

坚朗

门窗幕墙配件专家

KIN LONG

Specialist in Door/Window and Glass-Wall Fittings

Integrated Planning

Double-Skin Facades

双层幕墙

(德) 厄斯特勒 利布 卢茨 霍伊斯勒 著
Oesterle · Lieb · Lutz · Heusler

大连理工大学出版社

TU227/23

2008

Integrated Planning

Double-Skin Facades

双层幕墙

(德) 厄斯特勒 利布 卢茨 霍伊斯勒 著
Oesterle · Lieb · Lutz · Heusler

东莞市坚朗五金制品有限公司 译

大连理工大学出版社

DOPPELSCHALIGE FASSADEN

Ganzheitliche Planung

By Oesterle, Lieb, Lutz, Heusler

©1999 Verlag Georg D. W. Callwey GmbH & Co. KG,

Streitfeldstrasse 35, 81673 Munich, Germany

(ISBN 978 3766713 766)

www.callwey.de

This translation of DOPPELSCHALIGE FASSADEN first published in 1999 by Verlag Georg D. W. Callwey GmbH & Co. KG is published by arrangement with Silke Bruenink Agency, Munich, Germany.

© 大连理工大学出版社 2008

著作权合同登记 06-2007 年第 37 号

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

双层幕墙 / (德) 厄斯特勒 (Oesterle) 等著; 东莞市坚朗五金制品有限公司译. —大连: 大连理工大学出版社, 2008.2

ISBN 978-7-5611-3853-3

I. 双… II. ①厄… ②东… III. 幕墙—建筑工程 IV. TU227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 192014 号

出版发行: 大连理工大学出版社

(地址: 大连市软件园路 80 号 邮编: 116023)

印刷: 利丰雅高印刷(深圳)有限公司

幅面尺寸: 230mm × 300mm

印 张: 12.75

插 页: 4

出版时间: 2008 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 蓉 张 泓

责任校对: 王 琴

封面设计: 温广强

ISBN 978-7-5611-3853-3

定 价: 148.00 元

电 话: 0411-84708842

传 真: 0411-84701466

邮 购: 0411-84703636

E-mail: dutp@dutp.cn

URL: <http://www.dutp.cn>

Double-Skin Facades

Integrated Planning

目 录

前 言	7
引 言	8
幕墙结构的发展	8
第1章 结构类型	12
箱式窗	13
箱井式幕墙	16
廊道式幕墙	20
多楼层式幕墙	23
第2章 双层幕墙问与答	26
第3章 设计的十个步骤	30
第4章 隔 声	34
外层幕墙的功能	34
噪声及其评估	35
噪声要求	36
具有负平均信息量的声音效应	37
阻挡外部噪声	39
内部隔声	47
改善隔声的要求和会碰到的困难	52
第5章 保温隔热	53
冬季保温	60
夏季隔热	75
第6章 自然采光	80
第7章 防 火	83
第8章 空气物理学	86
空气物理学的基本原理	86
双层幕墙内的热浮力	96
阻力的气动优化	101
作用在双层幕墙上的风力效应	106
第9章 高层建筑	110
建筑中的垂直气流	110
风的特征	112
可关闭幕墙的控制观念	117

第 10 章	幕墙结构的特点	118
	双层幕墙结构: 独立原型	118
	效果良好的实现计划措施的方法	119
	幕墙类型	124
	结构类型	132
	结构形式	134
第 11 章	特殊结构幕墙的详细情况	146
	幕墙外层玻璃的固定	146
	外层幕墙上的玻璃	150
	调整建筑公差	154
	固定锚固部件	156
	防止鸟类的侵袭	161
	雷达阻尼	162
第 12 章	通风与制冷	168
	不能忽略机械通风和制冷	168
	需要多少机械空调?	169
	新方法: 无散热器的空调系统	176
第 13 章	性价比	178
	经济分析的过程	178
	经济分析实例	190
	结论	198
附 录		199
	致 谢	199
	图片来源	200
	参考文献	201
	推荐读物	203
译后记		204

在现代建筑应用中，双层幕墙起着重要的作用。在欧洲，它已经成为建筑竞争的普遍特点；但只有相对少数的一些建筑使用了双层幕墙，并且对于其实际性能的体验仍然很少。由于这些情况的存在，几乎很难降低客户对其的怀疑程度。首先也是最重要的，客户和开发人员不可避免地会注意到双层幕墙带来的额外花费，并且需要在每一个详细的案例中使他们确信这种形式在建筑上的优势。能否吸引客户、用户，甚至投资商，通常取决于这种结构提供的多方面特点的组合效果，例如隔声性能的改善、窗户通风范围的扩大和在湿润地区良好的舒适程度。

尽管设计的基本目标十分明确，然而有关内外幕墙和空气间层的组合效果的文章却几乎没有发表过。这些方面的基础研究仍处在起步阶段，在满足影响一些结果和规范的要求这方面，涉及到的系统设计方法几乎未知。根据在设计并建造双层幕墙，以及完工后的跟踪和监督等方面的多年经验，作者描述了这种建筑的主要方面，希望在某种程度上修正以上提到的遗漏。

基于上述原因，本书将涉及多方面的内容：建筑物理学的基本原理，以及空气物理学和建筑工程的问题；从空调系统的角度出发，这种幕墙形式的意义；以及高层建筑的特殊方面。除了理论原理，本书还介绍了双层幕墙发展的总体趋势。作者运用从设计到施工的实例，来解释说明应用这种幕墙的简单程序。在引言部分，作者将经常出现的问题以摘要的形式提出并且给出一些有效的答案。本书还介绍了双层幕墙设

幕墙结构的发展

几个世纪以前,人类仅在有限范围内可以保证充足取暖,这使人们领悟到在住所周围开辟隔热的缓冲空间可以明显改进热舒适程度。

旧式农场房屋是一个很好的例子。这种房屋一般根据罗盘严格定位,建立在山谷面向南边的山坡上,沿北边建造牲口棚。一排松树起着进一步的防风作用,改进小气候环境,从而为供暖创造最佳条件。瓦炉放置在建筑物中心部位,周围设有长椅供人取暖。由于隔热原因,采用了木制结构并有在夜间可关闭的百叶窗。



图0-1 瑞士Murren的旧式农场房屋,在夏季,不仅可以打开箱式窗,还可以完全拆下外部窗扇

在瑞士,仍然可以看到安有这种箱式窗的旧式农场房屋。它们的结构是这样的:夏天,可以打开内层窗扇,拆下外层玻璃窗,进而可以季节性地调整建筑的窗层来适应不同的气候状况。

今天我们所知的双层幕墙重新采用了用玻璃层来形成热缓冲的传统做法,暂时可能只是在一部分上使用,这是用现代建筑语言推断这种观念。双层幕墙可以作为复杂的建筑围栏,很好地适应环境。建筑物应可以很好地控制热、冷、光和风,

以及外部噪声,这样,在没有消耗大量能量的情况下,室内可以达到最理想的舒适程度。时下正在流行的“智能幕墙”的说法,可能会被智能控制的灵活幕墙的观念所代替。

幕墙结构的发展,尤其是使用了金属和玻璃,是双层幕墙设计的更加重要的因素。以19世纪的温室建筑和框架结构为基础,外层墙不再起着承载负荷的作用,而仅仅是围栏的表层,为建筑师开始在20世纪初设计建筑的外层面提供了新的可能。尺寸、形状和窗户的数量不再像过去一样受建筑条件的限制。作为幕墙材料,玻璃成为建筑观念的新重点。一下子,把室内与外部分开,却保持透明的这种想法变成了可能,还可以改进建筑物内的光线和非物质性。

但建筑的自由无论是过去还是现在,仍然受到建筑物理学和舒适性方面的限制。为了实现适当的内部条件,迎合用户的要求,采用技术手段来弥补建筑观念和建筑外观实现中的缺陷变得越来越必要。目前可用的技术方案与对环境的认识的缺乏事实上导致了許多建筑内部大量耗能和相当大的污染物排放。

随着时间的推移,从纯技术上讲,开窗会消耗更多的热量,旧式农场房屋就是基于此原理出发,进行相反的设计减少开窗,就能达到节约使用能量和资源的目的。最终,人们结合旧式建筑这些优点,开始设计高质量幕墙,用来挡雨、隔热、防冷、防潮湿和隔声。

为适应特定的气候条件,窗户技术的发展起源于箱式窗。在这种建造形式中,传统的单层玻璃窗结构(玻璃隔热系数为 $U = 5 \sim 6 \text{ W/m}^2\text{K}$)外增加了外层玻璃窗。一般来说,外层玻璃窗由两个相互搭接的窗扇组成,隔热系数约为 $U = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。这种结构,只有两扇窗扇同时开启时才能够通风。这种窗结构仍然可以从19世纪末和20世纪建造的房屋中看到,尤其在中欧地区,如柏林、佛罗茨

瓦夫、维也纳、布拉格和布达佩斯。

20 世纪 50 年代末,在箱式窗的基础上,双层窗得到了发展。在新式结构下,内外窗扇简单地连在一起,可以像单层窗一样同时开启,获得通风,并且只需要一扇窗框,而不是两个。在一些情况下,要在玻璃之间插入百叶,用来遮阳或阻挡强光。由于双层玻璃间距较小,以及窗框不良的隔热性能,这种结构的隔热性不如箱式窗。如有需要,如清洁玻璃,可将窗扇的两部分拆开。随着 20 世纪 70 年代隔热双层玻璃窗元件($U = 3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$)和隔热金属以及塑料框架的发展,箱式窗和组合窗逐渐被市场淘汰。

由于石油危机,越来越多的人开始注重环保和节能。

与此同时,在美国,人们开始逐渐意识到外层窗,太阳能建筑的重要性,建筑外层良好的物理性能,建筑用材的利用潜力,通风和遮阳的易

变性。这些发展基于对热带气候地区的传统建筑形式的研究。同样在欧洲,被动使用隔热装置节省能源成为人们讨论的话题,而且有良好的隔热性的百叶窗被提倡用于短期隔热。由于人们逐渐意识到环境问题,建筑材料工业也得到了飞速发展,尤其是在玻璃技术方面。图 0-2 中以图形的方式介绍了多种玻璃窗的发展过程,这些引起了过去几十年中隔热值的不断进步。

总能量传递因数 g (夏季玻璃窗遮挡太阳光特性的标准) 也有了相似的发展。与一度较低的 U 值相比, g 值为的是减少建筑照明的耗能,透光度是最大的需要。使用 τ_L 描述透光度。直到 20 世纪 90 年代,才取得了突破性的进展,开发了具有高选择性的特殊中性遮光玻璃(即具有极大透光度和较低的总能量传递因数的玻璃)。这种玻璃窗解决了在有些地方不能安装高质量遮阳装置的问题。

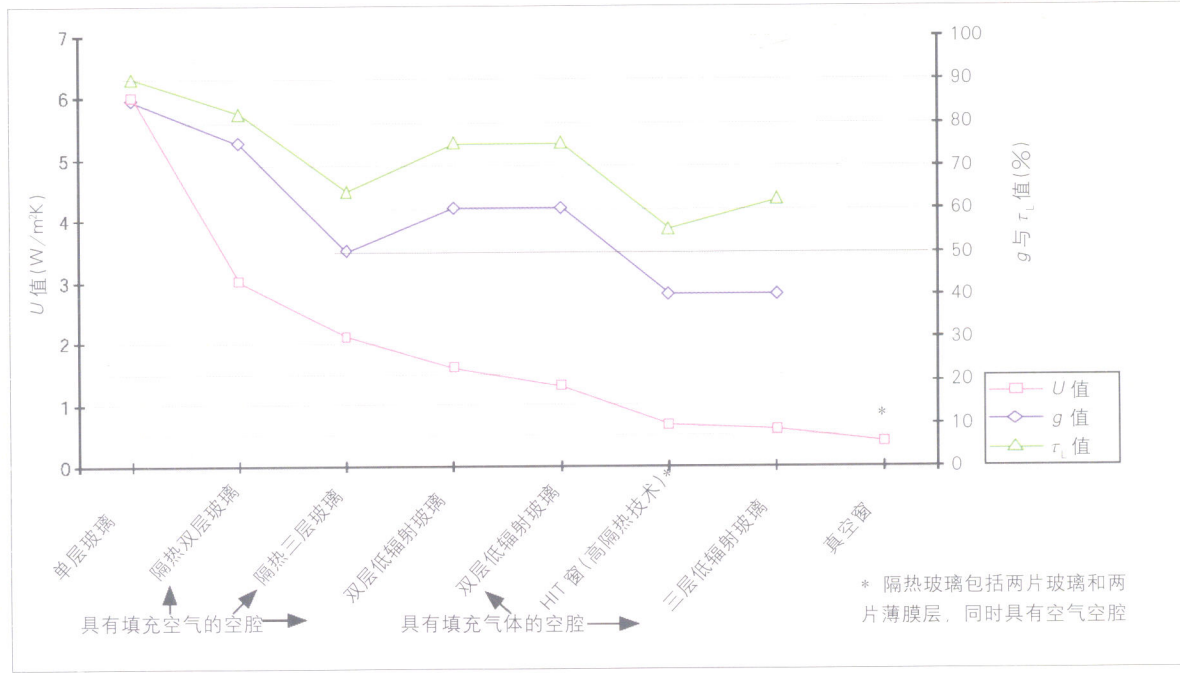


图 0-2 至今,各种玻璃窗物理值的发展

U —玻璃窗热传递系数
 g —总能量传递因数
 τ_L —日光透光度

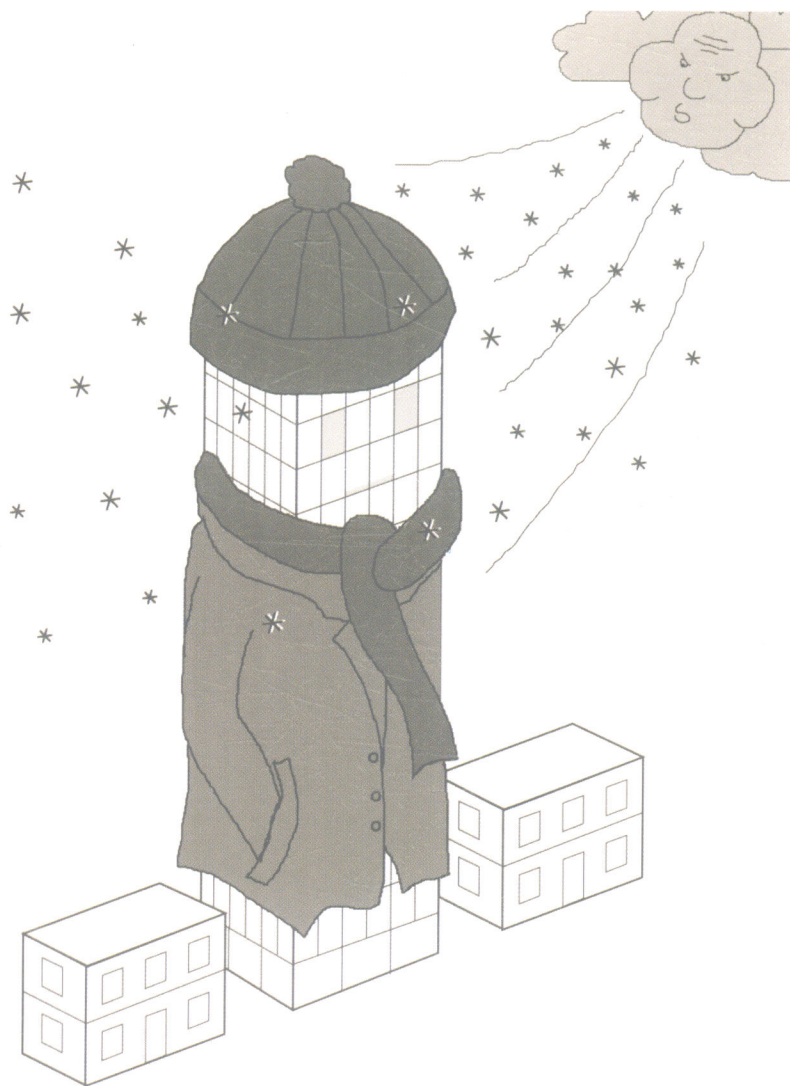
为了使幕墙性能具有更好的建筑物理特性值,建筑构件有了更进一步的发展,如透明隔热玻璃,镜面百叶和格栅,棱镜等。由于全息摄影可以用于绘画,所以可以使用它制造这些系统的三维图像。考虑到光的偏转和直接光照筛选,与复制多种系统相比,采用全息视觉原理(HOE)的全息摄影具有同样的视觉效果。

电变色、热变色和光变色窗采用了不同的技术。它们会根据气候或环境条件改变视觉属性。采用的材料应具有可变性。可以通过对个别物理参数变化的控制,将幕墙的这种功能使用在特殊的

方面。

所有的这些发展都是很有前途的,但它们有着共同点:只有将来进行批量生产,才会具有竞争力,在使用上才更加经济。

相反,通过调整构件的组合,双层幕墙具有了可变性的特性,而这些构件是我们所知的并可以获得的。此外,它们提供一定程度上的隔声,并且通常允许自然通风。后者通过空气进入空气间层内的方式来实现。如果有需要,可以控制这个过程,并且可以满足大部分通风的需要。如果允许至少部分时间停用室内通风的机械装置,与改



善隔声相结合的自由通风会成为明显的节能方式。

今天，在欧洲，用户越来越接受自然通风的观念了。这产生了通过开启窗扇产生自然通风的大量需求。

某种程度上，这种现象可以看作是错误规模和维护不利的空调系统的反作用，这就是引起声名狼藉的病态建筑综合症的原因之一。

从双层幕墙的多种属性中，人们可以看到在建筑物理学以及依附通风技术上与人类着装相应的部分，它们可以适应季节性的需要。采用了新技术的系统，比如电变色玻璃窗，可以安装在双层幕墙中；但如果有人坚持以服装类比，则要使用那些可以变成透明并可以通过按钮调节它们隔热性能的特殊服装来进行比较。

对于双层幕墙作用的效果以及经济生存能力的评估，专家们有着极为不同的看法。根据作者本人在设计、建设和操作不同幕墙方面的工程经验，当这种建筑的特殊结构形式尽量紧密相连时，总会获得良好的效果。对于基本原理的深刻理解以及专家们在学术上的相互争论，这些都是必要的。

本书的目的之一是扩展这方面的知识，使其为人所接受。

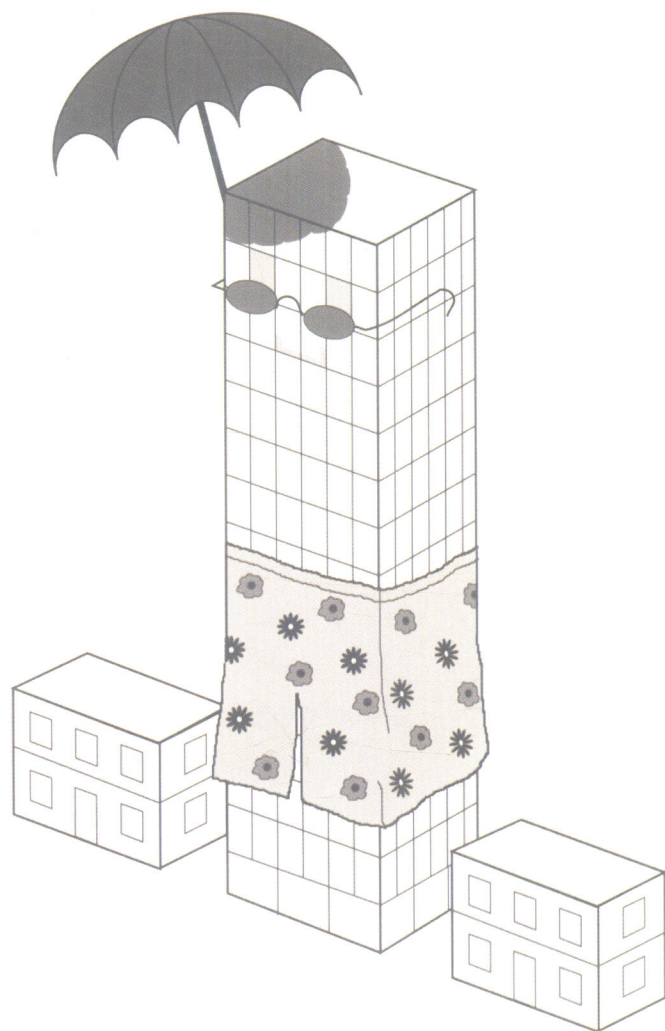
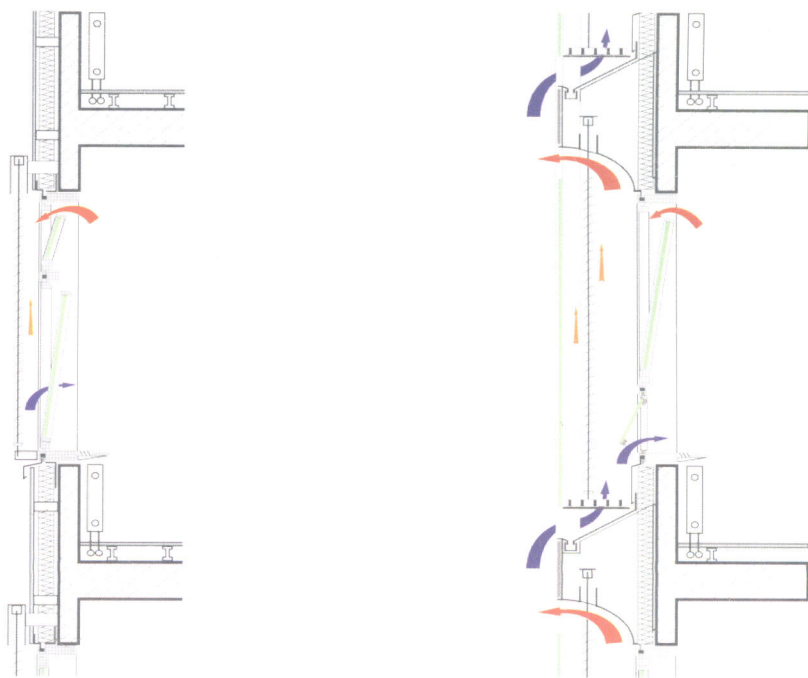


图0-3 可变幕墙的根本观念在于它们应该可以与人类增减衣服一样，具有对天气变化的机动性。双层幕墙可以解决这方面的问题吗？

第1章 结构类型

图1-1 单层幕墙与双层幕墙结构的比较



双层幕墙是由外层幕墙、空气间层和内层幕墙组成的多层结构。外层幕墙起到遮风、挡雨、隔声等作用，同时带有通风口。空气间层内的空气在日光照射下产生热浮力，在空气间层内流动，可以减少外部环境条件对建筑室内的影响。一般情况下，外层幕墙上的通风口是可以关闭的。

至今为止，双层幕墙的外层幕墙一般采用单

层钢化安全玻璃或夹胶安全玻璃，可调的遮阳百叶通常安装在空气间层内，以降低夏季室内的制冷负荷。通常内层幕墙由支撑框架和中空玻璃组成，来防止冬天室内的热量损失。一般情况下，内层幕墙都设有可开启部分，以便自然通风。

“双层幕墙”这一术语至今仍未被清楚地定义。较为合适的是按照空气间层形成的形式和按照设计的通风功能来进行分类。

箱式窗

箱式窗可能是最古老的双层幕墙形式。箱式窗由带开窗扇的框架等组成，外层玻璃的上下开口可使新鲜空气进入，污浊空气排出，从而实现了空气间层和室内的通风。

箱式窗按结构楼层和室内空间划分进行垂直方向和水平方向的隔断处理。隔断有助于避免各功能分区之间或房间之间的声音和气味的传播。

箱式窗通常用于外部噪声水平很高和相邻房间之间有较高隔音要求的场合。这也是传统建筑外墙上矩形开启部分实现上述功能要求的唯一结构形式。在设计外层部分时，要特别注意每个分隔单元有各自的进气口和出气口。

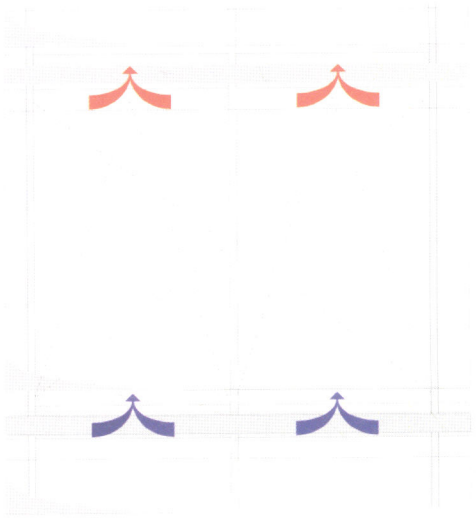


图 1-2 箱式窗幕墙立面图，每个分隔单元都要有单独的采光窗口



图 1-3 典型的箱式窗幕墙剖面图，每个分隔有独立的通风口

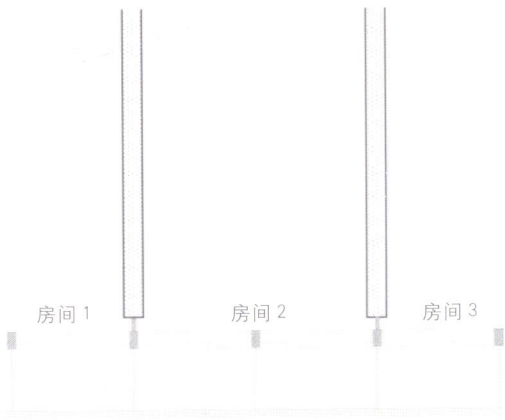


图 1-4 箱式窗幕墙平面图，幕墙空气间层沿水平方向上的隔断分隔

图 1-5 高层建筑, 柏林波茨坦广场一号大厦, 设计师: 汉斯·科尔霍夫, 柏林人, 2000 年完成



建筑实例: 高层建筑, 柏林波茨坦广场一号大厦

楼高约 90m 的办公楼由柏林的汉斯·科尔霍夫设计, 外墙由传统的砖墙和矩形窗组成。室内没有吊挂天花板, 只有辅助的制冷和通风设施(每小时换气 3 次)。窗户面积占外墙总面积的 35%~45%。考虑到建筑物旁波茨坦广场大街的高噪声水平(平均 71~75dB), 设计时采用了箱式窗, 该建筑于 2000 年夏天启用。为了最大限度的开发, 箱式窗的技术特性指标, 根据建筑功能和结构的要求, 结合当时的工业技术水平来确定。该项目由德国曼斯特的比斯平公司赢得工程标。

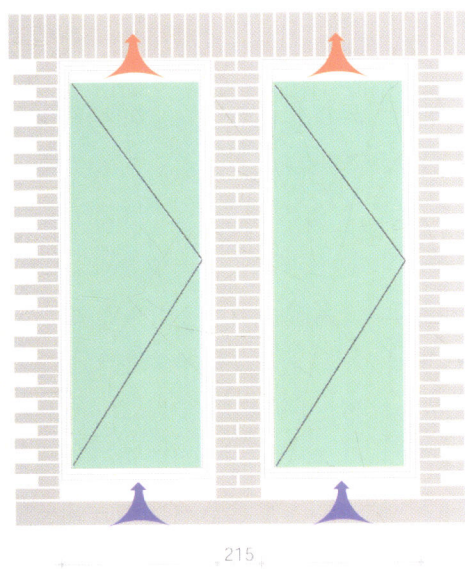
内侧窗扇由侧铰链和底部铰链、低辐射玻璃、铝木框组成。窗扇安装在预埋于结构上的木质框中, 并按要求密封。两层玻璃形成的空气间层间距大约为 22cm, 中间装有百叶片, 其位置按通风要求进行优化, 百叶片设计为固定向上的倾角, 确保在百叶片全部打开时, 也能结合外层底部横向设置的空隙, 形成良好的通风。

外侧玻璃窗扇采用侧铰链固定, 可以方便在室内进行清洁。在外侧窗扇的下部留有 6cm 高的间隙, 以实现空气间层和室内的通风。在外侧窗玻璃的上部开有一条 5cm 的水平槽, 同时在窗扇框的上部留有 1cm 间隙。为了使空气间层在冬季时的温室效应更加明显, 外窗扇安装了可以关闭水平开口的装置。

在规划阶段进行的模拟试验表明, 该窗户的性能结合在极端天气条件下的常规机械通风, 可获得较高的室内热舒适度。



图 1-6 高层建筑，柏林波茨坦广场一号大厦，内视图



外侧窗使用钢化安全玻璃，竖直滑动：上部通风槽在冬季关闭

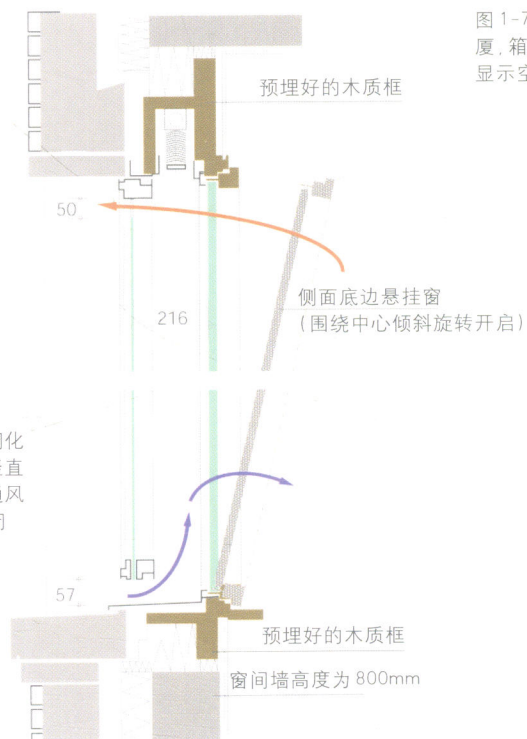
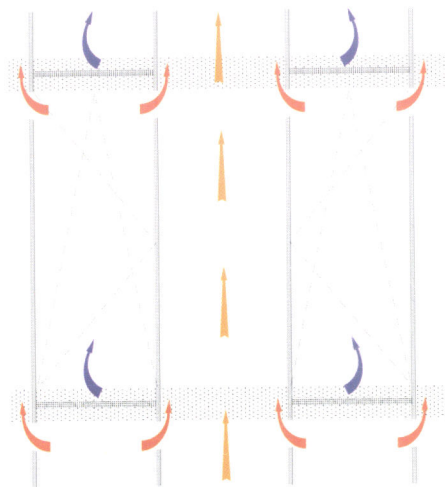


图 1-7 波茨坦广场一号大厦，箱式窗剖面图和立面图，显示空气流的路径

图 1-8 箱井式幕墙立面图，
箭头表示气流路径



箱井式幕墙

箱式幕墙是箱式窗结构的特殊形式。它是基于曼斯特的阿尔克公司的“孪生面”概念，由箱式窗加上延伸数层楼的连续通道以产生烟囱效应，组成一个箱式窗系统。幕墙由箱式窗和通道部分组成。在每层楼，通道通过旁路开口与相邻的箱式窗联系在一起。通道将箱式窗的空气吸入，由通道顶部排出。作为加强烟囱效应的手段，可以设置机械抽风。

箱井式幕墙要求外幕墙开口较少，以便空气在通道内形成更强的烟囱效应，同时还有利于对外部噪声的隔离。实际上，一般由于通道的高度受到限制，这种形式的结构最适合于低层建筑。如果要求连接到同一通道的所有箱式窗的通风效果达到相同程度，则需要进行机械抽风。

图 1-9 箱井式幕墙剖面图，
箭头表示气流由箱式窗流入
公共通风井的路径



图 1-10 箱井式幕墙平面图，
在幕墙空气间层的通风井有
侧向开口

