

燃煤工业锅炉烟气余热利用技术经济分析探讨

陈永军 李小龙 赖玲燕 陈美秀 段培清
浙江天蓝环保技术股份有限公司 浙江杭州 311202

摘要:近年来,国家大力提倡节能减排,要求降低单位能耗,提高能源利用效率,减少污染物的排放。本文从燃煤工业锅炉余热利用回收装置不同进、出口烟气温度下的节煤量和不同出口烟气温度下的节水量,分析了燃煤工业锅炉烟气余热利用的经济效益和环境效益。为燃煤工业锅炉企业利用烟气余热提供了参考方向。

关键词:燃煤工业锅炉;余热利用;节煤;节水;技术经济

Technical and economic analysis of waste heat utilization of flue gas from coal-fired industrial boilers

Chen Yongjun, Lixiaolong, Lai Lingyan, Chen Meixiu, Duan Peiqing
Zhejiang Sky Blue Environmental Protection Technology Co., Ltd. Zhejiang Hangzhou 311202

Abstract: In recent years, the country vigorously advocates energy conservation and emission reduction, requirements to reduce unit energy consumption, improve energy efficiency, reduce the discharge of pollutants. This paper analyzes the economic and environmental benefits of coal-fired industrial boilers under the inlet and export temperature of the flue gas utilization. It provides a reference direction for coal-fired industrial boiler enterprises to use flue gas waste heat.

Keywords: coal-fired industrial boiler waste heat utilization coal saving technology and economy

一、烟气余热利用的现状和市场前景

燃煤是我国主要的一次能源,每年消耗约30多亿吨,在能源结构中约占60%,其中工业锅炉消耗煤炭量占总量的50%以上,其实际热量利用效率为60%~70%,仅为发达国家利用率的80%,提高工业锅炉热量利用效率,节省煤炭资源的空间较为可观^{[1][2]}。大部分工业锅炉的设计排烟温度在130~150℃,由于燃料来源、燃烧工况、设备保温、管理水平等情况的不同,实际排烟温度在120~160℃^[3],具备不同程度的余热利用的空间。随着国家超低排放的推进,引风机后的烟气大部分进入湿法脱硫系统,经过湿法脱硫后,烟气被脱硫浆液降温,饱和湿烟气排放温度为48~52℃,最终排入大气,形成“白色”烟羽。

我国东南沿海等工业经济较发达地区,由于其煤炭需要从外部购买,随着煤炭供给侧的大力改革,区域煤炭指标削减政策的层层加码,再加上运输成本的增加等原因,导致煤炭价格高居不下。提高煤炭利用效率,减少污染物排放,不仅是大部分企业的发展诉求,而且是当地环保职能部门的考核目标。因此,烟气余热的充分

利用^[4],不仅可以节省煤炭资源,对企业具有一定的经济效益^[5],还可以减少污染物的排放,减轻“白色”烟羽,对社会具有一定的环境效益。

二、烟气低位余热利用的技术条件

常规的高温烟气换热器大多采用碳钢金属材料,低温换热因烟气温度低于酸露点温度,再加上换热管壁面温度较低,存在酸结露腐蚀的问题,需选用耐腐蚀不锈钢或合金材料,但考虑材料成本,往往选型的材料不够好,或实际运行工况比设计恶劣。因此,造成烟气换热器设备使用时间不长久,设备故障率高,低温余热利用率不高,因材料原因低温烟气余热回收利用项目未大规模推广。

近年来,随着非金属换热器和钢衬非金属换热器技术的发展^{[6][7]}。氟塑料换热器通过加工成细管、薄壁换热管,通过增大换热面积,克服氟塑料导热系数低的缺点,提高了换热器整体的换热系数,且其具备耐腐性能好,可在低温腐蚀环境下连续长周期稳定运行,低温烟气余热利用技术也随之发展较快,如MGGH、GGH、回转式空预器等。

三、余热利用回收热量分析

以1台130t/h工业锅炉为例，烟气体积为 $15 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，烟气含湿量8%，标煤按7000 kcal计。

3.1 不同入口烟气温度热量回收分析

工业锅炉的排烟道温度因锅炉实际燃料、燃烧工况及设备状况等不同，往往与设计值存在偏差，再因操作习惯和运行环境温度的影响，锅炉出口烟气温度往往高低不等。余热利用回收装置入口烟气温度分别按110~150℃(383~423 K)，出口烟气温度按90℃(363 K)，入口烟气温度从低到高回收热量4.18~12.72 GJ/h，折算标准煤(7000 kcal/kg) 142.86~434.57 kg/h，详见图1。对于排烟气温度较高的工业锅炉，进行热量余热回收较为可观。

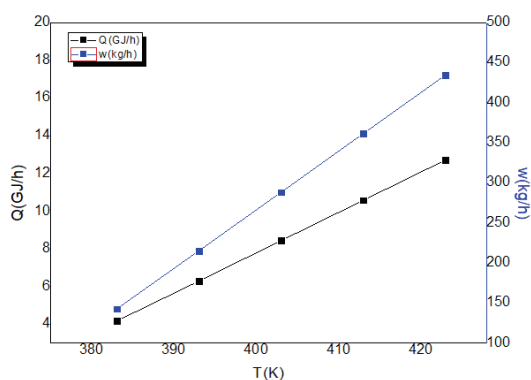


图1 入口烟气温度热量回收和节煤曲线

3.2 不同出口烟温热量回收分析

余热利用回收装置热量利用的高低，设计上可以从降低出口烟气温度来提供热量利用量，出口烟气温度越低余热回收热量越大。余热利用回收装置入口烟气温度分别按135℃(408 K)，出口烟气温度按70~110℃(343~383 K)，出口烟气温度从高到低回收热量5.29~13.70 GJ/h，折算标准煤(7000 kcal/kg) 180.94~468.25 kg/h，详见图2。出口烟气温度降得越低，余热回收的热量越多，但低温对换热器框架、壳体等材质的要求也相应提高。

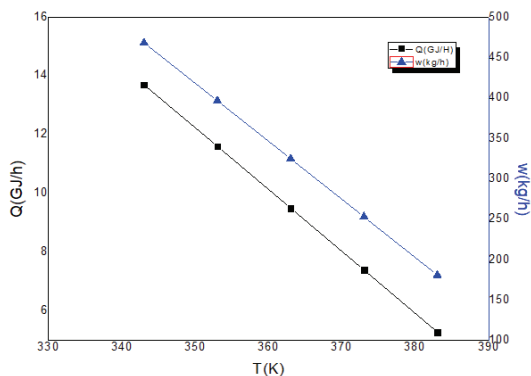


图2 出口烟气温度热量回收和节煤曲线

四、余热回收协同节水分析

湿法脱硫后烟气蒸发需要一定的工艺水，吸收塔入口烟气温度越高，所需蒸发的工艺水量越大。脱硫塔前设烟气余热回收装置后，进入脱硫塔前的烟气温度降低，经过湿法脱硫后，烟气蒸发水分将减少。因此，余热利用装置可间接减少工艺水的消耗，达到节水的目的。余热装置出口温度70~110℃(343~383 K)，通过理论计算出对应的吸收塔出口烟气温度46.05~49.96℃(319.05~322.96 K)，通过查对应各温度下与排烟50℃饱和湿烟气比，排烟气温度从高到低节水0.03~2.63 t/h，详见图3。排入大气的有色“烟羽”也有一定的减弱。

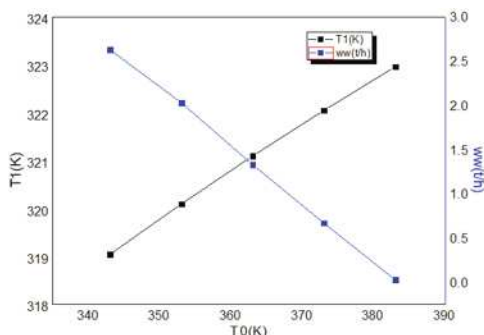


图3 不同出口烟气温度节水曲线

五、余热回收经济分析

增设烟气余热回收装置需增加一笔一次性投资，主要包括烟道和烟道支架改造，烟气换热器及壳体，内部防腐和外部保温，以及配电的仪表和管阀。以一台130 t/h锅炉为例，设计烟气余热回收装置入口烟温135℃，出口90℃，总投资约400万元。以假设同种煤质在不同地区煤价的不同(分别按200、400、600、800、1000元/吨计)，水价统计按4元/t计。从下图4可以看出，煤价越高回收周期越短，回收期最长的为煤价最低的，回收周期约7年；最短的为煤价最高的，回收周期仅为1.5年。根据项目投资回报3年期为黄金分割节点，推荐煤价超过600元的地区进行余热回收改造项目。

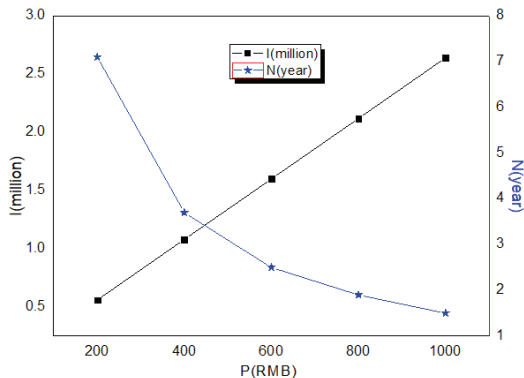


图4 投资回收经济曲线

六、余热回收污染物减排分析

余热回收装置一方面节省了燃煤消耗,从另一方面削减了煤炭燃烧达到了减排的效果。以一台130 t/h工业锅炉为例,设计烟气余热回收装置入口烟温135℃,出口90℃,节煤324.93 kg/h,折2599.4 t/a,按每公斤燃煤烟气量7 Nm³,NO_x、SO₂、烟尘污染物最终排放按超低排放标准50、35、10 mg/Nm³计算,污染物年减排量为0.91 t/a、0.64 t/a、0.18 t/a;煤炭中二氧化碳^[8]排放按2.54 t CO₂/tce计,CO₂年减排量为6602.6 t/a。

七、总结

我工业锅炉低温烟气余热利用率总体还不高,还存在深度利用的空间。随着非金属换热器的技术成熟和快速发展,可克服低温烟气酸湿露点腐蚀带来的问题。余热回收装置从节能、节水、经济性和环境效益得出:(1)从余热锅炉尾部排烟温度越低,或设计出口烟气温度降得越低,余热可回收热量越多,节省的燃煤量越可观;(2)余热回收装置出口的烟气温度越低,湿法脱硫后的烟气温度越低,节水效果越明显;(3)煤价越高的地区,进行余热回收改造的投资成本回收约短;(4)余热回收装置在节能的同时,达到了污染物的削减排放,具有一定的环境效益。

参考文献:

[1]张方炜.锅炉烟气余热利用研究[J].电力勘测设计,2010(4):48-52.
[2]胡广涛,岳益锋.降低锅炉排烟温度利用烟气余热的实践与理论研究[J].节能技术,2012,30(4):294-

298.

[3]王金旺,张燕,张建中.锅炉排烟余热利用节煤效益的考核方法[J].节能,2013(06).
[4]崔超,沈煜晖.电厂烟气余热利用方案设计[J].华电技术,2013,35(4):60-62.
[5]张润盘,董丽娟,辛建华.锅炉烟气余热利用方案研究[J].热力发电,2013,42(11):107-109.
[6]徐祥根,陈旭,张春华.非金属低温省煤器在烟气余热深度回收中的应用[J].机电信息,2016(13):84-88.
[7]王金刚.氟塑料烟气换热器在电厂余热回收领域的应用[J].科学与财富,2020.6:127
[8]徐华,刘翠杰.标准煤二氧化碳排放的计算[J].煤质技术,2014,2:57-60.
[9]李乐.煤矿机电设备智能化维护研究现状与发展趋势[J].工程技术研究,2021,3(6)
[10]刘晓波.基于物联网的煤矿机电设备智能管理平台设计[J].工程技术研究,2020,2(6)
[11]何伟.探究自动化技术在煤矿机电设备中的应用[J].煤矿安全与环保,2021,3(4)
[12]李磊.煤矿机电设备中的变频技术节能改造技术[J].建筑工程与管理,2021,3(6)
[13]杜跃,周金龙,杜军卫.变频节能技术在煤矿机电设备中的应用分析[J].工程技术研究,2020,2(6)
[14]樊凯.煤矿机电设备机械故障检测诊断技术[J].煤矿安全与环保,2021,3(2)