

真空制盐循环水系统节能技术改造探索

杨孝泽 张 雄

云阳盐化有限公司 重庆 404500

摘要: 真空制盐是我国盐业生产的主要方式,其循环水系统作为关键辅助部分,承担着设备冷却等重要职责,在企业能耗中占据显著比例,是节能工作的关键领域。当下,不少真空制盐企业的循环水系统面临设备陈旧、控制方式滞后等状况,造成能耗居高不下、运行效率欠佳。本文经实地调研,对系统现状予以评估,提出“精准施策、协同优化、智能管控”的节能改造理念,为真空制盐企业节能降耗、绿色发展提供借鉴,推动行业转型升级。

关键词: 真空制盐;循环水系统;节能改造;智能控制

引言:“双碳”目标下,节能降耗成真空制盐企业提升竞争力、实现可持续发展的必由之路。循环水系统为真空制盐关键环节提供冷却支撑,影响生产、质量与能耗。当前,多数企业循环水系统沿用传统模式,存在低效、粗放、损耗大等问题,增加成本且制约绿色生产。故探索节能技术改造路径,完善运维保障,对提升节能效益、推动行业绿色转型意义重大。

1 真空制盐循环水系统概述

1.1 真空制盐工艺简介

真空制盐基于水的沸点随压力降低而降低的原理,通过抽取蒸发罐内空气营造真空环境,让盐卤水在低温下沸腾蒸发、浓缩结晶,从而分离出成品盐。该工艺具备能耗较低、效率高、产品质量稳定、环保性好等优点,已成为我国盐业生产的主导方式。其核心流程涵盖卤水预处理、真空蒸发、结晶分离、干燥包装四个环节,真空蒸发是能耗核心,也是循环水系统发挥作用的关键。在真空蒸发时,蒸发罐内的二次蒸汽要经冷凝器冷却凝结,循环水系统持续为冷凝器供冷却水,带走蒸汽冷凝释放的热量,保障蒸发稳定,还为其他高温设备提供冷却支持,确保生产有序进行。

1.2 循环水系统组成与工作原理

真空制盐循环水系统是一个闭环运行系统,主要由循环水泵、冷却塔、冷凝器、换热设备、管道系统、水质处理设备及控制系统等部分组成,各组件协同工作,完成冷却、循环、换热的全过程。其核心工作原理为:循环水泵将冷却塔内冷却后的循环水加压输送至真空制盐工艺中的冷凝器、蒸发罐夹套等需冷却设备,循环水与设备内的高温介质进行热交换,吸收热量后温度升高;升温后的循环水通过管道输送至冷却塔,在冷却塔内通过风机通风、喷淋散热等方式,将吸收的热量散发至空气中,使水温降至设定范围;冷却后的循环水再次被循环

水泵抽取输送,形成闭环循环,持续为生产设备提供冷却服务。水质处理设备用于净化循环水,防止管道与设备结垢、腐蚀,保障系统稳定运行^[1]。

1.3 循环水系统能耗分析

循环水系统能耗主要集中在循环水泵和冷却塔风机这两大核心设备上,管道阻力损耗、水质处理能耗等也有一定占比,整体能耗约占真空制盐企业总能耗的较大份额,是节能降耗重点。其中,循环水泵能耗占系统总能耗的六到七成,因真空制盐工艺对循环水流量、压力要求高,水泵常满负荷运行,且部分水泵选型不合理、匹配度差,造成电能浪费。冷却塔风机能耗占两到两成半,传统风机多定速运行,无法依水温、环境温度灵活调速,能耗偏高。另外,管道老化、管径不合理等会增加阻力损耗,水质恶化致管道结垢、腐蚀,降低换热效率,间接提升系统能耗。

2 真空制盐循环水系统现状评估与问题分析

2.1 循环水系统现状调研

为全面掌握真空制盐循环水系统运行现状,通过实地调研多家真空制盐企业,结合企业生产报表、能耗数据,对循环水系统的组成、设备运行状态、工艺参数设置、水质状况、运维管理模式等进行全面排查。调研发现,多数企业循环水系统已运行多年,部分核心设备存在老化、磨损等问题,循环水泵多为传统定速水泵,冷却塔多为普通机械通风式冷却塔;系统运行参数设置较为固定,未根据生产负荷、环境温度的变化进行动态调整;水质处理多采用传统药剂处理方式,处理效果有限,循环水硬度、浊度等指标偶尔超标;运维管理多以人工巡检、经验操作为主,缺乏科学的监测与管控手段。同时,不同规模企业的系统运行水平差异较大,中小型企业因资金、技术有限,系统节能改造滞后,能耗问题更为突出。

2.2 系统运行效率评估

结合调研数据,从换热效率、设备运行效率、能耗指标三个维度,对真空制盐循环水系统运行效率进行综合评估。在换热效率方面,由于管道结垢、设备腐蚀等问题,部分企业循环水换热效率较设计值下降10%~15%,导致冷却效果不佳,需增加循环水流量弥补,间接增加能耗;在设备运行效率方面,循环水泵运行效率平均为65%~75%,低于行业先进水平,冷却塔冷却效率平均为70%~80%,定速风机无法按需调节,运行效率偏低;在能耗指标方面,调研企业循环水系统单位产品耗水量、耗电量均高于行业先进标准,中小型企业单位产品电耗较先进企业高出20%~30%,节能潜力巨大。通过对比行业先进指标与企业实际运行数据,明确当前系统运行效率与节能目标的差距,为后续节能改造提供明确方向。

2.3 存在的问题分析

结合现状调研与效率评估,当前真空制盐循环水系统运行中存在的核心问题主要集中在四个方面。(1)设备运行不合理,循环水泵选型与生产负荷不匹配,部分水泵长期处于低效运行状态,且设备老化导致能耗上升;冷却塔冷却效率偏低,填料老化、风机转速固定,无法根据水温变化灵活调节,散热效果不佳。(2)管道系统存在明显损耗,管道老化、管径设计不合理,导致阻力损耗过大,增加水泵运行负荷;管道接口密封不严,存在漏水现象,造成水资源与能耗浪费;管道结垢、腐蚀严重,降低换热效率^[2]。(3)控制方式落后,多数系统采用人工手动控制或简单的自动控制,缺乏智能监测与动态调控手段,无法根据生产负荷、环境温度、循环水水质等参数的变化,实时优化运行参数,导致能耗浪费。(4)运维管理不规范,缺乏专业的运维技术人员,日常巡检不到位,设备故障无法及时排查;水质处理流程不规范,药剂投放不合理,导致水质恶化,加剧设备损耗与能耗上升。

3 真空制盐循环水系统节能技术改造方案

3.1 节能技术改造总体思路

真空制盐循环水系统节能技术改造的总体思路,以“节能高效、稳定可靠、经济可行、长效运维”为核心原则,立足企业生产实际与系统现存问题,结合智能控制、高效节能等先进技术,聚焦循环水泵、冷却塔、管道系统、控制系统四大核心环节,实施系统性改造。改造过程中,坚持“按需改造、精准施策”,优先采用投资少、见效快、适配性强的节能技术与设备,兼顾技术先进性与经济性;注重系统协同优化,实现各环节改造的协同发力,提升系统整体节能效果;融入智能控制技术,实现系统运行参数的动态调控与精准管控,降低人工干预,

提升运行效率;同时完善运维管理体系,确保改造后系统能够长期稳定运行,充分发挥节能效益,最终实现降低能耗、减少成本、推动企业绿色低碳发展的目标。

3.2 具体节能技术改造措施

3.2.1 水泵节能改造

水泵节能改造是循环水系统节能改造的核心环节,重点围绕选型优化、变频改造、设备更新三个方面开展。(1)优化水泵选型,结合真空制盐生产负荷与循环水流量、压力需求,替换原有选型不合理的水泵,选用高效节能水泵,确保水泵运行参数与生产负荷精准匹配,提升水泵运行效率,降低电能消耗;(2)实施变频改造,对保留的合格水泵加装变频控制系统,通过变频器实时调节水泵转速,根据循环水需求量、设备冷却需求的变化,动态调整水泵运行负荷,避免水泵长期满负荷运行,可实现水泵节能15%~25%;(3)更换老化设备,对磨损严重、能耗偏高的老旧水泵进行更换,选用高效、耐磨、耐腐蚀的新型水泵,同时加强水泵日常维护,定期对水泵叶轮、轴承等部件进行检修、清洗,减少设备损耗,提升运行稳定性与节能效果。

3.2.2 冷却塔节能改造

冷却塔节能改造重点聚焦提升冷却效率、降低风机能耗,主要采取三项措施。一是更换高效冷却塔填料,替换原有老化、结垢的填料,选用导热系数高、耐腐蚀、不易结垢的高效填料,增加换热面积,提升冷却塔散热效率,降低循环水出口水温,减少循环水流量需求;二是实施风机变频改造,对冷却塔风机加装变频装置,根据循环水进水温度、环境温度的变化,灵活调节风机转速,在保障冷却效果的前提下,避免风机长期高速运行,可实现风机节能20%~30%;三是优化冷却塔结构,清理冷却塔内部杂物、积尘,检修喷淋装置,确保喷淋均匀,提升散热效果;对大型冷却塔,可增设导流装置,优化气流分布,进一步提升冷却效率,减少能耗浪费^[3]。

3.2.3 管道系统优化

管道系统优化主要围绕降低阻力损耗、减少漏水现象、防止结垢腐蚀三个方面开展,提升系统运行效率。优化管道布局与管径,对原有老化、管径不合理的管道进行更换,根据循环水流量需求,合理设计管径,缩短管道长度,减少弯头、阀门数量,降低管道阻力损耗,减轻水泵运行负荷;加强管道密封与检修,对管道接口、阀门等部位进行全面检查,更换老化的密封件,修复漏水点,杜绝水资源与能耗浪费;定期对管道进行清洗、除锈,采用防腐、防垢涂层处理,防止管道结垢、腐蚀,提升管道使用寿命与换热效率;安装管道阻力监测装置,实

时监测管道阻力变化,及时排查管道堵塞、泄漏等问题,确保管道系统稳定高效运行。

3.2.4 自动控制系统升级

自动控制系统升级是实现循环水系统智能节能的关键,重点构建“监测-调控-预警”一体化智能控制系统。安装智能监测设备,在循环水泵、冷却塔、管道系统、换热设备等关键部位,布设流量、压力、温度、水质等监测传感器,实时采集系统运行参数,实现数据实时传输与精准监测;搭建智能调控平台,整合监测数据,通过智能算法对运行参数进行分析,根据生产负荷、环境温度、水质状况等变化,自动调节水泵转速、风机转速、循环水流量等参数,实现系统动态优化运行;增设故障预警功能,系统可实时监测设备运行状态,发现水泵、风机故障、管道泄漏、水质超标等问题时,及时发出预警信号,提醒运维人员及时处理,减少故障停机时间,保障系统稳定运行,同时降低人工运维成本。

3.3 节能技术改造方案的综合评估

从技术可行性、节能效益、经济性、稳定性四个维度,对真空制盐循环水系统节能技术改造方案进行综合评估。技术层面,所选节能技术与设备均成熟可靠,适配真空制盐高温、高盐、腐蚀性强的生产工况,改造工艺简单,施工难度不大,可与企业现有生产系统无缝衔接,无需中断正常生产,技术可行性较强。节能效益层面,通过水泵变频改造、冷却塔优化、管道系统升级等措施,预计可降低循环水系统总能耗20%-30%,单位产品循环水耗水量、耗电量显著下降,节能效果明显,能够有效助力企业实现能耗管控目标。经济层面,改造总投资可通过节能效益在1.5-3年内回收,改造后不仅降低能耗成本,还可减少设备维护成本、水资源消耗成本,长期经济效益显著。稳定性层面,改造后系统实现智能调控与精准运维,设备运行稳定性大幅提升,故障发生率明显降低,能够持续为真空制盐生产提供稳定的冷却支撑,同时延长设备使用寿命,综合评估改造方案科学合理、切实可行。

4 节能改造后运维保障体系建设

节能技术改造的落地成效,离不开完善的运维保障

体系,为确保改造后循环水系统长期稳定运行、持续发挥节能效益,需构建科学规范的运维保障体系。(1)建立专业化运维团队,通过招聘复合型技术人才、开展现有人员专项培训,提升运维人员对智能控制系统、高效节能设备的操作与检修能力,确保能够及时处理系统运行中的各类问题^[4]。(2)完善日常运维管理制度,制定设备巡检、水质监测、故障排查等标准化流程,明确运维职责,实行常态化巡检与定期维护相结合,重点检查水泵、风机、管道接口等关键部位,及时清理管道结垢、更换磨损部件。(3)优化水质管控流程,结合改造后系统需求,升级水质处理工艺,规范药剂投放标准与频次,定期检测循环水水质指标,确保水质达标,防止设备腐蚀与管道结垢。(4)建立能耗监测与优化机制,依托智能控制系统,实时监测系统能耗数据,对比分析节能效果,根据生产负荷变化持续优化运行参数,最大化发挥节能效益,实现改造效果的长效保持。

结束语

真空制盐循环水系统节能技改,是企业降能耗、降成本、实现绿色发展的关键,也是推动盐业转型的重要路径。本文全面调研该系统运行现状,评估效率,剖析设备、管道等核心问题,制定针对性改造方案,完成综合评估并补充运维保障内容,形成完整体系。未来,真空制盐企业应立足实际,稳步推进节能改造,不断优化运维管理,积极引入更先进节能与智能技术,为行业高质量、可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]柳月浩,张德州,刘焯,李宏伟,罗兴国,李兴彬.真空制盐过程结垢与阻垢研究进展[J].中国井矿盐,2021,52(05):18-21.
- [2]姜慧超.石化企业循环水系统节能案例及节水措施研究[J].天津化工,2022,36(6):85-88.
- [3]王伟.循环水系统整体节能优化改造[J].石化技术,2022,29(04):234-235.
- [4]郭浩,焦春联,赵达维,等.脱硫废水再生回用对海水循环冷却排水浓缩制盐的影响研究[J].盐科学与化工,2022,51(8):7-11.