

钢铁厂机械设备预防性维修管理研究

郭 琨 尹丁南

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]钢铁厂机械设备具有大型化、连续化、自动化程度高等特点, 它的运行状况直接影响到生产效率和产品质量。目前大多数钢铁企业的设备维修仍然以事后维修为主, 存在着点检体系不健全、维修计划缺乏科学性、故障信息管理不到位、资源配置不合理等问题, 造成设备故障频繁发生、非计划停机时间较长、维修成本居高不下。本论文在对钢铁厂机械设备种类及运行特点进行系统分析的基础上, 对维修管理存在的主要问题进行了详细的剖析, 并从维修档案体系和流程标准化、点检监测和日常保养、故障模式分析和风险决策、备件资源协同配置和信息化平台四个方面提出了预防性维修管理的实施途径。经过研究得知, 创建以预防性维修为重心的设备管理体系, 促使维修方式由事后补救转向事前预防, 是改善设备运行可靠性并削减运维费用的一种行之有效的办法。

[关键词]钢铁厂; 机械设备; 预防性维修; 状态监测; 故障模式分析

DOI: 10.33142/ect.v4i8.20337

中图分类号: TF355

文献标识码: A

Research on Preventive Maintenance Management of Mechanical Equipment in Steel Plants

GUO Kun, YIN Dingnan

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

Abstract: The mechanical equipment in steel plants has the characteristics of large-scale, continuous, and high degree of automation. Its operating condition directly affects production efficiency and product quality. At present, most steel companies still rely on post maintenance for equipment maintenance, which has problems such as an incomplete inspection system, lack of scientific maintenance plans, inadequate management of fault information, and unreasonable resource allocation, resulting in frequent equipment failures, long unplanned downtime, and high maintenance costs. On the basis of a systematic analysis of the types and operating characteristics of mechanical equipment in steel plants, this paper provides a detailed analysis of the main problems in maintenance management, and proposes implementation approaches for preventive maintenance management from four aspects: maintenance file system and process standardization, point inspection monitoring and daily maintenance, fault mode analysis and risk decision-making, collaborative allocation of spare parts resources, and information platform. After research, it has been found that establishing an equipment management system with a focus on preventive maintenance and shifting maintenance methods from remedial measures to preventive measures is an effective way to improve equipment reliability and reduce maintenance costs.

Keywords: steel plant; mechanical equipment; preventive maintenance; status monitoring; failure mode analysis

引言

钢铁工业是国民经济的基础产业, 机械设备是钢铁生产过程中的物质基础, 机械设备运行的好坏直接关系到生产节奏、产品质量、经济效益。由于行业竞争越来越激烈、环保约束越来越紧、智能化转型不断深入, 传统的以事后维修为主的模式已经不能满足现代化大生产的需要。目前我国钢铁行业正处在结构调整、绿色转型、智能升级的十字路口, 但是对传统的钢铁企业来说, 设备管理还处于经验时代。设备数据在线率不到 1%, 定性点检标准占 96%,

周期检修项目超过 70%, 说明点检定修制发展遇到瓶颈。同时设备感知手段缺乏、多源多维数据难以融合、信息孤岛众多等状况也十分普遍, 造成状态识别和预警诊断水平较低。在此情况下, 对钢铁厂机械设备预防性维修管理进行系统的研究, 对促进设备管理的转型升级、降本增效有着十分重要的现实意义。

1 钢铁厂机械设备的类型与运行特点

钢铁厂机械设备种类繁多, 按生产工艺流程可分为原料处理设备、炼铁设备、炼钢设备、轧钢设备和辅助设备

等几大类。原料处理设备有卸船机、堆取料机、皮带输送机等,主要对原燃料进行接收、储存、输送;炼铁设备以高炉及配套系统为主;炼钢设备以转炉、电炉、连铸机为主;轧钢设备以加热炉、粗轧机、精轧机、卷取机为主;辅助设备有动力系统、起重运输设备、环保除尘设施等。

从运行特点来看,钢铁厂机械设备呈现以下显著特征。第一是连续性、关联性。钢铁生产属于典型的流程工业,各个工序相互衔接、环环相扣,许多设备连续运转,连锁性较强,任何一个环节的设备出现故障,都会影响到整个生产节奏,造成全线停产或者减产,造成巨大的损失。其次就是高负荷、恶劣工况。大量的设备在高温、重载、高粉尘、强腐蚀的恶劣环境中长时间运转,设备磨损、劣化速度很快,对维护保养的要求很高。第三是大型化、精密化。冶金机械总的发展趋势是大型化、连续化、自动化,同时产品质量标准的提高也对设备功能精度提出了更高的要求。第四是多样性、差异性。不同的工序、不同的设备所具有的故障模式以及维护需求存在着较大差别,有42%的企业存在着对关键设备的识别不到位的情况,很多故障是由没有得到足够关注的设备引发的。这些运行特点就决定了钢铁厂设备维修要走预防性、差异化、智能化的道路。

2 钢铁厂机械设备维修管理现状及存在问题

2.1 维修管理流程与组织架构现状

目前大部分钢铁企业设备维修管理还沿用着比较传统的组织模式和流程架构,与现代设备管理的要求存在较大差距。从组织上来说,设备管理职能分散到生产厂、设备部、维修车间等各个部门,分散管理、多头管理现象严重,职责不清,信息传递链条长,决策反应迟缓。从流程上来说,维修管理采用的是“故障发生-报修-派工-检修-验收”的被动式事后维修方式,缺少预防性维修计划以及闭环控制。设备全生命周期管理体系尚未建立,一机一档台账不能全面覆盖,造成设备整体运行状态无法准确掌握。加上部分一线人员操作不规范、故障诊断和隐患识别能力欠缺,点检、检修标准化作业执行不到位,制度标准同现场作业相脱离。传统钢铁企业缺少编码标准,台账分散,点检不到位,维修响应慢,库存控制粗放的设备管理问题严重。另外维修流程中缺少有效的闭环反馈机制,维修完毕后质量验收、效果评价、经验总结等都被忽略,同类故障反复出现,维修质量不能持续提高。

2.2 设备点检与状态监测体系不完善

点检属于预防性维修的基础性、先导性环节,它依靠

定人、定点、定周期、定标准来对设备运行状况展开检查记载,从而及时察觉异常征兆并实施恰当的处理。但是目前大多数钢铁企业的点检工作仍然以人工感官检查为主,设备管理依靠人工经验,点检靠纸笔记录,故障靠事后维修,数据分散在各个部门形成信息孤岛。人工点检受到点检人员经验水平、责任心、疲劳程度等各方面的限制,点检质量高低不一。设备运行过程中产生的各种数据不断涌现,工艺数据也经常变化,而且数据种类繁多、来源复杂,存在严重的“数据碎片化”现象^[1]。状态监测上虽然部分重点设备已经装了振动、温度、压力等传感器,但是设备感知手段弱、高频数据处理难、多源多维数据难以融合等问题仍然存在。设备维护相关数据没有得到充分的开发和利用,基于数据的决策较少。点检和监测得到的各种数据没有被有效地整合起来并加以深入地利用,不能够对设备的健康状况做出全面的、连续的、准确的评价,从而使得预防性维修缺少了可靠的依据和科学的支撑。

2.3 维修计划制定与故障信息管理不足

维修计划是否科学、有针对性,是决定预防性维修效果好坏的重要因素。目前很多钢铁企业维修计划的制定仍然依靠经验判断和固定周期,传统的定修方式大多按照固定的周期执行,不能很好地应对复杂设备存在的各种故障模式以及非线性的退化特点,从而导致维护资源的分配不合理。由于实行一刀切的计划模式,设备要么过修,在不需要维修的时候被停机检修,造成生产损失和资源浪费;要么欠修,设备隐患不能及时排除,最后小故障变成突发性重大事故。与此同时,设备故障信息的管理也存在着严重的不足。设备分类没有和故障分类进行关联,缺少必要的维修实际反馈,管理部门不能及时掌握维修成本和物料消耗。在同类产线设备运维对标中存在着设备术语不统一、故障描述不一、设备颗粒度不一、数据处理差异大等问题。故障信息记录不全、分类不合理、分析不深入,很多宝贵的技术资料不能变成可以借鉴的维修决策依据。

2.4 备品备件、维修资源及人员协同问题

备品备件管理属于维修资源保障的重要部分,在实际操作中一直存在着“短缺和积压并存”的矛盾状况。由于关键备件储备量不足造成故障之后等待备件的时间过长,从而使得停机时间大大延长;大量通用备件的库存堆积,占用大量的资金以及仓储资源。备品备件计划申报审批混乱、资金占用过高,少量备品备件质量不好,不但影响设备的长期运行,还会造成检修任务的增加。备品备件长尾商品多、库存分散、数据搜集难度大。维修资源的配置上,

检修力量分散在各个生产厂、车间，关键的技术依靠外委承包，核心的维修能力不能自主掌握。人员层面维修队伍专业能力良莠不齐，各个班组在管理上常常是“各自为战”，信息不互通、协作不顺畅，一处故障常常需要跨班组协调，反应迟钝、权责不明的现象时有发生^[2]。跨部门、跨专业协同机制没有形成起来，备件供应、维修资源、人员调配这三个方面的问题互相交织在一起，严重阻碍了预防性维修体系整体效能的发挥。

3 钢铁厂机械设备预防性维修管理实施方法

3.1 维修档案体系与流程标准化建设

创建完善的设备基础信息和维修档案体系，是实行预防性维修的前提和基础工程。每台设备都应该建立包含设备型号、技术参数、安装日期、运行历史、维修保养记录、备件更换记录等全部生命周期信息的技术档案。按照“一机一档”的要求，把各种设备的纸质档案、维护标准、点检路线等信息录入到设备全生命周期管理系统中，使设备智能化管理逐步走向线上。设备全生命周期数字化管理平台以“标准化数据体系、智能化业务协同”为双核架构，依靠创建全厂统一编码体系和一体化主数据平台来达成设备全局可视调度。根据点检和维修数据来构建设备健康评价，促使维修模式由“事后抢修”变为“事前预警”。标准化建设包含维修流程系统再造，从事后维修到预防性维修，从分散管理到集中管控，从经验驱动到数据驱动，给预防性维修有序规范开展打下制度基础和数据支撑。

3.2 点检监测技术应用与日常保养管理

提高点检、状态监测技术的水平和范围，是把预防性维修由被动应对转变为主动预防的重要途径。在点检方面要大力推动点检方式由原来的传统的手工记录向数字化、移动化的全面转变，创建一体化的点检管理模式，使点检标准信息、点检位置可视化、点检结果数据化。从状态监测上来说，在重要的设备上安装温振传感器、红外热成

像仪、视觉分析仪等在线监测装置来形成一个多层次、多维度的设备状态感知网络。采用温振在线监测传感、视觉分析、温度热成像等智能化技术，提高设备运行环境感知能力，用在线数据分析、报警管理、诊断管理、维修工单关联闭环等方式，实现 PDCA 循环管理^[3]。利用数字化点检和智能状态监测可以及时发现设备的隐患并加以处理。日常保养严格按照设备润滑管理制度执行，设备润滑必须实行“五定”制度，即定人、定点、定时、定质、定量，制定科学合理的点检路线和保养标准，把复杂的保养工作分解成标准化的作业项目，形成对设备健康状态的持续动态监控能力。

3.3 基于故障模式分析与风险决策的维修计划优化

科学的维修计划要以对设备故障模式有深刻认识、对风险等级进行系统的评定、对状态数据加以准确剖析为前提。应该使用失效模式及影响分析（FMEA）方法，将关键设备分成组件层次进行拆分，列出所有的失效部件和故障模式，找出主要的失效部件并做根本原因分析。FMEA 是一种工程技术，是在问题出现之前识别、优先排序、减少系统中问题的技术，RPN（风险优先数）评分是确定关键部件的基础， $RPN = \text{严重度} \times \text{发生频度} \times \text{检测度}$ 。设备预防性维修管理是在良好的故障管理基础上，采用一系列的步骤来实施预防性维修策略。在此基础上利用设备智能监测系统以及大数据分析技术来创建先预警模式，对设备运行的温度、压力、转速、振动等主要参数实施持续监测，从而及时察觉到设备所存在的隐患。对预警信息做个性化的维护计划，定期检查、保养、维修工作，防止故障产生。借助故障模式分析、风险优先级排序以及动态状态评价这三者相结合的方式，促使维修计划由原来的“固定周期”向现在的“以状态为依据”的方式转变，从而达到对维修资源进行准确投放和有效利用的目的，具体如下表所示。

表 1 关键设备故障模式与影响分析（FMEA）表

设备/部件	故障模式	故障影响	严重度（S）	发生频度（O）	检测度（D）	RPN	建议维修策略
轧机齿轮箱	齿轮磨损	精度下降、停机	9	6	4	216	状态监测+周期换油
风机轴承	轴承过热	设备损坏、停产	8	5	5	200	温振监测+定期润滑
输送带	皮带撕裂	全线停产	7	4	6	168	视觉巡检+张力检测
液压泵	密封泄漏	压力不足、停机	6	7	3	126	周期更换密封件
电机绕组	绝缘老化	电机烧毁	9	3	7	189	定期绝缘测试

3.4 备件资源协同配置与信息化平台支撑

备件资源管理及维修信息化平台的创建,是预防性维修体系高效运作的保证。在备件管理上要创建起包含计划申报、采购入库、库存管理、领用出库以及报废处理在内的全部寿命周期管理系统。对备品备件进行 ABC 分类管理,对易损易耗件设置安全库存以保证响应速度,采用数字化手段推进机旁库管理,加强设备及备件的精准管理。在维修资源协同上要冲破部门壁垒和区域限制,创建起跨区域维修资源及专业技术力量的统一调配体系,达成人员、技术、工器具等要素的合理安排并加以共享共用^[4]。信息化平台要形成包含设备全生命周期管理、点检监测、维修作业、备件库存、成本核算等各方面的数字化综合管理平台。实现报修派单全流程的线上化,点检任务自动推送、数据实时上传,用统一主数据平台把管理决策从经验依赖变成数据驱动。备件库存精确管理可以提高周转率、缩减资金占用、改良设备整个生命周期总成本,给预防性维修不断改良与更新赋予数据支撑和决策参照。

4 结语

钢铁厂机械设备预防性维修管理是一个包含组织架构、管理流程、技术手段、人才队伍等诸多方面内容的综合性工程。推进预防性维修全面落地、持续深化,要从维

修档案和流程标准化、点检监测和日常保养、故障模式分析和风险决策、备件资源和信息化平台四个方面共同推进,构建起设备全生命周期的现代化预防性维修管理机制。伴随着 AI 技术在设备管理方面更加深入的应用,行业正处在从依靠经验驱动向依靠数据驱动,从被动应对转变为主动预知的过程当中。未来钢铁企业要不断推进预防性维修观念的深入贯彻,积极拥抱数字化、智能化技术,促使设备管理由计划检修向状态检修、由人工判断向智能决策的根本性转变,给生产稳定顺行和高质量发展赋予强有力设备支撑。

[参考文献]

- [1]顾建中.浅谈钢铁厂机械设备检修管理的基本措施[J].中国设备工程,2024(2):14-16.
- [2]顾莞州.钢铁厂自动化控制设备维修方式选择与发展[J].中国金属通报,2022(7):234-236.
- [3]向小东.浅谈钢铁厂机械设备检修管理的基本措施[J].中国设备工程,2018(24):24-25.
- [4]夏小勇.钢铁行业安全管理工伤预防机制的探索和创新[J].中国金属通报,2025(8):219-221.

作者简介:郭琨(1986—),女,河南安阳人,工程师,中原工学院机械设计制造及其自动化毕业,现就职于安阳钢铁建设有限责任公司,从事生产设备维修与维保工作。