

钢铁生产线机械设备的智能监测与预测性维护研究

黄庆博 张晓帆 刘恒玮 杨旭

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]在钢铁工业的生产进程里,机械设备能够稳定地运行,这对于整体的生产效率以及生产安全来讲,有着十分重要的影响。以往传统的维护办法,大多依靠着定期开展的检修工作以及在出现问题之后才去进行处理的方式,如此一来,就容易出现资源方面的浪费情况,并且还可能产生生产过程出现中断的现象。然而智能监测以及预测性维护技术,其能够凭借对实时数据的采集以及深入分析,进而提前将设备所存在的潜在故障给识别出来,同时还可以对维护策略加以优化。此项研究全面且细致地对钢铁生产线设备的运行特性以及维护方面的需求展开了分析,进而搭建起一个包含数据采集环节、状态监测环节、预测模型构建以及系统集成等方面在内的技术体系,并且针对该系统在实现过程当中所涉及的关键技术以及实施应用的具体方案也进行了相应的探讨。

[关键词]智能监测; 预测性维护; 钢铁机械; 故障诊断; 数据采集

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17743

中图分类号: TP278

文献标识码: A

Research on Intelligent Monitoring and Predictive Maintenance of Mechanical Equipment in Steel Production Lines

HUANG Qingbo, ZHANG Xiaofan, LIU Hengwei, YANG Xu

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455000, China

Abstract: In the production process of the steel industry, the stable operation of mechanical equipment has a significant impact on overall production efficiency and safety. In the past, traditional maintenance methods mostly relied on regular maintenance work and handling problems only after they occurred. As a result, it is easy to waste resources and may even lead to interruptions in the production process. However, intelligent monitoring and predictive maintenance technology can identify potential equipment failures in advance by collecting real-time data and conducting in-depth analysis, while also optimizing maintenance strategies. This study comprehensively and meticulously analyzed the operational characteristics and maintenance requirements of steel production line equipment, and established a technical system including data collection, status monitoring, prediction model construction, and system integration. Corresponding discussions were also conducted on the key technologies involved in the implementation process of the system and the specific implementation and application plans.

Keywords: intelligent monitoring; predictive maintenance; steel machinery; fault diagnosis; data collection

引言

钢铁工业属于国家经济的关键支柱产业范畴,其生产线机械设备的运行状况同生产效率以及产品质量紧密相关。在那种高温、高压且连续作业的复杂环境之下,设备很容易出现磨损以及故障情况。传统的维护模式大多是以定期检修以及事后维修这两种方式为主的,明显缺乏实时性与预见性,常常致使生产中断并且造成资源浪费。因此如何提高设备的运行效率,减少不必要的停机时间和维修费用,成为现代工业亟待解决的问题。智能监测系统的应用能为机械设备故障预测和预防性维修提供新的解决方案,该系统使用传感器技术、数据采集与处理技术及智能算法,实现对设备运行状态的实时监控,并提前预测潜在故障,有效支持预防性维修策略的制定。

1 钢铁生产线机械设备运行特点与维护需求

1.1 钢铁生产线设备运行特点

钢铁生产线的机械设备往往处于高温、高压以及高负

荷的连续运转状态,像轧机、高炉还有连铸机这类核心设备,要长时间经受剧烈振动以及腐蚀性环境的影响,这使得部件磨损和老化的速度加快,而且生产流程需要连贯,所以设备得一直保持高可用性,一旦出现意外停机,就可能引发连锁反应,进而影响整个生产线的平衡与输出效率^[1]。这些设备结构复杂,集成程度又高,故障点还分散,诊断起来难度很大,再加上钢铁生产过程中原料会有变化,工艺也会经常调整,设备负载波动比较明显,这就进一步加大了运行状态的不确定性,所以实时监测以及动态调整就成了保障稳定运行的重要需求。

1.2 传统维护模式的局限性

传统维护模式主要涵盖定期维修以及故障后维修这两种形式。定期维修依靠的是按照固定时间间隔所开展的检查以及更换操作,如此一来,常常会忽视设备的实际运行状态,进而很容易出现过度维护或者维护不够的情况。而故障后维修则是在设备已经出现失效状况之后才会采

取相应行动,这无疑会导致生产过程出现中断,并且使得维修成本急剧增加,而且也无法对潜在的风险加以预防。这种维护模式在钢铁生产线当中所呈现出的问题显得格外突出,毕竟设备所处的运行环境极为恶劣,故障发生的频次也颇高,传统的方法很难精准地预测出故障的具体位置以及发生的时间,与此还依赖人工凭借经验来进行判断,如此效率自然不高,而且还容易受到主观因素的影响,最终致使维护资源的分配不合理,整个生产效率也随之下降,迫切需要借助智能化的手段来实现革新。

2 智能监测与预测性维护技术体系

2.1 数据采集与传感技术

数据采集以及传感技术构成了智能监测系统的根基。其借助在钢铁生产线设备上布置各类传感器,像振动传感器、温度传感器还有压力传感器等,来实时搜集运行参数以及环境数据,比如设备转速、温度波动状况以及振动频率等情况,进而构建起较为完备的数据源。这些传感器得有较高的精度,并且具备较强的抗干扰能力,这样才能适应钢铁工业那种较为恶劣的工作环境。与此数据采集系统得能够支持多通道操作以及实现高速传输,以此保证信息可以及时上传到处理平台,为后续的分析给予可靠的输入。随着物联网技术不断向前发展,无线传感网络的应用又进一步拓展了数据所能够覆盖的范围,提高了系统的灵活性以及可扩展性。

2.2 状态监测与故障诊断方法

状态监测和故障诊断方法依靠对所采集数据展开实时分析以及模式识别来开展相关工作。借助信号处理技术,像傅里叶变换以及小波分析等手段,从中提取出设备振动信号以及温度信号里的特征值,并且把这些特征值和历史数据相互比较一番,进而识别出其中存在的异常模式以及潜在的故障点所在之处^[2]。故障诊断还会联合运用专家系统以及机器学习算法,比如支持向量机还有深度学习模型,以此来对设备的状态加以分类并做出评估,最终能够精准地判断出故障的具体类型以及其严重的程度。这样的方法一方面提升了诊断的准确性,另一方面也达成了从被动响应的状态转变为能够主动发出预警的情况,大幅度降低了突发故障出现的风险。

2.3 预测模型与算法

预测模型以及相应的算法在预测性维护方面占据着极为关键的地位。其会充分利用历史运行所积累的数据,再加上实时监测所获取的信息,借助时间序列分析、回归模型或者神经网络算法等方式来构建起能够预估设备退化趋势以及故障概率的预测模型。就好比基于 LSTM 所搭建的预测框架,它在处理序列数据这件事情上表现得颇为出色,能够对设备的剩余使用寿命做出有效的预测。这些算法在实际应用过程中必须要充分考量钢铁生产线所具备的动态特性,像负载出现的变化情况以及工艺方面做出的调整等,通过将多源数据加以集成,并且运用自适应学习的方式,以此来进一步提升模型自身的鲁棒性以及预测的准确性。并且,模型经过优化后的输出结果还能够在优化维护计划方

面发挥重要作用,进而达成按需维修的目标,同时还能实现资源的节约。而算法不断地进行迭代以及严格的验证操作,则能够切实保证预测结果具备较高的可靠性。

2.4 系统集成与平台架构

系统集成和平台架构把数据采集、状态监测以及预测模型整合成一个统一的智能监测平台,一般会采用分层架构来设计,其中包含感知层、网络层、处理层还有应用层,以此达成从数据收集一直到决策支持的全流程管理。平台架构得支持云计算和边缘计算相结合的方式,用来处理海量的数据并且降低延迟,与此同时借助标准化接口以及模块化设计,方便与现有的生产系统进行集成,就好比基于工业互联网平台所给出的解决方案,可以提供可视化的仪表盘以及报警功能,助力运维人员实时对设备状态加以监控并且执行维护指令,进而提高整个系统的协同效率。

3 系统实现与关键技术

3.1 系统架构设计

系统架构设计构成了智能监测系统得以实现的根基,其往往运用分布式架构来开展相关工作,把传感器、数据采集单元、处理服务器以及用户界面紧密且有机地结合起来,以此保证数据流可以顺利地设备端传送到应用端,实现无缝的传输效果。与此架构在设计之时还需要充分考量可扩展性以及安全性这两个方面的问题,从而能够与钢铁生产线持续发生变化的需求相适应^[3]。在整个设计的进程当中,模块化思想获得了极为广泛的运用,比如说把数据预处理、模型计算还有可视化功能彼此区分开来,这样做便能够方便后续的维护操作以及升级事宜。并且借助引入微服务架构的方式,系统可以更为灵活地去应对高并发数据处理的情况,进而使得系统的响应速度得以提升,可靠性也获得增强,最终成功打造出一个高效且稳定的智能监测平台。

3.2 多源数据融合技术

多源数据融合技术会把来自不同传感器以及系统的异构数据加以整合起来,像设备运行的各项参数、所处环境的具体条件还有以往的维护记录等等这些数据,通过这样的方式来消除信息孤岛的存在,并且从中提取出更有价值的一些特征,进而使得状态监测以及预测的准确性得以提升。该技术运用数据清洗、特征提取以及关联分析等一系列的方法,去处理数据当中存在的噪声以及不一致的情况,比如说依据卡尔曼滤波所形成的融合算法,能够在一定程度上优化实时数据流的状况,而深度学习模型则可以用来挖掘多源数据之间那些隐含的关系。在钢铁生产线的场景下,这种技术助力达成了对复杂设备状态较为完整的理解,同时也为预测性维护筑牢了稳固的数据根基。

3.3 智能诊断与预测算法

智能诊断和预测算法把机器学习以及统计分析融合起来,针对设备故障展开精准的识别工作,并且对故障发展趋势做出预测。就好比运用随机森林算法来对多维度的数据加以分类,进而诊断出像轴承出现磨损或者齿轮发生

失效这类常见的故障类型。与此借助 Prophet 模型去预测设备的退化路径。这些算法得去处理钢铁生产线上那种高维且具有非线性数据,依靠特征选择还有模型优化这两方面的操作,让计算效率得以提升,泛化能力也获得增强。而实时推理引擎的部署,能够保证算法在边缘设备上可以快速作出响应,最终达成从数据到决策的智能化转变,使得维护效率得到较为明显的提升。

3.4 可视化与交互设计

可视化与交互设计借助图形化界面来展示设备状态、预警信息以及维护建议,以此助力运维人员直观地理解复杂数据。比如运用仪表盘、趋势图和热力图来呈现关键指标,并且设计出像参数调整以及报告生成这样的交互功能,以此提升用户的体验以及操作的便捷程度。在设计的过程中,要充分考虑用户群体所具备的技术背景,采用那种简洁且清晰易懂的布局与提示方式,防止出现信息过载的情况。借助响应式设计,界面能够适配不同的终端设备,保证无论是在移动端还是固定工作站上都能够高效地使用,进而强化系统的实用性以及普及的程度。

4 实施与应用分析

4.1 系统部署方案

系统部署方案应当依据钢铁生产线的实际环境以及设备布局情况来制定,一般是分阶段去实施的,一开始会从关键设备开始进行试点操作,随后再慢慢进行扩展,就好比在高炉或者轧机区域去安装传感器还有数据采集单元,并且借助网络将它们连接到中央处理平台,在部署的过程中,得充分考虑到电力供应方面的情况、网络的稳定性以及物理防护等相关事宜,从而保证系统能够稳定可靠地运行。该方案还涵盖了人员培训以及流程调整等内容,其目的是为了助力运维团队能够熟悉这套新的系统,并且将其顺利整合进日常的工作当中。而通过开展模拟测试以及试运行等举措,便能够提前把潜在的问题给找出来,并且对配置加以优化,进而达成平滑过渡的效果以及将生产干扰降到最低的程度。

4.2 运维策略优化

运维策略的优化依托于智能监测系统所给出的输出情况,把传统的定期维护模式逐步转变成预测性维护的方式。比如说,依据设备健康评分的具体状况来动态地对检修计划做出调整,把那些高风险的部件优先安排处理,以此方式来削减不必要的停机时长以及资源耗费。并且,在进行策略优化的时候,还需要综合考虑历史数据以及实时反馈信息,持续不断地对维护规则加以迭代更新。通过引入决策支持工具,该系统便能够推荐出最为适宜的维护时机以及维护方法^[4]。比如在预测到存在潜在故障的时候,就能够提前做好安排去进行更换操作,如此一来便可以避免出现突发性的中断情况。而这样的优化举措,一方面提升了设备的可用性程度,另一方面也使得备件库存以及人力成本都得以降低,切实体现出了智能化技术在运维管理工作当中所具有的实际应用价值。

4.3 效益评估体系

效益评估体系会采用定量以及定性指标来对智能监测系统的应用效果加以衡量,像设备故障率下降的百分比、维护成本所节约的金额还有生产效率提升的具体数值等都会被纳入考量范围。与此还会把安全性以及环境影响因素考虑进去,比如减少事故发生的比率以及降低能耗的水平等情况,以此来全方位地评估技术投入所能收获的回报。在开展评估工作的过程中,需要去收集系统运行的相关数据以及用户的反馈信息,借助对比实施前后各项关键绩效指标的方式,证实该系统的经济方面和技术方面的优势所在,而进行长期的跟踪调查则能够有助于发现系统后续可改进的空间。

4.4 实施难点与对策

实施难点有数据质量不统一、技术集成难度大以及人才储备不够,像传感器数据常受环境干扰致使噪声偏大,或者现有系统兼容性不好阻碍平台部署,运维人员技能欠缺可能影响系统使用效果。应对这些难点,可强化数据预处理和校准流程,采用标准化接口推动系统集成,开展专项培训提升团队能力,借助合作和外部专家支持,逐步解决技术瓶颈,分阶段实施并持续监控能降低风险,保证智能监测系统在钢铁生产线的成功应用。

5 结束语

智能监测以及预测性维护技术应用于钢铁生产线的机械设备当中,设备可靠性以及运维效率都得到了明显提升。依靠对数据采集、状态监测还有预测算法加以集成,成功实现了从原本的被动维护朝着主动管理转变的目标。并且,在系统实施环节里的一些关键技术,比如多源数据融合以及可视化设计,还给行业智能化转型带来了颇具实用性的解决办法。虽说在数据质量以及人才这两个方面存在着一定的挑战,不过借助优化部署以及培训等方式,这些难点是能够逐步被克服掉的。在未来,随着人工智能以及物联网技术不断向前发展,智能监测系统必定会变得更加精准,也更为普及,进而为钢铁工业实现可持续发展赋予全新的动力。

[参考文献]

- [1]黄亮,徐晓磊,周洪军,等.基于先进传感技术的石油钻修井机械设备智能监测与优化[J].今日制造与升级,2024(4):63-65.
- [2]张涛.智能传感技术在金矿选矿机械设备状态监测中的应用[J].自动化博览,2024,41(9):32-35.
- [3]常刚,罗彩君.基于 AI 技术的造纸机械设备故障监测系统设计与实现研究[J].造纸科学与技术,2025,10(13):1-4.
- [4]陈国伟,杜晓东,杨维涛.智能监测系统在机械设备故障预测与预防性维修中的应用研究[J].家电维修,2025(7):12-14.

作者简介:黄庆博(1999.8—),男,毕业院校:河南科技学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:安阳钢铁建设有限责任公司,职务:设备工程助理工程师,职称级别:初级。