

冶金电机系统能效提升与节电改造方案探析

龚世杰

天津钢铁集团有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i8.4663

[摘要] 冶金行业作为高能耗领域,电机系统的能效提升与节电改造对行业发展意义重大。本文阐述其重要性,指出其是冶金生产核心动力装置,能耗占比高,影响企业效益与发展。介绍能效提升关键技术,包括高效电机应用、调速技术、节能控制策略、状态监测与故障诊断技术。提出节电改造策略,涵盖设备更新、系统优化配置、运行管理优化及智能化节能技术应用。通过多方面举措,可提升系统能效,降低能耗,助力冶金企业长效稳定发展与绿色生产。

[关键词] 冶金电机; 系统能效提升; 节电改造; 方案

中图分类号: TM301.4 文献标识码: A

Analysis of Energy Efficiency Improvement and Energy-Saving Retrofit Schemes for Metallurgical Motor Systems

Shijie Gong

Tianjin Iron and Steel Group Co., Ltd.

[Abstract] As a high-energy-consuming sector, the metallurgical industry places great importance on improving the energy efficiency of motor systems and implementing energy-saving retrofits. This paper elaborates on their significance, pointing out that motor systems are core power equipment in metallurgical production, with a high proportion of energy consumption and a direct impact on enterprise efficiency and development. It introduces key technologies for improving energy efficiency, including the application of high-efficiency motors, speed regulation technology, energy-saving control strategies, condition monitoring, and fault diagnosis technology. Energy-saving retrofit strategies are proposed, covering equipment replacement, optimized system configuration, improved operation and management, and the application of intelligent energy-saving technologies. Through these measures, system energy efficiency can be improved and energy consumption reduced, contributing to the long-term stable development and green production of metallurgical enterprises.

[Key words] metallurgical motors; system energy efficiency improvement; energy-saving retrofit; schemes

引言

冶金行业作为国内工业领域的重点耗能行业,电机系统作为其核心动力装置,贯穿生产全流程,对稳定生产、控制成本至关重要。然而,当前冶金电机系统普遍存在能耗高、效率低等问题,制约了企业的可持续发展。本文通过探析冶金电机系统能效提升的关键技术,包括高效电机应用、调速技术、节能控制策略等,并提出设备更新、系统优化、运行管理优化及智能化节能技术应用等改造策略,助力冶金企业实现节能降耗目标。

1 冶金电机系统的重要性

冶金行业整体能耗基数大,是国内工业领域的重点耗能行业,电机系统是冶金生产整套设备体系中不可或缺的核心动力装置,贯穿冶金生产全流程。冶金生产工序链条完整且关联性强,

各个生产环节的设备运转均依靠电机系统提供动力支撑,涵盖原料开采、物料输送、冶炼加工、成品轧制等全部核心生产工序,整条生产线的正常运转完全依托电机系统的持续作业。冶金生产具备连续性、规模化的作业特点,生产过程无法随意中断,电机系统的运行状态直接决定生产线的作业稳定性,系统运行出现故障或异常,会直接造成生产停滞,影响生产进度,同时会导致产品规格、精度、品质出现偏差,造成批量产品质量问题,直接影响企业正常生产运营。在冶金企业整体能耗构成中,电机系统能耗占比极高,是企业能源消耗的主要组成部分。电机系统的运行效率、能耗控制水平,直接决定企业整体能源消耗总量,直接影响企业生产过程中的能源成本支出^[1]。在当前工业节能降耗、降本增效的行业发展趋势下,电机系统的运维管理、能耗

管控和高效运行,是冶金企业控制生产成本、提升整体经济效益、优化生产运营模式的关键核心环节,对冶金企业长效稳定发展具备重要现实意义,也是冶金行业绿色生产、节能改造的重点管控板块。

2 冶金电机系统能效提升关键技术

2.1 高效电机应用

(1) 高效电机具备明确的技术与运行优势,该类电机依托成熟设计思路、优质制作材料和标准化制造工艺,具备运行效率高、能量损耗低、功率因数达标、运行状态稳定的核心特性,相较于常规电机,同等负载运行条件下可减少能源消耗,压缩设备长期运行成本。(2) 高效电机需遵循规范选型原则,选型工作需结合设备负载特性、实际运行工况、现场使用环境等核心条件,匹配对应型号与规格的高效电机,保证电机额定功率与实际负载需求适配,杜绝功率冗余造成的能耗浪费问题。选型过程中还需核对电机安装尺寸、防护等级、绝缘等级等关键参数,保障电机各项指标符合冶金生产工艺的运行标准与使用要求。(3) 高效电机具备良好的实际应用价值,在冶金电机系统中替换应用高效电机,可整体提升电机系统能效水平,有效降低生产能耗。相关数据表明,常规电机替换为高效电机后,设备运行效率可提升3至5个百分点,整体节能成效突出,是冶金电机系统能效提升的基础关键技术。

2.2 电机系统调速技术

一是从技术性能层面,变频调速可调速范围广、控制精度高、运行能耗低、动态响应速度快,对比各类传统电机调速方式,设备运行稳定性与实际适用性更好,可满足绝大多数工业设备的常规调速使用需求,适配性更强。二是从工作原理层面,变频调速技术调控逻辑清晰,核心原理为改变电机供电电源频率,以此直接调节电机运行转速。设备负载发生变动时,变频器可通过内部预设控制程序,自动调整输出频率,实时适配负载运行状态,让电机始终维持高效运行工况,减少设备运行过程中产生的无效能耗,实现基础节能效果。三是从冶金生产应用层面,该调速技术可适配冶金生产线各类通用设备,包含轧钢设备、风机、水泵等主流生产装置^[2]。结合冶金生产工艺的既定运行标准,动态调节电机工作转速,改变电机长期以额定转速恒定运行的状态,规避固定转速运行带来的能源浪费,切实提高冶金生产设备能源利用效率,降低整条生产线的运行能耗,落实冶金生产节能降耗目标,保障冶金生产线稳定、高效、低耗运行。

2.3 电机系统节能控制策略

第一,应用智能控制算法开展电机调控工作,依托模糊控制、神经网络控制、遗传算法等主流算法,持续采集电机运行过程中的负载数据与实时运行状态数据,结合电机实际运行工况动态调整、优化各类控制参数,精准匹配电机运行所需的功率与工况需求,规避电机长期低效运行的问题,保障电机全程处于高效稳定的运行状态,从单台电机运行层面实现节能降耗。第二,落实多电机协同控制模式,针对工业生产中常用的多电机组合系统,建立统一的协同调控机制,对系统内所有电机的运行负载

进行统一测算与合理分配,均衡各台电机的运行负荷,解决传统运行模式中普遍存在的负载分配不均问题,杜绝部分电机高负荷过载运行、部分电机低负荷空载轻载运行的情况,优化整体系统运行工况,有效提升整套电机系统的运行能效。第三,推行能量回馈技术,针对具备制动能量产出的电机运行系统,通过专用能量回馈装置收集电机运行产生的制动能量,经过整流、逆变等处理后将剩余能量输送回电网,完成废弃能量的回收再利用,减少电机运行过程中的能量浪费,降低设备整体能耗,实现电机系统节能运行的目标。

2.4 电机系统状态监测与故障诊断技术

(1) 监测内容。电机系统运行过程中,需持续采集设备运行相关的核心参数,主要包含工作电流、工作电压、机体温度、设备振动等关键指标,通过不间断的实时数据监测,全程掌握电机整体运行工况,精准把控设备健康状态,动态跟踪电机系统的运行稳定性,为后续故障排查和参数优化提供基础数据支撑,保障电机始终处于可监控的运行状态。(2) 故障诊断方法。依托成熟的信号处理、模式识别、人工智能等实操技术,对前期采集的各项监测数据进行系统化整理、分析和深度处理,挖掘数据背后反映的设备运行问题,精准识别电机系统存在的异常状态,完成电机各类故障的早期筛查、诊断以及提前预警工作,全面排查电机运行中的各类隐性故障问题,提升故障诊断的精准度和时效性。(3) 对能效提升的作用。该技术可快速排查电机系统的各类故障隐患,提前规避设备故障引发的停机检修问题,减少设备停运维修产生的生产成本损耗,杜绝故障运行带来的无效能源消耗^[3]。同时,依托长期的运行数据监测与工况分析,可针对性调整、优化电机各项运行参数,矫正不合理运行工况,有效提升电机整体运行效率,降低设备运行能耗。

3 冶金电机系统节电改造策略

3.1 设备更新改造

冶金电机系统节电改造可通过设备更新改造落实节能目标,企业需结合自身生产设备运行现状,制定完善的老旧电机淘汰更替方案,有序推进低效、高故障老旧电机的替换工作,全面换装符合国家能效标准的高效电机。电机选型与现场安装作业均需严格遵循行业现行标准与技术规范,把控设备选型参数、安装工艺与验收流程,保障新投入电机设备的运行稳定性、使用性能与整体质量。电机系统整体运行效率并非仅由电机本体决定,配套设备运行状态直接影响系统能耗与工况,因此在完成电机主体设备更新的基础上,需同步开展变频器、控制器、传动装置等全套配套设备的升级改造工作,补齐老旧配套设备的性能短板,优化电机系统各设备之间的运行适配性与协同性,解决系统运行匹配度不足、能耗损耗过高的问题,从整套设备运行体系层面提升冶金电机系统的整体运行效率,实现系统节电降耗的改造核心目标。

3.2 系统优化配置

冶金电机系统节电改造需落实系统优化配置相关工作,对厂区现有所有电机系统的实际运行工况进行全面排查,完成设

备运行状态、负载参数的整体检测与评估。根据电机设备实际负载运行特点,重新匹配电机与生产负载参数,调整设备功率配置,确保电机额定功率与现场生产实际负载相匹配,整改传统工况中大功率电机匹配小负载的问题,消除设备功率冗余带来的无效能耗。针对生产过程中负载波动较大的电机设备,通过调整设备组合方式、优化设备运行模式,让电机输出功率适配动态负载变化,杜绝电机长期低负荷、低效率运行的现象^[4]。同步开展电机配套流体输送系统优化工作,梳理厂区各类输送管路布设情况,缩减管路总长,删减管路弯头、变径等增加输送阻力的结构,降低流体输送过程中的阻力损耗,减少配套系统能耗。同时调整各电机设备的安装位置,规范设备排布间距,优化设备通风散热条件,解决电机运行过程中散热不畅、工况波动等问题,规避设备工况不稳定引发的额外能耗。通过全方位的系统优化调整,改善冶金电机系统整体运行状态,提升设备运行效率,降低系统综合能耗,保障电机系统长期稳定节能运行,夯实节电改造的整体成效。

3.3 运行管理优化

(1)落实能源管理制度建设工作,搭建完备的能源管理相关制度体系,细化各部门、各岗位对应的节能工作权责,常态化开展电机系统能耗数据统计、数据分析及能耗考核工作,规范建立能源管理台账,定期完成电机系统能耗状况的评估与工作总结,精准挖掘设备运行过程中的节能空间,针对性落实节能优化整改措施。(2)常态化开展设备维护保养工作,结合冶金电机系统运行工况制定规范化、常态化的设备维保方案,定期对电机系统开展检修、清洁、润滑等基础维保作业,保障电机设备稳定合规运行,及时更换设备磨损零部件,动态校准电机运行参数,维持电机设备长期稳定的运行工况,规避设备故障、参数异常引发的能耗超标问题。(3)推进操作人员专业能力提升工作,常态化开展岗位专项培训,强化一线操作人员的节能认知与实操能力,确保人员熟练掌握电机启停、调速等基础操作,结合实际生产工艺标准调整电机运行参数,规范岗位操作流程,杜绝人为操作失误、操作不规范导致的能源浪费问题,从人员操作层面落实节电管控。

3.4 智能化节能技术应用

冶金电机系统节能改造依托工业智能化与数字化技术开展,完成设备深度节电升级,解决传统改造方式存在的技术缺陷。项

目搭建电机系统智能监测体系,安装智能传感器及数据采集终端,持续采集电机转速、负载率、电流、电压、温升等运行数据,全天候监控设备运行状态,及时排查电机空载、低效运行、参数偏移等能耗问题,替代传统人工巡检模式,为节能优化提供可靠数据依据。结合冶金生产负载波动大、工况复杂的特点,应用自适应智能调速技术,改变电机固定转速、人工调节的运行方式,依托智能控制系统匹配工艺需求与负载变化,动态调整电机转速和输出功率,减少变工况运行产生的无效能耗与设备损耗。通过工业物联网打通设备数据通道,搭建电机集群调控平台,统一优化多台电机运行时序、负荷分配与联动逻辑,改善单设备独立运行带来的工况冲突、负荷不均、能耗偏高问题^[5]。同时依托存量运行数据建立能耗分析模型,梳理能耗损耗规律,预判设备性能与能耗异常问题,提前落实优化调校措施,实现电机系统节能管控的主动升级。

4 结语

综上所述,冶金电机系统能效提升与节电改造对冶金行业意义重大。通过应用高效电机、调速、节能控制等关键技术,从设备更新、系统优化配置、运行管理优化及智能化节能技术应用等多方面推进节电改造策略,可有效降低电机系统能耗,提升运行效率与稳定性。这不仅有助于企业控制生产成本、提升经济效益,还契合工业节能降耗趋势,推动冶金行业绿色生产与长效稳定发展,为行业可持续发展奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1]高超.冶金行业照明系统智能优化设计与能效提升研究[J].中国照明电器,2025(5):175-177.
- [2]安硕,冯旭刚,张景.冶金自备电厂燃气发电机组机炉协调控制[J].中南大学学报(自然科学版),2025,56(1):19-33.
- [3]高琳.基于滑模观测器的冶金设备电机驱动自动控制方法[J].电气技术与经济,2025(10):353-356.
- [4]刘扬,孙启奥.冶金电力系统的电磁兼容性研究[J].中国金属通报,2025(14):19-21.
- [5]常盛兴.冶金企业动力汽机辅机运行优化的实践[J].中国金属通报,2025(2):16-18.

作者简介:

龚世杰(1981--),男,汉族,江苏人,本科,中级工程师,研究方向:冶金动力电机控制及电气自动化方面。