

# 高性能建筑用窗

Window Systems  
For High-Performance  
Buildings

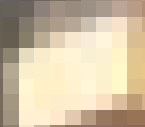
[美]约翰·卡莫迪 等 著  
刘正权 译

中国建筑工业出版社

# 高性能建筑用钢

1. 高强度

2. 耐腐蚀



3. 抗震性能

4. 环保

# 高性能建筑用窗

Window Systems for High-Performance Buildings

[美] 约翰·卡莫迪 等著  
刘正权 译

中国建材工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

高性能建筑用窗 / (美) 卡莫迪 (Garmody, J.) 等著;  
刘正权译. —北京: 中国建材工业出版社, 2012. 1  
ISBN 978-7-5160-0076-2

I. 高… II. ①卡…②刘… III. 窗—建筑设计  
IV. TU228

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 259459 号

## 内 容 简 介

可持续设计的目的是为了实现建筑的长期节能、健康、环保、经济、有效地利用资源并对环境影响最小化。门窗的选择和设计在实现建筑节能和环保的目标以及对居住者的舒适性、满意度和工作效率方面扮演着重要的角色。商业建筑门窗幕墙的设计和选择需要平衡多种问题和标准。本书在影响门窗设计决策的节能、室内环境等技术方面提供了重要的信息和性能数据, 可供设计师和相关技术人员参考。

## 高性能建筑用窗

[美] 约翰·卡莫迪 等著  
刘正权 译

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京中科印刷有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 23.25

字 数: 730 千字

版 次: 2012 年 1 月第 1 版

印 次: 2012 年 1 月第 2 次

著作权合同登记图字: 01-2012-0600

定 价: 98.00 元

ISBN 978-7-5160-0076-2



9 787516 000762 >

本社网址: [www.jcbs.com.cn](http://www.jcbs.com.cn)

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

# 致 谢

## Acknowledge

本书是在美国能源部“建筑技术、社区和国家计划”门窗玻璃研究项目支持下完成的。与建筑业界通力合作，美国能源部资助了大量的研究、开发和示范项目，以及教育和市场转化项目，以加速新兴节能建筑技术的引入和使用，包括本书中介绍的许多新技术。

为了完成这个项目，许多人投入了大量的时间和精力。没有美国能源部萨姆·泰勒不断的鼓励和支持，本书则难以出版。萨姆审阅了大部分章节，本书才得以成形。在后期，美国能源部的马克·拉夫伦斯为项目的完成给予了很大的支持。

以下合作者为本书提供了重要的素材和努力：

△美国建筑制造商协会（American Architectural Manufacturers Association, AAMA）技术总监卡尔·瓦古斯先生、灵奈尔咨询服务公司威廉·灵奈尔先生撰写了第二章有关技术方面的内容，同时对本书的其他章节也提供了大量的指导和评论。

△劳伦斯·伯克利国家实验室（Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL）的两位技术专家罗伯特·克莱尔与埃莉诺·李在一些关键领域提供了非常专业的帮助，他们共同开发了用于比较窗户性能的方法；罗伯特·苏利文协助开发了窗户热舒适分析工具。

△明尼苏达大学可持续建筑研究中心（Center for Sustainable Building Research, CSBR）的克里·哈格隆德为本书绘制了插图和图例，威廉·韦伯协助完成了数据分析、图形和建筑指南的开发。

△明尼苏达韦德集团的普拉萨德·维迪雅、汤姆·麦克唐奈、道格·马多克斯和安迪福·赛义德完成了本书第七章中学校用窗计算机模拟和分析部分。

我们也衷心感谢明尼苏达大学 CSBR 的詹姆斯·怀斯为书中“窗户选择和设计中的人的因素”这部分所提供的材料。感谢 LBNL 的周磊、克里斯汀·科勒、罗宾·米切尔、乔伊·黄、丽贝卡·鲍尔斯、霍迪·高迪、弗莱德·维克曼和弗莱德·布尔给予的帮助。也感谢研究生和研究助理 Vorapat Inkarojrit 和博士后维尼塔·鲍尔。

本书的写作过程中得到了大量来自于科研和设计团体人员提供的意见和建议。其中包括西雅图建设与地政管理局的约翰·霍根、马萨诸塞大学的达拉根·科斯加、挪威科技大学的奥伊温德·阿歇胡、南加州爱迪生公司的格雷格·安得尔、加州大学伯克利分校建筑系的盖尔·布雷格和查理·海辛加。

门窗和建筑行业的许多人也为本书提供了大量有用的建议和材料。其中包括 TRACO 的迈克·曼塔基、CONSULTING COLLABORATIVE 的理查德·沃瑞斯、MECHOSHADE 的乔·波曼、SAGE ELECTRO-CHROMICS 的迈克尔·米瑟、TECTON PRODUCTS 的李·阿森莫、WAUSAU 门窗幕墙系统公司的汤姆·米福林、VIRACON 的唐·麦卡恩和丹·沃切克、美国 VELUX 的肯·摩迪、SOUTHWELL 的约翰·米迪、KAWNEER 的格雷·麦克肯纳、GRAHAM 建筑事务所的拉杰·古约儿和比尔·马丁、AZON 的帕特里克·穆思格、DUPONT 公司的法西里·布罗克、美国门窗评级委员会（National Fenestration Rating Council, NFRC）的詹姆斯·本尼、WESTWALL 集团的加里·柯蒂斯。

还有一些建筑师、工程师和研究者对第八章中的案例分析做出了重要的贡献，这其中包括 HILLIER 的菲利普·道代、佛罗里达太阳能中心（Florida Solar Energy Center, FSEC）的丹尼·帕克、WILL BRUDER 建筑师事务所的理查德·杰森、ARCHITECTURAL ENERGY CORPORATION 的米切尔·霍尔兹、HIGH



PERFORMANCE GREEN BUILDING SERVICES 的吉姆·图萨克、ENERGY OPPORTUNITIES 的马库斯·谢菲尔、L. ROBERT KIMBALL & ASSOCIATES 的约翰·鲍克尔、NBBJ 的克里·希格杜斯、RENZO PIANO BUILDING WORKSHOP 的斯蒂芬妮娅·康特、ARUP 的玛如雅·麦克林托克和安德鲁·塞奇威克。

最后，衷心感谢 W. W. Norton 出版集团的南希·格林为本书的编辑和出版所付出的耐心和努力。

明尼苏达大学可持续建筑研究中心

劳伦斯·伯克利国家实验室

劳伦斯·伯克利国家实验室

劳伦斯·伯克利国家实验室

明尼苏达大学可持续建筑研究中心

约翰·卡莫迪

斯蒂芬·塞尔科维茨

埃莉诺·李

大流士·阿拉斯泰

托德·威尔莫特

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 高性能建筑用窗导论 .....      | 1   |
| 1.1 窗户的重要性 .....         | 1   |
| 1.2 高性能可持续设计 .....       | 4   |
| 1.3 最新窗户技术、系统和设计策略 ..... | 7   |
| 1.4 范围和章节安排 .....        | 8   |
| 第二章 窗户选择和设计中的基本问题 .....  | 11  |
| 2.1 引言 .....             | 11  |
| 2.2 节能 .....             | 11  |
| 2.3 建筑能耗 .....           | 23  |
| 2.4 人的因素 .....           | 33  |
| 2.5 技术因素 .....           | 42  |
| 第三章 窗户材料与装配 .....        | 61  |
| 3.1 引言 .....             | 61  |
| 3.2 玻璃 .....             | 61  |
| 3.3 新兴玻璃技术 .....         | 74  |
| 3.4 窗户装配和窗框材料 .....      | 82  |
| 3.5 太阳和光线控制元件 .....      | 87  |
| 3.6 双层幕墙 .....           | 99  |
| 3.7 顶部采光 .....           | 101 |
| 第四章 窗户设计决策过程 .....       | 107 |
| 4.1 引言 .....             | 107 |
| 4.2 决策方法 .....           | 107 |
| 4.3 气候对窗户设计决策的影响 .....   | 114 |
| 4.4 建筑类型对窗户设计决策的影响 ..... | 118 |
| 4.5 小结 .....             | 121 |
| 第五章 寒冷气候区办公建筑用窗设计 .....  | 123 |
| 5.1 引言 .....             | 123 |
| 5.2 朝向 .....             | 123 |
| 5.3 北向围护区域 .....         | 134 |
| 5.4 南向围护区域 .....         | 152 |
| 5.5 东、西向围护区域 .....       | 170 |
| 5.6 小结 .....             | 187 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第六章 炎热气候区办公建筑用窗设计</b> | 193 |
| 6.1 引言                   | 193 |
| 6.2 朝向                   | 193 |
| 6.3 北向围护区域               | 204 |
| 6.4 南向围护区域               | 221 |
| 6.5 东、西向围护区域             | 240 |
| 6.6 小结                   | 257 |
| <b>第七章 学校建筑用窗设计</b>      | 263 |
| 7.1 引言                   | 263 |
| 7.2 寒冷气候区学校建筑用窗设计        | 263 |
| 7.3 炎热气候区学校建筑用窗设计        | 277 |
| <b>第八章 案例分析</b>          | 293 |
| 8.1 引言                   | 293 |
| 8.2 霍夫曼·罗氏公司办公大楼         | 294 |
| 8.3 西雅图司法中心              | 296 |
| 8.4 德比斯大厦                | 300 |
| 8.5 菲尼克斯中央图书馆            | 303 |
| 8.6 佛罗里达太阳能中心            | 307 |
| 8.7 坎布里亚办公楼              | 311 |
| 8.8 赛灵思发展中心              | 314 |
| <b>附录 A 性能数据创建方法</b>     | 317 |
| A.1 引言                   | 317 |
| A.2 商业建筑模型               | 317 |
| A.3 办公建筑性能参数             | 321 |
| A.4 气泡图                  | 322 |
| A.5 年能耗和峰值需求指数           | 325 |
| A.6 学校建模假设               | 326 |
| <b>附录 B 照明控制</b>         | 331 |
| <b>附录 C 工具和资源</b>        | 333 |
| C.1 门窗能效评级及程序            | 333 |
| C.2 计算机模拟软件              | 333 |
| C.3 行业协会和组织              | 334 |
| <b>词汇表</b>               | 339 |
| <b>参考文献</b>              | 349 |
| <b>后记</b>                | 365 |

# 第一章

## 高性能建筑用窗导论

---

### 1.1 窗户的重要性

在任何建筑设计中，窗户都是最重要的元素之一。不管是围蔽建筑外墙的洞口，还是以整个玻璃幕墙的形式出现，窗户通常都是建筑外观的一个主导特征。窗户可以表现为高度的反光效果，或者呈现暗色不透明，或者具有通透的效果，从而显现或隐蔽室内的活动。窗户的颜色、通透性和反射模式可以随着一天的不同时刻和气候的变化而改变。

尽管窗户的外观在建筑设计中十分重要，其传统功能还是为居住者提供采光、视野和新鲜的空气。20 世纪上半叶，随着全密封、机械通风、电子照明等技术和装备在商业建筑的不断应用，窗户在满足居住者需求方面的作用有所下降。然而，人们越来越认识到，尽管光线和空气可以通过其他方式来获取，但是在对居住者的舒适度、身体健康和工作效率等方面而言，窗户的优势仍然十分明显（图 1-1）。目前，除了以人为本的设计理念成为趋势之外，还存在一个迫切需求，那就是希望在不久的将来，在建筑节能方面能得到显著提高。

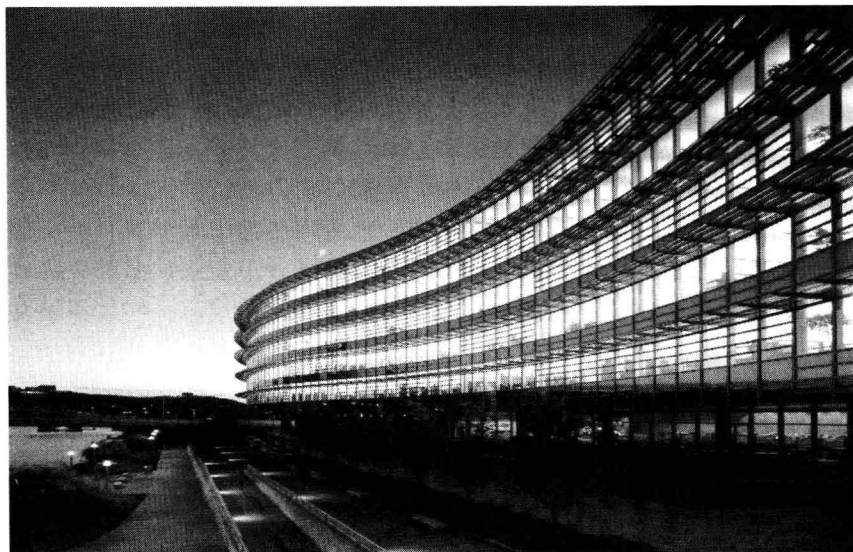


图 1-1 美国铝业公司大厦  
(宾夕法尼亚州，匹茨堡)  
建筑师：The Design Alliance Architects  
照片来源：Courtesy of Viracon

在商业建筑中，幕墙设计和窗户选择所面临的一个挑战是在设计和“人的因素”（human issues）之间以及众多技术准则和成本之间如何寻求平衡。技术方面的问题包括诸如结构、湿度控制、声学和安全问题等，它们都需要进行复杂的权衡。渐渐地，与初始投资成本一

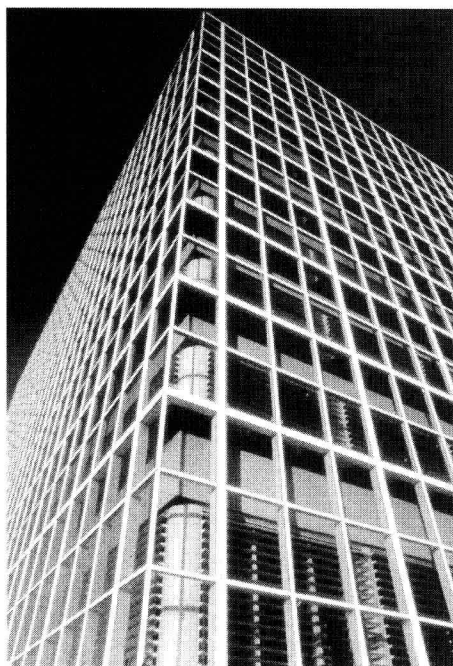


图 1-2 位于纽约州尼亚加拉大瀑布的西方化学公司大厦的双层幕墙，双层幕墙的热通道内带有遮阳百叶

建筑师：Cannon Design

照片来源：Cannon Design

样，窗户的长期使用、维护和更换成本也要在全生命周期下进行考虑。能够将以上各因素综合在一起考虑的一个全新的概念就是高性能设计（high-performance design），也被称为可持续设计（sustainable design）或绿色设计（green design）。一般说来，高性能设计的目标是使建筑具备长期使用的高能效、健康和经济性，以及合理利用资源以减少对环境的影响。实现这些目标的一个重要概念就是一体化设计（integrated design），即将整个建筑和其居住者作为一个交互系统来考虑。

因此，本书的目的是为设计人员提供更全面的信息，包括节能、室内环境以及影响商业建筑用窗设计与选择的有关技术等。为此，需要对当前窗户技术进展和性能评价手段有一定的了解。建筑行业需要综合性的参考依据，包括开启窗的选择、设计及其在商业建筑中的性能。本书在这方面提供了重要的信息和性能数据，方便建筑师和工程师理解设计选择对建筑性能影响的含义。

仅仅知道窗户选择对能量利用和环境质量的影响是不够的，关键问题是，窗户对这些因素的影响相对于其他的传统设计到底有多大？实现高性能门窗幕墙设计的一个基本障碍是信息和知识的缺乏，尤其是设计初期，缺乏那些能够使得设计者快速理解复杂且相互关联的建筑性能的工具和手段。而这些工具和手段所需的一部分基础知识必须通过对实际建筑的评估才能建立。

本章首先介绍了能耗、以人为本的设计、与窗户有关的全生命周期成本以及高性能商业建筑设计等背景知识。随后简要介绍了目前窗户最新技术和发展趋势（图 1-2），最后对本书的内容和框架结构进行了描述。

### 1.1.1 节能

除了对建筑外观和室内环境起主导影响外，在影响能源利用、电力峰需求及环境等方面，窗户也是最重要的建筑部品之一。通过窗户的太阳得热和热损失占建筑采暖和空调负荷较大比重。通过提供自然光，只要对照明装置实施有效的调光控制，窗户就能够减少电气照明负荷。合理的窗户设计和选择能够减少电力峰值需求和空调负荷，因此可以避免昂贵的用电支出，缓解对发电站的建设需求。此外，高性能窗户还会影响建筑设备系统，不仅可以降低运行成本，还可以缩减设备规模，从而节省资金投入。

商业建筑能耗占美国总能消耗的 16%（约 15.4 夸特<sup>①</sup>，社会总能耗约 92.6 夸特），其中商业建筑采暖和空调能耗中有 1.1 夸特是通过窗户损失的，照明能耗占到 3.83 夸特。假设 25% 的照明能耗（约 0.96 夸特）是由窗户采光问题所引起的，则由窗户每年引起的总能耗约为 2 夸特，也就是说占社会总能耗 2% 左右，占全美商业建筑总能耗的 12% 以上。如果算上居住建筑的话，通过窗户的总能耗将达到

<sup>①</sup> 译者注：夸特（Quad）= quadrillion Btus =  $10^{15}$  Btu  $\approx 0.348$  亿吨标准煤。Btu 为英制热量单位（British Thermal Unit），就是将 1 磅水的温度升高 1 华氏度所需要的热量，1 Btu  $\approx 1055$  J。

5 夸特，占全美社会总能耗的 5% 以上。

### 1.1.2 以人为本的设计理念

在美国，许多建筑继续被设计成带有较大内部空间、相对较小的带窗围护区域的风格。在过去的 50 年里，没有窗户的办公室和学校建筑十分普遍。窗户即使存在也很少能够开启，因此，也无法提供自然通风。这些窗户通常装配有色玻璃或反射玻璃以减少眩光和太阳得热，但是，同时也降低了光线的柔和性和居住者的视野。这种趋势不断延续，有时甚至变得更糟。例如，眩光使得电脑屏幕看起来很不舒服，导致了需要替换深色玻璃来进行补救。

由于光线和空气现在可以通过电气和机械系统来获取，窗户传统的主要角色被弱化，从而降低了它们今天在多数商业建筑中的重要程度。当然，这种转变没有考虑窗户在提供健康、高效、令人兴奋和吸引人的室内环境方面所起的关键作用，尽管这些因素有时候难以量化。自然采光有很多电气照明所不能取代的特性。光线的强度、方向、颜色的改变能够将我们和天气、季节、一天中不同的时刻联系在一起。窗外的视野，尤其是那些来自自然界的元素，对于居住者的身心健康以及方向感和空间感的提高都起着重要的作用。打开窗户可以呼吸新鲜空气，除了能够为居住者提供一种控制环境的感觉外，还使其和室外自然界建立了一种联系。事实上，窗户能够带来在封闭环境里所遗失的多样化以及感官刺激。

在一些欧洲国家，要求所有的劳动者都能够在离窗户一定距离的范围内工作，并且要求窗户是可以开启的。当然，自然光、视野、自然通风等众多益处的获得只有通过精心的设计才能够实现，同时设计还要避免和控制窗户潜在的负面影响，例如眩光的增加和热舒适度的降低等。目前的研究表明，窗户和自然采光在营造积极的室内环境进而提高居住者的工作效率以及健康程度方面起着重要的作用（图 1-3）。

### 1.1.3 全生命周期成本

当然，由于其成本所在，窗户在建筑中也是一种重要的部品。窗户的初始投资成本通常高于相同面积的非透明外墙，但是对某些类型窗户的需求或者主观要求往往不需要理由。然而，一个更为重要的问题是如何为使用更多的窗户以及高性能窗户所带来的额外成本的合理性进行辩护。建筑的运营能耗和维护费用通常超出初始投资成本的十分之一之多。而且，居住者在建设上的支出要比在建筑使用过程中的花费高很多倍。窗户的初始投资成本影响很多决策，但是相对于其他方面而言，所占比重还是很小一部分。

由于窗户对建筑的运营成本、居住者的健康、工作效率和幸福指数有着重要的影响，因此，有必要运用全生命周期的方法对窗户进行选择与设计。全生命周期分析包含建筑设计和选择对经济、环境以及居住者的影响等方面。窗框、玻璃和密封胶有着不同的使用寿命，所以耐久性在任何一种全生命周期分析中都是一个关键因素。然而，窗



图 1-3 明尼苏达大学瓦尔特图书馆阅览室。传统建筑中，大高窗的设计提供了自然采光和与室外的联系

照片来源：Courtesy of University of Minnesota  
摄像师：汤姆·弗雷（Tom Foley）

户的预期寿命一般为 20 ~ 30 年，它们的更换也比其他建筑系统更加昂贵和困难，所以在窗户的使用寿命周期内保持节能效果也是其耐久性的一个基本方面。

## 1.2 高性能可持续设计

近年来，在美国以及全球其他地方，人们不断意识到建筑对环境恶化有着重要的影响。根据世界观察组织（World Watch Institute）的统计：全球大约有十分之一的经济与建筑建造、运营以及建筑环境调节有关。这些经济活动用去世界上六分之一到一半的木材、矿产、水和能源。今天所发生的环境破坏，从森林和河流的破坏到空气和水的污染以及气候的失衡，很大程度上都归咎于现代建筑。许多建筑对室内环境也会产生危害：它使我们遭受不健康的空气和物理空间的隔离，与我们原来的生存状况相比，我们的健康状况更加恶化，工作效率变得低下（Roodman & Lensson, 1995）。

作为对上述问题的回应，人们越来越多的将注意力开始放在追求高性能（high-performance）、可持续（sustainable）或绿色（green）设计上。这些术语尽管定义不尽相同，但在某些情况下可以替换使用。正如为联合国所作的布伦特兰报告（Brundtland Report）中定义的那样：“可持续发展包括……既满足当代人的需要，同时又不危害后代人满足他们需求的能力”。

美国建筑师协会手册（American Institute of Architects Handbook）中写道：“……可持续性指社会、生态系统以及其他任意一个正在发展的系统能够持续运行直至未来的能力……，对于建筑来说，这意味着有关建筑和社区的设计对环境的影响要尽可能的低，同时还要有助提高健康、工作效率、社区和谐及生活质量”。事实上，绿色、可持续或者高性能设计的定义将会随着实践的不断扩大而发展和演变（图 1-4）。

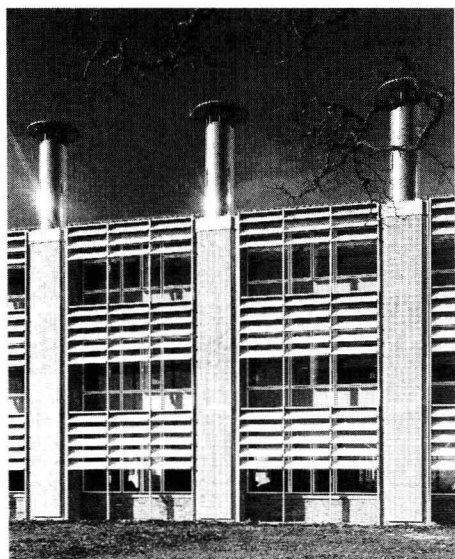


图 1-4 位于英国加斯顿的英国建筑研究中心的环境楼。除了开启窗的玻璃外，还使用了控制太阳光的玻璃百叶和集成于太阳能烟囱上的玻璃砖

建筑师：Feilden Clegg Bradley

照片来源：Colt International

### 1.2.1 高性能可持续设计的好处

对业主、居住者、所处的社区以及整个社会而言，可持续设计有很多好处：

**降低运营能源开支（Reduced operating expenditures for energy）：**高能效的系统和设备可以降低能耗，节约运营成本。

**降低运营和维护成本（Reduced operation and maintenance costs）：**使用更耐久、低维护材料和系统，通过节约劳动力、废弃物处理和简化维护程序可以降低设备的运营成本。

**减少人员支出（Personal expenditure reductions）：**健康、舒适的工作环境可以减少员工的缺勤次数，留住员工，同时还能提高员工的工作效率。

**减少管理变化的成本（Reduced costs for managing change）：**通过弹性、自适应的结构和系统设计，降低周期重组和更新成本。

**健康、舒适的工作环境（Healthy, comfortable work environ-**

ments): 室内空气质量和其他与人有关的因素例如采光和视野将会得到提高, 确保居住者的舒适度和工作效率。

**周围社区的正面效应 (Positive effect on surrounding community):** 通过保护生态系统, 减少对土地的影响, 可持续建筑能够促进社区发展。建筑的选址也能够影响可持续社区的交通和土地使用类型。

**减少市政运营支出 (Reduced municipal operating expenditures):** 更多的基于可持续设计的建筑在建造和运营过程中可以减少建筑垃圾的产出量, 降低用水压力和减少污水处理设施。

**减少基础设施成本 (Reduced infrastructure costs):** 更多的基于可持续设计的建筑可以缓和对新发电厂的建造、水资源及输水管道的扩充以及污水处理能力的提高等众多需求的压力。

**环境收益 (Environmental benefits):** 可持续设计可以降低对全球变暖、土地、空气和水资源恶化的影响, 同时促进环境保护和诸如森林等宝贵生态系统的合理利用。

**减少排放/清洁空气 (Emissions reduction/clean air):** 清洁的空气来源于化石燃料的低消耗和二氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物、水银及微粒的低排放。

**国家安全 (National security):** 通过减少能源的使用, 降低对国外石油的依赖。

实现这些收益的策略通常属于一系列的范畴: 选址、设计、水、能量、室内环境, 以及材料和资源保护。在实现节能和室内环境目标方面, 窗户扮演着重要的角色, 同时也影响着材料等资源问题。

### 1.2.2 建筑全生命周期过程

尽管窗户系统对建筑外立面、室内环境、能量、环境影响、全生命周期成本等方面都很重要, 但是, 窗户的设计很少全面考虑这些问题。例如, 建筑师和建筑物业主将窗户作为建筑的美学元素, 更多地关注建筑物的外观设计特色。由于对热负荷的影响, 机械工程师选择窗户则更多地关注太阳得热的控制, 以满足节能标准的要求和缩减设备规模。综合平衡各方的利益和尺度将是一个很大的挑战。

整个设计团队和业主通常都会参与工程的初始造价管理, 但对“成本”的考虑极为有限。在工程设计中考虑全生命周期成本, 包括运行和维护成本, 以及对环境的影响, 是目前兴起的一种趋势, 但还没有被普遍应用。另外, 室内环境质量由于影响健康、工作效率以及居住者的幸福指数, 也开始得到更多的重视。事实上, 居住者经常被整个遗忘在设计过程之外。

实现高性能可持续设计不仅仅是采用正确的设计策略, 它还需要将不同的设计和建造过程放在建筑的全生命周期内进行综合考虑 (图 1-5)。

下面解释一些重要的概念:

#### 1.2.2.1 草图设计

**自始至终的团队协作 (Work as a team from the beginning):** 以

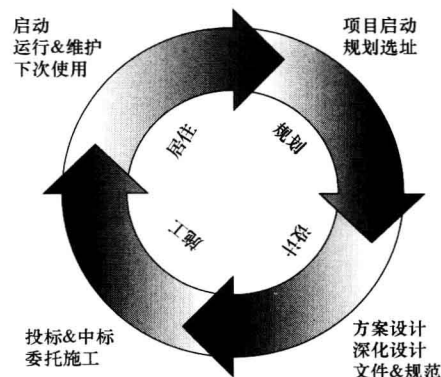


图 1-5 建筑生命周期

高性能设计来教育团队，研究好的范例。如果可能的话，建立一个包含建筑师、工程师、业主、设备经理、居住者和承包商的工作团队。

**较早设定可持续设计目标 (Set sustainable design goals early):** 建立耗能目标对窗户的设计和选择有着重要的影响。需要设定建筑物的室内环境质量目标，包含未来居住者是否要求室外视野、采光、窗户是否具备开启功能、环境的个性化控制等。另外，还需设定眩光控制和热舒适度的要求。当然，不同类型的空间会有不同的设计准则。例如减少挥发性有机物 (VOCs) 以改善室内空气质量，利用环境友好型材料等可持续设计的目标也会影响到窗户和窗框材料的选择。

**记载设计意图 (Document design intent):** 因为人事和工作职责在整个建筑生命周期中有可能变动，所以详细记录设计文件是件极为重要的事情。要确保从设计初期到建造和居住期间，设计意图都有很好的文件记载。

#### 1.2.2.2 设计

**采用一体化设计方法 (Use an integrated design approach):** 可持续设计的一个关键因素在于其不仅仅是一个零散的设计策略和行为的简单列表，它是生态系统的一种反映，因为其所有部分通过各种层面相互关联和相互依赖。例如，一个改进的窗户系统将会带来更高的热舒适度，更低的采暖和空调能耗。相同的窗户系统可以通过优化设计来提高采光效果，从而减少电气照明，进一步降低能耗。另外，改进的窗户设计也会有助于缩减暖通空调和通风系统的使用规模。

**使用计算机模拟工具 (Use computer simulation tools):** 在方案设计和深化设计阶段，性能计算和方案比较是关键因素。计算机分析可以考虑能耗影响、峰值负荷、采光、眩光以及热舒适度等。最后采用全生命周期分析来做出选择。

**多目标优化设计 (Design to optimize for multiple objectives):** 在深化设计阶段，需要考虑窗户选择对节能、峰值负荷、采光、眩光、视野以及热舒适度等因素的影响。对建筑幕墙进行一体化设计，应包含遮阳装置、遮阳板和其他构件。

**满足所有的技术要求 (Meet all technical requirements):** 选择和细化窗户设计以满足结构、保温、防潮、隔声、安全及耐久性等要求。同时，设计也要考虑低维护、易操作和易施工等方面。

**采用 NFRC<sup>①</sup> 认证的窗户 (Specify NFRC certified windows):** 采用国家门窗评级委员会的程序和规范来确保整窗 (包含窗框和玻璃) 的节能性能。

**柔性和自适应性设计 (Design for flexibility and adoptability):** 要意识到建筑的外围护结构要比机械系统、灯具、家具等拥有更长的寿命。例如，采用能够使日光照射量最大化的高窗来创造空间，以及选择可见光尽可能多透过的窗户等等都是满足未来使用需求和新技术的设计方式 (图 1-6)。

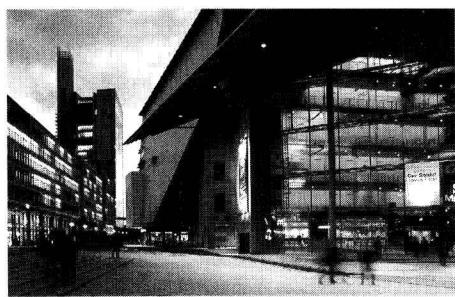


图 1-6 柏林波茨坦广场一角，背景中为德比斯大厦

建筑师: Renzo Piano Building Workshop

摄像师: Vincent Mosh

<sup>①</sup> 译者注: NFRC 是美国门窗评级委员会 (National Fenestration Rating Council) 的简称, 是一个对门窗系统及其附属产品提供公平、准确、可靠的节能评估的非盈利性组织。

**思考未来 (Think of the future):** 优化设计和选择窗户要适应未来技术的发展。例如, 在有足够太阳光照射的时候可以调暗灯光控制系统, 这样就可以节约相当的能量。但是, 往往由于考虑到成本和使用可靠性而不常使用这种技术。即使这样的系统起初并没有安装, 但是, 随着成本的降低和技术进步, 可能在建筑生命周期内的某一时刻安装这种系统。为此, 就需要选择具有较高可见光透射比的窗户和根据距离窗户远近进行照明电路的分区设计。

#### 1.2.2.3 建造

**确保认真建造和安装 (Ensure careful construction and installation):** 认真建造确保窗户和相关系统的所有关键性能能够实现。

**使用所有系统 (Commission all systems):** 验证与窗户相关的关键性能的操作效果, 包括光线传感器和控制器。

**验证设计意图 (Verify design intent):** 确保在建造各个方面都正确地执行设计意图。

#### 1.2.2.4 居住

**监控节能性能 (Monitor energy performance):** 持续监测节能性能并进行不断改进。

**进行使用后评估 (Conduct post occupancy evaluations):** 评定居住者对通风、眩光、热舒适度、采光、照明、噪声以及独立控制等指标的满意度。通过反馈的结果修改现有的空间设计, 而前馈又可以影响新设施的设计。

**清洁和维护 (Clean and maintain):** 如果建筑系统和单元没有得到及时维护, 性能将会下降。

**完成全生命周期 (Complete the life cycle):** 在建筑系统服役的最后几年对一些构件和材料进行回收利用。

### 1.3 最新窗户技术、系统和设计策略

同时满足节能目标, 又能提供采光、视野以及窗户的其他功能, 一直是传统设计中面临的问题。透明的单层玻璃常带来不必要的热损失和太阳得热, 而深色和带有反射涂层的玻璃又会降低透光率和视野。在过去的 20 年里, 窗户的节能性能通过玻璃镀膜、气体填充、低导热间隔条和窗框以及多层玻璃间的悬膜等技术创新而取得了很大进步。在节能和室内环境优化方面最显著的成果是光谱选择性 Low-E 镀膜, 它能够隔离大部分太阳得热, 同时还可以允许大部分可见光透过。

这些改进只是将窗户向动态变化元素转变的一个方面, 如同起到一个对光、热、空气、视野和声音的过滤单元。例如电动遮阳系统和电致变色玻璃等新技术使得依靠窗户进行建筑能耗和室内环境条件优化成为可能。光伏建筑一体化系统 (building-integrated photovoltaic) 还可以使得建筑幕墙成为能量的生产者。

近来，出现了建筑师和制造商开发新型幕墙系统的创新浪潮。这些系统的设计主要用于节能、提高视野和舒适度。目前较为流行的一种先进幕墙技术是双层幕墙系统（double-envelope system），它采用两层幕墙玻璃，中间带有通风热通道。这些复杂的幕墙系统往往包含自动遮阳系统、太阳光变向照明及自然通风等装置。

目前，窗户以及幕墙处于建筑技术革新的前沿。由于对建筑外立面和室内环境的重要影响，窗户和幕墙在定义未来建筑设计中发挥着核心作用。当前，即使最好的窗户仍然会对建筑能耗和环境造成不利影响。新兴以及未来技术将会使这种不利影响降低为“零”，最终以采光、被动太阳得热或光伏发电的形式为建筑提供能量收益。

## 1.4 范围和章节安排

本书所提到的“商业建筑”（commercial building）一词主要指非居住建筑，包括办公室、旅馆、饭店、零售店以及娱乐场所，同时还包括一些机构的房屋设施，例如博物馆、图书馆、学校和医院，也包括实验室、工厂和仓库。大部分关于窗户系统及其性能的通用信息一般适用于所有类型的建筑，但是在那些所谓的商业建筑中会有明显的不同，尤其在节能模式、居住者的需求和对窗户数量和外观有特定的要求时。

纵观本书的大部分章节，影响窗户设计的决策主要针对办公室建筑，因为其占据了全美非居住建筑的一半左右。第七章论述了窗户设计决策对学校建筑的影响。尽管办公建筑或其他建筑用窗的使用趋势都是大同小异的，但针对具体的建筑类型、气候和配置，利用计算机模拟工具进行窗户设计及影响分析还是极为重要的。

本书所提到的节能和其他性能是通过对新建建筑测定而得到的。既有商业建筑用窗的改造和更换对于减少国家能源消耗和降低对环境的影响也是至关重要的。通常来说，窗户的一般信息和性能对于新建建筑和既有建筑都是适用的，不同之处在于对窗户节能性能以及安装成本的影响。某些方法，譬如对既有窗户进行贴膜有可能比更换窗户更为经济，但必须在全生命周期背景下进行综合考虑。

本书中所使用的窗户系统（window system）一词主要是指商业建筑中常用的三种类型的窗户，它们是：

1. 在建筑外墙洞口安装的成品窗。这些窗户在工厂生产，主要包括典型的铝、钢窗框和实木、塑料、玻璃纤维以及其他复合材料窗框，常用于小型商业建筑和居住建筑。
2. 形成整个建筑外表皮、与结构层相连接的幕墙窗。这类窗户通常现场安装，由起正常窗户功能的玻璃和不透明的窗间墙组成。目前，越来越多的预制幕墙窗单元被直接送到施工工地进行安装。
3. 低层建筑的店面窗。这些窗户也是现场安装，主要用来提供尽可能宽阔的视野来观察建筑物的内外空间，通常包括入口玻璃门。不像幕墙那种贯穿楼层，店面窗通常镶嵌在楼层之间。

工厂生产的窗户和幕墙单元之间最大的区别不是装配方法，而是

结构和外观。透光玻璃的节能和其他性能方面相似。临街店面窗不同之处在于具有高通透性和低反射率，这些性能一般是必备的。多数情况下，临街店面窗会被雨篷或拱形屋顶所遮挡。

本书中所使用的幕墙系统（façade system）一词主要指组成幕墙的所有元素。例如，外遮阳、内遮阳和太阳光变向照明装置，包括遮光罩等都是幕墙单元。高级幕墙系统可能含有多层玻璃和遮阳元件，两层幕墙之间还可以集成通风空腔。尽管本书主要关注典型垂直安装的窗和幕墙系统，但商业建筑中的天窗和倾斜幕墙的基本原理也与此类似。

本书主要是通过对基本设计技术的介绍到具体情况下的应用这个思路来安排章节内容，指导读者阅读。第二章主要论述了与窗户设计相关的三个问题——节能、人和技术因素。第三章简单介绍了窗户和幕墙系统的既有技术。第四章描述了窗户设计和选择的决策过程。掌握解决问题的方法、技术和设计极为有用，但是这些因素对特定条件下建筑的实际影响又揭示了各因素间的相对重要性和关联性。第五章、第六章分别系统介绍了各设计变量（朝向、窗户面积、遮阳、光线控制、玻璃类型）对典型美国寒冷气候和炎热气候（分别以芝加哥和休斯敦为代表）条件下办公建筑的各项性能指标（能耗、峰值负荷、采光、视野、眩光控制、热舒适度）的影响。并以格式化的形式给出分析结果，用于决策过程的辅助设计。第七章提供了学校建筑用窗的一些资料和信息。最后，在第八章中对一些最近窗户和幕墙设计的创新实例进行了分析。