

优化造气工段换热网络

魏江^{1*}, 黄彩霞², 郑小青¹, 郑松¹

(1. 杭州电子科技大学自动化学院, 浙江 杭州 311100;

2. 杭州坤天自动化系统有限公司, 浙江 杭州 311100)

摘要: 利用夹点技术及换热网络对能量利用状况对合成氨工艺中能耗最高的部分进行分析与优化。研究表明, 通过优化改造换热网络, 可以使造气工段多生产 4 t/h 的高压蒸汽, 节约冷却水 344.2 t/h。改造后的造气工段年经济效益可增加 480 万元, 投资回收期不到 2 个月。

关键词: 造气; 夹点技术; 换热网络; 节能降耗

中图分类号: TQ021

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2017)02-0188-02

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.02.045

Optimization design of heat exchanger network in gas making workshop

WEI Jiang^{1*}, HUANG Cai-xia², ZHENG Xiao-qing¹, ZHENG Song¹

(1. School of Electrical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 311100, China;

2. Hangzhou KunTian Automation System Co., Ltd., Hangzhou 311100, China)

Abstract: Ammonia is an energy-intensive product. Its energy costs account for a significant percentage of the production cost. Gas making is the highest energy consumption part in the synthetic ammonia. However, it also has a great potential of energy saving. The pinch technology and heat exchanger network are used to analyze and optimize the utilization of energy. The results show that 4 t/h of high pressure steam can be added and 344.2 t/h of cooling water can be saved through optimization of heat exchanger networks. After transformation, gas making workshop could increase the economic benefit of 4.8 million yuan per year. The payback period is less than 2 months.

Key words: gas making; pinch technology; heat exchanger network; energy-saving and cost-reducing

我国作为农业大国, 保障农业生产是我国长期坚持的基本国策。化肥是农业生产的技术支撑, 是关系民生的基础产业, 但“十一五”中后期, 随着氮肥行业新建产能的释放, 产能过剩状况越发显著, 企业开工率低, 生产积极性下滑; 另一方面, 产能过剩使得供求关系不平衡, 企业利润普遍较低^[1-2], 因此化肥厂要想在激烈的市场竞争中占有一席之地, 就必须减少成本, 降低能耗。

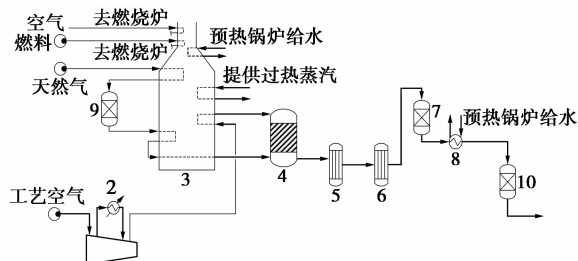
合成氨是一个高耗能的产业, 能耗费用占生产成本相当大的比例, 造气是整个合成氨工艺中能耗最高的部分, 因此合成氨造气工段的节能降耗是目前研究的热点问题^[3-5]。本文中以新疆某化肥厂的合成氨为例, 对造气工段进行节能分析。

1 流程模拟及分析

1.1 工艺介绍

本文中研究的合成氨工艺是以天然气为原料, 采用 M. W 凯洛格公司提供的低能耗、加压催化转化法生产合成氨。工艺流程有造气、合成气净化、净化合成气压缩、氨合成和驰放气氨回收、氨冷冻系统、工艺冷凝液汽提塔。下面重点介绍造气部分的工艺: 以天然气为原料在脱硫槽中脱硫(主要是硫

化氢气体); 脱硫的原料气中的碳氢化合物与水蒸汽在一段炉中部分转化; 然后进入二段炉进一步转化, 同时二段炉引入足够的空气使甲烷值降低到要求值; 二段炉反应完后的气体一次进入高低变换炉中, 通过与蒸汽反应, 将 CO 转化为 CO₂ 同时生成等量的氢气, 工艺流程简图如图 1 所示。造气部分的能耗占整个装置能耗的 40% 左右, 造气工段热量主要来源于燃料燃烧。



1—空气压缩机; 2—一段间冷却器; 3—一段炉; 4—二段炉;
5—废热锅炉; 6—高压蒸汽过热器; 7—高变炉;
8—高变废热锅炉; 9—脱硫槽; 10—低变炉

图 1 造气工段流程图

1.2 流程模拟

利用 Aspen Plus 软件对造气工段进行模拟, 选用 Peng-Robinson (PR) 方程, 模拟结果与工厂数据

收稿日期: 2016-06-02

基金项目: 国家自然科学基金(61304211)

作者简介: 魏江(1979-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为优化控制算法、工业自动化及其信息化系统、计算机仿真模拟, 通讯联系人, 0571-85249125, 1831643291@qq.com。

对比如表1所示。表2为公用工程参数。

表1 模拟结果与工厂数据对比 $^{\circ}\text{C}$

温度	原料气 预热后	空气 预热后	一段炉 出口	二段炉 出口	高变炉 入口	低变炉 入口	低变炉 出口
工厂数据	371	610	813	997	371	205	228
模拟结果	371.1	610.0	813.0	997.8	372.4	205.0	230.9

表2 公用工程参数 $^{\circ}\text{C}$

项目	冷却水	0.45 MPa	4.2 MPa	12.5 MPa	12.5 MPa
		低压蒸汽	中压蒸汽	高压蒸汽	过热蒸汽
初始温度	32	251	383	328	510
终止温度	42	251	383	328	510

从表1的对比数据可以看出,模拟结果与工厂数据最大误差不超过1.3%,表明了Aspen Plus模型可以准确地模拟造气工段,在此模型的基础上做后续的优化改造结果更加真实可靠。

1.3 优化方案

利用Aspen Energy Analyzer软件生成造气工段的温焓图^[6-7],如图2所示。

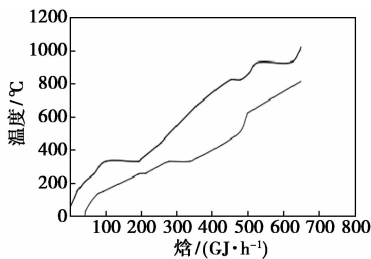


图2 造气工段温焓图

从温焓图可以看出,热量可自然地由高温位传到低温位,无需外加热量,因此该系统无夹点,换热网络只需按照冷热流股从高温到低温依次匹配即可^[8]。分析造气工段的换热网络可知,利用锅炉烟气将原料气预热,但烟气为高温热源,用于预热低温的原料气、工艺空气等不是最经济的换热方案,压缩机的段间冷却用的是冷却水,浪费这部分热量并增加了冷却水用量。因此提出以下的改进方案:①从温焓图可以看出,可以用空气代替冷却水,一方面节约了冷却水的用量,另一方面可将空气先预热;②烟道气用于预热空气的这部分热量改成生产高压蒸汽,可以提高整个系统的高压蒸汽的产量;③先利用低压蒸汽将原料气预热再进入烟道与烟道气换热,多出的热量用于生产高压蒸汽,提高蒸汽系统高压蒸汽的产量。

2 造气工段改进后结果分析

2.1 生产的蒸汽量和节约的冷却水量

表3为改造前后造气工段能耗与蒸汽产量对比数据,从表3可以看出,空气压缩机的段间冷却需要

的冷却水量为344.3 t/h,调整工艺后,利用冷空气将工艺空气冷却完全取代了冷却水。利用低压蒸汽提前预热原料气到154 $^{\circ}\text{C}$,高温的烟道气用于生产高压蒸汽,2 t/h的430 kPa、251 $^{\circ}\text{C}$ 的低压蒸汽可生产4 t/h的12 681 kPa、328 $^{\circ}\text{C}$ 的高压蒸汽。由此可见,经过如此改动,花费2 t/h的低压蒸汽可生产4 t/h的高压蒸汽,节约冷却水量为344.3 t/h。

表3 改造前后造气工段能耗、蒸汽产量对比 t/h

项目	冷却水	中压蒸汽	低压蒸汽	生产高压蒸汽	燃料气
改造前	344.3	45.2	0	79.35	16.43
改造后	0	45.2	2	83.35	16.43

2.2 改进后的经济核算

改造方案主要增加了换热器及部分管线,新增、改造和安装费用共计约50.1万元。如果低压蒸汽按100元/t、高压蒸汽按200元/t计算,生产的高压蒸汽的费用约为480万元/a(每年按8 000 h计算),投资回收期不到2个月,经济上可行。

3 结论

(1)原造气工段换热网络无夹点问题,换热网络只需按照冷热流股从高温到低温依次匹配即可,但从换热网络分析可知,高品质的热源并未合理地利用。

(2)分析换热网络,根据工业实际情况提出了3个节能降耗的改进方案:利用空气代替冷却水,节约冷却水用量;烟道气用于预热空气的部分热量改成生产高压蒸汽;利用低压蒸汽将原料气先预热至154 $^{\circ}\text{C}$,再进入烟道与烟道气换热,多出的热量用于生产高压蒸汽。

(3)通过能耗分析和经济分析可知,改造后造气工段的总投资费用为50.1万元,改造后装置可多生产3.2万t/a的高压蒸汽,年经济效益约增加480万元,投资回收期不到2个月。

参考文献

- [1] 高洁荣. 我国合成氨产业现状及发展分析[J]. 化工管理, 2016, 8(3): 68.
- [2] 朱兵, 陈海, 张文俊, 等. 中国合成氨行业清洁生产潜力分析[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2014, 54(3): 309-313.
- [3] 游伟, 王耀, 孔秋生, 等. 煤制合成氨装置能耗分析及节能方向[J]. 化肥设计, 2014, 52(2): 1-6.
- [4] 李平. 造气工段节能降耗措施浅析[J]. 化肥工业, 2011, 38(6): 53-55.
- [5] 顾华军, 于子方. 造气工段节能增效的技术经济分析[J]. 氮肥技术, 2014, 35(6): 1-5.
- [6] 孙琳, 赵野, 罗雄麟. 基于夹点技术与超结构模型的多程换热网络最优综合[J]. 化工学报, 2014, 65(3): 967-975.
- [7] 杨敏博, 冯霄. 提纯回用氢网络的夹点变化规律[J]. 化工学报, 2013, 64(12): 4544-4549.
- [8] 刘宏, 董其伍, 刘敏珊, 等. 氮肥厂变换工段能量分析[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2004, 25(1): 53-56. ■