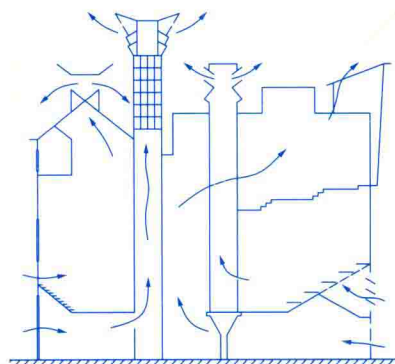
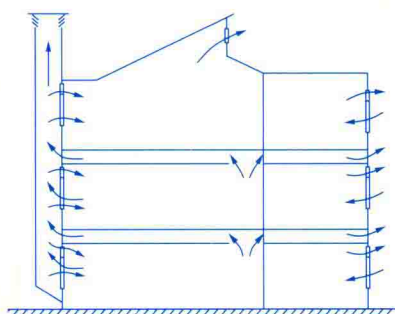
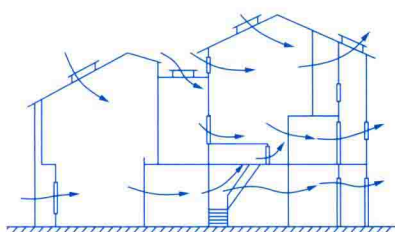
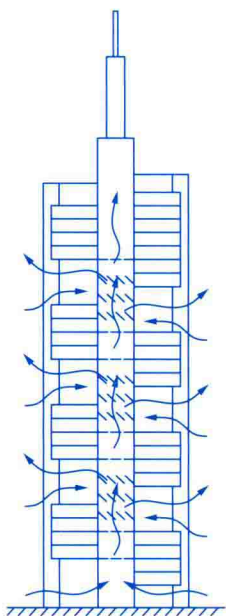


建筑自然通风 设计与应用

Design and application of natural
ventilation in buildings

李晓锋 著



中国建筑工业出版社



建筑自然通风 设计与应用

李晓锋 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑自然通风设计与应用 / 李晓锋著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.8

ISBN 978-7-112-22466-1

I. ①建… II. ①李… III. ①建筑—自然通风—建筑设计 IV. ①TU834.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第165328号

本书以自然通风的理论研究为基础, 以国内第一个通风与热耦合计算的程序DeST-VentPlus为工具, 给出标准化计算流程, 提供常用的优化自然通风设计的手段, 最后通过对中国不同气候区多个城市的不同类型的建筑的自然通风的模拟分析, 给出简便的供设计、工程人员参考的自然通风效果快速评价工具, 既为自然通风领域的设计、研究人员以及学生提供指导, 同时对建筑及相关专业亦有一定参考价值。本书以自然通风的理论研究为基础, 以国内第一个通风与热耦合计算的程序DeST-VentPlus为工具, 给出标准化计算流程, 提供常用的优化自然通风设计的手段, 最后通过对中国不同气候区多个城市不同类型建筑自然通风的模拟分析, 给出简便的供设计、工程人员参考的自然通风效果快速评价工具, 既为自然通风领域的设计、研究人员以及学生提供指导, 同时对建筑及相关专业亦有一定参考价值。

责任编辑: 齐庆梅 毕凤鸣

书籍设计: 锋尚制版

责任校对: 姜小莲

建筑自然通风设计与应用

李晓锋 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 304千字

2018年5月第一版 2018年5月第一次印刷

定价: 40.00元

ISBN 978-7-112-22466-1

(32338)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

自然通风一直以来是建筑设计者们关注的焦点之一，尤其是经历了世界性的能源危机之后，绿色和可持续发展的提出使得这一技术得到更广泛的应用。而在现代建筑中人们开始用一种全新的角度来审视自然通风，期望能够更充分、更合理地利用它。

然而，由于自然界的随机性和不可控制性，建筑设计人员无法像选择机械通风系统那样按照确定的风量来配置自然通风，因而定量分析自然通风对建筑内环境的影响较为困难。在设计不当的情况下，自然通风不但不能改善建筑内热环境，反而会引发很多问题，比如夏季的通风不足、工作区吹风感过强等。

目前主流的自然通风计算手段仍采用典型日、典型时刻分析的方法。但是如何在建筑设计的初期确定建筑自然通风的影响因素、如何合理地对建筑自然通风进行设计、如何准确地模拟全年建筑自然通风的效果，仍缺乏成熟的技术体系和较为统一的结论，以致无法准确评估自然通风的节能潜力和效果，限制了自然通风在实际工程中的广泛应用。

为此，本书将以清华大学建筑技术科学系二十年的研究成果为基础，以指导工程设计为目标，对建筑自然通风设计与应用的相关研究成果进行总结，内容既涵盖了建筑自然通风的经典理论基础，又包括了该领域的最新研究进展。

本书以自然通风的理论研究与案例分析相结合的形式，探讨了自然通风的基本规律和设计方法；同时，本书以我国第一个通风与热耦合模拟软件 DeST-VentPlus 为工具，给出标准化计算流程，提供优化自然通风设计的模拟计算方法；最后通过对中国不同气候区多个城市不同类型建筑全年自然通风效果的模拟分析，给出供工程设计人员使用的自然通风效果快速评价工具。本书既可以为自然通风领域的工程设计人员提供参考，又是一部适用于暖通空调专业本科、研究生教学的教材，同时也可作为从事该方向研究的科学工作者的参考书。

目 录

1

绪论	001
1.1 建筑通风的意义	001
1.2 自然通风的定义与发展背景	002
1.3 自然通风对建筑能耗的影响	003
1.4 自然通风的基本原理	003

2

传统建筑中自然通风的应用	010
2.1 干燥地区的自然通风应用形式	010
2.2 热湿地区的自然通风应用形式	011
2.3 通风烟囱与热压通风	012
2.4 天井通风	013

3

现代建筑中自然通风的应用	015
3.1 太阳能烟囱 / 中庭	015
3.2 双层皮幕墙	016
3.3 自然通风器	017
3.4 地道通风	019
3.5 文丘里效应	020

4

自然通风的评价方法	021
4.1 多标准评估方法	021
4.2 气候适应性评估方法	022
4.3 有效压差分析方法	022

4.4	动态耦合能耗分析方法	022
4.5	自然通风的热舒适性标准	023

5

自然通风的计算方法	028
-----------	-----

5.1	自然通风的计算方法概述	028
5.2	建筑通风和渗透的简化代数算法	030
5.3	多区域网路模型计算方法	033
5.4	通风模型与热模型耦合计算方法	045

6

多区域网络法配合气候适应性评估法计算实例	056
----------------------	-----

6.1	计算流程简介	056
6.2	研究对象简介	057
6.3	自然通风可行性分析	058
6.4	模型及计算参数	058
6.5	模拟结果分析	059

7

办公建筑自然通风动态耦合计算应用实例	065
--------------------	-----

7.1	计算流程简介	065
7.2	研究对象简介	066
7.3	自然通风节能潜力评价指标	068
7.4	模型及计算参数	068
7.5	模拟结果分析	073



住宅建筑自然通风动态耦合计算应用实例	086
8.1 计算流程简介	086
8.2 研究对象简介	086
8.3 自然通风节能潜力评价指标	088
8.4 模型及计算参数	088
8.5 模拟结果分析	094
8.6 北方高层住宅自然通风效果快速评价方法	104



自然通风的测试方法	118
9.1 自然通风的测试方法概述	118
9.2 示踪气体分析方法	119
9.3 浓度衰减法实验研究	129
9.4 浓度衰减法实测案例	140
9.5 人体作为 CO ₂ 释放源的实验研究	148
9.6 人体作为 CO ₂ 释放源实测案例	156
9.7 干冰作为 CO ₂ 释放源实验研究	161
9.8 干冰作为 CO ₂ 释放源实测案例	170

主要符号表	179
参考文献	183



建筑通风可以分为自然通风和机械通风两大类。当压差存在时，空气会从压力高的区域流向压力低的区域，从而形成通风或渗透。建筑通风是借助换气稀释或通风排除等手段，控制空气污染物的传播与危害，保障室内外空气环境质量的一种建筑环境控制技术。

1.1 建筑通风的意义

建筑通风可以为建筑内部提供新鲜空气，排除室内污浊的空气。人们的工作、生活环境中的室内空气质量IAQ（Indoor Air Quality）的低劣在很大程度上是由于缺少充足的自然通风。

建筑中封闭的围护结构阻碍了建筑内外空气的流通，在利用空调调节和改善室内环境的同时，由于不能保证优良的室内空气品质和舒适的环境，因室内环境的污染造成的对人群的身心伤害的病例日益增多（图1-1）。在一些具有高污染区域的建筑内，室外持续的自然通风将消除污染对建筑的负面影响，带来新鲜、清洁的空气，既有利于减少室内污染物，又能满足人们接触自然的心理需要，有利于人的身心健康。

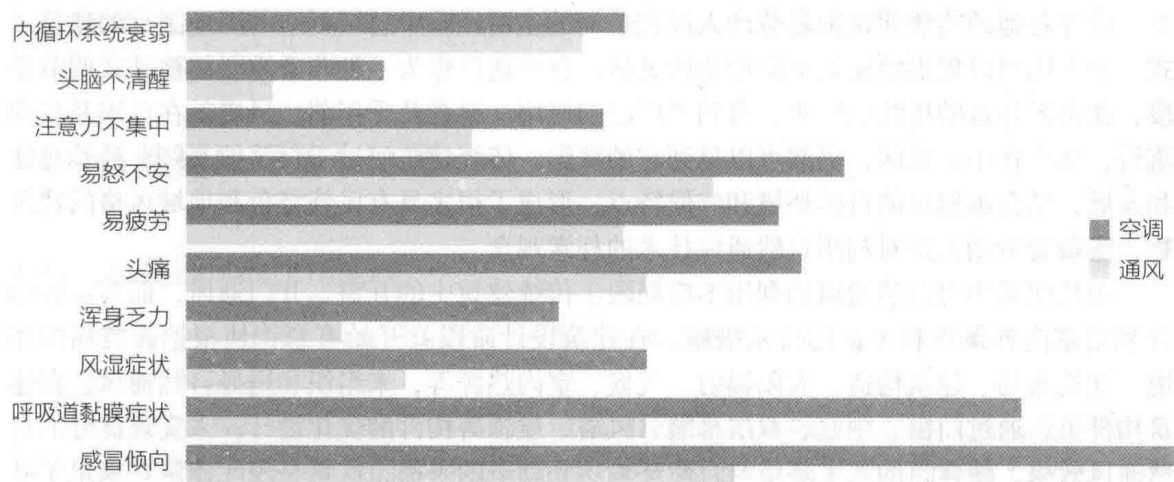


图1-1 全空调与自然通风办公空间对人的健康及舒适的影响^[1]

同时,建筑通风对于建筑热湿环境具有调节作用,主要体现在以下3个方面^[2]:

(1) 建筑通风可以通过空气流动带走建筑内部环境中的大量热量,从而直接降低室内空气温度。当室外空气温度显著低于建筑内部的空气温度时,或者当建筑的得热主要来自于建筑内部的热源(如产生大量热量的厂房、实验室等)时,建筑通风是实现降温的极为有效的手段。

(2) 建筑通风可以降低建筑内部的空气湿度,加速人体的汗液蒸发,从而使人感觉到凉爽舒适。

(3) 建筑通风可以加速建筑围护结构与外界环境的热湿交换,有利于建筑围护结构的散热、散湿,使建筑内表面温度降低,从而降低室内平均辐射温度。

1.2 自然通风的定义与发展背景

自然通风是指依靠建筑内外压力(热压、风压等)的不同使空气流动,使室内外空气进行交换,达到调节室内环境的目的。

自然通风是营造室内空气环境的重要方法。外界空气流动和温度变化是一种自然资源,由此产生的自然通风是对这种资源的有效利用,对改善室内环境、降低建筑能耗有着显著的作用,对减少室内空气污染,改善室内舒适性、健康性和安全性具有重要意义。

人类历史上就一直把自然通风作为维护和营造室内适宜环境的重要途径。在传统民居中,人们利用自然通风来带走炎热季节建筑内部的余热、余湿,利用大量夜间和清晨的凉风增加建筑围护结构以及室内家具的蓄冷量。同时,自然通风带来新鲜、清洁的空气,既有利于降低室内污染物及二氧化碳浓度,又能满足人们接触自然的心理需要。此外,人体热舒适性与热环境中气流的紊动特性密切相关,越接近自然特性的环境,其热舒适性越好。现代热舒适理论的研究指出,由于自然通风的脉动特性,在同等温度条件下,自然通风环境可以提供更加舒适的室内环境,即人处在同等温度、同等换气量的机械通风的房间中和自然通风的房间中,自然通风的环境更可以令人满意,而空调环境只能满足基本的热中性环境要求,无法提供具有自然界特性的室内环境。

世界各地的传统建筑都是劳动人民在长期的生活经验中总结创造的因地制宜的建筑形式,至今仍可以提供给建筑师们创造的灵感。自然通风作为一种非常重要的被动式调节手段,在世界各地的传统民居中,得到了广泛的应用。早在几千年前,风塔就在古埃及得到流行,如今在中东地区,仍然可以见到它的踪影。传统建筑经过千百年的实践、经验总结和发展,结合本地区的自然环境和气候特点,形成了很多具有民族特色和地域风格的建筑物,隐藏着劳动人民对利用自然通风技术的朴素观念。

现代建筑中对自然通风的利用不应局限于传统建筑中的开窗、开门通风,而是需要综合利用室内外条件和丰富的技术措施,在建筑设计阶段就开始有意识地根据建筑周围环境、建筑布局、建筑构造、太阳辐射、气候、室内热源等,来组织和诱导自然通风,在建筑构件上,通过门窗、中庭、双层幕墙、风塔、屋顶等构件的优化设计,来实现良好的自然通风效果,使建筑的人工环境与自然环境达到动态的平衡,这将是现代建筑在满足了基本使用功能和美学要求后应追求的更高目标。

1.3 自然通风对建筑能耗的影响

自然通风是一种具有很大潜力的通风方式,其最大特点是不消耗动力,因而其首要优点是节能,并且投资少、运行费用低,同时可以利用充足的新鲜空气来改善室内热舒适性和提高室内空气品质,是人类历史上长期赖以调节室内环境的原始手段。在空调技术得以普及、机械通风广泛应用的今天,在节约能源、保持良好的室内空气品质的双重压力下,全球的科学家开始重新审视自然通风技术。

20世纪70年代能源危机以后,自然通风的节能潜力的研究逐渐被各个国家的研究人员所重视^[3-4],根据Liddament和Orme等人的研究^[5],空调能耗中用于空气交换的比例约为36%,热负荷达到了50%。Kolokotroni^[6-7]等人早在1996年就通过对多个建筑的长期监测得到了自然通风状态下的建筑空调负荷只有不通风状态下的50%,可见采用自然通风可以大大降低建筑能耗。欧洲诸多研究表明自然通风冷却技术对降低建筑能耗有着十分直接的作用。

我国对自然通风的节能潜力的研究也有许多,章宇峰^[8]于2004年进行了建筑热模拟与自然通风耦合的模拟研究,开发出的自然通风与热模拟耦合计算程序,可以定量分析多种涉及自然通风和渗透的问题,更好地实现了建筑能耗分析、动态模拟以及被动式通风降温系统的设计。其后,张明瑞^[9]和黄河^[10]在章宇峰^[8]的研究的基础上利用DeST-VentPlus程序,综合考虑了热压和风压的共同作用,分别耦合计算分析了不同地区办公及住宅建筑全年自然通风对建筑能耗的影响,评估了建筑全年的自然通风节能潜力。秦蓉^[11]也于2006年研究了自然通风对空调系统运行时间的影响,发现随着室内空调设定温度的提高,全年可以利用自然通风的时间变长,从而减少了开启空调的时间。当空调设定温度从26℃提高到28℃时,建筑可利用自然通风的时间增加了约20%,空调开启时间缩短了约30%;而当空调设定温度从26℃降低至24℃时,建筑可利用自然通风的时间缩短了20%,空调开启时间增加了约30%,从而得到自然通风对能耗有着重要影响的结论。

采用自然通风方式的根本目的就是取代(或部分取代)机械通风和空调制冷系统。一方面,自然通风可以在不消耗不可再生能源的情况下降低室内空气温度,排除室内的污浊空气,改善人体热舒适,有利于减少能耗、降低污染,符合可持续发展的思想;另一方面,自然通风可以提供新鲜、清洁的自然空气(新风),有利于人的生理和心理健康。

1.4 自然通风的基本原理

1.4.1 自然通风的作用原理

自然通风是利用建筑物内外空气的密度差引起的热压或风力造成的风压来促使空气流动而进行的通风换气。

当压差存在时,空气会从压力高的区域流向压力低的区域,从而形成通风或渗透。自然通风主要依靠室内外压力的不同来进行室内外空气交换。如果建筑物外墙上的开口两侧存在压力差 ΔP ,就会有空气流过该开口,空气流过开口时的局部阻力就等于 ΔP 。

$$\Delta P = \zeta \frac{v^2}{2} \rho \quad (1-1)$$

式中 ΔP ——开口两侧的压力差, Pa;

ζ ——窗孔的局部阻力系数;

v ——空气流过窗孔时的流速, m/s;

ρ ——空气的密度, kg/m³。

上式可改写为:

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\zeta \rho}} = C_D \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1-2)$$

$$C_D = \sqrt{\frac{1}{\zeta}} \quad (1-3)$$

式中 C_D ——开口的流量系数, C_D 值的大小与开口的构造和压力差变化(例如雷诺数)有关,一般小于1。

通过开口的空气量为:

$$G_v = vA = C_D A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1-4)$$

$$G_m = vA\rho = C_D A \sqrt{2\Delta P \rho} \quad (1-5)$$

式中 G_v ——空气的体积流量, m³/s;

G_m ——空气的质量流量, kg/s;

A ——开口的面积, m²。

由上式可以看出,只要已知开口两侧的压力差 ΔP 和开口的有效气流截面积就可以求得通过该开口的空气量。

空气在流动过程中,受各种阻力作用,其由压差产生的动力会逐渐损失。在建筑通风中,各个开口处的局部阻力(压降)是最主要的动力损耗,通过这些开口的流量与开口两侧的压差直接相关,这种关系取决于开口的几何尺寸和气流的流态。

要实现自然通风,开口两侧必须存在压力差。自然通风最主要的动力是风压和热压。由风压或热压造成的建筑内部空气流动被称作风压通风或热压通风,比如人们常说的“穿堂风”和“烟囱拔风”。

常见的自然通风实现形式如下^[12]:

(1) 贯流通风。一般来说,主要指自然风的入口和出口相对,使自然风能够直接从入口进入,通过整个房间后由出口流出,如果进、出口之间有隔断,这种风就会被阻挡,通风效果大打折扣。一般来说,进出口距离应该是屋顶高度的2.5~5倍,如图1-2和图1-3所示。

(2) 单侧通风。当自然风的入口和出口在建筑的同一立面时,这种通风方式称为单侧通风,单侧通风通常有两种情况,如图1-4所示。

(3) 被动风井通风。被动风井(烟囱)通风系统已被广泛应用于很多建筑中,通常用于排出比较潮湿的房间中的湿空气,也可用于改善室内空气品质。通过烟囱的气流被热压和风压共同驱动,如图1-5所示。

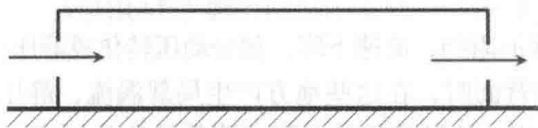


图1-2 贯流通风示意图

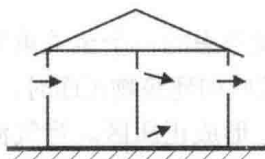
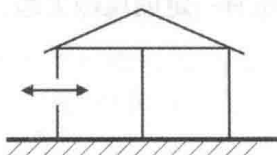
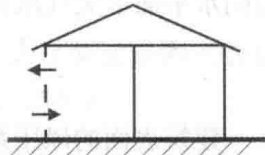


图1-3 由于室内各部分之间的空隙而引起的穿堂风



(a) 主要靠空气的湍流脉动来进行室内外空气交换



(b) 主要靠热压或风压来进行室内外空气交换

图1-4 单侧通风示意图

(4) 中庭通风。中庭在办公楼中是一种常见的建筑构造，一般可以用中庭作为风井来实现自然通风，如图1-6所示。

通常情况下，自然通风是在风压和热压的共同作用下形成的。下面将介绍在风压和热压作用下 ΔP 产生的原理和计算方法。

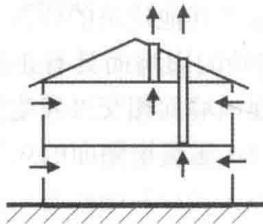


图1-5 被动风井通风示意图

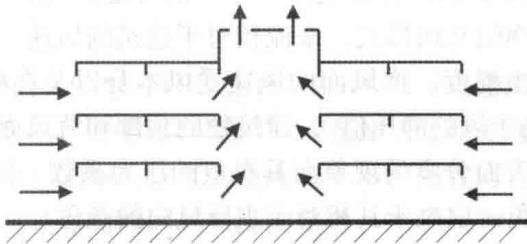


图1-6 中庭通风示意图

1.4.2 风压通风

迄今为止，风压是自然通风最重要的驱动力，尤其是在炎热的季节。当室外气流吹过建筑物时，气流将发生绕流，其中包含了物体迎风面受到的来流撞击、上风角处的绕流剥离、屋顶回流再附着、下风处回流贴地附着等诸多流动现象^[13]，如图1-7所示。室外气流绕流对建筑室内外环境以及结构设计有着相当大的影响，所以在建筑设计中，室外绕流风

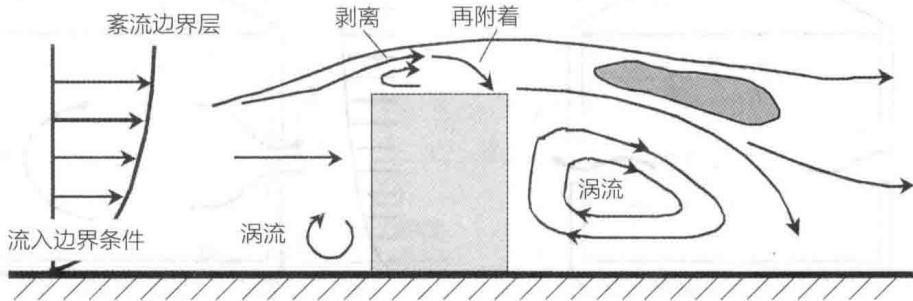


图1-7 建筑对周围气流影响的示意图

环境是必须考虑的一个至关重要的因素。

当气流吹向建筑物正面时,因受到建筑物表面的阻挡,流速下降,部分动压转化成静压,在迎风面上形成正压区。当气流偏转流过侧面和背面时,在这些地方产生局部涡流,静压下降,形成负压区。和远处未受干扰的自由风相比,这种静压的升高或降低统称为风压。

根据伯努利方程可知,受到阻碍的风,其部分动压会转变为静压。定义 P_w 为建筑表面空气压力与同水平面上大气压力的差值, P_w 与自由风的动压有一定的比例关系,它可以表示为:

$$P_w = C_p P_v \quad (1-6)$$

式中 C_p ——建筑表面的风压系数;

P_v ——当地自由风的动压值, Pa。

在气流没有受到建筑物干扰的情况下,其动压部分可写为:

$$P_v = 0.5 \rho U_r^2 \quad (1-7)$$

式中 ρ ——自由来流的密度, kg/m^3 ;

U_r ——基准面风速,通常在建筑物或开口的高度处, m/s 。

风压系数通常可根据缩小比例的建筑模型或建筑构件在风洞实验中的压差计算得到,也可以通过实际建筑中的压力测量计算得到,或者采用CFD (Computational Fluid Dynamics, 计算流体力学) 的方法利用计算机软件模拟得到。建筑表面的 C_p 值取决于建筑物的几何形式,来流相对于建筑的风速、风向,建筑相对于其他建筑的位置,地形及地面粗糙度。迎风面的风速受风本身以及在建筑表面风向偏转的影响而具有正的压力系数(高于风的静压值),建筑物的顶部和背风面由于在顶部和迎风墙面相交处发生边界层从建筑表面分离的现象而具有负的压力系数(低于风的静压值)。建筑物侧面的风压系数可正可负,取决于其相对于主导风向的倾角。

同一建筑物的外围护结构上,如果有两个风压值不同的开口,如图1-8所示,在风速为 V_r 的风力作用下,迎风面开口A的风压为 P_{WA} ,背风面开口B的风压为 P_{WB} ($P_{WA} > P_{WB}$),假定风压是唯一作用力,此时室外空气由开口A流入室内,室内空气将从开口B流出。

如果只开启开口A,关闭开口B,如图1-9所示,此时自然风的进口和出口均为开口A,不管开口A的内外压差如何,由于空气流动,室内的压力逐渐升高,当室内的压力等于开口A的风压时,室内空气停止流动。

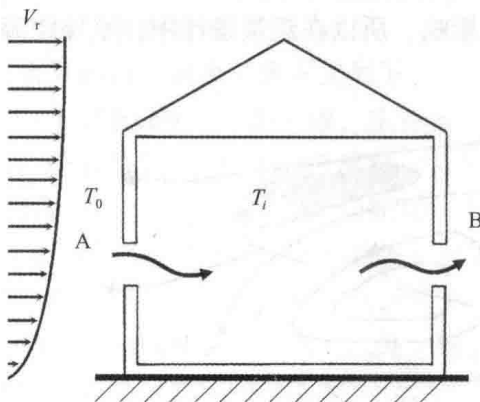


图1-8 风压驱动的贯流通风

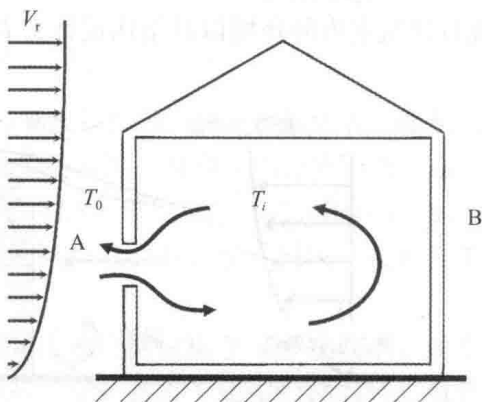


图1-9 风压驱动的单侧通风

ASHRAE手册中给出了室外风速的计算公式^[14]:

$$U_h = U_{\text{met}} \left(\frac{\delta_{\text{met}}}{h_{\text{met}}} \right)^{\alpha_{\text{met}}} \left(\frac{h}{\delta} \right)^{\alpha}$$

(1-8)

式中 U_h ——当地 h 高度处的风速, m/s;
 δ ——不同地貌相应的边界层厚度, m;
 α ——不同地貌相应的地面粗糙度指数, 下标met代表气象站观测点数据; δ 及 α 按表1-1取值, 气象站参数通常取为 $\alpha = 0.14$, $\delta = 270$ m。

大气边界层计算参数 表 1-1

分类	地点及描述	α	δ (m)
1	大城市市中心, 周围50%以上建筑高于21m	0.33	460
2	城市或城市郊区, 周围有一些建筑	0.22	370
3	开阔地, 仅有少数低于10m的建筑	0.14	270
4	平地, 周围无任何遮挡	0.10	210

1.4.3 热压通风

通过开口的空气流动除了受外部压力影响外, 还受内部压力的影响, 内部压力受风压和热压的共同影响。热压是由建筑内外的空气温差、密度差引起的。随温度变化而变化的空气密度差引起了在建筑物内外的压力梯度。当建筑物内空气的温度高于室外温度时, 室外冷空气通过低处的开口进入建筑, 室内暖空气通过高处的开口流向室外; 当建筑物内的空气温度低于室外温度时, 这种气流方向相反。流入和流出发生改变的高度是中和面, 此处内外压力是相等的(图1-10)^[15]。中和面的位置是总体分布和开口流动特性的函数。

开口处的浮升力或热压是由开口两端的温差引起的密度差造成的, 位于不同高度的开口, 其压差是由垂直密度梯度引起的。热压通常表达为相对于最低开口或者建筑某个基准位置的数值。热压沿垂直高度的函数为:

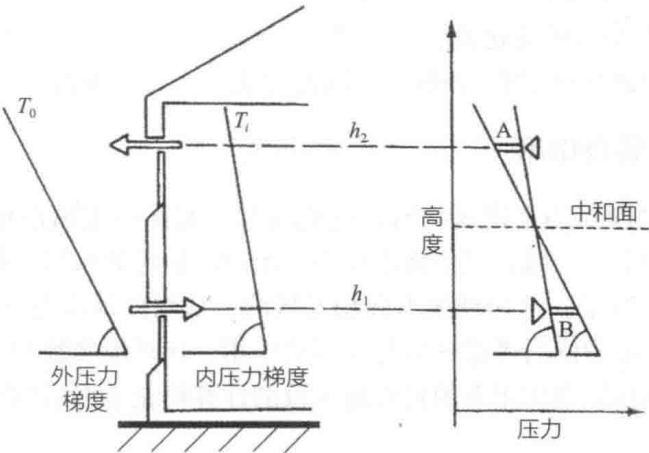


图1-10 具有两个垂直开口的建筑内热压分布

$$P_s = P_0 - \rho g z \quad (1-9)$$

式中 P_0 ——基准高度 h_0 处的压力, Pa;

ρ ——空气密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

z ——开口与基准面的高度差, m。

两个垂直开口的热压差是由两开口的高度差 h 决定的, 它可以通过下式求得:

$$P_s = -\rho_0 g h (1 - T_0 / T_i) \quad (1-10)$$

式中 ρ_0 ——参考温度 T_0 下的空气密度, kg/m^3 ;

h ——两开口的高度差, m;

T_0 ——参考空气温度或室外空气温度, K;

T_i ——室内空气温度, K。

上式对于已知的每个开口或区域内温度呈线性变化的情况是十分适宜的, 但如果温度随高度呈非线性变化, 则必须使用积分形式。

在具有高屋顶的大型开放式空间内, 热气流将向屋顶上升, 从而导致较大的温度分层。结果将产生内部的压力梯度, 从而影响屋顶开口和低处开口之间的热压, 如图1-11所示^[15]。热压可表示为垂直空气密度梯度的函数:

$$P_s = -g \int_0^h \rho(z) dz \quad (1-11)$$

式中 $\rho(z)$ ——高度为 z 处的空气密度, kg/m^3 ;

h ——两开口的高度差, m。

由于密度是热力学温度的函数, 因此在该情况下热压可表示为:

$$P_s = P_0 - \rho_0 g T_0 \int_{z_0}^h \frac{dz}{T(z)} \quad (1-12)$$

式中 P_0 ——基准高度 h_0 处的压力, Pa;

ρ_0 ——参考温度 T_0 下的空气密度, kg/m^3 ;

T_0 ——参考空气温度或室外空气温度, K;

z_0 ——基准高度, m;

h ——开口高度, m;

$T(z)$ ——温度随高度 z 的变化值。

如果温度分布函数 $T(z)$ 已知, 则热压可以通过式(1-12)求得。

1.4.4 风压与热压联合作用

当风压和热压共同作用于建筑物时, 它们将联合起来决定通过建筑物开口的空气流动。如果两种压力的正负一致, 它们将增加空气流量, 但是如果压力相反, 将减少空气流量, 并且在一定的条件下, 这两种压力会相互抵消, 从而使得没有气流流过开口。因此, 进行自然通风计算, 必须同时考虑热压与风压的作用, 热环境参数和流体特性参数相互作用的影响。风压和热压联合作用下的自然通风量的计算将在本书第5章中介绍。

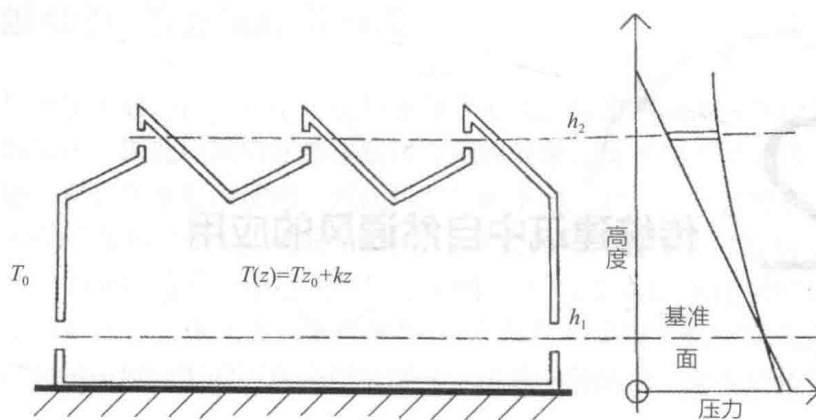


图1-11 具有内部温度梯度的单区域建筑内热压分布

2

传统建筑中自然通风的应用

在主动式空气调节系统没有出现或者普及的时代,人们往往最大限度地利用被动手段来调节室内的热舒适性。如在建筑总平面布置、体形、朝向、开口、空间布局等方面进行合理设计,设计中利用地形、绿化、水体以及太阳辐射等环境要素,组织好自然通风,即可获得良好的通风效果。

2.1 干燥地区的自然通风应用形式

在干燥地区,通常会利用风塔来加速空气的流通从而形成可利用的自然通风。早在几千年以前,风塔就已在古埃及得到流行,如今在中东等地区,仍然可以见到它的踪影。风塔由垂直的竖井和风斗组成,在通风不畅的地区,可以利用高出屋面的风斗,把上部的气流引入建筑内部,来加速建筑内部的空气流通。当地区存在明显的主导风向时,风斗往往都朝向主导风向修建,如巴基斯坦的海德拉巴风塔(图2-1)^[16];在主导风向不固定的地区,则设计多个朝向的风斗,从而形成多个不同风向的风井,如伊朗亚兹德地区风塔(图2-2)。

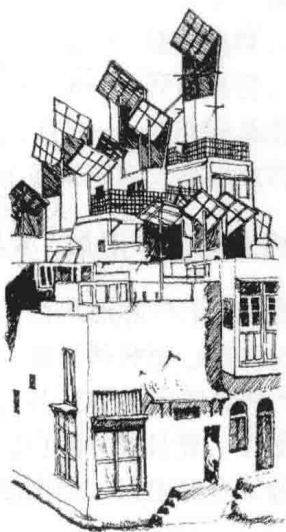


图2-1 巴基斯坦海德拉巴风塔



图2-2 伊朗亚兹德风塔