

循环水系统整体优化技术在石化企业的应用

苑鹏鹏

中国石化沧州炼化公司 河北沧州

【摘要】针对中国石化沧州炼化公司第二循环水场能耗高、运行水平较低的现状，借助专业节能服务公司的力量，进行系统能量利用效率研究与分析，找到能耗高的原因，对循环水系统进行整体优化，通过对系统管网、机泵、换热器实施改造，降低了装置能耗，提高运行控制水平。

【关键词】循环水；节能；整体优化

Application of the overall optimization technology of circulating water system in petrochemical enterprises

Pengpeng Yuan

Sinopec Cangzhou Refining & Chemical Company, Cangzhou, Hebei

【Abstract】In view of China petrochemical Cangzhou refining company second circulating water field of high energy consumption, low operation level, with the help of professional energy saving service company, system energy utilization efficiency research and analysis, find the cause of the high energy consumption, optimize the circulating water system, through the system pipe network, pump, heat exchanger implementation, reduce the device energy consumption, improve the level of operation control.

【Keywords】Overall Optimization of Circulating Water; Energy Saving

1 背景

沧州炼化公司第二循环水场现有冷却塔 11 间，循环水泵 7 台，设计处理水量 7800t/h，实际外送水量 6500 t/h。主要供催化、气分、MTBE 和聚丙烯装置的冷却用水。该系统属于敞开式间冷循环水系统，冷却塔为机械通风型逆流冷却塔。由于装置建设时间早，原始设计的时候选用水泵扬程高于系统实际需要的扬程，导致水泵在“低扬程、低效率、高耗能”下运行，虽经过机泵叶轮切削、机泵变频改造、优化泵组运行模式等，能耗仍偏高，系统存在较大的节能空间。结合集团公司循环水系统整体优化三年专项治理工作，我们经过认真筛选，选择了西安格睿能源动力科技有限公司对二循进行整体优化改造，达到降低装置能耗、提升运行水平的目的。

2 西安格睿节能服务公司的循环水系统整体优化技术原理

该技术按照工业循环水系统经济运行原则，从

循环水泵组、管网、换热器、冷却塔等方面入手，进行系统能量利用效率研究与分析，通过建模与计算，判别系统当前能量利用效率，结合生产工艺要求，提出的一种循环水系统能量优化解决方案。主要包括：

(1) 对用户换热器进行精确检测与分析，获取循环水进出口压力、温度以及工艺介质的进出口温度，根据检测结果建立热力计算模型，结合工艺介质的冷却需求找出最优流量控制方法，合理控制循环水温差，使单台换热器能够安全、高效运行。

(2) 对冷却塔进行优化调整，提高冷却效果。

(3) 根据管网压力和流量的变化情况，进行流量平衡分析和压力平衡分析，建立水力模型。找出管网中的瓶颈管道，对达不到要求的管道进行整改。

(4) 以系统运行性能最优为原则，对流量和管网阻力建模分析，确定总管网阻力及最优循环水量，确定每台水泵的最佳扬程和流量，定制、更换高效

水泵。

(5) 建立换热网络优化和管网水力优化数学模型, 充分考虑因热负荷及环境温度变化引起的变工况运行, 根据系统运行特征确定系统最优运行参数。

(6) 优化监控系统及软件, 提高循环水系统应变保障能力。

3 循环水系统存在的问题

(1) 通过测量每台换热器的循环水进出口温度、工艺介质进出口温度, 并选取有代表性的换热器(远端、高点、泄漏次数多的这几类)安装压力表测量压差, 我们发现大部分换热器存在热负荷较低、循环水流量偏大的情况, 循环水温差小于 6℃的换热器占总数的 60%, 造成循环水浪费。

(2) 水泵运行效率低, 出于安全考虑, 原始设计中水泵所选扬程大幅高于实际系统需要的扬程, 造成水泵功耗大, 为避免电机超电流, 工频泵出口阀无法全开, 开度在 55%-70%, 阀门前后压差在

0.06-0.11MPa, 经测算水泵的综合效率在 70%左右。二循循环水泵扬程为 59-65 米, 循环水管网压力 0.45MPa, 所供装置换热器最高 16 米, 加上管网阻力损失并预留出一部分富余量程, 选用 50 米扬程水泵即可, 将原水泵更换为扬程低、流量大的高效水泵将节约 15%以上的电耗。水泵参数如表 1。

(3) 分析系统管网各单元运行参数, 发现循环水泵出口单向阀前后压差大, 此处管路损失较大, 应更换低阻力的止回阀。

(4) 水泵运行模式有优化的空间, 由于聚丙烯装置为间歇生产模式, 循环水用量波动大, 该路最低用水量仅为最高水用量的 45%, 虽然一台泵设有高压变频器, 但是单台泵的调节能力和调节速度都是有限的, 因此不得不运行两台水泵, 保证用水压力, 变频水泵的优势发挥不出来, 同时增加了电耗。

(5) 风机、水泵无在线监测设施, 安全运行水平较低。

表 1 二循水泵参数

编号	位号	泵型号	额定扬程 m	额定流量 m ³ /h	电机功率 kW.h	备注
1	42#	500S-59	59	2016	560	
2	43#	14SH-9A	65	1170	315	
3	44#	14SH-9A	65	1170	315	
4	45#	14SH-9A	65	1170	315	
5	46#	500S-59	59	2016	560	
6	47#	500S-59	59	2016	560	
7	48#	500S-59	59	2016	450	变频

4 对循环水系统进行整体优化改造

(1) 调节换热器循环水流量, 在保证流速不小于 0.6m/s 的前提下提高温差、降低水量, 减少循环水浪费。炼油一部换热器经过调整后, 该路循环水量降低了 10%左右

(2) 将 4 台水泵出口单向阀更换为高效止回阀, 降低管网阻力。单向阀处水头损失由 1 米降低至 0.5 米。

(3) 对流量和管网阻力建模分析, 确定最优循环水量, 根据实际工况确定循环水泵的最佳扬程和流量, 在不改变电机的前提下, 利用西安格睿公司

的“基于三维 CAD-CFD 联合的叶片泵整体优化技术”, 量身定制、更换了 3 台高效水泵。该技术首先将叶轮叶片的几何形状表达成形状参数, 然后将参数化几何造型、六面体结构化网格划分、三维粘性 CFD 数值模拟和基于高效、全局最优的遗传优化算法集成到一个开放式优化平台中形成了一种以全三维粘性流场数值模拟结果为依据, 以遗传算法为优化工具和以叶片形状参数为优化目标的“基于三维 CAD-CFD 联合的叶片泵整体优化技术”。该系统包含四个模块: 叶轮叶片参数化造型模块、网格划分模块、三维粘性 CFD 数值模拟模块和高效的 NSGA-

II 遗传算法优化模块。利用该技术可以完成对离心泵叶轮的优化设计工作，获得性能良好的叶轮。整台泵的性能不仅仅取决于叶轮的性，叶轮和蜗壳的匹配对整个泵的水力性能的至关重要，因此在利用上述技术对叶轮优化的过程中还要考虑到蜗壳对叶轮的影响。在得到水力性能良好的叶轮后，还需对蜗壳的过水断面进行进一步的优化，最终确保整台泵具有良好的水力性能。

(4) 针对聚丙烯用水量波动大的问题，现有 43#、44#泵出口设置了联通管路，在泵的出口分成两个主路前新增一个蝶式止回阀后，达到同时联通两个系统且满足安全运行的目的。如此可以将炼油一部富余的水量送至聚丙烯装置，减少一台水泵运行。同时增加了两路水量调控的灵活性，可根据装置用水情况进一步降低能耗。

(5) 在二循 DCS 增上监控系统，水泵增加运行状态检测、电机定子和轴温探头，风机增加油温、振动探头，引入主控室，监控所有水泵、风机的设备状态，装置区增加 6 个摄像头监控现场，提高了装置安全运行水平。

5 改造实施后的效果

利用停工期间完成改造项目，开工后对管网压力和用水进一步优化调整，改造前运行 4 台循环水泵，2 台工频泵供炼油一部装置，2 台供丙烯装置，一台工频泵、一台为变频泵，改造后运行 3 台循环

水泵，两台工频泵、一台变频泵。1 台专供加 1 台主供炼油一部的催化、气分、MTBE 装置，为保证管网压力安全富余度，开工后管网压力由 0.42MPa 提高至 0.44MPa，避免机泵故障停运造成循环水量下降，引起生产装置波动。1 台泵辅供加 48#变频水泵专供聚丙烯装置，在满足装置用水的前提下，变频控制压力由 0.5MPa 逐步调整至 0.41MPa。投用后循环水泵出口阀全开，阀门前后压差基本消除，对新泵进行能效测试，实际运行效率大于 86%。同时根据水量停运了 2 间凉水塔，减少两台风机运行。改造前后运行情况对比见表 3。

经济效益对比：

通过与上一年同期 9 月份数据对比，可以看出节电效果显著，电单耗降低了 15%，考虑到新增烟脱装置的用水量，将电量进行修正后，节电量达到 243973 kW.h，节电率为 24.5%。改造前后电耗数据对比见表 4。

全年二循系统节能率能达到 22%以上。二循年耗电量 900 万 kW ·h，优化后年均节电量可达到 200 万 kWh。电价按 0.6 元/kWh 计算，则每年产生效益为：200×0.6=120 万元。

改造后每年实际运行数据如下表，经过持续优化，炼油一部循环水压力下降至 0.42MPa，二循循环水电单耗下降至 0.203kWh/t，每年实际节电量在 200 万 kWh 以上。

表 2 高效水泵参数对比

序号	编号	型号	流量 (m³/h)	扬程 (m)	新泵型号	新泵流量 (m³/h)	新泵扬程 (m)
1	42#	500S-59	2016	59	500S-GX3000-50	2500	50
2	46#	500S-59	2016	59	500S-GX3000-50	2500	50
3	48#	500S-59	2016	59	500S-GX3000-50	2500	50

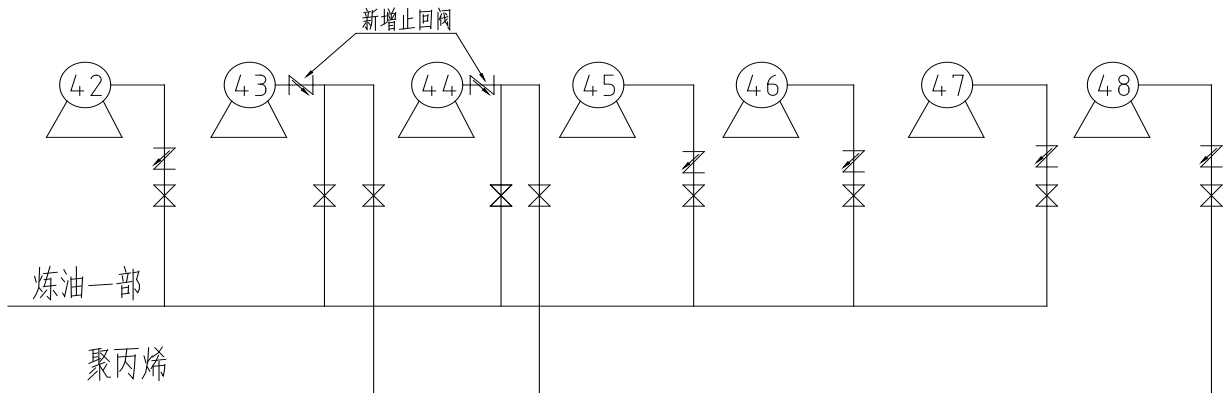


表3 改造前后运行情况对比

机泵改造前运行情况				目前运行情况			
设备位号	电流/A	装置压力/MPa	流量 (t/h)	设备位号	电流/A	装置压力/MPa	流量 (t/h)
42#	44	炼油一部 0.42	炼油一部 3900	42#	54	炼油一部 0.44	炼油一部 4000
45#	37			43#	32		
43#	33	聚丙烯 0.5	聚丙烯 2500	48#	38	聚丙烯 0.41	聚丙烯 2500
48#	42			48#	38		

表4 改造前后电耗对比

	循环水量 (万 t)	电量 (万 kWh)	电单耗 (kWh/t)
2014年9月	385	99.4	0.258
2015年9月	392	86.74	0.221

其中新增烟脱装置水量 693186t

表5 改造年电耗对比

年份	循环水量/万 t	电耗/万 kWh	电单耗 kWh/t	电单耗差 kWh/t	节电量/万 kWh
2014年	4397.26	1128.14	0.257		
2015年	4177.21	924.92	0.221	0.035	146.76
2016年	4861.14	1041.71	0.214	0.042	205.44
2018年	5405.16	1132.16	0.209	0.047	254.56
2019年	5095.83	1033.96	0.203	0.054	273.40
2020年	5119.13	1035.70	0.202	0.054	277.64

6 结束语

目前像第二循环水场这样能耗高的循环水装置还有很多,大多是建设初期设备选型保守,水泵的流量、扬程与实际工况不匹配,扬程大、流量小,造成水泵在低效率区域运行,另外存在管网局部阻力大,换热器温差小以及管网压力设定偏高等情况。利用循环水系统整体优化技术优化换热器运行、降低管网阻力,并根据实际用水需求进行系统优化,量身定制高效水泵,能够大幅降低能耗,取得相当可观的经济效益,降低企业运行成本。

参考文献

- [1] 汪家铭.工业冷却循环水系统节能优化技术与应用[J].石油化工技术与经济,2014,2:50-52.
- [2] 刘通.浅谈循环水系统的节能改造[J].科协论坛,2011,12(下):119-121.

- [3] 李晓平,韩忠旺.高效节能泵在循环水系统改造中的应用[J].城建/水工业通用机械:2015,6:91-93.

收稿日期: 2022年8月29日

出刊日期: 2022年10月22日

引用本文: 苑鹏鹏, 循环水系统整体优化技术在石化企业的应用[J]. 资源与环境科学进展, 2022, 1(3): 37-40
DOI: 10.12208/j.aes. 20220043

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS