

轨道控制网 (CPⅢ) 平面测量信息化技术研究

王曙光

中国水利水电第七工程局有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i11.5008

[摘要] 高速铁路和城市轨道交通无砟轨道施工及运维的重要基础设施是控制网(CPⅢ),控制网(CPⅢ)的平面测量精度直接影响到轨道平顺性、行车安全。传统的CPⅢ平面测量方法在效率、数据可靠性和成果管理等各方面存在着明显的不足,不能满足现代轨道交通建设对高精度、大规模施工的要求。本文从技术角度出发,对CPⅢ平面测量的核心原理做了详细的分析,对目前的行业应用现状进行了系统的整理,对现有的技术瓶颈提出了改进意见。利用信息化手段对测量的全过程进行优化,即数据采集、数据处理、数据存储、数据应用等各个环节的管理。研究表明,该体系可以大大提高测量精度和作业效率,减少人力成本,对保证轨道交通工程质量安全起到积极的作用,具有较好的实际应用前景和推广价值。

[关键词] 轨道控制网; 平面测量; 信息化技术

中图分类号: TL501+1 **文献标识码:** A

Research on Information Technology for Plane Measurement of the Track Control Network (CPⅢ)

Shuguang Wang

Full Name of the Organization: China Seventh Hydraulic and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] The control network (CPⅢ) serves as a critical infrastructure for the construction and operation of ballastless tracks in high-speed railways and urban rail transit. The planar measurement accuracy of the CPⅢ directly impacts track smoothness and train safety. Traditional CPⅢ planar measurement methods exhibit significant shortcomings in efficiency, data reliability, and outcome management, failing to meet modern rail transit construction demands for high precision and large-scale construction. From a technical perspective, this paper provides a detailed analysis of the core principles of CPⅢ planar measurement, systematically reviews current industry applications, and proposes improvements for existing technical bottlenecks. By optimizing the entire measurement process—data collection, processing, storage, and application—through informatization, the study demonstrates that this system can significantly enhance measurement accuracy and operational efficiency, reduce labor costs, and play a positive role in ensuring the quality and safety of rail transit projects, with promising practical application prospects and promotion value.

[Key words] Track Control Network; Plane Surveying; Information Technology

我国轨道交通事业的迅速发展明显加大了高铁和城市轨道交通基础设施建设的规模,对轨道工程施工精度和运营安全提出了更高的要求。无砟轨道精测与维护工作中的主要工具——轨道控制网(CPⅢ)平面测量数据的准确性,直接影响到轨道几何形位精度以及列车运行稳定性的好坏。传统的CPⅢ平面测量仍然采用外业人工观测、内业导入测量数据至平差软件处理的方式,低效性和人为因素干扰问题越来越突出,在应对大规模高精度工程任务的时候暴露出明显的不足。在此情况下,把信息化技术应用到CPⅢ平面测量中去,对实现全生命周期的数字化管理有着重要的意义。本文对CPⅢ平面测量现状进行梳理分析,

从实际出发,针对目前存在的问题,提出有针对性的信息化优化方案,为轨道交通领域开展测量工作规范化、智能化提供理论基础和实施参照。

1 CPⅢ平面测量概述

1.1 CPⅢ平面测量核心定义

作为高精度平面控制网的第三级体系,轨道控制网(CPⅢ)以基础平面控制网(CPⅠ)或者线路控制网(CPⅡ)为基础,是无砟轨道精测和动态维护的重要设施。其主要作用就是给轨道板布设、精调作业和运营期间的轨道状态监测提供准确的空间定位基准,保证铁路运输的安全性和舒适性。CPⅢ使用高精度测量设

备对各个控制点进行三维坐标采集,建立统一的空间参考框架,给轨道交通工程全生命周期管理提供可靠的空间地理信息系统支撑。该系统具有高密度布网、高精度定位和较强的适应性等特点,但是实际使用时必须严格按照《高速铁路工程测量规范》(TB 10601—2009)的要求进行,保证相邻节点之间的位置偏差满足规范规定的限值标准,一般相邻点位的中误差应小于1毫米。

1.2 CPⅢ平面测量基本流程

作为轨道交通工程的重要环节,CPⅢ平面控制测量具有很强的系统性。其总体流程可以分为前期准备、野外作业和室内分析这三个主要部分。前期工作主要是进行资料搜集、点位布置和仪器校准等工作。全面收集CPI、CPⅡ控制网成果及线路设计图纸,按规范要求合理布置CPⅢ控制点,一般沿线路两侧均匀布置,纵向间距取60米左右,横向布置应符合结构宽度的技术要求;对全站仪、水准仪等测量仪器进行全面检测、调试,保证测量仪器精度符合施工要求。野外观测时,采用自由设站或者边角交会法等方法进行实地测量,用全站仪采集角度、距离等有关数据,增加独立观测次数以提高数据的可靠性。对每一个测站点都必须进行多次重复观测来提高结果的稳定性。内业处理阶段主要对原始观测数据进行规范化整理、异常值剔除和系统偏差修正等精细化工作,经过严密平差计算后得到高精度控制点坐标成果,再经过质量检验流程对最终成果进行全面的质量评价,保证达到国家有关技术规范和行业标准的要求。

1.3 CPⅢ平面测量核心要求

高速铁路无砟轨道精测精调技术体系中,CPⅢ控制网属于关键的基准体系,它的主要作用就是达成高精度的空间定位以及多维参数约束。本系统建立目的是达到轨道交通设施对轨道几何状态的要求,即毫米级高精度定位以及相关的技术指标(相邻点间误差、中误差等)。因此,系统设计要重点解决系统性偏差及可能的累积效应问题,保证测量成果可以准确地为后面轨道铺设和调整工序提供依据。尤其在大规模的工程建设中,提高作业效率有重大意义,所以应该采用模块化的设计理念,并结合智能化辅助工具来达到高精度、高效率的目的,从而满足项目的工期要求。为了保证整个工程质量的可控性,从方案的制定到数据处理的每一个环节都必须严格按照标准操作规程和相关技术文件的要求进行,并且要加强对重要环节的质量检查。对于具有特殊地貌或者特殊工况的工程,比如山区、跨江大桥、高填方路基等,应研究出相应地区和特殊工况的应急预案和施工方案,保证在各种情况下能对施工安全进行保障,从而保证工程的正常运作。

2 CPⅢ平面测量行业现状

2.1 行业发展现状

伴随着我国轨道交通基础设施建设的不断深入,以高精度三维控制网(CPⅢ)为基础的平面测量技术也逐步走向规模化应用,成为高速铁路、城市轨道交通以及无砟轨道工程的主要测量方法。目前该领域已经形成了比较完善的标准化技术体系,基准

点布设、数据处理等都严格按照行业规范和国家标准执行。依靠全站仪、GNSS接收机等先进设备的使用,测量精度大大提高,作业效率明显提高,部分项目还用上了智能化观测机器人来提高自动化程度。信息化技术的加入使得专业软件平台、管理系统得到发展,渐渐取代了以前的人工管理方式。针对CPⅢ平面测量的关键技术问题,国内外的科研机构开展了系统的探究工作,在数学建模以及误差修正算法的改良方面取得了诸多关键的成果,给信息化技术的实际应用赋予了结实的理论支撑和技术助力。该领域技术革新一方面可以改善工程检测的品质和速度,另一方面也会给相关行业升级发展带来积极的影响。

2.2 现存技术短板

虽然CPⅢ平面控制网测量技术已经被广泛地应用到各个工程中,但是其信息化的发展水平还存在着明显的不足。大部分工程现场仍然使用传统的全站仪人工操控方式进行测量,内业人工导入测量数据至平差软件处理,这样既降低了工作效率,又容易造成记录错误或者遗漏,从而影响到数据的准确性以及完整性。数据处理环节也十分繁杂,野外观测数据需要人工导入到专业的软件中进行初步检查、平差等一系列复杂的操作之后才能形成正式的成果文件,整个过程耗时较长,对人员的技能要求较高,造成结果之间的一致性难以保证。目前成果管理缺少系统化支撑,原始资料一般以纸质档案或者分散存放在电子文件的形式保存,没有形成统一的信息管理系统,增大了丢失或者损坏的风险。就信息共享而言,各施工方、监理单位、设计单位之间数据交换形式不科学,协调难度大,易造成沟通不畅,从而对整个工程的进度、质量控制水平造成不利影响。

2.3 信息化发展需求

由于轨道交通工程规模越来越大,技术标准越来越严格,CPⅢ平面控制网的信息化建设也到了最关键的时期。从施工组织管理角度出发,使用信息化技术可以大大提高测量效率,缩短工期,从而满足大型项目对于时间节点的要求;在质量管理上,使用数字化工具进行动态监测、精准校准,可以大大减少由于人为因素造成的误差,保证数据的准确性、可靠性;就协同作业而言,创建统一的信息平台有利于各方之间信息交流、资源共享,使勘察、设计、监理、施工等环节之间更加顺畅地协调配合,进而提高整个运行效率。按照《计量数字化转型行动计划》的要求,推进传统测量方式同现代信息技术融合发展是必然的。为了满足该发展的需要,急需采用先进的技术手段来提高CPⅢ平面控制网的测量过程,使全链条的测量过程标准化、智能化地进行,助力智慧轨道交通基础设施建设的战略目标实现^[1]。

3 CPⅢ平面测量信息化技术

3.1 数据采集信息化:实现自动化、智能化观测

数据采集属于CPⅢ平面测量的关键部分,它所具有的信息化程度直接关系到整个项目精确和快速。目前推进观测流程的智能化转型已经成为提高作业效率的主要方式。应该积极引进高精度自动化测量设备,比如测量机器人、智能全站仪等,并采用蓝牙、Wi-Fi等无线通信技术来完成数据采集的全过程,从而

有效地减少由于人为因素造成的测量误差。徕卡TS60型测量机器人依靠自动对中、多回观测的功能,在一次操作中可以完成所有的测量工作,大大提高了工作效率,也大大降低了传统人工操作所花费的时间。还要开发出可以兼容各种专业测量仪器的应用软件平台,可以对观测数据进行实时采集并自动生成详细的记录,避免由于手工输入造成的误差,也可以保证数据传输的及时性和完整性。应建立完善的质量管理体系,利用软件内置的质量监控模块定期对采集结果进行分析评价,对出现的异常或者不符合标准的数据及时发出警报提示,督促有关人员核查并修正问题,保证最终成果真实可靠。还要充分考虑采用GNSS技术来提高CPIII控制网的空间布局设计及扩展方案,使系统具有更好的稳定性和适用性^[2]。

3.2 数据处理信息化: 实现高效化、精准化运算

在CPIII平面测量数据处理中使用信息化技术可以达到流程优化、效率提高和精度提高的目的。为了达到此目的,应该建立一个集数据导入、质量检查、高精度平差和成果评价等功能于一身的智能化信息管理系统,从而实现全自动化作业,减少由于人为因素造成的偏差。该系统应该具有多种格式数据兼容的功能,采用自由网或者三维联合平差等先进的算法来提高平差运算的速度和结果的可靠性。要创建起完备的误差分析及修正体系,借助专业软件精准找出并量化系统性和随机性误差产生的源头,联系环境要素(温度、湿度),设备性能等各方面来评定可能带来的影响,再经由数学模型采取相应的补偿措施,从而削减累积误差。对温压场发生波动的某一物理条件(温度、压力等)可以研制出模块化的补偿方案,从而提高测量的准确性^[3]。

3.3 成果管理信息化: 实现规范化、便捷化管控

信息化管理手段的应用,成了CPIII平面测量全过程控制的主要根基。要创建起统一规范的数字化管理体系,从而达成数据标准化存储、智能化检索以及高效应用的目的。应该以云服务技术为基础建立一个集中式的成果管理系统,把原始观测数据、阶段性成果以及最终的研究报告等文件存放在云端的数据库里,

以此来避免因为传统介质所造成的物理损坏或者丢失的风险,并且可以满足多终端协同工作的需要。要建立完善的追溯系统,给每一个成果分配一个唯一的标识号,详细记载生成它的时刻、操作者和质量指标等信息,供日后核查和责任追究使用。还需要加入先进的人工智能算法模块来提高信息筛选的速度和数据分析的能力,用标签化处理和可视化展示技术提取出主要的属性特征,给工程项目质量管理提供决策支持^[4-5]。

4 结束语

轨道控制网(CPIII)平面测量是轨道交通工程质量管理的环节,信息化水平的好坏直接影响项目质量及施工进度。本文首先对CPIII平面测量基本原理及主要功能进行系统的解析,然后结合行业现状来探究它推进信息化改革的意义。因此提出包含数据采集、处理、存储全过程的信息化管理方案,使传统的人工操作变成智能化、规范化的工作方式。该方案可以大大提高作业效率、测量精度,也可以大大提高数据记录的可靠性、成果管理的便捷性,给轨道交通基础设施建设提供重要的技术支撑。

[参考文献]

- [1]吴凡,徐立中.轨道精测精调技术对地铁振动源强影响试验研究[J].铁道勘察,2024,50(04):125-131.
- [2]王涛,孟磊.高速铁路轨道控制网CPIII修复测量技术应用分析[J].测绘与空间地理信息,2024,47(S1):299-302+309.
- [3]刘进娃.高速铁路轨道控制网精密测量技术要点探讨[J].居业,2024,(04):93-95.
- [4]陈晓辉,王伟,潘大伟.基于秩亏网平差的轨道控制网测量数据处理方法研究[J].建筑与预算,2024,(03):58-60.
- [5]李谋思,刘志锋.轨道交通GNSS控制网的建立及数据分析处理[J].河南科技,2024,51(06):11-15.

作者简介:

王曙光(1986--),男,汉族,湖北荆门人,本科,职称:高级工程师,从事的研究方向:工程测量、工程安全监测。