

市政地道与地铁车站共建结构设计研究

王佳栋, 包华峰

中铁第六勘察设计院集团有限公司, 天津 300000

DOI:10.61369/UAID.2025020005

摘 要 : 随着城市的快速发展, 交通需求日益增长, 市政地道与地铁车站的共建项目逐渐增多。这种共建模式在有效利用地下空间、提升交通效率等方面具有显著优势, 但同时也给结构设计带来了诸多挑战。本文围绕市政地道与地铁车站共建结构设计展开深入研究, 详细阐述了共建结构设计的原则、流程、要点以及关键技术, 旨在为相关工程设计提供理论支持与技术参考, 确保共建项目的安全、高效与可持续发展。

关 键 词 : 市政地道; 地铁车站; 共建结构; 设计研究

Research on the Structural Design of Joint Construction of Municipal Tunnel and Metro Station

Wang Jiadong, Bao Huafeng

China Railway Liuyuan Group Tianjin Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Tianjin 300000

Abstract : With the rapid development of cities and the increasing demand for transportation, joint construction projects of municipal tunnels and metro stations are gradually increasing. This joint construction model has significant advantages in effectively utilizing underground space and improving transportation efficiency, but it also brings many challenges to structural design. This article conducts in-depth research on the structural design of joint construction of municipal tunnels and metro stations, elaborating on the principles, processes, key points, and critical technologies of joint structural design. It aims to provide theoretical support and technical reference for related engineering design to ensure the safety, efficiency, and sustainable development of joint construction projects.

Keywords : municipal tunnel; metro station; joint construction structure; design research

引言

在城市化进程日益加快的大环境中, 城市人口激增, 交通拥堵现象日益严重。为缓解交通压力、提升城市交通便利性与效率, 市政地道、地铁等重要城市交通基础设施被大量兴建。把市政地道和地铁车站联合建设, 可以集约化利用地下空间, 降低工程建设占用城市地面空间, 也为旅客换乘和出行提供便利。但由于市政地道和地铁车站的作用, 结构形式和荷载特性不同, 如何合理地设计共建结构已成为工程建设的重点问题。对市政地道和地铁车站联合施工结构设计进行深入研究, 有着十分现实的意义。

一、共建结构设计流程

(一) 前期调研与资料收集

开展共建结构设计前, 需做好前期充分调研及资料收集。其中包括详细调查工程所处地区地形地貌, 工程地质及水文地质条件, 查明地层分布, 岩土力学性质及地下水位, 从而为结构设计提供精确地质参数。同时搜集了城市总体规划, 交通规划及地下空间规划的有关数据, 确定了市政地道及地铁车站的地位及功能定位及其在城市交通系统中所处的地位, 并对其与周围建筑物及地下管线之间的联系进行了分析。另外, 需要对同类项目的设计与施工经验进行调查, 并对其中的成功经验与问题进行剖析, 以期对本设计起到借鉴作用。^[1]

(二) 概念设计

在前人研究及资料收集基础上对共建结构进行概念设计。在概念设计阶段, 主要决定了结构总体布局, 结构形式, 竖向关系等重点问题。从市政地道与地铁车站功能要求及场地条件出发, 对二者平面位置及相互关系进行合理定位, 例如采用上下层重叠, 左下层并列或者交叉排列。在选择合适的建筑结构, 例如框架、拱形或箱型结构时, 需要充分考虑到结构的受力特性、施工的可行性以及经济效益。同时确定了结构竖向标高、合理布置各层功能空间、净空要求及排水坡度。概念设计时, 应与城市规划, 交通, 建筑等各专业全面沟通协调, 保证设计方案合理可行。^[2]

(三) 详细设计

以概念设计为基础对共建结构做了详细设计。详细设计阶段

由结构计算分析,构件设计,节点设计和附属设施设计组成。采用结构力学,有限元分析方法,准确地计算了各荷载工况作用下结构内力及变形情况,并依据计算结果设计了结构构件,确定了其尺寸,配筋及其它参数。结构中各节点部位都经过了细致设计,确保了节点连接牢固可靠,使得结构可以共同工作。同时对其附属设施如地道排水系统,通风系统和照明系统以及地铁车站给排水系统,供电系统和通信系统等也做了设计、消防系统等以保证附属设施能满足结构正常使用及运行要求。在进行详细设计时,应严格遵守有关设计规范与标准,确保设计准确规范。

(四) 设计审查与优化

详细设计工作结束后,由有关专家、部门负责设计方案的评审。评审内容为结构安全性,功能性,经济性及可持续性,并对设计与有关规范及标准是否一致进行评审。在审查意见的基础上,优化调整了设计方案,使设计得到了进一步改进。在进行优化时可能会涉及到结构形式,构件尺寸,材料选择,附属设施布局等多方面的改造,从而提升设计方案的品质与可行性。经多次评审及优化后,最后确定了符合该项目需求的共建结构设计方案。^[3]

二、共建结构设计要点

(一) 平面设计要点

1. 线路走向与车站位置

市政地道及地铁线路走向要考虑城市交通规划,地形地貌及地下管线的分布情况,最大限度地减少线路弯折及波动,从而减少工程建设难度及运营成本。地铁车站选址宜设在客流量大的地区,例如城市商业中心,交通枢纽和大型居住区,并考虑到与市政地道连接的便捷性。车站选址时应综合考虑车站主体结构及市政地道平面关系,以免二者产生互相干扰及矛盾。比如站内主体结构要尽量避免市政地道关键位置,比如地道进出口和结构薄弱处。^[4]

2. 出入口与通道设计

地铁车站进出口和市政地道之间连接通道的设计非常关键。通道数量多,宽,长等要根据客流量合理计算设计,以确保旅客能安全,快捷通过。通道的坡度应当满足行人的通行标准,通常不应超过12%,而对于需要轮椅通行的通道,坡度应当更为温和。通道内应有完善的照明、通风、排水等设施,并有明显的标识系统指引旅客平稳抵达目的地。同时应兼顾通道和车站出入口及市政地道内的连接,以避免高差突变和转弯半径太小而影响交通。另外,通道结构设计要与车站、市政地道等建筑协调一致,确保建筑整体性、稳定性。

3. 换乘设施设计

若共建项目中涉及到不同线地铁车站间或者地铁和其他交通方式间的换乘时,应进行合理的换乘设施设计。换乘方式可以是同站台换乘,站厅换乘,通道换乘,并根据站点布局及客流量选择适宜换乘方式。如客流量大的枢纽车站可以利用同站台换乘缩短旅客换乘时间及行走距离。换乘设施设计应以人性化为重点,

布置充足的楼梯,电梯,自动扶梯和其他垂直交通设施以适应不同旅客的要求。同时确保换乘通道宽度及净空高度以避免客流拥堵。换乘区域内应当设置醒目导向标识、信息显示屏等,向旅客提供精准换乘信息。

(二) 竖向设计要点

1. 埋深确定

市政地道及地铁车站埋深要考虑很多因素。对市政地道而言,其埋深应符合车辆通行净空,道路排水要求及与周围地下管线竖向关系等。通常,隧道的土壤覆盖厚度不应低于0.7m,以确保道路结构的稳固性和驾驶的安全性。对地铁车站而言,其埋深应综合考虑其功能要求,施工方法和地质条件及其与市政地道之间的内在联系。如用明挖法修建的站场埋深比较浅;但暗挖法建站时,埋深可以视情况酌情深化。车站埋深确定后,还需考虑对与市政地道竖向重叠或者相交部位进行结构处理,以免由于埋深不合理而造成结构设计繁杂或者增加施工难度。^[5]

2. 层间关系设计

在市政地道和地铁车站之间采用上下层重叠布置或者分层布置的情况下,层间关系应进行合理的设计。对各层功能分区进行了清晰划分,以避免各功能区域间互相干扰。如市政地道布置于浅层、地铁车站布置于深层等,并通过合理结构转换层达到二者荷载传递。层间结构设计时应综合考虑承载能力与变形协调等因素,以保证上层结构所受荷载能安全、高效地向下层结构转移。同时应建立合理的通风,排水及检修通道便于各层设施的操作与检修。对层与层之间的楼板结构应根据荷载情况合理设计以确保楼板有足够强度与刚度。

3. 防水与排水设计

竖向设计时,防水和排水是至关重要的一环。因市政地道及地铁车站均位于地下环境中,地下水渗入会破坏结构,从而影响其使用寿命及正常运行。所以,应采取有效的防水措施如设防水卷材,防水涂料和防水混凝土以构成多道防水防线。结构中施工缝和变形缝处应做专门防水处理以保证防水可靠。同时应设计好排水系统并将地下水及雨水及时排除。排水系统可用自流排水与机械排水结合,集水井、排水泵设于车站及地道最低处,及时把积水抽排到地排水系统中。另外,排水坡度应合理设定,以确保排水畅通,以免结构中积水堆积。^[6]

(三) 结构设计要点

1. 荷载计算与组合

精确地计算出作用于共建结构的荷载,是进行结构设计的依据。荷载有恒载,活载,附加荷载及特殊荷载等。恒载由结构自重,覆土重量组成,可以按结构构件大小及材料容重来计算。活载由车辆荷载,人群荷载组成,其中车辆荷载应按市政地道及地铁设计标准设置,人群荷载应综合考虑站点及地道最大客流量。附加荷载主要有风荷载,温度作用和地震作用,其中风荷载与温度作用可以按当地气象条件及有关规范计算,而地震作用应按项目所在区域地震设防烈度计算。特殊荷载主要有施工荷载和爆炸荷载,施工阶段应考虑由施工设备和材料堆放引起的施工荷载作用,对有爆炸危险的地区应考虑爆炸荷载作用。在结构设计中,

应针对不同工况合理搭配荷载,例如承载能力限制状态的基础搭配,偶然性搭配以及正常服役限制状态的规范搭配等、准永久组合等来保证各条件下结构的安全性与适用性。^[7]

2. 结构选型与布置

针对市政地道及地铁车站功能要求,场地条件及荷载特点等因素,选取了适宜的结构选型及布置方案。常用结构形式包括框架结构,拱形结构和箱型结构。框架结构在空间布置上有一定的灵活性,便于施工,适合多数地铁车站以及市政地道施工;拱形结构具有良好的受力性能,能有效地承受大荷载,多用于跨度比较大的地道或者车站结构中;箱型结构具有整体性和良好的防水性能,适合在有防水要求的地下工程中使用。在结构布置中,应合理设置结构构件大小及间距以确保结构受力合理稳定。如合理设置框架柱位置等,使得水平及竖向荷载下结构受力均一;对拱形结构应合理地设计拱体矢跨比来提高其承载能力。同时应综合考虑施工可行性、尽可能简化施工形式、降低施工难度与风险。

3. 构件设计与连接

结构构件设计应以荷载计算结果为依据,以结构选型为依据。对于如梁、板、柱这些关键的结构部件,需要根据相关的设计标准来进行其强度、刚度和稳定性的计算,并确定这些部件的截面大小和钢筋配置。如梁体设计应综合考虑梁体承受弯矩,剪力及扭矩时的承载能力并合理布置纵向受力钢筋及箍筋等;板料设计应根据板料受力状态决定厚度及配筋方式。对结构中节点连接部分,应进行细致设计以确保其强度及可靠性。节点连接方式可以为焊接,螺栓连接,榫接,针对不同结构形式及受力要求选用适当连接方式。节点设计时应考虑节点应力集中情况,并采取有效构造措施如加大节点板厚度和设置加劲肋以提高其承载能力。在保证节点施工质量和节点连接满足设计要求前提下。^[8]

三、共建结构设计关键技术

(一) 结构协同工作技术

市政地道-地铁车站联合施工结构为一空间受力复杂系统,结构部分间互相影响和作用。为确保结构整体性能要求结构协同工作技术的应用。通过构建合理的结构力学模型并综合考虑各结构部分的连接方式,变形协调及荷载传递关系等因素,进行了结构整体分析与计算。例如,在使用有限元分析软件进行结构分析的时候,需要精确地模拟结构构件间的连接节点,例如采用铰接、刚接或半刚性连接等模型,以真实地反映结构的受力状况。同时应综合考虑施工期间结构受力变化情况,对施工过程进行模

拟分析以保证各施工阶段结构安全。通过采用结构协同工作技术,可以充分发挥各个结构部分承载能力,增强整体稳定性与可靠性。

(二) 抗震设计技术

鉴于市政隧道和地铁站点是城市的关键交通工程,其在地震影响下的安全保障显得尤为关键。所以抗震设计技术在共建结构设计中属于一项关键技术。进行抗震设计时,应根据项目所在区域地震设防烈度和场地类别来制定结构抗震设防标准。为了增强结构的抗震能力,应当采纳合适的抗震结构设计,例如通过设置抗震缝将其分为多个有规律的抗震单元。通过对地震响应的分析,计算了结构在地震影响下的内部力量和形变,并采纳了一系列有效的抗震措施,例如增加结构部件的配筋、设置约束边缘部件、加强节点连接等,以提升结构的延性和能量消耗能力。同时应综合考虑结构和周围土体在地震时的共同作用,并采用适当的土-结构共同作用模型对其加以分析,以保证结构的地震安全。^[9]

(三) 耐久性设计技术

市政地道及地铁车站地下潮湿环境中长期存在,受地下水,土壤侵蚀及多种化学物质等因素影响,其结构耐久性受到了严重挑战。为确保结构长期服役性能,必须采取耐久性设计技术。耐久性设计包括选材,混凝土配合比,结构构造措施和防护措施。选材时,优先选择耐腐蚀性能良好的钢筋及混凝土,例如使用环氧涂层钢筋,高性能混凝土。优化混凝土配合比、增强混凝土密实性与抗渗性、降低有害离子入侵。从结构构造方面对混凝土保护层的厚度进行了合理的设计,以避免钢筋锈蚀。同时采取有效防护措施如在结构表面涂覆防腐涂层和建立阴极保护系统。通过采用耐久性设计技术可以有效地延长结构使用寿命和减少维护成本。^[10]

四、结论

总之,市政地道-地铁车站联合施工结构设计是一个涉及到诸多专业领域以及诸多设计要点的复杂系统工程。通过遵循安全性,功能性,经济性以及可持续性的设计原则,依据科学合理的设计流程,掌握平面设计,竖向设计以及结构设计中的重点,并且采用了结构协同工作技术,抗震设计技术和耐久性设计技术这些关键技术,可以设计出安全,可靠,功能完备,经济,合理和可持续的共建结构方案。在实际工程设计时,还要根据具体工程条件与需求不断优化与创新,从而为城市交通基础设施建设,推动城市可持续发展提供强大技术支撑。

参考文献

- [1]叶至盛,杨凤梅.市政下穿隧道与地铁车站合建设计[J].现代隧道技术,2015,52(S2):141-147.
- [2]程骁.市政地道与地铁车站共建结构设计研究[J].工程建设与设计,2021,(22):14-16.
- [3]汪乐,王涛,宋磊.地铁明挖车站-市政桥梁合建结构的关键技术研究[J].隧道建设(中英文),2018,38(12):2006-2012.
- [4]丁建军.深厚砂层环境下与市政隧道合建地铁车站设计研究[J].文摘版:工程技术,2015,(19):62-63.
- [5]李飞.地铁车站与市政下穿隧道合建设计要点浅析[J].四川建材,2020,46(12):147-148.
- [6]张峰.市政地道与地铁车站共建结构设计关键技术研究[J].工程技术研究,2022,7(10):206-207.
- [7]黄勇.地铁车站与市政隧道共建结构的抗震性能分析[J].地震工程学报,2021,43(4):1006-1013.
- [8]陈强.市政地道与地铁车站共建结构的耐久性设计探讨[J].建筑技术开发,2020,47(15):123-124.
- [9]赵宇.市政道路与地铁共线设计解决方案[J].交通世界,2021,(36):142-143.
- [10]周洋.市政地道与地铁车站共建结构的协同工作性能研究[J].地下空间与工程学报,2020,16(S2):890-895.