

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.10.010

广州城市快捷路二期过江通道总体设计

李雪莲¹, 陈 伟¹, 张 文²

(1.广东省建筑设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510010; 2.广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510440)

摘 要: 广州城市快捷路二期是广州中心城区内外环之间的辅助环形连续交通道路, 同时也是白鹅潭地区“三环七射”道路骨架系统的三环之一, 过江通道两岸具有接线路网复杂、沿线城中村及建设地块密集等特点, 总体设计难度大。详述了过江通道建设的意义, 综合考虑总体规划、城中村改造计划、征地拆迁、环境效应和江中通航要求等因素, 先进行线位比选, 然后进行过江桥隧方案比选, 最后通过隧道工法比选, 对过江通道总体设计做了细致的分析比对, 最终选取了过江沉管隧道作为实施方案。该项目对缓解城市交通压力和加速项目沿线经济快速发展具有重要意义, 同时也为沉管隧道建设进一步积累经验。

关键词: 广州城市快捷路二期; 过江通道; 方案比选; 总体设计; 沉管隧道

中图分类号: U412.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)10-0042-05

0 引 言

随着城市规模的扩大与空间结构的变化, 广佛都市圈的形成, 广州的中心区已不仅局限于由内环所包含的 30 km² 老城区范围, 而应扩大到以环城高速公路包含 220 km² 中心大组团。现有的内环偏心结构难以覆盖东南方向较大的空间, 道路系统布局不太平衡, 造成交通过于向中心区集聚, 不利于新区组团中心的形成和交通的均衡分布。为此, 有必要结合城市的发展、小汽车的快速成长, 重新审视原有的中心组团的道路系统和布局。

按照“扩容、分层、快捷”的思路, 在不影响原路网架构的前提下, 2004 年提出增建内外环之间的城市快捷路, 即辅助环形连续交通道路。城市快捷路工程根据功能要求和现状情况, 考虑实施难度及相应的道路建设计划, 分两期实施, 其中一期工程已于 2006 年建成。

随着交通量的增长和白鹅潭地区的开发建设, 目前工业大道及西环交通压力大, 且芳村片区与中心城区联系的现有三桥两隧过江通道, 经常出现堵车现象, 增设过江通道可大大缓解此片区的交通压力, 快捷路二期过江通道(东沙—石岗隧道)的建设势在必行。项目地理位置如图 1 和 2 所示。

收稿日期: 2024-01-09

作者简介: 李雪莲(1985—), 女, 工学硕士, 高级工程师, 从事市政道路设计工作。



图 1 快捷路二期(东沙—石岗隧道)地理位置图

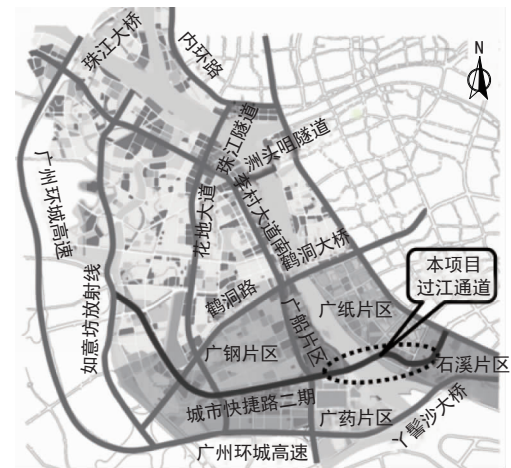


图 2 快捷路二期过江通道在白鹅潭片区的位置图

本文依托快捷路二期过江通道(东沙—石岗隧道), 综合考虑总体规划、建设范围内三旧改造情况、项目周边建设条件、保证主线交通同时兼顾周边片区服务的情况下, 通过总体线位比选、桥隧方案比选、隧道工法比选及全线交通组织设计, 最终形成了经济合理的工程总体设计方案。

1 工程概况

1.1 功能定位

快捷路二期是广州中心城区内外环之间的辅助环形连续交通道路,同时为白鹅潭地区“三环七射”道路骨架系统的三环之一,不但是片区对外交通联系及过江主通道,也是连接海珠区和芳村的东西走向重要交通干道。

快捷路二期(东沙—石岗隧道)的建设将更好地完善广州市中心城区路网结构;完善广州西部地区干道路网,缓解交通压力,并加强芳村和海珠区的紧密联系;增加过江通道,大大缓解鹤洞大桥和丫髻沙大桥的交通压力;是适应白鹅潭地区交通需求不断增长的需要;加速项目沿线经济快速发展。

1.2 工程规模

快捷路二期(东沙—石岗隧道)为主线连续的城市主干路,路线长度约 3.7 km,道路标准宽度 60 m,为主线双向 6 车道+辅道双向 4 车道,主线设计车速 60 km/h,辅道设计车速 40 km/h。全线含一条过江通道、五处分离式交叉节点。

1.3 建设条件

城市快捷路二期(东沙—石岗隧道)位于广州市海珠区和荔湾区芳村区域,路线所经地区为珠江三角洲冲积平原区,地势较平坦,除工业大道南面的小山丘高程 16.0 m 外,其余场地标高普遍在 5.0~9.5 m。沿线所经区域多为城中村(石溪村、南箕村、东塍村)、居住及已建商业地块(雅居乐、金融街御府、绿地滨江汇等)、现状厂房(联星东方红、味精厂、广轻工)、正在开发片区(广药片区、广船片区)及绿地。相交的现状道路有新滘西路、工业大道(广佛地铁沿工业大道走向穿过交叉口,交叉口范围内地铁轨道结构顶覆土仅为 6 m)、石岗路、海珠环岛路、荔湾环翠东路、芳村大道(东沙大道)、环翠北路等。区域周边现状鸟瞰图如图 3 所示。



图 3 快捷路二期(东沙—石岗隧道)周边现状图

地质报告显示:上部第四系覆盖土层主要有有人工堆积成因的杂填土;冲、洪积成因的淤泥、粉细砂、中粗砂、砾砂、粉质黏土(软塑—可塑);残积成因的粉质黏土(可塑—硬塑);下伏基岩为白垩系粉砂质泥岩(K),分为全风化、强风化、中风化和微风化。水下地质以强风化泥岩和中风化泥岩为主。从钻孔所采取的岩芯观察,未发现基岩有明显构造痕迹(如断层角砾、断层泥、断层破碎带等),说明主断裂没有通过本场地,但次一级或派生的小断裂有可能影响本场地。场地的地质构造趋于稳定,适宜修建本项目。

2 线位比选

2.1 规划线位方案

规划线位起于工业大道和新滘西路交叉口,往西经过石溪村后,采用圆曲线半径边 395 m 和 340 m 的 S 形曲线穿过绿地滨江汇地块和金融街地块间及南箕村后过珠江,再通过半径 400 m 和半径 12 000 m 的圆曲线途径广船片区、东塍村与环翠北路衔接。

2.2 避让南箕村线位方案

由于南箕村暂无城市更新改造计划,征地拆迁难度大,因此避让南箕村线位方案起于工业大道和新滘西路交叉口,往西经过石溪村后,采用半径 600 m、半径 1 600 m 和半径 600 m 的卵型圆曲线在南箕村南面绿地滨江汇地块和金融街地块间穿过,过珠江后再通过半径 1 000 m 和半径 12 000 m 的圆曲线途径广船片区、东塍村与环翠北路衔接。珠江西岸与规划线位方案一致。

2.3 线位比选

线位方案比选见表 1。

表 1 线位比选表

比选项	规划线位方案	避让南箕村线位方案
线形指标	存在 S 形曲线,最小转弯半径仅为 340 m	卵型线形更顺直,最小转弯半径为 600 m
与控规的关系	与规划基本一致,未超出道路规划用地	部分线位与规划不一致,须结合石溪片区城市更新改造相应调整规划
涉及南箕村征拆	征拆面积为 13 057 m ²	无
道路征地面积	145 778.58 m ²	较规划方案减少占地 18 633 m ²
环评问题	满足环评要求	与现状楼盘距离满足环评要求
结论	推荐方案	

避让南箕村线位方案可结合石溪片区城市更新改造相应调整规划,不涉及南箕村征拆问题,此方案实施性强,线形标准更高,道路用地由 145 778.58 m²减少至 127 145.73 m²,相比规划线位方案减少占地 18 633 m²;虽然江中路段长度增加,但减少南箕村征拆 13 057 m²,工程总造价减少约 10.2 亿元,因此将避让南箕村线位方案作为推荐方案,具体桥隧方案的比选以避让南箕村线位推荐方案为基础进行。

3 过江通道桥隧方案比选

3.1 过江通道设计标准

根据广州港务局提供的航道资料,此段航道应满足 5 000 t 级船只的通航要求,通航净高 34 m,双向通航孔净宽 120 m,通航水深 6 m。

3.2 过江隧道方案

采用高架桥上跨工业大道和规划一路,往西为地面道路,然后以双向 6 车道隧道穿过环岛路和珠江,东岸隧道穿过环岛路后即与地面道路衔接,可实现与广纸片区和工业大道的交通转换;西岸隧道设置一组上下匝道实现与东沙大道交通转换,主线双向六车道隧道继续往西下穿东沙大道高架桥和地面道路后与环翠北路衔接,东沙大道地面为十字灯控交叉口。

3.3 过江桥梁方案

如图 4 所示,项目线位与珠江斜交角度 45°,本项目上游 2.2 km 鹤洞大桥为斜拉桥,下游 900 m 处丫髻沙大桥为中承式拱桥,这两座桥梁主跨均为 360 m,且本项目位于航道掉头处,因此设计方案主桥采用 73 m+132 m+420 m+132 m+73 m 斜拉桥跨越珠江,桥梁为双向 6 车道。为满足通航净高 34 m 的要求,西引桥上跨东沙大道高架桥与环翠北路衔接,设置一对平行匝道实现与东沙大道交通转换;东引桥上跨环岛路后继续上跨规划一路和工业大道,设置一对平行匝道实现与广纸片区和工业大道的交通转换。

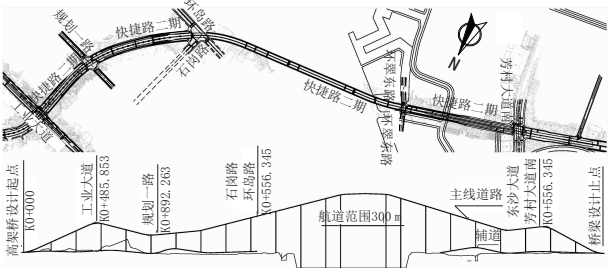


图 4 快捷路二期过江桥梁方案平纵缩图

3.4 过江通道桥隧方案比选

过江通道桥隧方案比选见表 2。

表 2 过江通道桥隧比选表

比选项	过江隧道方案	过江桥梁方案
交通功能	隧道通过上下匝道实现与东沙大道交通转换;隧道衔接地面道路后通过地面辅道实现与广纸片区的交通转换	引桥均通过上下匝道实现与东沙大道和广纸片区的交通转换,但新滘西路与环岛路交通转换只能通过地面辅道解决
对航道影响	满足航道要求,施工期对航道影响较小	满足航道要求,施工期对航道影响较大
对周边码头的影响	建成后对周边码头无影响	建成后桥梁上下游码头受到影响
环境景观	环境景观好	环境景观较差
环评问题	隧道方案环评较易通过	全线高架桥环评较难通过 主桥与航道斜角角度达 45°,平面位于曲线段上,对大跨径斜拉桥抗风、抗震极其不利,钢箱梁制造及施工难度大,施工过程形成的扭矩难以平衡,风险很大
实施难度	隧道施工工艺成熟,实施难度较小	
施工工期	工期较长	工期较长
比选结论	推荐方案	

过江桥梁方案在交通功能上,新滘西路与环岛路的交通连接只能通过地面辅道解决,同时在施工期对航道影响较大,环境景观差,环评工作较难通过,同时主桥与航道斜角达 45°,平面位于曲线上,钢箱梁制造及施工难度大、风险大,推荐采用过江隧道方案。

4 隧道工法比选

4.1 隧道工法研究

采用隧道方案穿越江河的工程,按其施工方法的不同,一般可分为围堰明挖法、钻爆法、沉管法与盾构法 4 种。

本项目所处珠江河段航道等级高,通航船只多,采用围堰明挖法方案对航道影响大,堰顶标高需满足最高水位,围堰坝体大,增加了珠江防洪压力,因此本项目无法采用围堰明挖法。

本项目若采用钻爆法方案,隧道横断面宽约 15.2 m,高约 10.7 m,考虑钻爆开挖的覆土,隧道埋深大,两岸接线长,与两岸道路的交通功能不顺畅,且江中段实施难度和风险较大,因此本项目不考虑钻爆法。

国内对沉管法、盾构法隧道设计、施工均有成功的经验,两种工法有各自的优缺点、适应性,结合两

种工法方案的平面、纵断面、横断面、节点方案以及关键技术等方面做同等深入地比选。

4.2 沉管隧道方案

4.2.1 沉管隧道平面设计

沉管隧道双向 6 车道，起点位于环岛路和石岗路交叉口东面 200 m，往西分别下穿珠江、环翠东路和东沙大道后与环翠北路衔接，在东望西涌西侧设置一对平行匝道与东沙大道实现交通转换。隧道全长 2 370 m，江中沉管段 630 m，全线共有半径 1 600 m、半径 600 m、半径 1 000 m 和半径 12 000 m 的四处圆曲线。

4.2.2 沉管隧道纵断面设计

江中隧道顶标高控制为从当地理论最低潮面往下，扣掉计算航道水深 6.9 m、疏浚施工误差 0.5 m、入锚深度 1.5 m 及硬质覆盖层 1.5 m(见图 5)。

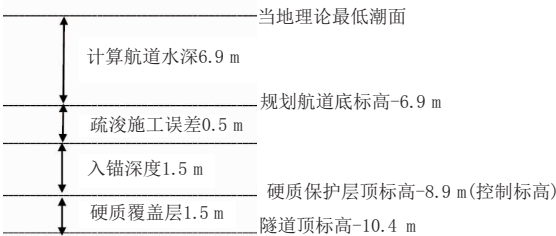


图 5 按航道底标高计算隧道埋深高程(最低理论潮面起算)

沉管隧道主线东西岸敞开段前设置反坡以减少隧道集水,同时为保证东岸地面交通的进出距离,隧道东敞口段采取纵坡 4.998%，暗埋段纵坡采用 4.998%和 1.194%，中间过江段依据冲刷后的河床标高,满足最小覆土的情况下,采用的纵坡为 3.125%，0.3%和 1.849%的倒梯形坡形式,受东望西涌涌底标高和东沙大道地面道路标高控制,西岸暗埋段纵坡采用 1.044%和 4.205%，西敞口段纵坡采用 4.205% (见图 6)。

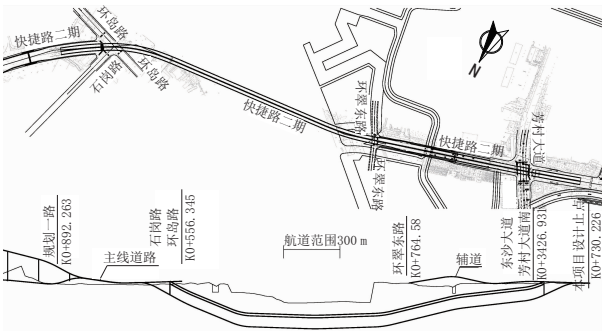


图 6 快捷路二期沉管隧道方案平纵缩图

4.2.3 沉管隧道横断面设计

沉管隧道横断面设计应结合隧道通风模式、建筑限界、设备安装以及施工误差、沉降误差、变形误

差等情况综合考虑。本隧道拟采用纵向通风模式,建筑限界净空 4.5 m(见图 7)。

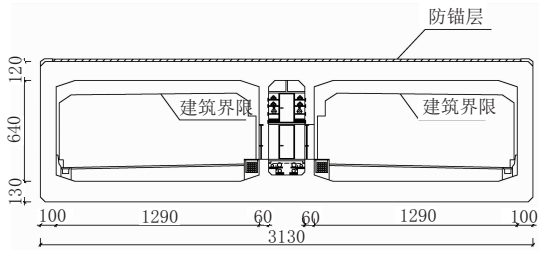


图 7 快捷路二期江中沉管隧道横断面图(单位:cm)

4.2.4 交通组织设计

东岸沉管隧道下穿环岛路后出地面,环岛路与隧道顶地面辅道为灯控交叉口;地面道路段长度 280 m,然后往西与跨越规划一路和工业大道的高架桥衔接,规划一路和工业大道与地面辅道均为灯控十字路口。

西岸沉管隧道下穿环翠东路后继续往西下穿东沙大道后出地面衔接环翠北路,环翠东路与隧道顶地面辅道为灯控 T 形交叉口;东沙大道主线为高架桥,东沙大道和隧道顶地面辅道为灯控十字路口,通过在东望西涌西面设置一对出入口隧道实现与东沙大道的交通转换(见图 8)。



图 8 快捷路二期沉管隧道交通平面图

4.3 盾构隧道方案

4.3.1 盾构隧道平面设计

盾构隧道双向 6 车道，位于环岛路和石岗路交叉口东面 460 m，在起点处往东与规划一路和工业大道跨线桥直接衔接，在环岛路东面设置一对平行匝道与广纸片区实现交通转换；往西分别下穿珠江、环翠东路和东沙大道后与环翠北路终点 K3+680 衔接，在东望西涌西面设置一对平行匝道与东沙大道实现交通转换。隧道全长 2 600 m，其中盾构段 1 280 m，北线共有半径 1 592.325 m、半径 1 200 m、半径 2 600 m 和半径 12 007.675 m 的四处圆曲线；南线共有半径 1 607.675 m、半径 750 m、半径 1 000 m 和半径 11 992.375 m 的四处圆曲线。

4.3.2 沉管隧道纵断面设计

考虑盾构隧道在珠江底的覆土不小于一倍洞径,隧道东敞口段和暗埋段采用4.719%纵坡与规划一路跨线桥直接衔接,此段坡长980 m,江中段采用-0.3%和0.3%的“V”坡形式,受东塍西涌涌底标高和东沙大道地面道路标高控制,西岸暗埋段纵坡采用5%和1.313%,西敞口段纵坡采用4.9%,并在敞口段前设置0.314%反坡以减少隧道集水(见图9)。

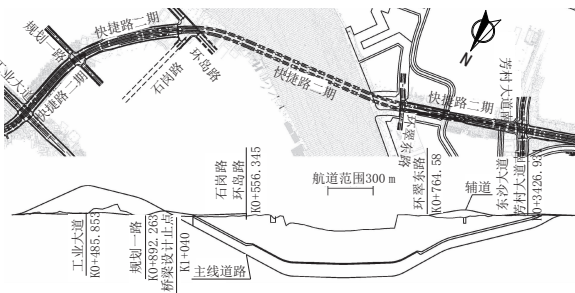


图9 快捷路二期盾构隧道方案平纵缩图

4.3.3 盾构隧道横断面设计

盾构隧道采用内径13 m的圆形断面,外径14.2 m,单向3车道,建筑限界净空4.5 m,上部预留设备和标牌安装空间,下部为管道舱和人行疏散逃生通道(见图10)。

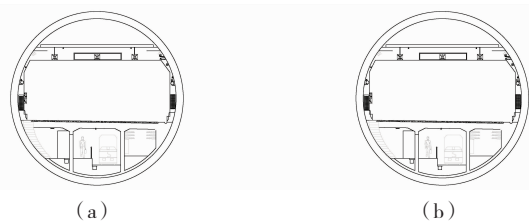


图10 快捷路二期盾构隧道横断面图

4.3.4 交通组织设计

盾构隧道东岸下穿环岛路直接与规划一路跨线桥衔接,环岛路与隧道顶地面辅道为灯控交叉口;因此方案设计在环岛路东面设置一对上下匝道实现与广纸片区的交通转换,规划一路和工业大道与地面辅道均为灯控十字路口。

盾构隧道西岸下穿环翠东路后继续往西下穿东沙大道后出地面衔接环翠北路,环翠东路与隧道顶地面辅道为灯控T形交叉口;东沙大道主线为高架桥,东沙大道和隧道顶地面辅道为灯控十字路口,通过在东塍西涌西面设置一对出入口隧道实现与东沙大道的交通转换(见图11)。

4.4 沉管隧道与盾构隧道方案比选

沉管隧道与盾构隧道方案比选见表3。
综上分析,沉管隧道方案平纵线形指标好,交通功能好,对周边地块和河涌影响小,实施难度小,消



图11 快捷路二期盾构隧道交通平面图

表3 沉管隧道与盾构隧道方案比选表

比选项目	沉管隧道方案	盾构隧道方案
隧道规模	隧道总长度2 360 m,其中江中沉管段600 m	隧道总长度2 600 m,其中盾构段1 280 m
实施性	均可实施	
线形指标	隧道最小转弯半径600 m,隧道埋深浅,平纵线形指标好	隧道最小转弯半径750 m,盾构段线间距大,与明挖暗埋段衔接平面线形较差;隧道埋深大,纵断面线形指标较差
两岸路网衔接和交通功能	隧道通过上下匝道实现与东沙大道交通转换;隧道衔接地面道路后通过地面辅道实现与广纸片区的交通转换,交通功能较好	隧道均通过上下匝道实现与东沙大道和广纸片区的交通转换,但新塍路与环岛路交通转换只能通过地面辅道解决
对水利航运影响	两岸围堰伸入江中,对水利航运有一定影响	对水利无影响
对周边地块和河涌的影响	隧道与金融街楼盘最小距离为21.2 m、与绿地滨江汇最小距离21.8 m,满足环评间距20 m要求,对河涌无影响	隧道与金融街楼盘最小距离为15.6 m、与绿地滨江汇最小距离20.20 m,不满足环评间距20m要求,西岸隧道侵入东塍西涌蓝线最大5.8 m
消防、疏散	利用中隔墙上的消防门进行横向消防疏散,效果好	盾构隧道利用隧道车行道板下空间及横通道疏散,效果稍差
节能环保	隧道埋深浅,废气排放少,节能环保较好	隧道埋深大,废气排放大,节能环保较差
工期	30个月	36个月(1台盾构机)
工程投资	建安费23.2亿元	建安费29.1亿元
结论	推荐方案	

防疏散效果好,工期短,造价低,因此将沉管隧道作为推荐方案。

5 结 语

该文针对广州市城市快捷路二期过江通道建设特点,分析了过江通道实施控制条件,对过江通道总体设计做了细致的分析比对,最终选取了沉管隧道方案。

(下转第75页)

应力性能的应力上限值为抗拉强度的 0.45 倍, 也即 882 MPa, 故该桥拉索结构疲劳性能满足要求。

(3) 结构变形

在恒载 + 活载最不利作用下全桥竖向挠度见图 20。分析图 20 可知, 该桥最大挠度发生在主跨跨中处, 最大值为 121.9 mm。小于该桥主跨计算跨径的 1/400, 也即 367.5 mm, 故该桥刚度满足要求。

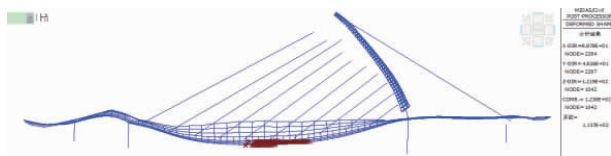


图 20 结构变形

5 结 语

主要结论如下:

(1) 北一线跨绛溪河大桥主桥采用钢结构斜塔斜拉桥, 采用纵横梁形式桥面系, 为增加景观效果, 每隔一道次横梁设置一道悬挑梁连接外侧纵梁以及人行道和非机动车道箱梁。

(2) 由于桥面较宽, 采用长度均不相等的 16 道主横梁和 63 道次横梁来保证横断面的强度和刚度。并通过采用向主跨侧微弯倾斜式桥塔和八边形变截面受压大梁来传递背索索力产生的轴向压力和弯

矩。

(3) 该桥结构体系新颖, 构造极其复杂, 技术难度大, 基于施工阶段和营运阶段最不利荷载组合, 对该桥关键构件进行结构力学行为分析, 经分析该桥强度、刚度和拉索疲劳等均满足要求。根据计算结果对塔梁结合节点等进行优化设计, 确保该桥施工和营运节段结构受力的安全。

参考文献:

- [1] 张维, 付坤, 王维民. 超宽幅主梁扭背索斜塔斜拉桥总体设计[J]. 桥梁建设, 2023, 53(增刊 1): 98-104.
- [2] 郑纪研, 周彦锋, 孟原菲. 南京三环路跨沪宁高速独斜塔斜拉桥总体设计[J]. 中国市政工程, 2022(6): 29-33, 119-120.
- [3] 侯满, 张志强, 范振伟. 三亚海棠湾人行景观斜拉桥总体设计[J]. 世界桥梁, 2021, 49(3): 1-6.
- [4] 李鑫. 混凝土斜塔斜拉桥的设计[J]. 安徽建筑, 2021, 28(2): 158-159.
- [5] 任宏业. 大悬臂宽梁独塔斜拉桥的总体设计与创新[J]. 城市道桥与防洪, 2019(10): 43-45, 49.
- [6] 施文杰, 梅应华, 郭庆超. 超宽预应力混凝土独塔斜拉桥总体设计[J]. 工程与建设, 2015, 29(6): 777-779.
- [7] 姜凤连. 空间双索面无背索斜塔斜拉桥结构设计[J]. 山东交通科技, 2011(6): 28-29, 33.
- [8] 刘钟仁. 某斜塔斜拉 - 梁拱组合桥设计[J]. 城市道桥与防洪, 2011(7): 103-104, 123.
- [9] 李章峰. 南昌市洪都大桥总体设计[J]. 中国市政工程, 2007(6): 12-14.

(上接第 46 页)

沉管隧道因其覆土浅, 与水域两岸交通衔接更便利灵活, 结构形式有很大的研究空间。本项目紧邻现状的广船片区船坞, 从环评与节省投资的角度出发, 同时考虑降低后期沉管隧道在城市建成区实施时选取干坞场地和河道清淤的难度, 本项目对沉管

隧道结构进行了创新型研究, 相关成果将在后续提炼总结。

参考文献:

- [1] 广东省建筑设计研究院. 城市快捷路二期(东沙—石岗隧道)可行性研究报告[R]. 广州: 广东省建筑设计研究院, 2019.