

住宅建筑固体电蓄热采暖系统适宜性分析

沈阳建筑大学市政与环境工程学院 侯英春

摘要 目的 基于辽宁省鼓励在风电、光伏资源丰富地区实施电供暖的政策,分析固体电蓄热供暖系统的可行性。方法 通过建立沈阳地区的住宅建筑能耗模型,获得住宅建筑冬季供暖的基本能耗需求,对固体电蓄热供暖系统的节能效益、经济效益和环境效益进行分析。结果 与传统市政热力供暖系统相比,固体电蓄热在节能效果和环境效益方面更佳,但经济性较差。

Suitability analysis of solid electric heat storage heating system in residential buildings

Abstract: Based on the policy of Liaoning Province to encourage the implementation of electric heating in areas rich in wind power and photovoltaic resources, this paper establishes the energy consumption model of residential buildings in Shenyang, obtains the basic energy consumption demand of residential buildings in winter heating, and analyzes the energy-saving benefits, economic benefits and environmental benefits of solid electric heat storage heating system. It is found that compared with the traditional municipal heating system, the solid electric heat storage system has better utilization value, better energy saving effect and environmental benefits.

引言

当前,北方地区清洁取暖比例低,我国传统的供暖方式大多以燃料燃烧进行热量的供应。2017年国家发展改革委、能源局、财政部、环境保护部等10部门联合印发《北方地区冬季清洁取暖规划(2017-2021年)》^[1],旨在提高北方地区取暖清洁化水平,减少大气污染物排放。

与传统的供热方式相比较,电蓄热采暖技术利用清洁能源发电作为热源,主要工作原理是将谷电或弃风、弃光电转换成热能,存储在蓄热体内,可以做到全天24小时连续供热。其结构较为简单,热效率却能达到95%-98%。本文为探讨固体电蓄热采暖系统在住宅建筑的适宜性分析,引入市政热力供暖系统作为对比研究对象。

1 系统能耗模拟结果分析

1.1 建筑基本概况

本文研究对象为一栋住宅建筑,层高为3m,共15层,总高度为45m,采暖面积为6597.79m²,体形系数为0.37。供暖方式为供暖季连续供暖,供暖室内设计温度应符合以下要求:严寒和寒冷地区主要房间应采用18℃-24℃,此建筑围护结构热工参数设定如表1所示。

表 1 围护结构热工参数

围护结构	传热系数 K/ (W/ (m ² ·°C))
外墙	0.449
屋面	0.26
外窗	2
周边地面	1/1.7

1.2 建筑能耗模拟

基于上述参数,采用建筑能耗评估软件 DeST-h 进行建筑能耗模拟,在负荷模型中只建立了一个三层简化建筑体,负荷结果是由标准层的建筑热负荷与实际中间楼层数的乘积,再加上底层和顶层建筑热负荷的结果。得出在理想空调末端下,单栋住宅建筑的供暖季最大热负荷为 257.82KW,单位面积供暖季热负荷指标为 14.58W/m²,单位面积最大热负荷指标为 39.08W/m²。

本文供暖系统研究范围为市政热力供暖系统的二次网和固体电蓄热供暖系统,由于两种系统用户设置的供暖时间相同,因此两种系统的建筑能耗一致,为 367271KW h,约合 1322179.02MJ,并根据《综合能耗计算通则》(GB/T2589-2008)的各种能源折标准煤参考系数,将住宅建筑供暖期建筑单位面积耗热量折算至单位面积标准煤消耗量,计算结果见表 2。

(1) 市政热力供暖系统

市政热力供暖系统所消耗的燃料以标准煤折算方法,如公式(1)所示:

$$B = \frac{Q \times \alpha}{\eta_1 \times \eta_2 \times 1000} \quad (1)$$

式中 α —热力的折标系数,为 0.03412kgce/MJ;

η_1 —一次网综合效率,城市集中供热燃煤锅炉热效率为 85%,一次热力网输送效率为 95%,一次网综合效率为 80.75%;

η_2 —二次网综合效率,板式换热器效率为 95%,二次热力网输送效率为 95%,二次网综合效率为 90.25%。

(2) 固体电蓄热机组供暖系统

固体电蓄热锅炉供暖系统消耗燃料以标准煤折算方法,如公式(2)所示:

$$B = \frac{Q \times \alpha}{\eta \times 1000} \quad (2)$$

式中 α —热力的折标系数,为 0.1229kgce/kWh;

η —综合效率,根据厂家提供数据,固体电蓄热机组热效率可以达到 95%以上,热网效率为 95%,综合效率为 90.25%。

表 2 两种供暖系统供暖期标准消耗量

	电蓄热机组	市政热力
供暖期总标准煤消耗量 (tce)	50.00	61.9
供暖期单位面积标准煤消耗量 (kgce/m ²)	7.58	9.4

在连续供暖的情况下根据以上计算结果，在节能性方面来看，经固体电蓄热供暖系统与市政热力供暖系统相比，节能率为 19.4%，固体电蓄热机组的节能性更佳。

2 经济效益评价

2.1 初投资费用

由于两种供暖系统热用户末端相同，因此只对市政热力供暖系统换热站设备以及固体电蓄热机组进行选型及经济性分析。

采用市政热力供暖系统时，换热站的热力系统通常由换热器、循环水泵、补给水泵、补给水箱、软水装置、除污器等设备组成。固体电蓄热采暖系统电蓄热机组主要包括固体电蓄热装置、风机、换热器及循环水泵等设备。

根据全年最大热负荷指标进行设备选型，表 3 为两种供暖方式初投资费用。

表 3 两种供暖方式初投资费用

	设备费用/万元	安装费用/万元	其他费用/万元	总投资/万元	单位面积初投资/元/m ²
市政热力供暖系统	2.70	6.89	1.44	11.03	16.72
固体电蓄热供暖系统	41.50	2.50	6.53	50.03	75.83

2.2 年运行费用

系统运行费用作为系统经济分析的一项重要指标，主要包括系统运行中的燃料费、水费、电费、人工费、维修费、折旧费与其他费用。计算结果见表 4。三种供暖系统运行费用计算如公式（3）所示：

$$C_K = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 \tag{3}$$

式中 C_1 —燃料费，元 (m² a)，

$$C_1 = B \times J = \frac{Q}{\theta Q_{dw}} \times J \tag{4}$$

式中 B —年耗燃料量，kg (m² a)；

J —燃料单价；沈阳市供电局为了削峰填谷，平衡电网负荷，实行了分时电价政策，谷电价为 0.2798 元/kWh；市政热力系统煤单价为 690 元/t。

Q —采暖期所需供热量；

θ —锅炉、热网效率；

Q_{dw} —燃料低位热值。

C_2 —水费，水费主要为供热系统补水费用，由系统的循环水量、供暖季时间、非居民用水价格计算得出，按循环水量的 0.3%-0.5%，沈阳非居民用水价格为 5.25 元/m³。

C_3 —电费，供暖系统运行中的电费是指对各种用电设备在工作时所消耗的电量，主要由主机和辅机的电耗计算得出。

C_4 —人工费，人工费是指生产与管理人员的雇佣费用，具体费用按照各地区参考统计年鉴给出的平均工资来确定，为 0.95 元/m²。

C_5 —维修费，一般按工程中固定资产的百分率进行估算。锅炉房供暖系统维修费取固定资产原值的 2.5%，计算式如（5）、（6）所示：

$$C_y = N \times T \quad (5)$$

$$W = \eta_{wx} \times C_y \quad (6)$$

式中 N —系数，取 90%-95%；本文取 90%；

T —初投资，元/m²；

C_y —固定资产原值，元/m²；

η_{wx} —维修费率。

C_6 —折旧费，包括厂房、热网、室内系统及用热设备等的折旧，按固定资产的 4%-5% 选取，本文取 4.8%。

C_7 —其它费用，其他费用是指除上述费用外的一些费用，包括管理费、科研费等一些零乱费用很难被确定，因此，通常按照固定资产原值的 2.25% 计算。

表 4 两种供暖系统各项费用及年运行费用/元/m²

费用	固体电蓄热机组	市政热力
燃料费	15.57	6.47
水费	0.25	0.25
电费	2.5	1.85
人工费	0.95	0.95
维修费	1.36	0.37
折旧费	3.27	0.72
其他费用	1.90	0.481
单位面积年运行费用	28.57	11.09

2.3 费用年值

将两种供暖系统的初投资与年运行费用带入费用年值计算公式（7）^[2]

$$A_c = C_0 \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + C_i \quad (7)$$

A_c ——费用年值，元；

n ——方案的寿命年限，年；本文的设备寿命指经济寿命，锅炉、换热机组使用年限为 10 年左右，固体电蓄热机组使用年限近 20 年；

C_0 ——方案的初投资，元；

C_i ——方案的年运行费用，元；

i ——回收系数，取 10%。

得到结果见下表 5：

表 5 两种供暖系统费用年值/元/m²

供暖系统	费用年值
固体电蓄热机组	37.44
市政热力	13.82

从分析各采暖方式的经济性计算结果可知，对于沈阳市在连续供暖情况下，传统市政热力供暖系统的初投资和年运行费用最低，其经济效益最佳。据了解沈阳市居民建筑供暖费为 26 元/m²，而固体电蓄热的初投资以及年运行费用偏高，费用年值达到 37.4 元/m²，经济效益较差。

3 环境效益评价分析

根据市政热力供暖系统单位面积标煤耗能量和不同形式标准煤燃烧污染物排放因子计算单位面积污染物的排放量。计算结果见表 6。

表 6 市政热力供暖系统单位面积污染物排放量

市政热力	CO ₂	粉尘	SO ₂	NO _x
污染物排放因子 (g/kgce)	2500	2.26	10.2	41.9
污染物排放量 (g/m ²)	23.50	21.24	95.88	39.34

由计算分析可知，市政热力热源处产生的污染物最多，危害最大。固体电蓄热机组的电能如果来自可再生能源如太阳能、风能和水等清洁能源，可以保证电能的清洁度和确保电能生产过程中零排放、零污染，减排比例为 100%。因此采用可再生能源生产的电能用于电蓄热机组供暖相比于市政热力供暖系统环境效益最佳。

4 总结

综上所述，本文是在住宅建筑连续供暖情况下，对固体电蓄热进行可行性分析。固体电蓄热采暖的节能性和环境方面明显优于传统市政热力，但是其在初投资以及运行费用较高，经济效益较差。而实际上固体电蓄热机组可实现末端温度、流量调节，实现分时分区供暖，即能够实现“按需供暖”按需供暖，而非“无处不热，无时不热”的模式，具有灵活调节的

特点。因此，如果根据不同建筑类型的用能特点进行设计，固体电蓄热将具有更好的利用价值，节能性和经济性将实现更佳的效果。

- [1]发改委、能源局等十部委:发布《北方地区冬季清洁取暖规划(2017-2021)》[J]. 资源节约与环保, 2018.
- [2]王柏轩. 技术经济学[M]. 2007.
- [3]建设部标准定额研究所.市政工程投资估算指标. 第8册, 集中供热热力网工程. HGZ47-108-2007[M]. 2007.
- [4]董佳榕. 严寒地区校园建筑固体电蓄热采暖适宜性研究[D].沈阳建筑大学,2019.
- [5] 周文静, 王宏伟. 沈阳市某办公楼固体电蓄热采暖应用分析[J]. 第十六届沈阳 科学学术年会论文集. 2019:630-634.