

智能化和大数据在特种设备检验检测中的应用

张鹏

湖南安广检验检测有限公司, 湖南 常德 415137

DOI:10.61369/ME.2026010011

摘 要 : 随着科技的飞速发展,智能化和大数据技术已成为推动特种设备检验检测标准化发展的重要力量。特种设备作为工业生产与公共服务领域的核心基础设施,其运行安全直接关系到人民生命财产安全与社会经济稳定。本文基于行业实践案例,系统阐述智能化技术与大数据技术在特种设备检验检测全流程中的应用路径,深入分析数据采集、处理、分析及应用闭环体系构建要点,结合宁波特检院 Deep Seek 系统、瓊华 Hawk Eye 平台等典型案例论证技术应用成效,最后探讨当前技术落地面临的标准规范、数据安全、人才培养等挑战,并提出未来发展展望。研究表明,智能化与大数据技术的深度融合可实现特种设备检验检测从被动维修向主动预防的转型,显著提升检验效率与精准度,为特种设备安全监管提供有力技术支撑。

关 键 词 : 智能化; 大数据; 特种设备; 检验检测; 应用

Application of Intelligence and Big Data in the Inspection and Testing of Special Equipment

Zhang Peng

Hunan Anguang Inspection and Testing Co., Ltd., Changde, Hunan 415137

Abstract : With the rapid advancement of technology, intelligence and big data technologies have emerged as significant driving forces in promoting the standardization of inspection and testing for special equipment. As core infrastructure in industrial production and public service sectors, the operational safety of special equipment directly impacts people's lives, property, and socio-economic stability. Based on industry practice cases, this paper systematically expounds on the application pathways of intelligent and big data technologies throughout the entire inspection and testing process for special equipment. It delves into the key points of constructing a closed-loop system for data collection, processing, analysis, and application. By leveraging typical cases such as the Deep Seek system of Ningbo Special Equipment Inspection Institute and the Puhua Hawk Eye platform, the paper demonstrates the effectiveness of technological applications. Finally, it discusses the current challenges in implementing these technologies, including standardization, data security, and talent cultivation, and offers insights into future development prospects. Research indicates that the deep integration of intelligent and big data technologies can transform the inspection and testing of special equipment from passive maintenance to proactive prevention, significantly enhancing inspection efficiency and accuracy, and providing robust technological support for the safety supervision of special equipment.

Keywords : intelligence; big data; special equipment; inspection and testing; application

随着时间的推移,国内特种设备如压力管道、电梯、起重机、客运索道等的数量也在以几何速度增长。以电梯这一类的特种设备来说,它对人类的发展有着举足轻重的意义,如有人(货物)电梯、自动扶梯、自动人行道等。在某些情况下,当电梯发生故障时会危及乘员的生命安全。在特殊情况下,如何有效地消除这些潜在的危险已越来越引起人们的重视。随着设备服役年限延长与运行环境复杂化,传统检验检测模式逐渐暴露出诸多短板:一是人工检验受限于作业环境,在高空、高温、高压等高危场景中存在较高安全风险,且难以覆盖复杂结构的检测盲区;二是检验流程依赖人工经验,缺陷识别存在主观性偏差,易导致漏检、误检;三是数据管理分散,历史检测数据、运行数据难以有效整合,无法为设备全生命周期安全评估提供支撑^[1]。智能化和大数据背景下,特种设备检验管理呈现出新的发展趋势。例如,大数据技术与特种设备检验管理相结合,大数据技术自身具备的数据采集、数据分析等功能可以对特种设备检验、特种设备管理等环节进行全过程监控和动态监控,使特种设备在运行过程中存在的隐患能够被发现,进而提高特种设备的检验与管理效果,促进特种设备的稳定可靠运行^[2]。《“十四五”市场监管现代化规划》^[3]明确提出要推动特种设备安全监管数字化转型,构建基于大数据的智慧监管平台。在此背景下,深入研究智能化与大数据技术在特种设备检验检测中的应用实践,对于提升特种设备安全保障能力、推动行业高质量发展具有重要理论与现实意义。

一、智能化技术在特种设备检验检测中的应用

（一）无人机技术在大型结构检测中的应用

大型起重机械、塔式起重机、大型储罐等设备高空结构部分的检测一直是行业难点。传统人工检测存在作业危险性高、检测效率不高、盲区多的不足，无人机智能检测系统配备诸如高清相机、红外热成像仪、激光雷达等设备，与自主路径规划算法相结合，可针对大型设备实施无盲区可视化检测。

由南京市特种设备安全监督检验研究院研发的大型起重装备无人机高精度自主智能检测系统，开创性地提出牛耕式全覆盖巡检路径规划方案，相机云台垂直方向上的俯仰角可做 $\pm 90^\circ$ 的角度调节，于 10m 距离内，可辨别出 0.1mm 宽的微裂纹，检测精度实现了 94.31%，识别速度实现 17fps^[4]。该系统可抵御 7 级风力，最大可连续续航 55 分钟，检测单台起重机约为 10—20 分钟，跟传统人工检测相比，效率提高了超 5 倍，而且完全杜绝高空作业的相关风险，其开发的缺陷智能识别模型可于线上精准识别裂纹、腐蚀、螺栓脱落等多种典型缺陷，进而自动生成检测报告，做到检验全时段的数字化管理。就目前而言，该技术已在门式起重机、塔式起重机、风电塔架等大型结构检测检验中广泛应用，切实解决了高空不可靠近部位的检测难题。

（二）高危场景检测中智能机器人的运用

在承压设备、地下管道等高危密闭的场景中，智能机器人可代替人工去完成检验检测事项，较大幅度提升作业安全性与检测的精准度。按照各式设备类型，已设计出打磨检测一体化机器人、管道检测机器人、球罐检测机器人等多种专用的器械。

处于承压设备检测范畴，山东蓬莱实现全国首次机器人联合检测实践，打磨机器人和磁粉检测机器人协同开展作业，实现 4000 立方米丙烯球罐的定期检验工作，这个联合系统实现从表面预处理直至缺陷检测全流程的自动化，检测效率提高 3 倍以上，检测盲区实现 100% 覆盖，与人工检测相比，作业人员风险暴露时间减少超 60%^[5]。由南京国检院研发的便携式现场检验智能终端在容器、管道定期检验中累计出具报告超 5 万份，整体检验效率提升近 40%，年度检查工作效率提升达 50%。就管道检测领域而言，由甘肃省特检院研发的聚乙烯燃气管道焊接质量数智化检测平台，存有超 2 万张问题管道的图像，凭借 AI 算法，单张图像问题诊断可在 1.5 秒内完成，识别准确率超过 98%，切实解决了传统管道检测效率低下、识别精度欠缺的问题。

（三）AI 图像识别和大模型在缺陷诊断中的应用

AI 图像识别技术和垂直领域大模型融合实践可实现对特种设备缺陷的智能识别、分级与根源分析，大幅降低对人工经验的依赖，通过构建缺陷知识图谱及深度学习模型，可精准辨别和量化评定多类型缺陷。

宁波市特检院率先对 Deep Seek 人工智能模型进行全场景部署，运用“本地化部署+RAG 技术融合+精准微调”的三重技术结构，将特检行业的法规标准、质量体系文件等转化为专业知识库，实现检验问题与专业知识的智能呼应^[6]。该系统深度融入承压设备智慧检验系统后，报告审核效率实现了 50% 的提升，合规

性校验准确率为 85%。在产业协同范畴，该系统与万华化学合作优化 ERBI 系统，依靠多模态模型融合智能体提升化工设备损伤精准识别与动态风险预警能力，极大提高了装置隐患排查的效率。由南京国检院联合高校研制的气瓶充装隐患 AI 辅助检查系统可以自动识别无证操作、扫 A 瓶充 B 瓶等异常行为并报警，将传统的人盯屏模式升级为智能闭环管理，切实提升监管能力。

二、大数据技术在特种设备检验检测中的应用实践

大数据技术通过整合特种设备全生命周期数据，构建数据驱动的检验检测与安全监管体系，实现从事后处置向事前预防的转型。其核心价值在于通过多源数据融合分析，挖掘设备运行规律，预测潜在安全风险，优化检验检测策略。

（一）多源数据采集体系构建

大数据应用的关键是创建全面、高效的数据采集体系，依靠物联网技术全维度采集特种设备运行状态、环境参数和历史检测数据，数据采集的范围囊括三类核心数据。其一为设备实时的运行数据，如电梯的振动频率、电流及电压，起重机单次起重量，压力容器实际压力、温度等；二是属于环境感知的数据，如温度、湿度、振动状况、腐蚀介质浓度等；三是反映全生命周期的管理数据，含有制造的相关信息资料、安装的记录内容详情、历次检验的正式报告、维修保养的工作记录等。

璞华大数据新近推出的 Hawk Eye 设备智能维保平台，借助“智能网关+多源传感器+AI 中台”搭建软硬件结合的运维生态系统，达成电梯运行数据的实时采集及传输^[7]。该平台支持 Modbus、RS485 等多种协议，能与不同品牌电梯的控制装置进行对接，且支持 PC 端、APP、微信小程序等多终端协同，维保人员可立即记录维保过程并上传现场数据，实现数据采集全流程数字化转型。中国特检院研发出的机电类特种设备全生命周期数据采集体系，采用优化数据采集范式的方式，清除行业信息壁垒，构建标准化数据表，为大数据分析搭建稳固基石^[10]。

（二）大数据分析 with 故障预测应用

采用大数据分析算法深入挖掘多源异构数据，可实现设备故障的前期预警与精准预测，优化维保计划，降低设备故障出现率，集中力量突破多源数据协同处理、动态特征提取、故障预测模型构建等关键技术，可有效提高早期故障辨识的水平。

Hawk Eye 平台搭载自主开发的算法引擎，通过分析电梯运行数据构建故障知识图谱，基于因果推理算法，能找出超 85% 故障的深层起因，将历史故障模型与实时运行数据结合，该平台可实现电梯故障的预测性维护，使电梯出现故障的概率降低 30% 以上^[8]。在地铁场景的实际应用中，该平台凭借动态载荷分析，以实时客流数据为依据预测电梯磨损情形，针对早高峰高频运行的电梯自动提升润滑频率，实现维保策略的动态升级。中国特检院参与完成的“依托大数据的机电类特种设备故障预测技术及应用”成果，研发出多维度故障预测技术，创建预防性与预测性的智能维保双重保障模式，使平均故障排查时间缩短 30%。目前，该成果已应用于辽宁、北京、上海等地的 20 余家企业，显著改善

了设备安全状况并提高了运行效率。

（三）大数据驱动的智慧监管与协同治理

大数据技术推动特种设备监管模式从传统的分散监管向一网统管转变，通过构建智慧监管平台，实现跨部门和跨区域的数据共享及协同治理，提高监管效率。平台整合了检验检测机构、使用单位、监管部门等多个主体的数据资源，形成全链条监管闭环。

宁波市特检院的 Deep Seek 系统架构起覆盖“检验人员、企业、监察机构”的三维一体智能服务模式，与宁海县市场监管局协同开展以历史案卷学习为基础的执法文书一键生成和执法流程智能推送应用，为政府的安全监管活动提供技术后盾。在安徽某产业园区应用 Hawk Eye 平台时，实现电梯“一梯一档”全流程数字化管理，整合设备的基础信息、维保记录及检验数据，结合 AI 健康评估模型动态调整维保策略，同时与园区消防系统联动，使电梯困人时救援效率提升 60%^[9]。这类智慧监管平台通过数据驱动决策，既满足大型企业数据本地化的要求，又为中小客户提供零门槛智能维保服务，同时协助监管部门精准监管，合理配置资源。

三、典型应用案例分析

（一）电梯智慧维保与检验平台应用案例

北京某科技园区引入 Hawk Eye 这一设备智能维保平台，对园区内 32 台电梯进行智慧化管控。平台借助物联网技术，实时收集电梯运行的 12 项关键参数，如门系统的具体状态、曳引机的振动现象和电流的改变等，凭借 AI 算法实时分析可预先对门机故障、导轨磨损等潜在问题进行预警，累计预警 17 起故障隐患事件，都能够通过预防性维护迅速处理，不存在故障停机现象。处于应急响应阶段，平台与园区运营系统实现对接，若电梯困人则自动报警，编排最优的救援路线，调用附近的维保班组，把平均救援时间从 15 分钟减为 6 分钟，效率上扬了 60%。平台按照不同区域电梯的使用频率优化其维保周期，办公楼高峰期间的电梯加

大维保频次，地下车库使用频率较低的电梯延长维保周期，一年节省维保费用达 20 万元以上。

（二）起重机械无人机智能检测案例

某港口集团凭借南京特检院研发的无人机检测系统，对码头的 12 台岸边集装箱起重机执行检测操作，检测前采用激光扫描构建出三维模型，安排最佳的巡检路径；无人机自主采集起重臂、平衡臂、塔身等关键结构的图像，数量超 2300 张；依靠 AI 缺陷识别模型，自动识别出 8 处裂缝、12 处螺栓松动和 5 处腐蚀部位，其准确率为 93%，跟以往的传统人工检测相比，检测时长从单台 4 小时压缩至 15 分钟，成本较以往下降了 70%，还有效减少了高空作业的风险隐患，完成检测后系统自动生成数字化报告，标记出缺陷位置、尺寸以及风险等级，为维修工作给出精准依据。

（三）承压设备大数据故障预测案例

万华化学采用宁波特检院利用 Deep Seek 大模型优化后的 ERBI 系统，对厂区的 56 台压力容器实施智慧监测，系统把设备实时运行数据与历史检验、维修等记录进行整合，采用多模态模型剖析损伤趋势，成功实现 4 台容器腐蚀疲劳风险的预警，提前检修 1 台反应釜，避免出现泄漏现象。采用该系统后，承压设备非计划停机的时长降低 45%，检修成本下降了 30 个百分点，改善了化工生产的安全与连续水平。

四、结语

智能化与大数据技术的深度融合，正在推动特种设备检验检测行业实现从传统经验驱动向数字技术驱动的根本性转型。无人机检测、智能机器人、AI 缺陷识别等智能化技术，有效突破了传统检验模式的场景限制，提升了检测效率与精准度；大数据技术通过构建全生命周期数据体系，实现了设备故障的早期预警与预测性维护，推动监管模式升级。未来，随着技术不断迭代升级，智能化与大数据将在特种设备检验检测领域发挥更大价值，为构建更安全、高效、智能的特种设备安全保障体系提供核心支撑。

参考文献

[1]王雨茜,王蕾,傅莉,等.基于特种设备检验检测收费项目编码的智慧计费管控体系应用[J].自动化与仪表,2025,40(12):88-91+138.
[2]肖凯.智能化技术在轻工业特种设备检验中的应用研究[J].轻工标准与质量,2025,(06):23-25.
[3]黄泽,王飞,廖晓玲,等.Deep Seek 在特种设备检验检测中的应用前景探讨[J].中国特种设备安全,2025,41(11):50-53.
[4]姚金楠,杨新健,刘立磊.基于大模型 RAG 应用的特种设备科普 AI 问答数字人的研发[J].中国特种设备安全,2025,41(S1):93-97.
[5]宋炯锋,蒋伯康,刘科,等.人工智能驱动的特种设备检验检测小样本缺陷识别方法探讨[J].中国特种设备安全,2025,41(S1):107-111.
[6]吴洋,郑宏伟,程佳,等.人工智能大语言模型在特种设备检验检测中的应用探讨[J].中国特种设备安全,2025,41(S1):122-126.
[7]陈肖.数字经济背景下特种设备检验检测行业数字化转型及融合发展路径研究[J].中国市场,2025,(29):195-198.
[8]江海滨,刘俊,万丽,等.基于 CIPP 模型的特种设备检验检测人员培养与评价体系研究——以广东省为例[J].特种设备安全技术,2025,(05):56-58.
[9]曹伟.电梯特种设备日常检验中的问题及策略——常见故障诊断与标准化[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(03):30-32.
[10]潘宇.智能化与大数据驱动下的特种设备检验检测标准化趋势[J].特种设备安全技术,2025(03):69-70.