

地铁保护区域内立交桥建设关键技术研究

林智敏¹, 罗天²

(1.成都大学, 四川 成都 610106; 2.四川省公路规划勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610106)

摘要:以某地铁保护区域内的枢纽立交为例,研究了此类立交的建设关键策略。从立交选型、桥梁孔跨布置、桥梁结构优化、路基填料设计、软基处理、框架墩盖梁施工、桩基施工等几方面进行了详细阐述。通过采取合理的设计及施工策略,成功解决了立交与地铁结构重叠、附加荷载超标、桩基施工期塌孔等关键问题,可为类似工程提供参考。

关键词:地铁;立交桥;附加荷载;框架墩;气泡混合轻质土;软弱地基;全套管全回转钻机

中图分类号: U448.17

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0093-04

0 引言

随着我国城镇化战略的实施,城市人口数量持续增长,汽车的保有量也逐年增加,为解决日益拥堵的交通问题,许多城市对既有的道路平交口进行了立交化改造。一般而言,急需进行改造的平交口均位于快速路或者重要的主干路交叉口,而地铁线路的走向往往与这些重要道路重合,因此立交的建设工点往往位于地铁保护区内。地铁作为运量大、速度快的便捷公共交通工具,其运营期的安全性不言而喻,从国家层面及地方层面均出台了相应的地铁安全保护条例,对于在地铁保护区的结构设置、附加荷载、施工保护措施等均提出了严格的要求。在地铁保护区内建设立交桥,尤其是规模庞大的枢纽立交桥,需要解决一系列与地铁保护相关的技术难题。本文以某一地铁保护区内的枢纽立交为例,研究探讨其建设关键技术。

1 工程概况

某项目地处南宁市,建设位置位于清川大道与大学路交叉口。清川大道道路等级为城市快速路,为南宁市快速环路的一部分,道路红线宽度60m;大学路为南宁市最重要的东西向主干路之一,道路红线宽度为58m。该路口为平交口,由于交通量过大,长期处于拥堵状态,因此急需对该路口进行立交化改造,以提高路口的通行能力和服务水平^[1]。

南宁地铁1号线是南宁轨道交通第一条建成运

营的地铁线路,2016年12月28日全线开通试运营。在平交口的正下方为清川站所在位置,车站总长度278.5m,地铁与大学路道路走向一致,轴线偏差约3m。车站的一般区域,结构宽度为19.2m;在与隧道连接的加强区域,结构宽度为23.8m;在与其他附属房屋如风亭、检修间相接的部位,结构宽度变化较大,西侧最大宽度为58.1m,东侧最大宽度达到54.2m。地铁与道路关系如图1所示。

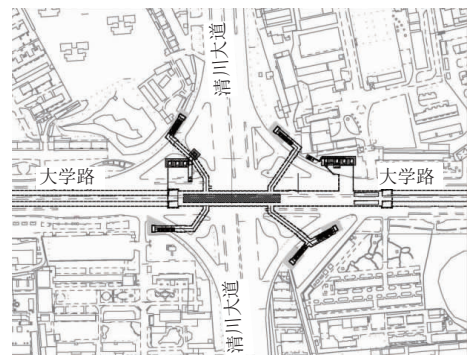


图1 地铁与道路关系图

车站为地下两层建筑,侧墙厚度70cm,顶板厚度80cm,底板厚度90cm,采用明挖施工,结构外侧设置80cm厚的地下连续墙,车站顶板上方覆土厚度2.9~3.3m。车站之间的区间采用盾构圆形隧道,隧道内径5.4m,隧道中心距13.5m,结构总宽度20.12m。地铁场站及区间横断面如图2、图3所示。

2 设计策略

2.1 立交选型策略

从该项目的交通量分析及相交道路的性质来看,该立交定位为枢纽立交,可采用半定向、苜蓿叶形、组合式全互通等多种形式^[2]。

对于该立交而言,如何最大限度地避让地铁结构

收稿日期: 2022-10-21

作者简介: 林智敏(1979—),男,工学硕士,高级工程师,从事桥梁工程设计及研究工作。

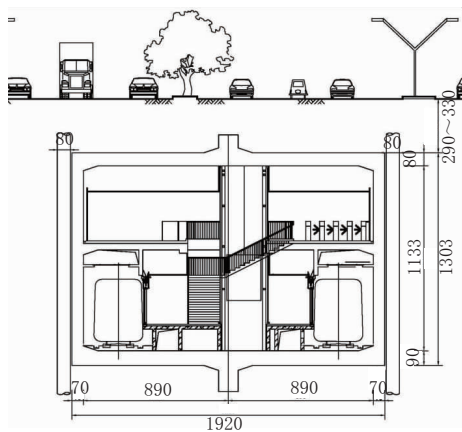


图2 地铁站标准段横断面图

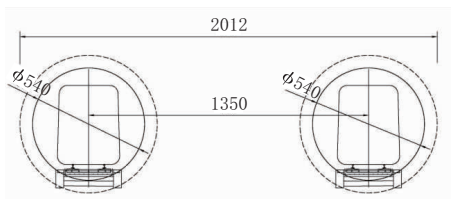


图3 场站区间盾构隧道横断面图

物是立交选型优选考虑的因素。由于地铁轴线基本与大学路道路轴线重合,若采用半定向、组合式等立交形式,都会存在匝道桥多次跨越地铁结构物的情况。若采用全苜蓿叶立交,则除了主线外,匝道均位于地铁结构物以外,是适应该项目最佳的立交形式。

因此,该项目采用三层苜蓿叶立交桥方案,两条道路主线方向均通过跨线桥分离直行交通,匝道桥满足机动车转向的要求,最下层主要用于公交系统及慢行系统。立交与道路平面相对关系如图4所示。

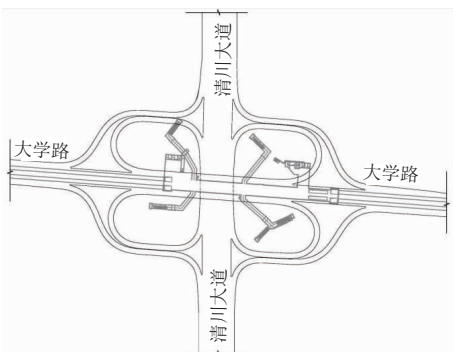


图4 立交与地铁平面相对关系图

2.2 桥梁设计策略

2.2.1 桥梁总体布置

立交主线共三层,桥梁的层位设置对施工难度及工程造价均有较大影响。对于平行于地铁轴线方向的大学路方向桥梁,下部结构受地铁影响较大,单位面积工程造价明显高于清川大道方向。因此,在立交的层位选择上,将平行于地铁轴线方向的桥梁置于立交的第二层,垂直于地铁轴线方向的桥梁设置于第三层,以节约投资。

根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》(CJJT 202—2013)的要求^[3],桥梁桩基距离地铁主要结构物的净距应不小于3 m。基于此条件,与地铁轴线垂直的清川大道方向跨线桥直接跨越地铁场站的标准段。与地铁轴线平行的大学路方向桥梁布孔时需要跨越的结构物有清川大道方向的主梁梁体以及清川站的风亭。因此桥梁跨度基于上述桩基距离结构物的净距要求确定。大学路跨线桥总长771.5 m,由七联连续梁组成,第三联为跨越地铁场站部分,桥跨组合为48 m+62 m+58 m+48 m连续梁,该方向其余各联以及清川大道方向跨线桥均采用25 m或30 m跨连续梁。

2.2.2 桥梁下部结构设计

在大学路方向,因桥梁主体结构与地铁轴线基本重合,区别于传统结构,在梁体下方无法设置桥墩。因此,在大学路方向,桥梁下部结构采用门型框架式桥墩^[4],下接承台桩基。两侧桥墩中心距为32 m。桥墩断面纵向宽度2.2 m,横向宽度2.5 m,盖梁断面竖向高2.8 m,横向宽3.2 m。承台高度2.5 m,下面接4或6根桩基,桩基直径为1.8 m。盖梁为预应力混凝土结构,为保证结构安全,盖梁预应力分为主梁安装前、安装后两个阶段进行张拉。框架桥墩结构如图5所示。

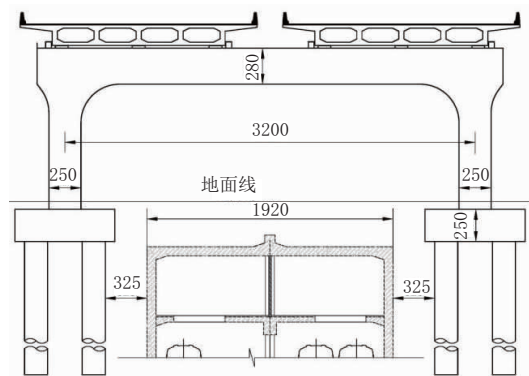


图5 门型框架墩断面图

清川立交方向桥梁下部结构采用“花瓶”墩,桥墩截面尺寸为墩底1.6 m×2.5 m,墩顶1.6 m×3.5 m。承台高度2.5 m,下接2根1.8 m桩基。

2.2.3 桥梁上部结构设计

因桥梁大部分位于立交区域,变宽及曲线段较多,因此对于采用预应力混凝土梁体的部分,不宜采用对标准化程度要求较高的预制T梁或小箱梁。考虑到施工方便及景观效果,该部分桥梁均采用现浇连续梁。另一方面,地铁设计单位提出了场站上方的堆载要求不大于20 kPa的要求,要求现浇梁体的重

量应尽可能小,因此预应力混凝土梁体均采用了25 m或30 m的小跨度连续梁。连续梁均采用单箱多室结构,25 m跨梁体梁高度1.6 m,30 m跨梁体梁高度1.8 m,箱梁顶板及底板厚25 cm,腹板厚50 cm。

对于清川立交第三联48 m+62 m+58 m+48 m预应力连续梁,若采用预应力混凝土梁,显然支架现浇部分超过了场站上方的荷载加载要求。另一方面,若上部结构采用钢筋混凝土结构,无论是梁体高度还是下方的盖梁高度都将远超钢箱梁方案,设计标高的增加将带来桥梁长度的大幅增加,笨重的结构将带来不良的景观体验。基于上述原因,该联采用了钢箱梁。钢箱梁采用横向分片、纵向分段的形式划分吊装节段。桥面宽横向分五片,纵向分13个吊装节段吊装到位后再焊接连接。由于主桥处于竖曲线上,设计上采用顶板、底板等长的方式,工厂预制时综合考虑焊接间隙、桥梁纵坡等因素对其进行调整。主梁采用多箱单室全焊钢箱梁,各箱室间以横联连接,箱梁全宽18.5 m。钢箱梁顶板厚16 mm、腹板厚16 mm,底板厚20 mm。钢箱梁顶板采用U肋进行纵向加劲,钢箱梁内,每隔3 m左右设置一道横隔板。除支座位置横隔板构造较为特殊外,其余节段横隔板均为普通横隔板。

2.3 路基设计策略

2.3.1 台后引道路基

原设计方案台后填土为砂砾石,经计算大学路跨线桥西侧挡墙台后填土最大附加荷载为88 kPa,大学路跨线桥东侧挡墙台后填土最大附加荷载为118 kPa,根据地铁轨道对上方区间20 kPa荷载的限载要求,采用常规填料无法满足。因此考虑采用轻质填料填筑路堤^[5],依据限载要求为填料上限,分区域实施,具体方案如下:

(1)引道填土高度小于0.8 m时,直接在原大学路上铺设路面结构层;

(2)引道填土高度大于0.8 m小于2.6 m时,破除大学路原路面结构层,并换填为气泡混合轻质土,底层设置30 cm级配碎石垫层;

(3)随着引道填筑高度增大,仅破除原大学路路面结构层后置换轻质土无法满足附加荷载限载要求,因此进一步采用轻质土对原大学路下层素填土进行换填,并在换填后的轻质土底部铺筑30 cm级配碎石垫层。

通过以上措施,确保了地铁结构附加荷载小于20 kPa的要求。

2.3.2 辅道软弱地基处理

因该项目为道路改造项目,立交两侧辅道均位于原道路绿化带位置,道路下方存在较厚的软弱土层。此时若采用加固土桩复合地基的方式进行地基处理存在较大的难度。一是因为施工时的机械振捣可能会对正在运营的管线造成较大的影响,难以满足地铁运营单位的相关要求;二是由于该区域布设有大量的市政管线,难以保证有桩设置的空间。

基于以上限制条件,辅道位置舍弃了传统的加固土桩复合地基方案,通过换填合格土、铺设土工格栅、换填砂砾石等方式对原软弱土体进行部分置换,以满足路基承载力要求。首先根据土体力学参数计算需要换填的土体深度,对于开挖区域按1:1坡率进行放坡,路面垫层以下30 cm设置多层土工格栅,每层间距50 cm,最下层土工格栅距开挖面不小于30 cm。铺完格栅后,及时填筑合格填土,在第一层填土达到预定厚度并经碾压到设计压实度后,通过尼龙绳将格栅反卷回包2 m绑扎于上一层土工格栅上,并人工修整锚固。按上述工序完成了一层格栅铺筑,并按同样方法步骤进行其它各层格栅铺筑。所设格栅铺完后,进行砂砾石层填筑,完成软弱地基处理。软弱地基处置如图6所示。

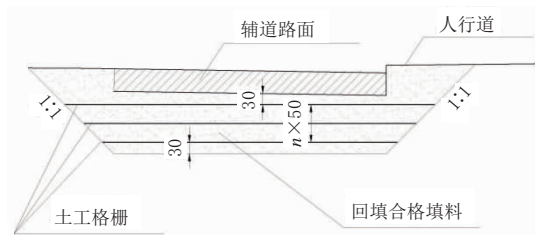


图6 道路软基处理示意图

3 施工策略

3.1 门型墩盖梁施工

大学路方向跨线桥采用门型框架式,由于跨度达到了32 m,因此盖梁高度达到了2.8 m,混凝土方量较大。若采用常规满堂支架施工方式施工盖梁,则通过支架作用于地铁上结构物上方的附加荷载将远大于其上方20 kPa的限载要求。

基于以上原因,采用“压杆+水平拉杆+贝雷梁”的组合支承体系进行盖梁施工。该施工方案具体如下:在承台上设置牛腿,并在牛腿之间增设临时系杆。在牛腿及承台上设置竖向支撑及斜向支撑,然后在支承上搭设贝雷梁作为施工平台。通过这种桁架式支承体系,使门型框架桥墩盖梁自重传递至承台上,再通过桩基传递至地基,有效避免了对地铁结构

的影响。门型盖梁施工支架如图7所示。

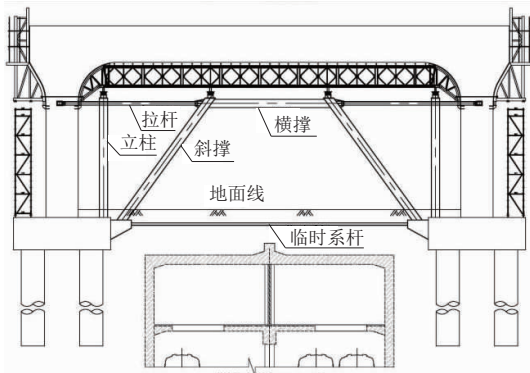


图7 盖梁施工支架图

3.2 临近地铁桩基施工

该项目地质构成由上至下主要为人工填土、砂砾层、强风化泥岩与粉砂岩互层、中风化泥岩与粉砂岩互层组成,砂砾层厚度8~20 m。大学路方向跨线桥内侧一排桩基与地铁左、右线盾构管片的最小水平净距仅为3.1 m,桩基施工时有很大的塌孔风险,一旦发生塌孔将会对地铁结构带来重大危害。为减小施工对地铁的扰动、防止塌孔,考虑采用钢护筒进行保护。一般而言,桩基施工时采用的永久钢护筒可采用震冲方式下放到设计位置,但依据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》规定,震冲作业净距需大于地铁地下结构20 m,因此该项目无法进行钢护筒振桩锤实施。

经综合考虑,桩基采用全套管全回转钻机成孔的方式^[6]。首先,钻机经测量精确定位,然后下压并旋转钢套管,待首节套管压装到位后,用冲抓斗在套管中取土至套管底,然后接长导管,继续压装挖土直至设计桩底。清底后下放钢筋笼,此后浇筑一定方量的桩基混凝土后即采用边浇筑桩基混凝土,边反向旋转提升的方式拔出钢套管,直至桩基施工完成。采用全套管全回转钻机施工确保了桩基成孔均在钢套管

护壁的情况下进行,避免了塌孔的风险,并且全程无振动,有效保证了地铁的运营安全。

4 结语

中国地铁的运营里程已居世界第一位,在城市立交桥的建设过程中,不可能完全避开地铁结构物。该项目通过以下策略成功解决了立交与地铁的冲突问题:在立交选型上,选取了与地铁重叠范围最少的立交形式;在桥梁设计上,通过优化孔跨布置、设置门型桥墩、上部结构轻型化等方面减小对地铁结构物的影响;在路基设计上,通过采用气泡混合轻质土减轻了地铁结构物上方的附加荷载;在软基处理上,通过换填合格土、铺设土工格栅等方式满足了路基承载力要求;在门型墩盖梁施工上,采用了“压杆+水平拉杆+贝雷梁”的组合支承体系,解决了盖梁自重传递问题;在桩基施工上,采用了全套管全回转钻机成孔的施工的方法,避免了塌孔,保证了施工期地铁结构物安全。以上策略已在南宁清川立交上成功实施,可为其他类似项目提供参考。

参考文献:

- [1] 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院. 南宁清川立交施工图[R]. 成都: 2017
- [2] 叶亚丽, 武钰, 周斌. 枢纽互通式立体交叉的定位与选形[J]. 中外公路, 2008(1): 185-189.
- [3] 卢小莉. 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202—2013 解读[J]. 工程建设标准化, 2017(6): 57-62.
- [4] 余江, 郭剑. 高速公路大跨径框架墩的设计研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2011(6): 203-205.
- [5] 杨少华, 段冰, 姜正晖, 等. 轻质土技术在公路建设中的应用与研究[J]. 公路, 2011(8): 211-217.
- [6] 王改, 王宏涛, 陈自海, 等. 全套管全回转钻桩基施工对运营地铁隧道的影响研究[J]. 隧道建设(中英文), 2018, 038(A02): 318-323.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com