

Gas Boiler System Test and Potential Analysis of Energy Saving in a University

Xinxin Feng

Central University of Finance and Economics, Beijing, 100075, China

Abstract

Colleges and universities as a highly populated place, the natural gas consumption is huge, nitrogen oxide emissions is higher, in the face of large energy consumption and waste emissions, colleges and universities actively promote boiler energy saving renovation work, can achieve energy conservation and emissions reduction, improve the campus environment and reduce the cost of running schools, at the same time colleges and universities as an important place of teaching, improve students' energy saving consciousness, has great significance to the healthy and sustainable development of social economy. Through the test of boiler system in a university, the current situation of boiler operation is analyzed, the energy saving potential is explored, and the feasibility scheme of boiler energy saving transformation is put forward.

Keywords

energy saving and emission reduction; boiler energy saving; waste heat utilization

某高校燃气锅炉系统测试及节能潜力分析

冯新新

中央财经大学, 中国 · 北京 100075

摘 要

高等院校作为一个人口高度密集的场所, 其学生洗浴和冬季取暖时, 天然气消耗量巨大, 氮氧化物的排放量较高, 面对较大的能源消耗和废弃物排放, 高校积极推进锅炉节能改造工作, 可以实现节能减排, 保护环境, 改善校园环境和降低办学成本, 同时高校作为教书育人的重要场所, 通过增强师生节能减排意识, 对社会经济健康可持续发展有着重要意义。论文通过对某高校锅炉系统测试, 研究分析锅炉运行现状, 挖掘节能潜力, 提出锅炉房水泵节能改造和锅炉烟气余热利用的可行性节能改造方案。

关键词

节能减排; 锅炉节能; 余热利用

1 引言

近几年, 随着社会快速发展, 全球资源越来越紧张, 高等院校人口密集, 能源消耗巨大, 已成为我国能源消耗大户。目前, 中国有高等院校 2845 所, 在校人数 3559 万人^[1]。节能环保理念顺应当前经济发展趋势, 面对能源危机, 需要积极改革生产体系, 达到降低能耗的目的^[2]。高校作为教书育人的重要场所, 通过锅炉节能改造, 降低碳排放, 降低企业生产运行成本, 做好对师生的节能宣传, 对保护环境、促进社会经济健康可持续有着深远意义。

2 基本情况

某高校供暖方式为自供暖, 供暖负荷由学校设置的燃气锅炉房提供热源, 该锅炉房总装机容量为 16.8MW, 锅炉

房内安装 4 台 4.2MW 的燃气热水锅炉, 该锅炉房除提供学校的供暖热力外, 还向学校提供生活热水, 学院南路校区建有一座浴室, 由锅炉房内的燃气锅炉提供洗浴热水。锅炉房内共配置 4 台燃气锅炉, 采暖季期间启动 2~3 台燃气锅炉同时提供采暖热量和洗浴热水, 非采暖季期间轮换启动 1 台锅炉提供洗浴热水。

在冬季供暖期(一般为 11 月 15 日至 3 月 15 日), 锅炉房一般运行 2~3 台锅炉, 极端天气开启 4 台锅炉; 在非供暖季节, 锅炉房一般运行一台 4.2MW 的锅炉, 提供学校的生活热水, 根据学校浴室的开放时间, 这台锅炉采用间歇运行方式运行。

校区供暖采用间供系统, 分为高区和低区两个换热站, 安装有分时分区控制系统, 锅炉房内管道保温材料为玻璃岩棉, 保温状况良好。

【作者简介】冯新新(1987-), 男, 中国山西临汾人, 硕士, 从事教育管理研究。

3 锅炉系统测试及分析

学校供暖系统的热源形式为锅炉供热，主要的能量转换形式为天然气燃烧的化学能转化为热能，锅炉房内安装4台4.2MW的燃气热水锅炉，该锅炉房除提供学校的供暖热力外，还向学校提供生活热水。我们这次通过采用正平衡和反平衡两种方法对燃气热水锅炉的效率进行测试。

3.1 正平衡测试

由于锅炉测试时学校已停止供暖，只有3#锅炉运行，为学校提供生活热水，因此针对3#锅炉进行了效率测试。锅炉根据学校的实际需求自动间歇性地进行供水和启闭燃烧机，因此根据每次燃烧机启动时间进行测试，测试时间为1.5h。实测数据及计算结果如表1所示。

3.2 反平衡测试

由表2计算可得排烟热损失为4.44%，根据锅炉热效率的实测数据，锅炉的正平衡效率为90.29%，反平衡效率为92.96%，计算得出锅炉的平均效率为91.63%。锅炉效率满足DB11/T 180—2010《工业锅炉系统能效监测与评定》中对于锅炉额定功率在1.4~5.6MW，效率应达到90%的要求，同时排烟温度118℃也满足燃气锅炉小于160℃的要求，锅炉总体运行状况良好。

根据反平衡测试结果，排烟热损失是锅炉各项热损失中最大的一项，超过锅炉热损失的60%，影响排烟热损失的主要因素是排烟温度。根据运行记录，供暖期锅炉排烟温度在160℃~180℃，非供暖期排烟温度在116℃~122℃之间。建议对锅炉烟气余热进行利用，用于加热锅炉循环水，降低排烟温度，节约燃料。

4 锅炉系统节能潜力分析

通过对锅炉系统进行测试并查看锅炉房的运行记录，发现锅炉系统存在以下节能潜力：

①由于近几年供暖面积增大，锅炉房冬季运行采用单台循环泵已无法满足供暖需求，2台高压循环泵和2台低压

循环泵同时运行，不仅效率低，而且耗电量很大，造成很大的能源浪费。此外，4台采暖一次循环泵老旧，水泵效率下降造成外管网流量达不到供暖需求，造成能源浪费。建议对原有循环泵和补水泵进行更换，调整水泵参数，以达到单台循环泵运行即可满足供暖需求的目的，节约电耗。

②由于供暖负荷随天气情况不断变化，水泵流量在选型上需要有一定富裕，建议对循环泵和补水泵做变频改造，使循环泵和补水泵具有自动控制系统，实现二次网自动定压控制和自动补水定压控制。

③在供热领域，锅炉是能源利用与转化过程中最主要的设备，燃气在锅炉中燃烧后的产物就是烟气，烟气中N₂、H₂O和CO₂分别占70.66%、17.08%和9.70%（体积比），另外还有O₂、SO₂等其他组分^[1]。对锅炉烟气余热进行利用，用于加热锅炉循环水，降低排烟温度，节约燃料。对锅炉房阀门、法兰未采取保温措施，建议加装合页式保温材料，减少热损失。

5 锅炉节能改造方案的可行性分析

5.1 锅炉房水泵节能改造可行性分析

5.1.1 技术可行性分析如下

该方案实施后可减少电耗，属节约能源类方案，符合当前国家节能减排政策。

循环泵变频：二次网系统的最佳调节是质、量并调，即在改变二次网温度的同时二次网循环流量也随之改变，系统流量也随着用户的供热量而变化。主要是通过循环泵加装变频器来实现。压力（或二次网循环流量）控制方法，是根据二次网的供水压力或供回水压差来控制二次网循环泵的运行频率，实现二次网的流量变化。补水泵变频：系统可根据二次网回水压力设定值自动调整补水泵变频器输出频率，从而保证二次网回水压力保持在设定值。上述技术在供暖系统被广泛应用，适用性及成熟程度均较高。

改造后的主要设备统计如表3所示。

表1 正平衡实测数据表

参数 序号	时间	回水温度	出水温度	瞬时流量	循环水累积流量	天然气累积消耗量	天然气热值	效率计算
	—	℃	℃	m ³ /h	m ³	m ³	kJ/m ³	—
1	15:15	54	67	53.16	—	4896908.59	38900	—
2	15:35	54	57	54.38	17.8	4896925.63	38900	90.50%
3	15:58	56	62	55.02	21.1	4896937.94	38900	91.60%
4	16:20	57	59	54.59	19.8	4896947.64	38900	89.10%
5	16:42	55	62	54.38	19.9	4896959.58	38900	89.94%
汇总	累计耗气量：50.99m ³			累计循环水流量：78.6m ³			平均效率 90.29%	

表2 反平衡实测数据表

名称	m	n	α py	tpy	tlk	q ³	q ⁵
单位	—	—	%	℃	℃	%	%
数值	0.5	3.45	1.24	118	25	0.2	2.4

表3 改造后设备列表

设备名称	功率(kW)	扬程(m)	流量(m ³ /h)	数量(台)
采暖一次循环泵	22	37.5	138	4
中区循环泵	45	32	300	2
低区循环泵	55	38	346	2
中区补水泵	7.5	70	11.6	2
低区补水泵	3	28	22	2
中区循环泵变频器	45	—	—	2
低区循环泵变频器	75	—	—	2
中区补水泵变频器	7.5	—	—	1
低区补水泵变频器	3	—	—	1
变频自动控制柜	—	—	—	1
压力变送器(0~1.6MPa)	—	—	—	6

所涉及的设备采购方便、制造技术成熟。现场可供安装设备的空间充足,系统安装周期短,不影响系统正常运行。

学校供暖期为120天,循环泵和补水泵全天运行,综合以上计算,实施节能改造后,可实现节电14.17万kWh,折合标煤量为17.41tce,减少约105.16tCO₂排放。

综上所述,此方案技术可行,且实施后不产生二次污染物。

5.1.2 经济评估

投资构成包括设备费、施工费、辅材费、设备检验费共计29.6万元。根据简单的经济测算,项目的投资回收期约为4.17年,按设备运行10年测算,内部收益率为20.13%,项目的经济性可行。

5.2 锅炉烟气余热利用可行性研究

5.2.1 方案具体技术可行性分析如下

通过该方案的实施,降低了锅炉排烟过程中热量的浪费,符合国家节能减排的相关政策。

烟气余热回收器安装在锅炉房内4台锅炉的水平烟道上,回收器加热锅炉循环水,提高锅炉循环水温度。在锅炉回水管上安装切换阀,切换阀两端开口接管至回收器的进出口。支架采用槽钢制作。节能器的冷凝水管设回形反水弯后接至室内排污沟。回收器安装4个压力式温度表。

回收的热量可完全用于加热锅炉循环水,从而节约加

热锅炉的能耗;经现场勘查,锅炉房现场具备一定的安装施工条件;烟气余热回收器烟气阻力小,对锅炉的燃烧不会造成影响;本设备为静态设备,无旋转、振动部位。锅炉烟气余热回收技术目前被广泛应用,因此该工艺适用性及成熟程度均较高。

烟气余热回收器型号拟采用ZOGH-6-Q/S;本体采用304不锈钢,换热管采用304不锈钢管外套铝翅片复合管,导热系数高、抗中等强度酸性腐蚀;回收器长度不大于1400mm,翅化比高,结构紧凑、体积小、重量轻,便于安装,可组合使用。

资源、能源利用效率分析:该方案实施后,锅炉排烟温度可降至80℃以下,排烟热损失降至2.63%,通过反平衡计算锅炉效率,得出可提高锅炉效率3.06%,节约天然气44091.88m³/a,折标煤58.64tce/a,减少95.33tCO₂排放。

该方案实施后,可节约天然气44091.88m³/a,折标煤58.64tce/a,减少95.33tCO₂排放,环境效果较好,该方案实施后不产生二次污染物。

5.2.2 经济评估

根据初步测算,该改造工程的总投资预计为59.8万元。减少天然气消耗44091.88m³/a,节约费用44091.88m³×2.67元/m³=11.77万元。根据简单的经济测算,项目的投资回收期约为5.08年,按设备运行10年测算,内部收益率为14.69%,项目的经济性可行。

6 结语

综上所述,该校锅炉节能潜力较大,如果上述锅炉节能改造方案得以实施,能很好地增强师生节能减排意识,节约办学成本,减少污染物排放,保护环境,取得很好的社会效益。

参考文献

- [1] 教育部.高等教育学校(机构)数和高等教育学校(机构)学生数[EB/OL].教育部网站,2015.
- [2] 宋澜波,王波,付岳峰,等.新型氟塑料低温省煤器在锅炉烟气余热深度回收中的应用[J].冶金动力,2019(7):49-52.
- [3] 祝侃,夏建军,谢晓云,等.吸收式热泵及直接接触换热在燃气锅炉全热回收中的应用[J].暖通空调,2013,43(9):111-115.