



一种适用于北方农村地区的新型户用型太阳能采暖系统

■ 夏茂国*

天行健国际招标(北京)有限公司辽宁分公司 ■ 关颖

摘要: 介绍了一套采用实用新型防冻技术的户用型太阳能采暖系统。该系统是根据北方农村地区的气候特点所研发,以结构简单、成本低、效率高、易维护、易操作为设计标准,具有很强的低温适应能力,可适用于绝大多数普通家庭。经实际运行测试,该系统完全达到了预期效果,在北方农村地区具有很大的推广空间。

关键词: 北方农村;太阳能采暖;防冻;户用型

0 引言

随着我国农村经济建设的快速发展,北方寒冷地区农村能源问题日益凸显。燃烧秸秆、木材等传统的采暖方式已不能满足人们当前的生活需求;同时,煤炭已在燃料家族中占据重要位置,其燃烧加重了环境污染,空气质量变差。以上状况是当今大多数北方农村地区所面临的问题,因此改善居住环境,提高生活质量正在为人们所关注。

太阳能作为一种清洁、环保、廉价、取之不尽的可再生能源正逐步走入人们的生活,太阳能采暖作为太阳能利用的一种直接且有效的方式,可以免费为广大北方农村地区家庭提供全年生活所需的大部分能量。但现阶段要想大力推广、普及农村户用型太阳能采暖系统,还有很多问题需要解决。现阶段我国北方农村地区太阳能采暖技术的发展尚处于初级阶段,现有的一些太阳能采暖系统的设计并不能很好地适用于复杂而多样化的北方农村家庭,系统成本高、系统结构相对复杂、房屋结构多样化、受众人群不同、生活习惯

不同、农村人口经济收入偏低等诸多问题,都直接影响太阳能采暖技术在北方农村地区的推广与发展。

本文通过辽宁省沈阳市法库县一农村的实际案例,详细介绍了一种采用实用新型防冻技术的适用于北方农村地区的太阳能采暖系统(下文将此系统命名为“太阳能1号系统”)。该系统的应用大幅提高了太阳能采暖系统在低温环境下的适应能力,最大限度地降低了系统成本与系统能源消耗,简化了操作和控制过程,良好地解决了我国北方农村地区在发展太阳能采暖系统过程中遇到的诸多问题,成为现阶段实用且具有普及价值的农村户用型太阳能采暖系统。

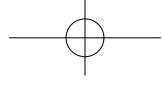
1 太阳能采暖系统的要求和标准

1.1 要求和标准

太阳能采暖系统的要求和标准,实际上就是消费者的要求和标准,最基本的要求即为系统的成本与实用性。一套好的实用的太阳能采暖系统

收稿日期:2018-11-28

通信作者:夏茂国(1971—),男,主要从事电子维修、单片机应用开发、太阳能中温热应用技术开发与推广方面的工作。942737585@qq.com



不仅需要具有优良的性能,还需要与消费者的生活习性、经济水平相适应。此外,在我国现阶段的农村人口当中,中老年人口占有相当大的比例,且其中大部分人的文化水平相对较低,学习能力和操作能力差,基于此,太阳能采暖系统应具有简单的操作控制方式。这些标准和特征是户用型太阳能采暖系统发展普及的基础,是必须具备的条件。

1.2 北方农村地区发展太阳能采暖系统的要点

从地理位置来看,我国北方农村地区所处纬度较高,一年四季冷暖分明。夏季阳光充足,天气炎热;冬季气候寒冷,日照强度低且时间短,这给太阳能采暖系统在该地区的发展和推广造成了诸多难题。例如,为解决系统的冬季防寒问题增加设备和配件,会导致成本和能耗的增加,同时还会给使用者带来操作控制方面的复杂性和不便利性。

实际上,开发实用的农村户用型太阳能采暖系统所面临的根本问题在于系统的防冻和热效能问题。具有较高热效能的系统可以保证冬季有限的太阳光得到充分、有效地利用,减少辅助能源的消耗;系统的防冻问题则更为重要,其直接决定了系统的结构、性能、成本与运行方式,是制约北方农村地区太阳能采暖系统普及与发展的重要因素。

2 太阳能1号系统的基本结构及性能特点

2.1 系统的基本结构

太阳能1号系统的基本结构主要由实用新型太阳能集热器、高效节能型水暖炕(床)、水空调、电暖两用型热水器、辅助能源设备、控制系统6部分组成。

2.1.1 实用新型太阳能集热器

太阳能集热器在太阳能采暖系统中担负着采集太阳热能的任务。在太阳能资源匮乏的冬季,太阳能集热器的热采集率、水容量、保温性能、防冻性能等因素会直接影响采暖系统性能的好坏和结构的复杂性。尤其是集热器的冬季防冻性能

更为重要,其直接关系到系统的结构、成本、能耗和热效能等。在太阳能1号系统中,结合北方农村地区冬季气候特点,采用综合性能较优异的实用新型真空管太阳能集热器作为太阳能热采集设备;由于其内部容水量较大,还可兼作系统的热能存储设备。

实用新型太阳能集热器采用了一种常规物理设计方案,其在现有的太阳能集热器水箱结构基础上,重新设计了进水口和出水口,并增加了一个新的专用部件。这一实用新型太阳能集热器通过一定的连接方式与室内采暖系统相连接,使系统实现常规的自动防冻功能。该技术已向国家知识产权局提交了发明专利申请。

2.1.2 高效节能型水暖炕(床)

受地理位置和气候的影响,火炕对于我国北方农村地区的家庭而言是一种重要的采暖方式,其一年中除夏季之外,春、秋、冬3季都需要消耗大量的热能,是我国北方农村地区家庭一年中耗能最大的采暖设施。目前,北方农村地区家庭中的火炕基本都是通过烧柴的方式来获取热能。

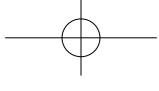
太阳能1号系统中的高效节能型水暖炕(床)是一款舒适、高效、节能型的生活采暖设施,同传统火炕一样,其除具有独特的温度变化曲线之外,还具有升温快、热量分布均匀、热而不燥、睡眠舒适的特点;并且其彻底改变了火炕热能的给予方式,结束了长年因烧柴和维护火炕所带来的繁琐劳动;由此可拆除灶台大锅,使厨房不再脏乱,人们的生活环境也变得洁净和舒适;且腾出来的空间可作为客厅、饭厅、洗澡间等。这一变化无疑是北方农村地区人们在生活质量和生活方式上的一个标志性转变。

2.1.3 水空调

水空调的优点是节能环保、价格低、热效率高。它的采用可在减少能源消耗、降低投入成本、提高舒适度等方面起到一定作用。

2.1.4 电暖两用型热水器

电暖两用型热水器承担着家庭生活中全年



的厨房和浴室的热水供应。其热能来源可完全由太阳能采暖系统供给，电加热方式只是在极少的特殊情况下使用。由于采暖系统为热水器加热的方式优于电加热方式，一年可节省大量电能；同时，这种加热方式还可以减少热水器内部水垢的产生，延长热水器的使用寿命。

2.1.5 辅助能源设备

辅助能源设备是现阶段太阳能采暖系统中必不可缺的能源供给设备，其是在太阳热能供给不足的情况下，用以补充系统所需热能。在当前采暖领域中，辅助能源设备有电锅炉、燃气锅炉、生物燃料锅炉、柴煤锅炉等多种设备可供选择。在设计采暖系统时，可以结合国家相关政策，并结合不同地区、不同家庭的实际情况，选择合适的辅助能源设备。

2.1.6 控制系统

控制系统是太阳能采暖系统的核心之一，其采用的控制方式及控制的复杂性与系统的结构设计相互制约、相互影响。控制系统开发周期较长，要根据一年四季的气候特点，结合人们在不同季节的生活习性和生活方式，对系统进行实际运行测试，并在测试中不断优化和改进，最终形成性能优异、稳定，且实用价值高的控制系统。

太阳能1号系统是一种精简式结构设计，在操作控制方面采用“自动运行+手动干预”的设计方案，通过控制器对太阳能集热器内部水温进行全年实时监控。在寒冷的冬季，太阳能采集量是有限的，合理的控制方式可以充分利用太阳能集热器采集到的有限热能，降低辅助能源消耗，提高系统的热效能。

2.1.7 其他室内采暖设备的选择

在太阳能采暖系统中，室内采暖设备的选择可直接影响整个采暖系统的性能和采暖效果。要结合实际情况和实际需求，合理选用高效节能型设备，这样可以充分减少能源消耗，提高系统整体的热效能。

2.2 系统的性能特点

太阳能1号系统中未设置独立的储热设备，

集热器内部也未设置防冻电加热器，集热器的室外上、下水管也无需安装电伴热带。系统整体采用一种简单而有效的低成本设计，高效、节能、低成本和操控简单是该系统的主要特点。

在太阳能1号系统中，太阳能集热器与室内采暖设备之间的热交换采用简单而有效的直接热交换方式，可大幅提高系统的热效能。当控制器检测到集热器内部水温接近沸点时，便会启动太阳能增压循环水泵，把室内采暖系统内的低温水经上水管导入至集热器水箱底部，同时集热器水箱上面温度较高的水便会经上部出水口流出，经回水管流入室内采暖系统，并根据需要将热水直接导入室内相关采暖设施，完成相应的热交换。当集热器内部水温降至设定的停止温度时，增压循环水泵停止工作，此时集热器上、下水管内的水会在重力作用下自动排空，完成上、下水管的防冻过程。由于太阳能集热器与室内采暖系统的热交换是双向的，可根据实际需要降低或升高集热器内部水温，以达到防止集热器高温或防冻的目的。

3 实际案例测试

3.1 测试说明

针对本文设计的太阳能1号系统，选择沈阳市法库县农村地区一座典型的3间老式建筑进行实际测试。

测试时间：2017年10月~2018年10月。

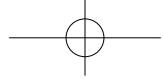
房屋状况：老式塑钢门窗，无外墙保温，整体保温性能一般；采暖面积为90 m²。

3.1.1 原有的传统采暖系统的基本配置

原有的传统采暖系统的基本配置包括：传统火炕2铺，总面积为14 m²；1.5匹水空调2台；钢制16柱暖气片2组；供热面积为120 m²的三回程反烧型燃煤锅炉1台；100 W循环水泵2台；温控器2个。

3.1.2 将传统采暖系统改为太阳能1号系统所需投入的资金

1) 新增设备：新增实用新型真空管太阳能集



热器 2 组，总面积为 13 m²，内部总容水量约为 200 L；160 W 增压水泵 2 台；中央控制器 1 台；80 L 电暖两用型热水器 1 台。

2) 需改造的设备：传统火炕改为水暖炕，仍是 2 铺，总面积为 14 m²。

经核算，以上新增及改造设备的资金投入总额约为 5000 元。

3.2 实用新型太阳能集热器及其上、下水管冬季防冻性能测试

1) 测试时间：2017 年 12 月~2018 年 3 月。

2) 测试地点：辽宁省沈阳市法库县登仕堡镇达连屯村。

3) 系统的设备及材料配置：采用实用新型太阳能集热器；集热器的上、下水管采用普通 PPR 热熔管；内部介质为普通生活用水。

4) 安装配置：集热器水箱内无电热装置，上、下水管为裸管安装方式，无伴热带，无外加保温材料。

5) 测试结果：测试期间太阳能 1 号系统运转供热正常；内部介质无冻结；集热器的上、下水管无冻结。

3.3 2 种采暖方式的测试结果对比

表 1 为全年分别应用传统采暖和太阳能 1 号系统这 1 种采暖方式的测试结果对比。

表 1 2 种采暖方式的测试结果对比

项目	传统采暖	太阳能 1 号系统
非供暖期供暖方式	火炕燃柴供暖	太阳能供暖
冬季采暖方式	火炕燃柴 + 燃煤锅炉	太阳能 + 燃煤锅炉
浴室、厨房热水供应	无	有(全年)
排放期	全年(燃柴或燃煤)	12 月 1 日~次年 2 月 15 日(燃煤)
冬季室温 /°C	17~23	17~23
采暖炕温度 /°C	28~65	30~55
燃煤热值 /kJ·g ⁻¹	27.2	27.2
煤炭用量 /t	2.5	1.0
厨房环境状态	油烟、灰尘污染严重	无油烟、灰尘污染

从表 1 可以看出：

1) 从太阳能 1 号系统全年运行测试结果来看，可以把全年的供暖过程分成 2 个阶段。第 1 阶段是从每年的 2 月 16 日~11 月 30 日，这个阶段为“零排放期”，此阶段人们生活中的供热、供暖可全部由太阳能集热器供给。第 2 阶段是从该年的 12 月 1 日~次年的 2 月 15 日，此阶段为“非零排放期”，这个阶段的供热、供暖需要由“太阳能集热器 + 辅助能源”共同完成。实际上，这个“非零排放期”并不是绝对的，在某种情况下可以转为“零排放期”，这主要取决于系统采用何种辅助能源设备。

2) 从对比来看，太阳能 1 号系统较传统采暖方式可节省燃煤约 1.5 t；并且其保证了厨房和洗澡间在不需要消耗电能的情况下全年都有热水供应。

3) 火炕改成水暖炕，温度更加均匀舒适，实现了全自动太阳能供暖模式，并且结束了由传统采暖方式所带来的繁琐劳动和设施维护过程，改变了人们传统的生活方式，提高了生活质量，同时在一定程度上解放了生产力。

4) 太阳能 1 号系统解决了常规生活采暖方式不能与当今农业机械化发展进程相适应的问题。北方农村大部分地区都是以种植玉米为主，由于受传统生活、家庭经济状况等因素的影响，在农业机械化的今天，玉米秸秆仍然是绝大多数农村家庭全年生活采暖的主要燃料。然而，随着农业机械化的快速发展，秋季玉米的收获方式基本是以机械化收割为主，但这会导致玉米秸秆被粉碎；此外，乡村养殖业的快速发展，加大了对秸秆饲料的需求。这些因素导致很多家庭在生活采暖燃料的储备上出现了困难。太阳能 1 号系统的应用改变了人们的生活采暖方式，结束了燃烧秸秆的历史，解决了这一矛盾问题，有利于促进农业生产和农村经济更好、更快地发展。

(转第 20 页)

表 2 分别采用蓝膜及黑铬 2 种膜层的集热器
出现质量问题的占比情况

膜层类型	集热器总数量 / 台	出现质量问题 数量 / 台	出现质量问 题的占比 / %
蓝膜	3780	292	7.7
黑铬	3868	3	0.1

从表 2 可以看出, 蓝膜的耐候性问题是研究和技术改进的主攻方向。从调研结果来看, 蓝膜要达到目前普遍采用的黑铬膜层的寿命还需要突破性的技术进步。

5 结论

本文在调研了平板型太阳能集热器蓝膜选择性吸收涂层的生产和使用现状, 并分析了其存在的问题后发现: 国内平板型太阳能集热器厂商占据了世界市场的较大份额, 其核心材料蓝膜从严重依赖进口, 现已发展到自主生产、自主研发生产设备。蓝膜生产企业已不再局限于原有业务, 开始向产业链下游的平板型太阳能集热器进行布局。蓝膜膜层的耐候性在未来一段时期内仍将继续存在, 需要突破性的技术进步来解决。

参考文献

- [1] 国内蓝膜涂层研究获新进展 [J]. 表面工程资讯, 2012, (6): 15.
[2] 谢光明. 太阳能光热转换的核心材料——光谱选择性吸收

(接第 73 页)

4 结论

太阳能 1 号系统是一套具有较高性价比的北方农村地区户用型太阳能采暖系统。该系统以实用新型太阳能集热器为核心技术, 简化了系统整体结构和控制过程, 降低了系统成本和能源消耗, 并提高了系统热效能。它的成功应用标志着在发展普及北方农村地区户用型太阳能采暖技术、改善并提高北方农村家庭生活质量、推动北方农村经济建设、实现北方农村无烟化的国家战略目标的道路上迈出了坚实的一步。

- 涂层的研究与发展过程 [J]. 太阳能, 2009, (z1): 22 — 24.
[3] 新浪地产. 平板太阳能吸热板镀膜技术现状与市场分析 [EB/OL]. http://news.dichan.sina.com.cn/2013/09/10/866579_all.html, 2013-09-10.
[4] 蓝膜集热器使用 30 年不再是梦! [EB/OL]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_50c373820102vntg.html, 2015-05-12.
[5] 马涛, 叶卫平, 程旭东, 等. 等离子喷涂法制备黑铬太阳能选择性吸收涂层 [J]. 材料导报, 2012, (2): 63 — 66.
[6] 平板太阳能集热器板芯涂层蓝钛镀膜技术探讨 [EB/OL]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_6351e755010116or.html, 2011-11-28.
[7] 宋志平. 北新房屋的五大优势 [J]. 中华民居 (月上旬版), 2014, (11): 28 — 39.
[8] 阮广福. 氮掺杂二氧化钛薄膜的制备及其光催化特性的研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2007.
[9] 平板太阳能集热器板芯涂层蓝钛镀膜技术探讨 [EB/OL]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_6351e755010116or.html, 2011-11-28.
[10] 孙艺霞, 张敏, 高立峰. 平板太阳能集热器技术问题浅析 [J]. 河南科技, 2013, (20): 128.
[11] 高立峰. 新型太阳能平板集热器研制及与建筑一体化应用研究 [D]. 济南: 山东大学, 2013.
[12] SUN&WIND ENERGY. bluetec-now-belongs-alanod [EB/OL]. <https://www.sunwindenergy.com/solar-thermal/bluetec-now-belongs-alanod>, 2014-04-03.
[13] SUN&WIND ENERGY. Out of the laboratory and into the world [EB/OL]. <https://www.sunwindenergy.com/news/out-laboratory-and-world>, 2013-11-20.
[14] 国家科技支撑计划“太阳能高品质吸收膜与平板集热器关键技术研发”项目通过验收 [EB/OL]. <http://cnste.org/html/jiaodian/2018/0807/3592.html>, 2018-08-07.
[15] 刘文钊. 企业转型发展平板太阳能切忌一哄而上 [EB/OL]. http://blog.sina.com.cn/s/blog_8260d1cc0100sdby.html, 2011-07-18.
[16] Global solar thermal energy council. World's largest flat plate collector manufacturers in 2017 [EB/OL]. <https://www.solarthermalworld.org/news/worlds-largest-flat-plate-collector-manufacturers-2017>, 2018-03-19. **太阳能**

参考文献

- [1] 潘晋, 孟杨. 我国北方农村太阳能采暖研究 [J]. 建设科技, 2015, (6): 76 — 78.
[2] 中国太阳能产业资讯. 北方农村冬季采暖之太阳能 + 空气源热泵 [EB/OL]. http://www.sohu.com/a/238649349_99904970, 2018-06-30.
[3] 中国太阳能产业资讯. 专家“会诊”: 直剖农村户用太阳能采暖七大痛点 [EB/OL]. http://www.sohu.com/a/139327952_676308, 2017-05-09.
[4] 竞峰, 王婧, 张旭. 寒冷地区太阳能炕采暖系统 [J]. 低温建筑技术, 2006, (3): 113 — 114. **太阳能**