

# 低碳理念下的建筑物理热环境教学

杨 晟, 杨内州, 周光伟

(厦门理工学院 土木工程与建筑系, 福建 厦门 361024)

**摘要:**建筑物理是建筑学专业必修的专业基础课, 而其中热环境的教学是体现建筑节能减排和可持续发展的重要理论基础, 因此必须加强与现代技术发展和社会需求相结合。文章尝试在建筑物理热环境的课堂传统教学内容中引入建筑低碳设计方法, 重视低碳技术在设计中的应用, 培养学生的低碳节能意识, 引导学生将所学建筑物理热环境相关知识运用于实践, 实现设计与功能的完美结合。

**关键词:**建筑节能设计; 低碳设计; 教学方法

**中图分类号:** TU201.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-2909(2012)05-0086-04

建筑物理是建筑学专业的一门必修专业课程, 涉及建筑物理热、声、光。该课程内容是为了促使学生更好地理解并运用建筑物理知识设计出良好的建筑环境, 其中, 热环境内容的学习和融合对于建筑设计尤为重要。关于建筑采暖和制冷所需能耗的节能减排已是当今建筑发展的一个主要趋势, 对于习惯形象思维的建筑学专业学生而言, 建筑物理课程内容中的理论计算偏多、公式枯燥, 较难激发学生的学习兴趣。而开展直观化的实验课程教学又受制于课时和实验设备条件等限制<sup>[1]</sup>。鉴于此, 在总结传统教学内容基础上, 积极探索适应建筑学专业学生的建筑物理课程创新教学方法<sup>[2]</sup>, 将低碳化发展在建筑设计领域的最新技术应用和理论穿插在传统热环境教学中进行讲解和示范非常必要。

目前, 黄险峰<sup>[3]</sup>引入建筑节能相关理念和教学方法从建筑物理的课堂教学、实验教学和课程设计三个方面进行了探索, 介绍了节能内容的一般性概念, 没有对具体的节能设计应用措施及相关理论联系实践的案例进行详细分析。低碳设计的实践应用是目前建筑物理热环境教学的空白。

引入建筑低碳设计内容, 可在学生在掌握传统建筑物理课程相关理论的基础上, 结合低碳案例讲解学会在具体设计中运用技术手段解决建筑节能问题。在教学中, 以建筑物理教材内容为基础, 以节能、低碳为目标, 采用借助典型设计范例与具体的建筑物理知识相结合的教学手段, 深入浅出地指导学生在具体的设计中体现低碳设计理念。

## 一、低碳设计内容引入建筑物理热环境教学

上海世博会中的伦敦零碳馆位于世博园区城市最佳实践区, 是向全世界展示建筑设计和技术层面节能减排设计的最佳案例之一, 是低碳技术在常规建筑

收稿日期: 2011-12-23

作者简介: 杨晟(1984-), 男, 厦门理工学院土木工程与建筑系讲师, 博士, 主要从事工程热物理、建筑节能及太阳能利用研究, (E-mail) shyang@xmut.edu.cn。

中应用的杰出代表<sup>[4]</sup>。该建筑方案的原型来自全球第一个零 CO<sub>2</sub> 排放的社区——英国贝丁顿社区,并结合了上海当地的气候特征,采取了适应性的设计策略,全面展示了基于中国气候和经济条件下的低碳乃至零碳的实践和成果。伦敦零碳馆中所使用的一些节能减排的重要技术多数能融入建筑物理热环境课程内容的讲解中,是低碳设计的典型范例,能给学生以生动可信的真实体验和感悟。

### (一) 建筑气候适应性设计与低碳相结合

传统热环境教学内容中,人体热舒适和建筑气候在知识结构中起着承前启后的作用。建筑气候是建筑设计必须考虑的重要方面,而人体热舒适是学习建筑物理环境最终期望达到的目的。如何结合气候分析进行建筑气候适应性设计,使建筑满足人体热舒适要求,体现当地气候特色,尽量把自然气候因素考虑和利用起来,如太阳辐射的引入或遮挡,季节性主导风的引风或挡风,季节性地加湿或除湿等都能大大降低建筑使用能耗,体现节能减排的设计策略,因此也是建筑师普遍关心的问题。在国外,建筑师们广泛应用生物气候图法(图1)作为建筑气候适应性设计策略的分析方法,这一知识内容可作为建筑物理课程的补充内容加以借鉴,并可与零碳馆的主要技术相印证。

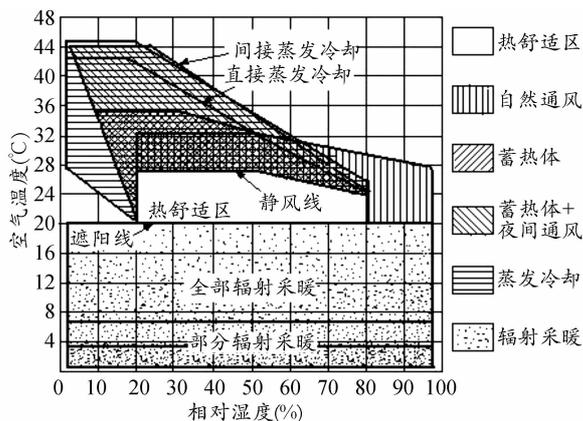


图1 生物气候图

生物气候图法的核心在于“视建筑为生物”,对建筑所在地区的具体气候规律与建筑自身功能对照进行具体分析。首要分析当地的温度、湿度、太阳辐射、风速等气候要素,而后通过生物气候图等方法确定该建筑在该地区的气候适应性设计策略。例如:通过研究上海12个月份的气候并在生物气候图中作图可以看出:6—9月基本属于热季,其气候状态点大多在“自然通风”区的高湿度范围,这表明气候潮

湿炎热,设计时必须充分考虑遮阳和自然通风。由图中分析仅靠除湿即可将气候状态点拉近到热舒适区,由此可以看出:在这一地区,除湿比制冷更重要且是能耗较小的调节温度的手段。

在上海零碳馆中,为减少建筑的暖通能耗,采用太阳能热水驱动的溶液除湿系统给通过风帽引入室内的新鲜空气进行降温除湿。这一溶液除湿系统利用空气和易吸湿的盐溶液接触,使空气中的水蒸气吸附于盐溶液中从而实现对空气的除湿。溶液对空气除湿后自身会变稀,需要再生,零碳馆中则利用位于南向墙的太阳能收集热水系统来驱动溶液再生。这一技术措施结合了当地季节变化和特点,通过除湿提高室内环境带给访客热舒适度,比采用传统的蒸发制冷方式调节室温所需能耗大幅降低,从而使整个建筑全方位地凸显环保性和节能性。气候适应性建筑设计策略结合专业人员的技术支持,是体现建筑师节能减排设计和绿色建筑理念的良好手段,在中国应大力推广应用,以减少建筑物的运行能耗,甚至设计建造出属于自己的零能耗建筑。

### (二) 建筑通风与低碳设计相结合

热环境教学一般强调利用风压作用进行通风。如按照当地的风玫瑰图进行设计,合理地布置朝向、间距、房屋布局,以此来组织室内穿堂风和被动式的通风,这一设计往往忽略了主动式通风和热压通风的应用。巧妙吸引风压、回收和排走显热与潜热、利用太阳能进行热压通风,以及进行室内采暖除湿,是提高建筑内部的热舒适和节能降耗的关键。

零碳馆中采用风动储能保温除湿双向通风帽系统进行主动式通风,以此保持室内空气正常温湿度。这22个风帽会通过外界的自主风力寻向装置确定建筑周边风力的主要方向,从而通过计算机控制主导风向,主动地吸引外界风力流动,并且进风和排风管的高度差充分利用了室内局部温度差所带来的热压驱动效果,将室外风动力转化为室内建筑通风的动力,从而免去了传统空调通风系统的能耗(图2)。这些风帽下部配套安有溶液除湿、加湿体系,使引入的新鲜空气能够零能耗零污染地实现降温、除湿或加湿处理,确保室内温湿度达到适宜标准。当外界风力不足时,可以启动由光电板收集能量所驱动的风机系统进行通风。馆内所采用的这套通风方式使得其能耗降低为常规系统的1/5,大大地降低了通风和散热成本。充分利用通风原理并以极少热损耗即

可获得良好通风性的技术手段,综合了课堂中关于组织好自然通风的教学内容,值得学生好好揣摩并学以致用。



图2 风帽系统

### (三) 建筑保温隔热内容融合低碳设计理念

在热环境课堂教学的保温隔热内容环节,主要教学目的是使学生深入理解建筑师在设计中如何处理保温和隔热问题的思路,使学生掌握室内温度控制的基本方法,在此基础上灵活运用。如在建筑保温内容的教学中,需要学生着重理解确定围护结构具有足够的保温性能和热阻,且尽量考虑外保温设计,以避免潮湿、防止壁内产生冷凝。这一点,在零碳馆中应用突出。要保持零碳馆室内舒适的温度和气候,光有风帽通风系统和溶液除湿系统远远不够,还必须有保温节能较好的外壳。传统教学内容中关于保温设计,一般要求外围护结构的设计满足最小总热阻即可,但零碳馆中对此方面的考虑和应用远大于传统设计标准,其采用的外墙构造为13 mm抹灰层+140 mm混凝土砌块+300 mmXPS+外墙材料+13 mm抹灰层,远远超过了普通建筑使用的保温材料厚度,其墙体保温U值达到了 $0.11 \sim 0.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。除此之外,与墙面同样重要的窗户也无例外。全部窗户均设计采用low-e中空玻璃,可有效阻止室内热量泄向室外。窗框则利用绝热的热断桥将外部和内部框架隔开。通过这些处理既阻隔了夏季热量的进入,在冬季又能够保持室内空间舒适的温暖,建筑能耗大为降低。在国内现阶段的建筑设计主流中,一般认为保温材料刚好满足热阻标准要求即可,教学过程中以往学生也对此不够重视,结果导致在实际设计中大多建筑师仅使用不超过60 mm的保温材料,节省了成本,但造成了建筑使用周期内的采暖能耗居高不下。通过对零碳馆这一中国瞩目的第一栋零CO<sub>2</sub>公共建筑的实际设计应用介绍,大大加强了学生对知识的印象,强化了他们的节能思路和设计习惯。

又如:在建筑隔热内容的教学中,控制太阳辐射,降低室外综合温度,增加围护结构蓄热能力,是需要学生掌握的最重要的防热方法。特别是在南方地区,遮阳设计非常重要。在介绍遮阳板内容时,要引导学生根据当地的地理位置、气候、季节和建筑朝向等进行遮阳设计,主要目的是通过合理计算遮阳构件的尺寸,确定相应的构造,使遮阳板能在夏季防止直射阳光进入室内,又能在冬季不妨碍阳光的进入,从而既提高室内热舒适,又节能降耗。从零碳馆的设计中可以看出这些理论方法的实际应用(图3),其主要窗口朝南,可以通过南向窗户上悬挂的遮阳装置控制建筑被阳光照射。经过计算优化,遮阳装置设计的最终结果是遮阳板外挑深度为3.6 m,投射系数为0.74,阳光间深度为1.2 m,恰好可以阻挡夏季的烈日,避免室内出现过热现象,同时,冬季又可以利用入射角度较低的太阳光射入玻璃阳光房进行被动式采暖。

除此之外,在隔热措施介绍中一般会穿插国内外生态建筑的节能设计方法。如在露台种植花卉或草皮形成种植隔热屋顶以改善下层建筑的热环境;用玻璃罩覆盖构成日光室以在冬季对邻近房间进行采暖;利用先进的光电玻璃幕墙和墙体太阳能集热器提高室内热舒适等。这些措施均在零碳馆的设计中有所体现。如在零碳馆的北面屋顶设置了部分屋顶绿化(如图2),通过过滤膜、植被层、腐质土、蓄排水盘、保湿毯、隔根膜、楼顶版和防水层等组成屋顶绿化,在烈日下,具有遮热、断热与冷却的作用。由于植物的蒸腾作用,还会带走室内的部分热量,起到良好的降温效果。零碳馆还使用了回收骨料的混凝土结构充当蓄热体以此来增加建筑主体蓄热能力,混凝土砌块厚100 mm,密度 $>1400 \text{ kg/m}^3$ 。当房间温度升高时,墙面和楼板自动吸热;而当温度降低时,墙面放热,还可通过窗户的启闭进行补充。此外,零碳馆的外墙面采用了SiO<sub>2</sub>纳米材料涂层,当室外热辐射进入纳米涂层时,大量特定波段的非可见光能量被反射出去,使室内外环境造成温差,达到冬暖夏凉的效果。东侧幕墙则使用薄膜电池作为建筑和照明能源同时减少直射阳光产生的炫光。由此将种种与传统教学内容息息相关而又有所引申的低碳设计概念进行介绍,深入浅出地引出各种隔热技术,展开学生探讨,启发学生兴趣,从而提出他们对自己建筑设计大作业或课程设计的设计方案。



图3 南向墙遮阳板和太阳能光伏发电系统

## 二、结语

由于可持续发展社会和降低建筑能耗的需求现状,低碳建筑、绿色建筑将在未来备受推崇,建筑物理也应在传统理论上结合新的技术应用,与时俱进满足更高要求。在建筑物理传统教学内容中融入低碳设计理念,打破传统的建筑设计与建筑技术课程界限,是一种切实可行的建筑低碳设计教学创

新模式,在实践教学过程中极大地激发了学生探索知识的欲望,有利于学生在具体设计中体现低碳节能理念,是建筑物理教学的一次有益尝试和探索。在今后的教学实践中,还可引入先进有效的实验手段,进行建筑低碳节能方案计算机模拟预测等,为建筑的低碳设计提供有力的理论和实验基础。

## 参考文献:

- [1]董海荣,祁少明. 建筑物理课程实践性教学改革探讨[J]. 高等建筑教育,2008(1):108-111.
- [2]孙岍. 建筑物理课程教学模式的改革与探索[J]. 高等建筑教育,2009(6):63-65.
- [3]黄险峰. 在建筑物理课程教学中引入建筑节能内容的尝试[J]. 广西大学学报:哲学社会科学版,2007,29(S):24-25.
- [4]陈硕. 世博会伦敦案例零碳馆——应对气候变化的城市策略[J]. 南方建筑,2010(5):38-41.

## Introduction of low carbon design content into the thermal environment teaching of architecture physics

YANG Sheng, YANG Neizhou, ZHOU Guangwei

(Civil Engineering and Architecture Department, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, Fujian Province, P. R. China)

**Abstract:** Architectural physics is a required fundamental course of architecture specialty. Its thermal environment content also is the significant theory basis of building energy conservation and emission reduction, which should be tightly combined with the modern technology development and the social demand. We introduced the low carbon design methods of buildings into the traditional classroom teaching content of architectural thermal environment, which focused on the application of low carbon technology in designing and developed the low carbon energy saving consciousness of students to cultivate students applying knowledge to practical designing and achieve a perfect combination of design and function. We put forward a feasible teaching method of low carbon design in construction.

**Keywords:** architectural physics; low carbon design; teaching method

(编辑 梁远华)