

人工智能在特种设备检测领域中的应用

蒋习兵

中国铁路哈尔滨局集团有限公司质量技术监督所 黑龙江 哈尔滨 157000

摘要: 本文聚焦人工智能在特种设备检测领域的应用,阐述了人工智能技术定义与关键技术,剖析检测领域面临的效率低、准确性不足及高风险环境检测难题。进而详细介绍图像识别、智能监测、无人机与机器人检测及自然语言处理等应用场景,最后总结其在提升检测效率与准确性、降低成本与风险、增强数据处理分析能力方面的优势,为该领域技术发展提供参考。

关键词: 人工智能;特种设备检测;深度学习;应用

1 人工智能技术概述

1.1 人工智能定义

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI),是一门融合计算机科学、数学、心理学等多学科的综合性的技术,旨在让计算机系统模拟人类智能,具备学习、推理、解决问题以及感知环境的能力。从弱人工智能到强人工智能,其涵盖范围广泛,弱人工智能专注于特定领域任务,如语音助手、图像识别;强人工智能则期望实现人类水平的通用智能。在特种设备检测领域,人工智能主要聚焦于利用算法和模型,处理检测过程中产生的海量数据,通过模式识别、数据分析等方式,实现对特种设备安全状况的高效评估与精准判断,为特种设备的安全运行保驾护航。

1.2 关键技术简介

1.2.1 机器学习

机器学习是人工智能的核心技术之一,它赋予计算机系统无需明确编程即可学习的能力。通过大量数据的输入,机器学习算法能够自动发现数据中的模式和规律,并据此构建预测模型^[1]。其主要包括监督学习、无监督学习和强化学习三种类型。监督学习通过已有标记数据训练模型,如利用历史特种设备检测数据(包含缺陷类型、位置等标记信息)训练模型,使其能预测新检测数据中的缺陷情况;无监督学习用于处理无标记数据,挖掘数据内在结构,可对特种设备运行状态数据进行聚类分析,发现潜在异常模式;强化学习则通过智能体与环境交互,根据奖励机制优化行为策略,在特种设备检测路径规划等方面有潜在应用价值。

1.2.2 深度学习

深度学习是机器学习的一个分支领域,基于深度神经网络架构,通过构建多层神经元模型,自动提取数据的高层次特征。常见的深度学习模型有卷积神经网络

(CNN)、循环神经网络(RNN)及其变体长短时记忆网络(LSTM)等。CNN在图像识别任务中表现卓越,能够自动学习图像中的纹理、形状等特征,在特种设备表面缺陷检测中可精准识别裂纹、腐蚀等缺陷;RNN和LSTM擅长处理序列数据,适用于分析特种设备运行过程中的时间序列数据,如压力、温度等参数变化,预测设备故障趋势。

1.2.3 自然语言处理

自然语言处理致力于实现人与计算机之间用自然语言进行有效通信,涵盖语言理解、生成、机器翻译等任务。在特种设备检测领域,自然语言处理可将检测人员输入的自然语言指令转化为计算机可执行的操作,方便检测工作的开展;还能对大量检测报告、技术文档等非结构化文本进行处理,提取关键信息,如设备型号、检测时间、缺陷描述等,为后续数据分析和管理工作提供支持。

1.2.4 计算机视觉

计算机视觉模拟人类视觉系统,让计算机具备从图像或视频中获取、处理和理解信息的能力。它通过图像采集、预处理、特征提取和目标识别等步骤,实现对场景的感知和分析。在特种设备检测中,计算机视觉技术通过摄像头采集设备图像,运用图像增强、边缘检测等预处理手段,突出图像中的关键信息,再利用目标识别算法,快速准确地检测出设备表面的缺陷、磨损等问题。

2 特种设备检测领域面临的挑战

2.1 检测效率低

特种设备种类繁多,包括锅炉、压力容器、电梯、起重机械等,且结构复杂、检测点多。传统的人工检测方式,需要检测人员逐一对设备进行检查、测量和记录,不仅耗时耗力,而且受检测人员数量和工作时间限制,难以满足大量特种设备定期检测的需求^[2]。例如,对于大型化工企业中的众多压力容器,人工检测可能需要

数周甚至数月才能完成一轮全面检测,严重影响企业生产效率和设备的正常运行。

2.2 检测准确性不足

人工检测过程中,检测结果受检测人员的经验、技能水平和工作状态影响较大。疲劳、注意力不集中等因素都可能导致漏检、误检情况的发生。另外,对于一些微小缺陷、内部缺陷或隐藏在复杂结构中的缺陷,人工检测手段往往难以准确发现和判断。如在电梯钢丝绳检测中,人工肉眼观察很难发现内部钢丝的断裂和磨损情况,从而给设备运行留下安全隐患。

2.3 高风险环境下的检测难题

部分特种设备处于高温、高压、有毒有害、高空等危险环境中,人工检测存在极大的安全风险。例如,在核电站中对核压力容器进行检测,检测人员需要面临辐射风险;对高层建筑的电梯井道、高空起重机械进行检测时,检测人员需在高空作业,容易发生坠落等事故。恶劣的环境条件也会影响检测设备和工具的正常使

3 人工智能在特种设备检测中的应用

3.1 图像识别技术在裂纹与缺陷检测中的应用

基于深度学习的图像识别技术凭借其卓越的性能,在特种设备裂纹与缺陷检测领域占据重要地位。核心技术卷积神经网络(CNN),通过构建多层卷积层、池化层和全连接层,能够自动且逐层提取图像的特征。在实际应用中,技术人员会收集海量涵盖不同类型缺陷,如裂纹、腐蚀、磨损等的特种设备图像,构建大规模数据集。利用这些数据对CNN模型进行训练,模型会不断调整自身参数,学习各类缺陷的纹理、形状、边缘等独特特征模式^[3]。实际检测时,只需将特种设备的图像输入训练好的模型,模型便能在极短时间内完成分析,不仅可以精准识别出缺陷的类型,还能准确定位其在设备上的位置,并评估缺陷的严重程度。例如在桥梁钢结构检测中,无人机搭载高清摄像头按照预设航线飞行,对钢结构进行全方位图像采集,采集到的图像传输至后台后,图像识别技术能够敏锐捕捉到焊缝处微米级的细微裂纹。在船舶制造中,该技术也可用于检测船体钢板的缺陷,保障船舶航行安全。

3.2 智能监测系统在实时检测与预警中的应用

智能监测系统融合了传感器技术、物联网和人工智能算法,成为特种设备运行状态实时监测与预警的强大工具。在特种设备关键部位安装压力、温度、振动、位移等各类高精度传感器,它们如同设备的“感知器官”,实时、连续地采集设备运行过程中的各项参数数

据。这些数据通过物联网技术,以无线或有线的方式稳定传输至云端服务器,形成庞大的设备运行数据资源库。借助机器学习和深度学习算法,对这些数据进行深度分析处理,构建出设备正常运行状态下的精确模型。模型会持续学习设备在不同工况、不同时间的运行数据特征,建立数据之间的关联关系和变化规律。一旦检测到实时数据偏离正常范围,系统能够迅速触发预警机制,通过短信、邮件、声光报警等多种方式,及时通知相关人员。以大型锅炉为例,智能监测系统实时监测锅炉的压力、温度、水位等核心参数,当压力异常升高时,系统不仅会立即发出警报,还能基于历史数据和算法模型,预测压力变化趋势,为操作人员采取降压措施争取宝贵时间,有效避免事故发生。在热电厂的汽轮机监测中,该系统也能通过振动数据的分析,提前发现轴承磨损等故障隐患。

3.3 无人机与智能机器人在高空与复杂环境检测中的应用

无人机与智能机器人在高空、复杂危险环境的特种设备检测中,展现出无可比拟的优势。无人机配备高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等先进检测设备,具备灵活的飞行能力和长续航特点,能够快速抵达人工难以到达的高空、偏远区域。在高压输电塔巡检作业中,无人机按照规划的航线围绕输电塔飞行,高清摄像头拍摄输电塔各个部位的高清图像,红外热像仪检测线路接头处的温度异常,激光雷达则对输电塔的结构尺寸进行精确测量,通过对采集数据的分析,可及时发现螺栓松动、绝缘子破损、线路老化等问题。智能机器人则针对狭窄、封闭、有毒有害等复杂危险环境设计^[4]。在石油化工企业的管道内部检测中,智能机器人可通过管道入口进入,凭借自身的驱动系统在管道内自由移动,携带的超声波传感器、涡流传感器等检测设备,能够精准检测管道内壁的腐蚀、裂纹、堵塞等情况,同时搭载的高清摄像头将管道内部情况实时传输至外部监控终端。在核电站的反应堆压力容器检测中,智能机器人也能代替人工进入强辐射环境,完成检测任务,极大保障了检测人员的生命安全,同时提高了检测效率和准确性。

3.4 自然语言处理在检测报告自动生成中的应用

自然语言处理技术为特种设备检测报告的自动生成带来了革命性变化。在整个检测过程中,系统通过多种渠道自动采集和记录检测数据,如传感器采集的设备运行参数、图像识别系统输出的缺陷检测结果,以及检测人员现场的语音描述等。这些数据包含结构化数据和非结构化数据,形式多样、内容繁杂。自然语言处理技术

运用文本分类、命名实体识别、信息抽取等多种算法,对这些数据进行深度分析和处理。首先,对检测人员的语音描述进行语音转文字处理,然后从大量文本数据中提取设备型号、检测时间、检测项目、缺陷类型、位置、严重程度等关键信息。结合预设的专业检测报告模板,将提取的信息进行合理编排和组织,自动生成内容完整、逻辑清晰的检测报告。报告涵盖设备基本信息、检测项目详细过程、检测结果分析、缺陷描述以及专业的处理建议等内容。以电梯检测为例,系统自动整合电梯运行参数检测数据、轿厢外观检查图像分析结果,以及检测人员对电梯门系统、制动系统等的语音评价,快速生成专业检测报告,不仅大幅提高了报告生成效率,还避免了人工撰写可能出现的疏漏和错误,提升了报告的规范性和准确性。

4 人工智能在特种设备检测中的优势

4.1 提高检测效率与准确性

在特种设备检测领域,人工智能技术凭借强大的计算能力与算法优势,极大地提升了检测效率与准确性。传统人工检测需检测人员逐一对设备进行细致检查,对于大型设备或数量庞大的检测任务,耗时极长。以大型炼油厂的压力容器检测为例,人工检测可能需要数十名检测人员耗费数周时间才能完成全部检测工作,而引入人工智能检测系统后,通过自动化数据采集和快速算法处理,能够在短短几天内完成同样规模的检测任务,检测效率提升数倍。在准确性方面,人工检测受限于检测人员的经验、精力等因素,容易出现漏检、误判等问题。人工智能模型经过海量数据训练,能够精准识别设备表面的微小裂纹、内部结构的细微损伤等缺陷。例如在电梯导轨检测中,人工智能视觉检测系统可精确检测出微米级的磨损和变形,检测准确率高达99%以上,远高于人工检测的80%左右的准确率,有效保障了特种设备的运行安全。

4.2 降低检测成本与风险

采用人工智能技术进行特种设备检测,能显著降低企业的检测成本与风险。在人力成本上,人工智能系统可替代大量人工检测工作,减少检测人员的雇佣数量。以大型港口的起重机检测为例,过去每年需雇佣数十名专业检测人员,人工成本高达数百万元,引入智能检测系统后,仅需少量技术人员进行系统操作和维护,人力

成本大幅降低。同时,人工智能检测能有效规避高风险环境下的检测作业^[5]。在核电站反应堆压力容器检测、高温高压管道检测等危险场景中,智能机器人或无人机可代替人工深入其中进行检测,避免检测人员遭受辐射、高温、有毒气体等危害,保障人员生命安全,减少企业因安全事故可能面临的高额赔偿风险。智能监测系统还能提前发现设备故障隐患,避免因设备突发故障导致的生产中断,减少企业的间接经济损失。

4.3 增强检测数据的处理与分析能力

人工智能具备强大的数据处理与分析能力,为特种设备检测数据的深度挖掘提供了有力支持。面对特种设备运行过程中产生的海量数据,如压力、温度、振动等参数的实时监测数据,以及图像、视频等检测数据,人工智能能够快速进行清洗、分类和分析。通过机器学习算法对这些数据进行建模和预测,可准确判断设备的运行状态,预测设备的剩余使用寿命。另外,人工智能还可对不同地区、不同行业的特种设备检测数据进行综合分析,总结出各类设备的共性问题 and 潜在风险,为行业监管部门制定针对性的政策和标准提供数据支持,推动整个特种设备行业的安全管理水平提升。

结束语

人工智能在特种设备检测领域的应用,有效解决了传统检测的诸多难题,显著提升了检测水平与管理效能。随着技术不断创新发展,人工智能与特种设备检测的融合将更加深入。未来,期待更多先进技术应用其中,进一步提高检测智能化程度,为特种设备安全运行筑牢坚实保障,推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]杨亚鹏.无损检测技术在起重机械安检中的应用[J].装备维修技术,2024(03):75-77.
- [2]沈锦军,罗展慧.无损检测技术在压力容器和压力管道检验中的应用[J].设备监理,2024(03):58-61.
- [3]张书超.人工智能在工业领域融的应用探讨[J].数字通信世界,2022(07):112-114.
- [4]徐罗军,徐超.基于“大智移链”的特种设备智慧监管探析[J].特种设备安全技术,2023(1):58-60.
- [5]韩东平,刘恽欢,于航,等.特种设备智慧客户服务平台建设与探索[J].中国特种设备安全,2023,39(5):43-48.