

化肥厂设备管理降本增效与节能降耗的建议

成亚楠

(山西兰花科技创业股份有限公司田悦化肥分公司)

摘要:对现如今化肥企业高耗能设备及设备管理方面的一些自我总结,智能化管理方面的一些想法。同时对设备降耗增效方面前、后对比改造效果显著,降耗增效明显。

关键词:降耗增效;磁悬浮风机;改造;智能化管理

1 引言

在农业现代化进程中,化肥作为农作物生长的“粮食”,对提高粮食产量和质量起着关键作用。化肥生产行业是支撑农业发展的重要基础产业,然而,它同时也是典型的高能耗产业。化肥厂的设备管理状况,在很大程度上决定了企业的生产效率、成本控制能力以及可持续发展潜力。

当前,不少化肥厂在设备管理方面存在诸多亟待解决的问题。从能耗层面来看,许多设备运行效率低下,导致能源的大量浪费。例如一些传统的制氮机,其能耗在化肥厂总能耗中占比较

大,且产气效率和氮气纯度也不尽如人意。在设备维护方面,由于缺乏科学的管理体系,设备维护成本居高不下。不定期的维护不仅难以提前发现设备隐患,还可能因设备突发故障而导致生产中断,造成巨大的经济损失。

随着全球对环境保护和可持续发展的关注度不断提升,化肥厂面临着前所未有的压力。一方面,能源成本的持续上涨压缩了企业的利润空间;另一方面,严格的环保法规对化肥厂的污染物排放提出了更高要求。在此背景下,通过技术创新和管理优化,实现设备全生命周期的降本增效、节能降耗,已成为化肥厂实现转型升级、提升市场竞争力的必由之路。只有不断探索新的技术和管理方法,才能在激

烈的市场竞争中立于不败之地,为农业的稳定发展提供坚实保障。

2 化肥厂设备管理现状与核心问题分析

2.1 设备能耗现状与痛点

2.1.1 高耗能设备占比突出

化肥生产过程中,制氮机、压缩机、反应釜等核心设备能耗占比较大,在不少化肥厂中,这些设备能耗占全厂总能耗的 60% 以上。以制氮机为例,传统的制氮机多采用变压吸附(PSA)或膜分离技术,但部分老旧设备因技术落后,单位能耗较先进设备高 15%–20%。这些老旧制氮机在产气过程中,压缩机频繁启停,且分子筛吸附效率低,导致大量电能被消耗,存在极大的节能潜力。在一些小型化肥厂,甚至还在使用超过服役年限的制氮机,其能耗高、产气不稳定,严重影响生产效率和能源成本。

2.1.2 运行效率与维护成本矛盾

随着设备使用年限的增加,老化问题日益凸显。设备的机械部件磨损、腐蚀,电气系统老化,导致故障率上升。据统计,部分化肥厂设备年均非计划停机时间达 50–80 小时,每次停机不仅造成生产停滞,还需投入大量人力、物力进行抢修。例如某化肥厂的压缩机因活塞环磨损,在生产旺季突发故障,导致生产线停产两天,损失产值数十万元。为了维持设备运行,维护费用不断攀升,占生产成本的 12%–15%。目前,大部分化肥厂仍采用人工巡检的方式,这种方式不仅效率低,而且漏检率高。由于人工巡检无法实时监测设备的运行参数,难以精准定位能耗异常点。比如,反应釜的温度、压力等参数出现细微异常时,人工巡检很难及时察觉,待问题严重后才被发现,此时设备已遭受较大损坏,不仅增加了维修

成本,还导致能耗进一步上升。

2.1.3 资源浪费与环保压力

在化肥生产过程中,余热、余压等二次能源利用率不足 30%。许多化肥厂的反应釜、锅炉等设备在运行过程中会产生大量的余热,但这些余热未得到有效回收利用,直接排放到环境中,造成了能源的浪费。例如,某化肥厂的蒸汽锅炉产生的高温蒸汽在使用后,其携带的大量热量未被回收,就直接排入大气,既浪费能源又对周边环境造成热污染。

废水、废气排放治理成本逐年增加。随着环保法规日益严格,化肥厂需要不断投入资金升级环保设备,以满足排放标准。一些化肥厂因废气处理设备效率低下,导致氮氧化物、二氧化硫等污染物排放超标,面临高额罚款和停产整顿的风险。在传统的人工操作模式下,物料损耗率达 3%–5%。由于操作人员的技术水平和责任心参差不齐,在物料输送、储存和使用过程中,容易出现跑、冒、滴、漏等现象,造成物料的浪费,间接增加了生产成本。

2.2 管理机制短板

2.2.1 设备全生命周期管理缺乏系统性

在设备采购选型阶段,部分化肥厂未充分考虑设备的能耗指标、维护便利性以及与现有生产系统的兼容性。一些采购人员只关注设备的价格,忽视了设备的长期运行成本和能效。例如,为了节省初期投资,采购了价格较低但能耗高、维护复杂的设备,导致在后期运维过程中,设备能效未达设计标准,能耗居高不下,且频繁出现故障,维修成本高昂。同时,设备采购与后期运维脱节,采购部门在采购设备时,未与运维部门充分沟通,导致运维部门对新设备的性能、维护要点了解不足,无法及时制定有效的维护计划。

2.2.2 能源计量与数据分析滞后

目前,许多化肥厂的能源计量设备不完善,实时监控覆盖率不足 40%。部分化肥厂仅对主要的能源消耗设备进行计量,而对一些辅助设备和小型耗能设备缺乏计量手段。这使得企业无法全面、准确地掌握能源消耗情况,难以支撑精细化能耗管控。例如,在统计全厂总能耗时,由于部分设备能耗数据缺失,导致统计结果不准确,无法为节能决策提供可靠依据。

在数据分析方面,多数化肥厂仍停留在简单的数据记录和报表制作阶段,缺乏对能源数据的深入分析和挖掘。无法通过数据分析找出能耗高的原因和节能潜力点,难以制定针对性的节能措施。比如,虽然记录了每月的能源消耗数据,但未对不同时间段、不同设备的能耗数据进行对比分析,无法发现设备在运行过程中的能耗异常波动,也就无法及时采取措施进行优化。

2.2.3 员工节能意识与操作技能参差不齐

部分员工对节能降耗的重要性认识不足,缺乏主动节能的意识。在设备操作过程中,存在不合理操作的现象,如长时间空转设备、随意调整设备运行参数等,导致设备低效运行,能源浪费严重。例如,一些操作人员在生产任务完成后,未及时关闭设备,导致设备长时间空转,白白消耗电能。

员工的操作技能水平也影响着设备的运行效率和能耗。随着化肥生产技术的不断发展,新设备、新工艺不断涌现,但部分员工未能及时掌握新的操作技能,在操作新设备时,容易出现操作失误,影响设备性能的发挥,进而增加能耗。一些员工在操作自动化程度较高的设备时,因不熟悉设备的操作流程和参数设置,导致设备无法在最佳工况下运行,能耗大幅增加。

3 设备管理降本增效与节能降耗的关键技术路径

3.1 技术改造:设备能效提升的核心驱动力

3.1.1 设备高效化升级

污水站风机节能改造:公司热电站污水站现用调节池曝气风机(一开一备),消化池曝气罗茨鼓风机(三台全开),且压力相同,能效消耗过大,运行过程中轴承温度过高,检修频繁,于 2024 年申请折旧项目增加一台磁悬浮鼓风机以降低能效消耗,其采用了高效离心叶轮,高速永磁电机等先进技术,具有高效节能,系统内无齿轮箱、润滑系统等部件,运行稳定保养方便等优点。

原污水站使用风机具体设备情况如下:

调节池曝气风机每台功率为 35KW,现场共两台,一开一备。消化池曝气罗茨鼓风机共中两台功率为 75KW,一台功率 90KW,三台风机同时开启以保证污水站消化池的正常运行。五台风机中四台进行全功率运转总功率为 275KW。

3.1.2 动力系统优化

新增磁悬浮鼓风机功率为 200KW,经各风机生产公司在现场进行考察后在保证污水站运行正常情况下,结合各公司提供的设备选型建议,确定了采购一台功率:200KW,风压 75Kpa,风量 140m³/min,电机:一级能效,风机需自带变频器的磁悬浮鼓风机。其主要耗材为风机进口过滤棉,其主要更换的频率为外层过滤棉每一个月一套,内层过滤棉为每三月更换一套。

根据磁悬浮风机 72 小时运行情况统计,每天的平均节电量达到了 1400KW/H,如按每度电 0.5 元计算,每日节约费用为 700 元。每年的节约费用约为 255000 元左右。

3.1.3 自动化与智能化装备应用

(1)全自动装车系统

化肥的装车环节以往主要依赖人工操作,不仅效率低下,而且成本高昂。在高温环境下,如夏季的仓库内,工人在装卸化肥时面临着恶劣的

工作条件,容易出现中暑等健康问题,导致用工短缺现象频发。引入集装箱自动装车机与机器人后,实现了装车过程的全自动化。自动装车机通过精准的机械结构和智能控制系统,能够快速、准确地将化肥搬运至运输车辆上,机器人则利用先进的视觉识别技术和机械臂,实现对化肥袋的抓取和堆叠。单吨装车成本下降 60%,主要得益于人工成本的大幅降低以及装车效率的提升。货损率从 1.5% 降至 0.3%,这是因为自动化设备能够更稳定、更精准地操作,减少了因人工搬运不当导致的化肥包装破损和产品损失。

(2)智能测控设备

在化肥厂的设备运行过程中,及时、准确地获取设备的运行参数对于能耗管理和故障预防至关重要。部署在线能耗监测仪,可实时采集设备的电能、热能等能源消耗数据,通过数据分析,能够精准定位能耗异常的设备和时段,为节能措施的制定提供依据。振动传感器则可实时监测设备的振动情况,当设备出现异常振动时,如轴承磨损、部件松动等,传感器能够迅速捕捉到信号,并及时发出预警。异常预警响应时间缩短至分钟级,使维修人员能够在第一时间采取措施,避免设备故障的进一步扩大,减少了因设备停机导致的生产损失和能源空耗。通过对设备运行参数的实时监测和分析,还可以优化设备的运行策略,进一步降低能耗。

3.2 运行优化:精细化管理降低隐性成本

3.2.1 预防性维护与状态检修

(1)建立设备健康档案

通过大数据分析建立设备健康档案,是实现预防性维护的重要基础。收集设备的运行数据、维修记录、故障信息等多维度数据,利用数据分析算法对设备的健康状况进行评估和预测。以分子筛为例,传统的更换周期往往按照固定的时

间进行,缺乏科学性,容易造成资源浪费或因更换不及时导致设备性能下降。通过大数据分析,综合考虑分子筛的使用时间、吸附性能变化、设备运行工况等因素,制定个性化的维护周期,可将分子筛更换周期从固定 1 年延长至 1.5 - 2 年。对于阀门密封件,同样通过数据分析,优化维护策略,使其寿命提升 30%,有效降低了设备维护成本。

(2)可视化运维平台

集成设备运行数据与故障知识库的可视化运维平台,实现了设备运维的智能化管理。该平台实时采集设备的运行参数,如温度、压力、振动等,并将这些数据以直观的图表形式展示给运维人员。同时,结合故障知识库,当设备出现异常时,平台能够快速分析故障原因,并给出相应的解决方案。通过智能派单系统,将维修任务精准地分配给合适的维修人员,维修响应效率提高 50%,使设备能够在最短时间内恢复正常运行。年度维护成本下降 12%,这是由于可视化运维平台提高了运维效率,减少了不必要的维修工作和备件更换,降低了维护成本。

4 管理策略优化:构建长效节能机制

4.1 能源管理体系化建设

4.1.1 组织架构与制度保障

设立专职能源管理部门,是实现化肥厂能源精细化管理的关键一步。该部门由具备能源管理专业知识和丰富实践经验的人员组成,负责统筹规划和协调全厂的能源管理工作。他们深入研究化肥生产的各个环节,制定详细的《设备能耗定额标准》。这一标准并非凭空而来,而是基于对历史生产数据的深入分析,结合行业先进水平和企业实际生产工艺制定的。例如,针对制氮

机,根据其不同型号、生产能力以及运行工况,确定每生产一立方米氮气的合理能耗范围。对于压缩机,则根据其功率、工作压力以及运行时间,制定相应的能耗定额。

为了确保能耗定额的有效执行,制定《节能绩效考核办法》势在必行。该办法明确规定了各部门、各班组在节能工作中的职责和任务,将能耗指标分解至班组。每个班组都有明确的节能目标,如某班组负责的制氮设备,其月度能耗需控制在一定标准以下。同时,建立“节能-效益”挂钩的激励机制,对于节能表现优秀的班组,给予物质奖励和精神表彰。奖金根据班组节能的幅度进行计算,幅度越大,奖金越高。在精神表彰方面,在厂内宣传栏展示优秀班组的节能事迹,树立榜样。对于未能完成能耗指标的班组,进行相应的惩罚,如扣除部分绩效奖金、要求班组负责人作出书面检讨并制定整改措施。通过这种奖惩分明的机制,充分调动员工节能降耗的积极性,形成全员参与节能的良好氛围。

4.1.2 全员节能能力提升

开展设备原理与节能操作培训,是提升员工节能意识和操作技能的重要举措。邀请设备厂家的技术专家和内部经验丰富的工程师,为员工讲解设备的工作原理、性能特点以及节能操作要点。比如在培训制氮机操作时,详细介绍分子筛的吸附原理、吸附塔的工作流程以及如何通过合理调整吸附时间和压力来提高制氮效率、降低能耗。对于压缩机,讲解其机械结构、工作循环以及如何根据生产负荷调整压缩机的转速和运行时间。

通过模拟仿真系统,让员工在虚拟环境中进行设备操作练习,培养他们在不同工况下的优化调节能力。在模拟系统中,设置各种复杂的工况,如原料气成分变化、生产负荷突然增加或减

少等,让员工通过操作设备,寻找最佳的运行参数,以实现节能降耗的目标。某厂在开展培训后,操作人员主动节能行为覆盖率从 30% 提升至 80%。许多员工在日常工作中,能够主动关注设备的运行状态,及时调整操作参数,如根据氮气需求的变化,主动调整制氮机的运行功率;在压缩机空载时,及时关闭部分设备,避免能源浪费。这不仅降低了设备的能耗,还提高了设备的运行效率和稳定性。

4.2 设备全生命周期成本管控

4.2.1 采购阶段能效优先

建立设备选型评价体系,是从源头上控制设备能耗和成本的重要手段。该体系综合考虑多个因素,将能效等级作为重要的衡量指标。优先选择能效等级高的设备,如能效等级达到一级或二级的制氮机、压缩机等。这些设备采用先进的节能技术和设计理念,在运行过程中能够有效降低能耗。以制氮机为例,高效能的制氮机采用新型分子筛和优化的吸附塔结构,能够提高氮气的分离效率,减少能源消耗。同时,考虑维护便利性,选择结构简单、易于维护的设备,降低后期的维护成本。例如,一些设备采用模块化设计,便于拆卸和更换零部件,减少了维修时间和人力成本。

淘汰能效低于二级的老旧设备,是提高设备整体能效的必要措施。老旧设备不仅能耗高,而且运行稳定性差,故障率高,维修成本大。在淘汰过程中,对老旧设备进行全面评估,包括设备的剩余价值、拆除成本等。对于一些仍有一定价值的老旧设备,可以通过二手市场进行出售,回收部分资金。新增设备综合能耗较原型号降低 10% - 15%,这得益于新设备采用的先进技术和优化的设计。在采购新的压缩机时,选择变频螺杆式压缩机,相比传统的活塞式压缩机,其能耗

更低,运行效率更高。通过采购阶段的严格把控,为化肥厂的节能降耗奠定了坚实的基础。

4.2.2 报废与循环利用

对退役设备进行残值评估,是实现资源回收和降低成本的重要环节。成立专业的评估小组,由设备工程师、财务人员和物资管理人员组成,对退役设备的各项性能进行评估,包括设备的磨损程度、剩余使用寿命、可再利用的零部件等。根据评估结果,确定设备的残值,并选择合适的处理方式。对于一些关键零部件,如制氮机的分子筛、压缩机的轴承等,若仍有一定的使用寿命,可以进行拆解和再制造。通过对这些零部件进行清洗、修复和检测,使其恢复到可用状态,重新应用于设备维修或新设备的组装中。

通过再制造、部件拆解等方式实现资源回收,不仅降低了设备的报废处理成本,还提高了资源的利用率。单台设备报废处理成本下降20%,主要是因为通过资源回收,减少了设备的拆解和运输成本,同时通过再制造和零部件销售,获得了一定的收益。金属回收率达90%以上,对于设备中的金属部件,如钢铁、铜、铝等,进行有效的回收和再利用。将回收的金属进行熔炼和加工,制成新的零部件或其他产品,实现了资源的循环利用,减少了对新资源的需求,降低了企业的成本,同时也减少了废弃物的排放,对环境保护具有积极意义。

5 实施案例:某化肥厂设备管理优化实践

5.1 装车环节自动化升级

方案:在装车环节,该化肥厂以往主要依靠人工操作,不仅效率低下,而且成本高昂。为了解决这一问题,该厂引入了2套全自动装车机器人系统。该系统采用先进的机械臂和智能识别

技术,能够自动识别化肥袋的位置和规格,并将其精准地搬运至运输车辆上。同时,系统还配备了自动化的输送装置和控制系统,实现了装车过程的全自动化。这2套系统投入使用后,成功替代了8名装车工,有效缓解了人工短缺的问题。

效益:自动化升级后,装车环节的效益显著提升。年节约人工成本85万元,主要是因为减少了人工雇佣和管理成本。装车效率提升40%,从原来每小时装车30吨提升至42吨,能够更好地满足生产和销售的需求。货损赔偿费用减少70%,从原来每年的15万元降至4.5万元。这是由于自动化设备操作更加精准、稳定,减少了化肥袋的破损和掉落,降低了货物损失,提高了客户满意度。

5.2 管理协同效应

措施:为了进一步提升设备管理的效果,该化肥厂积极推进能源管理体系建设,并成功通过了能源管理体系认证。通过建立完善的能源管理制度和流程,明确了各部门在能源管理中的职责和权限,实现了能源管理的规范化和标准化。开展了员工节能竞赛活动,制定了详细的竞赛规则和奖励机制。根据设备能耗降低幅度、节能创新方案的可行性等指标,对表现优秀的员工给予物质奖励和精神表彰,激发了员工参与节能降耗的积极性和创造性。

成果:通过能源管理体系建设和员工节能竞赛活动,该厂的节能降耗工作取得了显著成果。全厂吨化肥综合能耗从1.2吨标煤降至1.05吨标煤,年度总成本下降8%。这不仅降低了企业的生产成本,提高了企业的市场竞争力,还减少了能源消耗和污染物排放,实现了经济效益和环境效益的双赢。通过这些措施,该厂在设备管理方面积累了宝贵经验,为其他化肥厂提供了有益的借鉴。

6 结论与展望

本文通过对化肥厂设备管理现状的深入剖析,提出了一套全面且具有针对性的降本增效、节能降耗策略,涵盖技术改造、运行优化、智能化升级以及管理策略优化等多个维度。在技术改造方面,通过核心设备的高效化升级,如制氮系统、动力系统的改造以及余热回收利用,为设备能效提升提供了核心驱动力。自动化与智能化装备的应用,不仅提高了生产效率,还降低了人工成本和货损率。在运行优化上,动态负荷匹配与工艺协同,以及预防性维护与状态检修,实现了精细化管理,有效降低了隐性成本。智能化升级通过智能控制系统集成和能耗诊断与优化模型构建,为设备管理提供了数据驱动的决策支持。在管理策略优化方面,能源管理体系化建设和设备全生命周期成本管控,构建了长效节能机制,确保了节能降耗工作的持续推进。

通过某化肥厂的实际案例,验证了这些策略的有效性。污水站风机系统深度改造后,单位风机能耗显著降低,设备故障率大幅下降;装车环节自动化升级,不仅提高了装车效率,还降低了人工成本和货损赔偿费用;管理协同效应的发挥,使全厂吨化肥综合能耗降低,年度总成本下降。这些成果表明,只要策略得当、执行有力,化肥厂在设备管理方面完全能够实现降本增效、节能降耗的目标。

展望未来,随着“双碳”目标的深入推进和

数字化技术的迅猛发展,化肥厂设备管理将迎来新的机遇和挑战。在技术创新方面,应进一步探索数字孪生、碳足迹核算等新技术在设备管理中的应用。数字孪生技术能够构建设备的虚拟模型,实时反映设备的运行状态,通过模拟分析提前发现潜在问题,优化设备运行参数,从而进一步提高设备的可靠性和能源利用效率。碳足迹核算技术则可以帮助化肥厂精准计算设备在生产过程中的碳排放,为制定科学的减排策略提供数据支持,推动企业向低碳、绿色方向发展。

在管理模式上,化肥厂应构建绿色制造与循环经济体系。从设备的设计、采购、使用到报废处理,全生命周期融入绿色理念,选择环保材料、优化设备结构,降低设备运行过程中的能耗和排放。加强设备的循环利用和资源回收,提高资源利用率,减少废弃物的产生。通过构建循环经济体系,实现能源的梯级利用和物料的循环利用,降低企业的生产成本,提高企业的经济效益和社会效益。

设备管理将从传统的“成本中心”向“价值中心”转型。设备管理不再仅仅是为了保障生产的正常运行,更是要通过技术创新和管理优化,为企业创造更大的价值。通过降低能耗、减少排放,提高企业的环保形象,增强企业的市场竞争力;通过提高设备的运行效率和可靠性,增加企业的产量和质量,提升企业的经济效益。在未来的发展中,化肥厂应高度重视设备管理工作,不断探索创新,为实现企业的可持续发展奠定坚实基础。