

生态住宅自然能源利用系统的研究^{*}

杨森, 施明恒

(东南大学动力工程系, 南京, 210096)

[摘要] 根据目前住宅能源的需求和特点, 论述了发展生态住宅的迫切性, 分别对太阳能集热器——水源热泵系统、太阳能地热能供暖供冷式空调系统、利用地下水的中央空调机组系统、完全自然能源供热制冷系统等几个系统进行技术经济分析, 表明太阳能、地热能作为可再生能源用于生态住宅和建筑中, 具有明显的经济效益、节能效益和环境效益, 有较高的推广价值。

[关键词] 节能; 自然资源; 太阳能; 生态住宅

[中图分类号]TK519;TK529; [文献标识码]A; [文章编号]1008- 1925(2001) 04- 0027- 04

1 生态住宅对能源的需求和自然资源的特点

在我国能源消耗中, 建筑能源占有相当大的比例. 据统计, 我国历年建筑能耗占总能耗的比例是 19% ~ 20%, 平均值为 19.8%. 其中, 用于暖通空调的能耗约占建筑能耗的 85%^[1].

生态住宅是新世纪住宅建设的重要发展趋势, 是可持续发展理论在建筑业上的体现, 是人类解决能源危机、土地危机、环境污染等一系列严重社会问题的重要措施之一. 单一的空调方式已越来越不能满足人们和社会对能源、环境、经济性的需要. 欧美、日本及东南亚的许多国家都在对太阳能、地热能、风能和地下水资源在生态住宅中的应用进行广泛的研究, 出现了自然采暖、自然采光、自然降温的生态建筑. 国内地热辐射采暖供冷、低温辐射电热膜供暖等多种采暖供冷方式也应运而生. 研究生态住宅自然能源利用系统有着十分重要的意义.

太阳能、地热能、风能和地下水资源可充分利用. 大量的数据和现场研究证明, 太阳能集热器的热量可占小型家庭日用热量的 61% ~ 80%, 保守值约占 70%^[2]. 可利用的水体, 包括地下水、河流、湖泊以及海洋, 不仅收集了 47% 的太阳辐射能量^[3], 而且是一个巨大的动态能量平衡系统, 近乎无限的太阳能或地热能存储于其中. 目前这些能源大多是通过水源热泵系统来加以利用的, 即借助压缩机系统, 通过消耗部分电能, 冬季, 把水中的低品位能量取出, 供给室内采暖和空调; 夏季, 把室内的热量取出来, 释放到水中, 以达到制冷的目的. 实践证明它是一项清洁的可再生能源利用技术.

本文将通过对太阳能集热器—水源热泵等系统的分析, 探讨生态住宅太阳能和地热能利用的可行性和经济性.

2 生态住宅供热制冷系统设计方案

^{*} 收稿日期: 2001- 05- 25

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(50078011) 和国家重点基础研究发展规划项目资助(G20000263)

作者简介: 杨森, 1977- , 东南大学动力工程系硕士研究生, 主要从事生态住宅课题的学习与研究.

通讯联系人: 施明恒, 1939- , 东南大学动力工程系教授, 博士生导师, 主要从事传热传质、节能分析的研究.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

如图1所示,生态住宅供热制冷系统由太阳能集热器、辅助加热器、地下水系统和供热供冷末端装置等组成.辅助加热器可选用电动热泵或煤燃气加热器,根据具体需要确定.

2.1 评价系统性能的指标

2.1.1 COP(Coefficient of Performance)

$$\text{COP} = \frac{Q}{N}$$

Q ——系统产冷量; N ——系统轴功率^[4].

2.1.2 HSPE (Heating Seasonal Performance Factor, 美国能源部(DOE)制定的季节性能系数)

$\text{HSPE} = \text{供热季节热泵系统总的制热量} / \text{供热季节热泵系统总的输入能量}$ ^[4]

2.1.3 SEER(Seasonal Energy Efficiency Ratio, 美国能源部(DOE)制定的季节性能系数)

$\text{SEER} = \text{供冷季节空调系统总的制冷量} / \text{供冷季节空调系统总的输入能量}$ ^[4]

2.2 生态住宅供热制冷系统设计方案

由于各方案都是利用太阳能集热器提供生活热水(30~60℃),主要区别在于供热和供冷末端装置的设计上,故本文针对图1分别列出下列方案.

2.2.1 方案一:太阳能集热器——水源热泵系统.供热和供冷末端装置均为风机盘管系统.夏季,地下水流经水源热泵机组提供冷量,同时向室内末端提供冷水.冬季,地下水先经过阀门1和2与换热器换热,再流经水源热泵系统,充分利用太阳能集热器预热;水源热泵系统(见图1中3)将热水送入室内供热.控制切换可通过阀门实现.

2.2.2 方案二:太阳能地热能供暖供冷式空调系统.供热和供冷末端装置为地板供热和供冷系统.夏季,地下水流经埋地盘管,降低室内温度,然后回灌入井.冬季,太阳能集热器和辅助加热器联合供热,提供生活热水,同时加热地下水,地下水流经埋地盘管,提高室内温度,然后回灌入井.控制设备可以动态地调节加热量.

2.2.3 方案三:利用地下水的中央空调机组系统.供热和供冷末端装置为风口.夏季,地下水流经中央空调机组换热器将热量带走,直接送冷风到室内.冬季,地下水流经中央空调机组换热器将地热能带入系统,直接送热风到室内.

2.2.4 方案四:完全自然能源供热制冷系统.供热供冷末端装置为风口.夏季,地下水流经换热器冷却空气,空气通过建筑管井或管道,送入室内.冬季,地下水流经换热器加热空气,热空气通过建筑管井或管道,送入室内,加热量不足时,可以利用太阳能集热器或辅助加热器作为保证.另外,在阳台、室内的围护结构上作一些改进,加强通风效果,充分利用太阳能,并且向室内提供新风.

3 经济技术性比较

3.1 运行特点

方案一:由于温度相对稳定,系统运行更加可靠,不会存在风冷热泵冬季运行的除霜问题.

方案二:低温地板辐射供暖系统具有室内温度均匀、脚感温度高、卫生条件高、热舒适性好、节能、维护使用简便、寿命长、不占室内面积等特点,能够高效地使用各种低品位能源,达到

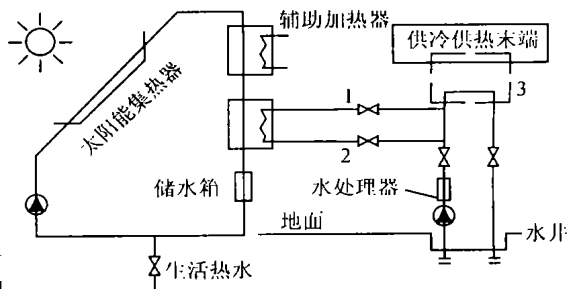


图1 生态住宅供热制冷系统图

节能的效果.

方案三: 由于利用户式风冷热泵型空调送风机组, 表冷器的冷水由地下水提供, 集中产生热(冷)风, 经风道送入各房间室内空调系统, 无水系统, 结构相对简单, 维修方便.

方案四: 系统结构最简单, 操作维修方便, 但制冷供热效果略差一些.

3.2 技术经济性

方案一: 地下水冬季水温为 $12 \sim 22$, 水温比环境空气温度高, 通过太阳能集热器预热还可提高 $5 \sim 10$, 所以热泵的蒸发温度提高, 能效比提高; 夏季为 $18 \sim 35$, 水温比环境空气温度低, 制冷的冷凝温度低, 冷却效果好于风冷式和冷却塔式系统, 机组的效率提高, 制冷和供热的 COP 值可达到 $3.5 \sim 4$.

方案二: 以整个地面作为散热面, 地板在通过对流换热加热周围空气的同时, 还与四周的围护结构进行辐射换热, 使围护结构表面的温度升高, 辐射换热量约占总换热量的 50%. 在沿海地区和高湿度地区效果会降低. 地板供冷在较干燥的地区, 水温可降至 13 而不至于结露, 此时降温效果大大增强^[5]. 由于地板供暖系统与生活热水往往使用同一热源, 可节省设备投资. 这类系统可满足 30% ~ 60% 的采暖和生活热水需要量, 节省 40% ~ 60% 的采暖费用^[5].

方案三: 该方式投资少, 并可引入新风, 利用地热能, 能够实现室内外空气流通, 各房间无温差, 同时利用天然冷热源, 耗电少, COP 值高, 可以作为改善生态住宅的室内气环境与热环境的有效技术手段, 但建筑层高需满足风管布置要求.

方案四: 一次能源利用率高, 节约电能, 耗电为同制冷量空调系统的 35% ~ 65%; 不使用特殊的工质, 不污染环境. 对于冬季日照率较高地区(如长江中下游), 除围护结构的热工设计做一些处理外, 还可减小北向开窗面积, 加大南向开窗面积, 窗墙比达到 55% ~ 60%; 南向阳台封闭作成日光间, 利用日光间采暖, 提高居室热舒适性; 南墙保温结构为 20mm 珍珠岩层粉灰煤, 保温砂浆; 屋顶 120mm 多孔板上设 30mm 钢筋混凝土架空板, 传热系数 $0.87\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$. 经实测, 该建筑南向卧室冬季室温达 $11 \sim 12$, 比常规住宅室温提高 5 左右^[6].

3.3 各系统功耗投资比较

以 $150 \sim 200\text{m}^2$ 单元住宅为例, 按每人热水日消耗量 50L 计, 4 人一户, 冬季热水耗热量和供暖量共计约 45kW, 夏季供冷量约为 25kW. 一般来说, 太阳能集热器所集热量为总供热量的 70%^[2], 冬季和夏季分别按 90 天计算, 以下是各种方案和风冷、水冷热泵系统进行比较的结果, 其中, 功耗和投资费用均为现行市场标准.

表 1 各系统功耗投资比较表

| 系统方案 | 设备名称 | 冬季功耗 (kW) | 夏季功耗 (kW) | 冬季 COP | 夏季 COP | HSPE | SEER | 投资费用 (万元) |
|---------------------|--|--------------|--------------|-----------|-----------|------|-------|--------------|
| 风冷热泵机组 及系统 | 风冷热泵机组 1 台, 风机盘管 4 台 | 2160 | 810 | 2.0 | 3.0 | 0.56 | 2.778 | 4.1 |
| 水冷热泵机组 及系统 | 风冷热泵机组 1 台, 风机盘管 4 台 | 1755 | 765 | 2.5 | 3.3 | 0.69 | 2.941 | 3.6 |
| 太阳能集热器- 水源热泵系统 | 太阳能集热器 1 台, 水源热泵 1 台, 水泵 1 台, 风机盘管 4 台 | 1195 | 585 | 3.2 | 4.5 | 1.11 | 3.846 | 2.9 |
| 太阳能地热能供 暖供冷式空调系统 | 太阳能集热器 1 台, 地板加热盘管系统, 水泵 1 台 | 500 | 450 | 2.1 | 3.0 | 2.43 | 2.77 | 1.8 |

续表

| 系统方案 | 设备名称 | 冬季功耗 (kW) | 夏季功耗 (kW) | 冬季 COP | 夏季 COP | HSPE | SEER | 投资费用 (万元) |
|------------------|---------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-------|-------|--------------|
| 利用地下水的中央空调机组系统 | 太阳能集热器 1 台, 中央空调机组 1 台 | 1483 | 702 | 2. 4 | 3. 2 | 0. 82 | 3. 21 | 2. 5 |
| 完全自然能源 供热制冷系统 | 太阳能集热器 1 台, 小风机 4 台 | 300 | 270 | | | 4. 09 | 8. 12 | 0. 8 |

以上投资费用包括阀门及各类配件、施工费等费用.

4 结论

太阳能、地热能作为可再生能源,完全可以充分利用于建筑中,与建筑合为一体.同时由于利用的是自然能源,没有潜在的环保问题,系统的技术经济性得到提高.

生态住宅太阳能和地热能利用系统方案减少了设备投资费用和运行费用,具有明显的经济效益、节能效益和环保效益,在有条件的地方应积极宣传和推广,优先投入使用.

每一种方案都有各自的特点,用户应根据自己的实际情况,选用合适的方案,尽量做到节能、环保.

[参考文献]

[1] 张国强,龚光彩. 能源、环境与空调制冷[J]. 制冷学报, 2000, (3)
[2] 史蒂文·索莱克. 太阳能与建筑[M]. 北京: 中国建工出版社, 1990
[3] 刘兴中, 范新. 水源热泵系统介绍[J]. 清华同方技术通讯, 2000, (3)
[4] 蒋能照. 空调用热泵技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997
[5] 王子介. 地板供暖及其发展动向[J]. 暖通空调, 1999, 29(6)
[6] 刘强. 城市住宅节能设计与评价[D]: [学位论文]. 南京: 东南大学, 1998

Approaches on the Ecological
Residences System Using Natural Resources

Yang Miao, Shi Mingheng

(Department of Power Engineering, Southeast University, Nanjing, 210096, PRC)

Abstract: In order to save more energy , ecological residences system, which appears as new house technologies, are well-planned to make use of solar energy, geothermal energy, underground water etc. This paper introduces the characters of ecological residences and addresses several possible approaches: the system of a solar collector with water source heat pump; solar water floor heating and cooling system; air-conditioning system using underground water; natural energy heating and cooling system. Based on economical and technical analysis of each system, through the comparison of investment and energy consumption with ordinary heat pump system, it is found that ecological residence system is technically feasible and economically viable.

Key words: energy saving; natural resources; solar energy; ecological residence

[责任编辑: 严海琳]