

基于大数据的冶金设备运行状态评估与维护决策优化

张晓帆 刘恒玮 杨旭 黄庆博

安阳钢铁建设有限责任公司，河南 安阳 455000

[摘要]随着工业朝着智能化方向不断发展，冶金行业在设备运行效率以及维护成本方面遭遇到了双重挑战。本论文全面深入地分析了大数据技术于冶金设备状态评估以及维护决策当中的实际应用情况，进而构建起了一套较为完整的相关方法体系。先是阐述了设备状态评估所涉及的一些基本理论内容，同时也指出了大数据技术自身所具备的各项优势所在。接着详细地介绍了有关数据采集的具体操作流程、特征提取的相关方法、评估模型是如何一步步建立起来的以及其后续的验证过程等。

[关键词]大数据；冶金设备；状态评估；维护决策；预测性维护

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17938

中图分类号: TM73

文献标识码: A

Evaluation of Metallurgical Equipment Operation Status and Optimization of Maintenance Decisions Based on Big Data

ZHANG Xiaofan, LIU Hengwei, YANG Xu, HUANG Qingbo

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

Abstract: With the continuous development of industry towards intelligence, the metallurgical industry is facing dual challenges in terms of equipment operation efficiency and maintenance costs. This paper comprehensively and deeply analyzes the practical application of big data technology in the assessment of metallurgical equipment status and maintenance decision-making, and thus constructs a relatively complete system of related methods. Firstly, the basic theoretical content involved in equipment status assessment was elaborated, while also pointing out the various advantages of big data technology itself. Then, the specific operation process of data collection, related methods of feature extraction, how the evaluation model is established step by step, and its subsequent verification process were introduced in detail.

Keywords: big data; metallurgical equipment; state assessment; maintain decision-making; predictive maintenance

引言

冶金行业属于国民经济的基础产业范畴，在这个行业中，设备的运行状态对生产安全以及生产效率有着极为重要的影响。近年来，大数据技术发展得十分迅速，而这种迅猛的发展态势使得传统的管理方式很难再契合现代工业方面的需求了。设备在那种高温且高压的环境当中长时间地运转着，在这样的情况下，其状态很容易受到多种不同因素的作用与干扰，进而出现故障频发的情况，与此维护成本也会不断地上升。所以，凭借先进技术来达成精准的评估以及决策方面的优化，这就成了整个行业关注的焦点所在。大数据能够借助海量的数据采集工作，再经过一番分析之后，从中挖掘出设备运行的规律，以此来为状态评估给予相应的支撑。并且，将大数据与智能算法相结合起来，还能够推动决策从单纯依靠经验的状态向着更为科学合理的方向去转变。

1 冶金设备运行状态评估的理论基础

1.1 设备状态评估的基本概念

设备健康状态评估是对设备偏离正常运行状态程度的估计，得到的是一种定量的评估结果。通过这种评估可以准确地了解设备当前的健康状态，为设备的维护及管理提供决策依据和技术支持。设备健康衰退评估方法的实质

就是结合当前设备数据的特征指标和设备历史数据的特征指标，通过健康衰退评估方法，判断当前设备状态处于设备生命周期中的哪个阶段，进而采取相应的维修措施。冶金设备评估涉及到对机械部件的磨损情况进行检测，同时也需要对热工参数展开综合性的分析，以此来保证在复杂的工况之下能够实现稳定的运行，并且通过对历史数据与实时数据加以整合，从而量化性能退化的程度，并且预测剩余的使用寿命。采用这种方法能够降低突发故障出现的概率，同时还能延长设备的生命周期，着重于多指标协同分析，像是将振动参数与温度参数相互融合起来，进而构建起一套较为全面的评估体系。

1.2 大数据技术在状态评估中的应用优势

大数据技术于冶金设备状态评估方面，具备数据处理能力颇为强大、模式识别精度颇高以及实时分析效率颇佳等优势。传统的方法往往是依靠数量有限的样本以及凭借经验来进行判断，然而大数据能够对海量且来源多样的设备数据加以处理，以此来全方位地捕捉状态变化的规律，就好比说借助分布式存储的方式去整合传感器所采集的数据，进而达成动态监控的目的^[1]。机器学习算法可自动提取出关键特征并建立起预测模型，如此一来便能够提升评估的准确性以及鲁棒性，同时也能减少人为出现误判的

风险，并且还能凭借可视化工具来助力实现快速决策。大数据技术还会推动数据的共享以及协同分析工作的开展，进而优化资源分配方面的策略以及风险管理方面的策略。

2 基于大数据的冶金设备运行状态评估方法

2.1 设备运行数据采集与预处理

设备运行数据的采集乃是状态评估当中的基础环节，就冶金设备来讲，其数据来源涵盖了传感器网络、控制系统以及历史数据库，而这些数据往往呈现出高维度、高噪声以及异构这样的特性。数据采集的过程务必要涵盖设备运行所涉及的整个生命周期，比如说借助物联网技术来实时地收集振动、温度、流量还有电流等一系列参数，以此来保障数据具备完整性以及时效性。在预处理阶段，会涉及到数据清洗、归一化以及缺失值处理等方面的工作，目的是为了消除那些异常点以及噪声干扰，举例来讲，可以通过运用滑动窗口或者滤波算法的方式来让数据序列变得平滑一些，进而提高后续分析工作的可靠性。在冶金环境当中，数据预处理还需要充分考虑到工况变化所产生的影响。对数据采集与预处理加以优化，能够在很大程度上提升状态评估的精度，为特征提取以及模型构建给予高质量的输入，与此同时还能减少计算资源方面的浪费。本方法着重强调多源数据融合技术，把结构化数据和非结构化数据相互结合起来，以此来全方位地反映出设备的运行状态，并且借助自动化工具达成预处理流程的标准化以及高效化。

2.2 状态特征提取与指标体系构建

状态特征提取属于从原始数据里甄别并挑选出关键指标的一项过程，在冶金设备展开评估之时，这些特征涵盖了时域、频域还有时频域方面的参数，像均值、方差、频谱峰值以及小波系数等等都包含在内。特征提取所采用的方法务必要同设备自身特性以及运行所处的环境相互结合起来，就好比说对于高炉或者轧机等不一样的设备而言，要选取能够体现磨损情况、过热状况又或者是效率出现下降的特定特征，借由这样的方式来强化评估所具有的针对性^[2]。指标体系的构建工作则是在所提取的特征基础之上打造出一个综合性的评价框架，这里面涉及一级指标，像可靠性、安全性以及经济性等，同时也涵盖二级指标，比如故障率、能耗比还有维护成本等等，借助权重方面的分配以及归一化相关的处理手段来达成多维度的整合效果。在整个构建过程当中，得充分考虑到各个指标之间存在的相关性以及可能出现的冗余度情况，比如说运用主成分分析或者聚类等方法来实现降维操作，进而促使指标体系具备更高的简洁性以及更强的实用性。状态特征提取以及指标体系构建最终所得到的结果会为后续的评估模型给予相应的输入，并且还会通过实证分析的方式来对其有效性加以验证，以此来保证它能够精准地反映出设备运行状态所呈现出的变化趋向。此方法还着重指出动态指

标调整机制，依据设备运行数据所发生的变化去实时地对特征以及指标做出更新，从而能够契合不同阶段在管理方面的需求。

2.3 基于数据驱动的状态评估模型

基于数据驱动的状态评估模型会运用机器学习以及统计方面的办法，从历史数据里面去学习设备的运行规律，之后再将所学应用到对当前状态的判断当中。在冶金设备领域，常用的模型有支持向量机、随机森林还有深度学习网络等。这些模型借助训练数据集来学习正常状态和异常状态的界限，比如说运用分类算法来识别故障模式，或者采用回归算法去预测性能退化的走向，进而达成状态评估的自动化与智能化目标。在构建模型的过程中，得考量数据量、特征维度以及算法复杂度三者之间的平衡关系，像是可通过交叉验证的方式来挑选出最优的参数，以此防止出现过拟合或者欠拟合这类问题。在冶金设备的应用场景里，数据驱动模型还能把实时数据流整合进来，达成在线评估以及预警的功能，比如凭借流处理技术来动态地更新模型的输出结果，从而能及时地将设备状态的变化情况反馈出来。基于数据驱动的状态评估模型不但提升了评估的效率，而且还依靠自身的自适应学习能力来适应设备运行环境所发生的各种变化，从而为维护决策给予科学层面的依据。

2.4 状态评估结果分析与验证

状态评估结果分析乃是针对模型输出予以解释并做出评价的一个流程，在冶金设备方面而言，这就涵盖了状态分级、风险识别以及趋势预测等环节，比如说把设备状态划分成正常、注意还有警告这样的级别，并且提出与之相应的维护方面的建议。此分析过程务必要结合领域知识以及数据洞察的情况，比如借助可视化工具来展示状态变化曲线以及关键指标分布状况，以此助力管理人员更为直观地去理解评估得出的结果。而在验证阶段，则是凭借实际运行的数据来测试评估模型所具有的准确性以及稳定性，像是运用历史故障案例去回测模型的预测能力，又或者通过现场实验来比对评估结果和真实状态之间的差异。在冶金行业当中，状态评估结果的验证还应当考虑到经济性以及可行性等因素，比如要评估模型在减少停机时间或者是降低维护成本等方面的实际成效，从而保证其具备应用的价值。结果分析与验证这样一个循环往复的过程是能够持续不断地对评估方法加以优化的，借助反馈机制去调整模型参数以及指标权重，进而提升整体评估系统的鲁棒性。该方法着重于从多个维度展开验证，囊括技术性能、经济效益以及用户满意度等诸多方面，以便能够对状态评估方法的适用性以及推广潜力做出较为全面的评价。

3 冶金设备维护决策优化方法

3.1 维护策略类型及其适用性分析

维护策略类型包含预防性维护、预测性维护以及纠正

性维护,这些不同类型在冶金设备管理当中有着各不相同的适用场景,同时也各具优缺点。预防性维护是依据固定的周期来开展计划性的检查工作,这种维护方式比较适用于故障模式较为稳定的设备,然而它有可能会引发资源方面的浪费情况^[3]。预测性维护则是凭借对状态的评估所得到的结果,在设备性能出现退化之前便触发相应的行动,这种方式主要适用于那些具有较高价值的设备,以此来降低设备突发故障的风险。纠正性维护是在设备发生故障之后再去进行修复处理,它通常应用于非关键设备之上,不过这样一来就有可能导致生产出现中断的现象。对于维护策略适用性的分析,需要综合考虑设备的重要程度以及资源方面的约束条件,从而达成成本与效益的平衡状态。

3.2 基于状态评估的预测性维护机制

预测性维护机制依据状态评估来开展相关工作,它借助对实时监控数据的分析来预测可能出现的潜在故障,并且会提前安排好维护事宜,将状态输出以及决策逻辑加以整合。该机制最为关键之处就在于故障预测模型以及预警阈值的设置方面,就好比运用时间序列预测的方式来估测剩余的使用寿命,一旦指标超出所设定的阈值,便会自动形成维护工单。在冶金设备管理领域当中,此机制会充分考量资源的可用性以及调度的优先级情况,同时与生产计划相结合,以此来对维护时机加以优化,从而把影响尽可能地降到最低。其优势主要体现在能够凭借前瞻性的举措来有效降低非计划停机的情况发生,进而节省相关成本。

3.3 维护资源调度与决策模型

维护资源调度涉及到人力、物料以及时间的分配方面的问题,在冶金设备维护这一领域当中,决策模型所起到的作用在于优化资源利用的效率以及维护的实际效果,比如借助数学规划或者启发式算法来求得最优的调度方案。决策模型往往会被多目标优化考虑进去,像要让维护成本尽可能地降低下来、使设备的可用性能够最大程度地提高起来以及要平衡好工作负荷等,并且会把状态评估得出的结果当作输入参数给融合进来。举例来讲,可以运用整数规划模型来分配技术人员以及备件库存,又或者是依靠仿真工具去评估不同的调度策略给生产线所带来的潜在影响。在冶金这个行业里面,维护资源调度还必须要去应对突发的故障以及资源方面的限制情况,比如说通过实时调整的机制来处理优先级出现的变化,以此来确保关键设备能够及时地得到维护。决策模型在构建的时候需要结合实际的具体情况来进行,像是要把设备的历史维护数据以及环境方面的因素都纳入到其中,从而使得模型的实用性以及鲁棒性都能够得以提升。

3.4 维护效果评价与反馈机制

维护效果评价属于对维护决策以及执行结果展开量化分析的一个过程。就冶金设备来讲,其评价指标涵盖了

设备可靠性、维护成本、停机时间以及安全性等方面,以此来衡量维护活动的整体绩效情况。常用的评价方法一般会采用对比分析的方式,比如去比较预测性维护和传统策略在相同周期内所呈现出的效果差异,或者借助关键绩效指标来跟踪维护效率方面的变化情况。反馈机制会把评价结果应用于优化维护决策以及状态评估模型之上,比如说当效果评价显示出某类设备存在维护过度的情况时,就需要对状态阈值或者策略选择做出相应调整,从而达成更为精准的管理效果。在冶金行业当中,维护效果评价还需要综合考量长期趋势以及外部因素,像是要分析设备老化给维护需求所带来的影响,又或者是整合用户反馈来改进维护流程。反馈机制的施行是依靠数据闭环来实现的,从评价一直到调整的这个循环过程能够不断地汲取经验教训,进而提升维护系统的自适应能力^[4]。此方法着重强调多维度反馈,涉及技术数据、经济指标以及人员经验等多个方面,以此确保维护决策具备全面性以及可持续性。维护效果评价与反馈机制加以整合之后,可为冶金设备管理赋予持续改进的内在动力,推动维护实践朝着高效且智能化的方向不断发展前行。

4 结束语

该文全面且细致地探讨了借助大数据所开展的冶金设备运行状态评估以及维护决策优化方面的办法,从相关理论根基一直到具体的实际运用情况,充分展现了大数据技术于提升设备管理成效方面所具备的潜力以及实际的价值。凭借对状态评估方法加以创新以及对维护决策模型予以优化等举措,此项研究给冶金企业给出了颇具实用性的技术架构,可切实有效地去应对设备运行期间所存在的不确定性还有复杂多变的情形。后续的研究可以进一步去深入探究人工智能和物联网技术相互融合的可能性,比如着手开发更为智能化的自适应模型又或者是跨平台集成的相关方案,进而让这种方法具备更强的适用范围以及更好的扩展性能。

【参考文献】

- [1]郭亚南.冶金机械设备智能监测与预防性维护技术研究[J].世界有色金属,2025(9):13-15.
- [2]孙护义.人工智能在冶金自动化中的应用研究[J].信息与电脑,2025,37(10):19-21.
- [3]贾金红.电气自动化技术在冶金设备智能化改造中的应用研究[J].中国金属通报,2025(8):138-140.
- [4]齐嘉诚,金逸凡,张晓红,等.冶金设备智能运维标准发展现状及体系构建[J].中国标准化,2025(15):90-96.

作者简介: 张晓帆 (1989.1—), 男, 毕业院校: 濮阳职业技术学院, 所学专业: 建筑工程技术, 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。