

文章编号:1000-582X(2010)01-0104-05

焦化厂节水改造及其节能效果分析

王德明^{1,2}, 龙腾锐¹, 宋长华², 丁德渝²

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 2. 重庆电力高等专科学校 动力工程系, 重庆 400053)

摘要:某焦化厂经过多次扩容后,冷却水系统容量没能跟上发展,冷却能力远低于运行需求,新水(自来水)消耗量远远高出国内外同行业水平。对其水系统进行改造,即新增两台容量为 600 m³/h 的冷却塔、修复当前冷却效果已经较差的 2 台的冷却塔,将循环冷却水温降下来,以减少循环冷却水系统的排水量和补充水量;增设废水回收利用管网,将原排放的废水用于熄焦补充水,以节省熄焦补充水对新水的消耗,多余的废水引入到集团公司炼铁厂使用。通过改造,焦化厂吨焦耗水从 9.03 m³ 降至 3.21 m³,每年节约用水量约为 6×10⁶ m³,集团公司年节约用电约 2×10⁶ kWh,节约运行费用约 300 万元,获得了较好的经济效益和环境效益。

关键词:水系统;新水;节水;节能;改造

中图分类号:X703

文献标志码:A

Energy saving effect analysis of water system renovation in a coking plant

WANG De-ming^{1,2}, LONG Teng-rui¹, SONG Chang-hua², DING De-yu²

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. Department of Power Engineering, Chongqing Electric Power College, Chongqing 400053, P. R. China)

Abstract: A coking plant extended many times, and its capacity of the cooling water system is not match with it, the consumption of new water is much more than that used by others in the same industry. The water system renovation is addressed for an extended coking plant. The installation of two 600 m³/h cooling towers and restoration the existing two cooling towers are to promote the cooling capacity so that the amount of discharge and feed could be reduced. At the same time, the pipe net for waste water reutilisation is installed, by which part of the waste water is reused as supplement water for quenching hot coke and the other was piped to ironworks for reuse. With the field test, the water consumption per ton of coke production is cut down from 9.03 m³ to 3.21 m³. And the annual water saving is more than 6×10⁶ m³. Furthermore, the electric consumption is reduced by 2×10⁶ kWh and about 3×10⁶ yuan of annual running cost is saved.

Key words: water system; new water; water saving; energy saving; renovation

某钢铁集团焦化厂始建于上个世纪五十年代,主要为集团公司炼铁厂提供冶金焦,经过多次改造与扩

容,炼焦能力翻了数番,目前已形成年产 1.44×10⁶ t 焦炭生产能力,实际年生产焦炭约 1.125×10⁶ t。在

收稿日期:2009-09-30

基金项目:十五科技攻关资助项目(2004BA604A-01)

作者简介:王德明(1968-),男,重庆大学博士后,主要从事给排水工程的优化与节能技术方向的研究。

龙腾锐(1939-),男,重庆大学教授,博士生导师,(Tel)023-65126098;(E-mail)longtr@126.com。

生产过程中,年耗新水(自来水)量约为 1.016×10^7 t,年排水量约为 6×10^6 m³,吨焦耗新水为 9.03 m³,而国际清洁生产先进水平^[1]为吨焦耗新水 2.50 m³,国内清洁生产先进水平和基本水平^[1]均为吨焦耗新水 3.50 m³,即国际上清洁生产水平较高的炼焦企业,其吨焦耗新水量少于 2.50 m³,国内清洁生产水平较高的炼焦企业的耗新水量少于 3.50 m³,吨焦耗新水量 3.50 m³ 也是我国清洁生产的基本要求^[1],该焦化厂的耗新水(自来水)情况远远高出国内外同行业水平。

对于节能与节水,人们通过研究与实践,采用方式很多,如分区供水方式^[2],以及在系统中加设采用变频器、液力耦合器等^[3-7]。学者们和工程技术人员还从理论上研究了水的消耗与优化运行方案以及通过优化设计等措施来达到节水节能的目的^[8-17]。

针对焦化厂的具体情况,通过对水系统的改造,即新增 2 台 600 m³/h 的冷却塔、修复当前冷却效果已经较差的 2 台冷却塔,将循环冷却水温降下来,减少循环冷却水系统的排水量和新水补充量;另外,增设废水回收利用管网,将原排放的焦化废水用于熄焦补充水,以节省熄焦补充水对新水的消耗,多余的废水引入到集团公司炼铁厂使用。通过对水系统的改造,焦化厂吨焦耗新水降为 3.21 m³,年耗新水量降为 3.61×10^6 m³,没有外排水,所有废水均回收利用,避免了废水外排造成的环境污染。同时,相应地每年为集团公司节约用电约 2×10^6 kWh,节约运行费用约 300 万元,在实现了节能降耗的同时,获得了较好的环境效益和经济效益。

1 水系统概况

焦化厂的水系统如图 1 所示,从炼焦车间生产出来的炽热焦炭,利用熄焦水将其冷却熄灭。在生产焦炭的同时,伴随有大量的荒煤气产生,荒煤气的回收处理及后续处理分别在回收车间和焦油车间进行。在荒煤气的回收处理及后续处理过程中,利用冷却水对其冷却降温。原料煤中的含水在炼焦过程中进入荒煤气中,并在荒煤气的回收处理和后续处理中分离出来,成为焦化厂的焦化废水,同时,在回收车间与焦油车间利用蒸汽进行蒸氨和汽提加工工序中,蒸汽冷凝水进入焦化废水之中,所有废水统一送往废水处理站处理后达标排放。

焦化厂的生产过程中,水的消耗主要在于:在炼焦车间的熄焦过程中,炽热的焦炭被循环熄焦水冷却熄灭,部分熄焦水吸热蒸发,没有蒸发的熄焦水循环使用。由于熄焦水的吸热蒸发,循环熄焦水的量

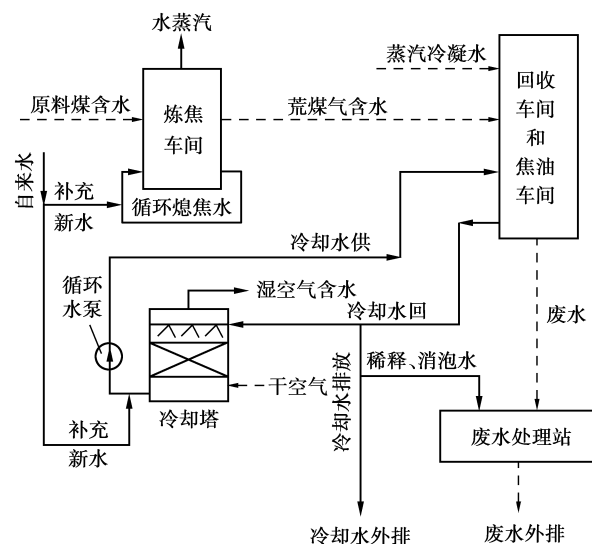


图 1 焦化厂的水系统流程图

减少;另外,焦化厂在炼焦时产生了大量的荒煤气,在对荒煤气的回收利用过程中,循环冷却水对其进行冷却处理的同时温度升高,温度升高了的循环冷却水通过冷却塔冷却降温后再循环使用。在冷却塔利用空气对循环冷却水冷却降温时,循环冷却水部分蒸发而减少。

减少了的循环熄焦水和循环冷却水均由新水(自来水)进行补充,在图 1 中,这些水或汽,即循环熄焦水、熄焦时产生的水蒸汽、循环冷却水、冷却水在冷却塔蒸发被空气带走的水分(图中的湿空气含水)、冷却水的排放、以及稀释、水泡水,均用实线表示。

焦化厂生产过程中使用的原料煤含水由荒煤气带走,在回收车间和焦油车间分离成为焦化废水,蒸氨和汽提蒸汽产生的冷凝水进入焦化废水中,并经废水处理站处理后达标排放,这些水在图 1 中均用虚线表示。

由于焦化厂经过多次扩容,生产能力大大提高,而冷却水系统的容量没能跟上发展,冷却能力远低于实际运行需求。在生产过程中,年耗新水(自来水)量约为 1.016×10^7 m³,年排水量 6×10^6 m³,吨焦耗新水为 9.03 m³,与同行业其它炼焦企业相比较,其吨焦耗新水量大,水资源浪费比较严重,具有较大的节能降耗潜力。

2 原因分析与改造方案

在焦化厂的生产过程中,需要利用冷却水对某些生产工艺进行冷却处理,在对生产工艺进行冷却的同时冷却水温升高,温度升高了的冷却水送往冷

却塔降温后再循环使用。当前的冷却塔容量为 2 台 $600 \text{ m}^3/\text{h}$, 根据实际运行情况, 其冷却负荷可达 $5\,500 \text{ kW}$, 但由于冷却塔内填料老化、易堵塞等原因, 根据相关参数进行测算, 其实际冷却负荷约为 $3\,000 \text{ kW}$, 冷却效果远远达不到运行要求, 循环冷却水温度偏高, 为满足运行要求, 需排放大量的冷却水, 并补充新水以降低循环冷却水温度。每年因循环冷却水温过高而外排冷却水约 $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

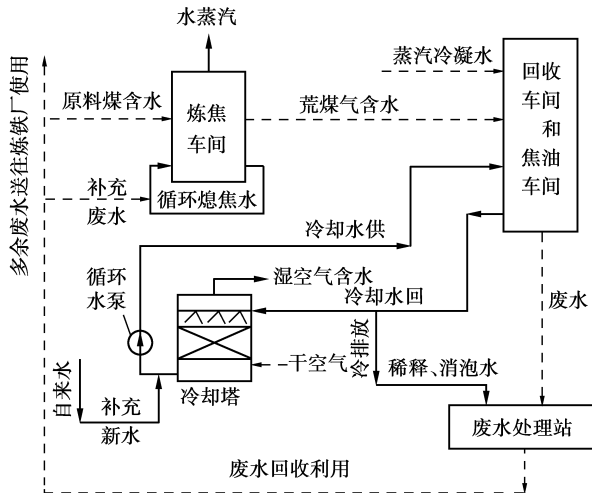


图 2 焦化厂改造后的水系统流程图

经测算, 经过多年扩容和改造的该焦化厂, 实际需要的冷却负荷约为 10^4 kW , 当前的 2 台 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 旧冷却塔无论如何也不可能满足运行要求。因此, 在原有的基础上新建 2 台容量为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 的冷却塔, 并对旧冷却塔进行维修, 更换所有已老化的填料, 修复已损坏的支架等, 以恢复旧冷却塔的出力。经修复的两台旧冷却塔和新建的两台冷却塔的冷却负荷约为 $11\,000 \text{ kW}$, 完全能够满足焦化厂的运行需求。

通过新建 2 台容量为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 的冷却塔, 并对现有 2 台容量为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 的冷却塔进行维修, 提高了冷却水系统对循环冷却水的冷却能力, 循环冷却水得到了良好的冷却降温, 避免了因温度过高外排后补充新水降温的现象, 大大减少了焦化厂对新水(自来水)的使用。

另外, 经废水处理站处理后的焦化废水每年约为 $2 \times 10^6 \text{ m}^3$, 根据用水具体情况和使用要求, 可将它用于炼焦车间的熄焦以及集团公司炼铁厂的冲渣等用途。因此, 对焦化厂废水系统进行改造, 如图 2 所示, 将焦化厂外排焦化废水回收利用, 用于补充炼焦车间熄焦过程中因吸热蒸发而减少了的循环熄焦

水, 其余废水送往炼铁厂用于冲渣等用途。由于焦化废水的回收利用, 也大大减少了焦化厂对新水(自来水)的使用。

通过对焦化厂水系统的改造, 即对旧冷却塔维修、新建两台 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 的冷却塔、增加冷却水系统的冷却能力, 并将废水处理站处理后的废水用于炼焦车间的熄焦补充水, 使焦化厂每生产 1 吨焦所消耗的新水(自来水)从 9.03 m^3 降至 3.21 m^3 , 即每年节约用水 $6.55 \times 10^6 \text{ m}^3$, 获得了较好的节水效果。

3 节能效果分析

焦化厂使用的新水由其集团公司动力厂提供的自来水, 供水系统如图 3 所示。首先, 集团公司动力厂利用提升泵将江水提升到水处理系统进行处理, 处理后的水再由供水泵送入自来水管网中, 以供焦化厂以及集团公司其它水用户使用。

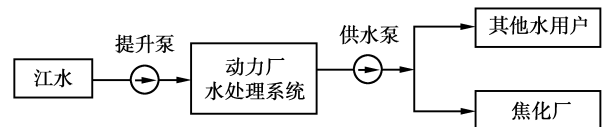


图 3 供水系统图

在供水过程中, 水泵消耗的电功率可用下式计算^[18]

$$N = \frac{\rho g q_v H}{1\,000 \eta} = \frac{p q_v}{1\,000 \eta}, \quad (1)$$

式中: N 为水泵功率, kW ; ρ 为水泵输送自来水的密度, kg/m^3 ; q_v 为水泵输送自来水的实际流量, m^3/s ; H 为水泵给予自来水的实际扬程, m ; η 为水泵效率; p 为水泵提升自来水的压力, MPa 。根据式(1)可得水泵输送自来水所消耗的电能, 即

$$W = \frac{pQ}{3.6 \eta}, \quad (2)$$

式中: W 为水泵输送自来水所消耗的电能, kWh ; Q 为水泵所输送自来水的量, m^3 。在运行过程中, 动力厂提升泵和供水泵的水压力均约为 0.4 MPa , 焦化厂在水系统改造前年用水量为 $1.016 \times 10^7 \text{ m}^3$, 改造后降为 $3.61 \times 10^6 \text{ m}^3$, 提升泵和供水泵的效率均为 0.75 。将这些数据代入式(2), 不计水处理系统的水损失和能量损失, 可得集团公司动力厂每年为焦化厂提供自来水(新水)所消耗的电能, 在改造前后分别为: 3.01×10^6 和 $1.07 \times 10^6 \text{ kWh}$, 每年节省用电 $1.94 \times 10^6 \text{ kWh}$, 本改造项目获得了较好的节能效果。

4 技术经济分析

焦化厂新建冷却塔及配套、废水回收利用系统、以及旧冷却塔维修,整个改造项目耗资约750万元,为集团公司年节约用电约 2.00×10^6 kWh,按每kWh电价0.5元计算,每年节省电费约100万元。另外,经过水系统的改造,焦化厂新水的使用量减少,集团公司动力厂从江中取水减少,相应的水资源费和水处理费用减少;由于废水的回收利用,没有废水排放,每年向政府环保部门上缴的排污费也减少。每年节约的水资源费、水处理费以及排污费约为200万元,再加上电能节约费用,整个集团公司年节约运行费用约300万元。

目前国内银行贷款年利率约为7%,可取基准收益率 i_c 为8%,整个改造项目的使用寿命按10年进行计算,在此基础上对其经济指标进行分析。投资偿还期按下式计算^[19]

$$N = -\frac{\ln\left(1 - \frac{L \times i_c}{R}\right)}{\ln(1 + i_c)}, \quad (3)$$

式中: N 为投资偿还期,年; R 为每年的收益,万元; L 为总投资额,万元; i_c 为基准收益率。净现值按下式计算^[19]

$$NPV = \sum A(P/A, i_c, n) - L, \quad (4)$$

式中: NPV 为净现值,万元; $A(P/A, i_c, n)$ 为每年的收益折现,万元。内部收益率按下式计算^[19]

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1)NPV_1 / (NPV_1 - NPV_2), \quad (5)$$

式中: i_1 为净现值为正而接近负时的折现率; i_2 为净现值为负而接近正时的折现率; NPV_1 为 i_1 对应的净现值; NPV_2 为 i_2 对应的净现值。

焦化厂的水系统改造项目耗资约750万元,每年为集团公司节约运行费用约300万元,基准收益率取8%,项目使用寿命取10年,通过式(3)、(4)、(5)对经济指标进行计算,其投资偿还期 $N = 2.90$ a,净现值 $NPV = 1\,263.0$ 万元,内部收益率 $IRR = 38.5\%$,从技术经济的角度看,本改造项目获得了较好经济效益。

5 结论与讨论

通过对水系统的改造,即新增2台600 m³/h的冷却塔、修复当前冷却效果较差的2台的冷却塔,将循环冷却水温降下来,减少了循环冷却水系统的排水量和新水(自来水)消耗量。另外,增设废水回收利用管网,将原外排的废水用于熄焦补充水,节省了

熄焦补充水对新水(自来水)的消耗,多余的废水引入到集团公司炼铁厂使用。由于废水回收利用而没有外排,避免了废水排放对环境造成的污染,取得了较好的环境效益。

通过对水系统的改造,焦化厂年耗新水(自来水)量从 1.016×10^7 m³降为361 m³,吨焦耗新水量从9.03 m³降至3.21 m³,年节约用水量约 6×10^6 m³。

由于焦化厂用水量减少,集团公司动力厂制备和输送自来水的耗电量也相应减少,本改造项目使集团公司的年用电量减少约 200×10^7 kWh,获得了较好的节能效果。

通过对水系统的改造,集团公司每年节省用电约 2.00×10^6 kWh,按每kWh电价0.5元计算,每年节省电费约100万元。另外,通过改造,焦化厂新水(自来水)使用量减少,集团公司动力厂从江中取水减少,相应的水资源费和水处理费减少;由于废水的回收利用,没有废水排放,每年向政府环保部门上缴的排污费也减少。每年节约的水资源费、水处理费及排污费约为200万元,再加上电能节约费用,集团公司年节约运行费用约300万元。

焦化厂的水系统改造项目耗资约750万元,为集团公司年节约运行费用约300万元,经过技术经济分析,其投资偿还期 $N = 2.90$ a,净现值 $NPV = 1\,263.0$ 万元,内部收益率 $IRR = 38.5\%$,从技术经济的角度看,本改造项目也获得了较好经济效益。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. HJ/T 126—2003 清洁生产标准(炼焦行业)[S]. 北京: 国家环境保护总局, 2003.
- [2] 王圃, 张玉, 魏旭升, 遂宁市城区给水管网改扩建工程[J]. 中国给水排水, 2006, 22(18): 26-28.
WANG PU, ZHANG YU, WEI XU-SHENG. Upgrading and expansion engineering of urban water supply network in Suining city[J]. China Water & Wastewater, 2006, 22(18): 26-28.
- [3] 易新, 刘宪英. 变频冷水机组在中央空调系统中的应用[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2002, 25(8): 100-103.
YI XIN, LIU XIAN-YING. Inverter controlled water chiller application of central air conditioning system[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2002, 25(8): 100-103.
- [4] 王圃, 江志贤, 石长恩. 城市供水系统的节能与优化[J]. 重庆建筑大学学报, 2002, 24(4): 53-59.
WANG PU, JIANG ZHI-XIAN, SHI CHANG-EN. Energy saving and optimization of the municipal water-

- supply systems [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2002, 24(4): 53-59.
- [5] 罗成, 张勤, 王正琴. 高层建筑地下泵房给水设计探讨[J]. 重庆建筑大学学报, 2002, 24(6): 52-62.
LUO CHENG, ZHANG QIN, WANG ZHENG-QIN. Design on water supply of the pump room under high building[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2002, 24(6): 52-62.
- [6] 郭光, 陈中文, 陈磊. 浅谈给水排水设计几种节水措施[J]. 煤炭工程, 2005(12): 17-18.
GUO GUANG, CHEN ZHONG-WEN, CHEN LEI. Measurements of water saving in water and wastewater engineering design[J]. Coal Engineering, 2005, (12): 17-18.
- [7] 李路江, 卢志强, 赵长存. 配液力耦合器电动给水泵经济运行分析与改进[J]. 热力发电, 2007(3): 51-77.
LI LU-JIANG, LU ZHI-QIANG, ZHAO CHANG-CUN. Analysis of economic operation and improvement of motor-driven feed-water pump provided with hydraulic coupling [J]. Thermal Power Generation, 2007, (3): 51-77.
- [8] ZHANG Z, ZENG X L, CHEN J Z, et al. Gray comprehensive assessment and optimal selection of water consumption forecasting model[J]. Journal of Central South University of Technology, 2006, 13 (3): 318-320.
- [9] YU T C, ZHANG T Q, LI X. Optimal operation of water supply systems with tanks based on genetic algorithm[J]. Journal of Zhejiang University, 2005 6A(8): 886-893.
- [10] TIAN Y M, FU G Y, CHI H Y, et al. Optimal operation of water distribution networks under local pipe failures[J]. Journal of Central South University of Technology, 2007, 14(3): 436-441.
- [11] DU J, MENG X Q, DU H B, et al. Optimal design of water utilization network with energy integration in process industries [J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2004, 12(2): 247-255.
- [12] LV M, SONG S, ZHAO H B, et al. Optimal dispatching of large-scale water supply system[J]. High Technology Letters, 2003, 9(2): 21-26.
- [13] ZHANG H Z, FANG S M, YE C M, et al. Treatment of waste filtrate oil/water emulsion by combined demulsification and reverse osmosis[J]. Separation and Purification Technology, 2008, 63(2): 264-268.
- [14] GANGADWALA J, RADULESCU G, KIENLE A. Computer aided design of reactive distillation processes for the treatment of waste waters polluted with acetic acid[J]. Computers and Chemical Engineering, 2007, 31(11): 1535-1547.
- [15] HESAMPOUR M, KRZYZANIAK A, NYSTROM M. Treatment of waste water from metal working by ultrafiltration, considering the effects of operating conditions[J]. Desalination, 2008, 222(1/3): 212-221.
- [16] LV M, SONG S. Practical optimal control of large-scale water distribution network[J]. High Technology Letters, 2004, 10(4): 79-82.
- [17] COSTA J M, ORTUNO M F, CHAVES M M. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2007, 49(10): 1421-1434.
- [18] 杨诗成, 王喜魁, 叶衡. 泵与风机(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 60-61.
- [19] 中国设备监理协会. 设备工程监理: 投资控制[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004.

(编辑 赵 静)