

城市轨道交通工程平面联系测量方法研究与分析

辛忠跃

中铁第六勘察设计院集团有限公司 天津 300308

摘要: 在城市轨道交通工程中,平面联系测量至关重要。本文先阐述测量基准、精度要求及环境影响因素等核心要素,接着介绍导线、水准、GPS、三角测量法等主要方法,对比不同方法技术特性、适用场景与操作难度。还探讨测量设备改进适配、测量流程简化优化及环境干扰应对优化等方向,为城市轨道交通工程平面联系测量提供全面参考,助力提升测量水平与工程质量。

关键词: 城市轨道交通工程;平面联系测量;测量方法;优化方向

引言:城市轨道交通工程作为城市发展的关键基础设施,其建设质量与安全备受关注。平面联系测量作为工程测量的核心环节,承担着将地面坐标系准确传递至地下,建立统一测量基准的重要任务。精确的平面联系测量能够保障隧道准确贯通、车站精准对接,对工程顺利推进起着决定性作用。然而,城市轨道交通工程环境复杂,测量面临诸多挑战,深入研究平面联系测量方法具有重要的现实意义。

1 城市轨道交通工程平面联系测量核心要素

1.1 测量基准要求

测量基准是平面联系测量的基础与前提,为整个测量过程提供统一的参照标准。在城市轨道交通工程中,需建立统一的坐标系统与高程系统,确保地面与地下测量数据的一致性。坐标系统通常采用城市独立坐标系或国家坐标系,以满足工程规划、设计与施工的需求^[1]。高程系统则依据城市高程控制网进行设定,为隧道掘进、车站建设等提供准确的高程信息。在建立测量基准时,需充分考虑城市轨道交通线路的走向、站点分布以及周边地形地貌等因素,确保基准点的稳定性和可靠性。基准点应布设在不易受施工干扰、地质条件稳定的位置,并定期进行复测与维护,以保证其精度满足工程要求。同时,测量基准的传递需遵循严格的程序和方法,通过精密的测量仪器和技术手段,将地面基准点的坐标和高程准确传递至地下,为后续测量工作提供坚实基础。

1.2 测量精度要求

测量精度是衡量平面联系测量成果质量的重要指标,直接关系到城市轨道交通工程的建设质量和安全。在平面联系测量中,对角度测量、边长测量以及坐标传递等环节均提出了严格的精度要求。角度测量需采用高精度全站仪进行观测,观测过程中需严格控制仪器对中、整平以及目标照准等误差,确保角度观测值的准确

性。边长测量则需考虑大气折光、地球曲率等因素对测量结果的影响,采用合适的测量方法和仪器进行精确测量。坐标传递过程中,需通过多种测量方法的组合应用,提高坐标传递的精度和可靠性。为满足测量精度要求,需选用先进的测量仪器和设备,并定期进行检定和校准。同时,测量人员需具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,严格按照测量规范和操作规程进行测量作业,确保测量成果的精度符合工程要求。

1.3 测量环境影响因素

测量环境对平面联系测量的精度和可靠性具有重要影响。在城市轨道交通工程中,测量环境复杂多变,包括地下隧道、车站等封闭空间以及地面施工场地等开放空间。地下环境中,温度、湿度、通风条件等因素可能对测量仪器产生干扰,影响测量精度。地面环境中,施工振动、车辆行驶等因素可能引起基准点的位移或变形,导致测量误差增大。为减小测量环境对测量成果的影响,需在测量前对测量环境进行详细勘察和分析,制定针对性的测量方案和应对措施。在地下测量中,可采用温度补偿、湿度控制等技术手段,减小环境因素对测量仪器的影响。在地面测量中,需加强对基准点的保护和监测,及时发现并处理基准点的位移或变形问题,确保测量基准的稳定性和可靠性。

2 城市轨道交通工程平面联系测量主要方法

2.1 导线测量法

导线测量法在城市轨道交通工程平面联系测量中应用广泛。从测量原理来看,通过在地面与地下布设一系列连续的导线点,利用全站仪测量相邻导线点间的水平距离与水平角,依据已知点的坐标与方位角,逐步推算出各导线点的坐标,实现地面与地下坐标系统的联系。测量流程上,先在地面选定合适的起始点并获取准确坐标与方位角,接着在地下按一定间距布设导线点,依次测量各点间

的距离与角度，最后进行数据处理与平差计算^[2]。适用场景方面，适用于有竖井、斜井等通道的隧道工程，能较好地适应不同地形与施工条件。技术要点在于导线点的布设要合理，保证点位稳定且便于观测；测量过程中要严格控制仪器对中、整平误差，确保角度与距离测量精度；数据处理时需采用合适的平差方法，提高成果可靠性。

2.2 水准测量法

水准测量法主要基于水准仪提供水平视线，通过测量两点间的高差来确定点的高程。在城市轨道交通工程中，测量原理是利用水准仪读取水准尺上的读数，计算相邻点间的高差，结合已知点高程推算未知点高程，以此建立地面与地下的高程联系。测量流程为先在地面建立高程控制点，将水准仪安置在合适位置，依次在各水准尺上读数并记录，通过计算得出高差，逐步传递至地下。适用场景多为对高程精度要求较高的工程部位，如车站、隧道进出口等。技术要点包括水准仪与水准尺的检校要符合规范，确保仪器精度；观测时要消除视差，保证读数准确；测量路线选择要合理，尽量减少转点次数，降低误差累积。

2.3 GPS测量法

GPS测量法借助全球定位系统卫星信号来确定地面点的三维坐标。测量原理是GPS接收机同时接收多颗卫星信号，通过测量信号传播时间差计算接收机到卫星的距离，再结合卫星的轨道参数，解算出接收机所在点的坐标。测量流程为在地面与地下合适位置架设GPS接收机，进行一定时间的观测，采集卫星信号数据，然后通过专业软件处理数据得到坐标。适用场景是地面开阔、通视条件好的区域，能快速获取大量点的坐标信息。技术要点在于要保证GPS接收机接收卫星信号良好，避免遮挡；观测时段选择要合理，确保有足够数量的卫星参与解算；数据处理时要考虑对流层、电离层等误差影响，采用适当模型进行修正。

2.4 三角测量法

三角测量法依据三角形的几何关系进行测量。测量原理是在地面与地下选定一系列三角形网点，通过测量三角形的内角与一条边长，利用正弦定理等计算其他边长与角度，进而推算各网点坐标。测量流程为先布设三角形网点，构建测量网形，然后测量各三角形的内角与起始边边长，最后进行数据处理与坐标计算。适用场景是地形起伏较大、通视条件较好的区域，能构建稳定的测量控制网。技术要点是三角形网形的布设要合理，保证网形强度；角度测量要采用高精度仪器，严格控制观测误差；边长测量要考虑大气折光等因素影响，确保测量精度。

3 不同平面联系测量方法对比

平面联系测量是地下工程施工测量的核心环节，核心任务是将地面控制网的平面坐标传递至地下，建立统一坐标系统以保障工程贯通精度^[3]。常用方法包括一井定向、两井定向及垂准仪投点法，三者和技术特性、适用场景及操作难度上存在显著差异，结合相关工程测量规范及实践研究，以下从多维度展开系统对比，为工程测量方法选型提供科学依据。

3.1 技术特性对比

技术特性是衡量平面联系测量方法适用性的核心指标，主要涵盖精度水平、误差来源及设备依赖程度，不同方法的技术侧重存在明显区分，具体对比如表1所示。

表1

测量方法	精度水平	误差来源	设备依赖
一井定向	中等，井下起始边方位角中误差可控制在2'以内	主要来自钢丝摆动、风流干扰及角度观测偏差	依赖全站仪、经纬仪及吊锤钢丝，设备操作便捷
两井定向	较高，方位角互差可控制在1'以内，精度优于一井定向	误差主要源于地面导线布设及井下联测偏差	需两台全站仪及多套吊锤设备，对设备协同性要求较高

3.2 适用场景对比

平面联系测量方法的选型需紧密结合工程实际条件，井径大小、井深、施工工况及场地条件均会影响方法适用性，不同方法的适用范围具有明确边界，具体对比如表2所示。

表2

测量方法	井径要求	井深适配	适用工况
一井定向	要求井径较大，需满足双钢丝悬挂及仪器操作空间	更适配井深较浅的工程，井深过大易增加钢丝摆动误差	适用于地铁车站、矿山竖井等单竖井施工场景
两井定向	对单井径要求较低，需具备两个相邻竖井	适配中深井施工，井深增加对精度影响较小	适用于车站已完成的盾构区间或矿山法浅埋隧道
垂准仪投点法	对井径要求灵活，可适配小井径施工场景	适配中深井施工，精度受井深影响较小	适用于顶管工作井等作业空间受限的施工场景

3.3 操作难度对比

操作难度主要体现在工序复杂度、人员技能要求及作业耗时三个方面，直接影响施工效率及测量成果可靠性，不同方法的操作难度差异明显，具体对比如表3所示。

表3

测量方法	工序复杂度	人员技能要求	作业耗时
一井定向	工序较简单，仅需完成钢丝悬挂、角度及边长测量	要求较低，普通测量人员经简单培训即可操作	较短，单次作业可在数小时内完成

续表:

测量方法	工序复杂度	人员技能要求	作业耗时
两井定向	工序复杂,需完成地面导线布设及井下联测等多道工序	要求较高,需测量人员具备导线布设及平差计算能力	较长,需协调多台设备及人员,作业周期较长
垂准仪投点法	工序中等,核心是仪器姿态调整及标靶定位	要求中等,需掌握垂准仪操作及误差控制技巧	中等,标靶拆装耗时较短,整体效率优于两井定向

综上,一井定向兼顾便捷性与经济性,适用于浅井、大井径的简单工况;两井定向精度更优,适配多竖井中深井施工;垂准仪投点法灵活高效,适用于小井径及作业空间受限场景,实际应用中需结合工程条件合理选型。

4 平面联系测量方法优化方向

4.1 测量设备改进适配

在科技飞速发展的当下,测量设备的性能提升为平面联系测量方法的优化提供了坚实基础。对于传统导线测量法所使用的全站仪,可进一步增强自动化程度^[4]。例如,研发具备自动目标识别与跟踪功能的全站仪,能减少人工操作带来的误差,提高测量效率。同时,提升全站仪的测角与测距精度,通过采用更先进的传感器技术和精密的机械结构,使测量数据更加准确可靠。水准测量法依赖的水准仪,可朝着智能化方向发展。增加内置的数据处理与分析模块,能在测量现场实时对高差数据进行处理,及时发现异常数据并给出提示,避免后续重复测量。并且,改进水准仪的补偿装置,提高其在复杂环境下的稳定性,确保测量结果的精度。GPS测量法方面,研发抗干扰能力更强的接收机是关键。针对城市轨道交通工程中地下环境或高楼林立区域信号易受干扰的问题,通过优化接收机的天线设计和信号处理算法,增强对微弱信号的捕获与处理能力,提高在复杂环境下的定位精度。此外,将惯性导航技术与GPS技术融合,在GPS信号丢失时利用惯性导航继续提供位置信息,保证测量的连续性。

4.2 测量流程简化优化

导线测量法流程中,可优化布点方案。依据工程实际需求和地形特点,采用更合理的导线点布设方式,减少不必要的导线点数量,降低测量工作量。同时,简化测量过程中的记录与计算环节,利用电子记录设备自动记录测量数据,并通过内置软件快速完成初步计算与平

差,减少人工操作可能出现的错误。水准测量法可优化观测顺序和次数。根据高程控制网的精度要求,合理确定前后视距差和观测次数,在保证精度的前提下减少观测时间。并且,采用往返观测一次完成的方式,避免重复架设仪器,提高测量效率。GPS测量法可简化数据预处理流程。开发更高效的数据处理软件,自动完成卫星钟差、大气延迟等误差的修正,减少人工干预,缩短数据处理时间。同时,优化观测计划的制定,根据工程进度和测量需求,合理安排观测时段和观测站点,提高测量工作的灵活性。

4.3 环境干扰应对优化

针对复杂环境对平面联系测量的干扰,需采取针对性措施。在地下隧道等封闭环境中,可建立局部参考坐标系,结合地面控制点进行坐标转换,减少地下环境对测量的影响。同时,在隧道内合理布置通风和照明设备,改善测量环境,提高测量设备的稳定性和测量人员的操作便利性。在地面施工场地等开放环境中,加强对测量基准点的保护^[5]。采用坚固的基座和防护装置,防止基准点因施工振动、车辆行驶等因素发生位移。

结束语

城市轨道交通工程平面联系测量方法多样,各有优劣。通过对其核心要素、主要方法的剖析以及不同方法的对比,明确了各方法适用场景。同时,从测量设备改进、测量流程优化和环境干扰应对等方面提出优化方向,有助于提升测量精度与效率。在实际工程中,需依据具体条件合理选择测量方法并不断优化,为城市轨道交通工程建设提供可靠的测量保障,推动工程高质量建设。

参考文献

- [1]张志生.城市轨道交通工程平面联系测量方法研究与分析[J].品牌与标准化,2023(3):190-192.
- [2]陈生.平面联系测量在城市轨道交通中的应用[J].建筑工程技术与设计,2021(7):268-269.
- [3]陈卓.城市轨道交通双层车辆基地规划设计案例研究[J].交通与运输,2024,40(5):46-50.
- [4]吴新泽,王艳华.城市轨道交通工程测量若干问题探讨[J].中国设备工程,2023(11):215-217.
- [5]赵建.城市轨道交通双层车场信号联锁系统设计方案研究[J].时代汽车,2024(9):169-171.