

厦门大学2013国际太阳能十项全能 竞赛作品节能体系

Study on the Xiamen University 2013 Solar Decathlon
Energy Saving System

林铭坤 Lin Mingkun

王波 Wang Bo

中图分类号 TU201.5 文献标识码 A

文章编号 1003-739X (2014) 10-0047-04

[摘要] 国际太阳能十项全能竞赛, 倡导将太阳能利用与建筑节能先进技术紧密结合, 设计、建造并运行一座功能完善、舒适、宜居、可持续性的太阳能居住空间。该文探讨了厦门大学参赛方案节能体系配置, 重点介绍其太阳能光热与光电系统、围护结构材料、空调系统、相变通风及智能控制系统等方面的节能举措。国际太阳能十项全能竞赛设计作为一个系统工程, 对太阳能利用与建筑节能进行一体化设计、协调配合才能使参赛方案取得预期的节能成效。

[关键词] 国际太阳能 节能体系 一体化设计

[Abstract] Solar Decathlon is aimed at integrating solar applications with building energy-saving advanced technology closely, all teams were asked to design, build and run a fully functional, comfortable, livable, and sustainable solar living space. This paper discusses the energy saving system of the project from Xiamen University. It focuses on its solar thermal and photovoltaic systems, building envelope materials, air conditioning systems, intelligent controlled PCM ventilation systems and other aspects of energy-saving initiatives. The competition requires a systemic point of view that the solar energy application and building energy saving design should be well integrated with. Only in this way can make the project to achieve the expected energy saving effect.

[Key words] Solar Decathlon, Energy saving system, Integrated design

DOI:10.13942/j.cnki.hzjz.2014.10.011

作者信息

林铭坤, 厦门大学建筑与土木工程学院

硕士研究生, lmkzyt@163.com

王波, 博士, 厦门大学建筑与土木

工程学院副教授, 硕士生导师,

国家二级注册建筑师(通讯作者)

收稿日期: 2014-02-27

1 概述

1.1 背景简介

国际太阳能十项全能竞赛 (Solar Decathlon, 以下简称“SD”竞赛) 是由美国能源部发起并主办的, 以全球高校为参赛单位的太阳能建筑科技竞赛。目的是借助世界顶尖研发、设计团队的技术与创意, 将太阳能、节能与建筑设计以一体化的新方式紧密结合, 设计、建造并运行一座功能完善、舒适、宜居、具有可持续性的太阳能居住空间, 从而证明单纯依靠太阳能的住宅, 一

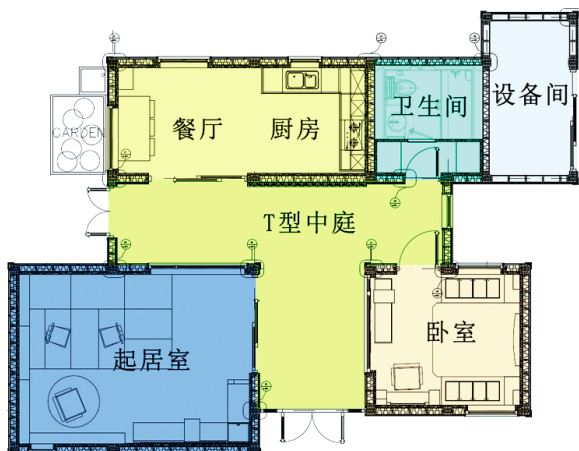


图1 SD参赛作品平面图



图2 SD参赛作品实景照片

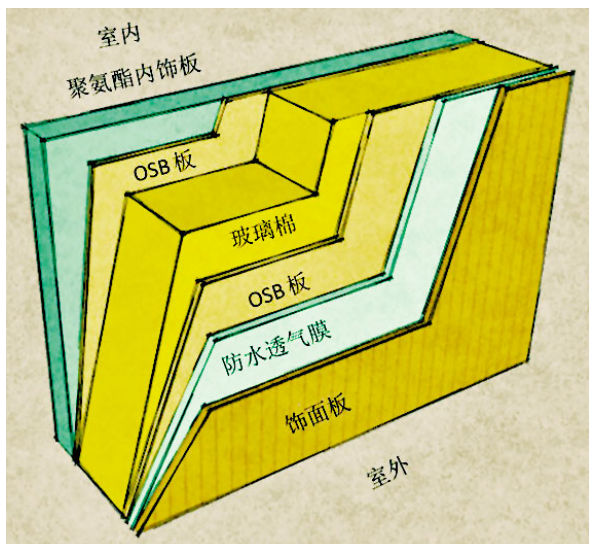


图3 围护结构墙体材料分层示意图

样可以是功能完善、舒适而且具有可持续性的居住空间。希望通过比赛加快太阳能界国际化的产学研融合与交流，推进相关技术的创新、发展和商业化。

自2002年开始，大赛在美国本土和欧洲成功举办了六次，吸引了来自美国、欧洲、中国等地100多所大学参加比赛，展示了世界最新能源技术成果。每届比赛现场都有几十万的民众参观。

2013年SD中国由中国国家能源局、美国能源局主办，财政部、住房和城乡建设部联合主办，团中央学校部支持，北京大学承办。竞赛地点最终落户山西大同，按照组委会的统一安排，各参赛队于8月份正式搭建房屋。房屋搭建完成后，要进行为期一周的各项指标的测试工作。竞赛要求所有生活用电全部来自太阳能发电，房屋的舒适度及能耗方面有一整套量化指标要求。

1.2 参赛方案简介

团队在设计阶段，考虑到参赛地点，不仅要使参赛太阳房适应大同的气候特点，在合理布置各个功能房间位置的同时，还考虑到如何将此次竞赛的主角——阳光，引入到我们的方案中来。于是设想在太阳房中插入一个半室外庭院，阳光可以透过庭院上空玻璃进入房屋。

经过层层探讨、筛选，最终我们确定图1所示的平面方案。在方案中，我们希望通过中庭引入太阳光，围绕中庭布置各功能空间，起居室、卧室和餐厅各自独立，每个功能空间都通过阳光中庭进行联系，既增加了田园气息，又使得阳光利用率得到提高。于是，我们将此次参赛作品取名为“SunnyInside”。

确定方案之后，为了满足国际太阳能十项全能竞赛参赛评分的一系列指标，此次参赛作品在节能技术上着重考虑了以下几个方面：围护结构系统、空调系统、太阳能光热、光电应用及智能控制系统。如何在这几个方面挖掘节能潜质并形成一套完整的节能体系成了团队面临的巨大挑战。团队进行详细分析、论证并实施后，形成了该方案的节能体系（图2）。

2 厦门大学参赛作品节能体系

2.1 围护结构

围护结构的热工性能对于整个房屋的节能效果具有举足轻重的影响。如何选用墙体、门窗及中庭上空玻璃等围护结构材料至关重要。

在此次竞赛中，考虑节能效果及经济性，我们利用能耗模拟软件Designbuilder对“SunnyInside”围护结构的热工性能进行模拟（图3）。设置围护结构的不同热阻并比较得出的房屋空调负荷，最终确定满足条件的热阻值，选用符合该阻值的墙体材料。

“SunnyInside”主体外围护材料从外而内分别为：美国南方松饰面板，防水透气膜，OSB板，玻璃棉，OSB板，聚氨酯内饰板。根据Designbuilder计算结果，该墙体厚度为0.3m，热阻值为： $4.102 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ，热工性能满足节能需求。

“SunnyInside”的“T”形中庭上空采用特殊夹胶玻璃，其隔热效果明显。此种夹胶玻璃中的夹胶材料能够阻隔大量热辐射。经测试，90%以上的红外线被阻隔在室外，在此基础上还能保证70%的自然透光率。这样一来不仅不用担心热量过多地进入房屋，还可以在庭院里享受温和的阳光，恰如房屋名称“SunnyInside”一样阳光满屋。

围护结构在房屋施工过程中不可避免地存在缝隙，导致房屋气密性不够而产生室外空气渗透，造成能源浪费。利用泡沫胶对缝隙进行填充，不仅可以牢固门窗，更重要的是确保了围护结构的气密性，使其节能效果达到预期要求。

表1 空调设备参数列表

设备名称	设备型号	主要参数	数目	输入功率(制冷/制热)
空调室外机	MXZ-4B80VA	制冷/制热能力: 8.0/9.0kW	1	2.61/2.47kW
空调室内机	PKFY-P20VBM-EC	制冷/制热能力: 2.2/2.5kW	2	0.04kW
空调室内机	PKFY-P32VHM-EC	制冷/制热能力: 3.6/4.0kW	1	0.04kW

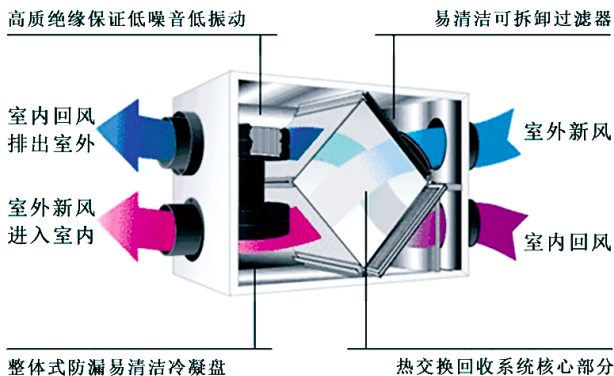


图4 新风全热交换器工作示意图

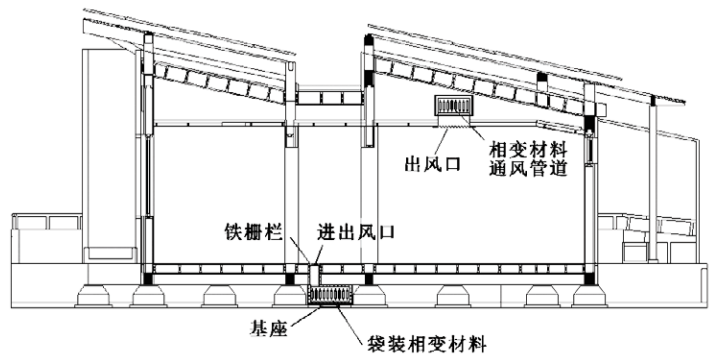


图5 相变材料安装位置剖切图

2.2 空调系统

(1) 多联机系统

根据比赛要求,在规定时间内对房屋进行空气温湿度监测,比赛规定空调区域的空气温度必须保持在22至25之间,且相对湿度不能大于60%。为了确保比赛期间温湿度能够满足比赛要求,选择空调设备时需要考虑其空气调节性能;另一方面还需要考虑其是否节能环保。

我们依然利用Designbuilder软件计算“SunnyInside”的空调负荷,即在比赛地区最恶劣的气候条件下需要为房屋提供的制冷量或制热量。通过计算得出“SunnyInside”的冷负荷为65W/m²,热负荷为71W/m²。考虑到参赛房屋面积较小,空调区域面积总共只有约70m²,且3个空调区域互相独立,适宜采用多联机系统。从制冷剂方面考虑,目前家用空调普遍使用的制冷剂为R22,但由于环保要求,逐渐被混合制冷剂R410a取代,R410a制冷剂是一种新型环保制冷剂,由多种环保冷媒按一定比例混合而成,不破坏臭氧层。

综合考虑之后,我们最终采用制冷剂为R410a的三菱VRV(Variable Refrigerant Volume,变冷媒流量)多联机空调,该多联机空调系统利用变制冷剂流量来达到节

能作用,采用变频技术在低频率条件下运行,避免由于空调压缩机频繁启停而造成的能源浪费。

空调设备详细信息参看表1。

(2) 新风系统

在满足国内住宅通风规范的前提下,为保证建筑内部居住人员所需的新风量,以使室内空气保持新鲜,我们为“SunnyInside”单独设立新风系统。为了最大限度提高节能效果,还在该新风系统中添加了全热交换器。

全热交换器是一种高效节能型空调通风装置,其核心功能是利用室内、外空气的温差和湿差,通过能量回收机芯良好的换能特性,在双向置换通风的同时,产生能量交换,使新风有效获取排风中的焓值或温度显热,从而大大节约新风预处理的能耗,达到节能换气的目的,其节能效果非常显著(图4)。

新风系统设备信息参看表2。

2.3 太阳能的应用

(1) 太阳能光热系统

“SunnyInside”屋顶铺有4块平板集热器,实现高效率的光热利用,理论上在光照充足时可以完全不依靠其他能源即可满足日常生活中的热水供应,在光热不足时可以使用空气源热泵进行辅助加热,提高能源的使用效率。

(2) 太阳能光电系统

在“SunnyInside”屋顶铺有60块高性能多晶硅太阳能电池组件,组件通过串并联汇流后连接至光伏并网逆变器SMA Sunny Tripower 15000TL。将电池板发出的直流电通过逆变器高效率地转化为交流电输送至电网。15kW的光伏峰值功率完全能够满足房子最大的能量需要。高效率的多晶硅电池板能够保证光伏系统使用年限在25年以上,并且相对于单晶硅有更小的衰减和更优越的弱光性能,并且有优越的价格优势。

房屋电池板组件全部采用12°的倾角进行安装,保证了所有组件都能够在MPPT(Maximum Power Point Tracking,最大功率点跟踪)模式下工作,并且能够满足大同8月份的最佳发电量以及厦门地区全年的最佳发电量。与传统能源相比,在一年运行的过程中,有太阳能电池板能够产生17202kWh的电力,相当于减少原煤使用6.74t,减少CO₂排放15t,减少SO₂排放0.45t,减少氮氧化物排放0.223t,减少粉尘与煤渣0.409t。

(3) 中庭阳光房

“SunnyInside”采用的“T”字型中庭,在冬季白天放晴的时候,通过智能控制系统将遮阳卷帘打开后可以使阳光照入中庭中,中庭下方设置了装有相变储能材料的通风管道,将白天的热量储存起来,

表2 新风系统设备列表

设备名称	设备型号	主要参数	输入功率(制冷/制热)
全热交换器	LGH-25RX4-C2	风量: 250m ³ /165m ³ ; 机外静压: 70Pa/55Pa	112/95/79w (高/中/低)

缓解夜间由于昼夜温差带来的不适。在温度适宜的过渡季节里,阳光房除了满足自然采光之外,还优化室内环境,带来身心健康。即使无法外出,也同样能够在房屋里晒太阳。如果夏季阳光过于充足,智能系统通过读取室内温度等数据,控制自动遮阳卷帘是否关闭,有效阻止热量的进入,节约空调用电。

2.4 智能控制系统

(1) 智能遮阳系统

智能中央控制系统可根据室外气象站采集的辐照度和温度数据及中庭内温度传感器采集的温度数据综合判断,决定中庭外遮阳幕布的开启或关闭。冬天,遮阳帘布会自动打开,采集室外的阳光,提升室内温度,减小空调制热能耗;夏天,当光照过于强烈时,遮阳系统会自动关闭,阻止阳光射入室内,减轻空调制冷负担,当光照较弱时,遮阳帘布会自动打开,保证室内足够明亮。

(2) 智能相变通风系统

智能中央控制系统根据CO₂传感器和温度传感器采集的数据,控制相变新风系统启停以及通风量。在相应的气候条件下储热或放热,保证室内舒适性的同时减少能耗。相变材料、相变温度为19℃,总重约为3.5t,装于4根风管之中,其中1根安装在客厅吊顶上方,3根安装于中庭地板下方,图5所示为相变材料安装位置剖切图,风管中安装有风机和电动风阀。

位于客厅吊顶上方的相变通风管共有4个风口,风管两端各1个,下方2个。其中两端的风口与外界连接,白天气温较高时打开,同时关闭下方两个风口,进行外循环,将室外高温空气热量储存在相变材料中。在夜晚温度较低的时候,将两端风口关闭,下方两个风口打开,进行室内内循环,将相变材料中的热量释放出来。位于中庭下方的3根风管在室外温度较高或较低时都进行内循环,达到储热或放热调节中庭内部气温的效果。

(3) 智能天窗系统

智能中央控制系统根据室外气象站采

集的温度、雨量、风速、风向数据,经过综合分析后控制天窗开启或关闭。通过主动控制实现被动式对流,保证室内舒适性,节约能源。同时,当遇到恶劣天气,如下雨或刮大风时,天窗也会自动关闭,保证室内设备安全。

结语

最终,厦门大学在21个参赛队中以太阳能利用为主体的工程技术类专项得分获国际第四,国内第二的优异成绩。国际太阳能十项全能竞赛设计是一个系统工程,需要多方面协调配合才能取得预期的节能成效。通过对本次参赛作品节能体系的介绍,希望起到抛砖引玉的能效,促使更多的节能创新点子被激发出来,与21世纪以应对能源危机为重任的同仁共勉。

(注 厦门大学SD太阳能竞赛指导团队:王绍森,石峰,王波,林育钦,周红,张鹏程,邓显瑜等;
厦门大学SD太阳能竞赛学生团队:高磊,郭侃侃,郑将辉,林铭坤,郑婷婷,陆连强,郑成,俞正茂,任强,晏小东,陈海,黄亮博,徐晨,田淇升,沈道祥,王志磊,郭钰,卓晓龙,黄政,武振宇,张本镇等。)

资料来源:

图4:三菱公司提供;
其余图表均为作者自绘。

参考文献

- 1 刘加平. 建筑物理(3版). 北京:中国建筑工业出版社,2000.
- 2 柳孝图. 建筑物理环境与设计. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- 3 清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- 4 陆亚俊,马最良,邹平华. 暖通空调. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- 5 李苑,宋晔皓. “太阳能十项全能”竞赛(SD)简述. 建筑技艺,2011(8):172-175.