

化工企业循环冷却水系统工艺设计与节能改造

李月兰

江西省化学工业设计院, 江西 南昌 330000

[摘要]循环冷却水系统是化工生产过程的重要系统之一。文章主要针对化工企业循环水系统的设计要求进行探讨,对循环水设备中的水泵耗能过高,冷却塔热交换损耗大,水质处理及排放带来的能量损耗,系统运行调控欠佳等问题进行阐述;针对这些主要的能量损失点,分别提出了以提高水泵系统的效率、采用变频调速装置;改进冷却塔结构和调整运行参数;强化水质处理和减量化排水措施;加强自动化控制水平及强化管理制度等方面的节能改造方案。对节能改造效果测评方式及实施措施进行探索分析并搭建集能耗、水质、设备运转等多个层次在内的综合评判标准体系,以期能够给化工企业的循环冷却水系统节能降耗给予一定的理论依据和支持。

[关键词]循环冷却水系统; 工艺设计; 能耗分析; 节能改造; 智能化控制

DOI: 10.33142/sca.v9i2.19118

中图分类号: TH318

文献标识码: A

Process Design and Energy-saving Renovation of Circulating Cooling Water System in Chemical Enterprises

LI Yuelan

Jiangxi Chemical Industry Design Institute, Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: The circulating cooling water system is one of the important systems in the chemical production process. The article mainly discusses the design requirements of the circulating water system in chemical enterprises, and elaborates on the problems of high energy consumption of water pumps in circulating water equipment, large heat exchange losses in cooling towers, energy losses caused by water quality treatment and discharge, and poor system operation regulation; For these main energy loss points, measures have been proposed to improve the efficiency of the water pump system and adopt variable frequency speed regulation devices; Improve the structure of the cooling tower and adjust operating parameters; Strengthening water quality treatment and reducing drainage measures; energy-saving renovation plans for enhancing automation control levels and strengthening management systems. Explore and analyze the evaluation methods and implementation measures for energy-saving renovation effects, and establish a comprehensive evaluation standard system that includes multiple levels such as energy consumption, water quality, and equipment operation, in order to provide theoretical basis and support for energy-saving and consumption reduction of circulating cooling water systems in chemical enterprises.

Keywords: circulating cooling water system; process design; energy consumption analysis; energy-saving renovation; intelligent control

许多化工生产中产生的大量热量必须迅速带走,循环冷却水系统是进行热质交换时的媒介物质输送工具,它的工作状况直接影响化工生产装置的安全稳定。在近年来国家对于能源消耗以及二氧化碳排放量越来越重视的情况下,化工企业的节能减排任务不断加重,循环冷却水系统节流节能成为了企业在挖潜增效方面的重要手段之一。从整个系统的设计入手抓住工艺关键点,在使用过程中找到问题要害并采取相应改善措施,建立起设计—运用—改进的循环机制,有助于提高化工企业的能源利用率。现今许多化工企业的循环水系统存在设计余量过大、运行参数偏离最佳状况的现象,造成了系统实际能耗远远大于计算所得的理论值,需要对系统全面的提升。

1 循环冷却水系统工艺设计要点

循环冷却水系统是以水作为冷却介质,并循环运行的一种给水系统,由换热设备、冷却设备、处理设施、水泵、管道及其他有关设施组成。循环冷却水系统的设计包括系

统控制、设备选用与布置、水质处理及管网供水等。设计时需考虑生产设备换热量大小以及工厂总体规划的基础上,结合当地的气候等因素来拟定整个系统的布置方案。根据《化学工业循环冷却水系统设计规范》GB50648—2011 规定:对于对水温和水质或者水压有较大不同的换热器应单独设置各自的循环冷却水系统,以免因某一台换热器的特殊条件而使整个系统的供水平压升高带来的不利影响。例如个别需高压的换热设备可采取局部增压的办法,此法可以节省系统总扬程及相应的能耗。

对冷却设备的选择,间冷开式系统供水温度应根据生产工艺所容许值及厂址地区的气候状况进行供热负荷核算而得,通常采用该地区夏季极端最高气温时其对应的湿球温度的基础上增加 4~5℃来作为供水温度比较合适的设计。设计水量则应该按生产设备正常操作小时的耗水量来选取然后加以最大时用水量来校验,这样兼顾了平时低成本的需求也能够在事故状态下保障供水。管网设计要尽

可能利用回水压力,尽量采用直接供水的方式,减少泵升压装置的数量设置。其配套的水质处理设备有旁滤系统,加药间等,设计容量需结合补充水水质、循环水浓缩倍率、污染物进给量等多方面考量后确定。

2 循环冷却水系统主要能耗问题分析

2.1 水泵输送能耗偏高

水泵是循环水系统的主要耗电设备,在整个系统的耗电量中占大部分比例。现实中很多水泵一直在远离高效区运转,主要是在设计中采用了较大的安全系数,使得泵的设计扬程及流量过大,但是在生产的运行过程中装置的实际负荷却时常远小于设计负荷量。这种情况下的大马拉小车现象使得阀门节流损失增大、水泵机组工作效率降低^[1],管道阻力计算误差或者管道积垢阻塞都可能导致系统阻力特性发生变化从而更严重地使水泵偏离理想的工作状况。此外供水点分散,某一处较远导致整个系统供水压力过大也是需要避免的问题。

2.2 冷却塔散热效率不足

冷却塔散热效果影响着循环水的回水温度从而影响整个系统的热负荷的交换强度,部分化工企业冷却塔运行时间较长,填料老化堵塞、布水分布不合理以及风机叶片角度偏离等现象逐步突出,使得冷却能力大大降低下来。相关研究表明部分冷却塔有严重的气流短路问题,有效换热面积低于80%,填料层风速分布很不均匀。夏季温度较高时由于冷却能力不够使得系统加大了循环水流量或者减产,造成耗能与产量之间的冲突。有的冷却塔配风不配水,局部存在水幕挡风或者是气体穿流的现象,不利于传热传质过程的发生。

2.3 水质处理与排污能耗损失

循环冷却水浓缩会产生结垢、腐蚀和微生物生长等一系列问题,为了保证水质参数达标就需要对其进行排放、补充新鲜水以及添加药剂。传统的水质处理是采取间歇性添加药剂的方式,很难针对水质的变化做出及时调整,经常会出现药剂过多或者过少的情况。如果浓缩倍率比较低的话,就会增加补水补排频次,水的热量的损耗也会增大。热交换器内表面结垢形成隔热层,会使得其传热能力大大减弱,有实验结果表明:当结垢厚度约为1-2毫米时,隔热系数增长了30%~50%,为了保持良好的换热性能就要不断地增大循环水量或是减少供水温度,这样就变相提高了系统的能耗。

2.4 系统运行控制策略不优

很多化工企业的循环水系统都是采取固定的压力或者固定的流量来运转,没有对环境温度的变化以及生产设施负荷的变化作出相应的运行参数调整。这样的大水漫灌式管控方式导致淡季或者负荷较低的情况下浪费了大量的能源,冷却塔风机开停及变速大多由人工判定而随意性强很难保持最佳的汽水比。水泵开机数量以及变频调整都

没有合理的判断标准大多靠个人感觉去操作。但实际证明精准化管理设立三级联控机制使温差波动控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 左右,可以实现较好的节能效益。缺少系统的监测和分析手段导致调节缺乏基础的数据。

3 循环冷却水系统节能改造策略

3.1 水泵系统优化与变频技术应用

对于选用过大的水泵及水泵运行不在高效区间的情况可采取更换泵叶轮以及车削叶轮直径或是更换水泵的方式使其泵特性符合系统的需要;对于用水量变化比较大的系统用变频控制的方法是十分可行的节能方法,根据实际用水量调整泵转速能大大减少管道中阀门节流损失;分布式管道泵技术解决局部高压问题也有其独到之处,可以在某些支路上增设低压头辅泵从而达到对整个网络的压力进行分段和精确输送的目的^[2]。这样就从根本上解决了“大马拉小车”的问题,不用因为一户的需求而抬高了整个系统的压力水平。

3.2 冷却塔性能提升与运行参数优化

空调冷却塔节能改造可以对填料、风机、布水系统等进行改造,用新型改性PP波纹填料替代传统的PVC填料,适当增加填料层的高度以提高传热系数、降低通风阻力等。通过改变风机叶片的角度设计以及安装导流板有利于气流分布更加均匀合理,减少气流短路现象的发生。根据季节温差的不同采取冬季春季减少一台冷却塔,夏季秋季增多一台冷却塔的运行方式,在保证冷却效果的同时尽量减少风机使用数量。

3.3 高效水质稳定与节水减排技术

增加浓缩倍数可以有效减少排污损失,但是必须有相应的高效率的水质稳定措施配合,电化学除垢技术借助加大电流密度使除垢效率提高了75%以上,运行功率大大下降,在线浓缩倍数从3倍达到5~8倍。旁流量过滤可以有效的过滤掉循环水中含有的固态悬浮颗粒以及污物,降低补充水质量标准。扬子巴斯夫苯乙烯工程采取2.5的旁流量过滤取得较好的运行效果。阻垢缓蚀剂精确添加需根据水质监测的数据不断优化配制比例,智能加药仪能够对循环水内游离氯含量、阻垢缓蚀剂浓度等重要参数进行在线监控,并依据数据自动生成合理配方。换热管的防结垢涂层工艺在某些高温工况下被使用了,在纳米陶瓷防结垢涂层的作用下,结垢层减薄量达80%以上。

3.4 智能化控制系统与运行管理优化

智慧控制系统的应用是达到循环水管理系统精细化运行的根本保证,通过对管道进行建模设计,依照不同生产工艺要求对循环泵进行设定,与高效泵及变速装置联合作业,使得整个循环水系统始终处在一个最佳工作状态当中,水质在线监测设备可以随时检测到PH值,电阻率,浊度,余氯等各项指标变化情况,预防水质突变变化而预先做好防范工作,智能化水质检验机器的应用让水检时间

由原来的两个小时缩减为即刻完成,提高了管理水平的同时也节省了成本开支。在维护过程中设立班组动态台帐,登记风机停启、水泵切换等工作,做到每个环节都有标准、全程跟踪记录、随时调整思路,精细化管理,从而达到每吨水耗电下降的目标。

4 节能改造效果评估与实施建议

4.1 节能效果评价指标体系

构建完善的评价指标体系是评估节能整改成果的基础,在节能指标中,可以通过系统的总电能消耗量、吨水用电量、单位循环水量用电量及单位换热量用电量等来考量,既有对总量的考量又有对增量的分析;在水质量指标方面有浓缩倍率、浊度、总硬度、氯根含量以及腐蚀速度和结垢热阻等,从水处理质量和设备使用安全性角度进行综合评判;在设备运行指标中有泵效,风机效、水冷式冷却塔散热效能和换热器传热系数等,以此来评价设备的性能水平。

4.2 改造经济性分析方法

节能改造项目经济效益分析要兼顾投资费用、使用收益和维护费用。投资费用包含设备购置、建筑施工、安装调试验收和停工损失等直接和间接的费用;使用收益主要表现在节电降耗、减少药剂消耗、节约补水量、降低检修费用上;投资回收期是一个常用的技术经济指标,在3~5年以内为宜;全生命周期成本分析能更加准确地体现改造项目的实际效益,把未来几年内所发生的各类运行及维护费用折合到现在来看。大型循环水冷却器改造案例,单台设备每年可节约循环用水量约12万t,年节省用电等费用8~10万元,投资回收期约为1.5~2年左右。经济上要考虑到资金的时间价值、能源价格的变化及政府补贴等影响因素。

4.3 实施过程中的关键注意事项

节能改造要特别注重技术方案的有效性和可行性。在改造之前应该做好充分的现场检测分析以及数据统计工作来了解清楚现有的系统实际运转状况、耗能量等信息^[3]。工艺余热利用由消极降温变成积极回收,加入高效的余热回收装置以获取中低品位的废热用于工艺加热上。设备的选择要是否符合原有机组的要求,防止出现改造后成为新的制约环节或者安全隐患等问题。在施工阶段要做好生产的协调安排以及安全防护措施尤其是涉及重要设备的改动要有详细的过渡计划。跨部门合作是改造成功的决定性原因,在生产管理、设备管理、技术质量、安全环保

等都需做到发现问题并提出方案进行实施并对结果进行反馈的一个闭环;而且改造后试车调整参数设定要有足够的时长及细心程度来保证所有功能正常运行。

4.4 长期运行维护与持续改进机制

节能改造并不是一蹴而就的事情,健全长效的运行维护及不断完善的措施也是必不可少的。周期性的停止冷却塔运行清理堵塞物,提升布水均匀度以及换热效率,对风机泵进行及时维修。水质检测、药品添加需常态化不间断,防止操作变动导致水质破坏。运维数据积累分析可以找出更多可优化的方向,用大数据挖掘出反常迹象提前做好预防。有些公司实行在线监测水质参数,每天检查生产流程状况,解析漏油报警情况,预先做出准备。形成一个不断提升的过程,在每年确定一个节能率降值指标,开展科研和技术革新,促使循环水由原先的能量消耗源转变为能量节约源。操作人员的技术培训及相互间的技能经验交流也是必不可少的,开展技术竞赛和技术交流等提高整体技术水平。

5 结束语

化工企业的循环冷却水系统节能减排是一项复杂的系统工程,它包含了设计工艺、选材设计、运转管理和维护养护等各个方面,合理的设计是根本的基础,在使用过程中准确分析出能耗的问题所在,并采取技术方法及管理方法进行综合治理,实现不断改善的良性循环,可以作为提高系统效率的一种方式。水泵节能调速、冷却塔设计改进、水质稳定和智能化控制等一系列的技术整合运用,都可以在保证生产要求的前提下大幅度地减少能源消耗,节能改造经济效益评估必须有系统的指标标准,不能只考虑眼前的利益得失。伴随着智能技术和节能环保意识的日益加强,循环冷却水系统将能够获得更好的能源效益以及较小的物耗水平,在化工产业绿色发展方面发挥着积极作用。

[参考文献]

- [1]姚运.工业循环冷却水控制系统设计与研究[D].江苏:江苏科技大学,2025.
- [2]章海峰,高瞳.基于深度学习的工业自动化控制DCS系统维护方法[J].自动化应用,2025,66(6):12-14.
- [3]袁飞.基于DCS的冷却塔控制系统优化研究[J].设备管理与维修,2025(5):51-56.

作者简介:李月兰(1995.4—),女,汉,籍贯:江西省赣州市,单位:江西省化学工业设计院,职称:助理工程师,学历:本科,毕业专业:环境工程,从事方向:给排水设计。