公路工程检测中的智能化与自动化探索

豆 娇 徐建强

嘉兴市恒正工程检测有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘要：随着科技飞速发展，公路工程检测领域正经历从传统人工检测向智能化与自动化检测的深刻变革。本文深入探讨当前技术应用现状、面临挑战以及未来发展趋势。通过分析智能化与自动化检测在提升检测效率、精度、安全性等方面的显著优势，同时剖析技术发展、人才储备、标准规范等方面存在的制约因素，并提出针对性发展策略，旨在为公路工程检测行业的智能化与自动化发展提供理论参考与实践指导，推动行业技术进步与可持续发展。

关键词：公路工程检测；智能化；自动化；技术发展；挑战与策略

1 引言

公路工程检测作为保障公路质量的关键环节，贯穿于公路建设的规划、设计、施工及运营维护全过程。传统公路工程检测主要依赖人工操作和简单仪器设备，存在检测效率低、精度不高、主观性强、劳动强度大以及受环境因素影响显著等诸多问题，难以满足现代公路工程大规模建设与高质量维护的需求。近年来，随着信息技术、传感器技术、人工智能、机器人技术等前沿科技的迅猛发展，为公路工程检测的智能化与自动化提供了坚实的技术支撑。智能化与自动化检测技术能够实现检测过程的自动化控制、数据的实时采集与精准分析，极大提高检测效率和质量，降低检测成本与风险，成为公路工程检测领域发展的必然趋势。深入探索公路工程检测中的智能化与自动化，对于提升公路工程质量、保障交通安全、推动行业技术升级具有重要意义。

2 公路工程检测中智能化与自动化技术的应用现状

2.1 路面检测领域

2.1.1 激光平整度仪

该设备通过激光传感器发射激光束到路面，测量反射光的时间差来计算路面各点的高程，进而得到路面平整度指标。其检测速度快，精度高，可实时输出检测数据，并通过数据分析软件生成直观的平整度报告，广泛应用于新建公路和既有公路的平整度检测。

2.1.2 自动化弯沉仪

采用多组位移传感器和落锤式弯沉仪，通过落锤自由下落对路面施加瞬时荷载，测量路面在荷载作用下的弯沉变形。自动化弯沉仪能够快速、连续地采集大量弯沉数据，精确评估路面结构承载能力，为路面养护决策提供科学依据。

2.1.3 路面破损自动检测系统

基于图像识别技术和高清摄像头，在车辆行驶过程

中实时采集路面图像，通过图像处理算法自动识别路面裂缝、坑槽、车辙等病害类型、位置和严重程度。该系统可大幅提高路面破损检测的效率和准确性，减少人工巡查的工作量。

2.2 桥梁检测领域

2.2.1 桥梁健康监测系统

综合运用传感器技术、数据采集与传输技术、数据分析与处理技术，对桥梁的关键部位，如主梁、桥塔、索缆等进行实时监测。传感器包括应变传感器、加速度传感器、位移传感器等，可实时获取桥梁在运营过程中的结构响应数据，如应力、应变、振动频率、位移等^[1]。通过对这些数据的长期监测和分析，能够及时发现桥梁结构的潜在损伤和安全隐患，为桥梁的维护和管理提供预警信息。

2.2.2 自动化无损检测技术

超声波检测技术利用超声波在材料中的传播特性，检测桥梁结构内部是否存在缺陷，如混凝土内部裂缝、钢筋锈蚀等；雷达检测技术通过发射高频电磁波并接收反射波，对桥梁结构进行成像，可清晰显示结构内部缺陷的位置和形态。这些自动化无损检测技术无需对桥梁结构进行破坏，即可准确获取结构内部信息，为桥梁的质量评估和维修加固提供重要依据。

2.2.3 爬壁机器人检测技术

针对桥梁桥墩、箱梁等高空、复杂结构部位的检测，爬壁机器人可搭载高清摄像头、红外热像仪等检测设备，在垂直壁面或倾斜壁面上自主移动，完成对结构表面的外观检测和内部缺陷探测。爬壁机器人具有灵活的运动能力和较强的环境适应性，能够在危险、难以到达的区域进行高效检测，大大提高检测工作的安全性和效率。

2.3 隧道检测领域

2.3.1 隧道激光扫描技术

利用激光扫描仪对隧道内壁进行全方位扫描,获取隧道内壁的三维点云数据。通过数据处理软件对点云数据进行分析,可精确测量隧道的净空尺寸、断面形状、衬砌厚度等参数,同时检测隧道衬砌是否存在裂缝、渗水、剥落等病害。激光扫描技术具有高精度、高效率、非接触等优点,为隧道工程的施工质量控制和运营维护检测提供了有力手段。

2.3.2 地质雷达检测技术

地质雷达通过发射高频电磁波并接收反射波,探测隧道前方的地质情况和衬砌背后是否存在空洞、不密实等缺陷。该技术能够快速、准确地获取隧道地质和结构信息,为隧道施工过程中的地质超前预报和衬砌质量检测提供重要支持,有效预防隧道施工中的地质灾害和质量问题。

2.3.3 隧道通风与照明检测自动化系统

该系统通过安装传感器实时监测隧道内的通风状况(如风速、风量、空气质量等)和照明效果(如照度、均匀度等),并将数据传输至监控中心。根据监测数据,系统可自动调节通风设备和照明设备的运行状态,确保隧道内通风良好、照明适宜,提高隧道运营的安全性和舒适性。

3 公路工程检测智能化与自动化发展面临的挑战

3.1 技术层面

3.1.1 传感器性能与可靠性

传感器作为智能化与自动化检测设备的关键部件,其性能直接影响检测数据的准确性和可靠性。目前,部分传感器在复杂环境下(如高温、高湿、强电磁干扰等)的稳定性和耐久性有待提高,传感器的测量精度和分辨率也需进一步提升,以满足公路工程检测对高精度数据的需求。

3.1.2 数据处理与分析算法

智能化与自动化检测产生大量数据,如何高效、准确地处理和分析这些数据,提取有价值的信息,是当前面临的重要技术难题。现有的数据处理与分析算法在面对复杂、多变的公路工程检测数据时,存在一定的局限性,需要不断优化算法,提高数据处理的智能化水平,以实现检测数据的深度挖掘和精准分析。

3.1.3 系统集成与兼容性

公路工程检测涉及多种检测设备和系统,不同设备和系统之间的集成与兼容性是一个亟待解决的问题^[2]。目前,部分检测设备和系统采用不同的数据格式和通信协议,导致设备之间难以实现互联互通和数据共享,限制了智能化与自动化检测技术的整体效能发挥。

3.2 人才层面

3.2.1 专业人才短缺

公路工程检测智能化与自动化发展需要既懂公路工程专业知识,又掌握信息技术、自动化技术等多学科知识的复合型人才。然而,目前行业内此类专业人才相对匮乏,难以满足技术快速发展的需求。人才培养体系与行业实际需求之间存在一定脱节,导致毕业生在知识结构和实践能力方面与岗位要求存在差距。

3.2.2 人员培训与更新

随着智能化与自动化检测技术的不断更新换代,检测人员需要不断学习和掌握新的技术和方法。然而,目前行业内针对检测人员的技术培训和知识更新机制不够完善,培训内容和方式与实际工作需求结合不够紧密,导致检测人员难以快速适应新技术的发展,影响智能化与自动化检测技术的推广应用。

3.3 标准规范层面

3.3.1 标准体系不完善

目前,公路工程检测智能化与自动化领域的相关标准规范还不够完善,部分检测项目缺乏统一的技术标准和操作规程。这导致不同检测机构和企业检测过程中采用的方法、设备和评价标准不一致,检测结果可比性差,给工程质量和评估带来困难。

3.3.2 标准更新滞后

随着智能化与自动化检测技术的快速发展,新技术、新设备不断涌现,但相关标准规范的更新速度相对滞后,无法及时适应技术发展的需求。这使得一些新技术、新设备在推广应用过程中缺乏标准依据,影响了其市场接受度和应用效果。

3.4 经济层面

3.4.1 设备购置与维护成本高

智能化与自动化检测设备通常技术含量高、结构复杂,购置成本相对较高。同时,设备的维护、保养和升级也需要投入大量资金,这对于一些小型检测机构和施工单位来说,经济压力较大,限制了智能化与自动化检测技术的普及应用。

3.4.2 技术推广成本

除了设备购置成本外,智能化与自动化检测技术的推广还需要投入大量资金用于技术研发、人员培训、标准制定等方面。这些成本在一定程度上增加了技术推广的难度,延缓了智能化与自动化检测技术在公路工程检测领域的广泛应用进程。

4 公路工程检测智能化与自动化发展的策略与建议

4.1 技术创新与研发

加大对传感器技术研发的投入,鼓励科研机构和企业开展高性能、高可靠性传感器的研究与开发。重点突破传感器在复杂环境下的适应性、测量精度和稳定性等关键技术,提高传感器的智能化水平和集成度,推动传感器技术向微型化、多功能化、网络化方向发展。加强数据处理与分析算法的研究,引入人工智能、机器学习、大数据等先进技术,开发适用于公路工程检测数据特点的数据处理和分析算法。通过算法优化,提高数据处理的效率和准确性,实现对检测数据的智能分析和预警,为工程质量评估和决策提供科学依据^[3]。建立统一的检测设备和系统数据格式与通信协议标准,促进不同设备和系统之间的互联互通和数据共享。加强检测设备和系统的集成技术研究,开发集成化的检测平台,实现多种检测功能的融合,提高检测工作的整体效能。

4.2 人才培养与引进

高校和职业院校应加强公路工程检测相关专业建设,优化课程设置,增加信息技术、自动化技术、数据分析等多学科课程,培养具有跨学科知识和创新能力的复合型人才。同时,加强实践教学环节,建立实习实训基地,为学生提供实际操作和技术应用的机会,提高学生的实践能力和解决实际问题的能力。检测机构和企业应建立健全在职人员培训机制,定期组织技术培训和知识更新活动。培训内容应紧密结合行业实际需求和技术发展趋势,邀请专家学者和技术骨干进行授课,采用线上线下相结合的培训方式,提高培训的针对性和实效性。鼓励检测人员参加行业技术交流会议和学术研讨活动,拓宽视野,了解行业最新动态。积极引进国内外在公路工程检测智能化与自动化领域具有丰富经验和专业技术专长的高端人才,充实企业的技术力量。通过提供良好的工作环境和发展空间,吸引高端人才参与企业的技术研发和创新工作,带动企业整体技术水平的提升。

4.3 标准规范建设

加快公路工程检测智能化与自动化领域相关标准规范的制定和完善工作,建立涵盖检测设备、检测方法、数据处理、评价标准等方面的完整标准体系。确保标准的科学性、合理性和可操作性,为智能化与自动化检测技术的应用提供统一的技术依据和规范指导。密切关注智能化与自动化检测技术的发展动态,及时对现有标准规范进行修订和更新^[4]。加强标准制定过程中的技术调研和论证工作,确保标准能够紧跟技术发展步伐,满足行业实际需求。同时,加强标准的宣传和推广工作,提高行业内对标准的认知度和执行力度。

4.4 政策支持与引导

政府应加大对公路工程检测智能化与自动化技术研发和推广应用的财政支持力度,设立专项科研基金,鼓励科研机构和企业开展相关技术研究。对购置智能化与自动化检测设备的检测机构和企业给予一定的财政补贴或税收优惠,降低设备购置成本,促进技术普及应用。政府应积极推动公路工程检测行业与信息技术、自动化设备制造等相关产业的合作,搭建产业合作平台,促进技术交流与资源共享。鼓励企业之间开展联合研发和技术创新,形成产业协同发展格局,共同推动公路工程检测智能化与自动化技术的进步。政府相关部门应加强对公路工程检测市场的监管力度,规范检测机构和企业的市场行为。建立健全检测市场准入和退出机制,加强对检测机构资质审核和检测人员资格管理,严厉打击虚假检测、违规检测等行为,保障智能化与自动化检测技术在合法、规范的框架下健康发展。

结语

公路工程检测中的智能化与自动化探索是顺应科技发展趋势、满足公路工程建设与维护需求的必然选择。智能化与自动化检测技术在提升检测效率、精度、安全性等方面展现出巨大优势,已在路面、桥梁、隧道等检测领域取得显著应用成果。为推动公路工程检测智能化与自动化技术的持续发展,需从技术创新与研发、人才培养与引进、标准规范建设以及政策支持与引导等多方面入手,采取针对性策略与措施。通过加强传感器技术研发、优化数据处理算法、完善人才培养体系、制定统一标准规范以及加大政策扶持力度等举措,逐步突破发展瓶颈,促进智能化与自动化检测技术在公路工程检测领域的广泛应用,提升公路工程质量检测水平,为公路交通事业的安全、高效发展提供坚实保障。未来,随着科技不断进步和行业需求的持续增长,公路工程检测智能化与自动化将朝着更高水平、更广泛应用的方向发展,为构建现代化公路交通体系作出更大贡献。

参考文献

- [1]马涛,向守平.智能信息化在公路试验检测中的应用[J].汽车画刊,2024,(12):50-52.
- [2]刘博,李响.智能检测技术在公路桥梁运维中的应用[J].黑龙江交通科技,2024,47(08):102-107.
- [3]崔新海.公路路基压实度智能检测技术研究[J].工程机械与维修,2024,(07):90-92.
- [4]张萌蓉.智能信息化技术在公路试验检测中的应用分析[J].中国科技投资,2024,(13):143-145.