

基于全生命周期的钢铁企业设备管理实践研究

王英培

(石横特钢集团有限公司, 山东 泰安 271600)

摘要 随着智能制造以及绿色环保的发展, 传统的设备管理模式面临巨大的挑战。全生命周期管理是以设备的价值为核心, 将工作范围延伸到设备的设计制造、选购安装、运行维修、改造更新直至报废全过程的一个管理闭环周期。其目的是将信息流与业务流相结合, 在数字化的基础上实现状态监测及预防性维修管理, 并建立基于全生命周期的成本决策体系。本文对设备全生命周期管理的实施对策进行了探讨, 以期为相关人员提供借鉴。实践证明, 该模式不仅能显著提升设备综合效率、降低综合运行成本、保障安全生产, 也是对钢铁企业进行精细化、智能化改造的基础条件。

关键词 钢铁企业; 设备管理; 全生命周期; EAM; 预防性维修

中图分类号:F425

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.023

0 引言

钢铁企业具有固定资产投资大、生产强度高、连续作业等特点, 设备管理水平直接关系到企业的生产效率、生产成本以及节能减排效果。传统管理模式以事后维修为主, 各环节之间缺乏有效沟通, 造成“信息孤岛”和“管理短视”等问题。而推行设备全生命周期管理则改变了这一理念, 主张在产品的设计、制造、使用及报废等全过程均运用技术、经济以及组织系统优化。探索应用先进的新型管理模式可以有效推动我国钢铁企业降本增效, 提升竞争力。

1 设备全生命周期管理的核心内涵与实施价值

1.1 核心内涵

设备全生命周期管理是一种以设备为公司创造价值的战略资产管理理念, 即认为设备不是生产过程外的机器, 而是整个生命历程(从计划、设计到采购、安装、使用、维护、改进、改造直至报废)。其目标是寻求设备可用度、可靠性与安全性以及经济性的最佳平衡状态, 实现整个寿命周期内资产综合效益最大和总成本最低的目的^[1]。

1.2 对钢铁企业的实施价值

钢铁企业实施设备全生命周期管理具有重要意义。从节省成本的角度看, 可以对整个设备的全生命周期进行成本管理, 即从购置阶段到后期运行维护以及报废处置的成本, 避免因为前期决策失误造成后期高昂的维修成本以及能源消耗。在稳定可靠性方面, 做好

系统性防范工作及状态管理能够有效避免非计划停机事件发生, 保证高炉及连铸机整体生产流程稳定进行。在决策支持方面, 它为制定设备更新改造方案以及技术路线提供参考依据, 从长期角度考虑投入产出比。另外, 其对公司的发展规划也有重要意义。它是智能制造和数据分析的基础, 也是建立数字化工厂和智慧工厂必备设备的信息基础和管理体系。

2 设备全生命周期管理的核心阶段与实践路径构建

钢铁企业需建立一套贯穿资产“一生”的、闭环的管理流程体系, 具体可划分为紧密衔接的三个阶段。

2.1 前期管理

前期管理为钢铁企业奠定资产价值基础, 前期管理决定了设备全生命周期约 70% 的成本, 是管理成效的源头。

2.1.1 规划与设计选型的系统性论证

此阶段需根据企业的产品政策、产能计划、产品工艺改善方向进行。选型决策不应只以一次性购置价格为依据, 还应当综合考虑技术先进性指标、技术经济适用性指标、可维修性、能耗等级、易损件互换性、供应商的配套服务、兼容升级能力等因素。例如: 对于轧机主传动电机, 在考虑其性能的同时还需考虑其平均故障时间间隔、在线监测功能及区域维护支持程度。

2.1.2 采购与安装调试的规范化控制

采购安装调试阶段是理念落地的保障环节。在采购环节应采取全生命周期成本(LCC)的衡量方式, 将

作者简介: 王英培 (1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 机械设计制造及其自动化。

后期的运维管理成本折现为现值，与购置价一起构成评标总价。关键设备要进行监造以及出厂试验，确保其产品质量。安装调试是机器效能的具体体现，因此需要建立完善的安装技术规范和调校程序，严格把控基础施工、对中精度、管路清洁度等关键工序，并对其进行严格的检验和确认。在调校完成后一定要形成包括竣工图、使用维护手册、试验报告、备件清单在内的全套装置档案，并准确录入EAM系统中，生成设备电子档案号。

2.2 中期管理

中期管理是保障资产高效运行与价值创造，这是历时最长、日常活动最密集的阶段，核心是实现设备安全、稳定、经济、长周期运行。

2.2.1 基于状态的智能运行维护体系

我们致力于构建一个“点检、监测、诊断和维修”的智能运维模式，在传统定检的基础上充分运用互联网传感技术，对关键机组如风机、大功率减速机等实现关键指标（振动、温度、油质等）进行在线监测。利用预测性分析模型可以提前预知问题征兆，并可根据其结果动态优化维护方案，从“计划维修”过渡为“预见性维修”。

2.2.2 维修策略的精细化与标准化管理

依据设备在生产中的关键性等级（如采用RCM可靠性中心维护法判定），分别制定维修方案：对于关键重要等级为A的关键设备，实行状态监测预防性维修，对于关键重要等级为B的关键设备，实行定期预防性维修，对于C级一般装备可以采取后修制，同时大力推进保养工作标准化建设，包括保养程序、技术措施及材料消耗标准，提升保养质量和效率^[2]。

2.2.3 贯穿始终的技术改造与效能提升

将技术改造视为设备全寿命过程中的“活力再生”。对性能衰退、技术老化及新工艺流程所需的设备进行有计划的改造升级，并在改造前进行经济性评价，确保其投入能有效提升产能、精度和能耗指标水平，并纳入统一的固定资产变更管理程序中。

2.3 后期管理

当机器因技术落后而无法继续使用或者经济性丧失，以及达到物理使用年限需要报废更换时，则应当进行合理、合法的资产回退处置程序，以该决策的技术性评估与经济性分析为前提条件，由技术人员、装备人员、生产部门、财务部门和环境部门组成的综合专家小组完成。评价的主要影响因素有：（1）技术条件：主要零部件老化程度以及可维修性和成本；（2）经济性：

维持使用所需维护成本及能耗支出与其效益的对比；

（3）合法性：是否满足新的安全、环保、节能法规要求等；（4）策略性：是否符合公司产能或者产品升级计划相吻合，如果这种机器还能用几年，就要考虑其可再造性。

绿色处置与残值最大化是目标。制定统一的机器报废方案，机器可以通过不同的方式进行处置：（1）出售拍卖：通过公物置换，让其获得一个合理的价格；（2）拆卸利用：将机器拆解成为零件，作为备件或重新冶炼为铁水；（3）定向更换：与供应商协商，以旧抵新冲减部分购置费；（4）绿色化处理：含有害物质如铅、汞、PCB的部件交与危废资质的专业公司进行处置。以上过程均应公平公开，留有记录，确保公司资产回流收益回归企业，同时满足循环经济及环保的要求。

3 设备管理的数字化转型

在数字化时代，企业资产管理系统已从记录工具演变为驱动设备全生命周期管理的核心引擎和决策大脑，其作用至关重要。

3.1 构建贯穿始终的设备数字孪生

在EAM系统中为每台关键设备建立与其物理实体一一对应的高保真数字孪生模型，并不是静态的数据，而是动态的生命日记，这个数字孪生体记录着所有关于设备的详细信息，并实时更新这些信息，如设备性能指标、供应商信息及所属产线位置、上下位关联关系以及备件互用性等。另外，还包括实时的传感器数值、在线测试结果、完整的历史维修工单记录、所用替换零部件清单、故障代码与故障排除方法等。最后，还包括总的维修成本、能耗成本、折旧成本的数据。这样集成化的虚拟图像成为将来所有分析、改善、决策可靠的数据库源点。

3.2 驱动业务流程的在线化、自动化与闭环化

EAM将原来散落在纸张、Excel表格以及经验中的管理流程动作固化为标准的、可追溯的线上工作流。例如：根据设备的使用年限或者状态阈值，自动创建预防性维护工单并发送到相应人员的手机上。巡检员用手机APP来执行巡检，并及时返回结果。出现故障需要报修时可以扫描机器上的条形码直接开始报修，并对不同的故障提供相应的解决方法及零件需求。修理完成后需在系统上记录耗时耗料并完成维修，以便费用统计自动生成。这种线上循环管理模式让整个过程更加公开透明、权责清晰、绩效可度量并形成知识资产积累，极大地提升了管理执行力。

3.3 深化数据智能分析与决策支持

在对数据进行汇总后，在系统中可通过分析模块提供有力的辅助决策支持：（1）可靠性分析：从故障类别、影响性及危害性等方面入手，确定设备的主要失效模式，指导设计改进或维修措施变更；（2）维修有效性分析：统计各类别设备平均维修时间、次数以及费用等方面的数据，对不同保修策略进行评价；（3）备件优化分析：依据历史使用情况进行未来需求预测，确定适当库存水平，并进行采购批次优化；（4）全生命周期成本报告：定期生成单台或某一类设备的全寿命总成本报告，清晰展现成本结构，便于决策是否需要做新升级改造。同时，引入机器学习技术，深度挖掘关键机组运行情况，建立故障预测模型，实现从“预防性维护”到“预测性维护”的跨越，真正将“救火”转为“防火”^[3]。

4 设备全生命周期管理实施保障体系

成功实施设备全生命周期管理是一场深刻的组织变革，需要系统的保障措施来保驾护航，跨越理念认同、组织协同、数据质量和持续优化等关键鸿沟。

4.1 推动战略认同与文化重塑

这是一项“一把手”工程。企业领导要充分认识到其战略意义，将其纳入企业发展战略规划，在资源投入、政策支持等方面给予长期稳定的保障。从全公司层面出发，采取教育、宣贯、典型引导等方式持续推动文化变革，将“我的设备我负责”的全员生产维修思想深入每个职工脑海，破除机械台账维护是设备部的事的传统思想，引导生产操作员做设备第一眼观者和第一责任人^[4]。

4.2 优化组织架构与跨部门协同机制

建议成立公司层面跨部门的设备资产管理部门，由公司分管领导牵头，设备、生产、工艺、采购、财务、信息化等部门负责人参加，负责审议设备规划方案、重大项目立项和报废事项以及实施过程中的重大问题。在具体操作中可以成立一个虚拟的资产经理团队，对重要生产线或是关键机组，指定专人负责（即资产所有者代表），对其全生命周期绩效负责，并赋予其打破部门壁垒进行资源配置的权利。

4.3 夯实数据根基与实现系统集成

“没有高质量的信息就无法进行良好的运营管理”。要建立严格的数据管理流程，明确所有设备信息（如型号参数、缺陷标记、检修记录）的标准录入方式、责任人以及审核流程^[5]，确保数据从源头的真实完整与时效。同时，EAM 软件不能成为“数据孤岛”，需要

采用如企业服务平台等形式及时把生产的停机情况反馈给 MES（企业资源计划），并与 ERP（生产执行系统）共享财务及采购信息，接入能耗计量，并将润滑油分析的结果归入实验室管理系统之中。只有充分融合各个子系统，才能建立完整的工作回路和数据价值链。

4.4 构建科学评价与持续改进循环

必须建立一套符合全生命周期管理目标并能量化为关键绩效指标的考核体系，包括：（1）结果性指标：设备综合效率、非计划停机次数、维修费用比率、备件库存天数；（2）过程性指标：预防维护计划执行率、状态监测覆盖率、平均故障恢复时间。定期发布设备资源管理绩效报告，召开管理评审会议，分析指标偏差原因，发现改进机会并制定纠正预防措施^[6]。“计划—实施—检查—处理”的螺旋式上升循环推进，促进设备全生命周期产品过程控制机制不断完善，形成良性发展趋势。

5 结束语

设备全生命周期管理是指钢铁企业对所管理设备从形成开始到最终退出使用的全过程进行有效控制的过程，是新时期下提升钢铁企业竞争力的有效措施之一。它是围绕价值创造这一核心理念，对全部设备资产各阶段采取系统的方法进行管理，并运用数字化技术将各个阶段串联起来并对之赋值的一种方法。这是对原有管理工具一次升级迭代的过程，也是对公司管理理念、管理架构、经营管理文化的全面变革。为实现高质量发展目标，钢铁企业须坚定不移地推行全生命周期的设备管理，加强基础建设，以促进生产效率提升、降耗增效、营造安全的作业环境及提高自动化水平，在激烈的市场竞争环境下形成长期稳定的优势。

参考文献：

- [1] 何刚. 钢铁生产线多层级设备管理平台的技术实现与数据集成研究 [J]. 山西冶金, 2025, 48(03):213-215.
- [2] 杜汉强. 浅谈钢铁企业数字化工厂建设实践 [J]. 中国设备工程, 2022(22):34-36.
- [3] 北京首钢股份有限公司. 钢铁企业三维度精细化设备全生命周期管理体系的创新与实践 [J]. 企业改革与管理, 2025(07):68-69.
- [4] 孙旭东. 钢铁企业机械设备维修管理探讨 [J]. 模具制造, 2023, 23(10):244-246.
- [5] 吴琼. 设备全生命周期管理系统在钢铁矿山行业的应用与探索 [J]. 中国战略新兴产业, 2022(24):72-75.
- [6] 舒九武, 张俊杰, 李先群. 钢铁企业机械设备的生命周期管理与检修策略 [J]. 中国金属通报, 2023(11):213-215.