

文章编号:1671-6833(2007)02-0125-04

# 当代建筑运用“烟囱效应”原理的设计表达

张建涛, 王丁丁

(郑州大学 建筑学院, 河南 郑州 450001)

**摘 要:**“烟囱效应”是调节建筑内部空间自然通风的一种普遍原理. 本文阐述了在建筑设计中运用“烟囱效应”的基本原理以及基于这种原理的建筑设计影响因素: 季节因素和环境因素. 结合当代建筑的实例, 概括出应用这种原理具体的设计模式和方法: 天井中庭、太阳能烟囱、呼吸式双层幕墙和环境风塔等. 呼吸式双层幕墙就是通过这种原理减少外部空气对室内的污染, 避免空气紊流等的一种设计模式. 对“烟囱效应”的探讨以期在节约资源和降低环境负荷方面起到有益的作用.

**关键词:**“烟囱效应”; 当代建筑; 自然通风; 节能

**中图分类号:** TN 911 **文献标识码:** A

## 0 引言

运用“烟囱效应”(stack effect)原理来调节建筑内部空间自然通风, 在当代建筑设计中应用广泛. 这一原理的运用对提高建筑环境的质量, 建筑生态节能和降低环境负荷方面起到有益的作用.

在传统的建筑中有许多成熟的做法, 可以看作是前人在当时条件下的生态化实践. 比如我国北方地区传统四合院式民居的平面与空间布局, 有利于冬季充分日照和防寒; 南方地区庭院式民居形态则有利于建筑夏季通风和降温. 这些民居的做法, 是在充分把握自然条件的基础上, 在建筑总体布局、体量组合, 以及局部处理等方面, 巧妙地运用了多种“被动式”环境调节的科学原理和技术手段的结果. 如“烟囱效应”原理、相变蒸发吸热原理、太阳能利用技术与地表风场的控制技术等. 笔者结合实例探讨应用“烟囱效应”原理在当代建筑创作中的设计模式和方法.

## 1 “烟囱效应”的基本原理

“烟囱效应”基于“对流通风”原理, 是室内外热压及风压共同作用的结果. 如果将建筑物的一半高度位置视为中和面, 整个原理可以描述为中和面以下房间从室外渗入空气, 中和面以上房间从室内渗出空气的换气过程(图1). 通常“烟囱效应”作用以热压为主, 热压值与室内外温差产生

的空气密度差以及进排风口的高度差成正比, 如表1所示. 室内温度越是高于室外温度, 或建筑高度越高, “烟囱效应”越明显. 通过合理组织设计能够实现室内有组织的自然通风<sup>[1]</sup>.

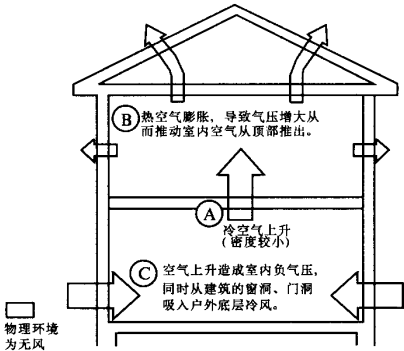


图1 “烟囱效应”基本原理图

Fig.1 Diagram of the basic principle

表1 烟囱效应作用引起的压强差

Tab.1 Pressure drop caused by the stack

温度/ ℃	垂直高度的空气压力差/(N·m <sup>-1</sup> )				
	5m	10m	20m	50m	100m
-10	-2.32	-4.64	-9.28	-23.2	-46.4
0	0	0	0	0	0
10	2.32	4.64	9.28	23.2	46.4
20	4.64	9.28	15.56	46.4	92.8

收稿日期:2007-01-16; 修订日期:2007-03-12

基金项目:河南省自然科学基金项目(51105130)

作者简介:张建涛(1965-),男,河北安新人,郑州大学教授,硕士,主要从事建筑设计方面的研究.

“烟囱效应”以热压通风为主,温度差是通风的驱动力,所以这种通风方式具有普遍适应性,在建筑设计中调节室内通风常常运用这种方法.基于“烟囱效应”原理的建筑设计,其影响因素包括季节因素和环境因素两个方面.

### 1.1 季节因素

一般情况下“烟囱效应”在冬季比夏季更有效.冬季的室内外温差较大使室内空气比室外轻,这时“烟囱”的通风效果较好.但应该注意输入新风的同时,保持室内温度.如采用加热设备或太阳能加热系统完善等,对新风进行适当的预热,同时在排风口采取保温措施,防止室内热量散失.在夏季,如果室外空气相对于室内空气高,室内空气会从较低的窗户排出,温度较高的空气则会从上部流入补充,不利于降温,也就是所说的“逆烟囱效应”问题<sup>[2]</sup>.为解决这一问题,可以采用太阳能加热的方法来驱动“烟囱效应”,确保室内温度和通风效果.

### 1.2 环境因素

建筑应用“烟囱效应”的效果还取决于多种环境因素.有时仅仅通过运用这种原理,改变竖向高度和平面尺寸并不能起到预期的效果,还要结合基地其他环境因素.如风场情况、日照情况、周边水环境情况进行综合分析和设计.再如在地区主导风向设置输送风口位置,借助周边水环境提高送风质量等等.

## 2 设计模式分析

建筑师应用“烟囱效应”原理的建筑设计有许多成功的实践.如福斯特的法兰克福商业银行大楼、霍普金斯英国新议会大厦等.这些建筑设计合理解决了当地气候下的通风问题,有效地改进了建筑内部的环境质量.建筑设计中应用“烟囱效应”原理具有基本模式,即在不同高度设置进风和排风口解决建筑的通风问题.下面通过建筑实例进行分析.

### 2.1 天井中庭

进风口高差是影响“烟囱效应”的重要因素,高差越大,热压差越大,排风口风速也越大.结合“烟囱效应”通风的建筑往往会通过拔高的通厅空间来加强上下的风压差,这样的通风设计与建筑造型可以整合于一体,结合室内绿化环境,形成独特的建筑形象.这种通风适用于大进深,或者具有大空间特点的建筑,但是当空间越大,驱动通风所需要的动力就越大,这时大空间的处理就需

要建筑师精心设计,使它最大限度地综合利用自然光、自然通风、和被动式太阳能.彼得·福格的英国燃气公司大楼设计初期采用桶状天井中庭,虽然具有拔风换气的效果,但并不能满足实际使用的需求,因此建筑师最终采用了逐级上升的剖面 and 往内收缩的平面,使中庭空间有规律地展开,以此来增强烟囱效应的通风效果<sup>[2]</sup>.查理·罗杰斯事务所设计的德国柏林戴斯勒·克莱斯勒公司办公楼也同样利用了“烟囱效应”原理的通风中厅的一系列措施来节省能源,改善室内空气环境(图2).

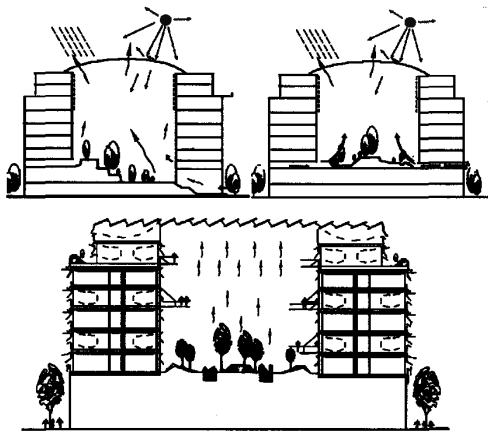


图2 戴斯勒·克莱斯勒公司

Fig.2 Daimler chrysler

### 2.2 太阳能烟囱

太阳能烟囱设计是利用了太阳能加热烟囱井,从而达到增大烟囱内外温差,提高空气压,加速空气流动,增强室内通风效率,降低室温的目的. Feilden Clegg Bradley 建筑事务设计的英国建筑研究所(BRE)环境楼的设计和霍普金斯事务所设计的英国国税局总部是建筑师们合理地应用太阳能烟囱的实例(图3、4).建筑师在设计中提出使用太阳能烟囱加速通风的方法,因为太阳能烟囱是通过“烟囱效应”的热差进行通风,通过阳光加热后的空气温度升高,密度则减小,上升速度加快,对提高通风效率有利.可以说光照下通风烟囱产生的“烟囱效应”相比无光照下“烟囱效应”的通风效果更为显著.并且当出风口开在加热面上时,通风量随加热面温度提高还有较大增加<sup>[4]</sup>.不过太阳能烟囱能否有效地提高通风效率也受外部气候、太阳辐射、烟囱尺寸的影响,因此还需要在结构和节能设计中进行定量的分析和计算.

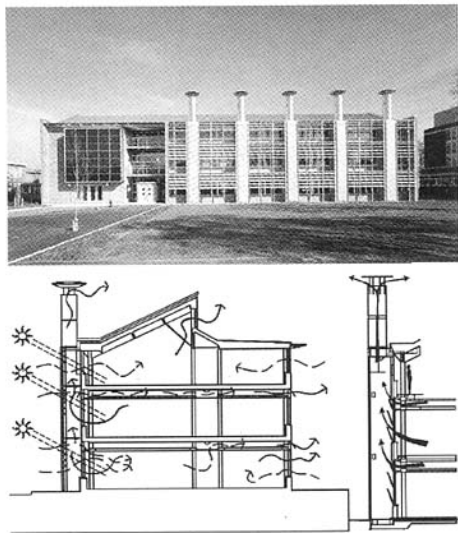


图3 英国建筑研究所(BRE)环境楼

Fig.3 The new environmental office , BRE

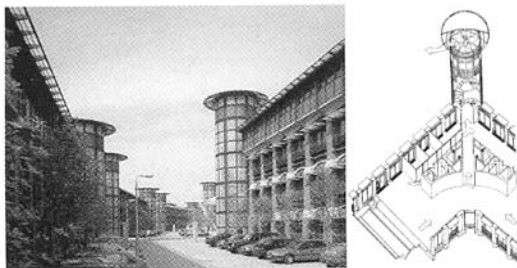


图4 英国国税局总部

Fig.4 Inland revenue center

### 2.3 呼吸式双层幕墙

呼吸式双层幕墙是一种基于“烟囱效应”的构造设计,最早应用于欧洲。相对于普通的玻璃幕墙,呼吸式双层幕墙具有明显的节能特点,它采用可循环使用的材料,建设速度快,对运输及施工场地要求小,还能够阻隔噪声,减少外部空气对室内的污染,因此又被称为“可呼吸的皮肤”。同时呼吸式双层幕墙可以根据墙、板、框、悬臂或其他不同的构造而划分,具有广泛的气候适应性,因此被认为是具有生态设计潜力的。

呼吸式双层幕墙的优势主要体现在解决高层建筑通风问题,高层建筑直接开窗容易造成紊流,而呼吸式双层幕墙系统可以通过外层玻璃阻挡高空的风力,室内窗户又能够开向幕墙的中间空气层,通过“烟囱效应”或其他有组织送风,从中引入新鲜空气。在夏季,呼吸式双层幕墙中间通过设

置遮阳百叶可以阻挡过量的太阳辐射进入室内,积聚在百叶与外层窗之间的热空气则利用双层幕墙形成“烟囱效应”的空气流动上升至顶部排出,有效降低夹层内的温度;在冬季,双层玻璃之间的空气层还能起到保温的作用,减小室内热损失<sup>[5]</sup>。Sauerbruch Hutton 建筑事务所设计的德国 GSW 公司总部改扩建工程和伦佐·皮阿诺设计的波茨坦中心 DEBIS 办公楼都是运用呼吸式双层幕墙的实例(图5、6)。



图5 德国 GSW 公司总部

Fig.5 Potsdamer platz

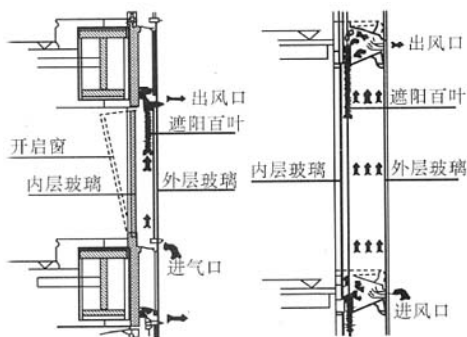


图6 呼吸式双层幕墙

Fig.6 Double-layer curtain wall

### 2.4 环境风塔

环境风塔是一种环境调节手段。班尼斯设计的 SENCITY 天堂乐园设计就是一个很好的设置环境风塔的例子(图7)。当地环境恶劣,每年有7个月的沙漠干热气候影响,高温干燥。建筑师采用环境风塔的设计方法,从建筑周边环境风场情况和满足使用者的舒适性要求出发,环境风塔的设置,选择在最靠近人们活动的位置,结合植被、地形等不同要素,通过主导风和“烟囱效应”对各个方向的气流都可以产生吸力,减小当地气候的不利影响,形成非常舒适的人工环境,同时综合利用自然资源达到高效生态的建筑标准。

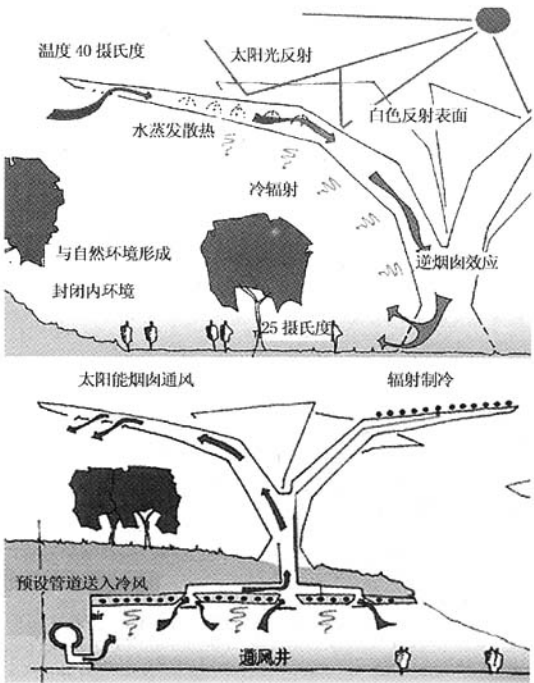


图 7 SENSICITY 天堂乐园  
Fig. 7 Sensity paradise universe

3 结束语

运用“烟囱效应”的建筑设计是解决建筑通风问题的一种思路,可以提高和改善建筑内部和外部的环境质量,并具有一定的生态节能和环保的效果.因此对运用“烟囱效应”原理的建筑设计模式与方法的研究,对当代建筑创作在节约环境资源和降低环境负荷等方面有着重要的意义.

参考文献:

[1] 布莱恩·爱德华兹. 可持续性建筑[M]. 周玉鹏, 宋晔皓, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.  
[2] 夏云, 夏葵, 施燕. 生态与可持续建筑[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.  
[3] 王鹏, 谭刚. 生态建筑的自然通风[J]. 世界建筑, 2000, (12): 62-65.  
[4] 宋晔皓. 利用热压促进自然通风[J]. 建筑学报, 2000, (12): 12-14.  
[5] 李保峰. “双层皮”幕墙类型分析及应用展望[J]. 建筑学报, 2001, (11): 28-31.

Application of Principle of "Stack effect" in the Modern Architecture

ZHANG Jian - tao, WANG Ding - ding

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

**Abstract:** "Stack effect" is a general principle of regulating the natural ventilation of a structure's inner space. The paper expounds the basic principle and mode of using "stack effect" in architectural design and probes into the affected factors in architectural design which are based on this principle: season factor and environmental factor. With several instances in modern architecture, the paper summarized the specific designing mode and method by using this principle in the modern architectural creations such as atrium, solar chimney, and double-layer curtain wall and environmental tower.

**Key words:** stack effect; modern architecture; natural ventilation; energy efficiency