

钢厂机械设备维护管理的现状与改进策略探讨

黄宗斌

柳州钢铁股份有限公司第一轧钢厂 广西 柳州 545002

摘要: 随着我国钢铁工业向高质量、绿色化、智能化方向转型,钢厂机械设备作为生产体系的核心载体,其运行效率与可靠性直接关系到企业的产能释放、成本控制和安全生产。然而,当前多数钢厂在设备维护管理方面仍存在诸多问题,如维护模式滞后、信息化水平不足、人员技能断层、预防性维护缺失等,严重制约了企业综合竞争力的提升。本文通过系统梳理当前钢厂机械设备维护管理的主要现状,深入剖析其存在的核心问题,并结合国内外先进经验与新兴技术发展趋势,提出一套涵盖制度优化、技术升级、人才建设与智能运维的综合性改进策略。研究表明,构建以可靠性为中心的维护(RCM)体系,融合物联网、大数据、人工智能等数字技术,推动设备全生命周期管理,是实现钢厂设备高效、安全、经济运行的关键路径。

关键词: 钢厂; 机械设备; 维护管理; 预防性维护; 预测性维护; 智能运维; 全生命周期管理

引言

钢铁工业是我国国民经济的重要基础产业,也是能源消耗和碳排放的重点行业。近年来,在“双碳”目标和智能制造战略的双重驱动下,钢铁企业正加速推进绿色低碳转型与数字化升级。在此背景下,生产设备的稳定运行成为保障连续化、高效率、低能耗生产的关键环节。钢厂机械设备种类繁多、结构复杂、运行环境恶劣(高温、高湿、粉尘、腐蚀等),其故障不仅会导致非计划停机、产量损失,还可能引发安全事故,造成重大经济损失甚至人员伤亡。传统的设备维护管理模式多以“事后维修”为主,缺乏系统性和前瞻性,难以适应现代钢铁生产的高节奏、高可靠性要求。因此,如何科学、高效地开展机械设备维护管理,已成为钢铁企业亟需解决的核心课题。本文旨在全面分析当前钢厂设备维护管理的现实困境,借鉴国际先进理念与技术手段,提出具有可操作性的改进策略,为钢铁企业提升设备管理水平、实现精益运营提供理论支持与实践指导。

1 钢厂机械设备维护管理的现状分析

1.1 维护模式仍以被动维修为主

尽管部分大型钢铁企业已开始推行预防性维护(Preventive Maintenance, PM),但整体而言,国内多数钢厂(尤其是中小型钢厂)仍普遍采用“坏了再修”的事后维修(Reactive Maintenance)模式。这种模式具有明显的滞后性,往往在设备出现严重故障甚至停机后才组织抢修,不仅维修成本高昂,且对生产计划造成严重干扰。据统计,事后维修的成本通常是预防性维护的3-5倍,且非计划停机时间可占全年有效作业时间的5%-15%。

1.2 预防性维护执行不规范

部分企业虽制定了定期检修计划,但在实际执行中存在“重形式、轻实效”的问题。例如,检修周期设定缺乏科学依据,多依赖经验判断而非设备实际运行状态;检修项目流于表面,未能覆盖关键部件;备件管理混乱,导致“该换的没换,不该换的乱换”,造成资源浪费。此外,缺乏对维护效果的评估机制,无法形成闭环管理。

1.3 信息化与数字化水平偏低

当前,许多钢厂的设备管理仍依赖纸质台账、Excel表格或功能单一的EAM(企业资产管理系统),数据孤岛现象严重。设备运行参数、故障记录、维修历史等关键信息未能有效采集、整合与分析,导致决策缺乏数据支撑。同时,缺乏与DCS(分布式控制系统)、MES(制造执行系统)等生产系统的深度集成,难以实现设备状态的实时监控与预警。

1.4 专业人才培养滞后

设备维护工作对技术人员的专业素养要求较高,但现实中存在“老龄化+断层化”双重挑战。一方面,经验丰富的老技师逐渐退休;另一方面,年轻技术人员实践经验不足,对复杂设备的故障诊断能力较弱^[1]。此外,企业对维护人员的培训投入不足,缺乏系统化的技能提升机制,导致维护质量难以保障。

1.5 备件库存管理粗放

备件是设备维护的重要保障,但许多钢厂存在“高库存、低周转”或“低库存、高缺货”的两极现象。前者占用大量流动资金,后者则因紧急采购导致停机时间延长。究其原因,主要是缺乏基于设备故障率、寿命周期和供应

链响应的科学库存模型, 备件需求预测能力薄弱。

2 当前维护管理中存在的核心问题

2.1 管理理念落后, 缺乏全生命周期视角

多数企业仍将设备视为“生产工具”, 而非“资产”, 忽视了从采购、安装、使用、维护到报废的全生命周期成本(LCC, Life Cycle Cost)管理。这种短视行为导致在设备选型阶段过度关注初始购置成本, 而忽略了后期的维护成本与可靠性, 最终造成总体拥有成本上升。

2.2 维护策略缺乏针对性与动态调整能力

不同设备在生产线中的重要性、故障后果、可维护性差异显著, 应采取差异化的维护策略。然而, 现实中常采用“一刀切”的维护方式, 未对关键设备(如高炉鼓风机、连铸机、轧机主传动等)实施重点保障。同时, 维护计划缺乏根据设备实际运行状态进行动态优化的能力, 灵活性不足。

2.3 数据价值未被充分挖掘

尽管现代钢厂已部署大量传感器和监控系统, 但海量运行数据多用于过程控制, 未有效服务于设备健康管理。缺乏对振动、温度、电流、油液等多源异构数据的融合分析能力, 难以实现早期故障识别与剩余寿命预测。

2.4 跨部门协同机制不健全

设备维护涉及设备部、生产部、安环部、采购部等多个部门, 但现实中常存在职责不清、沟通不畅的问题。例如, 生产部门为保产量常压缩检修时间, 设备部门则抱怨“带病运行”; 采购部门按最低价中标原则采购备件, 影响设备可靠性^[2]。缺乏统一的协同平台与绩效考核机制, 难以形成维护合力。

3 国内外先进维护管理经验借鉴

3.1 以可靠性为中心的维护(RCM)

RCM起源于航空与核电领域, 强调根据设备的功能、故障模式及后果, 选择最经济有效的维护策略。其核心是回答七个基本问题, 如“设备功能是什么?”“功能故障有哪些?”“故障后果是什么?”等。宝钢、鞍钢等企业已试点RCM, 对关键设备实施FMEA(故障模式与影响分析), 显著提升了维护精准度。

3.2 预测性维护(PdM)技术应用

国外先进钢厂如日本新日铁、德国蒂森克虏伯广泛采用预测性维护技术。通过在线监测系统(如振动分析、红外热成像、油液光谱分析)实时评估设备健康状态, 仅在必要时进行干预, 避免过度维护或维护不足。例如, 利用AI算法对轧机轴承振动信号进行分析, 可提前7-15天预警潜在故障。

3.3 数字孪生与智能运维平台

西门子、达涅利等国际工程公司已推出基于数字孪生的设备健康管理解决方案。通过构建物理设备的虚拟映射, 集成设计参数、实时数据、历史维修记录等, 实现故障仿真、维护方案优化与远程专家支持。国内如沙钢、河钢也在建设智能运维平台, 初步实现设备状态可视化与智能诊断。

4 钢厂机械设备维护管理的改进策略

4.1 构建以可靠性为中心的全生命周期管理体系

要从根本上提升设备维护水平, 必须转变管理理念, 从全生命周期视角统筹设备管理。首先, 应在设备选型阶段引入全生命周期成本(LCC)评估模型, 综合考虑购置成本、能耗、维护费用、可靠性及环保性能, 优选总体拥有成本最低的方案, 而非仅关注初始价格。其次, 应实施设备分级分类管理, 依据其对生产连续性、安全性和环保合规的影响程度, 将设备划分为关键(A类)、重要(B类)和一般(C类)三档, 并据此制定差异化的维护策略。对于A类设备, 应优先采用预测性维护、冗余配置和重点监控。在此基础上, 可对关键设备系统性地开展RCM分析, 明确其功能、故障模式、故障后果及最优维护任务, 形成标准化、可执行的维护作业指导书, 确保维护工作的科学性与有效性。

4.2 推进数字化、智能化维护转型

数字化转型是提升维护管理效能的关键抓手。企业应建设统一的设备智能运维平台, 打通EAM、MES、DCS及物联网(IoT)系统之间的数据壁垒, 构建设备数据中心, 实现设备台账、工单、状态、备件、KPI等信息的一体化管理。在硬件层面, 应在关键设备加装振动、温度、声发射等智能传感器, 并结合边缘计算网关实现本地数据预处理与异常检测, 减轻云端负担并提升响应速度^[1]。在软件层面, 应开发基于人工智能的预测模型, 利用长短期记忆网络(LSTM)、随机森林等机器学习算法, 对历史故障数据与实时运行参数进行深度挖掘, 构建故障预测与剩余寿命评估能力, 真正实现“早发现、早干预”的智能运维目标。

4.3 优化备件与库存管理

高效的备件管理是保障维护及时性的前提。企业应建立ABC-XYZ分类模型, 将备件按价值(A/B/C)与需求波动性(X/Y/Z)进行交叉分类, 制定差异化库存策略。例如, A类高价值且需求稳定的备件可设置安全库存; C类低值易耗品可采用准时制(JIT)配送; 而对于需求高度不确定的Z类备件, 则可通过与供应商签订框架协议或采用VMI(供应商管理库存)模式降低风险。同时, 应引入智能补货算法, 综合考虑设备故障率、平均

修复时间 (MTTR)、供应商交期等因素,动态计算最优订货点与订货量,在保障供应的同时最大限度降低库存占用。

4.4 加强人才队伍建设与知识传承

人才是智能化运维落地的根本保障。企业应建立“导师制+轮岗制”相结合的培养机制,由经验丰富的技师带领青年员工参与实际维护项目,并安排跨岗位轮训,提升其对机械、电气、液压、自动化等多系统的综合理解能力。同时,可开发基于增强现实 (AR) 或虚拟现实 (VR) 的沉浸式培训系统,模拟设备拆装、故障排查等高风险或高成本场景,提高培训的安全性与实效性。此外,应设立“设备工程师”等复合型岗位,培养既懂设备原理又掌握数据分析能力的专业人才,负责智能运维平台的应用优化与模型迭代,推动技术与业务的深度融合。

4.5 完善组织协同与绩效考核机制

打破部门壁垒,构建协同高效的维护生态至关重要。建议成立由生产、设备、采购、财务等部门负责人组成的跨部门设备管理委员会,统筹协调年度维护计划、重大技改项目与预算分配。在绩效考核方面,应推行以设备综合效率 (OEE) 为核心的KPI体系,将设备可用率、性能效率、良品率等指标纳入相关部门的考核范围,促使生产与维护目标一致化^[4]。同时,应建立结构化的设备维护知识库,将典型故障案例、维修经验、技术图纸等进行标准化归档,支持智能检索与知识复用,避免因人员流动导致的技术断层,实现组织智慧的持续积累。

5 实施路径与保障措施

5.1 分阶段推进

设备维护管理的转型升级是一项系统工程,需分阶段稳步推进。第一阶段 (1年内) 应聚焦基础夯实,完成全厂设备普查与分级分类,上线功能完善的EAM系统,并选择2至3台关键设备试点预测性维护,验证技术可行性。第二阶段 (1-3年) 重点推广RCM方法,建设设备数据中心,部署覆盖主要产线的智能传感网络,并开发初步的AI故障诊断模型。第三阶段 (3-5年) 则致力于建成覆盖全厂的智能运维平台,实现90%以上A类设备的状态

监测与预测维护,设备综合效率 (OEE) 提升10%以上,形成可持续的智能维护能力。

5.2 保障措施

为确保改进策略顺利落地,企业需提供全方位保障。首先,高层管理者应将设备智能化维护纳入企业数字化转型战略,给予坚定的政策与资金支持。其次,应加快标准规范建设,制定设备数据采集格式、系统接口协议、维护作业流程等企业标准,确保各子系统间的兼容性与可扩展性。最后,应培育持续改进的企业文化,鼓励一线员工积极参与TPM (全员生产维护) 活动和改善提案,营造“人人关心设备、人人参与维护”的良好氛围,使技术升级与管理创新相互促进、协同发展。

6 结语

钢厂机械设备维护管理正面临从传统经验型向数据驱动型、从被动响应向主动预防、从局部优化向系统集成的深刻变革。当前存在的维护模式滞后、信息化不足、人才断层等问题,亟需通过理念更新、技术赋能与机制创新加以破解。本文提出的以可靠性为中心、融合数字技术、强化全生命周期管理的改进策略,不仅有助于提升设备运行效率与安全性,更能为企业降本增效、绿色低碳发展提供坚实支撑。未来,随着5G、工业互联网、生成式AI等新技术的深入应用,钢厂设备维护将迈向更高水平的自主决策与自适应优化,真正实现“智慧钢厂”的愿景。

参考文献

- [1]赵致昊.钢厂机械设备检修管理的基本措施[J].新疆钢铁,2023,(03):55-57.
- [2]黄思懿.钢厂高温环境下机械设备耐用性及维护技术研究[J].冶金与材料,2024,44(11):65-67.
- [3]商孝鹏,王世东,乔万有,等.钢厂设备状态监测与智能运维平台的建设实践[C]//中国机械工业联合会,中国机电装备维修与改造技术协会.2024中国工业设备智能运维技术大会论文集(上).鞍钢股份鲅鱼圈钢铁分公司设备工程部,;2024:652-656.
- [4]许俊.状态检测在企业设备健康管理中的应用——以钢厂天车为例[J].中国计量,2024,(04):108-112.