

坚朗®

门窗幕墙配件专家

KIN LONG®

Specialist in Door/Window and Glass-wal Filings

Structural Glass

索结构玻璃幕墙



(爱) 彼得·赖斯/(英) 休·达顿 著
香港坚朗建筑五金(集团)有限公司 译

Peter Rice
Hugh Dutton

大连理工大学出版社

Structural Glass

索结构玻璃幕墙

(爱) 彼得·赖斯/(英) 休·达顿 著
香港坚朗建筑五金(集团)有限公司 译

Peter Rice
Hugh Dutton

大连理工大学出版社

Structural Glass

By Peter Rice and Hugh Dutton

© First published by Groupe Moniteur, Éditions du Moniteur in 1995, reprinted in 1997. All Rights Reserved.

ISBN 0-419-19940-3

© 大连理工大学出版社 2006

著作权合同登记 06 - 2005 年第 83 号

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

索结构玻璃幕墙/(爱)赖斯,(英)达顿著;香港坚朗建筑五金(集团)有限公司译. —大连:大连理工大学出版社,2006.2

书名原文:Structural Glass

ISBN 7-5611-3039-2

I. 索… II. ①赖… ②达… ③香… III. 玻璃—幕墙—悬索结构 IV. TU227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 129418 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:250mm×280mm

印 张:12

插 页:4

出版时间:2006 年 2 月第 1 版

印刷时间:2006 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 蓉

责任校对:郑芳宇

封面设计:苏儒光

定 价:168.00 元

电 话:0411-84708842

传 真:0411-84701466

邮 购:0411-84703636

E-mail: dudp@dudp.cn

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

目 录

4	献 词
5	序
6	前 言
25	导 言
33	第一章 玻璃与其支撑点
43	第二章 玻璃悬挂系统
63	第三章 拉索支撑体系
77	第四章 一个暖房的结构和综合性能
95	附 录
109	后 记
144	图片索引
144	译 后 记

献 词

英文版的《索结构玻璃幕墙》是根据法文的第二版翻译而成,它完稿于彼得·赖斯(Peter Rice)早逝之后。在翻译的过程中,我们曾经一起探讨过这本著作,特别是他对原著进行的一些补充,这让人们清楚地了解到拉维莱特(La Villette)的经验是如何被 RFR 应用于其他建筑工程之中的。所有这些都向彼得和他的同事们证明:建筑工程技术的创新来源于对建筑艺术的孜孜不倦的追求。我很遗憾彼得不能看到这本书,惟希望将此书献给他,以铭记其不辞辛苦的指导,他的这些精神也是我们完成这本书的坚强动力。

休·达顿(Hugh Dutton)

序

自从城市科学博物馆(Cité des Sciences et de l'Industrie)完工后,索结构玻璃幕墙在全球的建筑中被广泛采用。这一事实表明:拉维莱特的建筑新技术为索结构玻璃幕墙的大量应用创造了一个里程碑。

通过对位于拉维莱特的暖房(Serres)项目的研究,彼得·赖斯的超常创造力使他有很多新的发现,这

些发现推动了建筑技术与建筑艺术的进步。彼得·赖斯的才华也使业界“想到了应用玻璃的不同方法”,大大地提高了玻璃的使用量。

安德里·范斯巴(Adrien Fainsilber)

建筑师

第一版序

城市科学博物馆位于城市公园的一个相对独特的位置,四周被灌水的壕沟环绕。建筑师结合周围的环境,对建筑比例大小进行了精确设定,以求建筑物与公园环境和谐统一,充分地展现了科学与自然的完美结合。

为了使公园成为博物馆的自然延伸,朝向公园的南立面尽可能地通透开放。相反,朝向城市建筑的北立面,则尽可能地封闭,因此控制太阳的辐射显得十分重要。在竞标时我们建议采用三个大的暖房来形成一个缓冲区。一方面可阻挡太阳的热辐射,另一方面,在缓冲区中种植植物,可形成一个生态仓。生态仓尽可能通透,使博物馆内外形成一个整体,同时可以让参观者在观光电梯中很方便地看到公园的风景。

为了突出建筑立面的精巧与现代感,彼得·赖斯和他的团队就像圣礼拜堂的建造者一样精雕细刻,在

材料的应用上大做文章,尽可能少地使用“材料”。建筑师结合结构系统的精巧的布局,突出了建筑的个性,给人一种轻巧和明快的感觉。特别是水平采用光滑连续的预张拉索结构体系,使人的视线几乎没有遮挡。在设计阶段,为了达到这种通透效果,彼得·赖斯和他的团队通过一次次修改设计,将暖房的结构变得越来越轻巧,直到它变得几乎不存在。但事实上我们都很清楚:为了满足结构安全的需要,通常会将结构做大来提高安全性,但本项目却是一个例外。

拉维莱特的暖房是建筑结构新技术的一个永恒的典范,它的成功不仅在于对城市科学博物馆项目做出了贡献,更重要的是它能激励法国人民在计算机多媒体时代,面对未来工业的发展发挥出更大的创造力。

安德里·范斯巴

前言

暖房和通透理念

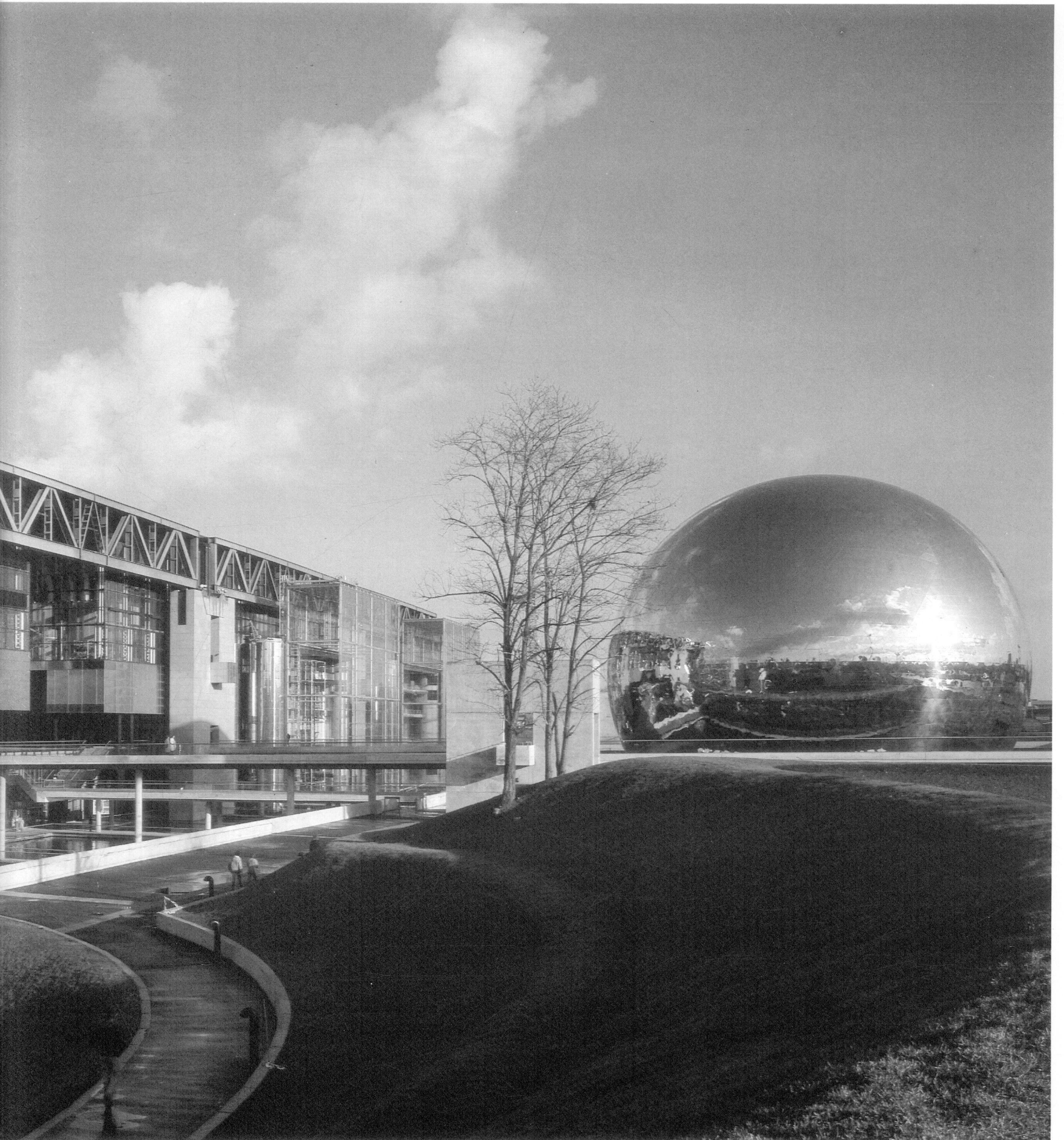
大工程的小故事

1978年法国总统 Valéry Giscard d'Estaing 第一次提出在拉维莱特建造城市科学博物馆的建议,最终决定将一个废弃的屠宰场(建于20世纪60年代,但从未完工)和集市大厅变成一个被公园包围的博物馆。在某种程度上,建造一个博物馆的主意有一些比较的意味:在伦敦有自然博物馆,在华盛顿有史密森学会的太空博物馆,但在当时,巴黎没有与之相媲美的博物馆。

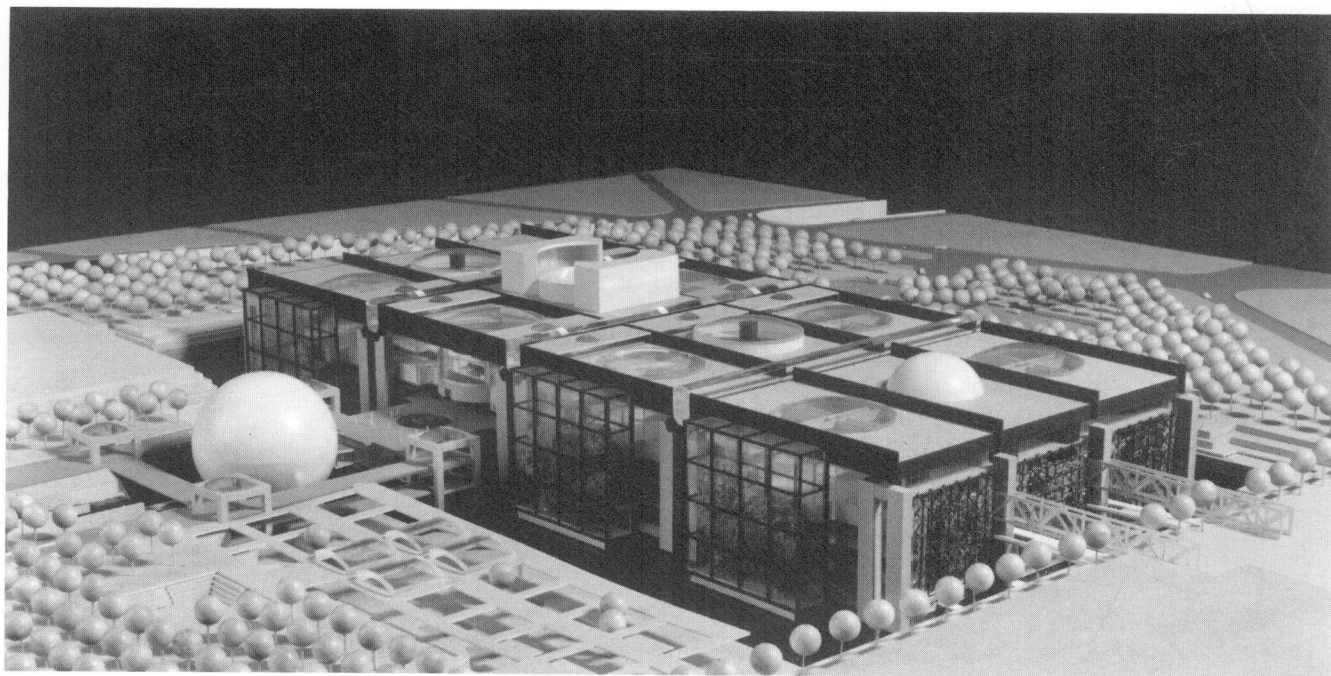
在1980年举行的方案招标中,安德里·范斯巴以壕沟和公园包围翻新屠宰场的方案胜出。在这个方案中,水作为一个重要的元素将公园和博物馆的外形联系在一起。朝向公园的四个立面中,三个面都有一面大的玻璃幕墙,其中一面朝西,两面朝东,第四个立面则设计成了进出口。博物馆方案招标时就要求设计必须考虑采光、水和太阳辐射等要素。在法语中称为“暖房”的三面玻璃幕墙,其结构设计不仅要考虑这些因素,而且还要强化博物馆和公园之间的联系。考虑到进入暖房的光线会折射到建筑物的下部,部分在后来的优化设计中被去掉了。

建筑物的屋顶按照分区有12个直径为18m的圆形采光顶。这些圆形采光顶是参照 Johnson Wax 总部(Frank Lloyd Wright, 美国,威斯康星,1936~1939年)的圆形玻璃采光顶设计的,从上部为建筑物提供光线。在设计阶段,12个圆形采光顶被屋面中间的两个开口所替代。还有很多更改是随着设计的深入,根据 Valéry Giscard d'Estaing 本人的意愿做出的。例如,方案中采用的晶状球(Géode)被认为是“与法国人





1980年安德里·范斯巴竞标入围的城市科学博物馆方案模型



的品位相反的画蛇添足”。优化设计时他希望把晶状球与建筑做成一体,这样一来从入口顶部射入的光线也不会被遮挡,这一改变也满足了博物馆馆长的要求。但事实上,随着工程的进展,他们对空间的利用以及建筑与公园间的相互联系有了更进一步的认识,更改也在所难免。在优化设计时被要求取消的晶状球,后来还是恢复到了初始设计时的样子。

1981年以后的主要变化就是取消了安德里·范斯巴对公园的设计,这部分设计后来变成了一个独立的竞标。中标的是由 Besnard Tschumi 设计的方案(1983年),保留了壕沟和一期工程以及附属部分的设计。建筑本身没有变化,暖房无论是从设计还是从建筑功能上都保持不变。与博物馆入口处相对的由不锈钢支撑的晶状球与暖房以及入口处的两个圆穹顶构成了建筑的主体景观。

建筑师安德里·范斯巴将暖房定格为建筑与公园之间的过渡空间,并希望其尽可能轻巧与通透。当时借鉴了 Willis Faber & Dumas 保险公司总部大楼(Norman Foster,英国,伊普斯威奇,1975年)所用的玻璃技

术。随着工程的进展,暖房的技术特点越来越成熟,其特点在一定范围内与所谓的“高技术”的建筑风格并没有直接联系。根据建筑结构,玻璃的使用及其创新理念表达了博物馆的特性及其展览的功能。同样的技术特点后来形成了设计的主要灵感:让建筑的每个部分都反映出当时法国建筑技术的最高水平。

中标后不久,安德里·范斯巴就邀请了彼得·赖斯同他一起工作。当时彼得·赖斯刚结束了同 Renzo Piano 的合作,接受邀请后便开始着手暖房的结构设计,最先考虑的是圆穹顶与内穹顶的组合。事实上,这三面玻璃幕墙是三个独立的建筑实体,都要求有自身的详细设计,并且应该在与建筑师的协调工作下设计出来。它们不需要太多人去对整个建筑的其他部分进行设计。

彼得·赖斯知道 Martin Francis 有着丰富的与玻璃打交道的经验并且他就在法国,于是便邀请他加入。同时,他们又邀请了建筑师 Ian Ritchie 加入。

彼得·赖斯是一位结构工程师,在这个领域有多年的工作经验。他曾受聘作为悉尼歌剧院(Jørn Utzon,

1956~1973年)的顾问与地基工程师,也曾被蓬皮杜中心(Renzo Piano and Richard Rogers,巴黎,1977年)聘为首席钢结构设计工程师。

Martin Francis 设计了 Willis Faber & Dumas 保险公司总部大楼的玻璃幕墙。这么多年来,他一直是 Côte d'Azur 的船舶建筑师,专门研究大帆船与快艇。

Ian Ritchie 是一位建筑师。他曾在 Willis Faber & Dumas 保险公司总部大楼工程中与 Martin Francis 合作,在伦敦奥雅纳工作期间,他是彼得·赖斯的助手。

团队里每个人不同的教育背景与技能使得暖房设计有了一个好的基础。最终的设计是由安德里·范斯巴和 RFR 团队共同完成的,并且,这个设计在工程的进展中得到了 Henry Bardsley (一位曾与彼得·赖斯在奥雅纳和 Piano + Rice 一起工作过的设计师)和休·达顿(Hugh Dutton,一位来自伦敦联合建筑学院的年轻的建筑师)的支持。

从某种意义上讲,每一个建筑都是集体智慧的结晶。就暖房项目而言,对于每一个人来讲都是非常复杂的,无论是建筑师、工程师还是总承包商。因此,合作方之间的相互信任和交流都是必要的,只有融合每个人的专长和技能才能高质量地完成一个项目。毫无疑问,有关暖房的故事,团队的每个人都可能讲得不同,但是,我们还是应该把每个人的贡献联系起来。

在建筑项目的设计与建造过程中,建筑师起着关键的作用。建筑师作为整个项目的总指挥,在把握整个项目方面具有优先权。他确定建筑的美学目标并补充任何可被接受的提议,所有的技术解决方案都必须得到他的认可。因此,建筑师与团队其他成员的经常性的交流对于确保各个方面紧密结合,促进整体的设计与建造以及清楚地落实建筑的各项功能要求都是必要的。

介绍这个项目的简史一方面是为了展示这种交流是如何得以实践的,另一方面是为了说明像这样一项大工程需要业界从业人员、设计师与业主之间互相



两个暖房之间通向博物馆入口
的人行天桥

上图
中世纪用于中间固定玻璃的方法

下图
Chartres大教堂西面的窗户(12世纪)

信任和真诚合作。如果没有玻璃供应商与施工方从工程一开始就形成的积极的配合,暖房项目是不可能顺利完成的。

事实上,有关暖房的这种讲述并不是因为其对尺寸或者质量的“苛刻”要求,而是因为其展示了当一个具体的目标确定后,是如何通过努力来实现这一目标的。

暖房项目的复杂性在博物馆的整体结构设计上也有体现。设计难点的增加与多样性反映了整个社会的进步与人们认知水平的提高。当建筑师和其他分项工程的负责人要求调整方案时,与之相关联的每一方面都需要得到有效的控制和调动。

本书的目的是向人们展示暖房成功背后所隐含的理念。下面的章节将该项目放在通透这一建筑理念下来考量,同时向人们揭示了项目管理的方法和关键要素:预见性、步骤性和层次性。

走向通透

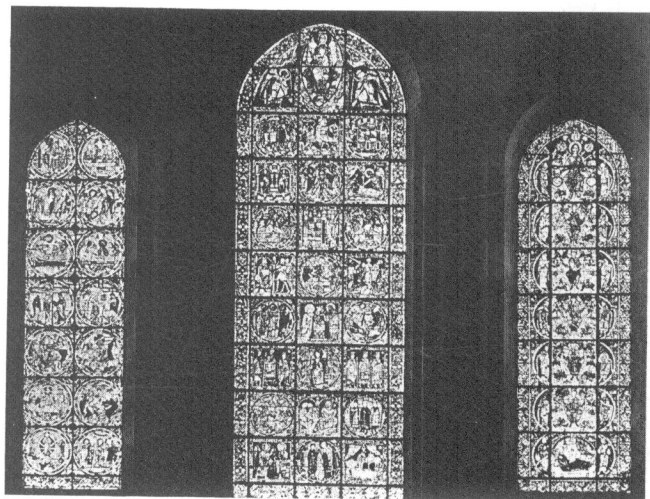
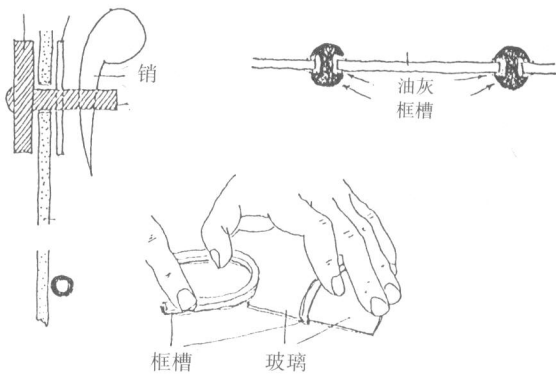
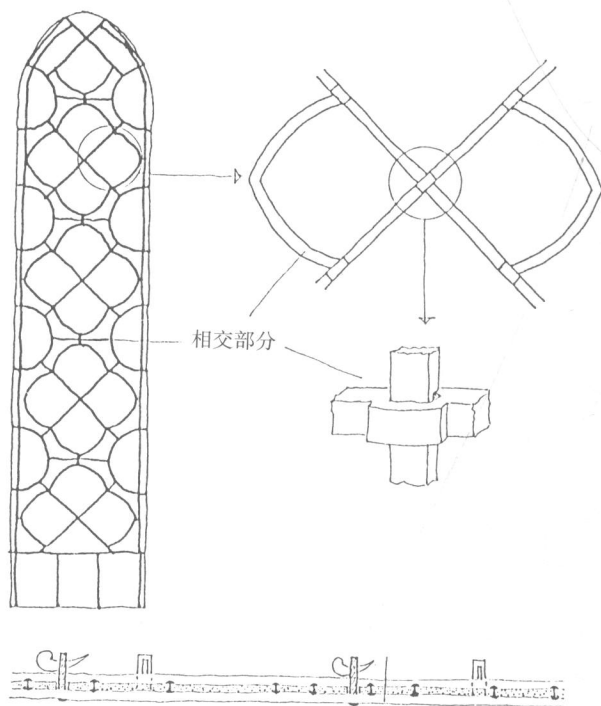
玻璃发展史上的几个特定的时期与建筑学上的通透理论有着特别的联系。我们将从三个不同的方面来论述:单面透明、双面透明和全透明。为什么要回顾历史上对透明的追求呢?因为它展示并描述了暖房当时的一个最基本的情况。在描述古老的玻璃制造工艺所能产生的各种不同的透明方式时,我们希望读者能得到有关设计者对“通透性”理解的准确的想法。

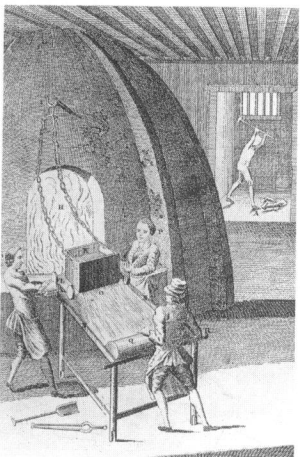
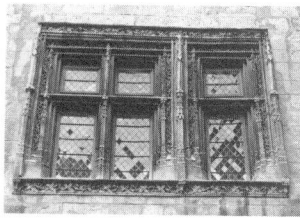
在玻璃问世以前,窗户在建筑中最初的用途是采光,这也就是单面透明的定义。在此定义中,对玻璃没有更多的要求,如防水和隔热。

当可视性变得重要时,双面透明的想法就变得强烈起来。例如,基于这一想法,景观变成了建筑的一个不可缺少的组成部分。到后来,当通透性成为对外表的一个特性要求时,人们才将注意力放在玻璃本身和支撑它的方式上。

单面透明

早期,建筑墙壁上的开口是为了让阳光进入。后





来,玻璃在窗户上的应用既使阳光得到了渗透,同时还对天气变化起到了防范作用。中世纪早期的玻璃制造技术使玻璃的应用受到了限制。在当时的技术条件下,人们只能得到很小的玻璃板块,这样就要求有更多的支撑结构。框架成了窗户设计的一个很重要的部分,框集中的格子的美学潜力也被挖掘出来。玻璃由H形状的框架支撑并用胶进行密封。可以想像,用这种方法制作的玻璃窗的透光性并不好,且表面不平整,有许多小的瑕疵和污点。因此两大技术瓶颈:玻璃的尺寸与透光率,限制了单面透光玻璃窗的发展潜力。

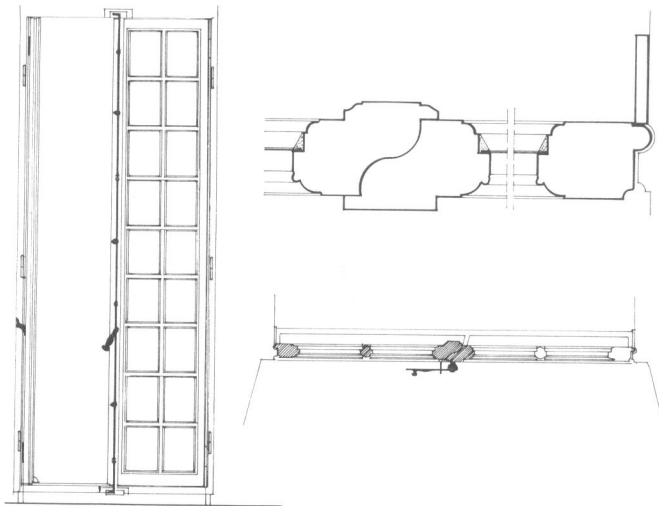
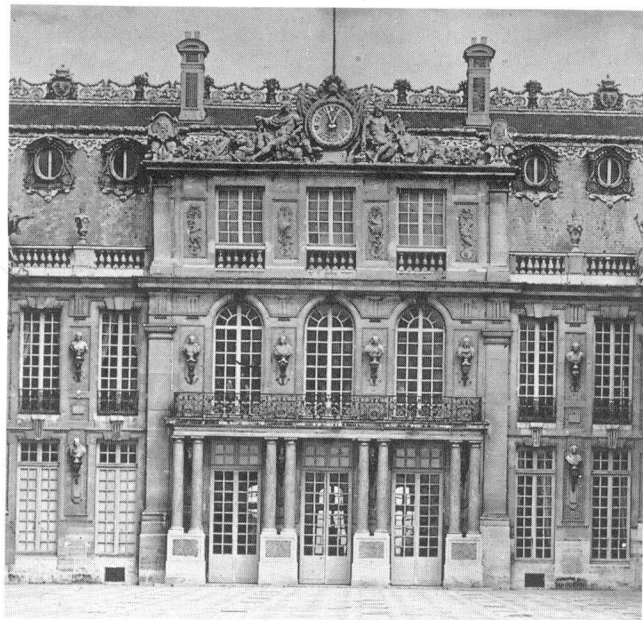
双面透明

随着玻璃制造技术的进步,出现了一种新型玻璃。从玻璃的一面就可清晰地看到另一面的景色。这种玻璃的成功,首先取决于玻璃表面的光滑程度,其次是玻璃片的尺寸以及材质的纯度,也就是说没有污点、气泡或杂质等。

在17世纪,平板玻璃的出现满足了人们对透明度不断增长的要求。当时的制造工艺是先将玻璃溶液倒入一个已预热的金属液槽中,然后用一个滚筒将其抚平,直到有一定的厚度后凝固。然而,滚筒和金属液槽会在玻璃上留下痕迹,因此还需将其擦亮才能得到表面光滑、透明的玻璃。透明玻璃的出现,使建筑师可将窗外的风景纳入他们的设计中。外部环境成了烘托内部空间的重要组成部分。

开启窗的应用有助于建筑室内外的交流;透明也因此有了一个新的称谓——双面透明。位于凡尔赛的宫殿和花园(1670年)就是一个例子。当时建造的凡尔赛宫,玻璃窗得到了广泛的使用,而且是建筑设计中的一个必要因素。相关的大玻璃窗固定在装有合页的木质框架内。框架内部有装饰性的图案,从外部只能看见一个小榫头,玻璃边由一条树脂保护,类似现在已经很平常的防水密封条。

随着玻璃技术的发展,玻璃尺寸变得越来越大,



凡尔赛城堡

右上图

大理石球场

右下图

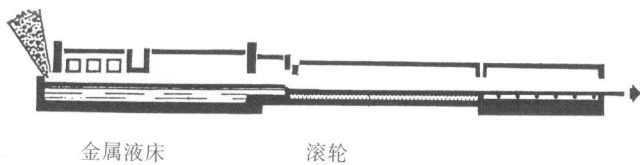
精细的木工窗框

左上图

Béziers 建筑中的哥特式窗户

左下图

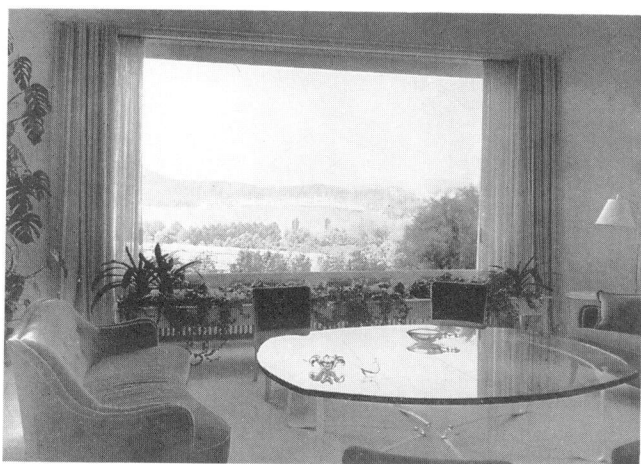
17世纪后期生产浮法玻璃



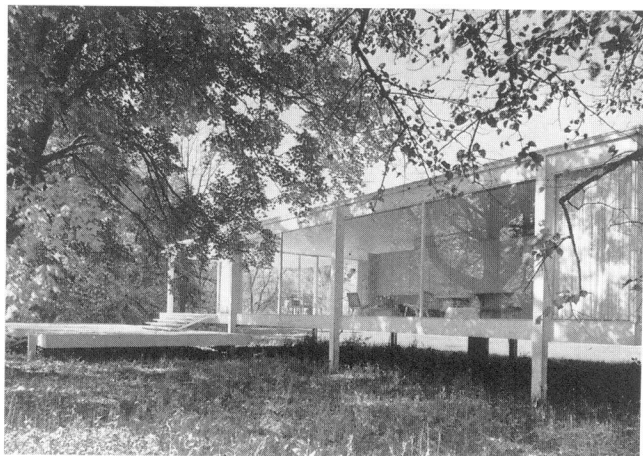
皮尔金顿浮法玻璃生产原理图



由 Le Corbusier 建造的萨伏伊别墅中空间与透明的休闲建筑效果



在 Seeburg, 采用大板块浮法平板玻璃获得开阔视野的房间(汉斯·霍夫曼, 瑞士, Lucerne, 1950年)



Farnsworth 房屋的内外空间, 在由细小木框支撑的大玻璃表面产生的斑驳效果

建筑师选择玻璃时有了更大的空间。

在现代运动(Modern Movement)时期,大板块玻璃的应用大大地减少了支撑框架的使用,甚至在很多情况下,采用金属杆件可将玻璃支撑框架做得非常细小。

玻璃制造工业可追溯到 20 世纪初期。Fourcault 工艺(在 1904 年获得专利)就是用石棉覆盖的滚筒从熔化床里垂直地引出一条连绵的玻璃带。几乎就在同一时间, Libbey - Owens 工艺(在 1905 年获得专利)对上述方法进行了改进,通过水平引出工艺生产玻璃。这些方法在 20 世纪得到了不断的改良,最具创新性的是 Pittsburgh 玻璃公司(PPG)的方法。该公司发明了一种方法,即用空气冷却的滚筒引出并生产玻璃,而且当玻璃片通过滚筒时即可冷却固定,从而消除了可能由滚筒带来的附在玻璃表面的瑕疵。

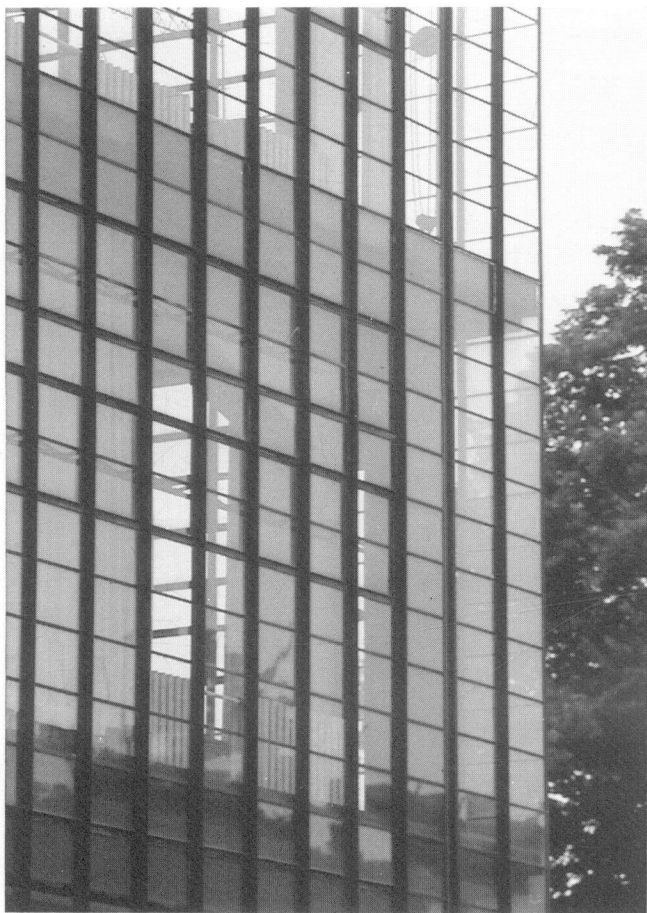
1952 年,皮尔金顿浮法系统的发明为玻璃生产带来了革命。玻璃溶液被倒在装有液态锡的模床上,就像油浮在水面一样,形成一层平整的薄膜,然后再用滚筒引出连续的玻璃带。由于金属表面没有瑕疵,因此玻璃表面也无需擦亮。

现代运动时期的建筑师利用了这些技术优势,创造了双面透明设计,这些创新设计给人留下了深刻的印象。

包豪斯大楼(Walter Gropius, 德国, 德绍, 1925 ~ 1926 年)的透明角就是表达这一理念的有力例证。

追求空间的透明和透气性以及贴近自然是现代运动时期建筑的主题;Farnsworth House (Mies van der Rohe, Plano, Illinois, 1946 ~ 1950 年)就是这个理念的典型例子。

Maison de la Radio (Henri Bernard, 巴黎, 1953 ~ 1963 年)项目采用了大板块玻璃的设计理念。一般一块很大的玻璃用在建筑中可能会产生弯曲(由于风压)和变形(由于自重)。采用哈恩(Hahn)系统后就解决了这两个问题,与玻璃表面垂直的玻璃肋可以增强



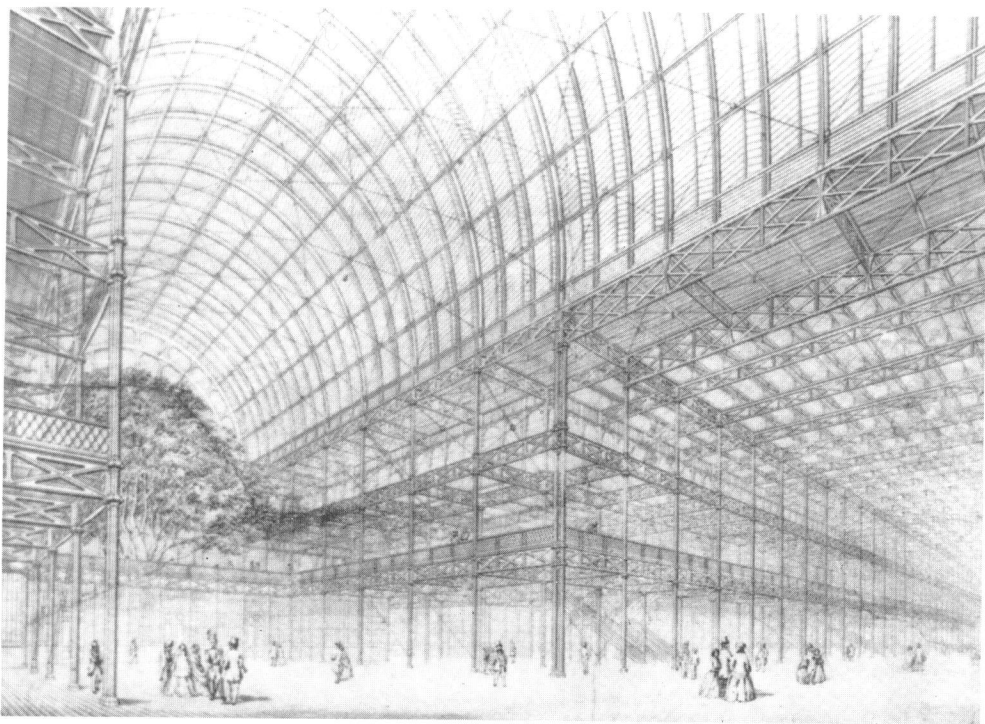
上图
包豪斯建筑中通透的转角
下图
哈恩玻璃悬挂系统

玻璃的抗弯曲能力。将玻璃像幕布一样悬挂起来,这样就可以消除玻璃由于自重而造成的变形。玻璃通过几组金属夹板固定,然后将这些夹板固定在活动臂上,以确保所承受的荷载能均匀分配。

这些例子表明一种透明、透光且能抵抗恶劣天气的玻璃幕墙在人们的热切盼望中诞生,并将得到广泛的应用。

通透外表的描述

第三种通透的玻璃就是一眼望去只能看到一个轮廓(或者连轮廓都似乎不存在)。通透的感觉就是隔有一层什么东西,观看者必定会意识到其目光透过了一层玻璃面板。为了追求通透,有时候建筑师会特



水晶宫
左图
布展前的内视效果(1850年末)
右图
1899年更换框架的玻璃板块

别努力地去研究建筑外轮廓本身和玻璃框架结构的潜力。这些想法由来已久,哥特式大教堂的窗户就是最好的例子。下面的例子都是在研究通透方面鼓舞人心的实践。

水晶宫(Joseph Paxton,英国,伦敦,1851年):由玻璃形成的巨大空间表达了全通透的设计理念。它充分展示了早期工业产品及建筑技术的辉煌成就。玻璃板块被固定在轻钢结构上,本身不起结构作用,这种设计施工速度惊人。

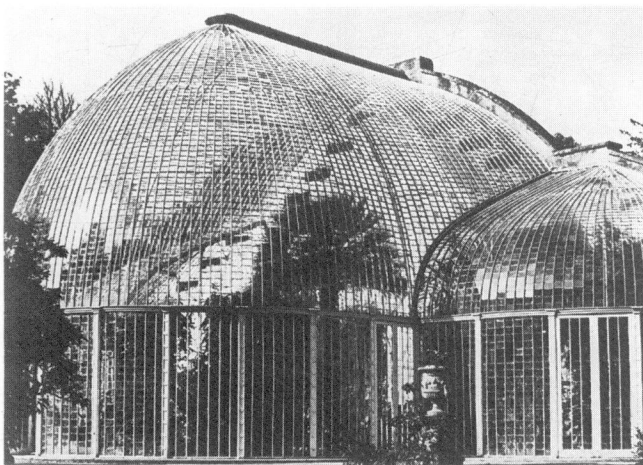
Glass Pavilion(Bruno Taut,德国,科隆,1914年)简直就是玻璃工业的展示厅,它也表达了通透的理念,只是规模较小。它简直就是玻璃材料应用的示范工程,具体体现在墙面、地板、穹顶甚至楼梯都是用玻璃做的。在这里,玻璃作为一种承受荷载的建筑材料。它的成功也在于可让参观者置身于一个全玻璃的世界中,同时在自然光的作用下可感受到建筑外表的细微变化,这样一来,通透就成了全方位的。

萨伏伊别墅(Le Corbusier, Poissy, Yvelines, 1929~1931年)表达的则是玻璃透光与空间结构的

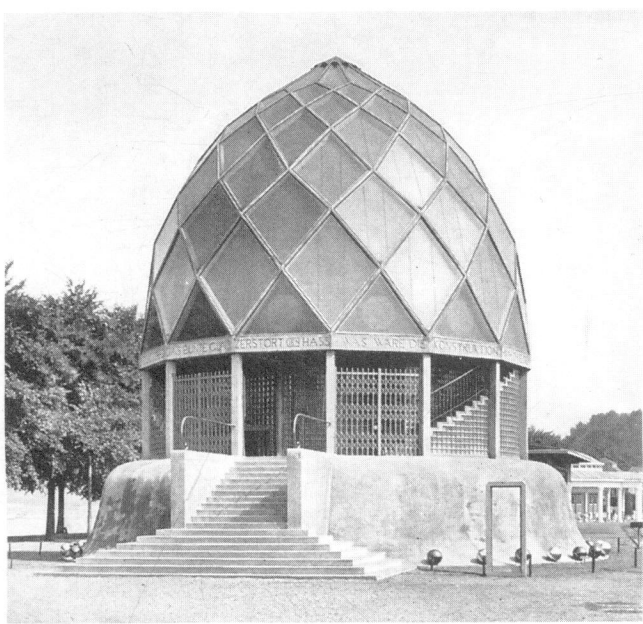


交互作用。位于一层的弯曲的大走廊与垂直方向阶梯式竖框的距离为22cm,这是一个非常有趣的由折线组成的透明表面。多个框格拼成了空间曲面。由于框格采用的是全透明的玻璃,整个曲面若隐若现。别墅的支撑部分在建筑内外之间显得模糊。在整个二层采用的都是连续的条形窗户,甚至没有玻璃的阳台都是如此。起居室与阳台之间的相互贯穿尤为明显。

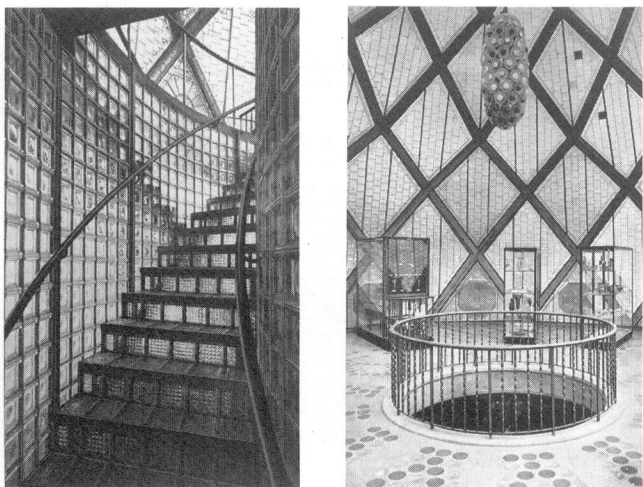
最后一个例子就是 Palm House(H. and D. Bailey,英国,比克顿,1843年)。这是一个温室,有相当大的中庭空间和两个边房。其外表通透,玻璃和玻璃框组成了一个非常精致的外表,主结构被减少到最小程度。为了形成光滑的曲面的形状,相邻玻璃分格很小。玻璃与四周的玻璃框形成一个整体起结构作用,由玻璃和玻璃框组成的多个单元组合形成了一个类似动物外壳的表面,而这种外壳形式增强了整体结构的稳定性。最大程度地减少了支撑构件的结果就是最大程度地增加了建筑的通透性。与此同时,这种通透的曲面外形采用相对小的玻璃板块与小金属杆件



比克顿的 Palm House



Bruno Taut 在科隆展览馆这个篷式建筑中对玻璃的运用可谓独具匠心



右图和下页图

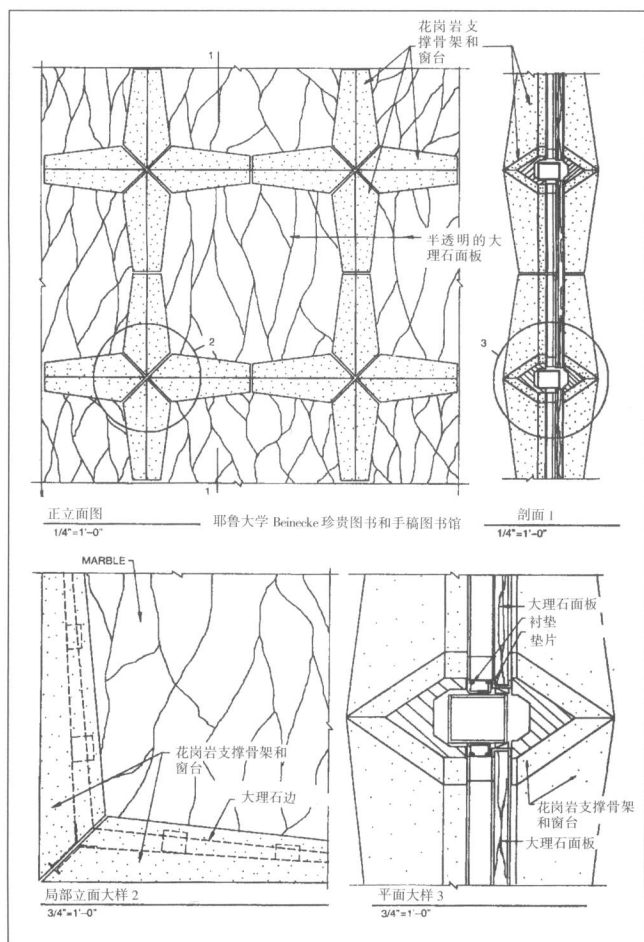
耶鲁大学 Beinecke 珍贵图书和手稿图书馆,半透明石材采用混凝土预制骨架作为支撑,从建筑内外立面都给人以现代建筑的力量感

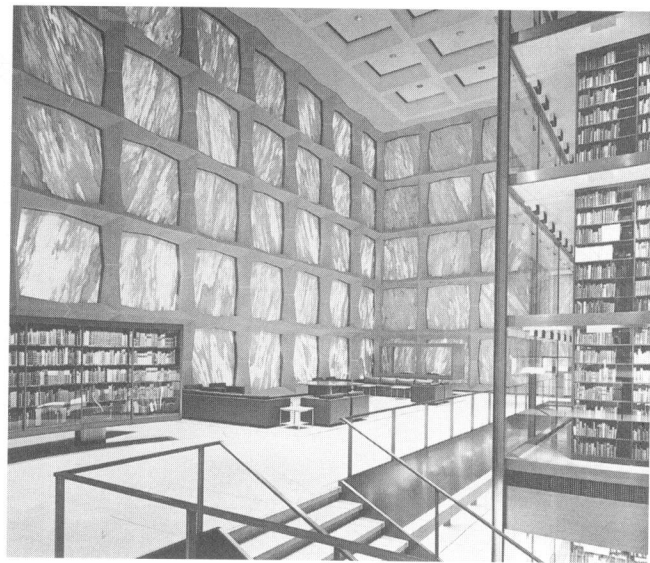
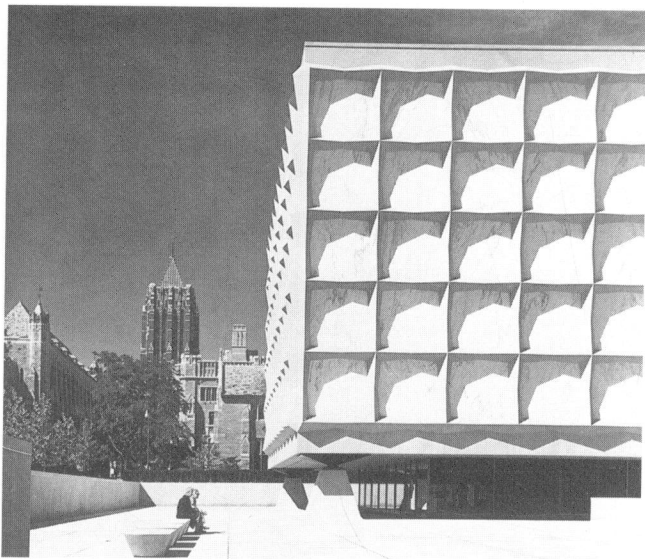
构成也有很好的经济性。

透明与反射

玻璃的透明度取决于玻璃表面任何一边所通过的相对光线。如果观看者这边的光线多于玻璃的反面,此时玻璃会产生反射的视觉效果;另一方面,如果其反面有更充足的光线,玻璃就会是透明的。

很明显,从位于巴黎 Boulevard Raspail 的由 Jean Nouvel 为 Fondation Cartier 设计的大楼(竣工于 1994 年)中可以看出,采光是靠太阳光。通常,在建筑物中使用大的玻璃面板时,你很难看到里面,里面开着灯也是如此,这是因为室外光线总是比室内光线强。此外,天空总是比地面拥有更为充足的光线,尤其是在





多云阴暗的天气里。地面的光线被周围的环境所吸收了。因此,当你以一定的角度看一块玻璃面板时,总有一部分的光线被反射,玻璃也便是不完全透明的,例如,在 Louvre 的 Grande Pyramide 即是如此。

建筑中的光亮效果

除了对透明玻璃的透明和反射予以了解外,探索光亮表面在建筑中的应用也是很有趣的。光亮表面是另一种建筑效果。这种效果包括对玻璃和其他半透明材料的使用。大理石和雪花石膏在建筑中长期被用来制造光亮表面。它们出现在位于 Vatican 的圣彼得教堂(公元 300~320 年)中。S.O.M.(Gordon Bunshaft)在 Beinecke 珍贵图书和手稿图书馆中也使用了大理石。20 世纪 80 年代,Arata Isozaki 曾在洛杉矶使用玛瑙建造他的现代艺术博物馆。近年来随着石头切割技术的发展,人们得以切割出 1mm 厚的大理石精细薄片来,将其置于玻璃之上,可以制造出多种光亮的外表效果。

在纯玻璃领域,半透明玻璃已存在了很长一段时间。半透明玻璃要么采用磨砂工艺,要么制成含有半透明物质的夹层玻璃制品。近期,在建筑领域时兴的彩釉工艺,就是将一种涂料丝印在玻璃的表面,以制成半透明玻璃。

对玻璃在建筑中的应用的展望

本书所探讨的玻璃固定和开发玻璃功能的技术使结构构件从玻璃板块中消除,这是建筑艺术发展中的潜在要求。因为到目前为止,透明玻璃或光亮面板材料都是需要用框架来进行支撑的。

最小的钢材或铝型材,甚至是玻璃肋都会影响玻璃表面的反射或通透效果。为克服这种影响,一种新的建筑支撑方式——可让玻璃在 20~30m 高的状况下仍能保持透明、反射或光亮效果的技术诞生了。巴黎的 Montaigne 大道 50 号的玻璃采光顶便是应用该种技术的例子。这种技术正被用于发掘建筑业的潜力。