

铁路施工中的智能监测技术及其在高铁项目中的应用

屈 显

中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 710000

摘 要: 铁路施工智能监测技术综合运用多种先进技术,对施工中的物理量、状态参数等实时监测分析,以把控安全、质量、进度。其工作流程涵盖数据采集、传输、处理分析与预警决策。常用技术有传感器、视频监控、卫星定位等,在高铁项目各施工阶段、安全管理及质量管理中发挥重要作用。未来,该技术将向智能化、自动化提升,深度挖掘数据,与施工管理融合,并应用于铁路全生命周期管理。

关键词: 铁路施工;智能监测技术;高铁项目

1 铁路施工智能监测技术概述

1.1 智能监测技术的定义

铁路施工智能监测技术是指综合运用传感器、通信、计算机、人工智能等多种先进技术,对铁路施工过程中的各种物理量、状态参数等进行实时、动态、精准的监测与分析,以实现对施工安全、质量、进度等方面的有效把控和科学决策支持的技术体系。它突破了传统监测手段在数据采集、处理和分析方面的局限性,能够快速、准确地获取施工现场的大量信息,并通过智能算法对这些信息进行深度挖掘,提前发现潜在的风险和问题,为铁路施工的顺利进行提供坚实保障。智能监测技术的核心在于其智能化特性,它不仅能够自动完成数据的采集和传输,还能运用机器学习、深度学习等算法对数据进行智能分析和判断,自动识别异常情况并发出预警。与传统监测技术相比,智能监测技术具有更高的实时性、准确性和可靠性,能够大大提高铁路施工的监测效率和管理水平。

1.2 智能监测技术的工作流程

智能监测技术的工作流程主要包括数据采集、数据传输、数据处理与分析以及预警与决策支持四个环节。

(1) 数据采集是整个流程的基础,通过在施工现场布置各类传感器,如位移传感器、应力传感器、温度传感器等,实时采集施工过程中的各种物理量数据。这些传感器具有高精度、高可靠性的特点,能够准确反映施工现场的实际情况^[1]。(2) 数据传输环节负责将采集到的数据及时、稳定地传输到数据处理中心。通常采用无线通信技术,如4G、5G、LoRa等,确保数据传输的高效性和实时性。同时为了保证数据的安全性,还会采用加密技术对传输的数据进行加密处理。(3) 数据处理与分析是智能监测技术的关键环节。数据处理中心接收到数据后,首先对数据进行预处理,包括数据清洗、去噪、归

一化等操作,以提高数据的质量。然后,运用智能算法对预处理后的数据进行深入分析,提取有价值的信息,如监测对象的变化趋势、异常特征等。通过对历史数据和实时数据的对比分析,能够及时发现潜在的风险和问题。(4) 预警与决策支持环节根据数据处理与分析的结果,当监测数据超出预设的安全阈值或出现异常情况时,系统会自动发出预警信息,通知相关人员及时采取措施。系统还会根据分析结果提供决策支持建议,帮助管理人员制定科学合理的应对方案,确保铁路施工的安全和质量。

2 铁路施工中常用的智能监测技术

2.1 传感器监测技术

传感器监测技术是铁路施工智能监测中最基础、最常用的技术之一。通过在铁路施工的关键部位,如桥梁墩台、隧道衬砌、路基等位置安装各类传感器,实时监测这些部位的位移、应力、应变、温度等参数。位移传感器可以精确测量结构物的变形情况,及时发现因施工荷载、地质变化等因素引起的结构位移,为评估结构的稳定性提供依据。应力传感器则用于监测结构内部的应力分布,判断结构是否处于安全受力状态。应变传感器能够测量结构在受力过程中的微小变形,反映结构的力学性能变化。温度传感器用于监测环境温度和结构温度,因为温度变化会对结构的力学性能产生重要影响,如引起混凝土的热胀冷缩等。传感器监测技术具有实时性好、精度高、数据可靠等优点,能够为铁路施工提供准确的监测数据。随着传感器技术的不断发展,新型传感器不断涌现,如光纤传感器、无线传感器等,具有更高的灵敏度和抗干扰能力,进一步提高了传感器监测技术的应用效果。

2.2 视频监控监测技术

视频监控监测技术通过在施工现场安装高清摄像

头,对施工过程进行实时监控和录像。管理人员可以通过网络远程查看施工现场的实时画面,及时了解施工进度、人员操作规范、安全防护措施等情况。视频监控监测技术不仅能够直观地展示施工现场的实际情况,还可以结合图像识别、人工智能等技术,实现对施工现场的智能分析^[2]。视频监控数据还可以作为施工过程的记录和证据,为后续的施工管理和事故调查提供重要依据。随着视频监控技术的不断进步,高清化、智能化、网络化成为发展趋势。高清摄像头能够提供更清晰的画面,智能分析算法能够更准确地识别各种场景和行为,网络化则使得视频监控数据能够实时传输和共享,方便管理人员随时随地进行监控和管理。

2.3 卫星定位监测技术

卫星定位监测技术主要利用全球导航卫星系统(GNSS),如GPS、北斗等,对铁路施工中的大型结构物,如桥梁、隧道等进行高精度的位置监测。通过在结构物上安装卫星定位接收机,实时获取结构物的三维坐标信息,监测其位移和沉降情况。卫星定位监测技术具有监测范围广、精度高、不受地形限制等优点。在铁路施工中,特别是对于长大桥梁和隧道等工程,卫星定位监测技术能够实现对结构物的远程、实时监测,及时发现结构物的异常变形,为施工安全和质量提供保障。卫星定位监测技术还可以与其他监测技术相结合,如传感器监测技术,形成多源数据融合的监测体系,提高监测的准确性和可靠性。

2.4 其他智能监测技术

除了上述常用的智能监测技术外,还有一些其他智能监测技术在铁路施工中也有应用。例如,无人机监测技术可以利用无人机搭载高清摄像头、激光雷达等设备,对施工现场进行快速、全面地巡查,获取地形地貌、施工进度等信息。无人机监测技术具有灵活性高、覆盖范围广等优点,能够快速获取施工现场的宏观信息,为施工规划和决策提供支持。另外,激光扫描技术可以用于对铁路工程的三维建模和变形监测。通过激光扫描仪对结构物进行扫描,获取其表面的三维点云数据,经过数据处理和分析,可以精确测量结构物的尺寸、形状和变形情况。激光扫描技术具有高精度、高效率的特点,能够为铁路施工的质量控制和安全评估提供重要数据。

3 智能监测技术在高铁项目中的应用

3.1 高铁项目施工特点与监测需求

高铁项目具有施工规模大、技术要求高、安全风险大等特点。高铁线路通常跨越不同的地质条件和地形地

貌,施工环境复杂多变。高铁对轨道的平顺性、结构的稳定性等要求极高,任何微小的变形或缺陷都可能影响高铁的运行安全和舒适性。因此,高铁项目施工过程中需要进行全面、精准地监测。监测需求主要包括对施工过程中的结构变形、应力变化、地质稳定性、环境因素等方面进行实时监测。通过监测及时发现潜在的安全隐患和质量问题,采取相应的措施进行调整和修复,确保高铁项目的施工安全和工程质量。

3.2 智能监测技术在高铁项目各施工阶段的应用

在高铁项目的不同施工阶段,智能监测技术发挥着不同的作用。在基础施工阶段,主要对桩基的沉降、位移等进行监测。通过安装位移传感器和沉降观测点,实时监测桩基的变形情况,确保桩基的稳定性。同时利用传感器监测桩基的应力变化,判断桩基的承载能力是否满足设计要求。在桥梁施工阶段,对桥梁墩台、梁体等结构进行位移、应力、应变监测^[3]。采用卫星定位监测技术对桥梁墩台的位移进行实时监测,利用传感器监测梁体的应力和应变情况。通过监测数据及时调整施工工艺和参数,确保桥梁结构的施工安全和质量。在隧道施工阶段,重点监测隧道的收敛变形、围岩压力等。通过在隧道内安装收敛计、压力传感器等设备,实时监测隧道的变形和围岩压力变化。结合视频监控监测技术,对隧道内的施工情况进行实时监控,及时发现施工中的安全隐患。在轨道铺设阶段,利用智能监测技术对轨道的平顺性进行监测。采用激光扫描技术和轨道几何状态测量仪等设备,对轨道的几何尺寸、高低、水平等参数进行精确测量,确保轨道的平顺性符合高铁运行要求。

3.3 智能监测技术在高铁项目施工安全管理中的应用

智能监测技术在高铁项目施工安全管理中发挥着重要作用。通过对施工现场的实时监测,能够及时发现安全隐患,如结构变形过大、违规操作等,并发出预警信息,通知相关人员采取措施进行处理。例如,在桥梁施工中,当监测到桥梁墩台的位移超出安全阈值时,系统会自动发出预警,提醒施工人员停止施工,并组织专家进行分析和评估,制定相应的加固措施。在隧道施工中,通过监测围岩压力和收敛变形,能够及时发现围岩失稳的迹象,提前采取支护措施,避免塌方等事故的发生。智能监测技术还可以结合人员定位系统,对施工人员的位置进行实时跟踪,确保施工人员在安全区域内作业。当施工人员进入危险区域时,系统会自动发出警报,提醒施工人员及时撤离。

3.4 智能监测技术在高铁项目施工质量管理中的应用

智能监测技术为高铁项目施工质量管理提供了有力

的支持。通过对施工过程中各种参数的实时监测和分析,能够及时发现质量问题,如混凝土强度不足、结构尺寸偏差等,并采取相应的措施进行调整和修复。在混凝土浇筑过程中,利用温度传感器监测混凝土的温度变化,确保混凝土在适宜的温度条件下养护,避免出现裂缝等质量问题。通过应力传感器监测混凝土结构的应力变化,判断混凝土的强度发展情况。利用激光扫描技术和三维建模技术对已完成的工程结构进行精确测量,与设计模型进行对比分析,及时发现结构尺寸偏差等问题,并进行整改。另外,智能监测技术还可以对施工材料的质量进行监测。例如,通过传感器监测原材料的物理性能和化学成分,确保原材料符合质量要求。在施工过程中,对混凝土的配合比、坍落度等进行实时监测,保证混凝土的质量稳定。

4 铁路施工中智能监测技术的未来发展趋势

4.1 智能化与自动化程度的提升

未来,铁路施工智能监测技术将朝着更高层次的智能化和自动化方向发展。智能算法将不断优化和完善,能够更准确地识别监测数据中的异常情况和潜在风险,并自动生成预警信息和决策建议。监测设备的自动化程度将进一步提高,实现自动采集、自动传输、自动分析和自动预警,减少人工干预,提高监测效率和准确性。例如,利用人工智能技术对监测数据进行深度学习和模式识别,能够提前预测结构物的变形趋势和破坏模式,为施工管理提供更科学的决策依据。自动化监测设备将具备更强的自适应能力,能够根据施工现场的环境变化自动调整监测参数和工作模式。

4.2 监测数据的深度挖掘与应用

随着监测数据的不断积累,如何深度挖掘和应用这些数据将成为未来研究的重点。通过对大量监测数据的分析,可以建立结构物的性能模型和健康评估体系,实现对结构物全生命周期的健康监测和管理。例如,利用大数据分析技术对监测数据进行关联分析和趋势预测,能够发现潜在的质量问题和安全隐患,提前采取措施进行预防和处理。监测数据还可以为铁路工程的优化设计和施工工艺改进提供参考,提高铁路工程的质量和效益。

4.3 监测系统与施工管理的深度融合

未来,智能监测系统将与铁路施工管理系统实现深

度融合,形成一个有机的整体。监测数据将实时反馈到施工管理系统中,为施工进度控制、质量控制、安全管理等提供数据支持。施工管理系统根据监测数据及时调整施工计划和措施,实现施工过程的动态管理和优化^[4]。例如,当监测数据显示某一段路基的沉降过大时,施工管理系统可以自动调整该段路基的施工顺序和加固措施,确保路基的稳定性。同时监测系统与施工管理系统的融合还可以实现信息的共享和协同工作,提高施工管理的效率和协同性。

4.4 智能监测技术在铁路全生命周期管理中的应用

智能监测技术将不仅仅局限于铁路施工阶段,还将拓展到铁路的全生命周期管理。在铁路运营阶段,继续利用智能监测技术对铁路线路、桥梁、隧道等结构物进行实时监测,及时发现结构的老化、损伤等问题,为铁路的维护和养护提供依据。通过建立铁路全生命周期的智能监测数据库,对铁路从建设到运营的整个过程进行全面记录和分析,为铁路的安全运营和可持续发展提供保障。智能监测技术还可以与铁路的智能化运维系统相结合,实现铁路的智能化管理和维护,提高铁路的运营效率和服务质量。

结束语

铁路施工智能监测技术为铁路建设尤其是高铁项目带来了显著变革,从施工过程监测到安全管理、质量管理,再到未来向全生命周期管理的拓展,都彰显了其重要价值。随着技术的不断发展,智能监测技术将更加智能、高效,与施工管理的融合也将更加紧密,为铁路工程的安全、质量与效益提供更坚实的保障,推动铁路建设事业迈向新的高度。

参考文献

- [1]姜晓冬.铁路施工中的智能监测技术及其在高铁项目中的应用[J].山西建筑,2025,51(01):121-124.
- [2]杨国恒,许锦权,郭闯,等.铁路施工中的临时用地恢复策略及其优化研究[J].交通节能与环保,2024,20(S2): 20-24+42.
- [3]单智,梁雨灵,陈辉华,等.智能铁路施工监测关键技术研究与发展[J].铁道运输与经济,2024,46(07):115-123.
- [4]樊振晖.铁路营业线跨区间换轨施工技术分析[J].四川水泥,2023,(04):47-49.