

建筑设计的材料表达

(美) 维多利亚·巴拉德·贝尔 (VICTORIA BALLARD BELL)

帕特里克·兰德 (PATRICK RAND) 著 朱蓉 译

MATERIALS FOR DESIGN



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

建筑设计的材料表达

TU2/114

2008

建筑设计的材料表达

(美) 维多利亚·巴拉德·贝尔 (VICTORIA BALLARD BELL)
帕特里克·兰德 (PATRICK RAND) 著 朱蓉 译

MATERIALS FOR DESIGN



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

建筑设计材料的选择是建筑师必须要做的最重要的决策之一，然而这在设计过程的初始阶段却通常不会被提出来。同样，学生们往往被分开来教授材料和设计知识，好像两者之间互不关联。但是，随着整合设计和建造项目的发展，它在美学以及材料之间的联系方面就表现出前所未有的重要性。

《建筑设计的材料表达》一书为设计灵感的培养奠定了基础。本书共分为五部分——玻璃、混凝土、木材、金属和塑料，它对于每种材料的性能、历史、转变以及生产技术都进行了充分的研究。其中囊括了当今世界上最具创造力的建筑师的60个经典案例研究，本书详细阐述了这些用于创造性用途的材料，并阐明了如何运用材料来激发建筑的创作灵感。

Victoria Ballard Bell

Materials for Design

ISBN 1-56898-558-4

©2006 Victoria Ballard Bell

First published in the United States by Princeton Architectural Press. All rights reserved. No part of this book may be used or reproduced in any manner without written permission from the publisher, except in the context of reviews.

Simplified Chinese translation edition copyright ©2007 by China Electric Power Press.

本书中文简体字翻译版由中国电力出版社出版。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号：01-2007-0703

图书在版编目（CIP）数据

建筑设计的材料表达 / （美）德贝尔（Bell, V.B.）著；

朱蓉译.—北京：中国电力出版社，2008

书名原文：Materials for Design

ISBN 978-7-5083-6282-3

I. 建… II. ①德…②朱… III. ①建筑设计②建筑材料 IV. TU2 TU5

中国版本图书馆CIP数据核字（2007）第161742号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策划编辑：杜文哲 责任编辑：杜文哲 陈淳

责任印制：陈焊斌 责任校对：罗凤贤

北京华联印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2008年2月第1版·第1次印刷

889mm×1194mm 1/16·16.5印张·907千字

定价：168.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话（010-88386685）

致谢

此书的面世是与许多人的帮助和支持分不开的。非常感谢卡蒂·威克夫德 (Katie Wakeford) 给了我充足的时间和明智的建议。她的组织技巧、才能和集中的精力,使本书得以顺利出版。没有她,这本书将无法完成。同时也要感谢帕特里克·兰德 (Patrick Rand) 极为慷慨地与我分享他丰富的知识与建议,他的时间、专业知识以及贡献使本书提升到一个更高的水平。我的这本著作几乎都是卡蒂·威克夫德和帕特里克·兰德的成果。

非常感谢我曾经寻求过帮助的以下读者:理查德·凯德斯·丹尼尔斯 (Richard Kaydos-Daniels)、大卫·汉森 (David Hinson)、斯科特·威尔 (Scott Wing)、乔治·埃尔韦拉 (George Elvin) 以及香农·特灵顿 (Shannon Turlington)。感谢普林斯顿建筑出版社,斯科特·泰尼特 (Scott Tennent), 保罗·瓦格纳 (Paul Wagner), 并特别感谢克莱尔·杰克伯森 (Clare Jacobson) 自始至终对于此书的悉心守导,同时感谢莫利·甘南 (Molly Guinan) 和安德里亚·迪兹 (Andrea Dietz) 通过他们所作的早期研究给予我的帮助。格雷厄姆美术发展研究基金会 (Graham Foundation For Advanced Studies in the Fine Arts) 和AIA/AAF的慷慨支持,使本书的出版成为可能。也要感谢你们——乔纳森·罗斯 (Jonathan Rose), 斯蒂芬·戈德史密斯 (Stephen Goldsmith) 以及企业基金会 Enterprise Foundation 通过玫瑰奖学金项目 (Rose Fellowship Program) 给予我的支持。特别还要感谢我的父母,瓦尔 (Val) 与迪克 (Dick) 给我的爱与支持。最后,如果没有我丈夫布莱恩 (Bryan) 的爱、鼓励、指导和支持,本书也将无法面世。

目录

致谢
序言

13 玻璃

- 18 圣心教堂
德国，慕尼黑
奥尔曼·萨特勒·瓦普那建筑师事务所
- 22 叠层玻璃屋
荷兰，利尔丹
柯鲁恩伯格·冯·埃夫建筑师事务所
- 26 马森斯·本德社区中心
美国，阿拉巴马州，马森斯·本德
奥本大学建筑学院·乡村工作室
- 28 玻璃楼梯
美国，纽约州，纽约市
建筑研究事务所与盖伊·诺登森
- 30 R128
德国，斯图加特
沃尔诺·索伯克
- 34 晶体单元Ⅲ
日本，广岛
增田胜文
- 38 德国外交部，光庭立面和顶面
德国，柏林
詹姆斯·卡朋特设计联合公司
- 42 440号住宅
美国，加利福尼亚州，帕罗奥多
富热隆建筑事务所
- 46 布伦瑞克工业大学建筑展厅
德国，布伦瑞克
冯·格康·玛格及其合作者建筑师事务所
- 50 新42大街工作室
美国，纽约州，纽约市
普拉·拜厄德·多维尔·怀特建筑事务所

53 混凝土

- 60 马利丘艺术博物馆俯瞰
美国，华盛顿州，戈尔登代尔
联合工作事务所
- 64 隆纳港口建筑
奥地利，康士坦茨湖
鲍姆施拉格和埃贝勒
- 66 布拉斯住宅
西班牙，马德里，塞维利亚
阿尔伯托·坎波·巴埃萨
- 70 巴尔德马克达市政厅
西班牙，巴尔德马克达
帕雷德斯·佩德拉萨建筑事务所
- 74 LOOK UP办事处
德国，盖尔森基辛
安尼·杰罗明·菲特里兹合作公司
- 78 信号所转换站
瑞士，苏黎世
古耶·古贡建筑事务所
- 82 火葬场
德国，柏林，鲍姆舒伦韦格
艾克斯尔·舒特和夏洛特·韦兰克
- 84 哈里森住宅与葡萄酒酿造厂
澳大利亚，尤什卡
沃德·卡特艺术建筑事务所
- 88 退休者之家
瑞士，巴塞尔
斯坦曼与施密德建筑事务所
- 92 费尔茅斯康乐中心
美国，马萨诸塞州，费尔茅斯
加兰特建筑工作室
- 96 普赖斯·欧·赖利住宅
澳大利亚，新南威尔士，雷德芬
伊基林·摩尔
- 98 山口县地方展馆
日本，阿知须町
增田胜文
- 102 布雷巴林住宅
澳大利亚，维多利亚州，曼哲拉
沃德·卡特艺术建筑事务所

107 木材

- 116 邮递员住宅Ⅱ
加拿大，新斯科舍省
布赖恩·迈克·里昂
- 120 竹篷
美国，纽约，皇后区
n建筑事务所
- 124 机动瞭望台
奥地利，蒙德西
汉斯·彼得·韦尔恩德尔
- 126 科洛梅兹的住宅
捷克共和国，科洛梅兹
建筑组
- 130 思想库
爱尔兰，科克郡，斯基伯林
古姆齐德简建筑师事务所
- 132 BTV商住混合建筑
德国，沃尔夫特
鲍姆施拉格和埃贝勒
- 136 伊尔马斯学校
德国，加博森
德斯帕建筑事务所
- 140 斯奇木工制造厂
德国，伯海恩
鲍姆施拉格和埃贝勒

145 金属

- 158 电车站
德国，汉诺威
德斯帕建筑事务所
- 162 未来小屋
各类场所
肖恩·戈德塞耳
- 164 基督教展示馆，2000年世博会
德国，汉诺威；德国，图林根州
冯·格康、玛格及其合作者建筑师事务所
- 168 基威住宅
澳大利亚，墨尔本，基威
肖恩·戈德塞耳
- 170 弹性建筑 H
日本，兵库
远藤秀平
- 172 模件 VII冷却设备间
宾夕法尼亚州，
宾夕法尼亚州立大学
里尔斯—温扎普菲合作建筑公司
- 176 罗伊特林根西南金属公司
德国，罗伊特林根
奥尔曼·萨特勒·瓦普那建筑师事务所
- 180 利纳博物馆
瑞士，阿彭策尔
古贡+古耶建筑事务所
- 182 北方发电站
奥地利，萨尔茨堡
贝奇克斯与康索拉斯科建筑事务所
- 184 37号地块
荷兰，阿姆斯特丹，伯内奥
建筑师赫伦
- 188 图示 XI
堪萨斯州，劳伦斯
堪萨斯州立大学，建筑与城市设计院，804工作室
- 192 铝之林
荷兰
迈彻·德·汉斯建筑事务所

- 196 齐塔·克恩住屋
奥地利，拉斯多夫
ARTEC建筑事务所
- 200 马克思·普朗克学院
德国，德累斯顿
海基宁—科莫宁建筑事务所
- 204 柏林—蒂尔加滕的北欧国家大使馆
德国，柏林
伯杰+帕克宁建筑事务所
- 208 桑拿庭
马萨诸塞州，伯克夏山脉
建筑物设计与建造公司
- 212 矿业档案馆
德国
冯·格康、玛格及其合作者建筑师事务所
- 216 墨尔本博物馆
澳大利亚，墨尔本
登顿·科克·马歇尔

219 塑料

- 224 夏伊洛公共候车亭
美国，北卡罗莱纳州，阿什维尔
夏日设计与建造工作室设计集团
- 228 乌鲁玻教堂
玻利维亚，乌鲁玻
光线：杰·查
- 230 科尔梅纳尔市政厅与主广场
西班牙，科尔梅纳尔
阿巴洛斯+赫雷洛
- 234 Ma工作室与画廊
日本，九州，福岡
有马浩之+第四城市
- 238 Argo街50号
澳大利亚，南雅拉
奥康纳+霍尔建筑事务所
- 242 今里住宅
日本，高松香川，今里
岸上克康
- 246 阿劳科快递
智利，圣地亚哥
费利帕·阿萨德
- 250 EKO公园博览会展厅
波兰，华沙
阿帕·库里洛瓦兹联合事务所
- 254 高分子工程中心
澳大利亚，维多利亚，
布罗德米比亚都斯
考克斯·桑德森·内斯
- 258 蒙特勒停车库
瑞士，蒙特勒
卢舍建筑事务所
- 262 奥林匹克康乐楼
澳大利亚，悉尼
德波其·幕卡特·布洛克建筑师事务所

多数建筑院校都刻意将材料与方法课程和设计工作室脱离开来，从而给人造成这两者之间较少、甚至没有联系的感觉。随着职业实践中，建筑“是什么”和“怎么做”之间错误区分的表现愈发频繁，这种错误的观念在学术领域以外也日趋明显。人们通常会在设计过程的最后，甚至直到建筑设计的建造文本完成之时才会去选择材料。它们似乎只是一项附加之物，一种在设计已经确定之后才施加给建筑物的涂料与颜色。无论在课堂上还是实践中，如果设计过程不考虑材料的因素，那么最终将只会导致一个并不那么成功的建筑方案。

事实上，十分有必要将这些建筑教育元素重新加以整合。在美国，诸如奥本大学的乡村工作室、堪萨斯大学的804工作室中设计与建造课程以及华盛顿大学基础初步课程的出现，已经证明了结合设计、材料、建造方式、规划甚至社区服务的整体式学习教学法的有效性。在欧洲，马德里的ETSAM也设有一门学生可以赴中美、南美或非洲为那些有需要的人建造房屋的课程；巴特莱特学院以及英国牛津布鲁克大学也提供了类似的课程。所有这些课程都教给学生决策的技巧，并让他们理解所设计的内容是项目成功的关键。设计与建造的学生立即认识到他们对于材料的选择可以成为一种达到这个目标的强有力和引导性的工具。

事实上，欧内斯特·拜耶 (Ernest Boyer) 与李·密特冈 (Lee Mitgang)，已经在《建造统一体：建筑教育与实践的新未来》一书中提出将这些学科重新结合的教育观点。他们在研究标准课表的基础上，对建筑师的教育提出了7个基本目标。其目标之一——“关联课表”，就批评了目前设计与其他更具技术性的课程相脱离的状况。为了不仅仅在理论和艺术层面，同时也在实践与技术层面上有效教导年轻设计者，人们必须将这些知识联系起来进行学习。

本书通过展示设计工程来提供一种选择性，在这些方案中，建筑师的设计意图与材料品质紧密结合，这种综合也可以称作材料性。本书所介绍的60个研究案例经选择形成一种内在的方法，它们激发、鼓励并推动设计过程中对材料的运用。

材料与设计的这种结合直到现在才得以明确，这并不足以为奇。多年来，材料一直被用来表现效果，而我们只是最近才开始关注如何使用它们——更不用说开启材料配搭的新篇章——和在建筑中提出并引起根本改变。在20世纪以前，材料主义谈论更多的是地点、场所，同时人们以一种更为坚定的方式来谈论建筑应以什么样的方式呈现在我们眼前：建筑师倾向于使用当地能找到并且量多的材料，因此能独特地代表那个场所。例如，18世纪在新英格兰的不对称双坡顶建筑和礼拜堂中所使用的本土木材，或者19世纪早期，托马斯·杰斐逊 (Thomas Jefferson) 使用弗吉尼亚红色黏土来制造有特色的砖块，用以表现建筑的特色。在19世纪七八十年代的美国东北部，亨利·霍布森·理查德森 (Henry Hobson Richardson) 使用石材来表达纪念性和永久性的概念。

在欧洲，明确提出材料主义是在19世纪中叶，亨利·拉布鲁斯特 (Henri Labrousse) 在他设计的巴黎圣·吉纳维夫图书馆 (Bibliothèque Ste. Genevieve) (1850年) 中使用了一种对于大型公共建筑而言更为新型的铁材。在那时，使用铁就相当于宣称这是一幢高技术的建筑。而仅在以后建造的伦敦博览会大厅——约瑟夫·帕克斯顿 (Joseph Paxton) 的水晶宫，则是一座使用标准组件的铸铁和玻璃建筑，通过使用这些材料来象征工业、技术和经济优势。大面积的玻璃和铸铁是一种材料与设计目的的表达，同时也预示着玻璃幕墙的诞生。

材料与设计目的融于一体的这些萌芽在20世纪得到了快速的发展。早期现代主义的传播者们通过以这种方式使用材料性来实现他们的理想。20世纪早期，奥古斯特·佩雷 (Auguste Perret) 开始在全法国使用钢筋混凝土，以此作为一种建筑新风格的代表，而非仅仅作为一种代替石材的新材料。他于1905年和1913年在巴黎分别设计了

雷诺汽车车间和香舍丽榭剧院 (Theatre des Champs-Élysées), 同时也设计了法国许多其他的公共与工业建筑。艾瑞克·戈那·艾斯普朗德 (Erik Gunnar Asplund) 的斯德哥尔摩图书馆 (Stockholm Library) 体现了混凝土整体性和线条分明的新型外观。在美国, 弗兰克·赖特 (Frank Lloyd Wright) 在伊利诺斯州橡树公园 (Oak Park) 的联合教堂 (Unity Temple) (1906年) 以及更为人所熟知的宾西法尼亚州熊跑溪流水别墅 (Fallingwater in Bear Run, Pennsylvania) (1934年) 中, 使用了前所未有的现场浇筑混凝土。佩雷 (Perret) 的学生勒·柯布西耶 (Le Corbusier) 使用混凝土来力求整体和雕塑的质感, 而在当时, 混凝土并不被认为是一种普遍使用的建筑材料。通过在美国、欧洲、非洲等地建成的别墅、宗教与市民建筑, 他到达了雕塑式建筑利用单一材料特性的一个新阶段, 当时还没有其他人可以取得这种理想的效果。与此同时, 密斯·凡·德罗 (Mies Van Der Rohe) 也通过推进钢和玻璃的运用, 创造出建筑的纯粹感和空间的极简主义品质。在现代主义得以精化的同时, 材料性继续支持那些试图从新角度看待材料的设计意图。无论皮埃尔·夏洛 (Pierre Chareau) 在玻璃屋 (Maison de Verre) (1932年) 中玻璃的使用, 还是阿尔瓦·阿尔托 (Alvar Aalto) 对于木材的热爱和埃诺·沙里宁 (Eero Saarinen) 对于混凝土的着迷, 都可以看出这种情况。

1980年代的后现代主义提倡采用另一种方法来看待材料性: 他们选择了否认材料是建筑的一部分。人造饰面以及仿造材料表现出一种很少考虑材料真实伦理的风格。当建造市场被这些材料所充斥时, 真假之间的特征区分就变得比以往更为困难。自早期现代主义者之后, 关于材料性的建筑方法发生了彻底的转变。

今天, 材料性已经成为建造过程中的一种激动人心和快速发展的观念。像杜邦 (Dupont) 和魏尔霍伊泽 (Weyerhaeuser) 这样的全球化公司正不断开发出新材料和原有材料的新用途。现在, 曾经服务于一小部分产品的行业正致力于对新材料进行更为深入的研究和开发, 以使其更具有效果、效率及环境灵敏度。对于建筑师来说, 材料性曾经只是一种工具, 并且大部分只局限在工程领域, 但现在它已经成为一种用于进行清楚大胆设计表述的方法学。

此领域所进行的许多创新已经使材料本身进入一个很大的研究范围。例如, 当更多传统材料仍然保持需求之时, 塑料的运用激发了许多技术性的进展。再比如, 混凝土块在色彩和尺寸上的多样性使人们的选择大大丰富。那些对环境来说具有可持续性和高灵敏度的“绿色”材料也已经成为主流。随着各领域变化和发展的不断产生, 从某些角度来说几乎不可能写出一本有关当前材料的综合性著作, 而且也不可能与那些被引入到施工领域的最新材料类型保持同步。

随着工程与技术的进步, 材料也已经迈进一个崭新的领域。我们正处于这样的一个历史阶段, 技术可以使人们对特定材料进行“设计”, 以符合建筑独特的需要。弗兰克·盖里 (Frank Gehry) 富于特征性的金属板运用就是一个很好的范例, 其中每一块都可以根据建筑的准确位置单独制造出来。这种技术在材料及其品质的辉煌成就中开启了一个新表现主义的时期。现在, 材料性已经成为建筑领域中一种比较成熟的哲学体系: 材料如何在建筑物中得以表达? ——它们是表面的还是结构性的? 现代的或乡土的? 何种材料才适合? 结构性材料怎样与围合性材料发生关联? 还是说它们是相同的?

此书内容经过组织, 可以作为对于玻璃、混凝土、木材、金属和塑料五种材料的基本参考和检验, 它们有效地推动了这个哲学体系的发展。与传统的砖石有所不同, 这些材料具有诸多正有待人们用新方法加以发现和开发的特性。书中每一章的开始都附有一篇关于材料的基本入门知识、历史概况、设计思考和不同种类的产品及其制造方法

的简述。这些经过精选的内容能使读者对材料具备一些基本的认识。

这些介绍之后紧接着的是案例工程项目研究。本书提供了在过去几年里世界各地的建筑师运用材料最好和最具有启发性的例子。通过对成功结合设计目的和材料的当代实践进行考察,本书选择出这些案例进行研究。这些工程在规模上涵盖了小型至中等规模的范围,表达集中而清楚,从而能作为指导原型,使年轻设计者们从整体上理解建筑物。这些建筑师酷爱材料,也不顾虑背离标准规范。其中有将材料推向试验性新高度的例子,例如迈彻·德·汉斯(Micha de haas)的铝之林,它是一幢几乎完全由铝材制成的建筑。书中也有以完全不同的新方法使用普通材料的例子,比如远藤秀平(Shuhei Endo)的“弹性建筑H”项目,其中由波状金属弯曲环构成空间。还有些较为普通的项目,用实验来表示创造性。比如乡村工作室(Rural Studio)设计的马森斯·本德(Masons Bend)礼拜堂,将车窗用作玻璃窗。这些项目不仅展现了所使用材料的不同类型,同时也对如何将它们结合在一起进行了说明。之所以特别强调所有这些项目的施工详图是因为,我们从中最能学习设计者如何将其建筑物组合为一体以及他们对于材料独特的哲学理念。这也是我们开始理解材料如何得以连接、需要如何处理以及如何与建筑中其他材料发生关联的地方。

当通过一种难以预见的新方式使用材料,或者材料特色在一种非常规的条件下得以表现时,设计水平就得到了提升。美国的建筑研究事务所(ARO)在其SOHO的仓库阁楼中使用玻璃的手法令人倾倒。这种在结构上的运用方式虽然与我们通常所见的恰恰相反,但却深化了开放空间的设计意象。为了获得设计解决方法,设计者以一种创造性的方式使用玻璃的特性,结果使楼梯产生出似乎漂浮在空间中的动人且富于创新的效果。同样,在瑞士巴塞爾,由斯坦曼与施密德(Steinmann & Schmid)设计的“退休者之家”,也是通过精心构思设计和深刻理解材料的方法来创造出建筑的一个实用与完美的范例。奥康纳+霍尔(O'Connor & Houle)建筑事务所使用了一种白色聚碳酸酯材料,覆盖在Argo街50号的住房上,为业主创造了不同程度的半透明效果和私密性。在其他项目中,德斯帕建筑事务所(DespangArchitekten)也经常注意材料与设计的结合。例如,他们为德国加博森(Garbsen)的伊尔斯(ILMASI)学校设计了预制结构的木质体系。《建筑设计的材料表达》旨在促使设计者将材料作为一种配搭元素来进行考虑,以此设想如何通过材料的运用来确定及实现一种想法或理念。谨以此书奉献给那些热爱材料和喜爱设计的人们。因为这两者是相辅相成的。



基本概况

在最简单的理解中，玻璃通常是一种硬而易碎、透明的材料。这种材料是由经过燃烧变形的土元素构成的。加工过程需要加热原材料直到完全熔化；然后快速冷却，不经过结晶过程就使之变得坚硬。由此产生的材料同时包含了晶体（机械刚性）和液体（任意而无序的分子排列）的特性，但是实际上它又有别于其中的任何一种状态。玻璃可以以多种方式成形，最普通的方式是浇筑、吹制、转动、挤压和压缩。在细胞层面上，玻璃纤维可以制成绒毛状，用作声音和热量的绝缘材料。玻璃也可以被用在电子线路以及高度专业的设备零件上。

由于玻璃具有传递和过滤光线的内在品质，所以它经常被用来作为诗意的隐喻和精神的象征。玻璃改变光线外表和强化色彩的能力赋予它一种与其他材料不同的艺术价值。虽然玻璃在许多行业和普通物体中都得到使用，但对于建筑来说，它既有着深远意义，还富有实用价值。它是一种具有无穷魅力和丰富功能的材料，并且它还由于100%可循环和无可比拟的抗腐蚀性而特别受欢迎。

建筑玻璃可以被定义为在建筑物开口所使用的门窗玻璃，在有些情况下，也可以作为墙体和屋顶使用。这种门窗玻璃有着多种类型、色彩以及形态。理解建筑师们所用玻璃的基本品质及其诸多类型，就可以在建筑设计中实现更为广泛、更具创造性的配搭协调。

玻璃的可操作方式多得惊人。熔融玻璃可以被吹制，灌注到模具中或挤压成形。冷却的玻璃可以被慢慢加热塑形，然后经过处理创造成其他形状，也可以黏附在玻璃的其他部分或通过工业胶粘剂碾压在其他材料上。

熔融材料缓慢冷却直至固态的过程称作退火。与熔化的钢或银相比，玻璃的退火十分缓慢，但这是玻璃造材中一个不可缺少的步骤。熔融玻璃如果冷却太快，就会受压于房间温度，并很容易碎裂。对大片玻璃来说，这种压力或张力是相当危险的。如果受到机械或热量的冲击，即便高强度的玻璃也很容易破裂。

历史

玻璃是一种可以回溯5000多年历史的传统材料。人们认为这种材料起源于公元前3500~3000年的埃及和美索不达米亚（现在的伊拉克），伴随着与宝石齐价的珠状玻璃而产生。公元前1700~1600年的埃及第十八王朝，工匠们发明了透明瓶罐的制造技术以及第一扇建筑玻璃窗。这个过程使用热能将沙子、海草、矮灌木以及石灰变换出一系列的形态和色彩。

最早的玻璃在模板装配上运用得最为普遍。但在公元前27年至公元14年间的某个时段，西顿巴比伦地区的叙利亚工匠在玻璃吹制上取得了重大的突破。罗马在公元前最后一个世纪中，开始在模具中吹制玻璃，使之产生更多种类的凹形。已熔融玻璃的气泡被放在吹制铁具上，然后被吹成想要的形状。口吹玻璃从根本上改变了艺术的形式，从而产生一种更薄、更透明、可传导光线的材料。

这种革命性的技术最终带来了公元6世纪透明玻璃窗的发展，它取代了建筑中薄且不透明的石状雪花石膏或大理石片。通常认为罗马人首先制作了用于窗户的大型玻璃，他们将彩色玻璃片放在木框或铜框上，来制作更透明的窗玻璃。至中世纪，在天主教堂的引领下，玻璃开始不仅用于创造多彩和眩目的精神场所，而且同时作为讲述中世纪和哥特教堂宗教信仰故事的一种方法。欧洲建筑中彩色玻璃的剧增带来了采用光线反射作为装饰感性空间的繁衍，并产生出与世界其他地方迥异的结构。

直到数世纪以后玻璃才具有重要的结构性能。19世纪中期，法国工匠古斯塔夫·法尔克涅（Gustave

Falconnier) 大批量生产出手工吹制的椭圆形和六边形玻璃砖, 一时变得相当流行——勒·柯布西耶和奥古斯特·佩雷就非常喜欢使用这种材料——虽然由于凝固技术有待发展, 还存在承载力有限与其他一些问题。法国建筑师乔希姆 (Joachim) 于1904年建造了第一个混凝土与玻璃的穹顶结构。1907年, 德国工程师弗里德里希·开普勒 (Friedrich Keppler) 发明并取得了联锁实心玻璃砖的专利, 这种玻璃砖可以放在钢筋混凝土结构中, 使玻璃在传导光线的同时也具有承重能力。20世纪30年代, 欧文斯·伊利诺斯 (Owens Illinois) 玻璃公司终于制造出出现在通常使用的空心玻璃块。

叠层玻璃是由法国科学家爱德华·班尼迪克斯 (Edouard Benedictus) 于1910年发明的, 他取得了在两层玻璃中加入人工合成材料层的平板玻璃增强过程的专利。它作为一种以三重 (Triplex) 命名的安全玻璃进入市场。

20世纪50年代, 英国发明家阿拉斯泰尔·皮尔金顿 (Alastair Pilkington) 通过发展浮法玻璃, 彻底改变了玻璃在建筑中的使用方式——现在90%的建筑玻璃是通过这种方式生产出来的。在此过程中, 熔融玻璃漂浮在一层密度较高的锡液上, 以可负担的成本, 批量生产出大片平整、可视性优良的透明玻璃, 从而彻底改变了建筑设计中玻璃的使用方式。更大面积的玻璃产生更大面积的窗户, 它们因此能获得更大的一致性和更少的不完整表面。当玻璃幕墙迅速被视作建筑的进步与风格的代表时, 皮尔金顿的发明与密封剂的发展, 最终共同促成了玻璃办公塔楼的诞生。密斯·凡·德罗在1940年芝加哥伊利诺斯理工学院 (Illinois Institute of Technology) 中对于钢与玻璃的使用, 与其纽约的西格拉姆大厦 (Seagram Building 1958年) 一样, 都是早期玻璃建筑的代表。包括SOM事务所 (Skidmore Owings and Merrill) 设计的纽约利华大厦 (Lever House) (1952年) 以及埃诺·沙里宁 (Eero Saarinen) 设计的底特律通用汽车技术中心 (General Motors Technical Center) (1955年) 在内的建筑作品也都成为了玻璃建筑的里程碑。20世纪六七十年代, 反射玻璃、染色玻璃、涂层玻璃以及绝缘玻璃突飞猛进的发展, 使设计师有能力控制幕墙建筑所获的热光量。在20世纪其后的几十年间, 玻璃产业的进一步发展宣告了其在三个不同领域的应用: 环境控制、结构使用、多种表面与色彩处理。

设计考虑

在一个项目中选择玻璃的类型和使用方式时, 设计师需要在美学和功能之间找寻最佳的平衡。商业用建筑玻璃的广泛种类加之设计师对于材料的多样化与创造性的探讨, 使得设计过程变得激动人心且具有挑战。对玻璃产业中广泛使用的基本性能以及术语进行理解, 将使设计师以一种更有效的调和方式进行设计。

玻璃是一种本质上坚固的材料, 这种坚固只有因为表面缺损时才会被削弱。淬火玻璃或经过热处理的玻璃, 要比退火玻璃更坚固, 更能对抗热压和热冲击。同时, 玻璃也具有抗刮划和抗磨损的坚硬表面。受压时, 玻璃会反弹回到以前的形状直至破裂点, 如果玻璃已经过淬火过程, 那么这个破裂点会高得多。玻璃具有抗化学性和抗腐蚀性, 同时也不受大多数工业酸和食品酸的影响。它也可以抗冲击, 并能经得起强热、强冷以及温度突变。

热传导性是测量材料通过其主体时传导热量能力的量度。玻璃并不是一个好的热绝缘体。但是, 当两块或更多块的玻璃组合在一起、之间形成空域时, 热损失则会明显减少。由两三块密封中空窗格的玻璃所组成的窗户是很好的绝缘窗, 对于寒冷的气候来说尤其如此。此外, 玻璃绝缘体的特性也可以通过在玻璃上使用一层低辐射涂层来加以改善。

玻璃的透明和半透明特质历史性地赋予建筑一种其他材料所没有的美学品质。它使建筑具有变化、运动和创造特定环境的能力。光线穿透建筑玻璃的方法可以成为建筑师的一种强有力的设计工具。光线如何在一天中变化，并且如何在空间中得以表现，经常成为一个被忽略的因素。设计师们往往考虑光线通过建筑时其量的方面，而不是其质的方面。光束的色彩、肌理及它如何与建筑表面发生碰撞，都可以按照特定的目的加以控制和利用。玻璃能够以高度的准确性反射、弯曲、传导和吸收光线。当光线碰到玻璃时，一些从表面反射出去，一些穿过去，而另一些则由玻璃吸收。这三种特性的度量值分别称作反射比（R）、透射率（T）和吸光度（A）。其中任何一个都以照射到玻璃上光线总量的分数表示： $\text{光线} = R + T + A$ 。大部分建筑玻璃都有不同程度的透明度，具有较小的反射比和吸光度。这个方程式对于设计者理解大量的玻璃种类并从中作出选择十分重要，因为某些类型可能会比其他类型更适用于特定项目。玻璃有着上百种的构成以及涂层、色彩、厚度和层压，所有这些都会影响到光线穿过材料的方式。

采用玻璃时，设计者需要考虑三种类型的力：在玻璃上施加的拉力，挤压玻璃的压力，将玻璃向两个方向拉的拉力和压力的合力一剪力。其中，理解拉力最为关键，因为玻璃在受拉时要比受压时脆弱得多。玻璃强度十分依赖于其表面的条件而不是分子组成。玻璃发生破裂时，会从小裂缝或裂纹开始，然后不断扩大，直到完全破损。

玻璃能通过预加应力、化学涂层或层压来增加强度，从而有助于抗裂。预加应力通常通过一种热淬火过程来完成，其间将玻璃加热至展性点，然后迅速冷却，在玻璃较冷的表面和较热的内部创造出强烈的温差。尽管这种差额最终会慢慢消退，但却能迫使玻璃表面进入收缩状态，而内部进入张拉状态。通过这种方式来增加玻璃强度的话，当这种玻璃破碎时，随着它均匀地碎裂成许多小颗粒，应力会得以释放。

玻璃也可以通过化学过程来增加强度，即把玻璃浸在熔盐溶液中，在表面上覆盖大的盐离子以替代小的盐离子。这种涂层会使表面收缩，从而使玻璃增加强度。

层压过程仅使用热量将几层玻璃作叠层处理，同时在玻璃中间夹入一层透明的乙烯基。当层压过程开始，内层玻璃会在冷却时收缩，致使外层玻璃进入收缩状态。如果层压玻璃破裂，乙烯基中间层仍会将玻璃碎片保持在原处，使层压玻璃在天窗或安全应用上均可成为一种优良的玻璃。

类型

如今可制作出的商业性玻璃共有六种基本类型，它们在构成和用途上均有所不同：

- > **钠钙玻璃（Soda-lime glass）**是最廉价的玻璃品种，并且理所当然也是最普通的玻璃，共占有已制成玻璃的90%，在瓶、罐和普通消费产品目录中最为典型。几乎所有的建筑玻璃都是某种类型的钠钙玻璃。它通常由60%~75%的硅石、12%~18%的苏打以及5%~12%的石灰构成。它不能抵抗突发的温度变化或高温。
- > **铅玻璃（Lead glass）**是一种相对柔软的玻璃，具有高比率的铅氧化物，可用于电子应用和某些艺术玻璃。它要比钠钙玻璃贵一些，也不能承受突发的温度变化或高温。
- > **硼硅酸盐玻璃（Borosilicate glass）**是一种含至少5%硼氧化物的硅酸盐玻璃。它对温度变化和化学腐蚀具有强耐抗性。这些特性使它非常适合应用在电灯泡、汽车前灯、导管、实验室玻璃器具以及烤盘等产品上。

- > **铝矽酸盐玻璃 (Aluminosilicate glass)** 通常用于电路，它包含铝氧化物，与硼硅酸盐玻璃相似，但具有更强的抗高温性和更好的化学耐久力。
- > **96%石英玻璃 (96% silica glass)** 是一种硼硅酸盐玻璃，已经被熔融去除了几乎所有的非硅酸盐元素。它是一种耐热玻璃，能够抵抗热冲击到1652°F (900°C)。这种玻璃包含7%~15%的硼氧化物，并且具有低系数的热延展性。由于它的热疲劳抗耐性较高，所以通常被用在需要防火的地方。
- > **熔融石英玻璃 (Fused silica glass)** 在非晶体状态（液态状）下是一种纯二氧化硅。由于非常昂贵和极难制造而很少被使用。它的用途经常是高度专业化的，例如医疗和化学设备的特殊部件。

20世纪末，随着新涂层和各种层压板的开发，建筑玻璃的技术性发展水平迅速提高。玻璃产业广阔而多样，这使人们很难一一列举现有玻璃的每一个种类。另外，所存在的制造玻璃的方法也有许多。在建筑用途中，平板玻璃是最普通的生产类型，其中有三种基本种类：厚玻璃板、平板玻璃以及浮法玻璃，这三种如今都还在制造，其中浮法玻璃占了绝大多数。

- > **平板玻璃 (Plate glass)** 于17世纪末产生于法国，是首次大规模生产光滑、纯净玻璃的结果。在平坦表面上对玻璃进行压铸和磨光，之后经过滚压、碾磨和抛光，从而获得相对不失真、纯净的清晰度。1851年约瑟夫·帕克斯顿在伦敦设计的水晶宫就主要使用了平板玻璃。
- > **玻璃板 (Sheet glass)**，或**拉制玻璃 (drawn glass)** 于20世纪初在比利时首次开发出来。大面积透明玻璃的生产需要将熔融玻璃在平坦表面上进行拉制，再用滚筒使它平滑，然后在两边碾磨和抛光。玻璃板具有内在的变形性，并随尺寸的增大而增加。此过程劳动强度较大，但它一直被人们使用到半个世纪后浮法玻璃发明之前。如今，玻璃板仍然在小型的窗层上使用。
- > **浮法玻璃 (Float glass)** 从根本上改变了建筑中使用玻璃的方法。浮法玻璃的制造是通过将熔融玻璃漂浮在锡液表面，然后使之缓慢退火来生产出平整透明的薄片。它的生产通常在连续的传送带上进行。其表面光滑且经过热磨光，同时不需要像玻璃板或平板玻璃那样进行任何的碾磨或磨光过程。通过这种方法，不同的质地、纹理、厚度以及色彩都可以生产出来。
- > **冕玻璃 (Crown glass)** 其制造技术在中世纪就已经比较完善，此过程为通过一根中空长铁棒口吹熔融玻璃，来形成一头开口呈弓形的大气泡。接着再旋转和重新加热直到它展开成为扁平的圆盘。之后，这种熔融玻璃断裂脱离，并被放在窑（或玻璃钢化炉）上慢慢冷却防止碎裂。一旦冷却，玻璃板或玻璃条会从玻璃上平坦的区域被切割下来。板中央粘贴的地方要比外部边缘更厚和更不规则一些。这被称为“牛眼”或“锭形玻璃”，然而在17、18世纪，这种玻璃被认为是劣等的，通常用来做下层社会住宅的窗户玻璃。冕玻璃可以是纯净的，也可以艺术性地盘旋上色。中世纪许多工匠都曾使用冕玻璃作为有色玻璃窗。如今，只有专门研究玻璃历史工艺的艺术家的艺术家才会仍然使用这种生产过程。
- > **压铸玻璃 (Cast glass)** 其制作方法是將熔融或液态玻璃倒入模具中，在其尚未冷却、与模具松开之前形成特殊的形态。压铸玻璃是玻璃历史上最古老的制造方法之一，所采用的早期容器可以追溯至早在公元前15世纪的埃及与美索不达米亚。如今，这种压铸玻璃的典型方法主要由工匠使用，或用于装饰和特殊设计用途。在建