

浅谈城市高架桥与地铁重合时的解决方案

郑宇

(沈阳市市政工程设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015)

摘要: 随着城市轨道交通的发展和市政基础设施的连续建设,城市高架桥与地铁不可避免地存在交叉和重合的情况,在高架桥建设过程中势必对地铁的运行造成一定的影响,采取何种措施确保地铁的运营安全成为城市管理者的关注焦点。通过沈阳市高架桥建设工程中的实际案例,介绍了城市高架桥与地铁重合时的设计方案和施工保护措施,详细介绍了高架桥的设计要点和注意事项,为存在与地铁交叉情况的城市高架桥工程的设计和施工提供参考依据。

关键词: 高架桥;地铁;重合;措施;大承台;轻质填料

中图分类号: U448.28

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0111-05

Brief Discussion on Solution for Overlapping of Urban Viaduct and Subway

ZHENG Yu

(Shenyang Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Shenyang 110015, China)

Abstract: With the development of urban rail transit and the continuous construction of municipal infrastructure, it is inevitable that the urban viaducts are intersected and overlapped with the subways. The construction of viaducts will inevitably have an impact on the operation of subways. What measures should be taken to ensure the safety of subway operation has become the focus of city managers. The design schemes and the construction protection measures for the urban viaducts overlapped with the subways are introduced through the viaduct construction projects in Shenyang. The design essentials and precautions for viaducts are introduced in detail, which provides the reference basis for the design and construction of urban viaduct projects intersected with subways.

Keywords: viaduct; subway; overlapping; measures; large base slab; lightweight filler

0 引言

近年来中国各大城市人口不断增长,城市的边界不断向外拓展,对公共交通的需求日渐增大,地铁的建设逐渐成为城市公共交通的首选,伴随着地铁网络的完善,其他市政基础设施的建设条件受到一定程度的限制,如市内高架桥的修建,市内高架桥的走向一般与地铁的走向相同或相近,均位于城市主干路上,高架桥一般位于道路中间位置,下部结构基础与地铁区间和车站的结构冲突的情况时有发生,因此高架桥在设计 and 施工时需采取相应的技术措施保证地铁的安全运营。

1 工程概况

随着近年来沈阳的经济建设的蓬勃发展,市政

基础设施建设也不断发展进步,沈阳目前在线运营5条线路,初步形成了环形+十字的运营网络,正在建设的地铁线路还有多条,伴随着地下结构的建设,地上的高架桥也取得了较大的进展,建成了浑南大道快速路、长青街快速路和东一环快速路等项目,建成后实现了二环南移,有效推动了一河两岸发展,构建“东山西水、一河两岸、一主三副”的城市空间结构,目前正在建设快速路二期等高架桥和道路项目,建成后将沈阳市形成“环形+放射”快速路网的初步网络骨架。

在近年来的高架桥建设过程中,地铁的建设和运营一直伴随着高架桥的设计和施工,在实际工程中采取了适用的技术措施保证地铁的结构安全。

2 高架桥设计方案

在高架桥建设过程中,高架桥下部结构基础遇到的障碍有地铁区间、地铁车站,有些是规划未形成

收稿日期: 2024-10-25

作者简介: 郑宇(1987—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计及研究工作。

的,有些是已经运营的,需根据不同的时期采取相应的设计方案,保证地铁结构和桥梁的安全稳定。

2.1 沈阳地质情况

沈阳市区在地貌上属浑河冲洪积扇,主要含水层位于冲洪积扇上部,岩性以砾砂、圆砾为主。土层主要由第四系全新统和更新统黏性土、砂类土及碎石类土组成。

市区勘察发现的地下水类型主要为孔隙潜水,主要赋存于砂类土土层中,初见水位埋深约为12~16 m。地下水补给来源主要为大气降水,排泄方式主要为人工开采,沈阳市地下水位年变化幅度约1.0~2.0 m。

市区土层分布由上至下为杂填土(分布厚度约为2~8 m)、粉质黏土(分布厚度约为4~15 m)、细砂(分布厚度约为2~8 m)、中砂(分布厚度约为2~7 m)、粗砂(分布厚度约为3~10 m)、砾砂(分布厚度约为2~10 m)等。根据土层分布可知,沈阳市区的地质情况整理分布较均匀,无明显不良地质情况,无较硬岩层分布,较适宜桥梁和地铁建设。因岩层埋深较深,桥梁桩基础一般为摩擦桩基础,桩基础设置较长,一般为40~60 m,桩基础直径为1.2~1.5 m。因此桥梁桩基础和地铁结构之间容易产生相互制约的情况,需选择适宜的建设方案保证桥梁和地铁结构的正常使用和运营。

2.2 高架桥跨越地铁区间

工程涉及到的地铁区间结构形式有两种,分别为暗挖隧道和盾构隧道,均为单洞单线圆形断面,隧道结构覆土一般为9~25 m之间,一般为深埋隧道。暗挖区间隧道采用暗挖法施工,隧道结构为马蹄形断面复合式衬砌结构,辅助工程措施采用超前小导管注浆、锁脚锚管和掌子面喷射混凝土封闭等,断面宽度为6.4 m(见图1)。盾构隧道采用盾构机施工,盾构区间隧道衬砌采用预制混凝土管片衬砌,管片之间采用弯螺栓连接,断面宽度为6 m(见图2)。

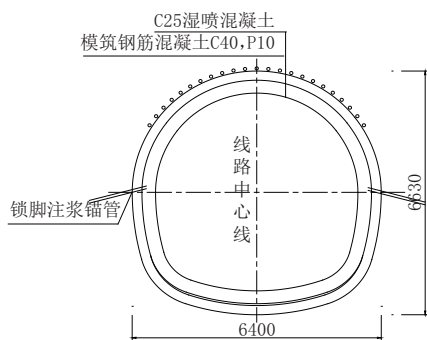


图1 暗挖隧道横断面图(单位:mm)

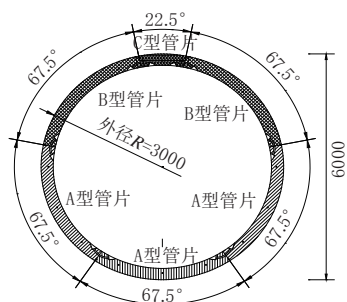


图2 盾构隧道横断面图(单位:mm)

地铁区间一般分为上下行,上下行隧道中心间距一般为10~15 m之间,部分高架桥基础位于区间上方或者上下行区间之间,根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》及《沈阳地铁结构安全保护技术标准》的要求,基础桩与既有地铁地下结构水平距离大于3 m^[1]。结合隧道尺寸后可以发现,桥梁基础结构如位于区间之间,基础与隧道的净距不满足规范和标准要求,另外对于运行的地铁线路而言,在两个区间之间施工桩基础风险较大,地铁运营单位难以批准在区间之间布置桥梁基础的设计方案,因此选择大承台跨越区间方案解决桥梁基础布置问题,基础布置方案见图3。

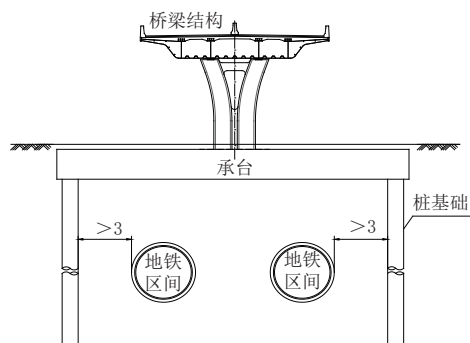


图3 基础位于区间上方设计方案(单位:m)

大承台需连续跨越两个区间,跨径较大,一般为20~40 m,承台结构厚度一般为2.5~3.5 m之间,承台结构分为普通钢筋混凝土结构和预应力钢筋混凝土结构两种,跨径较大时采用预应力结构,预应力结构在设计时需综合考虑施工顺序和调流方案,对预应力结构采用分批张拉的设计方案,使承台结构达到合理的应力状态。采用大承台方案的综合造价较高,预应力结构长期埋于地下,对结构的安全不利,如有其他设计方案可供选择时应尽量避免使用大承台方案。

2.3 高架桥跨越车站

地铁车站根据施工方法不同,一般分为暗挖施工和明挖施工,暗挖法一般用于地铁出入口,明挖法用于车站的主体结构。明挖施工的车站主体结构周围一般布置有围护桩,桥梁施工时需避开围护桩结

构,保证车站结构的安全。

车站结构的覆土深度较浅,一般为2~4 m之间,车站结构的顶板承重能力有限,桥梁结构不能直接落在车站结构上,桥梁基础选择大承台方案跨越车站,基础布置方案见图4,综合考虑车站顶部防水层、垫层、砂层等构造层的厚度,以及承台预应力张拉前的自重下挠等因素,承台底部距离车站结构应保证大于1.0 m的安全距离,尽可能远离车站结构,保证地铁结构的安全。

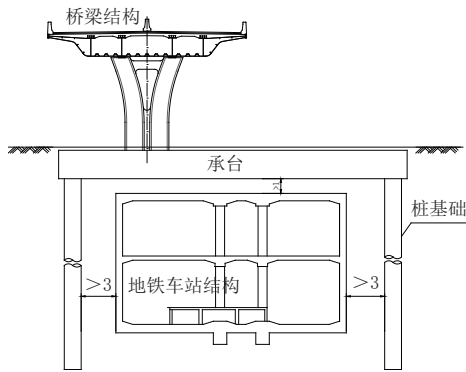


图4 基础位于车站上方设计方案(单位:m)

如地铁上方覆土深度不满足承台结构及道路结构层要求,承台施工完成后,道路需要抬高,为保障地铁结构的安全,在车站上方需开挖清除一定高度的原有道路结构,然后对道路结构部分采用轻质填料回填,轻质填料一般采用气泡混合轻质土,气泡混合轻质土的容重根据所填高度及地铁要求的最大荷载确定,确保车站上方增加荷载满足车站结构设计要求。

2.4 桥梁引道位于区间上方

部分桥梁引道位于区间上方,常规引道结构为道路结构下回填砂砾或碎石,此种设计方案引道的竖向荷载较大,对区间的结构造成威胁,为消除对地铁的不利影响,采用气泡混合土进行填筑,具体设计方案见图5,按照地铁允许的填土高度折算成气泡混合土的要求容重和高度,填土最高3.5 m左右,气泡混凝土容重采用5~9 kN/m³,28 d抗压强度不低于5.0 MPa。

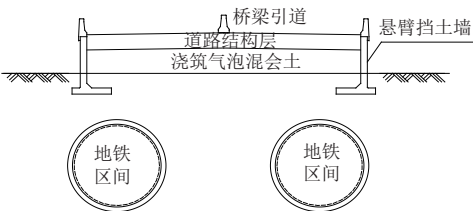


图5 引道位于区间上方设计方案

常规高架桥引道两侧施工时的临时通行道路较窄,考虑方便社会车辆快速通行,引道两侧挡土墙一

般选择施工占地较小桩基挡土墙,而不是开挖占地较大的悬臂挡土墙。但引道位于区间上方时,桩基础的施工会对区间安全造成影响,因此只能选择悬臂挡土墙方案。由于区间上方引道填料已改为气泡混合轻质土,其结构特性导致产生的侧向土压力很小,悬臂挡土墙在设计时所需的尺寸则可以尽可能减小,继而减少开挖面积,减轻对临时道路的影响。

2.5 U型槽或框构桥位于区间上方

当道路U型槽或者框构桥位于地铁区间上方时,施工时土体开挖较多,区间上方恒荷载降低,影响区间结构安全,应通过有限元软件分析计算后确定开挖和土体加固方案,沈阳地区经过计算分析和实例验证后采取的基坑底高压旋喷桩加固处理措施,保证了施工影响控制在一定范围内,设计方案见图6。

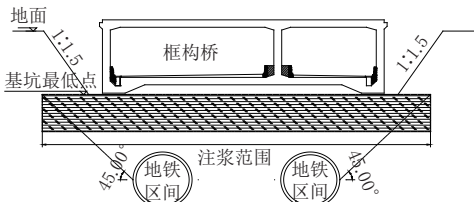


图6 框构桥位于区间上方设计方案

基坑开挖前采用高压旋喷桩对坑底进行加固,注浆厚度为4~8 m。基坑采取竖向分层、纵向分段台阶法开挖,分层厚度不大于1 m,分段长度不大于15 m。高压旋喷桩加固前需设置试验桩,并根据试验结果,优化设计参数。

基坑采取竖向分层、纵向分段开挖,分层厚度不大于1 m,分段长度不大于15 m。基坑开挖到底后尽快施工垫层(早强)及结构底板,底板施工完成后立即施工侧墙及顶板。下一施工段基坑开挖完成时,确保前一施工段结构底板施工完成。基坑开挖应充分利用“时空效应”作用,分层、分段进行,严格遵循“先撑后挖,不得超挖”的原则,严禁全长同步一次开挖或在一个工况条件下一次开挖到底。土方开挖应按“纵向分段法”进行,每段每层土方按“先中间成槽后向两边扩展”的顺序进行开挖。土方开挖采用反铲挖掘机直接开挖,深层土方按台阶反铲接力的方法将土方转至地面通过反铲或装载机装至自卸汽车外运。

施工开挖时应应对既有区间进行自动化监测,地面及区间隧道布点加密,提高监测频率,如发生较大的变形,监测单位应及时反馈设计、施工单位以调整施工参数,如果沉降超过警戒值,应配合相关部门采

取必要的应急措施。

2.6 高架桥处有规划地铁线路

地铁建设的周期长,线路多,因此规划时需整体考虑,统筹规划未建线路的车站和区间布置位置,在高架桥设计时需考虑已规划未实施地铁的车站和区间情况,预留足够的安全位置,方便以后地铁施工,不能占用规划位置或者给地铁施工造成困难,增加造价。

在满足地铁施工的同时,还应保证桥梁结构本身的安全,确保在未建地铁后续施工时桥梁下部结构不会被扰动,影响整体桥梁安全。目前桥梁设计相关规范对桩基础附近地铁结构的净距无明确规定,参照桩基础设计时的中心距要求,地铁结构与桩基础中心最小距离按照 $2.5d$ (d 为桥梁桩基础直径)控制^[2]。在保证最小净距的基础上,桥梁设计时应考虑地铁施工对桩基础附近土体的扰动,增加一定的安全储备,在设计桩长的基础上增加区间或者车站的总高度,确保地铁施工时桥梁结构的竖向稳定。

3 高架桥施工时的地铁保护措施

为保证地铁的结构安全,桥梁施工时需采取保护措施,保证地铁结构不受影响,主要在以下方面进行重点控制。

3.1 桩基础施工

根据沈阳地区临近既有地铁地下结构经验,一般控制基础桩与既有地铁地下结构水平距离大于 3 m ,基础桩与既有地铁地下结构水平距离在 $3\sim 5\text{ m}$ 时采用全护筒施工措施,具体设计方案如下。

桩基础与地铁结构物之间净距大于 5 m 时,不采取特殊的施工方法;净距小于 5 m 时,采用全新钢护筒施工,钢护筒长度为桩基础全长,施工结束后拔出钢护筒。

与地铁结构物净距大于 5 m 处的桩基础,施工单位在进行基础施工时,应做好相应的施工组织方案,保证施工规范要求的垂直度;按照同地质已有经验,严格控制转机速度、泥浆比例等措施,避免发生塌孔,确保安全。

3.2 承台施工

对于地铁车站上部骑跨式承台,严格遵循“分层、平衡、对称、限时”的开挖原则进行施工。开挖过程中应尽量减小施工机械对地铁结构的扰动,同时应做好基坑防、排水。上跨地铁车站的承台基坑开挖时,必须采用人工开挖承台底部设计高程以上

500 mm 的土方,避免机械作业碰触破坏地铁顶板结构及防水,机械开挖时测量人员使用水准仪全程测量,严格控制机械开挖深度。避免破坏顶板的细石混凝土保护层,以保证不破坏车站防水层。

地铁站上方承台基坑开挖过程中,施工单位应配置专职安全员,对基坑开挖过程进行全程监护,严禁施工机械碰触地铁结构,严禁土方运输车辆在地铁车站上方行驶,严禁在地铁结构上方存土、堆土。

上跨地铁区间上方的大承台采用“间隔开挖”的施工顺序,确保地铁结构稳定。地铁结构上方长度超过 30 m 的大承台沿长边方向分两段开挖,沿一端开挖至中点后,破除桩头后施工混凝土垫层,进行钢筋绑扎的同时开挖另一段基坑。

承台施工时预先施做 15 cm 素混凝土垫层,上覆 15 cm 砂层作为承台施工底模,待承台施工完毕,第一批预应力张拉完成后将砂层掏空,达到承台底与素混凝土垫层分离,保证桥梁结构荷载不传递到车站结构上。

3.3 桥梁上部结构架设

上部结构施工前,施工单位应编制专项施工方案。钢梁架设施工前,尽可能避开地下及地面管线,若无法避开,吊车支腿下铺设钢板,增加支架受力面积。钢箱梁吊装方案应通过专家评审,吊装方案应通过地铁管理部门同意后方可实施。钢梁架设分块时,吊车荷载、吊装荷载需经过验算,满足地铁结构要求最大荷载,确保地铁结构安全。上部结构施工时,施工单位应做好地铁工程防护,加强监测。

3.4 河中围堰施工

部分跨河高架桥施工时,需在河道中填筑围堰,作为材料运输和施工平台,位于地铁区间上方的围堰施工前应制定详细的施工方案,此方案需经过地铁安评部门评审通过后方可实施。

填筑时应确保地铁区间上方填土荷载均匀有序增加,填料通过便道运输至现场后用装载机装运,推土机由河边开始逐渐向前推挤,施工单位应编制围堰施工专项方案,围堰施工方案经安评单位通过后方可实施,围堰施工时应根据监测数据及时调整填筑情况,筑岛填方位置对地铁变形控制指标应按照筑岛高度和施工阶段分阶段进行控制,根据填土较小时的监测数据对后序填土高度较高处的填筑方案进行修正,保证地铁结构安全。

围堰填筑应严格按照安评合格后的施工方案执行,施工过程中严格控制填筑高度,不得集中堆放,

及时推平整理,避免局部填筑高度过大对地铁区间结构安全产生影响。

筑岛施工填土至一定高度超过阶段控制值时应采取应急措施,如增加围堰过水管、使用轻质填料等减小地铁区间上方荷载,施工单位应编制专项应急预案,确保围堰施工时地铁结构的安全和桥梁施工的顺利进行。

4 地铁监测措施

靠近地铁的高架桥基础,基础开挖及桩基施工时应做好相关保护措施,并对地铁隧道的应力及变形监测,确保桥梁施工不对地铁隧道造成影响。

根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》(CJJ/T 202—2013)和《城市轨道交通工程监测技术规范》(GB 50911—2013),建议工程控制指标见表 1。

为了减少成桩过程中对地铁隧道的影响,桥梁下部结构施工应严格按设计方案进行。

根据实测值及沉降状况预警级别分为 A、B、C、D 四级预警,监测应结合地铁工期、运营节点和现场实际情况,对监测项目、监测频率和测点布置等进行细化调整。

表 1 工程控制指标表

序号	监测项目	累计变化量/ mm	变化速率/ (mm·d ⁻¹)
1	隧道结构竖向位移/mm	10	1
2	隧道结构水平位移/mm	10	1
3	隧道结构相对收敛/mm	10	1
4	附属结构位移/mm	10	1
5	轨道几何形位	-4~6	
6	地下结构混凝土构件 裂缝宽度	迎水面小于 0.2 mm; 背水面小于 0.3 mm	

5 结 语

该文结合工程实际探讨了城市高架桥遇到地铁结构时的处理方案,在确保地铁和桥梁结构安全的前提下尽量降低对地铁的影响,并控制桥梁工程增加的造价。

在遇到高架桥与地铁重合时,产权单位优先考虑的是地铁结构本身的安全,但是桥梁结构本身的安全和耐久也应重点关注,确保桥梁通行安全。

参考文献:

[1] CJJ/T 202—2013,城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].
[2] JTG 3363—2019,公路桥涵地基与基础设计规范[S].



《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

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

