

分布式供暖的经济分析

——以西安思源学院四号锅炉房供暖区为例

张学梅, 马青华, 王青华, 徐明, 张选

西安思源学院, 陕西 西安

收稿日期: 2021年11月8日; 录用日期: 2021年11月26日; 发布日期: 2021年12月13日

摘要

西安思源学院四号锅炉房供暖区采用分布式供暖, 工程总支出为370.125万元。其中87%为燃气建设费用, 13%为燃气建设均摊费。燃气建设费用主要有锅炉设备与安装费(86%)、锅炉房土建费(10%)和报警器费用(4%)。计算结果表明: 分布式供暖的每年收益约为37.2万元; 节约能源、节约人工和节能减碳三项收益分别占全年总收益的44.28%、51.63%和4.09%, 需要10年才能收回成本。天然气价格和二氧化碳排放费用的涨价趋势对分布式供暖的前景影响很大, 应尽早做分布式供暖。

关键词

集中式供暖, 分布式供暖, 节能减碳, 回收成本年限

Economic Analysis of Distributed Heating

—Taking the Heating Area of the No.4 Boiler Room of Xi'an Siyuan University as an Example

Xuemei Zhang, Qinghua Ma, Qinghua Wang, Ming Xu, Xuan Zhang

Xi'an Siyuan University, Xi'an Shaanxi

Received: Nov. 8th, 2021; accepted: Nov. 26th, 2021; published: Dec. 13th, 2021

Abstract

The heating area of the No.4 boiler room of Xi'an Siyuan University adopts distributed heating, and the total expenditure of the project is 3,701,250 yuan, of them, 87% for gas construction costs,

13% for the cost of sharing gas construction equality. Gas construction costs mainly include boiler equipment and installation cost (86%), and boiler room civil cost (10%) and alarm cost (4%). The calculation results show that annual revenue for distributed heating is about 372,000 yuan. The three proceeds of energy saving, labor saving, and carbon dioxide reduction accounted, respectively, for 44.28%, 51.63%, and 4.09% of the total annual income; it will take 10 years to recover costs. Price increasing of natural gas and CO₂ emissions fees has big impacts on the prospects of distributed heating. The rising trend of natural gas price and carbon dioxide emission cost has a great impact on the prospect of distributed heating, so distributed heating should be done as soon as possible.

Keywords

Central Heating, Distributed Heating, Energy Saving and Carbon Reduction, Recovery Cost Years

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

西安思源学院坐落在西安东郊白鹿原,分南、北两校区,占地 1600 余亩。地势东高西低,建筑物最高落差将近 30 余米。从 2000 年起,学校先后建设集中式燃煤供热锅炉房 4 座,总吨位为 42 蒸吨,负责学校 27 hm² 建筑的供暖、学生老师洗浴用热水的供给任务。四号锅炉房位于南校区,负责供暖区面积为 4.82 hm²。随着人们环境保护意识的增强,政府加大力度以强制性政策来引导能源消费向洁净和节能型能源转变[1] [2] [3] [4] [5]。2015 年替换四号锅炉房的燃煤锅炉为燃气锅炉,但仍然为集中式燃气供热。由于天然气锅炉的利用率比煤炭锅炉的利用率高,燃气集中供暖比燃煤集中供暖节省热值 31.83%。所以,运用气体燃料替代燃煤,有良好的节能环保效果,同时有助于热效率的提升。但是,燃气集中供暖和燃煤集中供暖一样,都使用高压锅炉。高温才能产生高压,高温同时也会使燃烧气氛中的氮气转化为 NO_x。2018 年应环保部门锅炉“低氮改造”要求拆除四号锅炉房燃气锅炉,将 4 号锅炉房原供暖区域改为分布式锅炉房,分为教学楼、1 号楼、2 号楼、3 号楼、23 号楼、24 号楼 6 个独立供暖区域。分布式供暖,是相对于集中式供暖而言,就是在每栋建筑内设立供热设备站,自给自足的一种供暖、供热方式[6] [7] [8] [9] [10]。经过近几年的建设,全校现有燃气锅炉房 33 个,换热站 5 座,燃气供热锅炉 53 台,学校每栋楼宇实现了独立分布供暖。

分布式供暖在思源学院的最大优势是减少热力在管网输送中的热能流失。原有的集中供暖管网最早始建于 2000 年。近二十年的使用,地下管网跑冒滴漏的现象经常出现,而且漏点难以查找。即使找到地下漏点,维修时必须局部甚至全部管网排水(热水)放空,维修好后再次管网注水(冷水)运行。这样一次维修热量损失巨大。另外,在维修期间,该供暖系统局部甚至全部停止供暖。例如:四号锅炉房供暖区的 23、24 号楼在 2017 年供暖期间由于供暖管网漏水总的维修次数达到 60 余次,严重地影响到了该处以及中学供暖系统的正常的热力供给,最终造成师生对供暖满意度大幅下降。再有,没有被发现的地下管网损坏会造成长期渗漏、地面下陷、道路裂缝、建筑物下的基础架空等一系列后果,危及室内人员安全。相对于集中供暖而言,分布式供暖的热源和客户都在同一栋建筑内,可以说热能不出楼,几乎不存在在管网输送中的热能流失。供暖管网一旦有损坏漏水的现象,由于所有管道都在明处,易发现,易维修。即使该栋建筑的供暖设施故障造成停供,影响范围仅限于该栋楼,相对于集中供暖要小得多。

其次, 分布式供暖在思源学院的第二优势是减少水力不平衡。西安思源学院原有的集中供暖, 室外热力输送管道较长, 加之学校依山势而建, 热源和热用户的位置存在一定的高度差。这种高度差在一个供暖系统中就形成了水力不平衡的现象。严重地影响供暖质量, 特别是影响供热系统的末端的供暖效果。

由于减少热力在地下长距离管网输送中的热能流失, 减少水力不平衡现象, 分布式燃气供暖比集中燃气供暖约节省耗气量 24%。尽管对不同供暖模式的能效或经济性有些讨论[11] [12] [13] [14] [15], 但是还有许多性价比的问题在决策前就必须了解, 如分布式供暖投资情况、总投资、收益、投资回收年限等。为此, 本文将实事求是地分析西安思源学院四号锅炉房供暖区几年的分布式集热燃气锅炉供暖工程经验积累的建设投资与运行数据, 精确计算成本, 做好符合规范的分布式供暖经济评价。

2. 支出

西安思源学院四号锅炉房供暖区分布式集热燃气锅炉供暖工程包括燃气建设均摊费和燃气建设费用两部分。燃气建设均摊费约占 13%, 燃气建设费用约占 87%。燃气建设费用包括三个部分: 锅炉设备与安装费、锅炉房土建费和报警器费用。这三部分费用占燃气建设费用的百分数分别为: 锅炉设备与安装费 86%、锅炉房土建费 10%、和报警器费用 4%。四号锅炉房供暖区分布式集热燃气锅炉供暖具体的费用、投资比及相关信息列于表 1。

Table 1. Distributed heating project information of heating area of No. 4 boiler room

表 1. 四号锅炉房供暖区分布式供暖工程信息

	中学 1 号楼	中学 2 号楼	中学 3 号楼	中学教学楼	23 号楼	24 号楼
用途	宿舍	宿舍	宿舍	教学、办公	宿舍	宿舍
面积/平方米	3316	3321	4504	12000	13000	12000
楼层数	4	4	4	5	6	6
*建设费用/万元	37.355	37.355	37.355	41.355	84.82	84.82
燃气建设均摊费/万元	5.52	5.515	5.515	5.515	12.5	12.5
投资比(元/米 ²)	129.30	129.09	95.18	39.06	74.86	81.10

*建设费用包括锅炉房土建费、锅炉设备与安装费、报警器、和隔音降噪。

根据表 1 的数据可以计算出四号锅炉房供暖区分布式供暖工程总支出为 370.125 万元。表 2 列出 2000 年北京市燃煤锅炉、燃气锅炉、单元式燃气锅炉、电锅炉、热泵供热的投资比[16]。

参考其它地区供热方式的投资, 结合西安思源学院的供热情况认为四号锅炉房供暖工程的投资比较可靠。2000 年北京市其它供热方式的投资比见表 2。

Table 2. Investment ratio of other heating modes in Beijing in 2000

表 2. 2000 年北京市其它供热方式的投资比

	单元式燃气锅炉	燃煤锅炉	电锅炉	燃气锅炉	热泵
投资比(元/米 ²)	145	115	190	195	155

锅炉设备费占有所有投资的很大比重是因为本系统中集热式燃气锅炉是采暖热水和生活热水系统的热源。它由燃烧器、热交换器、给排气装置、热水循环泵及自动补水装置、安全与自动控制系统等组成。集热式燃气锅炉与单元式燃气锅炉的唯一本质区别在于集热式燃气锅炉有两套水系统: 锅炉软水系统用

于热源(加热水暖气片)循环使用。自来水系统用于生活热水(淋浴)消耗使用。两种水是不交叉不混合,在热交换器内完成热交换。而单元式燃气锅炉只有一套水系统。自来水经过受热面后就是生活热水。图 1 是燃气集热式锅炉供热系统简图。

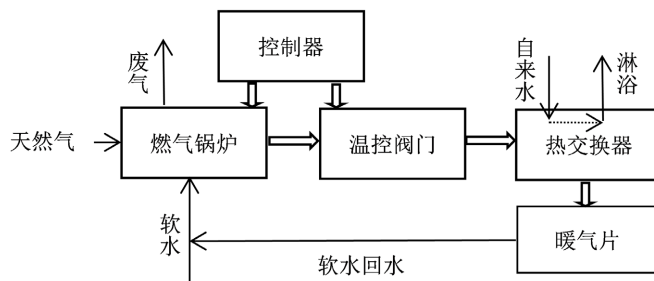


Figure 1. Schematic diagram of heat supply system of gas collecting boiler

图 1. 燃气集热式锅炉供热系统简图

燃气集热式锅炉也配备必要的安全保护装置,如熄火保护、过热保护、水气联动、防冻装置、超压保护、燃气压力和电压过低过高保护、防漏电装置等。

3. 收益

西安思源学院四号锅炉房供暖区分布式集热燃气锅炉供暖工程一次性投资这么大,就必须弄清楚几个问题: 1) 收益得来源; 2) 收益的大小; 3) 收回成本需要的年限, 而且是需要具体数据来计算。根据我们分布式供暖实际,有两个明显可见的收益和一个应该算但却不明显的收益。以每年 12 月为例,集中供暖月耗气量为 11.2906 万 m^3 , 平均每天耗气量为 3642 m^3 ; 分布式供暖月耗气量为 8.6389 万 m^3 , 平均每天耗气量为 2786 m^3 。分布式供暖比集中供暖节气 26517 m^3 /月。

第一个明显可见的收益是节约天然气。每月节约 26517 立方米天然气,一年(按 3 个月供暖期算)可节约天然气:

$$26517 \frac{\text{立方米}}{\text{月}} * 3 \frac{\text{月}}{\text{年}} = 79551 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (1)$$

1 立方米天然气售价为 2.07 元。一年可节约天然气费用:

$$79551 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} * 2.07 \frac{\text{元}}{\text{立方米}} = 164671 \frac{\text{元}}{\text{年}} \quad (2)$$

第二个明显可见的收益来自人员的节约。原集中式供热,锅炉是高压锅炉,每时每刻都必须有具有资质的锅炉工值守。集热式燃气锅炉是常压热水锅炉,锅炉本体不带压,就相当于我们家用的壁挂锅炉,不存在爆炸的可能。分布式供暖由各楼长,委派专人负责本楼宇的供暖、供澡水操作。热力科负责对各楼具体操作人员进行技术培训、业务指导,并对设备进行维护和保养。大家共同做好锅炉的运转和管理。四号锅炉房供暖区分布式供暖实施后,节省 5 个工人。

锅炉工每人每月工资 3000 元,按一年 12 个月算,省 5 个人工,可节约:

$$3200 \frac{\text{元}}{\text{人} \cdot \text{月}} * 5 \text{人} * 12 \frac{\text{月}}{\text{年}} = 192000 \frac{\text{元}}{\text{年}} \quad (3)$$

第三个应该算但却不明显的收益是根据目前碳交易市场的实行而增加的。为了完善低碳节能环保机

制, 促进绿色生活方式发展, 建立减少排放二氧化碳的市场经济, 2021 年 7 月 16 日, 作为推动实现双碳愿景的重要政策工具, 全国发电行业碳市场率先启动统一碳排放权交易。石油化工、钢铁建材等高排放行业必将陆续纳入碳排放权交易, 最终会形成一个超千亿的全国碳排放权交易市场。一吨二氧化碳值多少钱是由碳交易所根据供求关系定的。因此, 本文增加这项节能减碳的效益计算。减碳的计算比较麻烦, 但其基本步骤是按照下面的几步进行:

- 1) 1 万立方米天然气相当于 12.2857 吨标准煤;
- 2) 国家发改委的 1 千克标准煤能发 3 度电;
- 3) 1 度电排放 0.997 kg 二氧化碳的系数;
- 4) 按碳排放交易所的碳排放价格每吨 52 元。

$$7.9551 \frac{\text{万立方米}}{\text{年}} * 12.2857 \frac{\text{吨}}{\text{万立方米}} * 3 \frac{\text{度电}}{\text{吨}} * 0.997 \frac{\text{吨}}{\text{度电}} * 52 \frac{\text{元}}{\text{吨}} = 15200 \frac{\text{元}}{\text{年}} \quad (4)$$

每年的收益有节约能源、节约人工和节能减碳三项, 共节约

$$164671 \frac{\text{元}}{\text{年}} + 192000 \frac{\text{元}}{\text{年}} + 15200 \frac{\text{元}}{\text{年}} = 371871 \frac{\text{元}}{\text{年}} \quad (5)$$

节约能源、节约人工和节能减碳三项收益分别占全年总收益的 44.28%、51.63%、和 4.09%。

投资回收年限为:

$$3701250 \text{元} * \frac{\text{年}}{371871 \text{元}} = 9.95 \text{年} \quad (6)$$

从四号锅炉房供暖区来说, 收益来自节约天然气用量、节约人工费和减少二氧化碳排放。初步计算每年节约 37.2 万元。需要 10 年才能收回成本。

4. 前景

从近几年天然气的价格上涨趋势, 加上今年国际国内的能源价格态势, 天然气上涨是必然的。随着天然气价格的上涨, 天然气节约体积不变, 但节约下来的净额也会上涨, 回收成本年限会缩短。故需要讨论随着天然气费用的上涨, 这些收益是否会发生变化及如何变化。图 2 表示在节约人工费用(19.2 万元/年)和二氧化碳排放交易价格(碳排放价格每吨 52 元)不变条件下, 回收成本年限随着天然气价格的上涨而缩短。

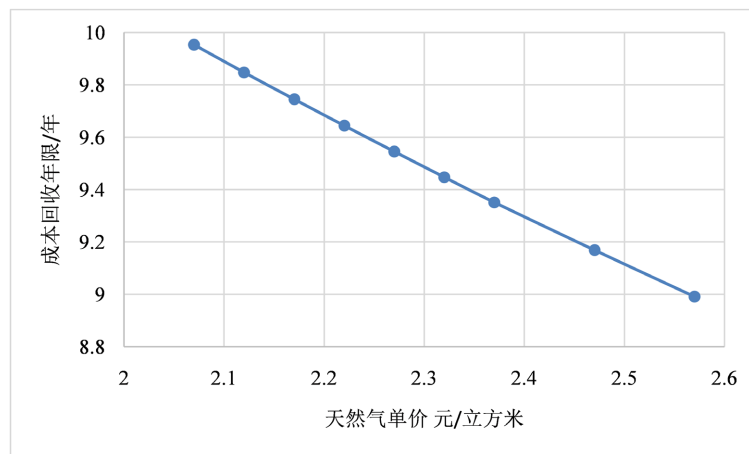


Figure 2. Relationship between cost recovery period and natural gas unit price
图 2. 成本回收年限和天然气单价的关系

当天然气价格从 2.07 元/M³ 涨到 2.57 元/M³ 时, 回收成本年限从将近 10 年缩短为不到 9 年。

中国碳论坛发布的《2020 年中国碳价调查》报告显示, 全国碳市场的平均价格预期会从 2020 年的 49 元/吨上升至 2025 年的 71 元/吨, 到 2030 年会上升到每吨 93 元。图 3 表示在节约人工费用(19.2 万元/年)和天然气价格(2.27 元/M³)不变条件下, 回收成本年限随着二氧化碳排放交易价格(碳排放价格每吨 52 元)的上涨而缩短。

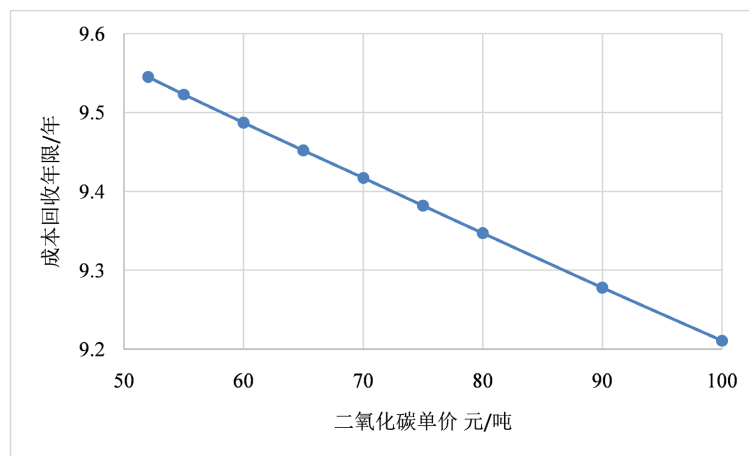


Figure 3. Relationship between cost recovery period and carbon dioxide unit price

图 3. 成本回收年限和二氧化碳单价的关系

从观察到的天然气价格和二氧化碳排放费用的趋势看, 对分布式供暖的前景影响较大, 建议尽早做分布式供暖。

5. 结论

1) 西安思源学院四号锅炉房供暖区分布式供暖工程费用包括燃气建设均摊费“约占 13%”和燃气建设费用“约占 87%”两部分。

2) 燃气建设费用包括三个部分: 锅炉设备与安装费、锅炉房土建费和报警器费用, 其中锅炉设备与安装费用占燃气建设费用的 86%。四号锅炉房供暖区分布式供暖工程总支出为 370.125 万元。

3) 根据我们分布式供暖实际情况, 有两个明显可见的收益(节约能源和人工)和一个应该算但却不明显的收益(节能减碳)。节约能源、节约人工和节能减碳三项收益分别占全年总收益的 44.28%、51.63%和 4.09%。

4) 初步计算每年收益约为 37.2 万元, 需要 10 年才能收回成本。考虑到近几年天然气的价格上涨趋势, 加上今年国际国内的能源价格态势, 回收成本年限随着天然气价格的上涨而缩短。

参考文献

- [1] 陈祎, 麻卓, 王峰, 等. 践行“绿水青山就是金山银山”[N]. 长江日报, 2021-08-25(T08).
- [2] 方琦, 钱立华, 鲁政委. 我国实现碳达峰与碳中和的碳排放量测算[J]. 环境保护, 2021, 49(16): 49-54.
- [3] 汪潇潇, 海勇, 奋杰校. 低碳校园规划与建设路径研究[J]. 建筑经济, 2013(7): 82-85.
- [4] 陈希习. 应用节能技术改造供暖系统[J]. 节能技术, 2001, 19(1): 40-41+48.
- [5] 张玉龙. 浅谈锅炉燃煤改气的技术及优势[J]. 科技视界, 2021(23): 72-73.

- [6] 王翀. 分时分区供暖控制系统的应用[J]. 石油石化节能, 2015(5): 28-29.
- [7] 杨中华. 分区供暖控制系统研究[J]. 科学技术创新, 2019(36): 113-114.
- [8] 刘婷婷, 邹艳, 田娟荣, 等. 高校建筑分时分区供暖的节能率及节费率评估[J]. 四川建筑科学研究, 2015, 41(1): 292-294+299.
- [9] 张亮, 马振周, 姚琳, 等. 英郡年华分布式供暖输配系统功耗分析[J]. 暖通空调, 2021, 51(5): 40-43+87.
- [10] 李琳, 张小坤, 孟庆俊, 等. 分布式供暖输配系统在二次网改造中的应用[J]. 暖通空调, 2021, 51(5): 31-35.
- [11] 李建锋, 吕俊复, 冷杰, 等. 不同供暖模式的能效比较[J]. 暖通空调, 2017, 47(10): 49-54+48.
- [12] 徐奇, 续元庆, 王甫, 等. 西北某小区供暖系统改造设计[J]. 石油规划设计, 2015, 26(3): 40-43.
- [13] 亓琨, 宋学刚, 张虎. 分布式清洁供暖在学校供暖中的应用分析[J]. 建设科技, 2021(15): 39-41.
- [14] 孙干. 北京市主要供热方式碳排放及经济性分析[J]. 节能与环保, 2021(6): 26-27.
- [15] 张永超, 王思和, 刘学来, 等. 多种燃气供暖技术经济分析[J]. 建筑节能(中英文), 2021, 49(5): 50-53.
- [16] 周伟航, 赵劲松. 单元式燃气锅炉采暖投资运行费用分析[J]. 应用能源技术, 2000(5): 33-34.