

关于煤制乙二醇循环水系统的节能优化实践

董宝山 邢涛 王昆

陕西渭河彬州化工有限公司 陕西 咸阳 713500

摘要: 合成气循环水系统主要用户是气化装置、净化装置及热电装置,乙二醇循环水系统主要用户乙二醇装置,大部分换热器位高低,供水压力高,能量浪费严重;水泵出口及上塔阀门开度小,无效流阻高;某公司响应国家节能号召,充分了解装置循环水运行特点后,通过消除系统无效阻力,提高循环水泵特性与管网特性的匹配度的方式及循环水量优化平衡进行节能改造,增大系统水量利用率。上述改造完成后,循环水能耗较改造前下降63%,经济效益显著。

关键词: 煤制乙二醇;循环水;节能改造

引言:循环水系统是化工煤化工企业生产运行体系中不可或缺的公用工程核心配套设施,全程全天候为煤制乙二醇全套主体生产装置提供连续、稳定、合规的冷却换热保障,是衔接各类工艺设备、换热机组、反应装置平稳工况的关键纽带,直接支撑整套生产工艺流程闭环有序推进。循环水系统能否保持安全可控、节能高效、连续无故障常态化运行,直接决定全厂区主体生产装置负荷稳定性、工艺参数可控性以及设备服役使用寿命,更是防范装置波动、工艺跳变、非计划停工等安全生产风险的前置核心防线,已然成为保障主体装置规模化、常态化、长周期安稳满负荷连续生产运行的重要基础性先决条件。在化工装置公用工程专项提质降耗、设备能效升级、系统隐患综合治理的整体技改规划框架之下,针对性开展循环水系统专项提质优化与源头升级改造工作,全过程必须坚守安全生产底线与连续生产红线,严格以全程不扰动、不波及、不影响核心主体生产装置正常工艺流程、既定生产负荷、现场安全工况为刚性前置前提。前期必须全面摸排现有管网水力工况、水泵机组运行负荷、水质换热匹配现状、现场设备老旧损耗情况,多维度实地核验现场实际运行数据,科学研判各类潜在运行风险,全方位多角度系统对比多套不同工艺改造思路、设备优化方案及管网调整技术路径,严谨论证各类方案的安全适配性、现场可施工性、后期运维便捷性以及长期节能实效性,综合统筹安全、生产、能耗、运维、成本多重核心要素,择优筛选适配现场工况、贴合生产需求、兼顾长效节能的最优专项改造实施方案,切实筑牢后续循环水系统平稳改造、安全投运、长效降耗的坚实基础。

1 系统基本配置及优化背景

1.1 水厂基本情况

某公司合成气循环水系统向气化、净化、热电装置供水,乙二醇循环水系统向乙二醇装置供水,系统配置兰州水泵厂1000S50GS型循环水泵8台,钢筋混凝土结构逆流式冷却塔12间,设计水量55200m³/h,实际水量约为57000 m³/h,主要数据如表1-1所示。

表1-1 循环水系统运行参数(核实数据)

系统	运行台数	给水总管压力	回水总管压力	总管流量	供水温度	回水温度	系统温差
	台	MPa/m	MPa/m	m ³ /h	℃	℃	℃
合成气	2开1备	0.440/-1.2	0.230/-1.2	19170	29.4	34.3	4.9
乙二醇	4开1备	0.450/-1.2	0.230/-1.2	38057	29.9	36	6.1

1.2 装置换热器运行状况

经测量场内换热器,高位换热器E1402A1/B1,标高为28.5m,换热器循环水管径均为DN600,换热器出口压力为0.079Mpa/24.2m,经对装置其余换热器检查,发现系统压力偏高造成能量损失。

2 节能潜力分析

2.1 节能原理

循环水系统一般包含机泵单元、管网单元、冷却塔单元、换热器单元和控制单元,采用“一种循环冷却水系统整体优化技术”可对上述五大单元分别进行优化和改造。因该项目为我司供排水车间首次实施,我司选择以水场能耗大户循环水泵为主要节能点进行改造。

水泵能耗计算方法:

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta_1 \times \eta_2}$$

其中, P 为电机功率, η_1 、 η_2 分别为电机和水泵效率, H 为水泵运行扬程, Q 为水泵实际运行流量。若想实现水泵功耗降低,从能耗基本原理分析,途径为优化水泵运行扬程、流量和提高泵效^[1]。

2.2 系统阻力分析

水泵的作用是将吸水池内循环水输送至管网、换热器及冷却塔，确保循环水克服沿程阻力及冷却塔重力势能完成循环过程。其中，确保整个循环有效输送的阻力称为有效阻力，由于某种原因导致阀门无法打开产生的局部阻力称为无效阻力。

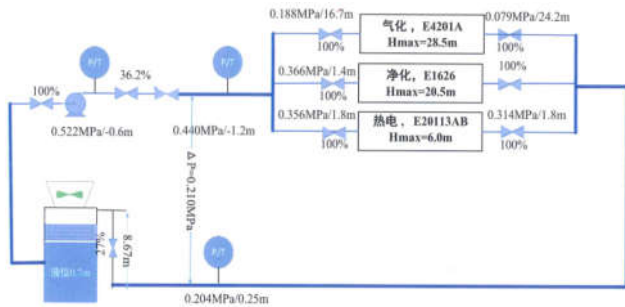


图2-1 改造前合成气循环水系统压力分布

如图2-1所示，合成气系统供水母管及回水母管压力为0.44MPa/1.2m和0.204MPa/0.25m，经计算，系统压差22.6m。

计算依据：

$$H_1 = \frac{P}{\rho G} = \frac{(0.44 - 0.204) \times 10^6}{1000 \times 9.81} + (-1.2) - 0.25 = 22.6m$$

该部分压差为克服供水母管至回水母管间沿程阻力，确保循环水通过母管供给装置换热器并返回回水母管，该部分阻力为有效阻力。

冷却塔上塔高度 $H_{塔}$ 为8.67m，喷头喷淋产生1.0m余压损失，冷却塔水分分配产生1.0m阻力损失，经计算，上塔阀门阻力为10.389m，称为无效阻力。

计算依据：

$$H_2 = \frac{P}{\rho G} - H_{塔} - 1.0 - 1.0 = \frac{0.204 \times 10^6}{1000 \times 9.81} + (0.25) - 8.67 - 2.0 = 10.38m$$

考虑水泵出口阀门全开，母管由于阀门及弯头等原因仍存在0.5m阻力损失，经计算，泵出口阀门阻力为8.41m，称为无效阻力。

计算依据：

$$H_3 = H - H_{母管} - 0.5 = \frac{0.5215 \times 10^6}{1000 \times 9.81} + (-0.6) - \frac{0.440 \times 10^6}{1000 \times 9.81} - (-1.2) - 0.5 = 8.41m$$

综上所述，合成气循环水系统改造前有效阻力为33.77m，无效阻力达到18.79m，无效阻力约占总流阻的

35.7%，系统无效阻力存在优化空间。

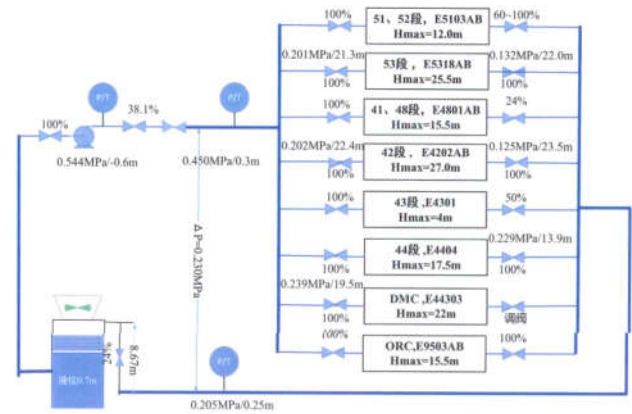


图2-2 改造前乙二醇循环水系统压力分布

同理计算乙二醇循环水系统改造前有效阻力为36.17m，无效阻力达到18.64m，无效阻力约占总流阻的34.0%，系统无效阻力存在优化空间。

2.3 用户流量分析

由于热量守恒原理可知，工艺物料放出的热量与循环水带走的热量相等，换热量与质量流量、温差、比热容均有关。公式如下：

$$Q_{工艺} \times C_{工艺} \times \Delta T = Q_{循环水} \times C_{循环水} \times \Delta t$$

改造前合成气及乙二醇循环水系统流量经核算分别为19170t/h及38057t/h。冷却塔实际降温温差仅为4.9℃及6.1℃，小于其设计温差10℃。经核算，可以通过适当减少用户总水量，在冷却塔气水比增大后可以降低循环水供水温度，从而在工艺温度不变的情况下拉大换热温差，即 $Q_{循环水}$ 减小、但 Δt 增大，以保证循环水侧带走的热量不降低。

2.4 水泵效率分析

改造前合成气水泵平均运行扬程为52.71m，2台泵运行流量为19170t/h。实际运行效率=（流量×扬程×9.81×密度）/循环泵运行功率/ $\eta_1 = 85.82\%$ ^[2]；同理计算改造前乙二醇实际运行效率89.39%，而定制化设计中开式双吸离心水泵效率可达91%，存在优化空间。

综前文所述，在保障主体装置不受干扰的情况下，为降低循环水系统能耗，最终采取扬程优化、系统流量优化平衡及泵效提升思路进行本次改造。

3 优化方案

3.1 等压差调整

压缩单元满足等压差调整的条件，可以对系统的供、回水等压差调整降低12m压力，此时压缩单元的换热器压差不发生变化，既换热器冷却水量不变，换热器运行正常。

优化前气化装置E1402A1/B1换热器处于高位,系统经同步降压后不满足换热器运行要求,新增增压泵扬程:10m;额定流量:1800m³/h。

3.2 优化水泵扬程消除无效阻力

同步降压后配置水泵扬程53m,水泵出口阀门处于30%的开度值。合成气母管供水压力0.34MPa,乙二醇母管供水压力0.32MPa,即可满足装置生产组需要。循环水泵特性与管网特性的匹配度过低,水泵电耗过大,通过对水泵扬程优化消除系统阻力,改造完成后泵出口阀门处于100%全开状态。

3.3 水平衡优化增大水量利用率

现场旁滤采用上海通禹图治环保科技有限公司TYS30-12型浅砂层过滤器,单罐设计过滤能力为200m³/h,共设置12台。检测过滤水量2060m³/h,运行压差0.12MPa,由乙二醇供水母管及合成气供水母管分别通过DN600管道供水,改造为汽电双驱凝汽器回水做旁滤供水,节约水泵直供水量2060m³/h。

在保证工艺安全生产前提下,参照《GBT50746-2012 石油化工循环水场设计规范》^[3]要求,对合成气装置18台富裕流量换热器水平衡优化调整,共计节约水量2425m³/h,对乙二醇装置23台富裕流量换热器水平衡优化调整,共计节约水量3094m³/h。

3.4 定点设计定制高效叶轮

叶轮是离心泵的核心部件,其流动性能的好坏很大程度上决定整个离心泵的性能,因此,叶轮的设计极为关键。在目前工业泵的设计过程中,叶轮的设计较多的是借助于经验,或者采用二元流动理论进行分析,再根据三维黏性流动分析的结果进行修正。这些设计方法均与叶轮内的真实三维黏性流动存在较大的差别,造成叶轮的效率较低。另外,叶轮和蜗壳的匹配问题也至关重要,对于一个性能良好的叶轮,如果它和蜗壳的匹配程度不好,就会导致泵内各种流动损失,特别是冲击损失的增加,进而导致整台泵的实际运行效率的大幅度降低。根据系统运行的压力与整个循环水系统实际所需流量的统计,对系统中所有的水泵进行量身定做,以满

足系统实际运行的需要。然后,利用相应的“基于三维CAD-CFD联合的叶片泵整体优化技术^[4]”,设计并加工制造8台高性能循环水泵,大幅度提高水泵效率,效率均高于91%,叶轮材质采用304不锈钢。

4 实施优化及节能效果

某公司通过消除系统无效阻力,更换定点设计的高效水泵,提升循环水量利用率后,完成此次节能优化,节能效果显著。预计年节电3969万度,年节约电费1270.08万元,大幅降低水厂运行费用,达到降本增效目的。

5 结束语

本次针对煤制乙二醇装置循环水系统开展的水泵源头技术改造项目,在方案设计与决策阶段,严格遵循工艺安全性与系统稳定性原则。通过深入的工况校核、水力模型分析及多方案比选,确立了科学严谨的改造技术路线。该方案优先保障了主体装置的安全稳定运行,理论依据扎实充分,实施路径清晰可行,展现出极高的工程审慎性与技术前瞻性。

改造团队采用优化水泵扬程、提升水泵高效运行区间、强化水量利用率等核心技术手段,对系统进行精准升级。项目投运后成效斐然,经现场数据监测与运行评估,系统水场电耗实现实质性降低,设备运行稳定性大幅提升,为装置长周期高效运行提供了坚实保障。此次改造成功解决了长期存在的能耗瓶颈问题,直接经济效益与间接节能效益显著,是技术创新与生产实践深度融合的典范,圆满达成了提质增效的核心目标。

参考文献

- [1] 崔雪梅. 高效节能泵在循环水场的应用[J]. 石化技术, 2019, 26(10): 7-7.
- [2] 严海峰. 离心泵运行效率优化技术研究[J]. 石化技术, 2025, 32(8): 98-99.
- [3] 唐勇. 某石油化工企业循环水场设计与优化[J]. 当代化工研究, 2025, 8(15): 169-171.
- [4] 李薇. 工业循环冷却水系统给排水设计的节能降耗途径与实践案例[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025, 6(6): 68-71.