

Practical Research on the Operation Optimization Technology of High-Efficiency and Energy-Saving Motors

Yuanhao Cheng

Yantai Wanhua Branch, Luoyang Sanlong Installation and Maintenance Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264006, China

Abstract

Chemical enterprises are one of the important components of a country's economy. Therefore, only by properly performing routine inspection and maintenance of equipment can the normal operation of chemical enterprises be ensured. Electric motors are the power center of electrical equipment, and their efficient and energy-saving operation is related to the stability and green development of the entire equipment. Based on the experience of maintenance and operation of electrical equipment in chemical enterprises, Luoyang Sanlong Installation and Maintenance Co., Ltd. has established an operation optimization technical system to address issues such as continuous operation and high energy consumption of motors in the chemical field, exploring motor optimization technology, system regulation technology, and forming practical electrical equipment optimization solutions for chemical enterprises. Through actual cases in the project implementation process, the effectiveness and economic feasibility of the proposed methods are verified, and their energy-saving benefits and operational value are evaluated, providing reference for energy-saving optimization and efficient operation in similar chemical enterprises.

Keywords

high efficiency and energy saving; electric motor; operation optimization technology; chemical maintenance

高效节能电动机运行优化技术实践研究

程源豪

洛阳三隆安装检修有限公司烟台万华分公司, 中国·山东烟台 264006

摘要

化工企业是一个国家经济重要的组成部分之一。因此, 只有做好企业日常设备的检查保养才能够保证化工企业正常运行。电动机是电气设备的动力中心, 其高效、节能的运行关系到整个设备的平稳和绿色发展。基于化工企业电气设备维护保养经验, 洛阳三隆安装检修有限公司针对化工领域电动机持续运行、能耗高等问题, 建立运行优化技术体系, 探讨本体优化技术、系统调控技术等, 形成可落地的化工企业电气设备优化解决方案。通过项目实施过程中的实际案例, 验证所提出方法的有效性和经济性, 并对其节能效益和运维价值进行评估, 为类似化工企业的节能优化和高效运行提供借鉴。

关键词

高效节能; 电动机; 运行优化技术; 化工维保

1 引言

化学行业是一种高耗能行业, 电动机是机泵、风机、输送机核心设备的动力源, 其功率跨度、防爆要求严格。万华化学是国内首屈一指的化工企业, 其生产区域涉及高压、易爆、腐蚀性等工况, 电动机需要24小时连续运转, 传统电动机效率低下, 维护管理粗放、参数不匹配, 造成电动机能耗居高不下、故障频发, 与企业的绿色低碳发展目的不符, 也严重制约机组的长期平稳运行。洛阳三隆安装检修有限公司是一家为化工企业提供专业电气设备维保的高新单位, 在化工电气设备维护方面有着丰富经验, 以高效、节

能的电动机运行优化为主线, 打破“故障维修”的传统方式, 通过技术优化、智能管控、精细化维保, 达到降低电动机能耗, 提高运行效率, 延长使用寿命的目的。

2 化工场景电动机运行痛点

一些老旧电动机仍沿用常规的硅钢片, 其材质差、机械摩擦损耗大, 导致其运行效率不能达到国家标准的节能要求, 其铁损、铜损和风摩损耗合计超过15%, 长时间的使用导致巨大的电力损耗。另外, 由于电动机选择与负荷不相适应, 存在“大马拉小车”的问题, 一些电动机的负荷率只有40%—60%, 严重偏离了有效运行范围, 空载轻载能耗严重。电动机和负荷的传动方法不当, 皮带传动和联轴器的不对中造成了机械损失的增大; 由于使用的不够规范, 造成了较大的电网谐波污染, 不但使电动机的运行效率下降, 而且

【作者简介】程源豪(1990-), 中国河南洛阳人, 助理工程师, 从事高效节能电动机运行优化技术实践研究。

对线圈的绝缘也造成损害；电网和变压器的能量消耗较大，导致其功率因数较小、无功损失较大；一些电动机没有按照过程负载进行动态调节，长时间处于满负荷运转状态，无法满足生产需要。目前，由于缺乏对电动机轴承磨损、散热堵塞、振动超标等问题的有效处理，机组的运行效能不断降低。对其进行常规巡视，主要集中在启动和关闭的情况，没有对其进行能耗监测和参数分析，从而导致没有相应的节能控制数据支持；在防爆和防腐工况下，维保运行受到限制故障维修时间较长，导致能源损耗更大。电动机能耗数据主要依靠手工录入，缺少数字化控制系统，不能实现对能耗变化和效率波动的实时监控；没有构建系统的节能效益评估系统，在实施过程中没有准确的数据比较，使改进的方法很难进行连续的迭代；维保单位的节能观念不强，节能工艺与实际运行的衔接不够密切，影响了运行优化的实施成效^[1]。

3 建立高效节能电动机运行优化技术体系

针对化工现场防爆和高可靠性的需求，建立“主体节能+系统动态调节+运营精细化管理+智慧数字化赋能”的运行优化方法，全面提高电动机运行效率，降低能耗，确保电动机的安全平稳运行。在化工维保现场实操中，以防爆工况的特殊性和节能效益等为主线，从电动机本体、运维模式等方面层层递进，协同发力，有效应对当前能源消耗偏高等问题，构建长效的节能管控制度。

3.1 本体优化技术

主体结构的优化是提高电动机运行效率的关键依据，针对电动机本身能效不足，结合化工防爆、连续运行等特定条件，从根源上降低能源消耗，提升能源效率，使整个过程符合化工行业的安全生产规范，消除技术优化中存在的安全问题。围绕“选型替代、负荷匹配”等方面进行精确攻关，针对万华化学设备的陈旧和低效电动机，提出分级替代的方法，淘汰YE2及以下的节能电动机，并优先选择满足防爆要求的YE3和YE4高效电动机，替代循环泵和引风机等持续重载的机组，使其运行效率比常规的电动机提高5%—8%，且功率因数达到0.95，在硬件水平上打破能耗的瓶颈。在损耗的控制上，通过厂家设计对内部的结构进行改进，并选用高电导率的无氧铜材料作为线圈，以减少电动机的铜损；为了降低因电磁场和滞后引起的铁芯损失，选择了一种较小的具有较小损失的冷轧无取向硅钢片；采用新型的低摩擦密封轴承和高效散热风扇，对管道进行了合理的结构调整，使之适应化工粉尘多、腐蚀性强的运行条件，使风机的风摩损失和机械损失减少10%。为克服这一难题，与动设备和厂家共同计算真实负荷曲线，再核准电动机的功率，降低负荷容量，使负荷率平稳地保持在70%—100%的有效运行范围内，完全消除了轻载型能源的损耗，使机体能量效率与运行条件的良好匹配^[2]。

3.2 系统调控技术

系统调控技术通过电动机与负荷、生产工艺等的协调匹配，以解决化工生产过程中负荷波动大、无功损失大等问题为核心，通过对其进行动态调节，降低其附加能量消耗，使其从单机能源转换为整个体系的节能，与化工企业连续生产、非随意停机的特点相适应。对于风机和水泵等变负载的设备，抛弃传统的阀门节流等粗放式的调整方法，增加防爆式的变频调速器，并根据电动机的额定功率，给其保留10%—20%的容量裕量，并根据工艺流量和温度等参数，对其进行动态调整，使其达到15%—25%的节电效果。此外，还可以通过安装输入输出滤波器和电抗器来抑制高次谐波，使电网的谐波失真率小于5%，从而防止谐波对电动机绝缘造成破坏，加剧发热损耗，确保变频器在防爆条件下的安全运行。在无功补偿中，通过对电动机的功率因素进行实时监控，从而实现对电动机的综合功率因数由0.75-0.8提高到0.93，使电动机的无功损失大大减小，同时减小了线路的电流和变压器的负荷，从而降低了线路的能量消耗。在动力传动方面，通过改进传统的柔性驱动方式，将传统的低效率传动带转化为高精度的柔性连接，并利用激光对准的方法，对其进行同轴度校正，使其同轴度误差控制在0.05 mm以内，从而减少因齿轮不匹配引起的机械损失，使其传动效率由85%提高到98%，从而达到电动机和负荷之间的无缝连接。

3.3 运维管控技术

运维管控技术突破了以往事后抢修的粗放模式，建立全生命周期的节能维修保养系统，将能源控制融入日常巡检和维护过程中，以预防控制为手段，保持电动机的高效率运行，防止由于故障而引起能效下降。根据电动机的运行状态，制订分类维修保养表：每周对电动机冷却风道和接线箱灰尘等进行清洗，以避免因发热造成的能效降低；按月对线圈绝缘电阻进行测试，将端子拧紧，消除因触点不良而造成的损失和安全隐患；每月精确润滑，更换密封件，特别是防爆电动机，注意密封，避免化学物质进入，损伤零件。利用便携式振动仪，对机组进行周期性巡视和在线监测，对轴承振动、三相电流平衡进行监测，对轴承磨损、绕组过热等隐患进行预测，实现对故障处理的事后修复，防止停电造成的能源效率下降。在能源消耗的动态监控方面，通过对电动机的消耗情况进行统计，并定期对其进行电压、有功、用电等参数的采集，并将其进行比较和剖析，从而对其产生的影响进行分析，并对其进行故障诊断和调整，使维修运行与节能要求更好地匹配，从而达到“运维保安全、促节能”的双重目的。

3.4 智能优化技术

以数字化和智能化为手段，解决化工电机运行中存在的分散、优化不到位等问题，构建适用于石化行业的智能化管控平台，形成“监控-分析-调节-维保-优化”的全闭环管理模式，促进企业从传统的手工粗放式到数字化的

精细化管控。该系统以三隆公司内部动态台账架构为基础,通过隔爆式数据收集模块,将电动机运行参数、维保记录和故障信息等信息进行实时监控,并将单台电动机的运行效率、节能潜力等信息显示在用户的屏幕上,方便维修人员迅速找到低效率电动机。在核心的功能层次上,通过对能量消耗进行解析,对其与过程之间的关系进行深入的研究,从而对变频调速参数和无功补偿的切换策略进行优化,从而在不需要人为的频繁干预的情况下,达到智能化的节能效果。构建基于大数据的故障预警模型,对故障风险进行预测,将维保任务提前推送到洛阳三隆保运班组,从而达到维护运行的自动化和准确性。构建节能效果评估模型,实现对优化前和优化后的能耗数据进行自动化比较,并对其产生的能效进行定量化,并生成优化结果的评价报表,为后续的技术升级奠定基础。同时,还建立员工评价模型,把节能目标与维护员工的绩效挂钩,增强了员工的节能意识^[3]。

4 万华化学高效电机运行优化案例

4.1 实践概况

洛阳三隆安装检修有限公司对万华化学 POCHP 及顺酐装置 105 台低效率电动机进行分批运行优化,其中包括离心风机、压缩机等核心设备,总的功率在 5.5-110 kW 之间,均为抗爆式电动机。该项目的主要研究项目为高效电动机更换、传动系统升级和智能维修平台构建等。

4.2 优化实践举措

将原有 48 台老式 YE2 系列电动机全部换成 YE4 型高性能抗爆电动机和永磁同步电机,并根据 15 台轻载运行的大电机的降容换型,实现动力指标的再匹配。比如,用 75kW 高效永磁电机代替 110kW 轻载化工泵电机,负载率由 45% 提高到 82%,提高 7.2% 运行效率。并对电动机绕组及轴承进行优化,减小了机体的损失,单台电机空载损耗平均下降 12%。在 20 台变载风机及水泵上加装防爆变频调速设备,并与其相匹配的谐波过滤器和感应线圈,可以按工艺参数进行调速。对于循环水风机,采用变频控制方式,由常规的汽门调整到变频控制,随回水温度变化,对风机转速进行自动调节,日均耗电下降 22%;经过对谐波的处理,使电网谐波畸变率由 18% 下降到 5% 以下,从而解决了因谐波引起的电动机发热和效率降低的问题。对 16 台电动机的驱动设备进行优化,把传统的带式驱动变为直接式驱动,并利用激光对中技术来校正同轴线,以减少传输损失;在 21

台功率因数偏低电动机中安装新型的无功补偿模块,使该设备的综合功率因数由 0.78 提高到 0.95,使无功损失减少了 60%,大大降低线路损失。建立智能化的化工电动机维护系统,将优化电动机的运行状态输入系统中,达到 24 小时的实时监控;制定预防性维保台账,进行能源消耗分析和效能测试,对效能下降的电动机进行排查和处理^[4]。

4.3 实践效果和效益分析

通过对该电动机的实际测试,该电动机的运行效率由原来的 82% 提高到 91.5%,其功率因数达标率达到了 100%;采用变频技术进行设备优化,其能源利用率为 21%,用高效电机代替设备节能率为 8%~10%;使电机故障停机率降低 65%,无故障运行时间增加 40%,从根本上解决了轻载损耗、传动效率低下的问题。105 台经优化的电动机平均每年可减少总耗电量 61 万度,按照工业电价 0.65 的标准计算,每年可节省 39.6 万元电费;电动机的维修频率降低,平均每年节省维修条件和人工费用 38.6 万元;通过对电动机的长期运行和延期优化,平均每年节约购置费 75 万元。通过对电动机进行改进,使电动机的运行温度和振动值达到规范要求,防爆和绝缘性能稳步提高,没有出现由于电动机的问题而造成的生产停机和安全事故;实现对石化企业的绿色、低碳发展的需求,并制定了标准化的优化工艺,可以迅速向企业其他区域扩展。

5 结论

总之,建立高效节能电动机运行优化技术体系具有重要意义。针对化工行业连续生产、能耗高等特征,通过对电动机本体优化、维护升级和智能管控等多维度措施,实现电动机运行效率提高、减少故障和节约成本的目标。研究成果将为我国石化行业的发展提供新的思路和方法。该优化方案可以广泛应用到化工、制药等行业,根据不同运行条件、电动负载特点等,对其进行灵活的优化。

参考文献

- [1] 高群松.永磁同步电机在石油化工行业的应用[J].中国化工装备,2025,(06):22-25.
- [2] 马江鹏.变压器对电机水泵运行稳定性影响机理探究[J].科技资讯,2024,22(24):68-70.
- [3] 孙文革.石油化工电机故障异常现场及可靠性影响因素分析[J].山东化工,2023,52(24):150-151+156.
- [4] 林成霞,方海.化工动设备电气控制优化案例[J].化工生产与技术,2023,29(03):43-45+10.