

明挖装配式地铁车站施工测量关键技术

李耀耀

中国建筑第七工程局有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i8.4984

[摘要] 明挖装配式地铁车站施工测量贯穿工程全周期,对精度、协同性要求极高,面临高精度控制、多环节协同及复杂环境干扰等挑战。本文构建“首级-二级-施工控制网”三级体系,融合BIM与三维激光扫描技术,建立动态变形监测与误差补偿机制。在预制构件生产、基坑开挖、构件拼装等阶段实施精准测量控制,并开发自动化监测系统数字化技术,实现测量智能化、精细化管理,保障施工精度与安全。

[关键词] 装配式地铁车站; 施工测量; 三维激光扫描; 误差控制

中图分类号: U231.3 文献标识码: A

Key Technologies for Construction Surveying of Open-Cut Prefabricated Subway Stations

Yaoyao Li

China Construction Seventh Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] Construction surveying of open-cut prefabricated subway stations runs through the entire project cycle, requiring extremely high precision and coordination, facing challenges such as high-precision control, multi-link collaboration, and complex environmental interference. This paper constructs a three-level system of "primary - secondary - construction control network," integrates BIM and 3D laser scanning technology, and establishes a dynamic deformation monitoring and error compensation mechanism. Precise measurement control is implemented in stages such as prefabricated component production, foundation pit excavation, and component assembly. Digital technologies such as automated monitoring systems are developed to achieve intelligent and refined measurement management, ensuring construction precision and safety.

[Key words] prefabricated subway station; construction surveying; 3D laser scanning; error control

引言

在城市轨道交通建设快速发展的当下,明挖装配式地铁车站凭借高效、环保等优势成为重要发展方向。施工测量作为保障车站结构精度与稳定性的关键环节,贯穿工程全生命周期。与传统现浇车站不同,其测量精度要求严苛,且面临多环节协同、复杂施工环境干扰等诸多挑战。本文聚焦明挖装配式地铁车站施工测量关键技术,旨在为实际工程提供科学指导,推动行业技术发展。

1 明挖装配式地铁车站施工测量特点与挑战

1.1 施工测量特点

明挖装配式地铁车站施工测量贯穿工程全生命周期,具有高精度、全流程、强协同的核心特点。与传统现浇车站相比,其测量精度要求更为严苛,因预制构件拼装的衔接精度直接决定结构稳定性,轴线偏差、高程误差需控制在毫米级,远超现浇结构标准。测量工作覆盖预制构件生产、基坑开挖、现场拼装等多个环节,形成“工厂-现场”双向联动的测量模式,需实现工厂生产精度与现场施工精度的精准衔接^[1]。同时,测量工作需与

施工、构件生产、监理等多部门协同,同步配合构件吊装、基坑支护等工序,具有实时性强、衔接性高的特点。此外,城市地铁施工多位于繁华地段,周边建筑物密集、地下管线复杂,测量作业空间受限,且易受施工扰动、环境温度变化等因素影响,进一步凸显了测量工作的系统性和复杂性。

1.2 关键技术挑战

明挖装配式地铁车站施工测量面临多重技术挑战,首要挑战是高精度控制难度大,预制构件体型庞大、重量大,拼装过程中易产生姿态偏移,且基坑开挖过程中土体沉降、围护结构变形会导致测量基准点偏移,难以长期维持高精度测量基准。其次,多环节测量协同难度高,工厂生产阶段的构件尺寸测量、现场基坑开挖的边坡及高程测量、拼装阶段的构件定位测量,需建立统一的测量坐标系,避免出现衔接误差,而不同环节的测量环境、测量设备差异易造成误差累积。另外,复杂施工环境的干扰的问题突出,城市地下管线、周边建筑物遮挡会影响测量视线,施工过程中的机械振动、温度变化会导致测量仪器精度下降,同时,动态施工过程中,构件姿态、基坑变形处于实时变化状态,对测量

的实时性和动态调整能力提出了更高要求,易出现测量滞后或误差补偿不及时的问题。

2 明挖装配式地铁车站施工测量关键技术体系构建

2.1 三级测量控制网设计

为解决明挖装配式地铁车站施工测量的精度控制问题,构建“首级控制网-二级控制网-施工控制网”的三级测量控制网体系,确保各环节测量工作的统一性和高精度。首级控制网以城市轨道交通平面控制网和高程控制网为基础,布设环形导线网和水准网,采用严密平差法计算,作为整个工程测量的基准,点位选在稳固地段,确保视野开阔、通视良好,避开强电磁场和发热体,满足长期稳定使用要求。二级控制网在首级控制网基础上加密布设,覆盖整个车站施工区域,主要用于基坑开挖、构件拼装等关键工序的测量控制,采用附和导线或结点导线网形式,相邻边长不宜相差过大,保障测量精度的均匀性。施工控制网针对具体施工环节布设,如构件拼装区域的局部控制网、基坑边坡监测控制网,采用高精度全站仪进行观测,对测量数据进行实时校验,实现测量基准的逐级传递,有效控制误差累积,为各施工环节提供精准的测量依据^[2]。

2.2 BIM+三维激光扫描技术应用

将BIM技术与三维激光扫描技术深度融合,构建可视化、高精度的施工测量技术体系,有效解决装配式车站测量中的协同性和精度控制难题。首先,基于BIM模型构建车站三维数字化模型,将预制构件尺寸、基坑设计参数、测量控制网等信息集成到模型中,实现测量工作的可视化规划。其次,利用三维激光扫描仪对施工现场、预制构件进行高精度扫描,在10米范围内可生成误差仅1毫米的点云模型,快速获取现场实际工况数据,与BIM设计模型进行比对分析,精准识别构件尺寸偏差、基坑变形、拼装错位等问题,及时反馈并调整。该技术可实现构件拼装过程的实时监测,通过点云数据与BIM模型的实时匹配,指导构件姿态调整,确保拼装精度,同时,扫描数据可同步更新至BIM模型,形成动态更新的数字化档案,为后续施工监测、误差补偿提供数据支撑,大幅提升测量效率和精度,原本需6小时完成的结构复核工作可缩短至2小时。

2.3 动态变形监测与误差补偿

针对明挖装配式地铁车站施工过程中的动态变形问题,建立全流程动态变形监测体系,并配套完善的误差补偿机制,保障施工测量精度。动态变形监测覆盖基坑开挖、构件拼装、结构成型等全过程,监测内容包括基坑边坡沉降、围护结构水平位移、预制构件拼装变形、测量基准点稳定性等,采用分布式光纤、高精度水准仪、全站仪等设备,实现监测数据的实时采集、传输和分析。结合监测数据,运用大数据分析,预测变形发展趋势,当监测值超过预设阈值时,及时触发预警,指导施工调整。同时,建立多维度误差补偿机制,针对测量仪器误差、环境温度误差、施工扰动误差等不同类型误差,采取针对性补偿措施,如仪器定期校准、温度修正系数引入、基准点实时校正等,通过误差溯源分析,量化误差影响程度,采用严密平差法对测量数据进行

修正,有效抵消误差累积,确保测量结果的准确性和可靠性,为工程安全施工提供保障。

3 明挖装配式地铁车站施工测量关键技术实施

3.1 预制构件生产阶段测量控制

预制构件生产阶段的测量控制是确保后续拼装精度的基础,需贯穿模具制作、钢筋加工、构件浇筑、成品检验全流程,严格执行相关规范要求。模具制作阶段,采用高精度全站仪对模具各组件的平整度、几何尺寸进行测量校验,模具尺寸允许偏差需符合设计要求,新制、改制模具投入使用前必须进行尺寸检验,合格后方可使用,预应力构件模具需根据设计要求预设反拱。钢筋加工阶段,测量控制钢筋骨架的尺寸、间距及保护层厚度,确保符合设计标准。构件浇筑过程中,实时测量构件高程、轴线位置,控制浇筑偏差。成品检验阶段,采用三维激光扫描技术对构件尺寸、预留孔洞、预埋件位置进行全面测量,预埋件及预留孔洞中心位置允许偏差需严格把控,对带饰面或夹心外墙板,需提前绘制排版定位图并进行测量校验,首件构件合格后进行预拼装测量,确保构件质量满足现场拼装要求,不合格构件严禁出厂。

3.2 基坑开挖阶段测量控制

基坑开挖阶段测量控制的核心是确保基坑开挖尺寸、高程及边坡坡度符合设计要求,预防基坑变形过大引发安全隐患。开挖前,依据三级测量控制网,采用全站仪精准放出基坑开挖边线、坡顶线、坡底线及高程控制点,在基坑周边布设沉降、位移监测点,明确监测频率和控制阈值^[3]。开挖过程中,实时测量基坑开挖深度,采用水准仪控制坑底高程,避免超挖或欠挖,对基坑边坡进行分层测量,校验边坡坡度,及时调整开挖坡度,确保边坡稳定性。加强对基坑周边建筑物、地下管线的变形监测,结合动态变形监测数据,分析基坑开挖对周边环境的影响,若出现变形超标情况,立即停止开挖,采取支护加固措施。开挖至设计标高后,对坑底平整度、高程进行全面测量复核,布设坑底施工控制网,为后续构件拼装奠定精准的测量基础,确保坑底条件满足拼装要求。

3.3 构件拼装阶段测量控制

构件拼装阶段是施工测量的关键环节,直接决定车站结构的整体精度和稳定性,需实现构件定位、姿态调整、接缝控制的高精度测量。拼装前,利用BIM模型与现场测量数据进行比对,校验拼装区域的基准点和控制网,确保拼装基准准确。拼装过程中,采用全站仪、激光跟踪仪等设备,实时测量预制构件的平面位置、高程及垂直度,结合AR辅助测量技术,将构件设计位置与实际位置进行可视化比对,指导施工人员调整构件姿态。针对构件接缝处的间隙、错台等问题,进行精准测量,控制接缝偏差在设计允许范围内,采用专用测量工具检测接缝平整度,确保衔接紧密。每完成一段构件拼装后,对拼装精度进行全面复核,测量数据与设计参数比对,若存在偏差,及时进行调整,同时将拼装测量数据录入数字化管理平台,形成拼装测量档案,确保拼装过程可追溯,保障整个车站结构的拼装精度。

4 数字化测量技术创新应用

4.1 自动化监测系统开发

依托数字化技术, 发明明挖装配式地铁车站施工测量自动化监测系统, 解决传统人工测量效率低、误差大、实时性差的问题, 实现测量监测的智能化、自动化。该系统集成高精度传感器、数据采集模块、无线传输模块及数据分析模块, 可实现基坑变形、构件拼装精度、基准点稳定性等多参数的实时采集, 无需人工现场操作, 减少人为误差。系统支持多源数据融合, 可接入全站仪、三维激光扫描仪、分布式光纤等多种测量设备的数据, 自动校准坐标系差异, 实现数据无缝融合。同时, 内置智能预警算法, 结合历史数据和实时监测数据, 对变形趋势进行预测, 当监测数据超过预设阈值时, 立即通过手机端、电脑端向管理人员推送预警信息, 便于及时采取应对措施。另外, 系统可实现监测数据的自动存储、分析和报表生成, 大幅提升测量监测效率, 为施工决策提供实时、精准的数据支撑, 推动施工测量向智能化转型。

4.2 AR辅助测量技术

AR辅助测量技术作为数字化测量的创新手段, 在明挖装配式地铁车站施工测量中得到广泛应用, 有效提升测量效率和精度, 降低施工难度。该技术通过AR设备将BIM模型、测量控制网、构件设计参数等数字化信息叠加到施工现场实景中, 实现测量工作的可视化指导。施工人员通过AR眼镜即可直观看到构件的设计位置、高程、轴线及拼装偏差, 无需反复对照图纸, 大幅减少测量失误。在构件拼装阶段, AR辅助测量技术可实时显示构件实际位置与设计位置的偏差, 指导施工人员精准调整构件姿态, 尤其是在复杂拼装区域, 可有效解决视线遮挡、测量难度大的问题。同时, AR技术可实现测量数据的实时录入和同步更新, 将现场测量数据与BIM模型、数字化管理平台联动, 实现测量工作的协同化、可视化, 降低对专业测量人员的依赖, 提升施工测量的智能化水平和施工效率。

4.3 测量数据管理与分析平台

在明挖装配式地铁车站建设中, 构建施工测量数据管理与

分析平台意义重大。此平台致力于达成测量数据的全流程管控、高效分析以及共享利用, 为施工决策筑牢坚实的数据支撑。该平台全面整合工程全生命周期的各类测量数据, 涵盖控制网测量、构件生产、基坑开挖、拼装以及动态监测等数据, 实现数据的集中存储、精准分类管理与便捷追溯查询, 让数据管理井井有条。平台具备强大的数据处理与分析能力, 能对测量数据进行自动校验、误差分析以及趋势预测。运用大数据算法深度挖掘数据背后的规律, 精准识别施工过程中的潜在风险, 为误差补偿、施工调整提供科学且可靠的依据^[4]。同时, 平台支持多部门协同共享, 施工、监理、构件生产等部门可实时查看测量数据, 确保数据同步更新, 实现高效协同办公, 有效避免因信息不对称导致的施工偏差。平台还能自动生成标准化的测量报表和分析报告, 为工程质量验收、后续运维提供完整且规范的测量数据档案, 有力推动施工测量向数字化、精细化管理转型, 提升地铁车站建设的质量与效率。

5 结束语

明挖装配式地铁车站施工测量关键技术的研究与应用, 有效解决了高精度控制、多环节协同及复杂环境干扰等难题。通过构建三级测量控制网、融合先进技术、实施精准阶段控制以及开发数字化创新应用, 实现了测量工作的智能化、精细化管理, 保障了施工精度与安全。未来, 随着技术不断进步, 施工测量技术将更趋完善, 为地铁建设高质量发展提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]刘忠华, 蔡吉泉, 陈浩. 装配式拼装车站在长春地铁6号线的应用[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(21): 83-85.
- [2]许煜成, 华俊杰, 周爱兆. 基于盾构扩建地铁车站结构的Y型装配式节点抗震性能分析[J]. 河南科技, 2023, 42(20): 72-75.
- [3]彭智勇, 杨秀仁, 王臣, 等. 肥槽回填对装配式地下车站结构的力学影响[J]. 都市轨道交通, 2023, 36(2): 100-106, 126.
- [4]王磊. 地铁车站施工测量控制方法与措施[J]. 现代装饰, 2025(3): 145-147.