

轨道交通工程车站施工自动化监测技术及应用

杨 昆 贺秀珍

中铁第六勘察设计院集团有限公司 天津 300131

摘要：本文聚焦轨道交通车站施工自动化监测技术。阐述了其依托高精度传感器与先进数据处理技术融合的原理，介绍了由传感器、数据传输、处理分析及预警模块构成的系统，按监测对象和技术类型分类说明。详述了系统组建流程、点位布设要点及影响精度因素与控制措施。重点探讨了该技术在围岩稳定性、主体结构施工、支护结构监测中的实际应用，可实时掌握施工参数变化，预警安全隐患，优化施工方案，保障施工安全与质量，为轨道交通车站建设提供有力支持。

关键词：轨道交通车站；施工监测；自动化监测技术；应用

引言：轨道交通车站施工环境复杂，地质条件多变，施工安全与质量面临诸多挑战。自动化监测技术凭借其高精度、实时性、连续性等优势，成为保障施工安全与质量的关键手段。它融合了传感器技术、数据传输技术、数据处理与分析技术以及预警技术，能够实时捕捉施工过程中的各类物理参数变化，为施工决策提供科学依据。本文将深入探讨轨道交通车站施工自动化监测技术的原理、构成、分类、系统组建要点，以及在围岩稳定性、主体结构施工、支护结构监测等方面的实际应用，旨在全面展现该技术在轨道交通车站施工中的重要作用，为相关工程实践提供参考。

1 轨道交通车站施工自动化监测技术及原理

轨道交通车站施工自动化监测技术是保障施工安全与质量的关键手段，其核心原理依托于高精度传感器的精准感知与先进数据处理技术的深度融合。在车站施工过程中，围岩的应力应变、结构的变形位移、支护的受力状态等物理参数处于动态变化中。各类专业传感器，如应变计、位移计、测力计等，被精准布置于关键监测部位，实时捕捉这些物理参数的细微变化，并将所获取的模拟信号迅速转化为数字信号。

数据传输系统作为信息传递的桥梁，采用高速稳定的通信协议，确保数字信号能够准确无误、及时高效地传输至监测终端。监测终端搭载功能强大的数据分析系统，运用先进的算法和模型对海量监测数据进行深度处理与分析。通过挖掘数据背后的潜在规律，精准判断施工安全状态，评估结构稳定性与可靠性^[1]。

当监测参数超出预先设定的预警阈值时，系统将自动触发预警机制，以声光报警、短信通知等多种形式及时向相关人员发出警示，为施工调整提供科学依据。该技术实现了“监测 - 传输 - 分析 - 预警”的完整闭环运

行，其核心优势在于彻底摆脱人工干预，大幅提升监测效率与数据精度，能够对施工全过程进行实时、连续、动态的全方位监测。在实际应用中，需充分考虑监测对象的特性差异以及施工的具体需求，科学合理地选择传感器类型、确定监测频率与精度，同时采取有效的抗干扰措施，保障监测系统的稳定可靠运行，为轨道交通车站施工安全提供坚实的数据支撑与决策保障。

2 轨道交通车站施工自动化监测技术构成与分类

2.1 监测系统核心构成

轨道交通车站施工自动化监测系统是一个高度集成且精密运作的整体，其核心构成主要涵盖传感器模块、数据传输模块、数据处理与分析模块以及预警模块这四个关键部分，各模块紧密配合、协同作业，共同完成自动化监测的全流程任务。传感器模块作为整个监测系统的基石，承担着采集各类监测参数的重要职责。它会依据不同的监测对象，如围岩、主体结构、支护结构等，精准选择与之适配的传感器类型，确保能够全面、准确地获取所需数据。数据传输模块则负责将传感器采集到的数字信号，借助有线或无线的传输方式，稳定且及时地传送至监测终端，为后续的数据处理提供基础保障，其传输的实时性和稳定性至关重要。数据处理与分析模块会对传输过来的海量监测数据进行系统整理、严格筛选、精确计算和深入分析，从中提取出数据的变化规律，进而准确判断监测对象的安全状态。预警模块依据数据分析结果，结合预先设定的预警阈值，一旦监测参数超出阈值范围，便会自动触发声光预警或短信预警机制，及时提醒相关人员采取应对措施，保障施工安全。

2.2 按监测对象分类

按监测对象的不同，轨道交通车站施工自动化监测技术可精准划分为围岩监测技术、结构监测技术以及支

护监测技术三大类别。围岩监测技术聚焦于车站施工过程中围岩的关键参数,着重对围岩变形、围岩应力等展开实时监测。通过对这些参数的动态跟踪,深入掌握围岩稳定性的变化规律,以便提前察觉潜在的不稳定因素,有效防范围岩坍塌等严重安全事故的发生,为施工安全筑牢防线。结构监测技术主要围绕车站主体结构,如底板、侧墙、顶板等部位,对其沉降、位移、裂缝等重要参数进行监测。通过精准获取这些数据,能够及时评估主体结构的施工质量和安全状况,确保结构在施工过程中符合设计要求,保障车站建成后的长期稳定运行。支护监测技术则针对施工过程中的支护结构,像锚杆、钢支撑、喷射混凝土等,监测其受力、变形等参数,以此判断支护结构的承载能力和稳定性,及时发现支护失效隐患并采取相应措施。

2.3 按监测技术类型分类

依据监测技术类型的差异,轨道交通车站施工自动化监测技术可划分为传感监测技术、光学监测技术和自动化采集技术这三类。传感监测技术是当下应用极为广泛的一种自动化监测手段。它借助各类高精度传感器,像应变传感器能精准感知物体的应变变化,位移传感器可精确测量物体的位移情况,压力传感器则能准确获取压力数据等,直接采集监测对象的物理参数。该技术具备精度高、响应速度快以及可实现连续监测的显著优势,能为施工安全提供详实且及时的数据支持;光学监测技术基于光学原理开展工作,例如利用激光的高方向性和全站仪的高精度测量特性,实现对监测对象位移、变形的非接触式监测。这种技术特别适用于空间狭小、人员难以进入或不便安装接触式传感器的区域,有效弥补了传感监测技术在特定场景下的不足;自动化采集技术通过专门的自动化采集设备,达成监测数据的自动采集、存储与传输,最大程度减少人工干预,避免人为因素导致的数据误差,大幅提升监测效率,保障数据的连续性和完整性,为施工决策提供可靠依据^[2]。

3 轨道交通车站施工自动化监测系统组建及技术要点

3.1 监测系统组建流程

轨道交通车站施工自动化监测系统的组建需遵循“明确监测需求-选择监测参数-布设监测点位-安装监测设备-调试运行-正式监测”的核心流程。首先,结合车站施工工艺、地质条件和监测需求,明确监测对象和监测参数,确定监测精度和监测频率;其次,根据监测对象的分布特点和施工进度,合理布设监测点位,确保监测点位能够全面覆盖监测区域,准确捕捉参数变化;然后,安装传感器、数据传输设备和监测终端,连接各模

块,完成系统组装;最后,对系统进行调试,检查传感器灵敏度、数据传输稳定性和数据分析准确性,调试合格后进入正式监测阶段。组建过程中,需注重各模块的兼容性,确保传感器采集的数据能够顺利传输至数据处理模块,数据分析结果能够准确触发预警模块,保障系统的整体运行效率。

3.2 监测点位布设要点

监测点位的布设直接影响监测数据的代表性和准确性,需遵循“全面覆盖、重点突出、便于安装、不影响施工”的原则。对于围岩监测,需在车站开挖轮廓线周边、掌子面等关键部位布设监测点位,重点监测围岩变形和应力变化;对于主体结构监测,需在底板、侧墙、顶板的关键截面、转角处布设监测点位,监测结构沉降、位移和裂缝发展;对于支护监测,需在锚杆、钢支撑等支护结构的关键部位布设监测点位,监测支护受力和变形情况。监测点位的数量和间距需根据监测对象的特性和施工需求确定,确保能够全面捕捉参数变化,同时避免点位过多影响施工进度。此外,监测点位需做好防护措施,防止施工过程中碰撞、损坏,确保监测设备的正常运行。

3.3 影响监测精度的主要因素及控制措施

影响轨道交通车站施工自动化监测精度的因素主要包括传感器性能、监测点位布设、外界环境干扰和系统调试四个方面。传感器性能直接决定监测数据的精度,若传感器灵敏度不足、误差过大,会导致监测数据失真;监测点位布设不合理,会导致监测数据无法反映监测对象的实际变化;外界环境(如温度、湿度、振动等)会干扰传感器工作和数据传输,影响监测精度;系统调试不到位,会导致各模块协同性差,数据处理出现误差。针对上述因素,需采取针对性控制措施:选择精度高、稳定性强、适配施工环境的传感器,并定期对传感器进行校准;严格按照布设原则合理布设监测点位,确保点位代表性;采取防护措施,减少温度、湿度、振动等外界因素的干扰,如对传感器进行密封、减震处理;加强系统调试,确保各模块运行正常,数据传输稳定、数据分析准确,定期对系统进行维护和检修,及时发现并解决问题^[3]。

4 轨道交通车站施工自动化监测技术的实际应用

4.1 围岩稳定性监测中的应用

在轨道交通车站施工中,围岩稳定性是影响施工安全的关键因素,自动化监测技术在其监测中发挥着至关重要的作用。该技术聚焦于围岩位移、围岩应力、围岩收敛等核心参数的精准监测。具体而言,在围岩的关键

部位,如拱顶、边墙等,科学合理地安装位移传感器、应力传感器等先进设备。这些传感器具备高精度、高稳定性的特点,能够实时、不间断地采集围岩的变形和应力数据。采集到的数据会迅速传输至数据处理模块,该模块运用专业的算法和模型对数据进行深度分析,从而精准判断围岩稳定性的变化趋势。一旦围岩位移、应力等参数超出预先设定的预警阈值,系统会立即自动发出预警信号,以直观的方式提醒施工人员。施工人员可依据预警信息,及时对施工方案进行调整,例如合理放缓开挖速度,避免因开挖过快导致围岩应力急剧变化;加强支护强度,增强围岩的稳定性,有效防范围岩坍塌等重大安全隐患的发生,为轨道交通车站施工安全提供坚实保障^[4]。

4.2 主体结构施工监测中的应用

在轨道交通车站主体结构施工阶段,对结构沉降、位移、裂缝和应力等关键参数的监测至关重要,这直接关系到结构施工的质量与安全。自动化监测技术凭借其高效、精准的特性,成为保障施工安全的重要手段。该技术通过在主体结构的关键部位,如底板、侧墙、顶板等,科学合理地安装沉降传感器、位移传感器、裂缝传感器以及应力传感器等设备。这些传感器能够实时、持续地采集结构参数的变化数据,并将数据准确无误地传输至数据分析系统。数据分析系统运用专业的算法和模型对数据进行深度处理,精准识别结构变形和裂缝的发展规律,进而判断结构是否处于安全状态。例如,在车站底板和侧墙施工时,通过自动化监测能实时掌握结构的沉降和位移情况,及时采取措施避免因沉降不均引发裂缝;在顶板施工过程中,对顶板应力变化的监测可确保其承载能力符合设计要求,有效防止顶板坍塌事故。此外,监测数据还能为结构施工调整提供科学依据,助力优化施工工艺,提升整体施工质量。

4.3 支护结构监测中的应用

在轨道交通车站施工过程中,支护结构作为保障施工安全的关键防线,其状态直接影响着整个工程的稳定性与安全性。自动化监测技术在支护结构监测领域发挥着不可或缺的作用,主要聚焦于对支护结构受力、变

形以及完整性等核心指标的精准把控。具体实施时,会在锚杆、钢支撑、喷射混凝土等各类支护结构上,有针对性地安装应力传感器、应变传感器、位移传感器等专业设备。这些传感器能够实时、动态地采集支护结构的受力和变形数据,并将数据迅速、准确地传输至监测系统。监测系统内置的数据分析模块会对这些数据进行深度剖析,以此评估支护结构的承载能力和稳定性状况。一旦监测到支护结构受力超出设计承载范围、变形超出允许限度,系统会立即自动发出预警信号。施工人员可依据预警信息,及时对支护结构进行加固处理,更换受损的支护构件,有效避免支护失效所引发的安全事故。此外,通过对长期积累的支护监测数据进行系统分析,还能为支护方案的优化提供科学依据,合理选定支护材料和参数,提升支护效果的同时降低施工成本^[5]。

结束语

轨道交通车站施工自动化监测技术是保障施工安全与质量的重要支撑。通过对其原理、构成、分类及系统组建要点的深入研究,并在围岩、主体结构、支护结构监测中合理应用,实现了对施工全过程的实时、连续、动态监测。该技术不仅提高了监测效率和数据精度,还能及时预警安全隐患,为施工调整提供科学依据。未来,随着技术的不断发展,自动化监测技术将更加智能化、精准化,进一步保障轨道交通车站施工的安全与高效,推动轨道交通建设事业的持续发展。

参考文献

- [1]赵宁.轨道交通工程车站施工自动化监测技术及应用[J].建筑机械,2026(1):138-142.
- [2]赵江昊.地铁车站土建施工进度的控制措施[J].新材料·新装饰,2021,3(6):2-6.
- [3]马超,顾晓峻,李彬.无线通信技术在轨道交通中的应用[J].智能城市,2021(6):163-164.
- [4]孙创.基于5G无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统设计[J].计算机测量与控制,2021,29(3):234-237,247.
- [5]谢志锋,武宁.5G通信技术在城市轨道交通中的应用[J].中国新通信,2021(5):11-12.