

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.06.009

燃煤电厂氟塑料换热系统的技术经济分析

Techno-economic analysis of fluorine plastic heat exchange
system in coal-fired power plants

王晓华,谈志林,宫建,李连军
WANG Xiaohua, TAN Zhilin, GONG Jian, LI Lianjun

(湖北华电襄阳发电有限公司,湖北 襄阳 441021)
(Hubei Huadian Xiangyang Power Generation Company Limited,
Xiangyang 441021, China)

摘 要:为掌握燃煤电厂氟塑料换热系统的投资及运行成本,通过对 300 MW 和 600 MW 燃煤机组不同布置方式,不同降温幅度的氟塑料换热系统进行设计,测算出氟塑料换热系统的投资费用,并系统研究了燃煤单价、机组利用小时数及烟气降温幅度对氟塑料换热系统的运行成本的影响。得出了氟塑料换热系统能够实现节煤、节水等节能降耗目标,但对不同燃煤机组需按照其降温幅度进行最优化的布置方式选取,同时燃煤单价、机组利用小时数及烟气降温幅度均对氟塑料换热系统的运行成本产生较大影响的结论。氟塑料换热系统在设计时需考虑燃煤单价和机组利用小时数,同时需选取最佳的烟气降温幅度和布置方式。

关键词:燃煤电厂;氟塑料;换热系统;换热器;投资;运行成本

中图分类号:TK 172;TM 621 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-1951(2019)06-0042-04

Abstract:In order to obtain the investment and operating cost of fluorine plastic heat exchange system in coal-fired power plants, its designs for 300 MW and 600 MW coal-fired units with different arrangements and different flue gas cooling range are made, and the investment of the system are calculated. The effects of coal price, unit utilization hours and flue gas cooling range on the operating cost of fluorine plastic heat exchange system are studied systematically. Achievable goals on coal saving and water saving made by fluorine plastic heat exchange system is set. The optimal arrangement for different coal-fired units must be made in accordance with their flue gas cooling ranges. Meanwhile, the conclusion that coal price, unit utilization hours and flue gas cooling range have a great impact on operating cost of fluorine plastic heat exchange system is made. Therefore, these factors should be considered in heat exchange system designing. The optimized flue gas cooling range and arrangement should be selected at the same time.

Keywords:coal-fired power plants; fluorine plastic; heat exchange system; heat exchanger; investment; operating cost

0 引言

随着《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020 年)》(国办发[2014]31 号)的实施,燃煤电厂在实现烟气超低排放的同时需达到节能降耗的目标。常规脱硫系统入口烟气温度在 90 ~ 120 ℃,出口烟气温度在 50 ℃左右,为降低脱硫系统烟气温度需要消耗大量工艺水,造成水和热量的浪费,如在脱硫系统入口处设置余热利用装置回收热量,则可实现节能、节水、降耗的多重目的。

由于脱硫系统入口烟气中含有腐蚀性气体,降

温易造成换热器本体腐蚀,此时需采用耐腐蚀材料的换热管。氟塑料是部分或全部链烷烃聚合物,其本身具有极强的耐腐蚀性、良好的表面不沾性、较宽的温度范围和耐老化等优点,具有“塑料王”美称,采用氟塑料材质换热器可以有效地解决腐蚀问题^[1-4]。

氟塑料材质换热器在国内起步较晚,但随着国家对节能、降耗、节水、环保等要求的日益提高,氟塑料材质换热器能很好地实现节能、节水、降耗的目标。为系统掌握氟塑料材质换热器的技术特点和经济性,本文对氟塑料材质换热器的投资和节能效果进行研究,对影响其经济性的因素进行系统分析,为下一步氟塑料材质换热器的应用提供数据支撑。

1 技术特点

1.1 材质特性

氟塑料属化学惰性材料,对换热器管壁温度和烟气酸露点无特殊要求,能够避免换热器低温腐蚀现象;换热管表面及内壁光滑,管外不易黏结、堆积粉尘,管内不易结垢,从而减少设备的维护和清洗次数;同时,可设置在线水冲洗系统对其进行清灰,能在 200 ℃ 以下的各种腐蚀性气体中稳定运行。

但氟塑料换热管本身的耐压性能较差,不足以承受凝结水的压力,因此进行热量回收时需考虑设置中间二次换热器;同时,其本身的导热系数低,传热性能较差,需采用薄管壁来克服导热系数低的缺点;另外,其本身耐磨特性较差,不宜布置在高粉尘的烟气中^[5-8]。

1.2 热量回收方式

根据氟塑料材质的特性,氟塑料换热器主要布置在除尘器与脱硫塔之间,用以回收烟气中的热量,降低进入脱硫塔的烟气温度,使烟气温度由 120 ~ 130 ℃ 降低至 70 ~ 80 ℃,从而实现烟气余热的回收利用,减少了脱硫系统耗水量,并有效地防止低温酸腐蚀等问题。回收热量的主要利用形式为:(1) 加热脱硫塔后的净烟气,减少“石膏雨”现象和“白烟”视觉污染;(2) 加热凝结水系统,从而实现热量的回收利用;(3) 加热热风系统,可有效地降低空气预热器的腐蚀^[9-11]。

2 研究方法

为研究氟塑料材质换热系统的投资和运行成本,本文以 300 MW 和 600 MW 机组为例进行系统分析,其中系统投资包括设备工艺系统、电气、热控和土建系统的投资;运行成本包括固定资产折旧、电耗、水耗、阻力引起的电耗、设备维护费用等。氟塑料材质换热系统设计参数见表 1。

3 投资分析

3.1 降温幅度对投资的影响

不同出口烟温对投资的影响如图 1 所示,氟塑料材质换热器按照入口烟气温度为 145 ℃ 设计,出口烟气温度由 120 ℃ 降到 70 ℃ 时,300 MW 机组投

资由 1 120 万元升高到 2 750 万元,600 MW 机组投资由 1 720 万元升高到 4 170 万元。氟塑料材质换热器出口烟气温度每降低 10 ℃ (即换热器温降每增加 10 ℃),300 MW 机组投资增加 180 万 ~ 620 万元,600 MW 机组投资增加 320 万 ~ 860 万元,出口烟气温度越低氟塑料材质换热器投资的增幅越大。

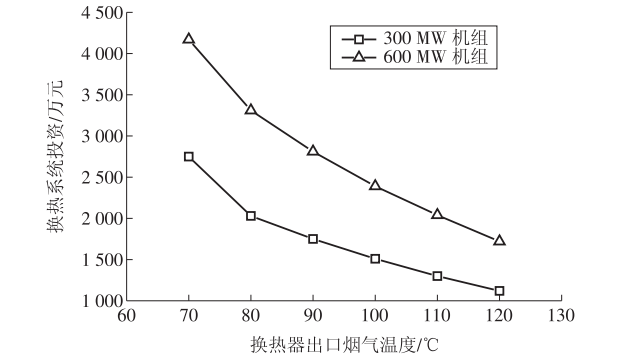


图 1 不同出口烟温对投资的影响

Fig. 1 Impact of flue gas temperature at outlet on investment

3.2 布置方式对投资的影响

分级布置方式:低温省煤器 + 氟塑料换热系统为两级换热器分开布置,低温省煤器采用金属材质(烟气温度由 145 ℃ 降到 110 ℃)布置在除尘器入口处,氟塑料换热系统采用氟塑料材质(由 110 ℃ 进一步降温)布置在脱硫系统入口处。整体布置方式:整体为氟塑料换热系统,全部采用氟塑料材质布置在脱硫系统入口处(烟气温度由 145 ℃ 进行降温)。

不同布置方式对投资的影响如图 2 所示。由图 2 可以看出,当温度由 145 ℃ 降低到 80 ℃ 时,300 MW 和 600 MW 机组两种布置方式的投资基本相当;当温度由 145 ℃ 降低到 70 ℃ 时,300 MW 和 600 MW 机组整体布置方式的投资高于分级布置方式;而当温度由 145 ℃ 降低到 90 ~ 100 ℃ 时,300 MW 和 600 MW 机组分体布置方式的投资高于整体布置方式。由此可以看出,当降温幅度较大时采用分级布置方式的投资具有一定优势,且采用分级布置方式时一级换热系统可以用于高品质热量的回收,二级换热系统可用于加热热风系统。

4 运行成本分析

4.1 节煤效果分析

为研究氟塑料换热系统的节煤效果,本文按照

表 1 氟塑料材质换热系统设计参数

Tab. 1 Design parameters of fluorine plastic heat exchange system

机组容量/MW	实际状态烟气量/万 m ³	入口烟温/℃	出口烟温/℃	入口水温/℃	出口水温/℃
300	180	145 ~ 130	70 ~ 120	50 ~ 70	105
600	350	145 ~ 130	70 ~ 120	50 ~ 70	105

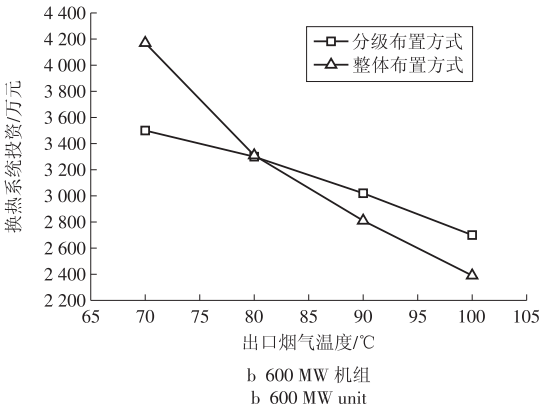
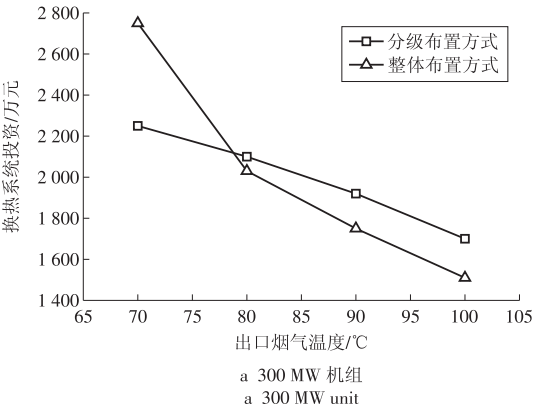


图 2 不同布置方式对投资的影响

Fig. 2 Impact of different arrangements on investment

300 MW 和 600 MW 机组烟气温度均由 145 °C 降低到 70 ~ 120 °C 进行设计,从而计算出不同降温幅度的节煤效果。

降温幅度对节煤效果的影响如图 3 所示。由图 3 可以看出:换热器出口烟气温度由 70 °C 提高到 120 °C 时,300 MW 机组降低的煤耗在 1.2 ~ 2.8 g/(kW · h),600 MW 机组降低的煤耗在 1.1 ~ 2.4 g/(kW · h);随着出口烟气温度的降低,其煤耗降低的幅度减缓,由于出口烟气温度较低时回收热量的热品质较低,该部分热量直接回收的利用率较低。

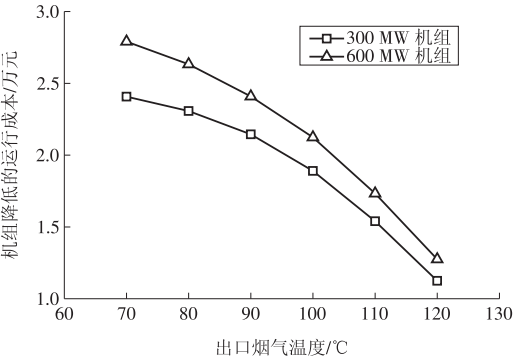


图 3 降温幅度对节煤效果的影响

Fig. 3 Impact of flue gas cooling range on coal saving

4.2 煤价对运行成本的影响

为研究煤价对运行成本的影响,本文按照 300 MW 和 600 MW 机组烟气温度均由 130 °C 降低到 80 °C,机组年利用小时数为 5 000 进行设计。煤价对年运行成本的影响如图 4 所示。由图 4 可以看出,标准煤价格由 400 元/t 提高到 650 元/t 时,300 MW 机组年运行成本由增加 68 万元到降低 16 万元,600 MW 机组年运行成本由增加 39 万元到降低 130 万元。

同时,当标准煤价格高于 650 元/t 时,300 MW 机组的年运行成本会降低;标准煤价格高于 500 元/t 时 600 MW 机组的年运行成本会降低。由此可以看出,煤价对氟塑料换热系统的经济性影响较大,为实现节

能降耗的目标,采用氟塑料换热系统需考虑煤价的因素。

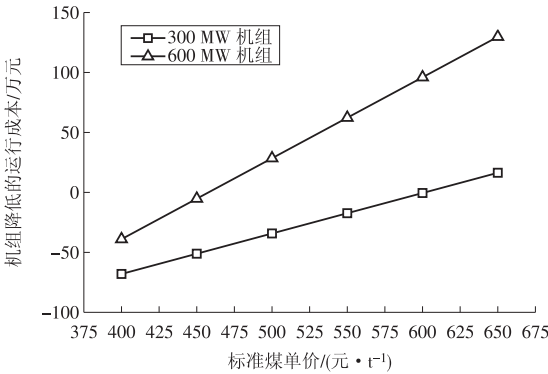


图 4 煤价对年运行成本的影响

Fig. 4 Impact of coal price on operating cost

4.3 年利用小时数对运行成本的影响

为研究年利用小时数对运行成本的影响,本文按照 300 MW 和 600 MW 机组烟气温度均由 130 °C 降低到 80 °C,标准煤价格为 550 元/t 进行设计。

年利用小时数对年运行成本的影响如图 5 所示。由图 5 可以看出,年利用小时数由 3 500 提高到 6 000 时,300 MW 机组年运行成本由增加 73 万元到降低 20 万元,600 MW 机组年运行成本由增加 49 万元到降低 137 万元。

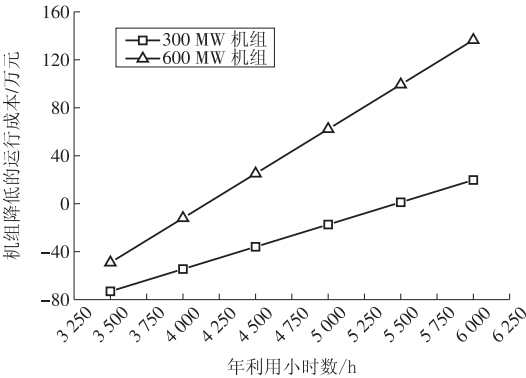


图 5 年利用小时对年运行成本的影响

Fig. 5 Impact of unit utilization hours on operating cost

同时,当标准煤价格一定时,年利用小时数超过 5 500 时 300 MW 机组的年运行成本会降低,年利用小时数超过 4 500 时 600 MW 机组的年运行成本才会降低。由此可以看出,年利用小时数对氟塑料换热系统的经济性影响较大,为实现节能降耗的目标采用氟塑料换热系统也需考虑年利用小时数的因素。

4.4 降温幅度对运行成本的影响

为研究降温幅度对运行成本的影响,本文按照 300 MW 和 600 MW 机组烟气温度均由 145 ℃降低到 70 ~ 120 ℃,标准煤价格为 500 元/t,年利用小时数为 5 000 进行设计。降温幅度对年运行成本的影响如图 6 所示。由图 6 可以看出,换热器出口烟气温度由 70 ℃提高到 120 ℃时,300 MW 机组年运行成本由增加 40 万元到降低 5 万元,600 MW 机组年运行成本由增加 10 万元到降低 90 万元。

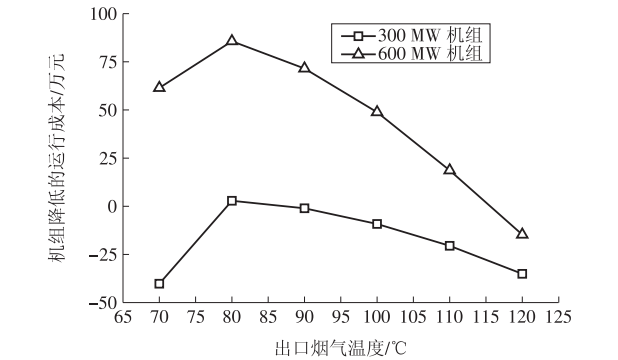


图 6 降温幅度对年运行成本的影响

Fig. 6 Impact of flue gas cooling range on operating cost

当标准煤价格和年利用小时数均确定时,可以看出 300 MW 和 600 MW 机组氟塑料换热系统运行成本受降温幅度的影响较大,且发现由 145 ℃降到 80 ℃时,300 MW 和 600 MW 机组氟塑料换热系统年运行成本降幅最大。因此,为实现节能降耗的目标,在标准煤价格和利用小时数确定的条件下,氟塑料换热系统存在最佳的降温幅度区间,在实际设计时需着重考虑。

5 结论

本文通过对氟塑料换热系统进行技术、投资及运行成本分析,系统研究了不同布置方式、降温幅度对投资的影响,并分析了利用小时数和煤价以及温降对运行成本的影响,从而得出如下结论:

- (1) 氟塑料换热系统可将烟气温度降低到 70 ℃左右,由于此时热品质较低,直接回收利用时有节煤效果,但节煤效果随出口烟气温度的降低而下降。
- (2) 氟塑料换热系统可采用分级布置方式或整体布置方式,需根据降温幅度进行布置方式的选取,采用分两级布置时,一级换热器采用金属材质布置

在除尘器入口处,二级换热器采用氟塑料材质布置在脱硫系统入口处,此时可通过一级换热器回收高品质热量利用,二级换热器回收低品质热量用于加热热风系统。

(3) 年利用小时数和煤价均对氟塑料换热系统的运行成本产生直接影响,其运行成本随利用小时数的增加而降低,随煤价的增加而增加。

(4) 氟塑料换热系统存在最佳的降温幅度,设计时需根据烟温情况进行最优化设计。

(5) 考虑现有机组利用小时数的实际情况和煤价变化趋势,可采用氟塑料换热系统降低机组煤耗,但为提高热量的回收利用率,在现有机组已设置低温省煤器(烟气温度降低到 110 ~ 120 ℃)时,可将余热利用系统分级布置,氟塑料换热系统布置在脱硫系统入口处,回收热量加热热风系统。

参考文献:

[1] 谢武. 氟塑料在燃煤电厂烟气换热器中的应用研究[J]. 电力科技与环保, 2017, 33(1): 46-47.

[2] 张涛. 火电厂尾部增设低温换热器的节能效果研究[J]. 应用能源技术, 2016(10): 29-31.

[3] 徐钢, 陈袁, 牛晨巍, 等. 氟塑料换热器传热特性实验研究与模型优化[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(8): 2297-2303.

[4] 熊英莹, 谭厚章, 许伟刚, 等. 火电厂烟气潜热和凝结水回收的试验研究[J]. 热力发电, 2015(6): 77-81.

[5] 陈林, 梁江涛, 杜亦航, 等. 耐腐蚀塑料换热器性能的实验研究[J]. 工程热物理学报, 2015(9): 1971-1974.

[6] 杜和冲, 吴克锋, 申建东, 等. 烟气深度冷却系统在 1 000 MW 超超临界机组的应用[J]. 中国电力, 2014, 47(4): 32-37.

[7] 陈林, 孙颖颖, 杜小泽, 等. 回收烟气余热的特种耐腐蚀塑料换热器的性能分析[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(17): 2778-2783.

[8] 徐钢, 胡玥, 杨勇平, 等. 新型沉降式电站锅炉系统的技术经济分析[J]. 动力工程学报, 2014, 34(2): 147-152.

[9] 何翊皓, 李必正, 朱青国, 等. 烟气余热回收利用节煤效益计算方法研究[J]. 动力工程学报, 2013, 33(8): 648-652.

[10] 徐钢, 陈袁, 牛晨巍, 等. 基于模块化的氟塑料换热器优化布置研究[J]. 动力工程学报, 2017, 37(5): 394-400.

[11] 韩宇, 徐钢, 杨勇平, 等. 燃煤电站清洁高效协同的烟气余热深度利用优化系统[J]. 动力工程学报, 2015, 35(8): 674-680.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

王晓华(1966—),男,湖北宣城人,工程师,从事燃煤电厂高效、经济运行维护等技术工作(E-mail: wangxiaohua2@chd.com.cn)。