

电力建设工程质量通病智能识别与闭环管控体系研究

朱继峰

浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司 浙江 舟山 316131

摘要: 本文聚焦电力建设工程质量通病智能识别与闭环管控体系。先对质量通病分类与特征分析,涵盖按阶段、专业、危害程度分类及普遍性等特征。接着研究智能识别技术,包括图像识别检测、传感器监测预警、大数据分析诊断。最后探讨未来研究方向,如数字孪生全生命周期管控、AIGC自动报告生成、跨行业标准融合与政策支持,为提升电力建设工程质量管控水平提供思路。

关键词: 电力建设工程; 质量通病; 智能识别; 闭环管控体系

引言: 电力建设工程作为能源领域关键部分,其质量关乎能源供应安全与稳定。然而,质量通病一直是困扰电力建设工程的难题,传统管控方式存在效率低、精度差等问题。随着科技发展,智能识别技术为解决这一难题带来新契机。研究电力建设工程质量通病智能识别与闭环管控体系,有助于提升质量管控水平,保障工程安全可靠运行,推动电力基建行业高质量发展。

1 电力建设工程质量通病分类与特征分析

1.1 质量通病分类

电力建设工程质量通病可按工程建设阶段、涉及专业领域、危害程度等维度进行分类。按建设阶段划分,包括勘察设计阶段的通病(如地质勘察数据不准确、设计方案不合理、节点设计遗漏等)、施工阶段的通病(如基础施工偏差、钢结构焊接缺陷、电气设备安装不规范等)、调试运行阶段的通病(如设备参数调试不当、系统联动故障等)。按专业领域划分,涵盖土建工程通病(如混凝土裂缝、钢筋保护层厚度不足、墙体渗漏等)、电气工程通病(如电缆敷设损伤、接线错误、绝缘性能不达标等)、机电安装工程通病(如设备固定不牢固、管道接口渗漏、通风系统运行异常等)^[1]。按危害程度划分,可分为一般质量通病(对工程使用功能影响较小,易整改)和严重质量通病(可能引发安全事故,影响工程使用寿命,整改难度大)。

1.2 质量通病特征分析

电力建设工程质量通病具有普遍性、隐蔽性、关联性、重复性等显著特征。普遍性体现在不同类型、不同规模的电力建设工程中,均可能出现类似的质量问题,如混凝土表面蜂窝麻面、电气接线松动等,是行业内长期存在的共性问题。隐蔽性主要表现为部分质量通病发生在工程结构内部或施工过程的隐蔽环节,如地下基础钢筋连接缺陷、电缆沟内电缆绝缘损伤等,在竣工验收

时难以发现,使用过程中才可能暴露,增加了后期整改的难度和成本。关联性指某一环节的质量通病可能引发连锁反应,影响其他专业或后续工序的质量,如土建工程的基础沉降超标,可能导致上部电气设备安装偏移、运行振动异常等。重复性则表现为部分质量通病在不同项目、不同施工队伍的作业中反复出现,主要源于施工人员操作不规范、质量管控体系不完善、技术标准执行不到位等深层次原因。

2 电力建设工程质量通病智能识别技术研究

2.1 智能识别技术概述

智能识别技术是依托人工智能、大数据、物联网、计算机视觉等先进技术,实现对电力建设工程质量通病自动检测、预警、诊断的新兴技术手段,其核心优势在于突破传统人工检测的局限性,提升质量管控的效率、精度和智能化水平。该技术体系通过各类感知设备采集工程建设过程中的图像、数据、振动、温度等多维度信息,经算法模型处理、分析、比对,自动识别质量异常情况,无需人工干预即可完成实时监测与判断。相较于传统人工检测,智能识别技术具有检测速度快、覆盖范围广、数据客观性强、可实现全天候不间断工作等特点,能够有效弥补人工检测中易受主观因素影响、效率低下、难以覆盖隐蔽部位等不足。目前,智能识别技术已在电力建设工程质量管控中逐步应用,形成了图像识别、传感器监测、大数据分析等多个技术分支,为质量通病的精准防治提供了强有力的技术支撑。

2.2 基于图像识别的质量通病检测

基于图像识别的质量通病检测技术以计算机视觉为核心,通过高清摄像头、无人机、机器人等设备采集工程现场的图像或视频数据,利用深度学习算法对图像信息进行特征提取、模式匹配,实现对显性及部分隐性质量通病的自动识别与判定。在土建工程中,该技术可通

过分析混凝土表面图像,识别裂缝宽度、蜂窝麻面面积、钢筋外露等问题;在电气工程中,能通过电缆接头、设备接线部位的图像分析,检测接线错误、端子松动、绝缘层破损等缺陷。技术流程主要包括图像采集、预处理(去噪、增强、归一化)、特征提取(基于卷积神经网络等算法)、缺陷识别与分类、结果输出与预警^[2]。该技术具有非接触式检测的优势,可避免对施工过程造成干扰,同时能够实现对大面积工程区域的快速扫描检测,生成精准的缺陷位置、尺寸、等级等数据,为质量整改提供明确依据,显著提升检测效率和准确性。

2.3 基于传感器监测的质量通病预警

基于传感器监测的质量通病预警技术通过在工程结构、设备、材料等关键部位部署各类传感器(如应变传感器、振动传感器、温度传感器、湿度传感器、绝缘传感器等),实时采集工程运行及施工过程中的物理量、化学量数据,经数据传输网络上传至监测平台,结合预设阈值和预警算法,实现对质量通病的提前预警。在基础施工阶段,可通过沉降传感器监测地基沉降量,及时预警基础不均匀沉降问题;在设备安装运行阶段,通过振动传感器监测设备运行振动参数,预判设备固定不牢固、轴承磨损等潜在缺陷;在电缆敷设过程中,利用温度传感器和绝缘传感器实时监测电缆温度变化和绝缘性能,预警电缆过热、绝缘破损等风险。该技术能够实现对质量通病的动态监测与提前预判,变“事后整改”为“事前预防”,有效降低质量事故发生的概率,为工程质量的全过程管控提供实时数据支撑。

2.4 基于大数据分析的质量通病诊断

基于大数据分析的质量通病诊断技术以电力建设工程全生命周期产生的海量数据为基础,包括勘察设计数据、施工过程数据、材料设备数据、检测监测数据、历史工程质量数据等,通过数据挖掘、关联分析、机器学习等算法,深入挖掘质量通病的形成规律、影响因素及演化趋势,实现对质量问题的精准诊断和根源分析。该技术首先对多源异构数据进行整合、清洗、标准化处理,构建统一的质量数据仓库;随后通过关联规则分析,发现不同质量通病之间、质量通病与施工工艺、材料性能、环境条件等因素之间的内在联系;再利用预测模型对潜在质量风险进行预判,并定位质量问题的根本原因,如施工人员操作不规范、材料质量不达标、施工方案不合理等。基于大数据分析的质量通病诊断技术能够为质量管控策略的制定提供科学依据,推动质量管控从“被动应对”向“主动防控”转变。

3 电力建设工程质量通病智能识别技术研究

3.1 智能识别技术概述

智能识别技术作为电力建设工程质量管控的核心技术支撑,融合了人工智能、物联网、计算机视觉、大数据处理等多个领域的前沿技术,旨在通过自动化、智能化的手段,实现对质量通病的高效识别、精准定位和科学管控。与传统质量检测方式相比,该技术能够突破人工检测的物理限制和主观局限性,实现对工程建设全过程的无死角监测,无论是露天作业的输电线路、变电站场地,还是隐蔽的地下电缆沟、设备内部结构,都能通过相应的技术设备采集数据并进行分析。其技术核心在于通过算法模型对海量数据的深度解析,将数据转化为有价值的信息,不仅能够快速识别已发生的质量通病,还能预判潜在的质量风险,为工程质量管控提供全方位、多层次的技术支持^[3]。目前,智能识别技术已形成多技术融合、多场景应用的发展格局,在提升工程质量管控效率、降低质量风险、节约管控成本等方面发挥着日益重要的作用。

3.2 基于图像识别的质量通病检测

基于图像识别的质量通病检测技术借助计算机视觉算法对工程现场采集的图像数据进行智能分析,精准识别各类显性质量缺陷,是电力建设工程质量检测的重要手段之一。该技术通过无人机航拍、移动检测机器人、固定高清摄像头等设备,获取土建结构、电气设备、机电安装等各专业的图像信息,涵盖混凝土表面、钢筋布置、设备接线、管道接口等关键部位。在算法应用方面,通过构建卷积神经网络(CNN)、YOLO等深度学习模型,对图像中的质量缺陷特征进行训练学习,能够自动识别裂缝、渗漏、变形、松动、破损等多种质量通病,并实现缺陷的量化分析,如裂缝长度与宽度、缺陷面积等数据的自动计算。该技术在实际应用中,可实现检测过程的自动化与高效化。

3.3 基于传感器监测的质量通病预警

基于传感器监测的质量通病预警技术通过在电力建设工程关键部位部署各类智能传感器,构建全方位的感知网络,实现对工程质量相关参数的实时监测与异常预警。根据监测对象的不同,选用对应的传感器类型:在土建工程中,部署应变传感器、位移传感器监测结构应力与变形,通过湿度传感器监测墙体、基础的含水率,预警裂缝、渗漏等问题;在电气工程中,采用电流传感器、电压传感器、绝缘传感器监测设备运行参数,通过温度传感器实时监测电缆、接头等部位的温度变化,预警过载、短路、绝缘老化等风险;在机电安装工程中,利用振动传感器监测设备运行振动幅度,通过压力传感

器监测管道系统压力, 预判设备松动、管道泄漏等缺陷。传感器采集的数据经无线或有线网络传输至数据中心, 通过预设的阈值判断和趋势分析算法, 当监测参数超出正常范围或出现异常变化趋势时, 系统自动发出预警信号, 提醒管理人员及时采取防控措施, 实现质量风险的提前干预。

4 未来研究方向

4.1 数字孪生与全生命周期管控

数字孪生技术将成为电力建设工程质量管控的重要发展方向, 通过构建与物理工程完全映射的数字孪生体, 实现质量通病的全生命周期管控。该技术依托物联网、BIM(建筑信息模型)、云计算等技术, 将工程勘察设计、施工建设、运行维护等各阶段的信息实时映射至数字孪生平台, 形成动态更新的数字模型。在设计阶段, 可通过数字孪生体模拟不同设计方案的施工可行性和质量风险, 提前规避设计缺陷引发的质量通病; 在施工阶段, 实时采集施工现场的人员、设备、材料、环境等数据, 与数字孪生体进行比对分析, 及时发现施工偏差和质量隐患, 指导现场整改; 在运行维护阶段, 通过数字孪生体监测工程结构和设备的运行状态, 模拟质量缺陷的演化趋势, 提前制定维修方案, 避免质量问题扩大化。

4.2 基于AIGC的自动报告生成

基于AIGC(生成式人工智能)的自动报告生成技术将大幅提升电力建设工程质量管控的效率, 成为未来研究的重要方向。该技术利用AIGC强大的自然语言生成能力和数据处理能力, 整合智能识别技术采集的质量缺陷数据、检测结果、整改记录等信息, 自动生成规范、详实的质量报告。AIGC可根据不同使用场景, 按照行业标准和企业规范, 生成结构化的报告内容, 涵盖质量缺陷统计、风险等级评估、整改建议、趋势分析等模块。同时, AIGC能够实现报告的实时更新和动态调整, 随着工程进展和质量数据的积累, 自动补充报告内容, 避免人工编写报告的繁琐和误差。另外, 结合可视化技术, AIGC可生成包含图表、图像、视频等多形式的富媒体报告, 直观展示质量问题的分布、特征和整改效果, 为质量管控决策提供清晰、易懂的参考依据, 提升质量信息

的传递效率和利用价值。

4.3 跨行业标准融合与政策支持

跨行业标准融合与政策支持将为电力建设工程质量通病智能识别技术的发展提供重要保障, 成为未来研究和实践的关键方向。在标准融合方面, 当前电力建设工程质量管控涉及土建、电气、机电等多个行业, 各行业的技术标准、质量规范存在差异, 影响智能识别技术的跨专业应用。未来需推动跨行业标准的整合与统一, 制定智能识别技术在电力建设工程质量管控中的统一技术规范、数据接口标准、缺陷分类标准等, 实现不同专业、不同设备的数据互通和技术协同, 提升智能识别技术的通用性和兼容性^[4]。在政策支持方面, 需要政府部门出台相关政策, 鼓励电力基建企业加大智能识别技术的研发和应用投入, 设立专项基金支持关键技术攻关; 建立智能识别技术的认证体系和质量评估标准, 规范技术应用市场, 保障技术应用的可靠性和安全性。跨行业标准融合与政策支持的协同推进, 将为智能识别技术的创新发展和广泛应用创造良好环境, 推动电力建设工程质量管控水平的整体提升。

结束语

电力建设工程质量通病智能识别与闭环管控体系研究意义重大。通过对质量通病分类特征剖析及智能识别技术探索, 为质量管控提供新手段。未来, 数字孪生、AIGC等技术将进一步推动管控升级, 跨行业标准融合与政策支持也必不可少。相信在各方努力下, 电力建设工程质量管控将更高效智能, 为能源事业发展筑牢坚实基础, 助力行业迈向新高度。

参考文献

- [1]杨覃,余光秀,赵奎运.数字新基建下电力工程造价计算数据平台搭建与应用[J].项目管理评论,2021(1):62-66.
- [2]李洪丰,李兴,李洪涛,等.5G专网在电力系统建设工程中的应用研究[J].现代信息科技,2021,5(12):139-144.
- [3]周浩臻.电力建设工程项目全过程造价控制研究[J].建筑与预算,2023,(01):16-18.
- [4]王旭东,阎玮,陈伟.基于人工智能的建设工程质量通病智能识别研究与应用[J].山西电力,2024(2):26-31.