

智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的应用

赵 肖

重庆市轨道交通(集团)有限公司 重庆 400000

摘要: 智能检测技术在轨道钢轨维护保养中发挥着至关重要的作用。通过集成高精度传感器、先进算法和实时数据分析,智能检测技术能够实现对轨道状态的全面、实时轨道动态监测。这一技术不仅提高了轨道钢轨维护保养的效率和准确性,还降低了维护成本和安全风险。在实际应用中,智能检测技术已广泛应用于城市轨道交通高速综合检测列车、钢轨探伤车以及车载边缘AI计算机等领域,为轨道交通安全、高效运行提供有力保障。未来,随着城市轨道交通维保技术的不断进步,智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的应用前景将更加广阔。

关键词: 智能检测技术; 轨道钢轨; 维护保养; 应用分析

1 智能检测技术

智能检测技术是随着现代信息技术、人工智能、大数据分析及物联网等技术的快速发展而逐渐兴起的一种高效、精准的自动化检测技术。它融合了传感器技术、信号处理、模式识别、机器学习等多种先进技术,旨在实现对目标对象的高效、实时、非接触式检测与监测。智能检测技术不仅能够大幅提升检测精度和效率,还能通过数据分析与挖掘,提供更为全面、深入的检测结果,为决策支持提供科学依据。在工业生产、基础设施维护、医疗健康、环境保护等多个领域,智能检测技术正发挥着越来越重要的作用。通过部署智能传感器网络,结合先进的算法模型,可以实现对设备状态的实时监测、故障预警以及故障原因的快速定位,有效降低维护成本,提高运行效率,智能检测技术还能在极端或危险环境下进行作业,保障人员安全,拓展检测的应用范围。

2 轨道钢轨维护保养的重要性

轨道钢轨作为城市轨道交通运营系统的核心组成部分,其状态直接关系到列车运行的安全性和稳定性。轨道钢轨长期承受列车荷载、自然环境侵蚀以及材料疲劳等因素的影响,会出现磨损、裂纹、变形等多种损伤。这些损伤如果不及时检测和维修,将严重威胁城市轨道交通运营的安全,可能导致列车脱轨、颠覆等严重事故,给人民生命财产安全带来巨大威胁^[1]。轨道钢轨的维护保养工作显得尤为重要。定期检测轨道钢轨的状态,及时发现并处理潜在的安全隐患,是确保城市轨道交通运营安全、提高运输效率、延长轨道使用寿命的关键措施。有效的维护保养还能降低因轨道故障导致的列车停运、晚点等事件,提升铁路服务的整体质量和客户满意度。

3 轨道钢轨维护保养方法的局限性

3.1 检测效率低

传统的人工检测方法,如目视检查、敲击检测等,不仅耗时费力,而且检测效率极低。面对庞大的轨道网络,人工检测难以做到全面覆盖,容易遗漏潜在的安全隐患。随着城市轨道交通运营密度的增加,轨道的使用频率和磨损速度也在加快,传统的检测频率和方法已难以满足现代都市轨道交通对运营安全性的高要求。

3.2 人为误差大

人工检测过程中,检测人员的经验、技能水平以及主观判断都会对检测结果产生较大影响。不同检测人员之间可能存在较大的检测差异,导致检测结果的不一致性和不确定性。这种人为误差不仅降低检测的准确性,还可能误导后续的维护保养决策,给城市轨道交通运营安全带来潜在风险。

3.3 无法实时监测

传统检测方法通常只能在列车停运或特定时间段内进行,无法实现对轨道钢轨状态的实时动态监测。然而,轨道钢轨的损伤往往是一个渐进的过程,很多潜在的安全隐患在初期并不明显,只有在特定条件下才会暴露出来。因此缺乏实时监测手段意味着无法及时发现和处理这些初期损伤,从而增加了事故发生的可能性。

4 智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的应用

4.1 实时监测系统

实时监测系统作为智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的基石,其重要性不言而喻。这一系统通过巧妙地在轨道沿线布置各类高精度传感器,形成了一个覆盖广泛、反应灵敏的监测网络。这些传感器,如同轨道的“眼睛”和“耳朵”,能够实时捕捉轨道在列车通过时的细微振动、微小变形以及温度变化等关键信息。这些信息通过先进的无线传输技术,被迅速、准确地发送至

中央控制室,供专业人员进行分析和处理。实时监测系统的应用,意味着轨道钢轨的状态监测从传统的静态、间断性检测转变为动态、连续性监测。这种转变不仅大大提高了检测的及时性和准确性,还有效降低了因轨道故障导致的安全风险。系统能够及时发现轨道上的异常状况,如微小的裂纹、不均匀的磨损或异常的变形等,这些在传统检测方法中可能难以察觉的问题,实时监测系统还能够记录轨道在不同时间段、不同天气条件下的状态变化,为后续的数据分析和故障诊断提供宝贵的数据支持。

4.2 数据分析与故障诊断

在实时监测系统收集到的大量数据基础上,数据分析与故障诊断成为智能检测技术的又一关键环节。首先,通过信号处理技术,将传感器收集到的原始数据转化为易于分析的形式。其次,利用特征提取技术,从处理后的数据中提取出反映轨道状态的关键特征,如裂纹的长度、磨损的程度以及变形的类型等^[2]。最后,通过模式识别技术,对这些特征进行分类和识别,从而实现对轨道故障的智能诊断。故障诊断系统不仅能够准确识别轨道上的故障类型和位置,还能对故障的严重程度和发展趋势进行预测。这为后续的维护保养工作提供科学的依据,使得维修人员能够有针对性地采取措施,及时修复故障,避免故障扩大或引发更严重的事故。通过对历史故障数据的分析和学习,故障诊断系统还能不断优化自身的诊断能力和准确性,为轨道钢轨的维护保养提供更加可靠的支持。

4.3 智能巡检技术

智能巡检技术是智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的又一重要创新。这一技术结合了机器视觉、图像识别、无人机等先进技术,实现了对轨道钢轨的自动化、智能化巡检。智能巡检系统通过部署高清摄像头、红外热像仪等设备,对轨道进行全方位、多角度的监控。这些设备如同轨道的“守护者”,时刻注视着轨道的状态变化。利用机器视觉和图像识别技术,系统能够自动识别轨道上的裂纹、磨损、异物等异常情况,并生成详细的巡检报告。这些报告不仅包含了异常情况的图像和信息,还提供处理建议和后续跟踪计划,为维修人员提供极大的便利。结合无人机技术,智能巡检系统能够实现了对偏远或难以到达区域的巡检。无人机搭载高清摄像头和传感器,能够灵活地在轨道上空飞行,对轨道状态进行实时监测和记录。这种巡检方式不仅提高巡检的效率和覆盖面,还大大降低巡检人员的劳动强度和安全风险。智能巡检技术的应用,使得轨道钢轨的巡检工作更

加智能化、自动化和高效化。通过与实时监测系统和故障诊断系统相结合,智能巡检系统能够实现对轨道状态的持续跟踪和监测,为轨道钢轨的维护保养提供更加全面和及时的信息支持。

4.4 智能维护决策支持系统

智能维护决策支持系统是智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的综合应用。这一系统结合了实时监测数据、数据分析结果、智能巡检报告等多源信息,通过先进的算法和模型,为轨道钢轨的维护保养工作提供科学的决策支持。智能维护决策支持系统能够根据实时监测数据和故障诊断结果,自动判断轨道的维护优先级和维修方案。系统能够综合考虑轨道的状态变化、历史维护记录以及未来的使用计划等因素,为维修人员提供个性化的维护建议。这些建议不仅包括了维修的具体内容和步骤,还提供了所需的材料和工具清单以及预计的维修时间和费用等信息,为维修人员提供了极大的便利和支持。智能维护决策支持系统还能够根据轨道状态的变化和维修需求的变化,动态调整维护计划和资源分配。系统能够实时监测轨道的状态变化,及时发现新的维修需求,并根据需求的变化调整维护计划和资源分配方案。这种动态调整的能力确保了维护工作的及时性和有效性,避免了资源的浪费和延误。通过智能化的决策支持,智能维护决策支持系统能够大大提高轨道钢轨维护保养工作的效率和质量。系统能够提供科学的维护建议和决策依据,使得维修人员能够更加精准地定位和修复故障,降低维护成本,延长轨道使用寿命。系统还能够为轨道钢轨的维护保养工作提供长期的规划指导,为城市轨道交通运营的安全、高效、可持续发展提供有力保障。

5 智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的案例分析

5.1 轨道高速综合检测列车的应用

在轨道交通领域,高速综合检测列车(以下简称“综合检测车”)是智能检测技术应用的典范之一。综合检测车集成了多种高精度传感器和先进的检测技术,能够在高速行驶的同时,对轨道、桥梁、隧道、接触网等关键基础设施进行全面、实时的检测。在某条高速铁路线上,综合检测车的应用显著提升了轨道钢轨的维护保养效率和质量。该检测车装备了高分辨率摄像头、激光扫描仪、加速度计等多种传感器,能够实时捕捉轨道的几何尺寸、磨损情况、裂纹分布等关键信息。通过车载的数据处理系统,这些信息被迅速转化为直观的图像和报告,供维护人员分析和决策^[3]。在一次例行检测中,综合检测车及时发现了一段轨道上的微小裂纹。这些裂纹在传统的静态检测方法中可能难以察觉,但在综合检

测车的高精度传感器下无所遁形。维护人员根据检测车的报告，迅速定位并修复这些裂纹，有效防止潜在的安全隐患。另外，综合检测车还能够对轨道的几何尺寸进行精确测量，包括轨距、水平、高低等关键参数。这些数据为轨道的几何调整提供了科学依据，使得轨道的平顺性和稳定性得到显著提升。通过长期跟踪和监测，综合检测车还能够为轨道的预防性维护提供有力支持，大大降低轨道故障的发生率。综合检测车的成功应用，不仅提高轨道钢轨维护保养的效率和准确性，还降低维护成本和安全风险。这一技术的推广和应用，将为高速铁路的安全、高效运行提供有力保障。

5.2 钢轨探伤车的实践

钢轨探伤车是另一种在轨道钢轨维护保养中广泛应用的智能检测设备。它利用超声波、电磁等原理，对轨道内部进行非破坏性检测，能够准确发现轨道内部的裂纹、夹杂物等缺陷。在某地铁线路中，钢轨探伤车的实践应用取得了显著成效。该地铁线路由于运营时间长、客流量大，轨道钢轨的磨损和损伤情况较为严重。传统的检测方法不仅耗时费力，而且难以发现轨道内部的微小缺陷。而钢轨探伤车则能够在不中断运营的情况下，对轨道进行全面、深入的检测。在一次检测任务中，钢轨探伤车成功发现一段轨道内部的微小裂纹。这些裂纹虽然表面上难以察觉，但对轨道的承载能力和安全性构成严重威胁。维护人员根据探伤车的报告，及时采取修复措施，避免潜在的安全事故。钢轨探伤车还能够对轨道的磨损情况进行定量评估，通过长期跟踪和监测，维护人员可以准确掌握轨道的磨损规律和趋势，为轨道的预防性更换提供科学依据。这不仅延长轨道的使用寿命，还降低维护成本和安全风险。钢轨探伤车的成功实践，证明了智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的巨大潜力。这一技术的广泛应用，将为轨道交通安全、可靠运行提供有力支持。

5.3 车载边缘AI计算机的应用

车载边缘AI计算机是近年来在轨道交通领域兴起的一种新型智能检测设备。在某城际铁路线上，车载边缘AI计算机的应用取得了显著成果。该设备装备了高精度摄像头和深度学习算法，能够实时捕捉轨道的图像信

息，并自动识别轨道上的裂纹、异物等异常情况。通过边缘计算技术，这些异常信息被迅速处理和分类，生成直观的报警信息和维护建议。在一次夜间巡检中，车载边缘AI计算机成功发现一段轨道上的异物。这些异物虽然体积不大，但对列车的安全运行构成潜在威胁。维护人员根据设备的报警信息，迅速前往现场清理异物，确保了列车的安全通行^[4]。另外，车载边缘AI计算机还能够对轨道的几何尺寸和磨损情况进行实时评估。通过与历史数据的对比和分析，设备能够预测轨道未来的磨损趋势和维护需求，为轨道的预防性维护提供有力支持。这不仅提高轨道钢轨维护保养的效率和准确性，还降低维护成本和安全风险。车载边缘AI计算机的成功应用，展示智能检测技术在轨道交通领域的广阔前景。这一技术的不断创新和发展，将为轨道交通安全、高效、智能化运行提供新的动力。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，智能检测技术将在轨道交通领域发挥更加重要的作用，为人们的出行提供更加安全、便捷、舒适的服务。

结束语

综上所述，智能检测技术在轨道钢轨维护保养中的应用具有显著的优势和潜力。通过实时监测、精准分析和智能决策，这一技术为轨道交通安全、可靠运行提供了有力的技术支撑。未来，随着技术的不断创新和发展，智能检测技术将在轨道钢轨维护保养中发挥更加重要的作用，为人们的出行提供更加安全、便捷、舒适的服务。同时也期待更多的智能检测技术不断涌现，为轨道交通行业的可持续发展注入新的活力。

参考文献

- [1]夏群山,吴旭平,孙鑫.钢轨打磨方案智能分析仪设计与使用[J].轨道交通装备与技术,2023,(06):7-12.
- [2]甘元佳.城市轨道交通单渡线精细化设计研究[J].城市轨道交通研究,2025,28(1):113-116,124. DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.01.020.
- [3]张可可,朱文战.无损检测技术标准化管理体系构建研究[J].中国标准化,2024,(06):94-98.
- [4]王富春.确保城市轨道交通通信传输系统稳定运行的几个关键环节[J].科技风,2021(15):117-118.