

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.12.055

华南快速路石门堂山四车道新奥法隧道 扩建工程总体设计

张韦华

(山东省交通规划设计院集团有限公司, 山东 济南 250031)

摘 要: 石门堂山隧道扩建工程路线总长约 2 km, 拟新建长 720 m 的超大跨度单洞四车道隧道, 是国内首条既有连拱隧道侧新建的超大跨度隧道。隧道扩建工程实施后将与原双向四车道连拱隧道组合成双向八车道断面, 有效打通交通瓶颈, 缓解该处拥堵问题。

关键词: 总体设计; 超大跨度隧道; 四车道隧道; 连拱隧道; 新奥法

中图分类号: U452.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)12-0194-04

0 引言

隧道作为交通的重要组成部分, 是城市发展的重要动力。因此, 做好城市隧道总体设计, 对解决城市交通节点拥堵问题具有重要意义。本文以石门堂山隧道为研究对象, 对国内首条既有连拱隧道侧新建的超大跨度隧道进行详细分析。

1 工程概况

华南快速干线位于中国广东省广州市, 为一条城市快速路, 设计行车速度为 80 km/h。它是进出广州中心城区及承担过境交通的重要通道。现石门堂山隧道全长 623 m, 为双向四车道的连拱隧道, 北距太和互通约为 5 km, 南距春岗互通立交约为 1.8 km。根据近 4 a 的交通流量统计数据分析, 特别是节假日期间, 拥堵情况更为严重, 已成为华南快速路的交通瓶颈。高峰期间, 排队通过石门堂山隧道的车都有 5~10 km 长, 造成全线大堵车。

由于石门堂山隧道现状断面为双向四车道, 隧道处车道数的缩减导致成为全线拥堵的瓶颈。而隧道扩建工程实施后有效打通交通瓶颈, 缓解该处多年拥堵问题。

2 总体设计

根据预测交通量结果, 扩建需要四车道才满足远期交通量增长的需求。而新建四车道隧道成本较

高, 考虑节约建设成本方面, 对新建三车道隧道也进行对比分析。对新建单洞四车道隧道, 目前尚无设计规范可依, 存在设计难度较大、施工较为复杂、成本较高的问题。

2.1 主要控制因素

主要控制因素包括现有正在通车的 623 m 的四车道的连拱隧道、地下的广佛环线东环隧道、北侧夕阳大桥南侧桥头, 南侧金鸡一号桥、110 kV 茶龙线及部分房屋。项目建设主要难度和风险体现有:

(1) 目前隧道设计规范尚无单洞四车道超大跨度隧道相关支护参数建议值, 且施工分部开挖断面大、步骤多, 设计和施工难度大。

(2) 隧道穿越原隧道弃渣区域, 土质松软, 承载力差, 边仰坡防护难度大, 采用小导管注浆水泥浆加固土体。

(3) 新隧道建设过程中爆破开挖对原隧道有一定震动扰动, 需严格控制爆破振速, 并持续对原隧道监控量测, 避免结构出现破坏。

(4) 新建隧道向原隧道开挖人行通道过程需采用爆破和机械开挖相结合的方式, 尤其接近原隧道结构时和对原隧道结构进行开挖时, 必须采用机械切割开挖, 精细化施工要求高。

2.2 平面设计

平面设计起、终点首先要考虑路线基本走向服从于新建隧道的选址, 然后根据旧路线型与结合相关城市规划, 考虑地形、地质条件、工程规模与造价、环境保护等因素, 综合论证起终点的合理位置。路线起点推荐设置于既有夕阳大桥南侧桥头, 从桥头开

收稿日期: 2021-02-21

作者简介: 张韦华(1977—), 男, 本科, 高级工程师, 从事路桥设计工作。

始新建分离线与旧路主线分离。该起点方案有效避免对既有桥梁进行改造,有效降低了工程实施难度和造价。路线终点推荐设置于既有金鸡一号中桥北侧桥头,在桥头前新建分离线汇入旧路主线,避免对既有桥梁进行改造。预留远期华快扩建车道接口。

扩建工程路线全长约 2.0 km,按城市快速路标准建设,单向四车道,主线设计速度 80 km/h。路线平曲线最小半径为 445 m;停车视距采用 110 m。全线新建隧道 1 座,长 720 m。为节约占地的同时保证施工期间不对原连拱隧道产生有害影响,确定两者最小净距为 38 m,隧道限高 5 m,内轮廓宽 17.9 m,最大暗挖跨度达 20.3 m。确保洞外直线段长度不小于 3 s 行程。新建右幅与旧路主线分离后在现有隧道西侧新建单洞单向四车道隧道,途经大源村和金鸡村,右幅新建分离线位走向基本与旧路平行。

2.3 纵断面设计

本项目建设场地地势隧道北段较为陡峭,南段较为平坦开阔,构造物以桥梁、隧道和涵洞为主。在纵断面设计中,以安全、环保、节约投资为主要考虑因素,在条件允许时尽量减少工程量。隧道段最大纵坡为 3.0%,路基段最大纵坡为 4.0%,最短坡长 272.703 m,最小凸形竖曲线半径 4 500 m,最小凹形竖曲线半径 6 000 m。

2.4 横断面设计

根据本项目各方案的性质、沿线地形、地质、地物、交通量预测结果、通行能力和服务水平评价结果,新建右幅分离线全线采用 $V=80$ km/h 的设计速度,单向四车道城市快速路标准,路基宽度为 17.5 m。项目范围内旧路暂按单向四~六车道进行改造,路基标准横断面为 26.5 m。

2.5 起终点预留远期拓宽接口设计

隧道北预留远期接口,在收集机场二高茶山立交及华快扩建工可、竣工图纸进行研究。扩建方案在西侧扩建,近期采用路基接顺现华快,已预留远期拓宽桥梁位置。经复核,现有标高也满足远期扩建接顺的要求。

隧道终点南端为路基段,距离春岗立交 2.1 km。春岗立交至龙洞段比较方案,受占地拆迁、春岗立交等影响大。由于距离较长,隧道南端终点段至春岗立交段远期采用两侧加宽,由双六改造为双八,隧道南端接口已经预留并满足春岗立交至龙洞段改造的高架、下穿广河的各方案的平纵拉顺。

3 隧道方案设计

3.1 现状隧道简介

现石门堂山隧道为双向四车道连拱隧道,隧道位于春岗立交北侧约 2 km 位置,设计时速 80 km/h,隧道内限速 60 km/h。隧道内采用 3% 的单向坡,最大埋深约 110 m,地形为缓丘,地表植被发育,参数见表 1。

表 1 现有隧道参数一览表

隧道名称	隧道形式	里程桩号	长度/m	纵坡	通风方式	照明方式
石门堂山隧道	四车道连拱	K5+385.65~K6+009	623.35	3%	机械通风	光电照明

3.2 隧道方案比较

针对现华快石门堂山隧道双向四车道拥堵的现状,考虑到东侧为禁建区且地质非常差,西侧 80m 范围为限建区,拟在西侧新建隧道满足用地、规划和安全运营的要求。现拟在原西侧新建隧道单向通行,既有连拱隧道单向通行,在此基础上,结合工程造价比选不同新建隧道方案。

方案一:西侧新建单向四车道隧道

新建单洞四车道隧道,单洞四车道隧道目前尚无设计规范可依,存在设计难度较大、施工较为复杂、成本较高的问题。但是近些年我国新建大量单洞四车道隧道,如广深沿江高速东莞段—牛头山隧道(建筑限界净宽 18.25 m,净高 5.0 m)、深圳外环高速深圳龙岗段—红花岭隧道(建筑限界净宽 18.50 m,净高 5.0 m)、滨莱高速改扩建隧道群(建筑限界宽度 18.25 m,净高 5.0 m)。这些新建隧道为四车道隧道的设计和施工积累了大量的成功经验。同时四车道隧道与洞外车道相同可以很好地缓解通行压力,避免交通堵塞,且驾车视野开阔,具有很好的驾车体验,如图 1 所示。

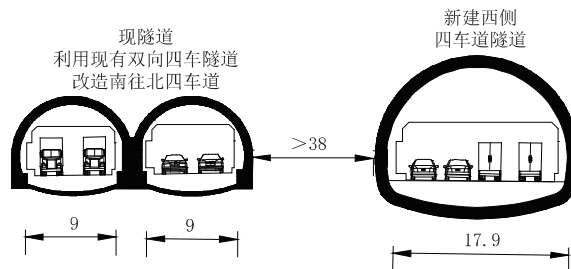


图 1 方案一西侧新建单向四车道隧道横断面示意(单位:m)

方案二:西侧新建四车道连拱隧道

四车道连拱隧道在展线困难、征地紧张的情况下应用较多,同时设计施工技术较为成熟。但是,近些年连拱隧道较少兴建,主要是因为施工程序烦琐、

造价相对较高、防水效果不理想,尤其是通向连拱的形式,在单向四车道隧道大规模建设的情况下,已被逐渐替代。与单洞四车道相比,连拱隧道占地多、行车安全性和舒适性差,如图2所示。

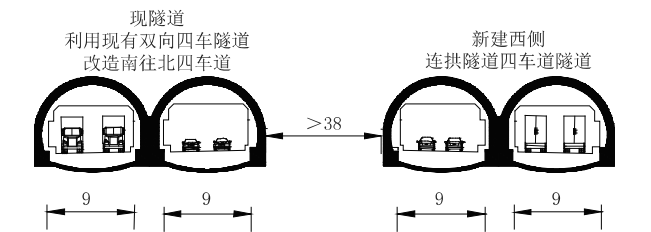


图2 方案二西侧新建四车道连拱隧道示意(单位:m)

方案三:西侧新建分离式双洞单向四车道隧道
分离式双洞单向四车道隧道施工风险较小,具有十分成熟的建设经验,但是分离线位占地多,与单洞四车道相比占地多、行车安全性和舒适性差,如图3所示。

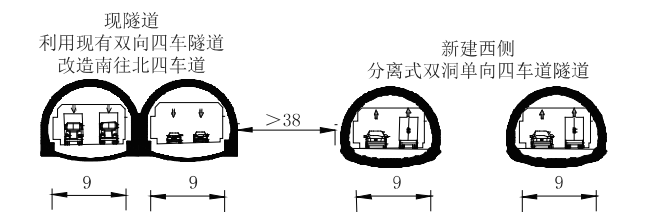


图3 方案三西侧新建分离式双洞单向四车道示意(单位:m)

方案四:西侧新建单洞三车道隧道
单洞三车道隧道施工风险较小,具有十分成熟的建设经验,但是洞内外车道不同,即使有很好的交通引导,也仍有可能引发安全事故。长远来看,三车道隧道不满足远期交通量增长需求,有可能成为该段道路交通发展的瓶颈,导致交通拥堵,如图4所示。

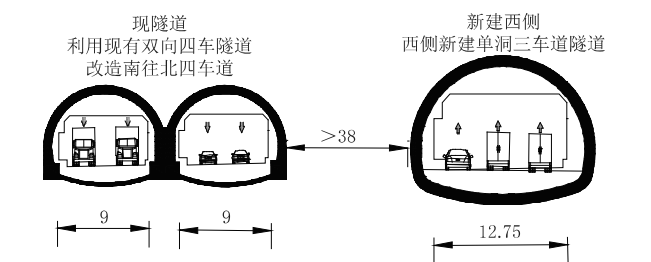


图4 方案四西侧新建单洞三车道隧道示意(单位:m)

综合以上方案比较(见表2),长久考虑远期交通发展、行车舒适度,选取方案一作为新建单向四车道隧道推荐方案。

3.3 隧道设计标准

设计速度:80 km/h。

主洞限界净宽:17.25 m=0.75 m 左侧检修道+0.50 m 左侧向宽度+2×3.5 m 行车道+2×3.75 m 行车道+0.75 m 右侧向宽度+0.75 m 右侧检修道。

主洞限界净高:行车道净高≥5.0 m,检修道净

表2 隧道方案汇总比较

方案	优点	缺点	建安费估算/亿元
方案一	1.有近年经验可依 2.满足远期交通量增长需求,避免交通堵塞形成新瓶颈 3.驾车视野开阔,具有很好的驾车体验	施工难度较大	2.01
方案二	设计施工技术较为成熟	1.施工程序烦琐 2.防水效果不理想 3.行车安全性和舒适性差	1.80
方案三	十分成熟的建设经验	1.占地多 2.行车安全性和舒适性差	1.63
方案四	1.十分成熟的建设经验 2.造价低	1.易引发安全事故 2.不满足交通量增长需求,该段道路交通发展的瓶颈 3.与远期华快扩建断面不符	1.51

高≥2.5 m。

人行横洞限界净宽:2.0 m。

人行横洞限界净高:2.5 m,如图5所示。

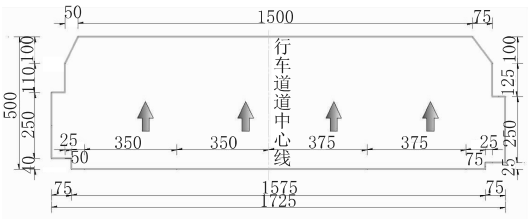


图5 隧道主洞建筑限界(单位:mm)

隧道内轮廓除符合隧道限界的要求以外,还应考虑洞内排水、通风、照明、消防、配电、监控等附属设施所需的空 间,并考虑施工工艺等要求留有一定的富余量,使确定的断面形式、尺寸达到安全、经济、合理的目的,隧道主洞内轮廓采用三心圆断面形式,如图6所示。

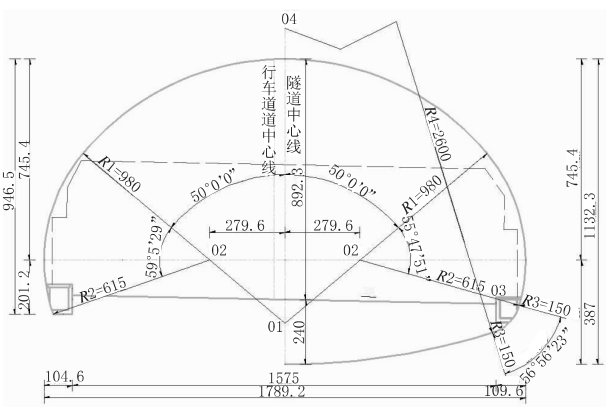


图6 隧道主洞内轮廓隧道(单位:mm)

3.4 隧道洞口与衬砌结构设计

隧道洞门的设计,应综合考虑进出口地形、地貌、地质、开挖边坡稳定性、防水排水需要、洞口采光、环保景观等多重因素。按照“早进洞、晚出洞”的设计原则,洞口贴坡进洞,或设置一段明洞,尽可能采用零开挖洞口,尽量减少洞口边坡、仰坡的开挖,保证山体稳定。

洞内按新奥法原理设计,施工采用光面爆破和预裂爆破技术,尽量减少对围岩的扰动,严格控制超挖和欠挖。隧道结构采用柔性支护体系结构的复合式衬砌,即以超前钢管注浆加固地层、系统锚杆、喷射混凝土、挂钢筋网、工字钢型钢钢架、格栅拱架等为初期支护,模筑混凝土或钢筋混凝土为二次支护,并在两次衬砌之间敷设 EVA 防水板及无纺土工布防水层。隧道衬砌类型、衬砌断面型式、衬砌结构尺寸方案设计,主要采用工程类比法,结合构造要求和经济技术比较,根据围岩级别和洞室埋深条件拟定相应的支护类型,并对隧道结构进行必要的理论分析计算和校核,确定支护衬砌模式。

3.5 新旧隧道关系

新隧道建成后,原石门堂山隧道将改为双洞南往北单向通行。为节约占地的同时保证施工期间不对原连拱隧道产生有害影响,确定两者最小净距为 38 m。这也是国内首条既有连拱隧道侧新建的超大跨度隧道。

(1) 净距问题

推荐方案利用既有隧道作为左洞,施工过程中应尽量采用每步骤开挖量小的施工方法。在地质条件允许的条件下,尽量采用人工和机械混合开挖的方式,以避免爆破振动对既有隧道的影响。必须钻爆施工时,应对爆破振动速度进行严格控制。

根据隧道规范,两洞间净距宜取 0.8~2.0 倍开挖宽度,围岩条件总体较好时取较小值,围岩条件总体较差时取较大值。两洞跨度不同时,以较大跨度控制。

根据地质勘察报告,围岩以花岗岩为主,完整性好,岩质坚硬,洞身主要以Ⅱ级、Ⅲ级为主,净距约为 1.5B,贴合规范要求。而且开展本项目前,设计人员对全国二十余座四车道隧道进行了调查研究。根据实际情况反馈,两洞间距大于 1 倍洞径时,两洞的开挖基本没有有害影响。山东省东南二环延长线四车道隧道群,分离式隧道两洞净距最小 12 m,而且是在 V 级围岩破碎区段。通过一些科研单位分析,V 级围

岩破碎区段四车道特大跨度隧道应力影响范围不大于 1.5 倍洞径(小于 30 m)。

(2) 旧隧道之间横通道

既有隧道横洞宜设置在Ⅱ级、Ⅲ级围岩衬砌处,且将新建横洞二衬伸入既有主洞二衬内,与主洞二衬相结合,达到加固横洞影响范围内主洞二衬的目的。同时在横洞与主洞二衬交接处设置两道遇水膨胀橡胶止水条,防止围岩水由施工缝侵入隧道内。在既有隧道破除原衬砌前,对横洞位置前后 10 m 范围内进行套拱加固处理,并对衬砌进行严格监控量测。在新建隧道建成后,封闭华快旧隧道西侧隧道,南行车辆通过新建隧道临时疏散,然后再进行新旧隧道之间的横通道施工。

3.6 隧道防排水设计

隧道防排水设计遵循“防、排、截、堵相结合,因地制宜,综合治理”的原则,采用完整的防排水体系,使隧道内防水可靠,排水通畅,保证运营期间隧道内不渗不漏,基本干燥,如图 7 所示。

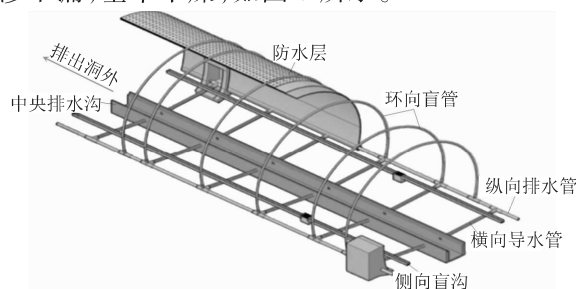


图 7 隧道防、排水设计示意图

本次隧道排水系统设计采用洁污分排方案,将隧道衬砌外围岩渗水通过横向排水管引入地下侧式排水沟排走,而隧道内雨水、路面积水和清洁污水等汇入地面排水沟排出。

3.7 路面及装饰设计

结合国内公路隧道建设和运营经验,为了提高隧道中行车的舒适性和安全性,减少路面的变化,本项目隧道主洞采用沥青复合式路面,车行、人行横通道采用水泥混凝土路面。

隧道推荐采用“耐火瓷砖+防火涂料”的洞内装饰方案。隧道边墙 3.8 m 高范围内采用乳白色耐火瓷砖镶贴,其余部分喷涂隧道专用厚型防火涂料。隧道采用机械通风,配有灭火器、消防栓等安全设备,新建两条与既有隧道连通的救援人行通道,发生火灾等灾害时能够及时处理救援。同时四车道隧道与洞外车道数相同,可以很好地缓解通行压力,避免交通堵塞,且驾车视野开阔,不仅具有很好的驾车体验,而且能够有效提高行车的安全性。

(下转第 208 页)