

滨州贵苑大酒店燃煤锅炉电能替代案例分析

高磊¹,王志梁²,神瑞宝²,鞠文杰²,高建宏³,张令波⁴

(1. 国网济南市历城区供电公司, 济南 250100; 2. 国网山东综合能源服务有限公司, 济南 250012; 3. 国网烟台供电公司, 山东 烟台 264001; 4. 国网聊城供电公司, 山东 聊城 252001)

Case analysis on replacing coal boilers with electricity at Guiyuan hotel in Binzhou

GAO Lei¹, WANG Zhi-liang², SHEN Rui-bao², JU Wen-jie², GAO Jian-hong³, ZHANG Ling-bo⁴

(1. State Grid Licheng Power Supply Company, jinan 250100, China; 2. State Grid Shandong Comprehensive Energy Service Co., Ltd., Jinan 250012, China; 3. State Grid Yantai Power Supply Company, Yantai 264001, China; 4. State Grid Liaocheng Power Supply Company, Liaocheng 252001, China)

摘要:首先介绍了贵苑大酒店项目基本情况,进而给出了电锅炉相变蓄热系统的方案设计过程,包括负荷分析、设备选型等。最后叙述了项目具体施工流程和项目实施效果。电能替代的分析可为同类项目的实施提供有益的借鉴。

关键词:电能替代;相变蓄热;方案设计;改造效果

Abstract: Firstly, the basic situation of Guiyuan hotel project was described. Secondly, the design process of electric boiler system with phase change thermal storage was presented, such as heat load analysis and choice of equipment model. Finally, the process of construction and application effect was introduced. Implementation of similar projects may benefit from the analysis.

Key words: electric power substitution; phase change thermal storage; proposal design; implement effect

中图分类号:F407.61;TK018 文献标志码:B

1 改造背景

山东省滨州市贵苑大酒店分成A座和B座2部分,总建筑面积25 000 m²,其中A座建筑面积12 000 m²;B座建筑面积10 000 m²,员工宿舍3 000 m²。贵苑大酒店原配套2台燃煤蒸汽锅炉,额定供热量分别为4 t/h和6 t/h。除A座洗衣房由独立的蒸汽管路直接输送蒸汽外,其它各支路用热都是通过浮动盘式汽水换热器,由蒸汽-热水换热来提供采暖或生活热水。酒店A座和B座建筑末端供暖空调采用风机盘管,员工宿舍及附属用房采用散热器提供冬季供暖。改造前系统示意图如图1所示。

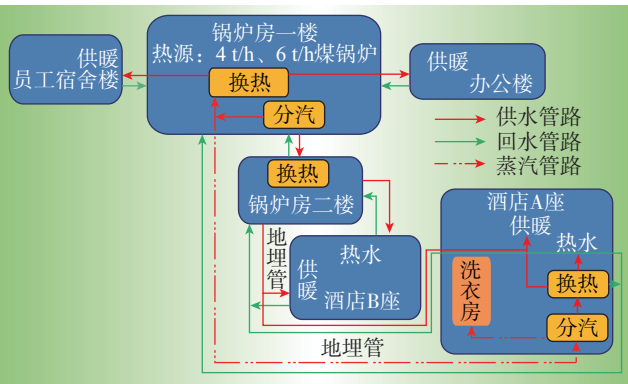


图1 改造前酒店供暖系统示意图

收稿日期:2018-04-15

作者简介:高磊(1977),男,山东潍坊人,工程师,主要从事电力营销服务工作;王志梁(1977),男,山东潍坊人,工程师,主要从事综合能源服务市场研究工作。

2 改造技术路线

酒店全部蒸汽及热水、A座冬季供暖采用电蒸汽锅炉系统。采用电蒸汽锅炉为酒店A座客房供暖,为A座洗衣房、B座客房、员工洗浴房提供全年蒸汽和生活热水。原有蒸汽和热水管网保留,生活热水及供暖通过汽水换热实现。

B座、宿舍及办公楼冬季供暖采用谷电蓄热系统。采用电热水锅炉作为热源,相变热库作为谷电蓄热装置,给酒店B座、宿舍楼及办公楼提供冬季供暖。

相变谷电蓄热系统的运行过程为:用电低谷时段(夜间23:00至次日7:00),电锅炉利用价格较低的谷段电力加热循环水,并将热量储存在由相变材料制作的热库中。用电高峰及平时段,电锅炉不工作,仅启动循环水泵将热库储存的热量释放出来,用于建筑物供暖,其原理示意图如图2所示。

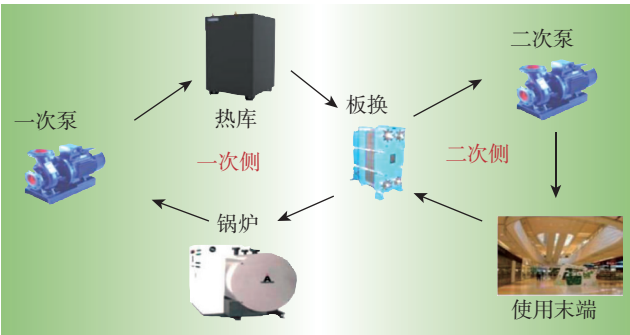


图2 电锅炉谷电相变蓄热系统原理示意图

3 热负荷分析

3.1 供暖热负荷分析

酒店年用煤量为 1 545 t,其中供暖季日均用煤量为 7.47 t,非供暖季日均用煤量为 2.63 t,由此可以计算出供暖季用于供暖的日均耗煤量为二者之差 4.83 t。取燃煤低位热值为 21 MJ/kg,由于燃煤锅炉使用时间已经超过 10 年,其制热效率按 65%计。则采暖日均耗热量

$$Q=4.83 \text{ t} \times 1\,000 \times 21 \text{ MJ/kg} \times 0.65 / 3.6 = 18\,326 \text{ kWh}$$

按 25 000 m² 建筑面积 24 h 供暖计算,可以得出采暖平均热负荷为

$$P_{\text{平均}} = 18\,326 \text{ kWh} \times 1\,000 / 24 \text{ h} / 25\,000 \text{ m}^2 = 30.54 \text{ W/m}^2$$

供暖期间室内维持温度为 20 ℃。供暖季滨州地区室外白天(8:00~20:00)平均气温为 3.8 ℃;夜晚(20:00~8:00)平均气温为 0.6 ℃。则可以计算出日、夜间供暖负荷分别为

$$P_{\text{白天}} = 30.54 \text{ W/m}^2 \times 2(20^\circ\text{C} - 3.8^\circ\text{C}) / [(20^\circ\text{C} - 3.8^\circ\text{C}) + (20^\circ\text{C} - 0.6^\circ\text{C})] = 27.8 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{夜晚}} = 30.54 \text{ W/m}^2 \times 2(20^\circ\text{C} - 0.6^\circ\text{C}) / [(20^\circ\text{C} - 3.8^\circ\text{C}) + (20^\circ\text{C} - 0.6^\circ\text{C})] = 33.3 \text{ W/m}^2$$

3.2 生活热水与蒸汽用量热负荷分析

(1) 生活热水峰值负荷分析

生活热水需求分 4 个部分,分别是员工洗浴房、酒店客房、餐厅和洗衣房。图 3 为生活热水全天每小时制热峰值功率模拟结果,可以看出生活热水小时峰值负荷为 733 kW。

(2) 洗衣房蒸汽热负荷分析

根据酒店蒸汽使用情况,洗衣房最繁忙时所有

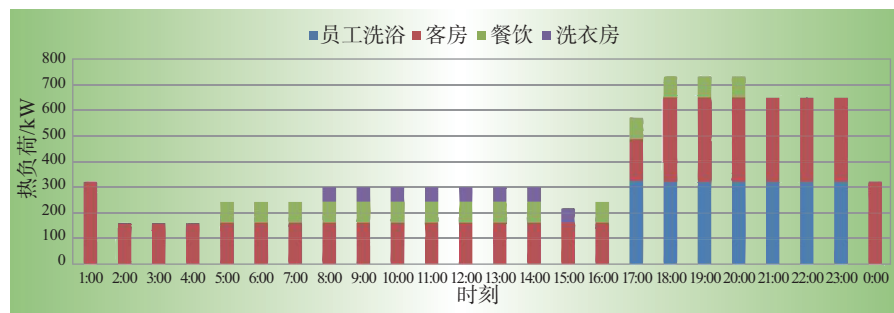


图3 酒店生活热水热负荷模拟结果

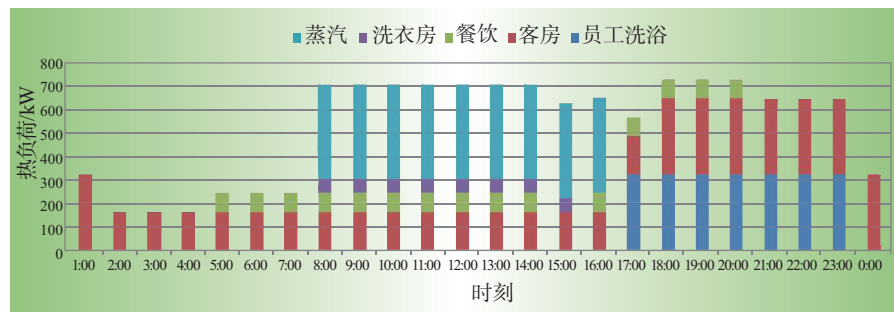


图4 酒店生活热水和蒸汽小时峰值负荷模拟结果

设备均处于满负荷运行状态,每小时消耗蒸汽量为 535 kg(150 ℃、0.5 MPa),制热功率为 408 kW。洗衣房工作时间为 8:00~17:00,总计 9 h。

(3) 生活热水+蒸汽峰值负荷分析

将蒸汽和生活热水峰值制热量合并,得出生活热水+蒸汽全天每小时制热峰值负荷模拟结果见图 4,可以看出,由于负荷的时间分布特性,峰值负荷依然为 733 kW。因此将生活热水与蒸汽合并为同一套系统,可以使系统简化,避免重复投资。

综上,酒店全部生活热水和洗衣房蒸汽共用一套电蒸汽锅炉系统,生活热水和洗衣房最大功率为 733 kW。

4 供暖设备选型

4.1 蓄能设备选型

建筑物共计 25 000 m²,综合考虑原有系统特点和施工难度,A 座 12 000 m² 由新上电蒸汽锅炉供暖,B 座及员工宿舍共 13 000 m² 由新上谷电蓄热系统供暖。谷电蓄热系统由电热水锅炉和相变热库等组成。

夜间热水锅炉直供需要热量为

$$Q_{\text{直供}} = 33.3 \text{ W/m}^2 \times 8 \text{ h} \times 13\,000 \text{ m}^2 / 1\,000 = 3\,460 \text{ kWh}$$

需为白天蓄热量为

$$Q_{\text{蓄热}} = (27.8 \text{ W/m}^2 \times 12 \text{ h} + 33.3 \text{ W/m}^2 \times 4 \text{ h}) \times 13\,000 \text{ m}^2 / 1\,000 / 0.98 = 6\,193 \text{ kWh}$$

计算中计及了相变热库每天 2% 的热损。每台标准热库的储热量为 181 kWh,共需配置热库 35 台。

4.2 电热水锅炉功率选型

在谷电(23:00~7:00)时间段,利用电热水锅炉给热库充热。电锅炉提供的热量既要满足谷电时

间段的采暖需求,又要满足将所有热库全部充满,则锅炉需要提供的热量为

$$Q_{\text{总}} = Q_{\text{直供}} + Q_{\text{蓄热}} = (3\,460 + 6\,193) \text{ kWh} = 9\,653 \text{ kWh}$$

按照谷电 8 h,以及锅炉效率 98% 计算,则电锅炉功率为

$$P_{\text{电热水锅炉}} = 9\,653 \text{ kWh} / 0.98 / 8 \text{ h} = 1\,231 \text{ kW}$$

需要配置 2 台 1.5 t/h (1 080 kW) 的电热水锅炉(设计余量 75%)。

4.3 极端天气条件下谷电蓄热系统的供暖模式

按滨州地区夜间-20℃,白天-10℃极端天气计算。

夜间供暖负荷

$$P_{\text{极端夜间}} = (20^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C}) / (20^{\circ}\text{C} - 0.6^{\circ}\text{C}) \times 33.28 \text{ W/m}^2 = 68.6 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{极端白天}} = (20^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}) / (20^{\circ}\text{C} - 3.8^{\circ}\text{C}) \times 27.8 \text{ W/m}^2 = 51.5 \text{ W/m}^2$$

$$8 \text{ h 谷电直供所需热量} = 68.6 \text{ W/m}^2 \times 13\,000 \text{ m}^2 \times 8 \text{ h} / 1\,000 / 0.98 = 7\,280 \text{ kWh}$$

$$8 \text{ h 锅炉产生热量} = 2\,160 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 0.98 = 16\,934 \text{ kWh}$$

$$\text{可为热库蓄热量} = (16\,934 - 7\,280) \text{ kWh} = 9\,654 \text{ kWh} > 7\,280 \text{ kWh}$$

热库所蓄热量可在非谷电期间供暖时间为

$$7\,280 \text{ kWh} \times 1\,000 \times 0.98 / 51.5 \text{ W/m}^2 / 13\,000 \text{ m}^2 = 10.65 \text{ h}$$

其余时间可采用电锅炉直供方式供暖。

4.4 电蒸汽锅炉功率选型

电蒸汽锅炉功率按极端天气(夜间 -20°C)下仍能满足A座 $12\,000 \text{ m}^2$ 可靠供暖考虑,具体选型如下

$$P_{\text{电蒸汽锅炉}} = 68.8 \text{ W/m}^2 \times 12\,000 \text{ m}^2 / 0.98 / 1\,000 = 842 \text{ kW}$$

与前述生活热水和洗衣房蒸汽功率需求 733 kW 相加,即得电蒸汽锅炉最大功率为 $1\,575 \text{ kW}$ 。故配2台电 1.5 t/h 电蒸汽锅炉,总功率 $2\,160 \text{ kW}$ 。完全满足极寒天气正常供暖及生活热水、蒸汽的保障。

酒店改造后供暖、生活热水和蒸汽系统示意图如图5所示。

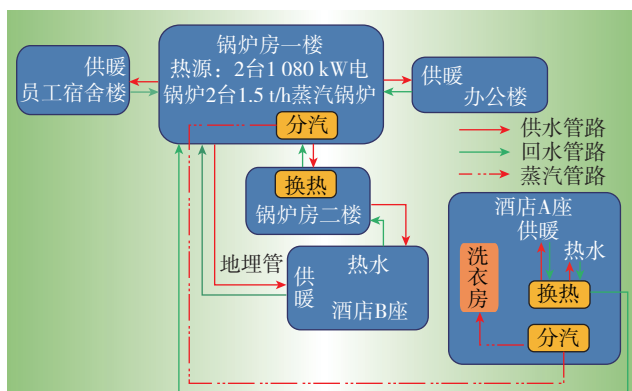


图5 改造后酒店供暖系统示意图

5 系统改造实施

为不影响酒店的正常使用,同时改造后系统均应考虑设备维修及更换时系统的正常运行。在改造时,首先考虑尽可能的使用原有设备及管道系统,且同时考虑了蒸汽和供暖系统的备用需求。采用2台 1.5 t/h 电蒸汽锅炉,给A座酒店客房、A座洗衣房、B座酒店客房、员工洗浴房提供全年蒸汽和生活热水及A座酒店供暖。原有室外蒸汽和热水管网

保留。采用谷电热库系统替代燃煤锅炉供热系统,给B座酒店客房以及员工宿舍楼、办公楼等3个区域提供冬季供暖热水。

项目分5部分实施,第一部分首先拆除 4 t 燃煤锅炉,腾出放置电蒸汽锅炉空间, 6 t/h 燃煤锅炉继续正常运行。第二部分改造和完善腾出空间的混凝土基础,待基础强度达到 70% 后,安装2台电蒸汽锅炉。安装主要内容包含完成接线、控制柜、给水泵,以及锅炉、给水泵、原有分汽缸之间管路和保温,以及相关切换阀门的安装。并对电蒸汽锅炉进行调试检测,确保电蒸汽锅炉正常工作。第三部分将2台电蒸汽锅炉输出蒸汽管道连接至锅炉房一楼分汽缸的 4 t 蒸汽管道。关闭 6 t/h 燃煤锅炉,开启电蒸汽锅炉,完成蒸汽、生活热水、A楼供暖煤改电的切换。第四部分系统调试,若需要进行电锅炉调试,调试期间,可以重启 6 t/h 燃煤锅炉保障生活热水和蒸汽供应。调试完成,电直供蒸汽和生活热水系统正常运行后,即可拆除 6 t/h 燃煤锅炉。第五部分拆除 6 t/h 燃煤锅炉、除尘设备,按施工图改造和完善热库、水泵、板换。

6 项目实施效果

图6是改造后现场实景图。项目建成后,全年运行耗电量约为 515 万 kWh ,节省运行电费约 140 万元 ,每年可节约标准煤量 $1\,545 \text{ tce}$,减少 CO_2 排放量 $3\,000 \text{ t}$,减少 SO_2 排放量 13.2 t ,减少氮氧化物排放量 11.5 t ,减少粉尘排放量 7 t 。[D]



图6 改造后现场实景图

参考文献:

- [1] 张磊,韩梦,陆小倩. 城镇化下北方省区集中供暖耗煤及节能潜力分析[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(8):58-68.
- [2] 霍沫霖,赵佳,徐朝,等. 中国散烧煤消费地图及影响因素研究[J]. 中国电力,2018,51(1):139-146.
- [3] 李德贤,任晓东. 相变蓄热采暖分析与探讨[J]. 浙江建筑,2012,29(9):56-59.

(本栏责任编辑 吴 刚)