

电气自动化监控与诊断技术在冶金行业无损探伤设备中的应用

曹玉涛, 周艺丹, 刘琳琳

(莱芜钢铁集团银山型钢有限公司板带厂, 山东 济南 271104)

摘要 无损探伤设备在冶金行业发挥着至关重要的作用,能够有效检测冶金设备品质,为冶金设备的质量管控提供有力的保障。但是,冶金行业无损探伤设备在实际应用中容易受到多种内外部因素的影响,存在检测质量和效率低下的问题。因此,本文主要分析了冶金行业无损探伤设备的结构及工作原理,并深入探讨了电气自动化监控与诊断技术,以期相关人员提供有效参考。

关键词 冶金行业; 无损探伤设备; 电气自动化监控; 诊断技术

中图分类号: TF307

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.17.027

0 引言

电气自动化监控与诊断技术在冶金行业无损探伤设备异常检测、故障诊断中具有较多应用优势。在先进技术的加持下,冶金行业无损探伤设备运行效能提升,并有效节约成本,保障冶金产品质量。因此,相关人员应加大技术的研究和应用力度,提高技术水平,发挥其在冶金行业的最大应用价值,促进冶金行业向智能化、高效化的方向创新发展。

1 冶金行业无损探伤设备阐述

冶金行业在金属加工过程中,可以借助无损探伤设备,检测金属材料是否存在一些质量缺陷,进一步保证金属材料使用的安全可靠。比如:钢板、管材、焊接件等多种产品在加工制造过程中,可能受到工艺技术、生产环境等因素的影响,产生一些裂纹、气孔等质量缺陷,直接影响了材料的使用性能。而无损探伤设备能够保持产品原貌的基础上,更加全面、深入地检测材料内外部有无缺陷。

无损探伤设备主要包含探头、传感器、信号处理器、显示器和记录系统。无损检测技术多种多样,其波形存在一定差异,包含超声波、X射线、涡流效应等,这就需要工作人员结合被检测物体的实际情况和检测需求,选择适宜的无损探伤设备。其中,探头是无损探伤设备的核心,能够有效发送探测波,并获取回波信号。例如:超声波探头十分常见,在应用的过程中,其工作频率范围普遍在 1~20 MHz 之间,在部分金属产品内部裂痕、夹杂物等缺陷检测中具有良好的适用性。传感器是无损探伤设备十分关键的组成部分,在

设备应用中,可以有效转换反射波,形成电信号,具有较强的感知灵敏度,并且对频率的响应能力较强。传感器的性能对整个无损探伤设备探测的精准度、细节清晰度具有较大影响。此外,信号处理器的主要功能,主要负责增强、过滤、数字化处理传感器产生的电信号,并通过特定算法进行电信号特性的深入分析,进而准确辨识故障问题,精准定位,确定产品存在质量缺陷的具体位置^[1]。

2 冶金行业无损探伤设备的电气自动化监控技术及系统设计

2.1 关键技术

1. PLC 技术。该技术可以借助可编程逻辑控制器,对无损探伤设备的机械传动装置进行有效控制,针对性调整其移动路径、速度、超声波发射频率等各项检测参数。同时,该技术的应用,能够动态化调整无损探伤设备的检测参数,并根据实时反馈,针对性优化检测精度,最大程度减少由于人为因素造成的检测结果偏差。PLC 编程具有较强的灵活性、可靠性较高,从而在无损探伤等多种精密型探测设备中具有显著的应用优势,并占据十分重要的地位^[2]。例如:通过超声波进行无损探伤检测操作中,利用 PLC 能够对超声波信号发射、接收顺序进行灵活调整,并保证各项关键参数控制的精准性,准确识别不同金属材料的多样化质量缺陷形态。同时,PLC 可以对超声波发射力度、接收信号强度、最大值出现时间等进行跟踪监控。此外,通过 PLC 能够自动化、实时监控多种变量,并进行于晓调节,提高无损探伤设备的精准度。例如:当金属

材料检测中, 利用无损探伤设备发现其内部质量缺陷信号强度不足时, 借助 PLC 可以结合实际情况, 自动化调节发射能量、接收灵敏度, 进一步提高信号的检测能力。

2. 数字信号处理技术。冶金行业无损探伤设备应用中, 该技术具有十分重要的作用。例如: 传感器捕捉相应的超声波信号后, 可以通过数字信号处理技术进行接收, 并提取金属材料质量缺陷、结构特性等相关信息。该技术应用中, 合理进行滤波设置、调节增益, 大幅度提升信号的清晰度、辨识度, 并且更加快速、准确地去除金属材料内部的瑕疵信号^[3]。滤除噪声是信号处理操作中至关重要的流程。工作人员需要结合冶金行业的特点, 基于金属材料检测的需求, 选择适宜的滤波器, 并科学设置其截止频率、级数等, 精细化筛选所需信号。此外, 通过数字信号处理技术, 可以根据实际需求, 将信号放大到 20 ~ 60 db, 有效增强信号, 最大程度地减少干扰。其中, 快速傅里叶变换在频域分析过程中是一种十分常见的技术, 能够有效转换时域内的超声波信号, 形成频域信号, 从而更加深层次分析频率成分、能量分布。

3. 自动化检测软件。自动化检测软件在冶金行业无损探伤设备应用中扮演着重要决策，起到不可或缺的重要作用。该软件在实际应用中，能够自动化控制无损探伤过程，并智能分析探伤结果。工作人员可以结合无损探伤需求，预设相适应的检测流程，融入自动计算方法，提高自动化检测工具的应用质量和效率，减少人为操作带来的失误，最大程度保障数据的统一性，增强其可信赖度。自动检测软件程序，能够结合待检测产品的种类、所需的探伤深度等，实现超声波发射频率、脉冲宽度的自动化调整，并负责接收信号的增益值，提高探测结果的精准性。此外，该程序在信息加工中，可以利用滤波、放大、频域分析等多种手段，针对性加工获取的超声波信号，并提取检测物质存在质量缺陷的相关数据、检测物质结构的特性信息等。

2.2 电气自动化监控系统设计

以某冶金企业为例，深入分析无损探伤设备电气自动化监控系统的设计，主要包含以下几个关键模块。

1. 控制模块。设计人员在实际工作中方高度重视控制模块的设计,以 PLC 为设计蓝本,对无损探伤设备检测系统的运行步骤具有良好的控制作用,并且负责收集相关检测数据。设计人员在选择 PLC 的过程中,以西门子 S7-1500 系列为主,由于其处理速度快、输入和输出单元具有多样化的特点,更加满足多种复杂

的控制需求。同时,设计人员结合无损探伤设备实际控制特点和需求,个性化设计数字、模拟输入输出模块,以此适应多样信号接口、控制逻辑要求。控制模块调试操作中,主要通过模拟、实际环境检验等方法,进一步保证该模块设计的有效性,增强其安全稳定性。此外,设计人员合理配置 PLC 控制系统,优化设定关键参数(如表 1 所示),有效提高无损探伤设备作业的准确性、稳定性。在实践中,由于冶金行业的材料丰富多样,具有独特的性质,需要工作人员结合无损探伤的实际需求,针对性调整 PLC 控制参数指标。

表 1 PLC 控制参数设置

PLC 控制参数	设定值
脉冲宽度	100 ns
发射频率	5 MHz
接收增益	30 dB
发射延迟	200 us
接收时间窗口	500 us

2. 信号处理及数据分析模块。该模块设计对无损探伤设备探测作业的有效性具有较大影响。因此,设计人员在该模块设计过程中,合理应用先进的数字信号处理技术,对接收的超声波信号进行针对性处理,通过滤波降噪、增强幅度、提取关键特征等手段,更加精准地检测金属材料存在的质量缺陷。其中,数字滤波技术在信号处理的过程中具有突出的优势,如降噪、信号增强手段十分常见。其中,低通滤波器在实际应用中,对高频干扰具有良好的消除效果;带通滤波器在应用中,更加充分地凸显出故障信号。增强信号幅度,能够有效提升信噪比、信号强度。在此过程中,控制信号幅度提升范围大约在 20 ~ 60 db 之间。此外,在信号处理中,通过时域、频域特征,量化解读并准确辨识金属材料的缺陷。信号处理与数据分析模块在实际应用中,能够有效呈现出相关探测数据动态变化,有效保存历史相关数据,自动化实时监管相关数据,并长期存档。同时,该模块还可以结合操作人员的实际需求,通过图表、数值等多种形式,更加直观、清晰地呈现出无损探伤设备探测的波形、频谱、缺陷位置等具体数据。

3. 人机交互界面。操作人员和无损探伤设备之间的交流界面设计至关重要，对操作体验和探测效率具有较大影响。因此，设计人员在无损探伤设备电气自动化监控系统设计的过程中，优化设计人机交互界面，确保其清晰易用。在实践中，设计人员借助触摸屏设计，充分展示无损探伤设备自动化监控信息、控制参

数自动化调整、自动化生成检测报告。同时,设计人员详细分析用户的使用要求,增强人机交互界面使用的便捷性,更加符合用户的操作习惯。通过更加直观、简洁的图形界面、简单明了的使用规则,提高人机交互界面设计的实用性。工作人员可以通过人机交互界面实时数据显示的波形、频谱等,准确掌握无损探伤设备探测作业中的信号波动情况、缺陷位置。在无损探伤设备使用中,操作人员可以结合实际探测需求,利用人机交互界面,针对性调节超声波发射、信号处理等关键控制参数,进而实时监控和优化无损探伤设备的整个探伤检测过程。此外,人机交互界面的设计,将该功能内置在界面上,支持用户一键生成探伤结果、无损检测报告,以便于工作人员更加高效地完成数据整理、无损探伤设备探测成效评估等工作。人机交互界面在应用中,响应速度极快,能够达到毫秒级,进一步保证了各项操作的即时性、连贯性。

3 冶金行业无损探伤设备自动化诊断技术

3.1 自动化诊断原理

冶金行业无损探伤设备在实际应用中,对于自动化监控信息的异常识别、分析原理,主要包含统计学手段、模式识别、规则导向的评判方式。在异常检测和诊断的过程中,基于数据的均值、标准差、分布形态等多种类型的数量特征,利用统计学手段准确侦测异常值。在此过程中,通过设置特定界限,进而准确识别出常态以外的数值。无损探伤设备运行的自动化监控手段,通过先进技术构建数学模型,将无损探伤设备在应用中的实际运行数据和数学模型预估值进行对比分析,明确两者之间存在的差异,以此综合判断被检测物质有无异常情况。CIA 为 I,通过 ARIMA 模型等时间序列分析方法,能够对无损探伤设备的顺利运行情况进行准确预测。在此过程中,如果自动化监控到和模型预测存在较大差异的数据,就可以准确判定无损探伤设备运行过程中存在异常状况。例如:在冶金行业,结合金属材料无损探伤的需求,可以预先设定相应的标准值,并且结合以往成熟的经验,综合判断无损探伤设备运行情况。当监测到传感器的数据不在预先设定的安全范围之内,系统就会自动开启警示机制,及时发出相应的警报信息,提示相关人员结合实际情况进行妥善处理。

3.2 基于机器学习的诊断技术

冶金行业无损探伤设备异常检测、诊断的过程中,机器学习技术具有较多应用优势,能够进一步提高诊断效率,保障诊断结果的精准性。例如:支持向量机

是当前常用的分类手段,在实际工作中,主要是从高维数据空间内,迅速发现最优的分割超平面,针对性划分正常、异常数值。在冶金行业无损探伤的过程中,如果样本数量少、数据维度高时,可以选择支持向量机技术,有效执行设备异常检测和诊断任务^[4]。

深度神经网络在设备诊断过程中应用,如果网络处于多层结构时,可以从数据中自动化提取关键特征,有效进行复杂模式识别。在数量庞大、复杂度高的无损探伤设备自动化监控信息处理中,多层结构的深度神经网络具有显著的应用优势。此外,卷积和递归神经网络等深度学习模型,在图像处理、时间序列分析等多个领域被广泛应用,获得理想的应用成效^[5]。因此,在冶金行业无损探伤设备检测信号处理、分析中具有较多优势。例如:卷积神经网络技术在应用中,能自动化识别超声波检测获得的图像,精准度在 95% 以上;递归神经网络技术应用中,通过该技术构建时间序列模型,能够更加精准地预测无损探伤设备运行数据,并进行异常检测和诊断,更加精准地获取微小的异常状况,确保整个诊断过程的准确性和时效性。此外,在无损探伤设备自动化诊断中,可以深入探究多传感器融合技术,高精度检测产品微小切线,实现精度达到 0.1 mm。

4 结束语

冶金行业无损探伤设备应用中,通过电气自动化监控和诊断技术,能够有效提高设备运行效果,获得更加准确的探伤结果。对此,相关人员应深入分析电气自动化监控涉及的关键技术,并优化设计电气自动化监控系统,获得更加准确的监控信息。同时,利用自动化诊断技术,有效进行监控信息的异常检测和诊断,提高诊断准确率,以便于专业人员有效处理无损探伤设备故障。

参考文献:

- [1] 陈健.基于超声波无损探伤系统的电气自动化设计[J].冶金与材料,2024,44(09):97-99.
- [2] 陈祥,李城城,王振蒙,等.基于智能化技术的电气自动化控制系统研究与实现[J].中国设备工程,2024(15):28-30.
- [3] 赵宇.智能化检测与诊断技术在电气设备安装调试中的应用[J].家电维修,2024(11):92-94.
- [4] 刘永豹,田宇,王婷.智能化技术在电气设备监控与故障诊断中的应用探究[J].时代汽车,2024(07):148-150.
- [5] 翟元元.基于人工智能技术的电气自动化智能控制系统设计与实现[J].办公自动化,2023,28(19):7-9.