

文章编号: 1005-0523(2004)05-0080-04

# 别墅建筑中太阳能采暖空调系统的设计研究

何岳山<sup>1</sup>, 潘阳<sup>1</sup>, 奚阳<sup>2</sup>

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 石油大学, 北京 100000)

**摘要:** 结合别墅建筑及其使用特点, 对适合于别墅的几种太阳能采暖空调的各种系统进行分析 and 比较, 并通过北京某实际别墅工程对各系统的初期投资和运行费用等经济性进行分析和比较, 选择了一种在性能上和经济上都比较优越的制冷空调系统形式。

**关键词:** 太阳能; 采暖空调; 地板辐射采暖; 别墅

**中图分类号:** TM343

**文献标识码:** A

## 1 引言

目前, 在利用太阳能进行民用建筑的采暖和空调方面, 利用太阳能的形式多样, 迄今应用较多的是利用太阳能为热源的溴化锂吸收式制冷机组。其形式有: 1) 自然循环式小型吸收式制冷机组; 2) 单级热水型吸收式制冷机组; 3) 双级热水型吸收式制冷机组; 4) 单、双效组合式制冷机组。其中由于双效吸收式制冷机要求太阳能热源温度低( $65^{\circ}\text{C}$ 以上), 利用温差大(达  $12\sim 25^{\circ}\text{C}$ ) 的优点而被许多实际工程中所采用。1993年, 350 kW 热水型两级溴化锂吸收式制冷机已由广州能源研究所研制成功, 并投入实际使用。

本文结合别墅建筑及其使用特点, 分别对适合于别墅的几种太阳能采暖空调的各种系统进行分析 and 比较, 并通过北京某实际别墅工程对各系统的初期投资和运行费用等经济性进行分析和比较, 以选择一种在性能上和经济上都比较优越的制冷空调系统形式。

## 2 别墅建筑特点及使用特点

别墅建筑特点: a) 别墅建筑面积较小且具独立性, 通常别墅建筑为 2 至 3 层单元式建筑, 单元建筑面积为  $150$  至  $300\text{ m}^2$  左右; b) 别墅建筑结构简单, 外形富于变化, 多样; c) 别墅建筑的太阳照射条件好。别墅建筑与其他住宅或商用建筑相比, 建筑高度要低得多, 并且别墅周边空间大, 在自然光利用方面条件优越。

别墅采暖空调使用特点: a) 由于别墅的建筑面积较小, 人均使用建筑面积大, 因而制冷空调负荷较小, 一般在  $12\text{ kW}$ — $30\text{ kW}$  之间。b) 采暖空调舒适性要求较高, 并要求提供卫生热水。c) 太阳能采暖与太阳能集热在时间上存在交错性。太阳能集热器的集热时间主要在白天( $8:00$  至  $17:00$ )。而采暖空调的使用时间还包括晚间( $17:00$  至次日  $8:00$  间的 15 小时)。因此, 要求有足够的蓄热箱将太阳能集热热水进行蓄热(冷)以供晚间采暖空调。

收稿日期: 2004-05-27

作者简介: 何岳山(1974-), 男, 湖北赤壁人, 华东交通大学土建学院在读研究生。

中国知网 <https://www.cnki.net>

### 3 太阳能采暖空调系统及经济分析

从目前大量别墅采暖空调形式上来看,在南方地区起主导地位的还是传统的风冷热泵机组,这种形式具有设备投资少,系统结构简单,操作维护方

便等优点.但是,冬季运行制冷系数低,且存在结霜的问题而致使系统无法运行.本文从充分利用太阳能资源,以节约现有电力资源的角度,提出了几种适用于别墅的太阳能采暖空调系统,其构成和系统特点如表1所示.

表1 适用别墅的太阳能采暖、空调系统分析对比

序号	各系统特点分析	热水地板辐射采暖系统	小型吸收式制冷系统	太阳能热泵系统	地板辐射直接供暖和热泵组合系统
1	系统原理、构成	由太阳能集热器,蓄热装置,辅助加热器以及地板辐射管构成,如图1所示	利用太阳能集热器制得热水来代替传统用蒸汽或锅炉热水作为制冷机组所需的热源,如图2所示	由空气式太阳能集热器和热泵机组组成.集热器预热进入蒸发器(冬季运行)的空气,使空气加热至15℃左右以便热泵正常运行,如图3所示	根据蓄热水箱出水温度选择不同的采暖、制冷形式:1)当水温在45℃以上,采用地板辐射采暖;2)水温在小于45℃,采用水冷热泵供暖;3)风冷侧作为辅助蒸发器使用,如图4所示
2	系统优点	1)供水温度低(45℃以上),普通平板太阳能集热器也能满足要求;2)回水温度差较大,太阳能利用率较高;3)系统简单,控制方便;4)并且冬季采暖舒适度高.	1)冬夏季都能充分利用太阳能,设备利用率高;2)供暖系统设计简单,控制方便;3)机组噪声及振动小.	1)空气被预热至较高的温度,使热泵机组能在较高的制热系数下运行,节约能源;2)系统简单,控制方便.	1)结合热水地板辐射采暖系统的诸多优点;2)利用较高温度的太阳能热水作蒸发器侧热源,大大提高了制冷机组的制热效率;3)不需要另设辅助锅炉;4)系统运行可靠;5)使用舒适度高.
3	不足之处	1)为了保证系统的可靠性,需另设辅助锅炉;2)夏季设备闲置,利用率不高;3)还需另设夏季供冷系统.	1)为了保证系统的可靠性,需另设辅助锅炉;2)制冷机构造复杂,国内尚未有小型吸收式制冷的商业生产.	1)由于别墅的使用特点的原因,须设水箱储存部分机组日间制得的热水,并会有部分热损失;2)夏季设备闲置,利用率不高;	1)系统控制较为复杂;2)夏季集热器闲置,造成设备利用率不高.
4	初期投资	较大(地板辐射+夏季制冷投资)	大(主要是制冷机组投资)	小	较大
5	运行费用	冬季运行费用低.	冬夏季运行费用均低.	冬季运行费用较低,夏季运行无异.	冬季运行费用低.
6	应用情况	欧美、日本和韩国等发达国家得到了广泛的应用.	国内应用都比较少,日本有少量应用.	国内外应用都比较少.	国内外应用都比较少,本文工程实例采用.

### 4 实际工程设计

别墅位于北京市,共2层,总建筑面积为150平方米.总采暖热负荷为10 kW,冷负荷为15 kW.

#### 4.1 北京太阳能资源

我国太阳能资源可分布四个太阳辐射带.北京位于北纬39度57分,属于太阳能资源较丰富地区(II),全年太阳总辐射量为5400 MJ/(m<sup>2</sup>·a),冬季采暖

期太阳总辐射量1530 MJ/(m<sup>2</sup>·a),采暖期日平均太阳辐射量10.5 MJ/(m<sup>2</sup>·d).日照时间为2800小时/年,日照率最高值出现在冬季12月至次年2月份<sup>[4]</sup>.

#### 4.2 系统设计

为了满足别墅舒适度和业主要求,在采暖、空调的末端形式上,冬季采用地板辐射采暖;夏季采用盘管风机供冷的方式.对于制冷空调系统的选择上,结合别墅建筑和使用特点,主要从系统初期投资和其运行费用等方面作综合的评价(表2).通

过比较,决定采用地板辐射直接供暖和热泵组合系

统.如图4所示.

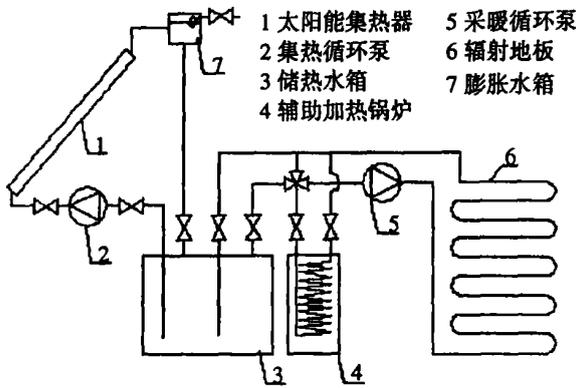


图1 热水地板辐射采暖系统

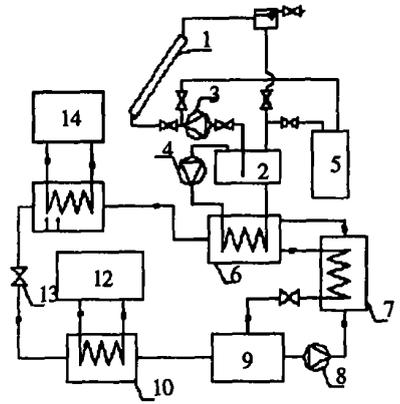


图2 小型吸收式制冷系统

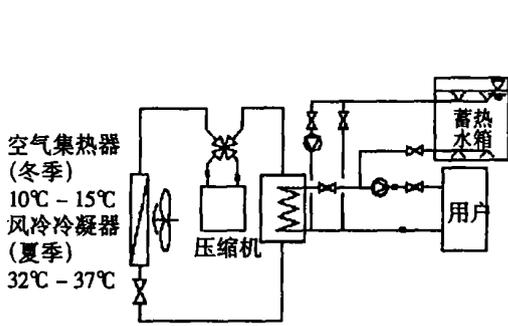


图3 太阳能热泵系统

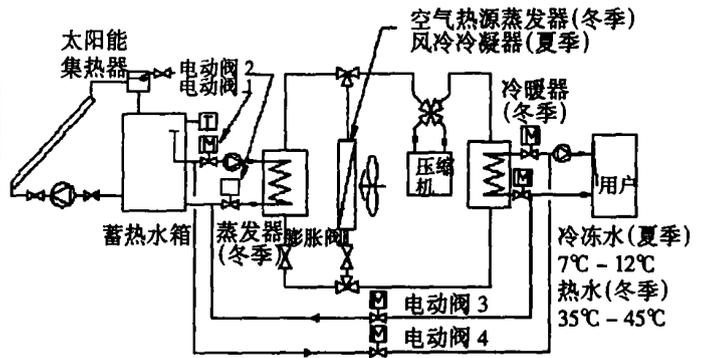


图4 地板辐射直接供暖和热泵组合系统

### 4.3 系统控制方案

如图4所示,冬季供暖时,当水温在45℃以上,关闭电磁阀(1、2),开启电磁阀(3、4),采用太阳能热水地板辐射采暖方式;2)当水温在小于45℃,大于室外空气温度并大于5℃时,关闭电磁阀(3、4),开启电磁阀(1、2)采用水冷式热泵供暖,此时由于热源温度高,制冷机制冷系数很大,达到节能的目的;3)风冷侧作为辅助蒸发器使用;夏季供冷时,电磁阀1、2、3、4关闭,采用风冷式冷水机组制得冷冻水为用户供冷。

### 4.4 卫生热水系统

当冬季利用太阳能时,考虑卫生热水的水质不受供热系统二次污染,供热水系统与采暖系统分开运行.为了最大利用太阳能加热低温水,卫生热水集热方式采用变温集热.同时为了保证能供应用户所要求的水温,用电加热器加以调节.在夏季,为了利用闲置的采暖系统集热器产生热水以供生活用,将两系统的热水系统连通。

### 4.5 集热器

集热器选用平板集热器,按冬季最大采暖负荷和卫生热水负荷进行配置.采暖和热水系统的太阳能集热器的安装角度为60度<sup>[5]</sup>,正南安装,冬季十一月至次年二月日平均得热量14541 kJ/d·m<sup>2</sup>.总的太阳能集热器设计布置面积为46 m<sup>2</sup>,日平均总集热量668866 kJ,用于卫生热水的集热器面积为8 m<sup>2</sup>,日平均集热量116325 kJ,可提供50℃热水700升;用于采暖空调系统的集热器面积为38 m<sup>2</sup>.日平均集热量5525427 kJ,基本满足一天大部分时间采暖负荷要求。

### 4.6 经济运行方案

由于北京实行分时电价政策,在白天高电价时,以太阳能热水地板辐射采暖,同时借助储热水箱的作用,采暖周期也可延续至深夜;当水箱水温不能满足负荷要求时,采用水源热泵运行方案,此时,不仅制热效率高,而且电价处于谷值,达到运行经济的目的。

表2 北京某别墅制冷空调经济评价(万元)

序号	评价项目	风冷热泵系统	地板辐射采暖+风冷冷水机组各自独立系统	小型吸收式制冷系统	太阳能热泵系统	地板辐射直接供暖和热泵组合系统
1	初期投资组成	热泵机组(3.5) 地板盘管(2.8) 末端盘管(0.9) 辅助电加热器(0.6) 水泵(1.2) 其他(3.0)	平板集热器(2.8) 冷水机组(2.4) 辅助锅炉(1.4) 地板盘管(2.8) 末端盘管(0.9) 水泵(1.2) 其他(3.0)	平板集热器(2.8) 吸收式制冷机 地板盘管(2.8) 末端盘管(0.9) 水泵(1.2) 其他(3.0)	空气集热器(1.3) 热泵机组(3.8) 地板盘管(2.8) 末端盘管(0.9) 辅助加热器(0.6) 水泵(1.2) 其他(3.0)	平板集热器(2.8) 热泵机组(3.7) 地板盘管(2.8) 末端盘管(0.9) 水泵(1.2) 其他(3.0)
2	初期投资总量	11.8 万元	14.5 万元	—	13.1 万元	14.4 万元
3	年平均采暖费用	0.49 万元	0.3 万元	0.28 万元	0.42 万元	0.24 万元
4	年平均供冷费用	0.52 万元	0.52 万元	0.25 万元	0.52 万元	0.47 万元
5	年平均总运行费用	1.1 万元	0.82 万元	0.53 万元	0.94 万元	0.71 万元
6	增加成本回收年限	对比基准	9.6 年	—	8.1 年	6.7 年
7	备注	未考虑分时电价因素	未考虑分时电价因素	国内无此类制冷机生产	未考虑分时电价因素	未考虑分时电价因素

## 5 结论

建筑节能并利用新型能源是近年来世界建筑发展的一个方向,也是当代建筑科学技术的一个新的生长点.随着近年来对太阳能制冷空调设备和技术的开发,一些技术成果的不断涌现,以及在实际工程中应用的成功,已经显示出了其巨大的市场前景和无限的商机.太阳能制冷空调在别墅建筑中的应用是随着别墅的大量涌现而出现的,它也是非常具有市场潜力的.对适用别墅的采暖空调系统产品开发,如小型吸收式制冷机组的开发,和生产成本的

下降是目前设备生产厂家急需解决的问题.同时,系统初期成本和系统运行费用的最小化是我们暖通设计者不断需要追求的目标.

### 参考文献:

- [1] [日]田中俊六 著,林毅,王荣光,程慧中 译.太阳能供冷与供暖[M].北京:中国建筑工业出版社,1978.
- [2] 郭廷玮,李安定,王焕义.太阳能的利用和前景[M].北京:科学普及出版社,1984.
- [3] 徐培富.国内太阳能热利用简况[J].能源工程,2002.
- [4] 方荣生,等.太阳能应用技术[M].北京:中国农业机械出版社,1985.
- [5] 钱思洁.关于太阳能系统设计[J].安徽建筑,1998,5.

## Design and Research on Applying Solar Energy to HVAC System in Villa Building

HE Yue-shan<sup>1</sup>, PAN Yang<sup>1</sup>, XI Yang<sup>2</sup>

(1. East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Petroleum University, Beijing 100000, China)

**Abstract:** Combined with the characteristics of villa building, some HVAC systems with solar energy that are suitable for the villa building are analyzed and compared in this paper. And, in order to choose a best project that can be available for a villa building in Beijing, comparisons among those systems on the investment and running cost are also carried out.

**Key word:** solar energy; HVAC (heating, ventilating and air conditioning); floor radiation heating; villa