

公轨两用过江通道桥隧方案比选

翁怡军

(中铁二院工程集团有限责任公司,四川 成都 610031)

摘要:分析了某规划为轨道交通与城市快速路公轨两用过江通道的建设规模和地质条件,重点调查了岩溶发育及特征,提出了具备一定可行性的桥梁和隧道方案。通过对规划用地、交通功能、地质条件适应性、运营安全、经济性,以及对水保区、通航、行洪的影响等方面的比选,最终认为位于岩溶发育区、紧邻一级水源保护区的过江通道采用隧道方案有较高的工程风险和社会风险,而桥梁方案建设费用低,能够满足通航和行洪要求,且设计理论完善,施工经验成熟,对地质条件的适应性较强,具有较高的工程可行性。因此,工程可行性阶段推荐采用公轨两用的桥梁方案。

关键词:公轨两用;过江通道;桥隧方案比选;岩溶发育区

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0068-03

0 引言

某过江通道长约7.5 km,距上、下游跨江桥梁均约6 km。为了合理利用跨江通道资源,节约工程投资^[1],规划轨道交通与城市快速路公轨两用共通道敷设。

通过既有工程分析,公轨两用跨江桥梁和穿江隧道均有成功案例^[2],本文将对桥隧2种过江方案的适宜性进行分析评价。

1 建设规模

轨道交通采用地铁B型车,6辆编组,设计速度100 km/h;城市快速路主线采用一级公路(兼顾城市道路功能)标准设计,双向6车道,设计速度80 km/h。桥涵设计基准期100 a,地震动峰值加速度0.10g,通航标准为内河I级航道。

2 工程地质

2.1 地层岩性

江右岸为石炭系大赛坝组(C₁ds)灰岩夹砂岩、页岩;江左岸为白垩系三水组(K₂ss)泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、砂岩等碎屑岩,江中心两地层以断层接触。

2.2 钻孔勘察成果

本工程沿通道前进方向布置8个加深勘察钻

孔,共有4个钻孔揭露溶洞或溶隙,见洞率达50%。溶洞规模0.4~3.0 m,其中M2-Z1-B05钻孔揭示2层溶洞,上层溶洞高1.2 m,下层溶洞高3.0 m。

2.3 物探断面成果

沿线路中心线开展纵断面物探,结果显示可溶岩与非可溶岩接触带位于江中心附近,推测为断层接触,接触带附近电阻率异常明显,表现为条带形低阻异常,表明接触带附近岩溶发育程度较强烈。

2.4 工程区及周边岩溶发育情况

根据邻近楼盘的勘察报告,在281个详勘孔中有28个孔揭露有土洞或溶洞,见洞率约9.8%,最大直径达19.6 m,多个钻孔揭示双层溶洞或串珠状溶洞,充填物多为流塑或软塑黏性土夹少量岩块。根据邻近有轨电车项目的勘察报告,在116个钻孔中,共有25孔揭示出38个溶洞、溶隙或土洞,钻孔见洞隙率为21.6%,线岩溶率为8.6%,岩溶发育程度等级为中等发育;溶洞、溶隙直径0.3~11.2 m,23个溶洞、溶隙全充填软塑状黏性土、砂土夹碎石、角砾,12个溶洞半充填或无充填,3个为土洞。根据邻近桥梁^[3]的建设情况,部分桥墩位于灰岩,钻探揭示溶洞最大直径15.2 m,溶洞呈串珠状,层数最多达12层。

通过对过江通道的地质勘察物探及收集资料的分析,工程区周边已发生过岩溶塌陷等地质灾害,工程区岩溶发育程度较强烈^[4],钻探揭示溶洞的最大直径达19.6 m,溶洞的发育不均匀,无规律性可言,对盾构施工影响大。

收稿日期:2023-05-30

作者简介:翁怡军(1991—),男,硕士,工程师,从事轨道交通及大跨度桥梁设计、研究工作。

3 公轨两用的方案特点及关键问题

3.1 主要特点及优势

(1)通道集约利用。过江通道处距离上下游桥梁均约 6 km 左右,且下游受限於水源保护区,再无通道设置条件。该通道资源稀缺,采用公轨两用模式建设更利于区域经济的可持续发展。

(2)节约工程投资。两岸为城市规划核心区,采用公轨两用建设,极大地减少了用地规模,节约了工程投资。

(3)行车性能好。大跨度跨江桥一般采用缆索承重体系,采用公轨两用布置,增大了结构断面尺寸,提升了主梁刚度,能够更好地满足轨道交通无缝线路的设置条件,提升列车运营的平顺性与舒适性。

(4)技术完备可靠。随着宜宾临港长江大桥、天兴洲长江大桥等大量千米级大跨度公铁两用桥的建成通车,以及武汉长江公铁隧道、秦望通道工程过江隧道等大直径公铁两用盾构的贯通运营,该类型的桥隧建设已积累了大量设计施工经验,技术已完备可靠。

3.2 公轨两用关键问题及对策

(1)两岸接线工程的对策。本项目两岸需设置互通交叉,线路设计需统筹考虑桥梁、建筑和道路路线等专业的相互配合,要从全局角度出发,处理好 2 项工程在平、纵、横断面上的相互关系,实现设计的无缝衔接和资源最优化。

(2)公轨共线模式的对策。公轨共线模式需结合线路技术指标、跨江桥位、桥式和桥跨进行综合研究,研究平层共线模式和错层共线模式。

(3)桥梁长期运维的对策。国内外已建成运营了大量公铁两用桥隧项目,建议道路方面委托轨道管养单位进行维养,成本费用划拨回归。

4 方案概述

4.1 桥梁方案

桥梁方案线路走向见图 1,横断面布置见图 2。线路出西岸车站后沿规划通道向东走行,避让一级水源保护区,采用正交直线形式跨江。此桥位方案虽部分占用基本农田,但直线正交过江,可满足通航、行洪要求,工程规模较小,技术经济性能好。岛上涉及基本农田段,需通过优化横断面布置以实现占补平衡,完善调整流程。

依据通航标准和防洪要求,结合桥位处水深、航

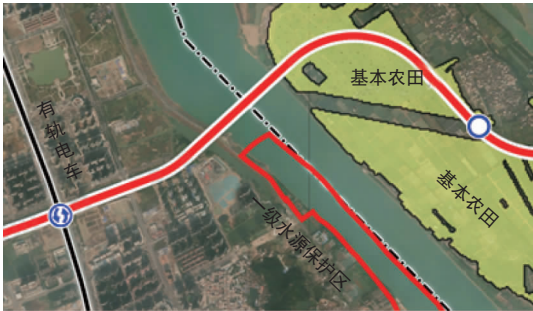


图 1 桥梁方案线路走向



图 2 桥梁方案横断面布置

道情况及航迹线的分析,拟建大桥宜采用单孔双向通航孔布置。设计跨江主桥采用 62 m+148 m+480 m+88 m+57 m 高低塔双索面混合梁斜拉桥^[5],公轨平层合建。桥面宽度 54.3 m,主梁梁高 3.3 m,高跨比 1/145;东岸侧边跨 105 m 范围采用混凝土梁压重,其余梁部为钢箱梁;西岸侧高塔塔高 165 m,东岸侧矮塔塔高 148 m。

4.2 隧道方案

隧道方案线路走向见图 3,横断面布置见图 4。



图 3 隧道方案线路走向

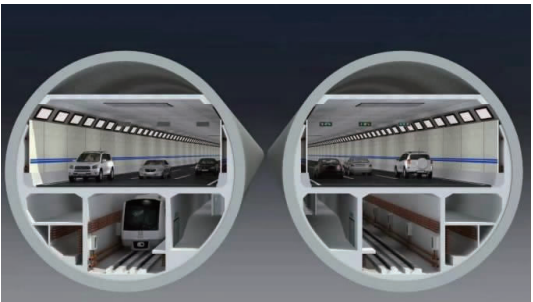


图 4 隧道方案横断面布置

由于矿山法对地质条件要求高,而项目处于岩溶强发育区,施工风险较大;下游紧邻一级水源保护区,采用沉管法对水环境影响大,因此,本次比选重

点研究盾构方案。

设计采用公轨两用大盾构隧道穿越江底,盾构外径为15.7 m,内径14.4 m,管片厚度650 mm,盾构段长度约1.2 km,公路在上,地铁在下^[6]。两端工作井长度约80 m,基坑深度35 m,公路隧道两端设置长约1.4 km明挖过渡段。

5 桥隧方案比选

5.1 规划与用地

桥梁方案在岛上偏离规划通道,占用部分基本农田,但能够通过占补平衡实现基本农田调整。隧道方案在两岸均利用既有规划,避开了一级水源保护区,对规划适应性较好,基本无地面用地。

5.2 道路交通功能

桥梁方案下,两岸能够满足全互通立交设置条件以实现快速转换,在岛上通过匝道桥实现地面辅道联通;隧道方案因纵断面受限,仅能与荷富路平交衔接,疏解能力较差。

5.3 地质条件适应性评价

桥址位于岩溶发育区,基岩埋深小,强度高。设计采用端承桩基础,可通过逐桩逐孔探明地质情况,采取必要的溶洞处理措施,能够很好地适应场地条件。国内外已有多座岩溶发育区的特大桥建成案例,累积了大量工程实践经验,施工方法成熟^[7]。

对于隧道工程,目前的勘察手段无法完全探明工程通道范围内所有溶洞的规模及位置。若在掘进过程中遇到未揭示的溶洞,将带来不可预见的风险,一旦发生突陷、突涌、江底塌陷区,处理难度和代价极大^[8]。

5.4 对水源保护区的影响

桥梁施工产生的废水需集中排放在设置的污水坑或其他地方,经沉淀处理后进行排放或集中运出处理,严禁将桥梁施工中的机械油料和废油直接排入水体,必须集中收集运至岸上指定的弃土场或其他堆放废弃物场所深埋^[9]。根据国家环保和水利部门的要求,运营期桥面初期雨水需要单独收集、处理后排放,并设置事故应急池,将水污染风险降到最低^[10]。在溶洞区修建地下结构,地面塌陷或者江底冒泡等事故时有发生,并且在注浆填充过程中的水环境污染风险难以控制,本项目处于二级水源保护区,紧邻一级水源保护区,水污染风险高。

5.5 通航和行洪影响

栈桥围堰及桥梁下部结构施工期间,需在上下游设置警示船只,主梁吊装时需采取短期航道管制

措施。隧道方案在水上勘察期间,需采取临时局部封航管制措施。

桥梁方案主桥采用1跨过江以减少水中墩数量,下桥塔采用圆端型断面以降低阻水比和雍水高度。隧道下穿堤岸前,需对河堤进行提前加固,并加大过河段埋深,基本不影响行洪能力。

5.6 运营安全

跨江桥梁视野开阔,行车舒适性较强,防灾救援条件较好。但受限于极端天气,在强风大雾天气下有停运的可能性。隧道敷设于地下,可全天候运行,但防灾防火要求严苛,需设置大量的疏散救援设施,以满足规范要求^[11],且溶洞区已运营隧道的承载力、变形及防水要求非常关键。由于溶洞充填物强度与灰岩强度差异较大,若溶洞处理效果不佳,容易导致不同地层差异沉降,甚至管片出现渗漏,影响正常使用^[12]。

5.7 经济性分析

通过对共通道段长约7.5 km的工程建设费用进行估算,桥梁方案约为40.5亿,隧道方案约为73.5亿,隧道方案工程建设费用远高于桥梁方案。运营期需对桥梁梁体、拉索等进行日常管养;隧道内需长期配备大量通风、照明、监控、防灾等多种设备,管养费用相对较高。

6 结 语

(1)公轨两用能够充分利用日益稀缺的过江通道资源,不仅满足了不同交通的设置需求,也提高了交通运输的效率和安全性,以资源集约化的形式建设,更加符合可持续发展的理念。

(2)拟建过江通道位于岩溶发育区,项目选址紧邻一级水源保护区。采用隧道方案虽符合规划节约用地,但岩溶分布难以探明,盾构掘进过程中发生突陷、突涌、江底塌陷等险情的可能性高,处理难度和代价极大,有较高的工程风险和社会风险。

(3)桥梁方案虽占用部分基本农田,但可通过占补平衡实现调整,更好地满足通航、行洪要求。随着宜宾临港长江大桥、珠机城际金海特大桥等公铁(轨)两用特大桥的建设运营,公轨两用特大桥设计理论完善,施工经验成熟,并且桥梁方案对地质条件的适应性较强,具有较高的工程可行性。

参考文献:

- [1] 王雨谨.珠江过江通道规划布局思考[J].运输经理世界,2022(24): 90-92.

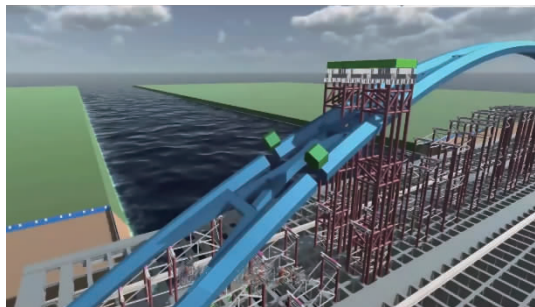


图 10 主拱安装步骤四

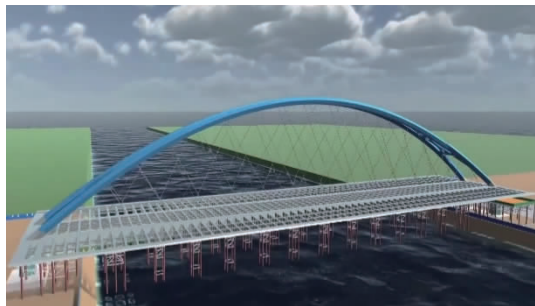


图 11 主拱安装步骤五

(6)拆除主梁拼装支架,架设组合梁桥面板,施工桥面附属结构,成桥(见图 12)。

4 结 论

深圳市深汕合作区某大桥采用 230 m 主跨网状吊杆拱桥一跨过河设计方案,主梁采用纵横梁体系钢-混组合梁断面,全宽 56 m,不设柔性系杆,采用

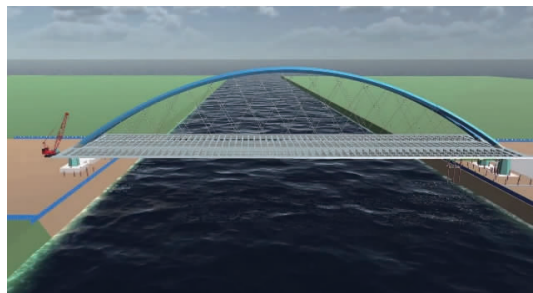


图 12 主拱安装步骤六

先梁后拱施工方案。结合内河航道无大节段钢梁运输条件、桥址处位于台风高发期的复杂施工条件,提出主梁采用散件岸边原位拼装、支架滑移安装到位施工方案。主拱采用拱脚段低位拼装、跨中段整体提升到位后合龙施工方案。大桥为市政超宽桥梁中首次采用网状吊杆拱桥,桥梁设计方案先进,施工方案合理,缩短施工工期,节省临时措施费用,可供类似复杂条件下桥梁施工借鉴或参考。

参考文献:

- [1] 周浩.230 m 网状吊杆组合梁拱桥设计分析[J].城市道桥与防洪,2020(5):87-90.
- [2] 邵长宇.索承式组合结构桥梁[M].北京:人民交通出版,2017.
- [3] 魏明光.齐鲁黄河大桥主桥主梁设计[J].上海公路,2020(2):62-67.
- [4] 姚宝文.网状吊杆系杆拱桥主拱吊点隔板应力扩散趋势分析[J].城市道桥与防洪,2021(8):159-161.
- [5] 涂兵.桥梁施工[M].北京:高等教育出版社,2010.

(上接第 70 页)

- [2] 范诚.常泰过江通道桥梁与隧道方案综合比选[J].工程造价管理,2023(1):39-43.
- [3] 熊厚仁.富湾特大桥深水岩溶地基钻孔灌注桩施工技术探讨[J].江西理工大学学报,2008,29(1):61-64.
- [4] 罗锡宜,韩庆定,邹杰,等.佛山市高明区西江新城及周边岩溶发育规律探讨[J].华南地震,2017,37(2):34-38.
- [5] 杨得海,阮秋菊,林聘.高速铁路大跨度高低塔部分斜拉桥设计[J].铁道标准设计,2022(9):91-96.
- [6] 陈馈,冯欢欢.武汉三阳路公铁合建超大直径盾构隧道设计方案研究[J].现代隧道技术 2014,51(4):168-177.
- [7] 谭勇.岩溶地区大跨度桥梁施工溶洞处理技术[J].工程建设与设计,

2022(17):185-187.

- [8] 杨育僧,吴昊,许建飞,等.岩溶地层中的盾构隧道施工[J].铁道工程学报,2007(7):55-60.
- [9] 蔡焱.高速铁路跨水源保护区桥梁基础施工环境保护研究[D].成都:西南交通大学,2011.
- [10] 刘碧娟.跨水源保护区桥梁应急排水系统设计要点[J].城市道桥与防洪,2019(9):119-121.
- [11] 张之启.南京地铁过江隧道通风系统方案研究[J].铁道工程学报,2012(4):104-107,117.
- [12] 陶履彬.工程风险分析理论与实践:上海市崇明越江通道工程风险分析[M].上海:同济大学出版社,2006.