

文章编号:1674-2869(2013)07-0070-06

太阳能在智能建筑中的应用

鄂 青, 於雨庭

(武汉工程大学理学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:为了降低建筑物内耗,减少环境污染,介绍了太阳能为建筑的采暖供热、制冷、发电、采光、调湿和通风等系统提供能源供给的方法.首先介绍了 7 种太阳能技术在智能建筑中具有代表性的应用组成,然后,提出了在智能建筑中对太阳能应用系统应实施集中式中央管理,最后,指出了太阳能应用于智能建筑时应注意的问题.通过分析比较发现:太阳能应用到智能建筑中,使智能建筑在自动和便利的基础上更绿色节能,但是,由于各地能源结构的差异,太阳能在智能建筑中的应用会受到地域等因素的影响;具体操作中,除了要求控制过程的自动化外,还应注意设备与建筑的一体化及系统管理的集中化问题.

关键词:太阳能;智能建筑;节能

中图分类号:TK519

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.07.014

0 引 言

随着科技的发展以及生活水平的提高,人们开始追求高效便捷的生活方式,使得具备一体化和自动化特点的智能建筑 IB (Intelligent Buildings) 应运而生.绿色节能是当今的时代主题,而智能建筑这种以楼宇自动化系统 BAS (Building Automation System) 为主的高耗能结构面临着严重的挑战.在对智能建筑节能方法的各种研究^[1-6]中,以太阳能在智能建筑中的节能运用技术最为成熟.太阳能取之不尽、清洁无污染,且各种太阳能技术的研究已比较完善,其与智能建筑的结合在节能减排的同时也保证了建筑的可持续发展性.

智能建筑中,太阳能主要用于耗能最多的楼宇自动化系统.其应用主要包括:太阳能生活热水、太阳能通风、太阳能供暖、太阳能制冷、太阳能空调、太阳能发电和太阳能照明.

1 太阳能生活热水系统

太阳能热水系统是太阳能利用最成熟的技术.其结构包括:太阳能集热器、蓄热水箱、补水箱等,如图 1 所示.集热器收集太阳能辐射热后,将热能储存在集热器内的传热工质中,通过自然循环(密度差作用)或机械循环(水泵)将水箱中的水送到集热器吸热,从而获得生活热水^[7].该系统的

控制过程为:利用传感器感知储热水箱的水温高低,从而控制太阳能集热器的角度和曝光面积,或控制辅助加热设备的启、停.这些控制器的控制指令来自于集中的中央管理系统.智能建筑太阳能热水系统常采用建筑设备一体化的小体积平板集热板,不仅可在平屋顶上使用,而且可用于坡面屋顶,甚至可在阳台上代替阳台栏板来使用;大体积的蓄热水箱则可放在室内大空间角落,如阳台顶、坡屋顶的三角空间^[8]等.

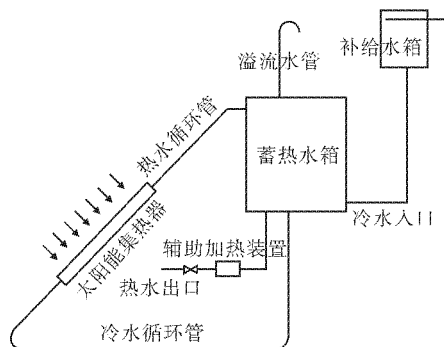


图 1 太阳能热水系统连接管网

Fig. 1 Connected network for solar water heating system

2 太阳能通风系统

太阳能通风系统的工作原理是热压烟囱效应.太阳能加热空气使得室内外或者室内不同高度处的空气温度不同而产生压力差.温差越大热压作用越明显.建筑上部设高温空气的出风口;建筑底部设低温空气的进风口;为了加速空气的流

收稿日期:2013-05-04

基金项目:武汉工程大学青年科学基金(Q201109)

作者简介:鄂 青(1978-),女,湖北武汉人,讲师,硕士.研究方向:热声制冷机及制冷装置自动化等.

动,常常加上风机.太阳能通风系统结构很简单,要求建筑在建设的时候就考虑到通风要求,如将竖直楼梯间作为由上到下的贯穿烟囱、设地道通风等^[9].这里以智能建筑中的特隆布墙为例对太阳能通风系统的工作过程进行说明,如图2所示.在夏季或室温较高时,室内温度传感器感知温度的变化,控制建筑顶部的高温空气的出风口风机自动调整转速,加速将高温空气通过玻璃侧高温排风口抽向室外;而在冬季或室内温度低时,传感器感知温度变化,控制风机加速将经太阳能加热的高温空气通过集热蓄热墙的冬季排风口排向室内供暖风^[10].同样,这里的传感器和控制器都可连接到中央管理系统进行集中控制.

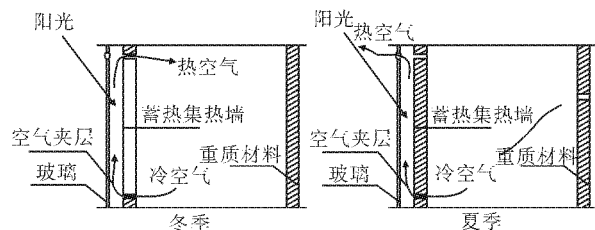


图2 特隆布墙工作过程原理图

Fig. 2 Schematic diagram for Trombe wall

3 太阳能供暖系统

太阳能供暖系统分为主动式和被动式两种,在智能建筑中常常将两者合用.所谓被动式,是指仅仅靠建筑设计的优化,如依靠本身的朝向、结构设计而没有利用额外的机械设备收集太阳能来供暖;而主动式是指以利用机械设备为主收集太阳能进行供暖^[11].太阳能供暖系统形式多样,以下介绍几种效果好且技术成熟的系统.

3.1 主动式太阳能地暖系统

太阳能主动式采暖技术按传热介质不同可分为两类:液体集热采暖系统和空气集热采暖系统.液体集热器采暖系统以太阳能地暖为代表说明,空气集热器采暖系统技术还不完善,在此不做介绍.

太阳能地暖系统即太阳能地板辐射采暖,主要结构有:集热器、水泵、储水箱、辅助加热设备、地板采暖装置,间接换热时还需设换热器,如图3所示.智能建筑中设有温度传感器和控制器,当温度传感器感知集热器出水温度高于 50°C 时,控制器便启动水泵1,水进入太阳能集热装置被加热后回到换热器加热水箱;当温度传感器感知水箱中水温高于 50°C 时,控制启动水泵2供给地板采暖使用;而当温度传感器感知集热器出水温度小于 40°C 时,温度控制器控制水泵1停止,开启辅助热

源加热水箱中的水进行供热^[12].

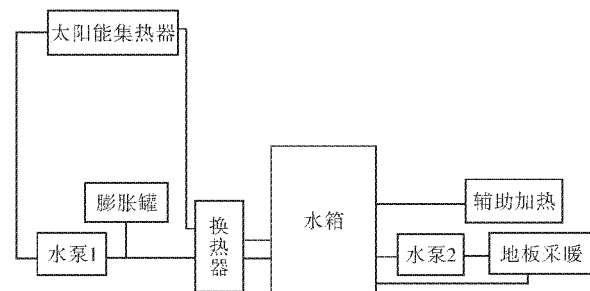


图3 太阳能地暖系统工作示意图

Fig. 3 Sketch for solar heating system

3.2 被动式太阳能供暖系统

被动式太阳能供暖系统经历得热—储热—放热三个过程.根据储热主体的不同,主要有以下两种.

a. 附加阳光间供暖系统.附加阳光间供暖系统是特隆布墙系统的发展,它只是将玻璃与集热蓄热墙之间的空气夹层加宽,形成一个独立可用的空间接受太阳能辐射进行蓄热,供给有需要的房间使用.冬季供暖工作原理如图4所示.智能建筑中白天室内温度低于附加阳光房温度时,温度传感器感知并控制送风口开启,向室内供暖;在夜间室内温度高于室外温度时,传感器感知并控制送风口关闭,玻璃隔间作为缓冲区,减少热量的损失.在夏季,智能控制玻璃外的遮阳卷帘关闭来减少室内的太阳能辐射^[9,13].

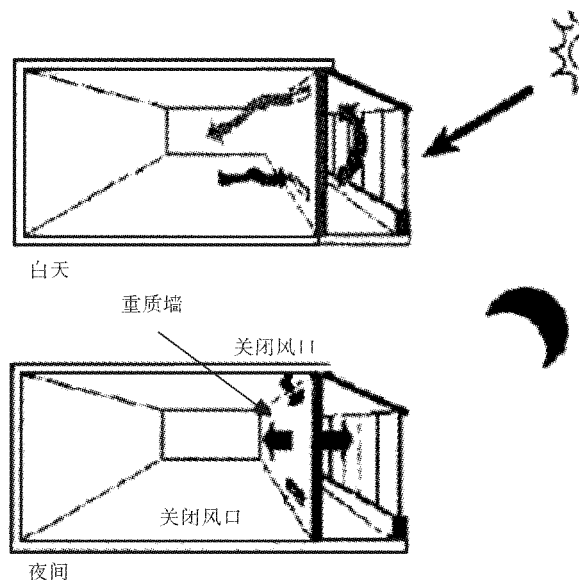


图4 附加阳光间供暖系统工作原理图

Fig. 4 Schematic diagram for heating system with attached sunspace

b. 蓄热屋顶池式系统.蓄热屋顶池式系统以热容性很好的水作为蓄热介质,屋顶水池装有可控的隔热板,结构如图5所示.冬季白天,温度传

感器感知室内外温度差异后自动控制盖板开启,使水接受太阳辐射储能,水热后通过屋面传热到房间辐射供暖;夜间控制器自动控制盖板关闭,减少室内向外热损失.夏季刚好相反,白天关闭盖板以隔绝太阳辐射,夜间室内热量上升传递给水,打开盖板加速散热^[10,14].

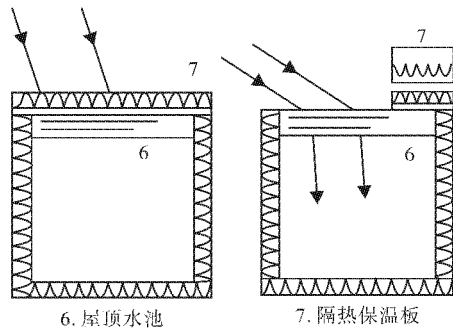


图 5 蓄热屋顶池式系统工作示意图

Fig. 5 Sketch for heat roof pond system

4 太阳能制冷系统

太阳能转换为热能之后,不仅可以利用这部分热能提供热水和采暖,形成太阳能热水系统和太阳能供暖系统,还可以利用这部分热能制冷.其原理是利用这一部分热能作为高温补偿,使系统达到和维持低温状态.

4.1 太阳能吸附式制冷系统

太阳能吸附式制冷是利用物态变化过程产生的热量达到制冷目的.用于吸附式制冷系统的吸附剂—制冷剂组合常选用沸石—水,其系统结构包括太阳能吸附集热器、冷凝器、蒸发储液器、冷媒水泵,如图 6 所示.太阳能辐射强时,吸附集热器吸收太阳能辐射,吸附床温度升高使制冷剂从吸附剂中解吸,智能控制阀 1 开启,制冷剂进入冷

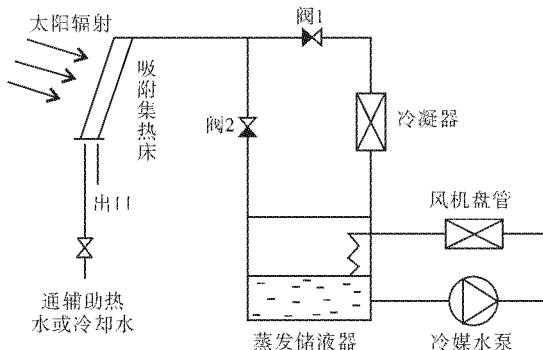


图 6 太阳能吸附式制冷系统工作原理图

Fig. 6 Sketch for solar adsorption cooling system

凝器经冷却水冷却后凝结为液态,进入蒸发储液器;夜间时,吸附床温度降低,吸附剂吸附制冷剂,智能控制阀 2 开启,储液器内液态制冷剂蒸发吸热制冷^[15].智能建筑中,常根据需要控制阀门开启

度,调控制冷量.

4.2 太阳能蒸汽压缩式制冷系统

太阳能蒸汽压缩式制冷系统实际上是利用太阳能产生的蒸汽推动蒸汽轮机对外做功来带动制冷循环中的压缩机运行制冷的,如图 7 所示.其工作过程包括三大循环,一是太阳集热器循环,集热器内的工质被太阳能加热后与热机循环中低沸点工质进行换热,之后回到集热器再次被加热进入下次循环;二是热机循环,液态的低沸点工质被集热器内工质加热后变成高压蒸汽,推动蒸汽轮机运行对外做功,带动制冷压缩机运行,之后被冷凝成液态进入下次循环;三是蒸汽压缩制冷循环,与普通制冷循环的区别在于制冷压缩机是由热机循环的蒸汽轮机带动,被蒸发器吸热后的冷媒水或冷空气用于室内降温制冷^[15].当太阳能不足以产生蒸汽动力时,控制器智能开启辅助电动机带动压缩机运行.

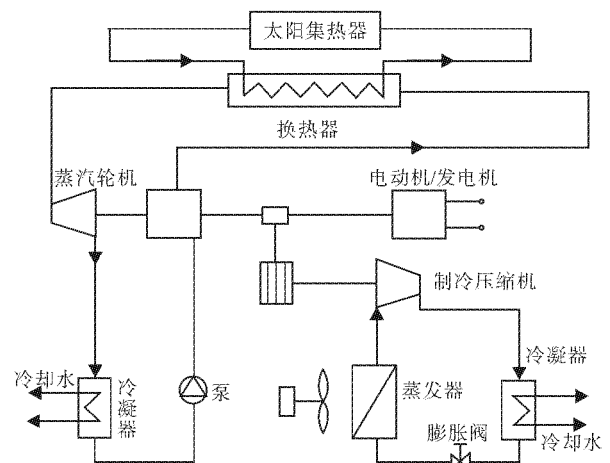


图 7 太阳能蒸汽压缩式制冷系统工作原理图

Fig. 7 Sketch for solar steam compression cooling system

5 太阳能空调系统

目前两种已经成熟的太阳能空调技术为太阳能吸收式空调系统和太阳能除湿式空调系统.

5.1 太阳能吸收式空调系统

太阳能吸收式空调系统的供暖原理是利用集热器加热的水从储热水箱直接向空调箱提供热媒水供暖,而制冷原理是利用溶液浓度随温度和压力的变化而变化的性质,使用太阳能集热器为吸收式制冷机的发生器提供所需要的热媒水,使制冷剂加热蒸发与溶液分离进行制冷.这里以用于大型空调系统的溴化锂—水组合为吸收剂—制冷剂进行说明.主要结构包括太阳能集热器、吸收式制冷机、空调箱、储水箱、辅助热源(锅炉)还有智能控制系统,如图 8 所示.在夏季,集热器加热的

水进入储热水箱,储热水箱内的温度传感器感知水温达到预定温度时,控制开启储水箱的水向吸收式制冷机提供热媒水,与发生器内的溴化锂溶液进行热交换;而发生器内的溴化锂溶液被热媒水加热,其中的水汽化进入冷凝器,被冷却水降温后凝结成为高压低温液态水,之后通过节流阀和蒸发器膨胀汽化吸收冷媒水的热量,最后的低温水流入吸收器,通过泵送至发生器进入下一次循环,冷媒水则提供给空调箱实现制冷^[15,16]。在太阳能加热水未达到预定温度时,控制器要控制辅助热源(锅炉)开启供热水。

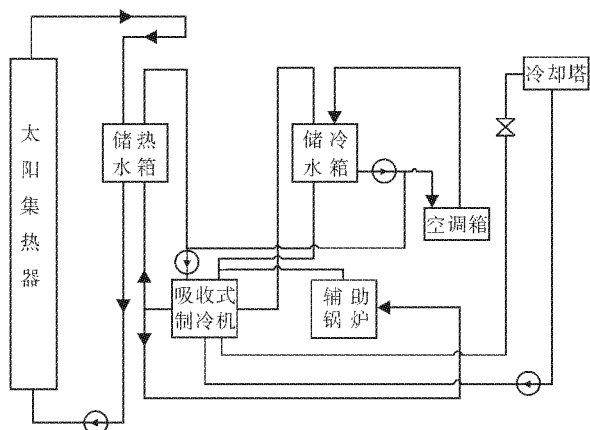


图 8 太阳能吸收式空调系统整体示意图

Fig. 8 Sketch for solar absorption air-conditioning system

5.2 太阳能除湿式空调系统

除湿式空调系统的原理是利用除湿剂吸附空气中的水蒸汽,在降低空气的湿度的同时实现降温制冷。这里以技术成熟的太阳能转轮式固体除湿剂空调系统为例进行介绍。太阳能除湿式空调系统主要由太阳能集热器、转轮除湿器、蒸发冷却器、再生器以及各种送风管道组成,结构如图 9 所示。室内回风与室外新风 1 混合成为待处理的空

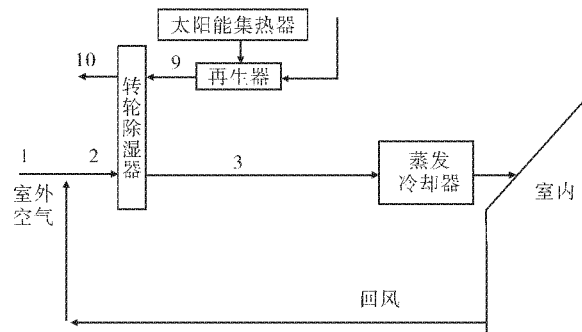


图 9 太阳能除湿式空调系统工作原理图

Fig. 9 Sketch for solar desiccant air-conditioning system

气状态 2 进入转轮除湿器,状态 2 的空气在转轮除湿器中被绝热除湿升温成为干燥的热空气 3,之后进入蒸发冷却器进行等湿降温后进入室内制冷;同时,室外新风 1 经过预热处理后在再生器中

被加热达到再生温度 9 后,送入转轮除湿器与干燥剂进行热湿交换,使干燥剂得到再生,太阳能集热器提供再生热量,而吸收了干燥剂中热湿的气流 10 排入大气中^[15,17]。

6 太阳能光电系统

太阳能光电系统按原理可以分为太阳能光热发电系统和太阳能光伏发电系统两种。太阳能光热发电实际上是依靠热机原理,被太阳能加热的高压蒸汽带动汽轮机运行对外做功来发电,太阳能蒸汽压缩式制冷系统正是利用的该原理。这里主要介绍太阳能光伏发电系统。

太阳能光伏发电是依靠太阳能电池板中半导体的光电效应产生电能的。产生的电能储存在蓄电池或送入电网,在需要时再取用。其结构包括太阳能电池板、蓄电池(或者外部电网)、控制器、直/交流转换器、负载等,如图 10 所示。太阳能电池板半导体的光电效应产生直流电。图(a)所示的独立光伏发电系统中,直流电一方面供直流负载用电,另一方面经过直/交流转换器转换成交流电供交流负载用电,多余的电能储藏在蓄电池内;而在图(b)的并网光伏发电系统中,多余的电能送入外部电网,在电池板发电量不足时又可以由外部电网向供电设备供电。目前的主要发展方向是并网光伏发电系统,因为该系统不仅可以保证建筑本身的供电持续性,还可以供给外网多余的电力,同时减少了蓄电池的配置。在智能建筑中,常常需要适时的根据光伏发电量高低控制太阳能供电和市电的切换,保证设备用电的连续性^[18]。

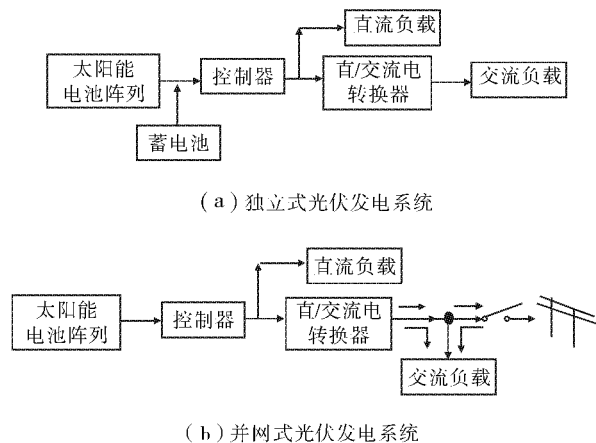


图 10 太阳能光伏发电系统示意图

Fig. 10 Sketch for solar photovoltaic power generation system

7 太阳能照明系统

利用太阳能进行照明的方式有两种:首先是

将光伏技术用于路灯、楼道灯来进行照明供应,基本原理已经在光伏发电系统中说明,不再赘述;此外,还可以将太阳光引入室内进行直接照明。

根据太阳光引入方法的不同又可分为两种:一是利用涂有高反射率涂料的采光板的反射效应将太阳光引入室内,在减少直射光污染的同时也起到外遮阳的效果;二是利用导光管或者光纤将室外的太阳光引入室内进行照明。导光管采光系统由采光罩、导光管、漫射装置组成,常常利用安装在屋顶或者地表的室外采光罩收集光能之后通过高反射导光管输送到室内,经过漫射装置均布光线进行照明;而光纤采光系统结构包括自动采光装置、光纤、控制设备,光检测器通过检测室外环境,进而自动控制采光装置跟踪太阳角度进行最佳采光,最后经过光纤传输给照明设备照明^[17]。

8 结 语

太阳能在智能建筑中的应用,使智能建筑在自动和便利的基础上更绿色节能,这是 21 世纪建筑可持续发展的重要技术。但由于太阳能周期不稳定性,往往提供给建筑的能量不够维持正常能耗,需要增加辅助能源的供应。上述介绍的各种太阳能技术中,并没有着重讨论辅助能源的供给系统。由于各地能源结构有差异,常需要因地制宜,选择合适的辅助能源以维持在太阳能不足时建筑的能耗需求,例如地热能、生物质能等。太阳能在智能建筑中的应用技术除了要求控制过程的自动化外,还应注意以下两点:一是太阳能相关设备和建筑的一体化,例如太阳能集热器和太阳能电池板可以作为建筑的一部分,镶嵌于或者完全代替屋顶瓦、侧面墙、门窗等处,如已有的光伏幕墙等结构;二是系统管理的集中化,即各独立系统的传感控制设备应该接入中央信息的控制系统进行集中处理控制,使系统形成一个整体,比如说太阳能热水—空调联合系统,太阳能采暖—制冷—热水三联供系统等,这些功能设备形成一个大供能系统的同时,也减少了独立设置设备的数量,系统得到简化,节约了初投资。

致谢

感谢武汉工程大学对本项目的经费支持!

参考文献:

- [1] Rahul V Ralegaonkar, Rajiv Gupta. Review of intelligent building construction: A passive solar architecture approach [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14: 2238-2242.
- [2] Johnston D. Solar energy systems installed on Chinese-style buildings[J]. Energy and Buildings, 2007, 39: 385-392.
- [3] Gao Fangwei. The application of solar energy in housing [J]. Housing technology, 1989(2): 33-35.
- [4] Lu Weide. Countermeasures for the development of China's solar buildings [J]. Solar energy, 1999(1): 2-3.
- [5] Li Yuncang, Eric, Hu J. Study on the new type of solar adsorption refrigeration system [J]. New energy, 2000, 22(11): 1-5, 15.
- [6] Wang Changgui, Deng Ruicheng. New energy applications in buildings [M]. Beijing: China Electric Power Press. 2003: 3-18.
- [7] 雷国刚, 胡宁, 姚飞. 太阳能在智能建筑中的应用[J]. 山西建筑, 2011, 37(13): 196-198.
LEI Guo-gang, HU Ning, YAO Fei. Application of solar energy in intelligent architecture [J]. SHANXI ARCHITECTURE, 2011, 37 (13): 196-198. (in Chinese)
- [8] 黄云峰. 太阳能在住宅中的应用现状与建筑一体化技术[J]. 住宅科技, 2008(7): 14-17.
Huang Yunfeng. Application Status of Solar Energy in the Residence and Building Integration Technology [J]. HOUSING SCIENCE, 2008 (7): 14-17. (in Chinese)
- [9] 李江南. 被动式太阳能建筑设计[J]. 太阳能, 2009 (10): 43-46.
Li Jiang Nan. Design of Passive solar building [J]. Solar energy, 2009(10): 43-46. (in Chinese)
- [10] 蔡余萍. 被动式太阳能建筑设计探讨[J]. 四川建筑科学研究, 2007, 33(5): 189-191.
Cai Yuping. Investigation of the design of the Passive solar building [J]. Sichuan Building Science Research, 2007, 33(5): 189-191. (in Chinese)
- [11] 沈涛. 主动式太阳能在建筑设计中的应用[J]. 住宅设施, 2008(5): 52-54.
Shen Tao. Application of Active solar energy in architecture design [J]. Residential facilities, 2008 (5): 52-54. (in Chinese)
- [12] 王曦, 李春梅, 范军. 太阳能地板采暖系统[J]. 农业工程学报, 2006, 22: 184-186.
Wang Xi, Li Chunmei, Fan Jun. Solar floor heating system [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22: 184-186. (in Chinese)
- [13] 徐珏亚. 被动式太阳能住宅建筑设计[J]. 中华名居, 2012(11): 27-28.
Xu Jueya. Design of Passive solar residential

- building[J]. China homes, 2012(11): 27-28. (in Chinese)
- [14] 蔡君馥. 国外被动式太阳能采暖建筑[J]. 世界建筑, 1981(5): 10-16.
- Cai Junfu. Abroad passive solar heating building [J]. World Architecture, 1981(5): 10-16. (in Chinese)
- [15] 何梓年. 太阳能空调系统[J]. 可再生能源, 2005(4): 86-89.
- He Zinian. Solar air conditioning system [J]. Renewable Energy Resources, 2005(4): 86-89. (in Chinese)
- [16] 李冰. 太阳能光热建筑一体化的应用现状及展望[J]. 四川建筑, 2012, 32(4): 34-36.
- Li Bing. Current situation and prospects of application of solar building integration[J]. Sichuan Architecture, 2012, 32(4): 34-36. (in Chinese)
- [17] 张萍. 太阳能在智能建筑中的应用[J]. 职业技术教学与研究, 2011(4): 178-179.
- Zhang Ping. Application of solar energy in intelligent architecture [J]. Teaching and research for Occupation technology, 2011(4): 178-179. (in Chinese)
- [18] Long Wenzhi. Building Integrated Photovoltaics [J]. Architecture Technology, 2009, 40(9): 835-839.

Application of solar energy in intelligent building

E Qing, YU Yu-ting

(School of Science, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: To reduce the energy consumption and environmental pollution, many systems in intelligent buildings (IB) such as heating, hot water, refrigeration, electric power, air regulating and ventilating are energy supplied by solar. Firstly, seven types of solar energy technologies used in IB were summarized, and the system composition of them was introduced. Next, the way of centralized management to control and manage solar application system was proposed. Finally, the main problems that should be pay attention to were indicated. In general, by the application of solar energy, the IB is more green and energy-saving. But the promotion of these technologies is affected by many factors. Automatization of control process, integration of equipment and buildings and centralization of system management are key problems should be settled firstly to find an efficient way to realize the sustainable development of IB.

Key words: solar energy; intelligent building; energy-saving

本文编辑: 龚晓宁