

文章编号:1671-6833(2017)03-0092-05

# 基于性能驱动的校园食堂建筑被动式节能设计

张建涛, 周丽华

(郑州大学 建筑学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**以校园食堂建筑为研究对象,从建筑环境性能驱动设计角度,结合地区气候条件对校园食堂建筑的被动式节能设计进行分析研究.在建筑设计阶段,从环境整合、空间组织、界面设计、模拟优化四个层面,构建校园食堂建筑被动式节能设计原则和方法.结合案例归纳出郑州地区被动式节能设计原则和校园食堂建筑被动式节能设计策略.

**关键词:**校园食堂建筑;被动式节能设计;性能驱动

**中图分类号:** TU201 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2017.03.002

## 0 引言

建筑低能耗涉及建筑的规划、设计、建造、使用、拆除、再利用等各个环节.国内外现有可持续建筑评价体系中,建筑能耗的分数权重多为建筑设备系统性能<sup>[1]</sup>.由于这样的评价体系,使得在建筑的规划和设计阶段,建筑被动式节能设计的要求容易被忽视.如果在设计阶段强调被动式节能的技术应用,则更能发挥建筑设备系统的效能.国内外有关建筑被动式节能设计研究可归纳为:一是侧重于气候分析及策略的环境整合理论;二是侧重于从建筑外部和内部空间要素变化,以形体构成手法、空间的组合方式、空间界面调节等,提出建筑生态化设计策略的空间调节理论<sup>[2]</sup>.这些理论研究逐步从定性分析到定量模拟,并应用到设计实践.基于性能驱动理论对校园食堂建筑被动式节能设计研究,即以就餐人员对功能空间的建筑物理环境要求为依据,在设计阶段,从环境整合和空间调节两方面入手,强调被动式节能技术应用,并精确定量模拟建成后使用效果.

## 1 校园食堂建筑

食堂建筑属于建造数量大、建造经费条件一般的公共建筑.食堂建筑按其功能属性可分为办公食堂、校园食堂、医院食堂等.校园食堂建筑与其它类型的食堂不同.在建筑空间形态方面,绝大

多数校园食堂建筑属于多层大空间建筑,其空间完整、空间体积大、使用区域比例小、外壁比例大.这些空间特征使得室内通风换气次数少、建筑内冷热湿负荷特性特殊.在使用功能方面,校园食堂建筑具有很强的分段性、季节性.早中晚就餐时间段内使用,其余时间较少使用,且会出现大量阵发性人流.寒暑假期间基本不使用.校园食堂建筑属于非盈利性或微盈利性的校园公共进餐场所,其就餐者主要为本校师生,且就餐时间内人员密集.

## 2 被动式节能及其影响因素

### 2.1 被动式节能

被动式节能主要是针对于主动式节能而言的,在建筑规划与设计阶段,侧重于通过建筑自身的规划布局、空间组织、环境配置等方式来应对室外气候的变化,并非以机械设备进行环境调节,使室内空间环境更接近使用者的舒适范围,从而降低建筑对资源能源的消耗和环境的负荷.

### 2.2 地区气候条件

气候条件是被动式节能设计的主要影响因素.气候影响因素主要包括温度、湿度见表1<sup>[3]</sup>,以及主导风等.风速的人体舒适范围,室外为3~5.7 m/s,室内为0.25~1 m/s.郑州地区夏季炎热较湿润,冬季寒冷干燥,夏季以东南向风为主、冬季多东北、西北向风,要达到室内空间环境接近使用者的舒适范围,建筑节能设计需要兼顾过渡季

收稿日期:2016-10-25;修订日期:2016-12-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51508516)

作者简介:张建涛(1965—)男,河北保定人,郑州大学教授、博士,主要从事建筑设计及其理论研究,Email:jiantao@zzu.edu.cn.

节的通风、夏季引导东南和西南风通风、冬季挡防东北风和西北风,并做好建筑夏季散热、隔热,冬季保温、集热。

表 1 气候影响因素

Tab.1 Climatic factors in Zhengzhou				
气候影响要素	温度/℃		湿度%	
季节	夏	冬	夏	冬
人体舒适范围	24 ~ 26	16 ~ 18	40 ~ 60	40 ~ 60
郑州地区气候数据最大值	27 ~ 32	7 ~ 12	85 ~ 95	29 ~ 39

注:表中温度指干球温度,湿度指相对湿度

3 性能驱动设计

3.1 性能驱动设计

性能驱动设计是以人对建筑物理环境需求为依据,结合地区气候条件,在建筑设计过程中利用影响建筑环境性能的气候因素,对建筑的外部环境、空间形态、界面形态等进行系统地整合设计,以获得建筑室内环境舒适性,并减少资源能源消耗的被动式建筑节能策略。性能驱动设计在综合满足各项性能要求的前提下,在多样的空间形态和功能解决方案中,选择出最佳方案,实现对多个目标问题的优化求解。它是一种探索建筑空间生成与环境能耗数值模拟交互驱动的设计方法<sup>[4-5]</sup>。

3.2 性能驱动设计技术路径

以性能驱动的建筑空间形态整合的技术路径见图 1。

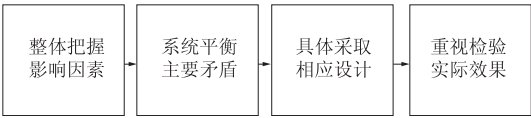


图 1 被动式节能设计技术路径示意图

Fig.1 Technical path of passive energy-saving design

(1)整体把握影响因素。针对地区自然气候条件、御寒防暑方式、实际建造技术等因素,分析被动式建筑节能设计的可行性。

(2)系统平衡主要矛盾。从调节建筑空间形态的过程中,对空间的基本要素和构成方式及界面的设计的各个设计因素进行解析,平衡出设计的主导因素。

(3)具体采取相应设计。针对平衡出的设计主导因素,从对风的引导与阻隔、光的反射与遮挡,冬季保温集热与夏季散热隔热等具体技术手段着手,使建筑室内空间环境达到舒适度的要求。

(4)重视检验实际效果。利用计算机对建筑方案的空间内的气流场、温度场进行模拟分析,结合设计的预期值,整合优化被动式节能相关设计措施,以完善设计成果。

4 郑州大学南校区学苑食堂设计

项目位于郑州大学南校区。基地西侧、北侧为机关单位居民楼,东侧校园景观绿地,东北、东南方向为学校教学楼及宿舍楼见图 2。拟定食堂容纳 5 000 人就餐,建筑面积 8 000 m<sup>2</sup>。项目设计结合具体条件,从建筑环境整合、形态构成、界面设计、模拟优化四个层面对项目被动式节能设计进行分析研究。

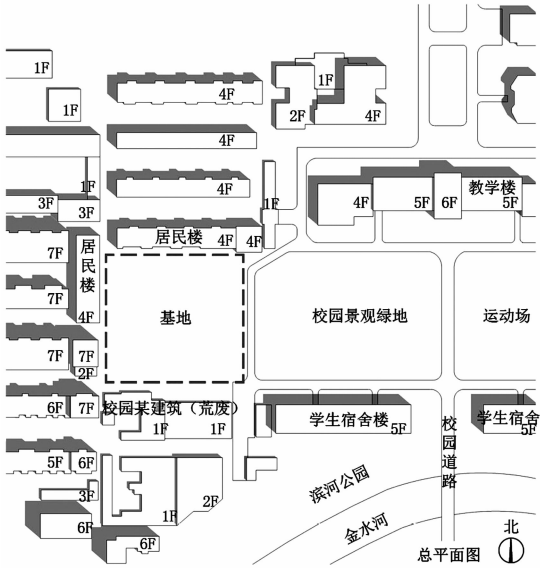


图 2 基地环境  
Fig.2 The site

4.1 环境整合

结合郑州气候条件及基地环境特点,建筑空间形态西北相对封闭,减少冬季由内向外的热损失;食堂餐厅多层空间南北通透,促进夏季通风散热。基地东侧面向校园景观绿地,东南、东北主要人流方向,食堂餐厅设在东部,与就餐人流和校园绿地相联系。将厨房靠西布置,减少餐厨及人流的噪音对北侧、西侧居民楼的影响,同时就餐流线与厨房工作人员流线分离,各自流线便捷通畅见图 3。

4.2 空间构成

结合食堂的功能需求,从空间的基本要素和构成方式两方面对建筑进行空间形态组织。空间基本要素主要指建筑本体的方位、朝向、体量、形状、色彩等;空间构成方式主要以退台、内凹、中庭等方式侧重减法。见图 4 空间形态组织。

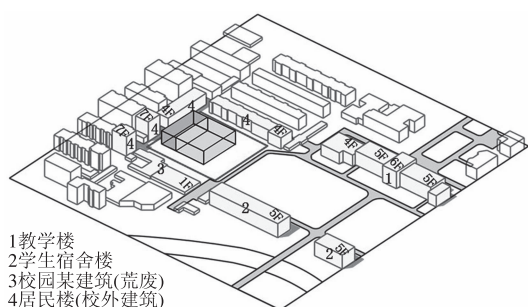


图3 新建食堂与周边建筑环境整合

Fig. 3 Relation between new building and built environment on the site

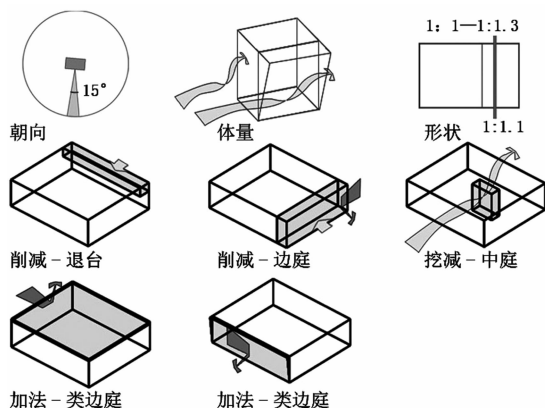


图4 空间形态组织

Fig. 4 Spatial form organization

#### 4.2.1 空间基本要素

(1) 方位. 结合前期分析, 餐厅部分设在基地东部, 厨房部分设在西部.

(2) 朝向. 平衡建筑各方向太阳辐射、自然通风、基地形状, 以及周边建筑等因素, 建筑东西向布置, 使餐厅获得好的朝向<sup>[6]</sup>.

(3) 体量. 建筑空间体积、层高一定时, 长方体的建筑面积大、表面积小、体形系数小、能耗低, 更宜满足校园食堂建筑大量就餐人员需求.

(4) 形状. 建筑长宽比 1:1 ~ 1:1.3, 接近寒冷地区理想长宽比 1:1.1.

(5) 颜色. 考虑老校区建筑风格, 选用砖红色面砖.

#### 4.2.2 空间构成方式

(1) 北向退台. 满足北侧 4 层居民楼采光需求, 减缓大体量新建筑对周边老建筑在视觉上的压力.

(2) 东向、南向内凹. 结合室外主导风向及室内温度场, 餐厅部分东面一层中间凹入, 布置主要出入口<sup>[7]</sup>; 南面布置餐厅次出入口和食堂员工出入口, 以有利于餐厅的通风. 在功能上, 缓解阵发性人流压力, 避免就餐和辅助人员流线交叉.

(3) 挖减中庭. 食堂进深远大于对流通风有效进深, 无中庭时室内各层 1.5 m 截面处风速均小于 0.25 m/s, 人体不易察觉风速太小. 挖减中庭上下连通多层大空间, 增强夏季热压通风效果.

#### 4.3 界面设计

建筑东向一层入口柱廊, 二三层东向立面处理成旋转 30° 的垂直导风板, 以通风防风. 建筑南向利用夏季主导风, 设置垂直导风板引导表面气流, 并利用场地南侧和东侧植物降低风温. 建筑南立面出挑遮阳, 室内外水平界面为浅色反光板, 以改善大空间光均匀度. 建筑屋顶设绿化和 35° 倾角太阳能光电板隔热, 见图 5.

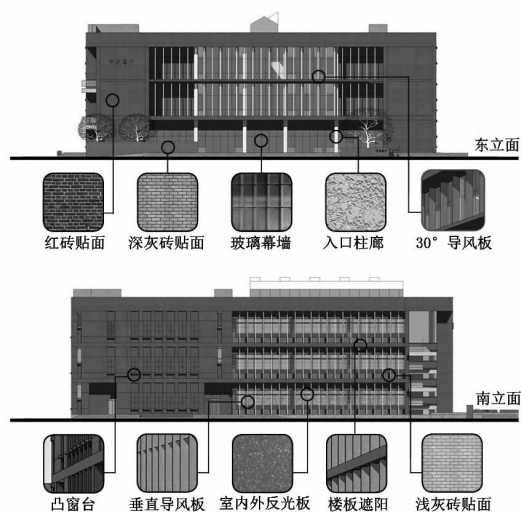


图5 界面设计

Fig. 5 Interface design

#### 4.4 模拟优化

简化食堂模型, 利用 Airpak 模拟室内风环境, 建立模拟分析区域长宽高 (180 m × 120 m × 60 m) 均大于 3 倍餐厅大空间, 分析网格门窗处局部加密. 其中, 食堂轴线尺寸东西长 7.2 m × 8 = 57.6 m, 南北长 7.2 m × 6 + 6.0 m = 49.2 m, 高 5.4 m × 3 = 16.2 m, 长宽比 1:1.17; 餐厅区域轴线总体积为 7 651 m<sup>3</sup>, 面积为 1417 m<sup>2</sup>, 长宽高分别为 49.2 m、28.8 m、16.2 m.

图 6 为建筑未优化调整时不良空气流动状况. 可以看出, 未采取措施时, 室内一层北部易出现回流; 三层南部中和面高度低于窗洞高度, 易出现回灌等不良空气状况, 使空气质量变差<sup>[8]</sup>.

建筑界面采取被动式节能措施调整之后, 如图 7~8 所示. 除一层东北角小区域, 餐厅大部分区域可达到室内舒适风速. 中庭采用文丘里渐缩断面、顶部排风窗单独点状加高并增大排进风窗面积比, 削弱涡流和回灌; 各层开窗南低北高, 削弱回流.

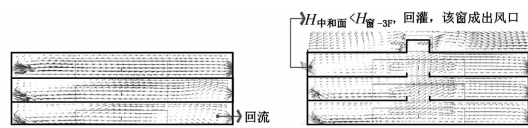


图 6 措施采取不当时不良空气流动状况

Fig. 6 Bad air flow conditions of improper measures

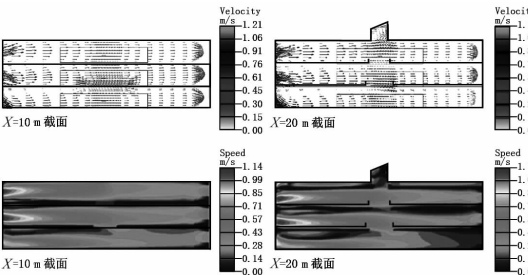


图 7 餐厅纵截面速度矢量示意图及速度

Fig. 7 Velocity and speed of dining hall longitudinal section

综合上述分析,结合项目设计,郑州地区基于性能驱动的被动式节能设计原则归纳为:

- (1) 场地南侧、东南侧布置植物降温通风、东北侧植物防风;
- (2) 建筑南向开敞、西北向相对封闭;不同朝

- 向注意采用不同开窗比;
- (3) 夏季建筑散热、屋顶隔热、东西向防晒;
- (4) 冬季建筑南侧保温、集热,利用太阳能;
- (5) 夏季建筑南侧利用东南、西南向风,降温通风,并夜间自然通风;
- (6) 冬季建筑东侧、北侧防东北、西北向风。

基于上述原则,通过模拟优化得到最终校园食堂建筑被动式节能设计策略手段,图 9 所示。

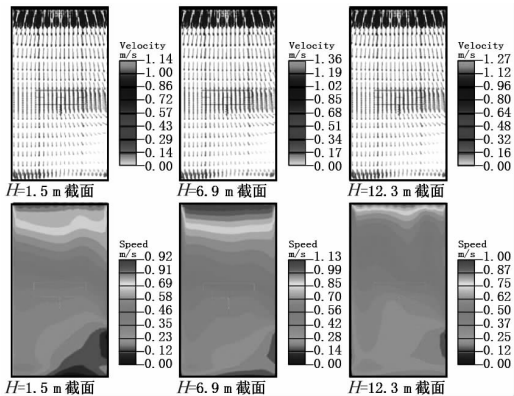


图 8 餐厅横截面速度矢量示意图及速度

Fig. 8 Velocity and speed at different heights plane of dining hall

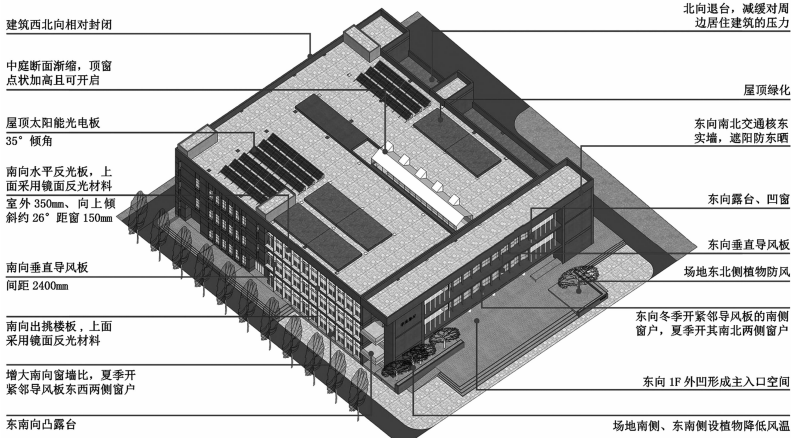


图 9 校园食堂建筑被动式节能设计策略

Fig. 9 Passive energy-saving design strategy of campus canteen

5 结束语

建筑的被动式节能设计,需从现实条件出发,在适用性、经济性、节能性方面分析研究资源优化配置,平衡建造和使用阶段的运营成本. 在环境整合、空间调节、性能驱动等方面,综合调整建造和使用时的各个影响因素,提高建筑在整体环境,使用功能等方面的品质. 在建筑设计阶段,从梳理地区气候条件、建筑环境性能和人体舒适体验等因素入手,在环境整合、空间构成、界面设计、模拟优

化四个层面,基于性能驱动对校园食堂建筑被动式节能设计进行分析研究,提出校园食堂建筑被动式节能设计原则和策略手段. 这一设计方法的讨论侧重于在设计阶段,从地区气候环境和建筑空间两方面的设计条件进行整合. 而对于建筑围护结构性能,建筑材料性能等因素对建筑节能的影响,笔者不做进一步讨论.

(方案设计:张建涛、周丽华、曹森)

参考文献:

[1] 万丽, 吴恩融. 可持续建筑评估体系中的被动式低

- 能耗建筑设计评估[J]. 建筑学报, 2012(10): 13-16.
- [2] 张彤. 中国普天信息产业上海工业园智能生态科研楼[J]. 世界建筑, 2015(5): 130-131
- [3] 王丽. 建筑气候设计的程序化实现[D]. 西安: 西安建筑科技大学建筑学院, 2009.
- [4] 孙澄, 韩昀松. 寒冷气候区低能耗公共建筑空间性能驱动设计体系建构[J]. 南方建筑, 2013(3): 8-13.
- [5] 张彤. 空间调节+性能驱动——东南大学本科四年级绿色公共建筑设计专题教案研析[J]. 城市建筑, 2015(11): 25-31.
- [6] 贺栋. 郑州地区教学建筑绿色节能设计研究[D]. 郑州: 郑州大学建筑学院, 2012: 12-14.
- [7] 赵丽华. 严寒地区建筑入口空间热环境研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学建筑学院, 2013: 42-63.
- [8] 雷涛, 袁镔. 生态建筑中的中庭空间设计探讨[J]. 建筑学报, 2004(8): 68-69.

## Passive Energy-saving Design of Campus Canteen Based on Performance Driven

ZHANG Jiantao, ZHOU Lihua

(School of Architecture, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** Taking the campus canteen as the research object, passive energy-saving design of campus canteen in the view of building environmental performance-driven design was analyzed and studied, combining with regional climatic conditions. In the architectural design phase, the principles and methods were constructed in environmental integration, spatial organization, interface design, simulation and optimization four aspects, Connect the case, it generalized the passive energy-saving design about principles in Zhengzhou and strategies of campus canteen.

**Key words:** campus canteen; passive energy-saving design; performance driven

(上接第 91 页)

- [9] YANG X, LI Y. Structural topology optimization on dynamic compliance at resonance frequency in thermal environments [J]. Structural and multidisciplinary optimization, 2014, 49(1): 81-91.
- [10] ZHENG L, XIE R L, WANG Y, et al. Topology optimization of constrained layer damping on plates using method of moving asymptote (MMA) approach [J]. Shock and vibration, 2011, 18: 221-44.
- [11] YOON G H. Structural topology optimization for frequency response problem using model reduction schemes [J]. Computer methods in applied mechanics and engineering, 2010, 199(25): 1744-1763.
- [12] 刘虎, 张卫红, 朱继宏. 简谐力激励下结构拓扑优化与频率影响分析[J]. 力学学报, 2013, 45(4): 588-597.
- [13] SIGMUND O, PETERSSON J. Numerical instabilities in topology optimization: a survey on procedures dealing with checkerboards, mesh-dependencies and local minima [J]. Structural optimization, 1998, 16(1): 68-75.

## Structure Optimization Design of Constrained Layer Damping Structures to Minimize Displacement Response as Optimization Goal

HOU Junjian, FANG Zhanpeng, HE Wenbin

(Mechanical and Electrical Engineering Institute, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The Solid Isotropic Material with Penalization (SIMP) was applied to establish the topology optimization model of constrained layer damping (CLD) structure. The minimum of displacement response was considered as the objective function and the volume fraction of constrained layer damping material as constrained conditions. The sensitivity of modal damping ratio was introduced in the sensitivity analysis of the objective function, making the sensitivity more accurate and sensible. The topology optimization model was solved by Method of Moving Asymptotes (MMA). The numerical examples demonstrated that the proposed dynamics optimization of CLD structure was of validity and effectiveness.

**Key words:** constrained layer damping; topology optimization; sensitivity; displacement response