# 蓄能供热采暖技术在建筑采暖中的应用与研究

根据我国北方地区冬季采暖费用较高，且城市电力供应峰谷失调的问题，介绍了一种既经济又可缓解电网峰谷差的蓄能供热采暖技术。在分析了该技术可行性及特点的同时，通过实例比较了蓄能供热采暖和常规采暖方式的优劣，得出了其在采暖费用、效率与电网“削峰填谷”等方面拥有巨大的优势，展望了蓄能供热采暖在建筑采暖市场的前景。

李　腾/江苏省邮电规划设计有限责任公司　张九根/南京工业大学自动化与电气工程学院　毛韵嘉/大连传森科技有限公司

李　腾/助理工程师

关键词/Keywords
蓄能供热采暖技术·
采暖费用·
削峰填谷·
建筑采暖·

我国北方地区冬季采暖用电负荷约占城市总用电负荷的40%，特别是商场、办公楼、体育馆和电影院等已成为高峰用电的主要大户，负荷的峰谷特点更加突出。由于采暖能耗主要集中在上午、中午和下午三个时间区段内，这就使得波浪型电力负荷的高峰更加升高，高峰与低谷之间的负荷差被进一步拉大，由此造成城市电网高峰期电力不够用，低谷期电力用不了的局面。逐年增加的峰谷差给电站的调峰运行带来困难，仅靠电站投入大机组进行调峰已不能满足要求，所以通过用户侧的调节来实现均衡负荷，已成为当务之急[1]。

蓄能供热采暖技术就是针对这种局面而提出并得以应用的。蓄能供热采暖装置将建筑物供暖时所需的全部或部分热量在非供暖时间制备好，通过蓄能技术储存起来供用户需要时使用。当供暖时间和非供暖时间与电网高峰和低谷时间同步时，就可将电网高峰时的供暖能耗转移至电网低谷时使用，达到“削峰填谷”节约电费的目的。

## 蓄热技术

蓄热技术是一种提高能源利用效率的重要技术，主要针对热能或电能的储存，可用于解决热能供给与需求之间的配给矛盾，在电网的“削峰填谷”、余热和废热的回收利用以及工业与民用建筑和空调设备节能等领域具有广泛的应用前景[2]。

现行的蓄热技术主要有三种方式，如表1所示。蓄能供热采暖技术就是根据显热蓄热的相关原理所提出的。

表1　蓄热技术

| 技术分类 | 技术原理 | 技术实例 |
| --- | --- | --- |
| 显热蓄热 | 利用蓄热材料比热较高的特性来存储热量 | 蓄能供热采暖 |
| 潜热蓄热 | 利用蓄热材料在固、液和气三种状态之间相互转变的过程中都要吸收或放出热量的原理 | 冰蓄冷空调器 |
| 化学反应蓄热 | 利用可逆化学反应进行热量的存储 | 太阳能制氢 |

对于我国北方地区来说，常规的电锅炉、电暖器以及电热膜等采暖方式并不具有蓄热功能，使用的同时容易加大城市电网的峰谷差，增加供电负担。蓄能供热采暖技术采用显热蓄热方式，对蓄热材料进行加热，使其温度升高，内能增大，从而将热能储存起来。蓄热能力主要由蓄热材料的密度和比热决定[3]。蓄热材料在蓄热和放热时，材料本身只发生温度的变化，不发生其他任何变化。由此将夜间廉价的低谷电转化为热能储藏起来以供白天使用。



中国知网　https://www.cnki.net

## 蓄能供热采暖技术

目前蓄热采暖主要方式为水蓄热和蒸汽蓄热[4]，两者均存在蓄热密度小、蓄热利用率低和蓄热容器体积大等缺点，且蒸汽蓄热的高压蒸汽还存较大的安全隐患。本文介绍的以固体蓄热合金为载体的蓄能供热采暖，恰好克服了水蓄热和蒸汽蓄热的缺陷。

### 1. 蓄能供热采暖装置简介

蓄能供热采暖装置运行方式如下图所示，主要是以电加热管为加热元件，在夜间用电较为廉价的谷时，将电能转化为热能，把装置内的蓄能固体合金加热至700～800 ℃。其装置表面用多种高科技保温材料保温，停止加热后昼夜损失温度只有十几度[5]。到了白天用户需要进行供热采暖的时候，通过散热系统把热量传给换热器，以可调热风的形式提供给用户使用，从而实现“低谷蓄能、峰时供暖”。

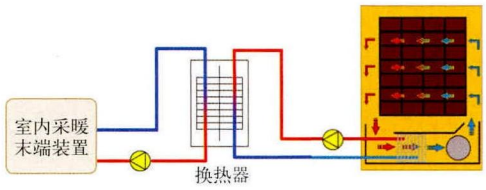


图 蓄能供热采暖装置运行示意图

### 2. 蓄能供热采暖的特点及优势

与我国北方地区目前所采用的采暖方式相比，蓄能供热采暖在蓄热温度、采暖效率以及使用成本等方面都有较大的优势。相比于一般电蓄水锅炉，蓄能供热采暖使用蓄热温度可高达800 ℃的固体蓄热合金为蓄热载体，在保证安全的同时突破了高温蓄热的温度极限；蓄热后一昼夜热量的流失率不足10%，有很好的保温效果，减少能源的浪费；在相同的供暖负荷条件下，蓄能供热采暖装置所占的体积约是普通锅炉的10%～15%，大大减少了占地面积，利于建筑空间的合理利用；蓄热、采暖全自动控制，可依照用户设定任意时段、任意温度放热；使用全过程无排放、无污染，安全隐患极小，且不受地理条件、气候因素等影响。

## 应用实例分析

### 1. 实例概况

目标建筑为辽宁省大连市某旅游度假村，建筑面积约27 000 $m^2$，日采暖时长为24 h，年平均采暖期为135天，采暖平均指标为40 $W/m^2$，日采暖负荷为27 000 $m^2$ × 40 $W/m^2$ × 24 h = 25 920 kW·h。

### 2. 蓄能供热采暖运行方式

根据建筑物的采暖需求、供电负荷和机组的供暖负荷等数据计算，一天内机组蓄能总时间达到7 h，就能提供24 h的采暖负荷。因此在每天夜间7 h的谷电时间进行机组蓄能，此时机组蓄能与放热同时进行，余下的时间段机组只放热。大连市商业用电价格如表2所示。如果偶尔需要增加供暖负荷，可以在平电期进行蓄能补热。

表2 大连市商业用电价格表

| | 时间区间 | 用电价格/［元/（kW·h）］ |
|---|---|---|
| 峰电 | 8:00～11:00<br>17:00～22:00 | 1.319 4 |
| 平电 | 5:00～8:00<br>11:00～17:00 | 0.879 6 |
| 谷电 | 22:00～次日5:00 | 0.439 8 |

### 3. 实际运行与改造前后对比

目标建筑原有采暖设备为液化气锅炉，液化气含热量为23 000 $cal/m^3$，锅炉效率值取85%，则实际含热量为23 000 $cal/m^3$ × 0.85 = 19 550 $cal/m^3$，电的含热量大约为860 cal/（kW·h），通过对比可知每立方米液化气的含热量相当于22.73 kW·h电。每立方米液化气价格为21元，因此理论上液化气锅炉采暖每年成本为25 920 kW·h × 135 × 21元/22.73 kW·h = 3 232 872.86元，考虑到尖寒期等其他情况，计算成本与350万元左右的年实际缴费基本相符。

采暖系统进行改造之后，采暖设备采用蓄能供热采暖机组，蓄能时间选择全谷电蓄能，则年采暖用电费用为25 920 kW·h × 0.439 8 元/（kW·h）× 135 = 1 538 948.16元。考虑到尖寒期等其他情况需要在平电时间进行蓄能补热，而尖寒期日采暖负荷为平时的1.3倍，年平均出现次数大约30天[6]，



中国知网 https://www.cnki.net

则年补热用电费用约为（25 920 kW·h×1.3－25 920 kW·h）×0.879 6元/（kW·h）×30＝205 193.09元。蓄能供热采暖效率值在95%左右，总计年用电费用为（1 538 948.16元＋205 193.09元）/0.95＝1 835 938.16元。

由于篇幅有限，本文只详细列出了蓄能供热和液化气锅炉的采暖年耗费用，其他常规采暖方式年耗费用如表3所示。

表3　目标建筑采暖年耗费用比较

| 采暖方式 | 热源 | 单位价格 | 单位热效率（%） | 年采暖费用/万元 |
|---|---|---|---|---|
| 蓄能供热采暖 | 电 | 0.439 8元/（kW·h）（谷电） | 95 | 185 |
| 液化气锅炉采暖 | 液化气 | 21元/$m^3$ | 85 | 350 |
| 直热式电采暖 | 电 | 见表2 | 98 | 360 |
| 燃煤锅炉 | 煤 | 1 100元/t | 75 | 190 |

由表3可以看出，蓄能供热采暖机组的能耗费用支出较其他三种采暖方式相比是最低的，虽然与燃煤锅炉差异并不明显，但燃煤锅炉在运行过程中还牵涉到煤渣处理费、锅炉工工资和燃煤排污罚款等众多的隐性费用，且燃煤易造成环境污染，因此蓄能供热采暖仍要优于燃煤锅炉。在单位热效率方面蓄能供热采暖与直热式电采暖相比稍有不及，但年采暖费用仅为直热式电采暖的51.4%，采暖费用大为降低。

虽然蓄能供热采暖机组的初期投资较高，但由于其运行费用较低，所以增加的初期投资可以在三年左右得到回收。因此采用蓄能供热采暖不仅能够缓解城市电网的用电峰谷差，同样具有良好的经济效益。

## 结束语

蓄能供热采暖可以充分利用夜间廉价的谷电蓄能以供日常采暖，其应用非常广泛，适合如商场、住宅小区、写字楼、宾馆、学校和医院等所有在短期内规模不会发生较大的变化，同时对采暖需求比较稳定的建筑。

增加蓄能供热采暖的投入对于用户来说可以节省采暖费用、提高采暖效率；对于社会来说使用谷电不仅有利于环保，更有利于解决电网用电高峰负荷过高、峰谷差加大的矛盾，对电网实现“削峰填谷”起到了积极的作用。在不久以后，蓄能供热采暖设备有望替代一部分传统的采暖设备，成为采暖市场普及的大众产品。

参考文献

[1] 周树贵，张九根．基于遗传神经网络的冰蓄冷空调系统负荷预测研究[J]．化工自动化及仪表，2012，39（4）：446-449.

[2] 李竞，吴喜平．蓄冷蓄热技术[J]．上海节能，2005，4：78-82.

[3] 鲍泽威．金属氢化物高温蓄热技术的研究进展[J]．化工进展，2013，31（8）：1 665-1 670.

[4] 杨波，李汛，赵军．移动蓄热技术的研究进展[J]．化工进展，2013，23（3）：515-520.

[5] 毛靖．蓄热式供热机：中国，0284573.9[P]．2010-08-09.

[6] 郭凌云．高温相变蓄热技术在建筑采暖中的应用[J]．暖通与空调，2011，39（245）：9-11.

（收稿日期：2014－02－10）EA

欢迎订阅　欢迎投稿　欢迎刊登广告



中国知网　https://www.cnki.net