



——天窗设计——

——艺术与技术——

童英姿 王丽方 编著

中国建筑工业出版社

天窗设计——艺术与技术

童英姿 王丽方 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

天窗设计——艺术与技术/童英姿,王丽方编著. —北京:中国
建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-09728-9

I. 天… II. ①童…②王… III. 窗—建筑设计 IV. TU228

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 164951 号

责任编辑:刘爱灵 张莉英

责任设计:赵明霞

责任校对:梁珊珊 孟楠

天窗设计——艺术与技术

童英姿 王丽方 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 10½ 字数: 249 千字

2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 33.00 元(含光盘)

ISBN 978-7-112-09728-9

(16392)

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)

天窗在建筑艺术上一直拥有独特而重要的地位。从天窗进入室内的光线往往富有更多精神上的内涵。不仅如此,天窗改变了通常的空间围合状态,使顶部围合产生了通透的效果。在天光照射下,天窗自身的形态、材料、色彩在天光下也易于成为空间中的视觉焦点。同时,天窗设计又是一个技术上比较复杂的课题,不但涉及到各种光学知识、节能技术,而且与建筑的结构、构造、材料技术往往也是密切相关的。

本书把关于天窗的艺术与技术问题从建筑师的角度进行研究与整合,围绕建筑设计从构思到深入设计各阶段所要解决的问题展开论述。这些论述主要回答了以下十个问题:

1. 天窗与建筑其他采光口相比具有什么艺术上和技术上的特点?
2. 在建筑方案设计阶段如何入手设定天窗?
3. 从艺术和技术上考虑,如何确定天窗洞口的平面形状和大小?
4. 在天窗剖面设计中,有哪些艺术表现的机会,有哪些技术要求?
5. 天窗如何与屋顶结构构件配合?
6. 如何深化设计天窗中的窗框和支承结构?
7. 如何选择透光材料?
8. 调节天窗的采光、隔热效果有哪些方法,其中蕴含着哪些艺术表现机会?
9. 如何因势利导地解决附属设施如灯具和维护设施的安置问题?
10. 如何发掘天窗在建筑节能方面的潜力?

希望本书的研究对国内建筑师设计出优秀的建筑作品有一些启发,也希望能对建筑院校相关专业的教学有一些帮助。

目 录

第一章 天窗概述	1
第一节 天窗的发展历史	2
一、古埃及的天窗——神秘的空间氛围	3
二、古希腊的天窗——雅典娜的无奈	3
三、古罗马的天窗——不同凡响的万神庙	4
四、拜占庭的天窗——飘浮的穹顶	6
五、西欧中世纪的天窗——飞升的尖券	6
六、文艺复兴时期的天窗——已臻完善	7
七、工业革命以来的天窗——自由而丰富的变化	8
第二节 天窗的运用	9
一、独特的导光方式	9
二、内部空间的装饰重点	12
三、建筑造型的外部变化	12
第三节 天窗设计的要求	15
一、视觉要求	15
二、节能要求	18
三、耐久性和维护要求	19
第二章 天窗设计的开始	23
第一节 天窗平面位置的选择	24
一、在大进深建筑中引入光线	24
二、起到指引作用或者突出精神中心	25
三、界定空间，增加空间层次	27
四、展现墙体特殊的造型、材质、肌理等	28
第二节 建筑设计与天窗的配合	31
一、利用退台式造型为各层房间争取顶部采光	31
二、将小房间围绕大房间布置，间接采光	32

三、利用镂空的楼板让光线到达房间深处	33
四、改变走廊的位置和形式,增加两侧房间间接采光的机会	35
第三节 天窗和侧窗的协调	37
一、天窗和大面积的侧窗结合,形成外向型的室内空间	37
二、天窗和贴近地面的侧窗结合,形成内向型的室内空间	39
三、天窗和高侧窗结合,引入富有造型表现力的光线	39
四、间接采光的房间的侧窗需要特殊的设计	39
第三章 天窗洞口的设计	41
第一节 洞口形状的选择	42
一、点	44
二、线	45
三、面	50
第二节 窗洞口尺寸的控制	52
第三节 洞口形状的细部处理	56
第四章 天窗剖面的设计	57
第一节 窗倾角的确定	58
第二节 天窗壁和天窗顶棚的剖面形式	61
第三节 天窗井壁的剖面形式	65
第四节 从天窗窗下沿至水平工作面的距离	70
第五节 潜在的艺术表现机会	71
一、展现光线进入室内的过程	71
二、天窗井壁、天窗壁或隔板上的光影组合变化	71
三、利用明亮的光线形成装饰风格强烈的图案或造型	72
四、利用加高的天窗井壁拉大室内和外界的距离	73
第六节 多层结构天窗	75
第五章 天窗与屋顶结构构件的配合	77
第一节 天窗洞口形状与建筑结构形式的配合	78
一、充分利用现有结构的形式特点	78
二、主动对现有结构形式进行改造	79
第二节 天窗与屋顶结构构件的关系	82
一、凸现结构的天窗	82
二、结构为特殊形态的天窗服务	83
三、天窗协调、明确了结构间的几何构成关系	84

四、对艺术表现力的进一步发掘——以梁和天窗的结合为例	86
第三节 透光材料的安装框架设计	88
一、用安装框架“编织”出特殊造型的采光顶	88
二、安装框架构成美丽或特殊的“线条”图案	89
三、安装框架的最少化保证了建筑的纯粹性	90
四、对安装框架作进一步细部处理	91
第四节 采光天棚的结构设计	92
一、采光天棚常见的支承结构类型	92
二、采光天棚结构方案的选择	92
三、支承结构的表面处理	95
第六章 透光材料的选择	99
第一节 透光材料的种类	100
第二节 在屋顶使用玻璃的规范要求	103
第三节 透光材料的选择依据	104
一、可见光透射比	104
二、综合传热系数和遮阳系数	105
三、对特殊成分的吸收和反射性能	109
四、透光材料的美学特性	110
第七章 调节采光、隔热效果	117
第一节 遮阳装置的设计	118
一、遮阳百叶的使用和美学特点	118
二、遮阳幕的使用和美学特点	122
三、遮阳板的使用和美学特点	124
四、具有特殊艺术表现力的遮阳装置	127
第二节 反光装置的设计	130
一、反光装置的表面处理	131
二、反光装置的角度	131
第三节 空间界面的设计	133
一、利用空间界面的反射率, 调控空间亮度	133
二、利用空间界面的色彩以及交接关系, 调控光影效果	134
第四节 隔热层的设计	136
第八章 附属设施的合理解决	137
第一节 人工照明灯具的形式和位置	138

一、灯具安装位置隐蔽, 只见光, 不见光源	138
二、灯具可见, 采取嵌入式或悬挂式	140
三、和其他附属构件结合, 形成特殊的艺术效果	141
第二节 空调等服务设施的布置	143
第三节 天窗的维护设施	145
第四节 天窗下悬挂的艺术品	146
第九章 节能方面的进一步考虑	147
第一节 协助通风的设计策略	148
一、将天窗设置在负压区有利于通风	148
二、在低层高密度建筑群中, 天窗可以同时充当捕风器	148
第二节 天窗在覆土建筑中的应用	150
后记	151
附录	152
参考文献	155

第一章

天窗概述



第一节 天窗的发展历史

在中国古建筑中，天窗并不多见，建筑的采光通常是借助直接面向院的侧窗完成的。由建筑围合而成的院在中国古建筑中占有特殊的地位，利用各个院的空间尺度的对比变化形成不同的气氛，是中国古代建筑布局的一大特色。建筑的立面通常向院开敞，木结构的应用使得建筑的侧窗可以开得很大，侧窗在引入充足光线的时候，也引入了院中的景色，这与中国儒学的提倡入世、与世间生活环境联在一起的精神相符。从技术上讲，层层叠叠的木屋顶结构给天窗的设置也带来了困难，需要妥善解决防水等问题。中国大型古建筑多在梁架下设置天花、藻井作为建筑的装饰，更妨碍了天窗在建筑中的使用。少数天窗只是散见在小式建筑中，如某些地区的民居中利用屋顶的亮瓦或小采光口引入光线，天窗的实用功能和在建筑艺术上的价值远远没有得到发展。因此，天窗的发展历史实际上主要是西方建筑天窗的发展史。

在西方建筑发展的各个时期，位于屋顶的天窗的形式、大小与当时的建筑结构技术密切相关，同时也促进了建筑结构技术的发展。“有史以来，绝大多数的建筑结构方式，无非是如何造屋顶和如何支承屋顶。屋顶的跨度和它的支承方式，决定着它覆盖下的空间的使用价值。每当建筑功能有新发展而要求更开阔的空间时，首先就同旧的屋顶和它的支承者的结构发生矛盾。”更广阔的室内空间也会对室内采光提出更高的要求，由于太阳在古代建筑中一直是室内照明的主要光源，在建筑中设置窗是引入光线、照亮室内空间的主要方法，所以，在很长一段时期内，设置位于屋顶的天窗成为解决大进深空间的采光问题的唯一途径，于是，这就又为建筑的结构技术发展提出了一个更高的要求：人们不但要能用新型的结构覆盖更广阔的空间，还要能在这个结构上合理地开洞，以引入阳光，同时避免雨、雪等对建筑结构构件的侵蚀。

天窗的发展也带动了建筑内部空间的发展。由于有了从天窗引入的光线，庞大建筑的内部空间才能够被人们充分地感知，经过不断的雕琢和推敲，从而形成适应不同地域、不同功能、具有不同艺术特点的室内空间。

随着建筑结构技术的发展,天窗形式不断变化,天窗在建筑艺术上的作用也不断地被人们认识和利用,成为实现不同艺术目标的有效工具。

一、古埃及的天窗——神秘的空间氛围

神庙建筑是古埃及后期最重要的建筑,卡纳克和鲁克索两处的阿蒙神庙是其中规模最大的,在这两座建筑中,“除了大门之外,建筑艺术已经全部从外部形象转到了内部空间”。从卡纳克阿蒙神庙遗址中,我们可以看到古埃及人已经开始用天窗解决建筑的室内采光问题,同时通过控制进入室内的光线的多少和形态,营造神庙建筑所需的神秘压抑的空间氛围。在神庙的大殿里,“高大粗壮的柱子处处遮断人的视线,仿佛每棵柱子后面还有另一处曲折的空间,如此无穷地拓展开去。中央两排柱子特别高,以致当中三开间的天花高于左右的,形成高侧窗。从高侧窗进来的光线被窗栅撕碎,散落在柱子和地面上,缓缓移动,更增强了大厅的虚幻气氛”。这里所说的高侧窗在国外史书中被称为 clerestory,属于天窗的一种,同时从空间位置上看,它位于空间顶界面上,所以笔者认为它应该算是人们较早开始使用的一种天窗,神庙建筑也可以算是人们在认识到了天窗的艺术价值之后,开始有意识地利用天窗形成特殊的室内空间艺术效果的早期实例(图 1-1)。

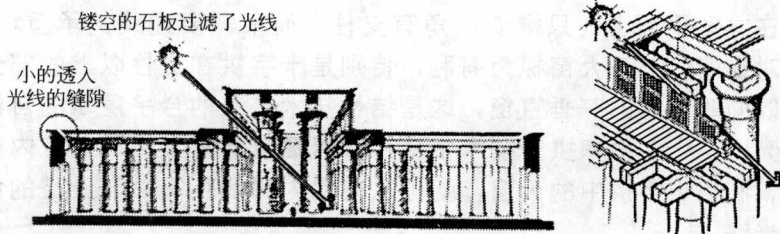


图 1-1 密集、粗壮的柱子和斑驳、零星的光影形成了一个神秘压抑的空间

二、古希腊的天窗——雅典娜的无奈

关于雅典卫城的帕提农神庙屋顶上是否有天窗,一直存在着不同的猜测,没有定论,事实上,这是一个影响到希腊时期大型建筑室内空间艺术性的问题,也间接说明了天窗对建筑结构技术的依赖和对建筑内部空间艺术效果的巨大影响。

雅典卫城的帕提农神庙由石梁柱和木构架屋顶构成，透空的廊柱围在建筑周边，柱廊后面的墙体均为实墙，没有开窗。假如没有天窗的话，室内将只能依靠从入口大门处射入的光线采光，雅典娜神像将处在一个阴暗的室内空间中。当雅典人民在祭神典礼上绕城一周，把最后的牺牲献到雅典娜面前的时候，不得不进入一个阴暗沉闷的空间，仪典结尾所需要的高潮与这个空间将是矛盾的，以明媚灿烂著称的希腊半岛的阳光却无法照到雅典娜的身上，这不能不说是一个很大的遗憾。所以一些学者倾向于希腊神庙是有天窗的假说，并给出了开洞口、做局部升高的屋顶等设想。但是古希腊建筑艺术的成就在于形式的完美，源于他们对形式美的理解与追求，学者们给出的天窗设想显然不能满足完美形式的标准，古希腊人不应该是这样处理他们的大型神庙的。古希腊建筑中如果有天窗，其内部空间就应该有更高的成就，而事实上，古希腊建筑的主要成就基本上在于外部形式。

三、古罗马的天窗——不同凡响的万神庙

古罗马人创造了光辉的券拱结构，券拱结构不仅给建筑带来新的外部造型特征，而且使建筑内部空间获得了空前的自由发展，自然采光技术也借此获得了飞跃式发展。圆拱券、筒拱、圆形穹窿顶技术使得石结构建筑中可以达到的跨度大大增加，公元1世纪中叶开始使用的十字拱技术更是突破了承重墙的限制。十字拱覆盖在方形平面上，只需要四角有支柱，而不需要连续的承重墙，这对在墙体上开大窗极为有利，特别是十字拱在支柱以上的部分可以向四个方向开垂直窗，这是结构技术带来的合乎逻辑的自然采光口。十字拱和拱券技术相结合可以覆盖非常大面积的室内空间，利用十字拱中的天窗，就可以在室内深处获得来自天空的自然光线。

罗马人建造了许多纪念碑式的公共建筑以满足人们举行大规模室内活动的需要，相应地也创造和发展了种类多样的自然采光方式。

在 Nero 大帝的黄金屋(The “Golden” house of the Emperor Nero)中，建造者不但采用了位于穹窿顶的圆形天窗照亮中央的八角形大厅，而且使用一系列隐蔽的垂直天窗照亮周围的房间(图 1-2)。

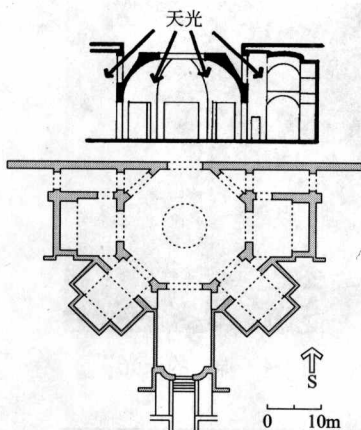


图 1-2 照亮不同空间的天窗

巴西利卡是古罗马时期用于法官裁决和商品交易的大型公共建筑，显示了在古罗马时期法律和商业在社会生活中占据的重要地位。巴西利卡通常的平面是线形的，沿着东西方向延伸，以便建筑尽可能地面面向南方采光。中央东西向大厅的屋顶高于侧廊的平屋顶，两者之间设置的高大的垂直天窗将阳光引入了室内深处。借助拱券技术，采光口的跨度相当大，在古罗马衰亡以后很长的时期里，建筑中没有再能建成如此跨度的采光口(图 1-3)。

在作为罗马穹顶技术最高代表的罗马万神庙中，天窗采光方式和建筑结构、内部空间艺术都达到了前所未有的和谐统一。一方面，天窗的设置和整个建筑结构浑然一体，圆形的穹

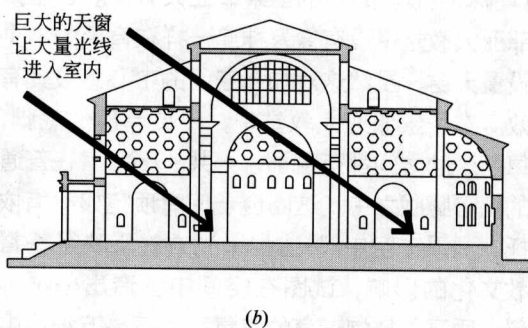
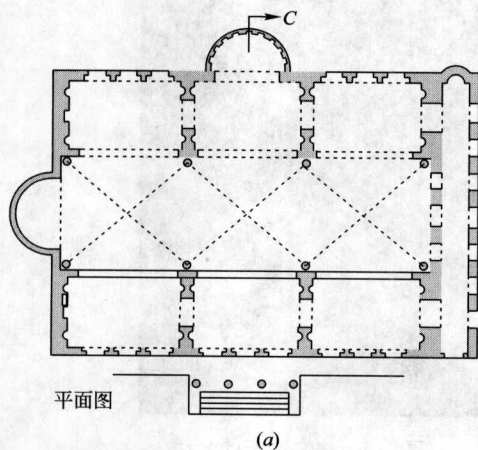


图 1-3 利用十字拱形成采光口

窿顶由混凝土浇筑而成，穹顶壁越往上越薄，在穹顶的最高点自然的形成了圆形的天窗，毫无牵强之处。另一方面，作为视觉焦点的天窗使整个空间拥有了一份感人的精神力量。当人们的视线沿着封闭的穹顶不断向上移动，到达位于空间中心和最高点的天窗处时，视线忽然冲出混凝土浇筑成的封闭实体，冲向了一个无限的空间，与灿烂美好的阳光相遇，人的心灵刹那间受到了震撼，感受到一种恢宏的美，这种美正是与万神庙所希望传达的万物有灵

的信仰相契合。从天窗进入的阳光在实墙上形成的光影随着时间的推移、四季的更替不断地游走，更让人感受到了大自然中生生不息、周而复始的生命律动，由封闭的外墙围合而成的空间一脱沉闷的外皮，具有了生动的表情(图 1-4)。

四、拜占庭的天窗——飘浮的穹顶

拜占庭建筑的主要成就是创造了把穹顶支承在四个或者更多的独立支柱上的结构方法和相应的集中式建筑型制，创造了一套由帆拱、鼓座、穹顶组成的新型结构方式和艺术形式。拜占庭建筑在建筑自然采光方面，必然地也受到这种结构技术和追求强烈向心感的艺术目标的影响，同时基督教文化参与其中。

拜占庭建筑最光辉的代表是君士坦丁堡(现称伊斯坦布尔)的圣索菲亚大教堂。在圣索菲亚大教堂中没有像万神庙一样在穹顶的中央设置天窗，虽然这对加强空间的中心感极其有效。在圣索菲亚大教堂中，中央穹顶的底脚，每两个肋之间都有窗子，一共 40 个。“在普通的幽暗朦胧之中，这圈窗子使穹顶宛如不借依托，漂浮在空中。”这种采光方式反映了基督教文化的影响，试图在空间中营造出一种神秘、昏冥、恍惚迷离的气氛，而不是万神庙中的单纯完整、明确简练和庄严肃穆(图 1-5)。

五、西欧中世纪的天窗——飞升的尖券

随着罗马帝国的衰落和灭亡，西欧各地普遍失去了拱券技术，自此到欧洲中世纪时期创造出新颖独特的哥特式教堂的结构体系，建筑的结构技术经过了一个不断试验、修正、创造的发展过程，力求完美地解决室内采光问题的信念对结构技术的发展起到了极大的推动作用。为了获得满意的室内采光效果，建造者们往往要进行多种的探索，甚至付出建筑坍塌的代价。

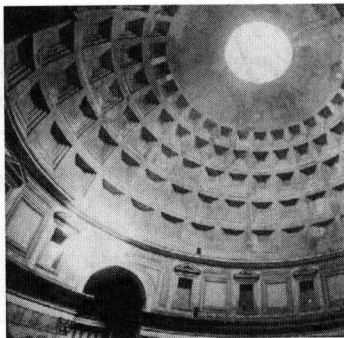


图 1-4 神奇的天光



图 1-5 恍惚迷离的光线

在罗马帝国后期,随着基督教逐渐兴起,原来用于法庭和商品交易的巴西利卡建筑形式开始用于宗教的用途。在这个时期的巴西利卡建筑中,木桁架代替了罗马帝国时期的混凝土拱顶,减少承重墙上的荷载。中世纪之初,除了意大利北部一个地区之外,西欧各地普遍失去了拱券技术,教堂都用木屋架。

然而,由于木屋架太容易失火,到了10世纪,教堂又开始使用拱券结构。

由于刚刚恢复使用拱券技术,技术非常不熟练,中央大厅一般使用筒形拱,而不是十字拱。为了平衡中央拱顶的侧推力,法国西部地区的教堂在侧廊上建造顺向的筒形拱,在中部以及其他地区,则大多在侧廊上造半个筒形拱。这两种方式都要求侧廊上的拱抵住中厅拱顶的起脚。于是,中厅失去了垂直天窗,过于阴暗(图1-6)。

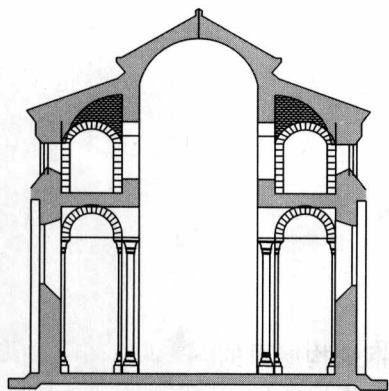


图1-6 筒拱让大厅失去了天窗,变得阴暗

为了争取中厅有直接采光,建造者进行了多种探索。一种是在中厅用一排横向的短拱,如法国中部的一些教堂,但它们削弱了内部空间向祭坛集中的方向性。另一种是降低侧廊上拱顶的高度,但这种做法在结构上是错误的,因此造成建筑的坍塌。在这类试验中,只有一些中厅使用了双圆心尖拱的教堂,由于成功地减小了侧推力,没有倒塌,对教堂结构的发展产生了巨大影响。

通过人们不断总结试验,一套由二圆心尖拱、尖券、骨架券、十字拱和飞扶壁组成的哥特式教堂完整的结构体系形成了。染色玻璃填充了支柱之间的空隙,经由染色玻璃进入室内的光线,把教堂内部渲染得五彩斑斓、光彩夺目,被教士们说成是上帝居处的景象。

六、文艺复兴时期的天窗——已日臻完善

在文艺复兴时期,自然采光技术变得更加复杂、精巧和富有革新性。自然光线被人们有意识地用来强调建筑的形体和戏剧化的内部空间。

文艺复兴时期建筑的一个重要变化是厚厚的墙体的每个面通常是根据不同房间的空间和装饰需要造型,让人感觉这些墙是内部空间被挖出来后剩余的部分。相应地,在剖面设计中,屋顶的形状也是按照内部空间的需要塑造的,而与外部屋顶形式没有什么关系。

为了让光线穿过厚厚的屋顶，人们发明了各种剖面形式的采光口（图 1-7），隐匿在各处的采光口在室内营造出富有戏剧性的采光效果。

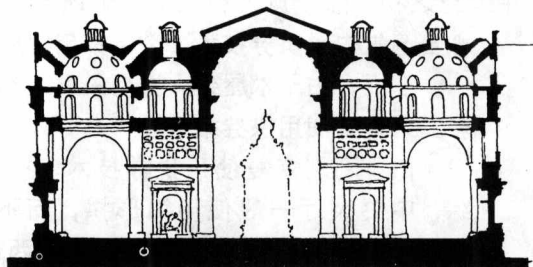


图 1-7 隐匿在各处的天窗

七、工业革命以来的天窗——自由而丰富的变化

工业革命时期，随着大跨度的钢筋混凝土结构和钢结构屋面的广泛应用，天窗技术也得到了发展。特别是在早期的大规模单层工业厂房中，其建筑面宽和进深非常大，在白天，建筑的主要采光依赖天窗。于是，结合现代的屋面结构形式，在工业厂房建筑中发展出了均匀排列的锯齿形天窗、矩形天窗、采光天棚等一系列的天窗形式。由于要照亮的是工人的工作面，采光的多少、效率、质量成为人们关注的问题，以科学的方式分析采光问题的研究得以展开。

现代建筑自 19 世纪末创立之初，更是把天窗作为建筑创作的手段，现代主义运动的先驱们，如赖特、柯布西耶、阿尔瓦·阿尔托在探索新的建筑形式的过程之中，依旧继承了许多历史建筑中关于自然采光的原则，创作出了很多利用天窗解决室内的采光问题以及营造特殊的室内空间艺术效果的作品。在他们的推动下，天窗以各种艺术形式出现在各类民用建筑中，增添了现代建筑的艺术魅力。

20 世纪 70 年代的能源危机，让人们进一步认识到建筑自然采光的重要性，天窗作为一种有效的建筑采光方式，越来越受到人们的关注，同时，天窗在建筑自然通风方面的作用，也成为人们研究的课题之一，以此减少建筑的空调能耗。可以预见，天窗在今后的建筑中仍将扮演重要的角色，天窗的功能及其在建筑艺术方面的潜力也将被人们进一步地发掘。

第二节 天窗的运用

“设计空间就是设计光亮。”

——路易斯·康

“在我的作品中，光永远是一种把空间戏剧化的重要元素。”

——安藤忠雄

“我对自然光有一种特殊的热情，而且对怎么把自然光引入或反射到室内空间以及如何使它保持变化以加强对建筑空间的体验很感兴趣。通过对光的处理，一个空间可以成为……显示着平稳或刺激、退缩或坚定的具有潜在影响力的所在。”

——诺曼·福斯特

我们把建筑中位于屋顶，引入光线的开口称之为“天窗”，在本书中，天窗既包括屋顶上的小洞，也包括大面积的采光天棚。

天窗的功能不仅仅是将光线引入室内，满足室内照明的要求，如在天窗的发展历史中我们所看到的，天窗在将自然光线引入室内的同时，也为人们提供了一种新的进行艺术创作的手段和途径。

一、独特的导光方式

• 营造出富有诗意的、隐喻的、象征性的空间氛围

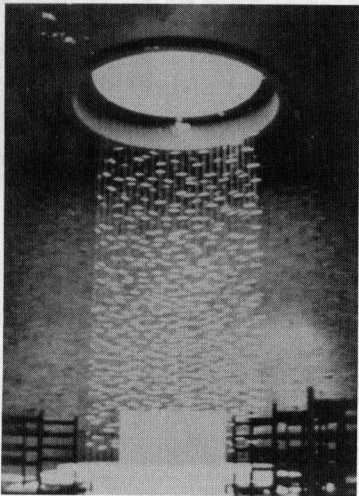


图 1-8 神圣的光

经由天窗入射的光，从上至下地笼罩着建筑空间和空间中的人们，强调着空间的垂直向度。长期以来，太阳的升起落下、鸟儿的自由飞翔、万物的向上生长形成了人们对垂直向度的敏感，人们趋向于把“上面”和“好”相等，垂直性经常成为加入空间的神圣元素，垂直向上的空间可以为人们带来“其超越于现实生活之上”的心理暗示，从天而降的光富有象征性和神圣感(图 1-8)。

然而，从上至下的光线未必能激起人们心中崇高的感觉。“必须有黑暗的存在，光才成其为光，并显示出高贵和力量。是黑暗点燃了光的闪亮，表现光的力量，黑暗天生是光的一部分。……在黑暗中，光闪现出宝石般的美丽，