入土深度取值为 4.0 m，疏浚施工的允许误差取 1.2 m，隧道顶部至规划主航道覆土厚度不小于 2.8 + 4.0 + 1.2 = 8.0 m。海域主航道段隧道埋深按规划主航道下 8.0 m 控制（施工阶段隧道顶至现状海床面为 11 m，基本满足施工要求）。

在规划主航道位置，百年一遇极限冲刷下，隧道埋

深仅约5 m,隧道抗浮不够,在隧道内设置了特殊抗浮措施——仰拱铺设铅块加以抗浮。国内典型水下盾构隧道覆盖层厚度统计见表1。

由于规划航道未完全稳定,隧道埋深按规划航道3~4倍宽度考虑,目前本工程与主航道斜交长约236.18 m。海域段隧道埋深范围按3倍控制(约708.54 m)考虑,即708.54 m范围内隧道埋深按规划主航道下8 m控制。

表1 国内典型水下盾构隧道覆盖层厚度统计表

Table 1 Cover thickness statistics of typical underwater shield tunnels in China

隧道名称	盾构管片外径/m	隧道顶主要地层	施工阶段最小覆土/m	运营控制最小覆土/m
上海长江隧道	15.0	淤泥、淤泥质黏土	17(1.1D)	9(0.6D)
南京纬七路长江隧道	14.5	粉细砂	11.8(0.81D)	8.4(0.58D)
长沙南湖路湘江隧道	11.3	强风化地层	7.0(0.62D)	7.0(0.62D)
南京纬三路长江隧道	14.5	砂、卵石地层	9.5(0.66D)	5.0(0.35D)附加抗浮措施
上海上中路隧道	14.5	淤泥质黏土	8.64(0.6D)	8.03(0.55D)

4)盾构始发及接收井隧道埋深控制问题。本工程南北两岸盾构始发及接收端全是淤泥地层,且淤泥地层自重小,盾构浅覆土掘进极容易发生劈裂现象,甚至会发生冒顶安全事故[12],权衡主航道下硬岩段埋深影响,本工程盾构始发及接收端按9 m控制。

通过分析,海域段隧道纵断面设计见图10。

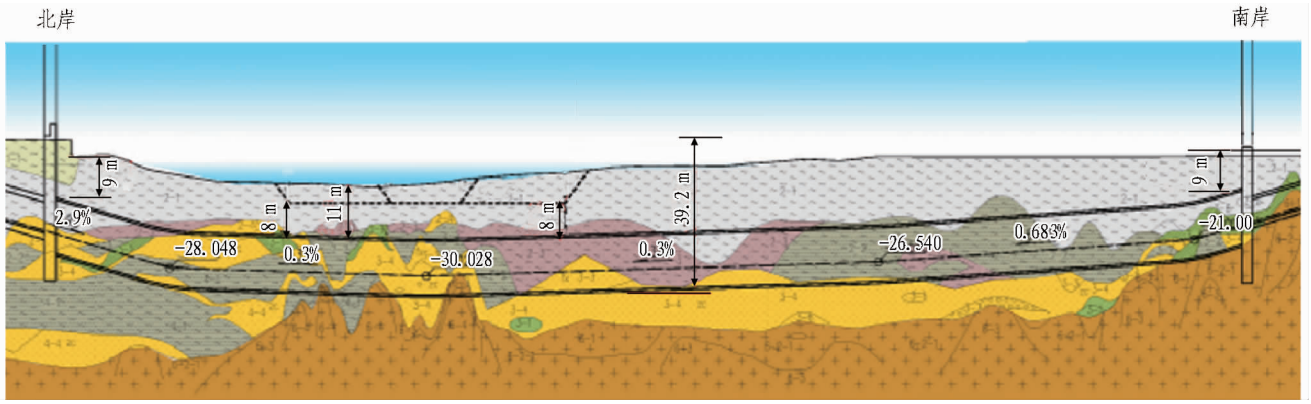


图10 海域段隧道纵断面

Fig. 10 Longitudinal profile of tunnel in seawater section

4 结论与建议

本工程是我国第1条位于8度抗震地区的大直径海底盾构隧道,海域段隧址存在码头、港池、主航道、锚地、孤石群、海底硬岩段、软弱地层且岩石强度高,给设计、施工及运营带来了巨大挑战。本文从隧道横断面、平面及纵断面进行了多方案的深入研究,旨在尽量节约工程造价、减小施工风险及运营难度。

1)在横断面方案设计过程中,本工程进行了三管方案与两管方案的比较。三管方案断面小、隧道埋深小,但根据隧址详勘结果,采用三管方案隧道仍然无法避开海底硬岩段。因此,2种方案施工风险没有本质的区别。但是,两管方案利用车道板下空间解决消防防灾问题,而且可以取消隧道联络通道设置以降低施工及抗震风险,优于三管方案。

2)关于二次衬砌结构设计问题,国内外已有海底隧道工程无统一的标准。本工程位于8度抗震区,抗震等级极高,不施加二次衬砌结构的柔性盾构结构更有利于抗震;同时,无二次衬砌结构便于隧道螺栓更换、大变形环维修等。因此,本工程采用单层预制管片结构形式。

3)在平面方案设计过程中,需考虑码头、港池、锚地、海底硬岩段及孤石群等限制因素的影响,前期应加强物探及勘察工作,选择合理的平面方案。

4)在纵断面方案设计过程中,本工程对最小覆土厚度、港池、规划主航道、孤石群及海底硬岩段等因素加以综合考虑,以寻求最佳方案。本工程南岸设置300 m临时围堰,更好地避开孤石群;通过纵断面的调整,成功避开主航道与南岸之间海域硬岩段,减小施工难度、降低施工风险;主航道处隧道应上抬,尽量避开硬岩段,但其埋深需满足施工阶段掘进覆土厚度,同时满足规划主航道底标高及运营阶段的抗浮安全。

5)海底硬岩段的隧道盾构结构设计,是本工程的重点和难点。设计过程中,隧道纵断面应尽可能上抬,同时,建议隧道顶增加抗浮及抗冲刷等措施,且可以不

考虑极限冲刷及抗浮覆土等问题，这样可以大大减小海底硬岩侵入隧道的规模，甚至可以完全避开海底硬岩，提高结构可靠性。

参考文献(References)：

[1] 黄融. 上海崇明越江通道长江隧道工程综述(一)：长江隧道工程设计[J]. 地下工程与隧道，2008(1)：2.
HUANG Rong. Yangtze River Tunnel of Shanghai Chongming River-crossing Project：Yangtze River Tunnel design [J]. Underground Engineering and Tunnels，2008(1)：2.

[2] 张士龙. 南京纬三路过江通道工程技术难点分析[J]. 隧道建设，2013，33(2)：147.
ZHANG Shilong. Analysis of technical difficulties in construction of Yangtze River-crossing Tunnel on Weisan Road in Nanjing[J]. Tunnel Construction，2013，33(2)：147.

[3] 肖明清. 武汉长江隧道工程概况[J]. 土工基础，2005，19(2)：2.
XIAO Mingqing. General situation of Yangtze River Tunnel engineering in Wuhan [J]. Soil Engineering and Foundation，2005，19(2)：2.

[4] 肖明清，蒋超，邓朝辉. 佛莞城际铁路狮子洋隧道的几个关键技术问题[J]. 铁路工程学报，2015，32(3)：62.
XIAO Mingqing，JIANG Chao，DENG Chaohui. Several key technical problems of Foshan-Dongguan Intercity Railway Shiziyang Tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society，2015，32(3)：62.

[5] 肖明清，凌汉东，孙文昊. 武汉三阳路公铁合建长江隧道总体设计关键技术研究[J]. 现代隧道技术，2014，51(4)：161.
XIAO Mingqing，LING Handong，SUN Wenhao. Key techniques for the overall design of the rail-and-road combined Yangtze River Tunnel on Sanyang Road in Wuhan. [J]. Modern Tunnelling Technology，2014，51(4)：161.

[6] 建筑抗震设计规范：GB 0011—2010 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
Code for seismic design of building：GB 0011-2010 [S]. Beijing：China Architecture & Building Press，2010.

[7] 公路路线设计规范：JTG D20—2006 [S]. 北京：人民交通出版社，2006.
Highway route design specification：JTG D20-2006 [S]. Beijing：China Communications Press，2006.

[8] 公路隧道设计规范：JTG D70—2004 [S]. 北京：人民交通出版社，2004.
Design specification for highway tunnel：JTG D70-2004 [S]. Beijing：China Communications Press，2004.

[9] 曹文宏，申伟强. 特大特长盾构法隧道工程设计：上海长江隧道工程设计[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
CAO Wenhong，SHEN Weiqiang. Design of extra-large and long shield tunnel：Design of Yangtze River Tunnel in Shanghai [M]. Beijing：China Architecture & Building Press，2010.

[10] 何川，郭瑞，肖明清，等. 铁路盾构隧道单、双层衬砌纵向力学性能的模型试验研究[J]. 中国铁道科学，2013，34(3)：40.
HE Chuan，GUO Rui，XIAO Mingqing，et al. Model test on longitudinal mechanical properties of single and double layered linings for railway shield tunnel[J]. China Railway Science，2013，34(3)：40.

[11] 广东省沿海航道通航标准：DB44T 1355—2014 [S]. 广东：广东省质量技术监督局，2014.
Navigation standard of coastal waterway in Guangdong：DB44T 1355-2014[S]. Guangdong：Bureau of Quality and Technology Supervision of Guangdong，2014.

[12] 袁大军，尹凡，王华伟，等. 超大直径泥水盾构掘进对土体的扰动研究[J]. 岩土力学与工程学报，2009，28(10)：2074.
YUAN Dajun，YIN Fan，WANG Huawei，et al. Study of soil disturbance caused by super-large diameter slurry shield tunnelling[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering，2009，28(10)：2074.

广 告 目 次

西安幸福林带建设工程	封面
天宝寰宇电子产品(上海)有限公司	封二
欧克思仪器(北京)有限公司	后插一
罗宾斯(上海) 地下工程设备有限公司	后插二
徐州徐工铁路装备有限公司	封三
杨凌 CBE 隧道模具有限公司	封底