

Construction Materials Manual

构造材料手册

黑格 奥赫-施韦克 富克斯 罗森克兰茨 / 著

HEGGER
AUCH-SCHWELK
FUCHS
ROSENKRANZ

大连理工大学出版社
EDITION DETAIL

Construction Materials Manual

TU5-62/14

2007

Construction Materials Manual

构造材料手册

黑格 奥赫-施韦克 富克斯 罗森克兰茨 / 著
袁海贝贝 高莹 韩蕴 陈思 刘丽莉
张雪晖 卜长青 常玲玲 赵珊珊 / 译

大连理工大学出版社
EDITION DETAIL

HEGGER
AUCH-SCHWELK
FUCHS
ROSENKRANZ

BAUSTOFF ATLAS/ CONSTRUCTION MATERIALS MANUAL

by Manfred Hegger, Volker Auch-Schwelk, Matthias Fuchs, Thorsten Rosenkranz,

Published with laminated folded brochure cover in 2005

By "Institut für internationale Architektur-Dokumentation", München.

ISBN 3-7643-7570-1

©大连理工大学出版社 2007

著作权合同登记06-2007年第19号

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

构造材料手册/(德)黑格(Hegger)等著;袁海贝贝等
译.—大连:大连理工大学出版社,2007.8

书名原文:Construction Materials Manual

ISBN 978-7-5611-3719-2

I.构… II.①黑…②袁… III.结构材料-技术手册
IV.TB39-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第102452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:恒美印务番禺南沙有限公司

幅面尺寸:230mm×297mm

印张:17.75

出版时间:2007年8月第1版

印刷时间:2007年8月第1次印刷

责任编辑:张昕焱 杨丹 王培

封面设计:苏儒光

责任校对:张媛媛 李凤全

书号:ISBN 978-7-5611-3719-2

定价:268.00元

发行:0411-84708842

传真:0411-84701466

E-mail: a_detail@dutp.cn

URL: http://www.dutp.cn

目 录

前言	6		
第一部分 材料与建筑	8	第三部分 建筑材料的应用	102
1 当代建筑的表面	10	1 建筑外围护结构	104
2 建筑师也是建筑材料的发现者	14	2 保温隔热与密封材料	132
3 可持续性建筑的关键途径	18	3 建筑设备	146
4 建筑材料的选择标准	22	4 墙体	152
5 创新材料的发展	28	5 中间楼板	162
6 触感——材料与设计过程中的 触觉论	32	6 楼板	170
		7 表面与涂层	186
第二部分 建筑材料的特性	36	第四部分 详细案例研究	202
1 石材	38	工程实录	204~263
2 亚黏土	44		
3 陶瓷材料	48	附录	
4 带有矿物黏合剂的建筑材料	54	词汇表：材料的物理参数	264
5 沥青材料	62	词汇表：有害物质	268
6 木材与木制品	66	法定文件、法令、标准	270
7 金属	76	参考文献目录	272
8 玻璃	84	图片鸣谢	275
9 合成材料	90	词汇索引	277
10 生命周期评估	98	姓名索引	282

前 言

讲解建筑材料基础知识的图书一直以来都是建筑师和工程师的标准读物。这类图书为他们提供了有关建筑材料的综合信息，对材料的来源和生产流程进行讲解，列举出它们现存的形式和各种可能实现的用途，从而有助于对材料特性及可采用的加工方法形成深入透彻的了解。现存出版物所遵循的依然是传统的布局谋篇模式：整部书分为若干个部分对各类材料进行总体描述，综合全面地讲解各类材料是如何影响建筑物并体现其性能的。

近来，这种已确立的、讲求实际的技术方法得到了来自其他出版物的补充。其中一类是那种含有材料实例的图书——在这些书中，材料实例占据了大量的篇幅。在此类图书中，材料主要通过视觉途径与读者进行沟通，而这似乎与前面所讲的标准模式相抵触。这类图书展示着各式各样的材料，使人们洞悉各种材料的可能性是如此纷繁多样。它们呈现了作为材料或在实际建筑结构中的多种存在形式。由此可以看出，越来越有必要把体验建筑材料的方法放到感官层面上来考虑，将其摆到材料选择的中心位置，从而在视觉和触觉上提升环境的感官质量。这类图书的使命便在于展示材料的表面。另一类出版物则是一些近期发表的文章和插图。这些文章和插图所探讨的主要是建筑材料会对环境和健康造成怎样的影响。此外还涉及建筑材料的耐用性、可回收性及其他可持续性标准。多年来，这些参数都被忽视了，尽管建筑业消耗的原材料和能源比重最大——虽然相对来说这一产业的产品寿命较长——但是产生的废物比重也极大。建筑施工过程中所造成的影响首先可以追溯到材料的选择这一环节，但直到现在，可以接触到相关标准

和指标的人也仅限于业内的读者。

《构造材料手册》综合了以上三类内容。书中包括技术、感官方面的知识，并首次涉及生态学方面的内容，将三者条理清晰地融合到了一部作品当中。因此，本书在延续了“构造手册”系列图书传统的同时，也填补了一项敏感的空白。读者可以对建筑材料有一番更全面的了解。在这一方法的基础之上，人们可以更为周全细致地选择材料，思考后得出的逻辑论断也将比以往任何时候都更加缜密。现在，尤其是在建筑的有效性和可持续性方面，经过认真筹备得出的综合参数有助于得出可靠的结论，而不再是一些模棱两可的主张。这也就意味着可以就此摆脱全世界人民对建筑的种种成见了。事实上，没有哪种建筑材料能得到一致的评价，也没有哪种材料会毫无理由地遭到拒绝。

这是否就意味着只要是与建筑有关的事物就会“无往不利”了呢？不是的，这要取决于建筑的结构性能、功能和环境状况以及材料的应用范围。人们可以借助《构造材料手册》对预期实施的应用进行检验，判定计划使用的材料是否恰当。即使结果并不令人满意，也未必就要放弃使用一种在经济或设计上具有优势的材料。人们越来越发现材料的特性是可以改变的，就好比“量体裁衣”一般。今后，建筑师、室内设计师和工程师——同样在本书所汇集知识的协助下——将有能力创造出他们想要的特性，在开发新型、高效材料的过程中发挥热量。同时，他们也因此在提升建筑质量、拓展设计能力上取得卓越的成就。

材料的选择对建筑物的外观及其给人留下的印象都有着至关重要的影响，而不仅仅是对建筑表面。数百年来，建筑材料都十分有限。有关建筑材料的知识是世代积累起来的，

又有人代代相传延续了下来。今天，随着材料种类的不断增多，我们在建造时可以随意选择的材料种类也相应增多了。使用新材料是要冒很大风险的，因为尚无长期经验。不过在建筑业中，人们可以越来越清楚地看出建筑师在使用材料时往往带着几分玩味，也体会到尝试不同材料所带来的快乐。使材料富于变化、把材料各自分开、故意使用错误的材料，或是向其他工业“借用”材料都已为人们所接受，这些都变成了张扬个性的工具。除了规定建筑形式的主要法规之外，材料语汇也日益成为已建成的环境文化中的焦点问题。随着各式创新成果的产生，建筑师和工程师所需掌握的知识量也起了惊人的变化。

《构造材料手册》无法展现出所有的材料，也无法捕捉到所有的潮流趋势。但本书的作者们对众多种类的材料进行了探讨，对它们在各种实际环境中的应用进行了描述，对它们的特性做出了直接的对比，从而试图把建筑师目前可做的各种选择融汇到本书当中。传统建筑材料具有自身独到的特点：人们对传统建筑材料的特性已有了可靠的了解，对它们的处理和使用也已十分熟悉。而这都是非传统类别的建筑材料所不具备的，不过，从多个层面对非传统材料进行探究或许可以在一定程度上弥补这些不足。

本书的行文脉络是这样的：首先选择建筑材料，然后把所选的材料融合到草图和细部设计当中。

第一部分“材料与建筑”探讨的是当前在材料选择方面的趋势和基础知识。文中展示了选择不同的材料会对当代建筑造成怎样的影响，并对相关的选择流程进行了描述。这些文章向人们展示出了可持续性标准在材料选择中的重要作用，并且对研发新型建筑材料的过程

中体现出的动态变化趋势进行了描述。不仅如此，材料表面更是建筑物与住户之间的纽带，但一直以来它都扮演着默默无闻的角色。在第一部分中，作者们对材料表面的角色做出了明确的阐述。而在建筑业中，这方面的内容远未受到应有的重视。

第二部分“建筑材料的特性”从整体上对材料本身进行了探究。此外，人们划分材料种类时所依据的不仅是材料的来源、生产过程、加工方法，还有它们的化学成分、物理特性以及它们的影响和外观。这一部分回顾了建筑材料的基本使用原理，也提到了这些材料的危险性。建筑特性主要以表格的形式呈现在人们面前。在任何可能添加的地方，作者们都会为文字附上线图、照片和图表，以增强文字的说理力。在这一部分的结尾，作者描述了与材料有关的环保参数，并用一些实际的词汇对主要建筑材料的环保参数进行了概括总结。为了方便对比和理解，作者采用了像 m^2 或 kg 这样的统一基准单位。

当材料可以被用到许多不同的地方时，单就材料本身进行思考往往只是规划设计中的一种抽象行为。对大多数建筑材料来说，情况都是这样的。比如，金属可被用做结构组件，也可作为外墙覆面或天花板底面的衬层，也可以是管道和立面结构，无论做什么都一样有用。因此，作者们在展示各种可用材料的同时，也十分负责地展示出材料与之间和谐统一的关系。这就有必要依据各种具体的应用列出不同的可能性和关系。

因此，第三部分“建筑材料的应用”所描述的正是与材料使用相关的组件集合。除了功能和构造方面的考虑之外，还对防火、隔热、隔声这样的建筑性能指标进行了探讨，尤其是具体应用方面（例如，建筑外围护结构、

中间楼板）。大量设计选择及其框架条件均是由此直接引发的。这也适用于可持续性标准。在每一章节的末尾，作者都以列表形式对各种典型的层状结构进行了对比。从列表中可以直接读出各种具体部件的环保性能及耐用性能参数，使设计者在从事设计的初期就能预测出各种组件及整个建筑结构会在整体上对环境造成怎样的影响。在这一部分中，表达方式同样以短小精悍为主，因此采用了建筑师在传递信息时偏爱的方法，即照片、线图和图表。

在第四部分“详细案例研究”中，作者选择建筑的主要目的在于向世人展示出建筑的表现力与所用材料之间的关系。大多数建筑都是近期竣工的工程项目的杰出代表，这些工程之所以能够引起瞩目，是因为它们的表面均由有限的几种材料构成，其目的在于展示以经济、专业的手法选择的材料可以体现出怎样的建筑力度。

最后，我要向本系（达姆施塔特理工大学建筑系）的所有员工以及为本书做出贡献的所有单位和个人表示感谢，同时也要向那些为本书提供大量素材的人们致谢。

曼弗雷德·黑格
达姆施塔特，2005年8月



第一部分 材料与建筑

- 1 当代建筑的表面
- 2 建筑师也是建筑材料的发现者
- 3 可持续性建筑的关键途径
- 4 建筑材料的选择标准
- 5 创新材料的发展
- 6 触感——材料与设计过程中的触觉论

图A 由亚当·洛克等人设计建造的英国韦尔斯教会学校牧师会礼堂前的石灰岩阶梯。上百年来，阶梯经受了成千上万次的踩踏，因而显得残旧。牧师会礼堂始建于约1180年（阶梯始建于约1255年）。

当代建筑的表面

Christian Schittich

日益泛滥的刺激物、感官印象和彩色图像逐渐充斥到了建筑物的周围，但人们对此的回应却不尽相同。有些建筑师适应环境，他们把同样色彩缤纷的图像丝网印制到易碎的玻璃上，借此与周围的环境相呼应；或是在大片的场地上采用由多种色彩构成的图案，采用闪烁的媒体立面和照明屏。而其他建筑师考虑的则是那些久经考验的建筑材料——坚固而有接缝的天然石材、清水混凝土、未经处理的木材或黏土砖——在这样一个日益虚拟化的世界中，以这样的方式向人们展示出一种结构的物理外观，抑或是刻意借此与周遭炫目的环境形成对比。无论建筑师选择怎样的途径，建筑的表面总是在设计中处于支配地位。从本质上来讲，我们是通过观察和触摸建筑的表面来感知建筑物的。其表面的颜色、质地和气味决定了室内和立面的特点。

早在远古时代，处于各种文化中的人们便已对其住宅和房间的表面给予了特别的关注，开始设计并装饰它们。从挂在游牧民族帐篷内的彩色壁毯上，从教堂和宫殿内的缤纷画作上，从伊斯兰建筑的瓦片和拉毛粉刷工艺上（图A 1.1），都可以看到这一点。在当代建筑中，我们见证了两种流派之间的更迭交替，其中一派把建筑形式摆在了首要的位置，而另一派则强调建筑的外围护结构。

当下流行的是注重建筑的表面。这是与承重结构和建筑外围护结构的不断分离密切相关的，同时也是与可供选择的新技术发展并进的——例如，在玻璃和塑料上印刷，或计算机图案复制技术。当然，这种趋势也是因为各种媒体日益显著的作用，媒体似乎在暗示有些时候一座建筑物的外观要比建筑物本身更为重要。不过，在强调建筑表面的同时，我们的注意力也被引向了材料本身，现如今，越来越多的材料都在寻找自己的适当位置。材料的表面开始呈现在人们眼前，材料特性决定了其外观，而这些外观又完全取决于人们采用的是哪种建筑材料，是传统的还是工业制造的，是未经处理的还是（为了防腐蚀）加了覆层或上过漆的，是有光泽的还是暗淡的，有纹理的还是平整的，或者取决于材料的外观和特性是否会随着时间的推移而发生（有意或无意的）变化。譬如说木材会呈现出一种银灰色，金属会因生锈而变得暗淡，而未经处理的砂岩则会渐渐变黑。过去，日常的建筑工程只能利用从当地获取的材料；而如今，取自全球各个角落的



图A 1.1 西班牙格拉那达阿尔罕布拉宫内的上釉瓷砖和拉毛粉刷工艺，14世纪

建筑材料比以往任何时候都更为纷繁多样，并且工业还在不断添加新产品，所有这些材料都可以供我们自由地使用。这种多样性给人们提供了许多从前无法预料的机遇，但也带来了一些风险，至少从巨大的选择空间上来看是这样的。不仅如此，随着材料——不仅限于传统建筑材料——的不断“登台”，越来越多的来自其他工业部门的产品也被应用到了建筑当中，但是迄今为止人们并未发现这些产品对建筑有任何用处。

“真”材“实”料

对材料进行定向的加工处理并不是当代建筑业才有的新观念。二十多年来，安藤忠雄一直使用“有真材实料的建筑材料”，例如，使用未经处理的木材或清水混凝土（受勒·柯布西耶和路易斯·康的启发），借此营造不同的空间和氛围。在他最为出色的设计作品中，建筑的表面并非是完全平整的，相反，在每一块模板内部都呈现出了细微的波纹，光与影的交错为建筑表面增添了几分灵动之美（图A 1.4）。

安藤忠雄设计的建筑为清水混凝土找回了原有的地位。不过，全世界的设计师们争相效仿的还是他那些越建越大的作品上绝对光滑的表面。这些表面被模板分割成规则的图案，上面还均匀地分布着模板螺丝孔，有时那些螺丝孔甚至是人们伪造出来的。

各式各样的混凝土结构在当下十分流行。粗糙的模板和随之产生的纹路或者锤凿面都会使混凝土看上去醒目而粗犷，若再配上彩色涂料或特殊骨料就更能为其增添几分特别的质感。例如，赫尔佐格&德梅隆在设计位于巴塞

的Schaulager现代美术馆（2003年）时，特意将建筑的外墙指定了一种混合了含有土壤成分的砾石的混凝土，并采用粗凿的表面处理，以此达到一种类似亚黏土的外观特征（见112页，图C 1.26c）。而另一方面，巴塞尔的建筑设计公司Morger Degelo Kerez在设计建造奇登斯坦艺术馆的时候，使用了含有墨绿色河矿玄武岩骨料和大量磨抛材料的混凝土，以此营造出如大理石一般的建筑外观（见112页，图C 1.26d）。

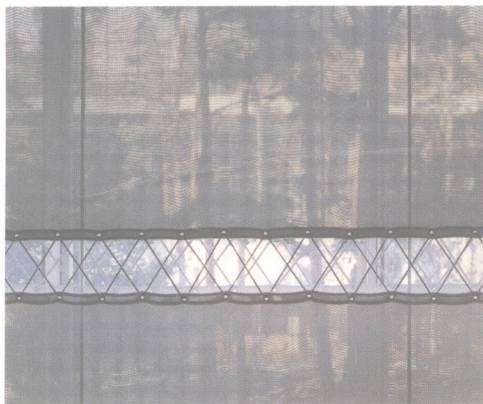
如今，人们几乎只在建筑的表面使用“真正”的天然石材，石材被制成薄薄的覆面镶板，甚至砌合在铝质底板上作为仅有几毫米厚的“饰面薄板”。众多的银行和保险公司所采用的便是这种质地的立面和门厅。

但是彼得·祖姆托——一位同安藤忠雄一样的材料处理大师——并不满足于这些途径。他着意采用了像石材、木材或混凝土这样有限的几种未经处理的原始材料，为其建筑结构注入了惊人的力量。祖姆托想要揭示出“这些材料中并没有掺杂任何具有文化色彩的折中含义”，并让“材料在建筑中回响和发扬光大”^[1]。无论是位于瓦尔斯的石材贴面温泉（1996年），还是位于Sumvitg的由落叶松木瓦覆盖着的小教堂（1988年），在诸如此类的作品中，祖姆托对材料的选择都反映出了当地的传统，同时也使建筑结构与环境融为一体。以瓦尔斯的温泉为例，整座温泉看上去就好像一块矗立在群山环抱之中的巨石，利用石料本身——以用当地石英岩砌成的石墙的方式，地面和水池的内壁也都采用同样的材料，在建筑内部和外部为人们提供了大量的审美体验和触觉体验。

工业制品材料

玻璃与其他透明的人造材料，以及金属网和织物一样，都可以使建筑师用特殊的方法来展现建筑的表面，把实际界限和视觉界限区分开来。在这方面，最具挑战的便是在透明和半透明之间进行各个层面区域的试探。人们可以通过印刷、酸蚀处理或特别应用镜像作用和反射作用，把遮光栅格或带孔的金属薄板覆盖在玻璃上。

混凝土和玻璃是两种截然不同的材料，它们各自的特点以及两者之间的对比被彼得·祖姆托转化为一个鲜明的主题，反映到了他设计的Bregenz艺术馆（1997年）之中。由现浇清水



图A 1.2 法国巴黎国家图书馆，1996年，多米尼克·佩罗和Gaëlle Lauriot Prévost



图A 1.3 瑞士瓦尔斯温泉，1996年，彼得·祖姆托

混凝土墙体和楼板构成的整体式内核被包裹在一层搭接的酸蚀玻璃板覆面层之中（见86页，图B 8.6），这样一来，这种“隐形”材料的外形便被呈现了出来，令人印象深刻。整齐划一的外围护结构是半透明的，而非全透明。在一天当中的不同时间，光线会有所不同，所以当人们从不同的角度观察时，建筑的外观也会不尽相同。

设计建造巴塞尔医院药房的过程中（1999年），赫尔佐格&德梅隆借助丝网印刷

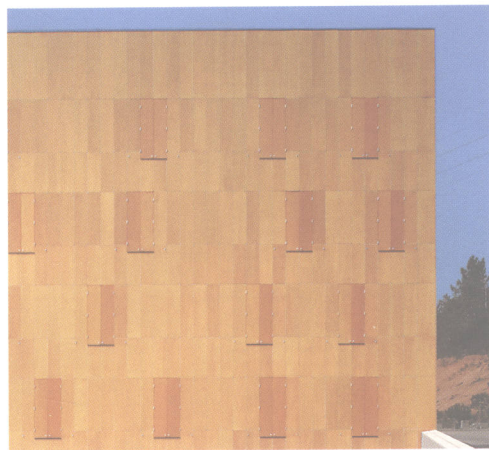
玻璃成功地实现了对建筑结构的非物质化过程（见117页，图C 1.35c）。在这一工程实例中，设计者在包裹着整座建筑的玻璃覆层上运用了一种完全规则的绿点图案，这一图案甚至还延伸到了窗框上。因此，覆层的外观会随着观察者与建筑物之间距离的改变而发生变化。远远看上去，建筑物通体呈绿色，但走近一些再看时，那些绿点又变得清晰可辨了。透过斑点之间的空隙，人们便可以看到后面的隔热材料和固定件。随着观察者不时地改变自身的位



图A 1.4 日本茨城主日学校，1999年，安藤忠雄



图A 1.5 葡萄牙Coimbra的学生宿舍，2000年，Manuel & Francisco Rocha de Aires Mateus事务所



图A 1.6 葡萄牙Coimbra的学生宿舍，2000年，Manuel & Francisco Rocha de Aires Mateus事务所

置，他（她）就会面对持续不断的视觉干扰现象，这使整座建筑好像活了起来，其严格的外形也被打破了。周围树木的映像融入立面之中。奥地利建筑师Andreas Lichtblau和Susanna Wagner也把玻璃运用到了其作品之中——位于奥地利新锡德尔湖畔的Podersdorf教区中心（2001年），但这一次是用做精巧的装饰。在建筑群前面的一堵整体封闭式玻璃墙上印有当地孩子们所写的文章，其间还穿插了圣经中的引文（见117页，图C 1.35d）。这样一来，不仅在玻璃墙后面的建筑上产生了有趣的灯光效果，也使墙体变成一种媒体立面，起到了传递

信息的作用。人们在媒体立面上印制文本或图像的最初目的是为了达到美观的效果，而如今这依然是媒体立面的惯常形式。这是因为除了市中心的大型广告屏外，带有活动的图像和变化的信息的新式建筑外围护结构虽然具有不错的前景，但在目前的街景中还不那么常见。

马蒂亚斯·绍尔布鲁赫和路易莎·胡特恩在其设计的柏林警务消防联所（见258~260页的第24个实例）中也尝试使用了印刷了图案的玻璃。但与上述两个实例不同的是，透明度在这里并不重要，这一建筑的主要特色在于采用了大型的彩色图案，而在玻璃表面上映出的景物

更为其增添了几分魅力。

赫尔佐格&德梅隆在设计位于伦敦东南部的拉班现代舞中心（2003年）的过程中为合成材料找到了用武之地，而目前合成材料在建筑业中十分流行。在这座建筑中，建筑师十分巧妙地运用了塑料四面墙板，结果整座建筑俨然变成了一座辉煌壮观的雕塑（图A 1.7）。它仿效了周围环境中笔直的线条，但同时其轮廓又与天空融为了一体，看上去并不那么真实，仿佛难以触及。色彩的运用也十分精炼，只在一部分塑料板的背面上上了颜色。这样一来闪光的彩色粉笔画效果就更加明显了。根据光照条件和观赏角度的不同，材料会生成持续变幻的色彩效果。在建筑内部，外壁材料与半透明玻璃内层交相辉映，生成了一种舒适、柔和的七彩光线，营造出了一种与舞蹈教室极为相配的宜人氛围。

像波纹板或多面墙板这样的合成材料并不昂贵，数十年来一直在建筑中得到应用，但通常只用于附属区域。过去在建筑中，它们与胶合板、多孔金属网或纤维水泥板一样极少能被人们注意到。在探索新材料的过程中，人们发掘出了它们的美学特性，直到这时，它们才被真正应用到建筑的表面，应用到了覆层和涂层可见的那一侧。

与此形成鲜明对比的是，多米尼克·佩罗



图A 1.7 英国伦敦拉班现代舞中心，2003年，赫尔佐格&德梅隆建筑师事务所

在设计位于巴黎的法国国家图书馆（1995年）时，首次采用了不锈钢丝网，堪称是材料从工业（例如用做滤网）到建筑业合理过渡的一例典范。在建筑内部的报告厅、楼梯间以及其他公共区域，这种半透明的材料被用做具有隔声效果的底面和衬层，并隐藏建筑机械设备，此外也可以作为半透明的隔断或遮阳棚。这种有纹理的第二层皮肤透光又透气，赋予室内一种别样的特质（图A 1.2）。

如今，这种材料已出现在各式各样的场合当中——从银行门厅到机场停车场无处不在。正如荷兰建筑师事务所NOX设计的法国里尔艺术中心的不锈钢丝网曲面外表面所展示的那样（见234~236页的第15个实例），这也是一种对立面的有效处理。立面的外观会随着天气状况和一天当中时间的不同而发生变化——时而阳光下熠熠发光，掩盖了身后的一切；时而化作一块半透明的精美面纱，垂挂在建筑物的面前。

可变化的表面

建筑表面会营造出怎样的效果和氛围，从根本上讲要取决于材料的特质、不同建筑材料间的相互影响、封闭地带与开放地带的交替分布，甚至取决于可移动的元素。可变化的建筑外围护结构并不是一种新现象。早期的百叶窗

就是一种富于变化的建筑要素，类似的还有织物遮阳棚；除了具有一定的功能之外，它们往往也是设计的特色之一。但在过去，可变化立面的美观效用几乎从未像今天这样受到关注，而这都是因为如今安装在场地内的铰接百叶窗或推拉百叶窗在关闭和敞开的状态下形成了鲜明的对比。这项设计被Manuel & Francisco Rocha de Aires Mateus事务所应用到了位于葡萄牙Coimbra的学生宿舍中。当窗户被打开时，原本绝对平整一致的木板拼接表面十分奇妙地变成了被分割成若干块的外墙（见图A 1.5和图A 1.6）。另一个工程实例就是由MADA设计建造的式样简约的箱形石屋（见212~213页的第5个实例），铰接百叶窗和推拉百叶窗极大地柔化了建筑严酷的外表。

在2000年德国汉诺威举办的世界博览会上，荷兰展馆是一例举世公认的至臻典范，它用事实证明，建筑的表面没必要总是刻板僵硬的。在MVRDV事务所设计的这座展馆中，沿着外壁倾泻而下的水幕生成了纹理的质感，随着水的流动，外壁上形成了大量千变万化的图案，在透明与半透明之间不断地交替。

室内表面

除了室内空间本身之外，室内的墙体、地板、底面、陈设品以及配件的材料也发挥着



图A 1.8 美国伦敦私人住宅，1999年，John Pawson

至关重要的作用。它们的表面、质地和颜色对形成怎样的氛围有着决定性的影响。与立面不同，建筑用户所直接接触到的是室内的材料，他们可以近距离地审视这些材料，触碰它们、抚摸它们，甚至也许会嗅一下它们的气味。像木材、石材和混凝土这样朴实自然的材料会洋溢着温暖的感觉，展示出一种感官上的真实感，尽管合成材料和涂面材料也可以轻易地让人拿来表达正常的设计理念。例如，在John Pawson设计的简约主义室内空间（1999年）中，房间的主要特色便在于采用了微微泛红的、有纹理的木材；而Propeller Z建筑师事务所设计的位于维也纳的时装店（2000年）的主要特色则在于其弯曲的室内轮廓和丰富的黄色调（图A 1.8和图A 1.9）。

无论是塑料、玻璃还是木材，可变的还是简约的，色彩明艳的还是朴素的，建筑表面都有着无限多的可能性，正因为如此，如今建筑表面的主题才会比以往任何时候都更为激动人心。尝试所带来的巨大的喜悦随处可见；界限被不断打破，传统也被质疑，新材料和新观念不断涌现。但在有些时候，进行合理创新与为了哗众取宠而故伎重演之间仅隔了一条狭窄的分界线。在建筑表面受到越来越多关注的同时，也产生了流于浮华的危险，当下十分流行的实用装饰品尤为如此。不过，有品位的应用图案与单纯的装饰品之间并没有明确的界限。



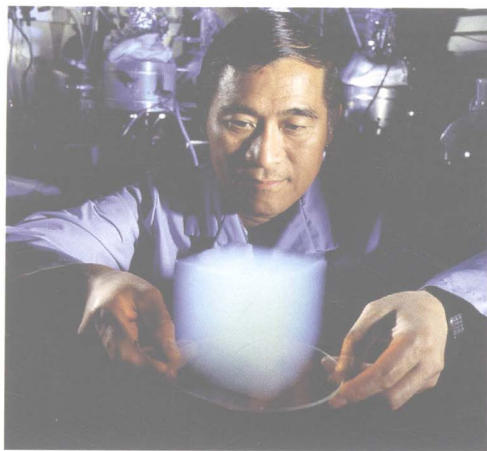
图A 1.9 奥地利维也纳时装店，2000年，Propeller Z建筑师事务所

参考文献

- [1] Zumthor, Peter: Thinking Architecture Basel/Boston/Berlin 2006

建筑师也是建筑材料的发现者

Christiane Sauer



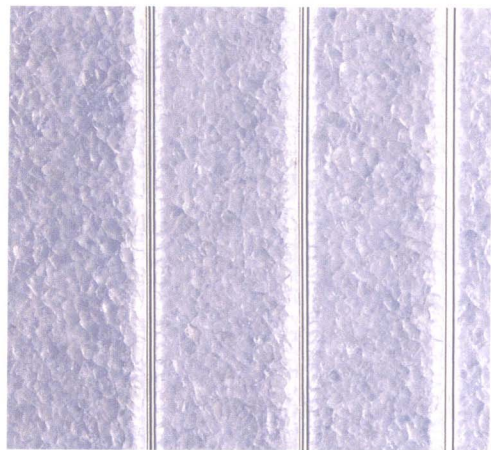
图A 2.1 气凝胶——“固态烟雾”

建筑师总是尽力从可以获取的材料身上发掘出全部的设计潜能。过去，建筑师可以选择的通常仅限于当地的材料和传统的工艺方法。但最近几十年来，随着贸易全球化、通讯和运输后勤网络全球化的发展，这种情况已经发生了翻天覆地的变化。对建筑师来说，寻找“完美”的材料已经成了在大草堆中寻找那个著名的大头针——而如今，这座草堆已经扩大到了全球范围。探寻创新型材料通常遵循如下两个原则：一是发现新技术或把现有材料转换为其他存在形式；另一则是为了某一特定目的或用途对材料进行更新的发展，但这需要一笔数目相当的经费，而且相应地也较为耗费时间。

材料与探究

现在，发展创新型材料的领军力量是汽车工业和航空工业的实验室和智囊团。由这些杰出人才中心研发出来的超强耐磨、高效绝缘、超轻质材料与涂层，也为错综复杂的建筑理念提供了新的机遇。虽然直到许多年之后，人们才把高科技产业中的高度专业化材料转化成了可销售的建筑产品，但其实这很正常。这或许是因为人们没有立即认识到创新转化的可能性，抑或是因为核准程序历时漫长而且耗资巨大，其间所需的资金并非唾手可得。甚至在问题更加具体化以前我们就已经有了解决的方法，并因此进入了进退两难的境地：工业部门的优质材料已然振翅欲飞了，但其在建筑上的应用尚有待探寻。

纳米材料气凝胶便是处于这种困境中的一个例证，它是由美国航空航天局早在20世纪50年代就开发出的一种绝缘材料（图A 2.1）。气凝胶，又称“固态烟雾”，是迄今为止人类发现或开发出的固态材料中密度最低的一个，它表现出了绝佳的绝缘性能。气凝胶中含有99.8%的



图A 2.2 充满透明纳米水凝胶的透光保温板

空气；其余0.2%是超细微的硅泡沫，其中孔洞的直径仅为 0.2×10^{-6} mm。由此可见，气孔的直径比太阳辐射的波长还要小，也比空气分子的平均自由程小，这意味着其导热性比静态空气的导热性低。仅在几年之前——或者说是在过了大约50年之后——这种材料才被人们发现并应用到了建筑方面。如今，第一批产品——半透明保温板——已经被投入市场了（图A 2.2）。

材料与建筑

至少从20世纪70年代开始，在弗兰克·盖瑞用钢丝网、波纹金属薄板和胶合板建造了自己在南加州圣莫尼卡的居所，并用同种材料覆盖了建筑表面之后，改变材料以适应新的用途就成为建筑业先锋派人士研究的一大主要课题。在莱姆·库哈斯于1992年设计的鹿特丹艺术馆中，购自当地自助商店的聚碳酸酯双面和多面墙板以及霓虹灯管被授予了新的殊荣。将新材料转化为一种非比寻常的有意味的环境对建筑师来说是极具吸引力的，因为这带来了新的审美自由。

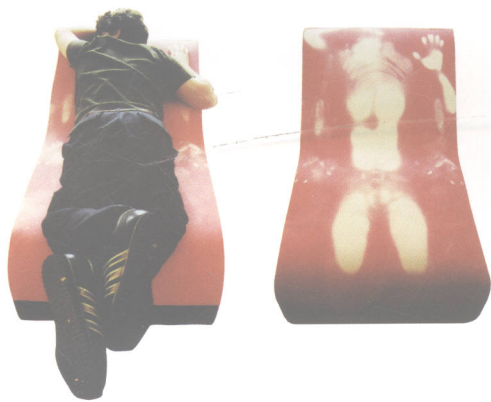
到20世纪90年代末，设计尝试变得更加重要了：同样诞生于航空工业高科技实验室的新型计算机软件把运用传统建筑材料开发复杂外形的梦想转化为现实，而在过去这是非常困难的，甚至是不可能的。没有固定形态的“团状物”成了一代建筑师设计风格的象征：墙体、屋顶和地板融合成了一种形状，而结构和表面又要具有新颖灵活的特性。时至今日，建筑材料制造商已经鲜少追赶这些新潮流了。所以，建筑师必须独立寻求各自的解决办法——并且承担责任。这要求建筑师具有高度的自我献身精神和理想主义精神。

建筑师作为“建筑材料的发现者”，“发现者”本身也可以成为一种职业，例如，OMA在

其位于鹿特丹的事务所中便设立了“材料经理”一职；材料经理的职责是处理所有的材料开发项目，并且负责与制造商接洽等相关事宜。或者建筑师也可以“只是睁大眼睛到处走动，同时采集信息以备后用”，这就是柏林建筑师Jürgen Mayer H.对其灵感来源的描述。

热敏漆

Jürgen Mayer H.有意识地把建筑表面转化成新的形式。借助热敏漆，他跨越了人类、空间与物体之间的界限。在学生时代，他便设计出了一种会随温度波动而改变颜色的立面。1994年，他在纽约一家画廊举办的“乔迁庆宴”展览会会使他有将这一理念变成现实。这种漆是为了显示出机器部件是否出现过热情况而设计出的一种科技产品，它诞生于美国航空航天局的实验室中。在他的展览中，这种特殊的漆——会随人的体温变化而发生改变的漆——被应用到了门和墙体上。展览会上的参观者们留下了一块块短暂的白色斑点，那是他们的肢体与漆接触之后留下的印迹。他将这一室内表面处理技术发展成了一种被称做“热躺椅”的坐椅套以及床上用品（图A 2.3和图A 2.4）。由于这种材料难以抗拒紫外线辐射，所以用这种漆来装饰立面的最初想法不得不被打消了。



图A 2.3 “热躺椅”，Jürgen Mayer H.

次应用了塑料外壳原理。这种材料可以跨越裂纹，最初是作为一种防水屋面材料开发的，在这里被用到了水平和垂直表面上，以覆盖整座建筑。底层结构则是由硅酸钙砖、预制混凝土构件和水泥抹灰构成的传统装置。这种公共设施建筑必须符合严格的规定：外部大小必须尽量保持紧凑，并且与内部机械设备的尺寸必须完全吻合。因此，可以展现出建筑表现力的机会就仅限于建筑的表面了。聚氨酯外层形成了一种无缝的整体式外观。像门这种可以体现出建筑规模的单个构件在这个大型设计中已经消失不见了。通常情况下，像这样的独立建筑会成为人们恶意破坏的对象。“WOS 8”却并没有试图保护自己，相反，它欢迎人们前来使用：它的侧面具有多种功能，因此可以被当做一片垂直的游戏场地，供那些青年文化爱好者使用，而这并不适于其他建筑。篮球筐、攀缘墙、观测孔——该建筑坚固耐用的外壳在建筑上和技术上将所有这些构件都结合到了一起。

有了喷漆合成外壳，就不必对像防水板这样的传统立面进行细部处理了。雨水可以如瀑布般任意地沿着建筑物落下，在荷兰阴雨连绵



图A 2.4 热敏床上用品，Jürgen Mayer H.

的日子里（平均每年134天），这俨然成了一种具有雕刻感的展示。“这种材料允许立面有所变化，但仍呈现为一个整体，”这是NL建筑师事务所的合伙人之一——Kamiel Klaase对建筑外围护结构的建筑美感方面的优点所做的描述。20世纪90年代，这家事务所又开始探索如何将橡胶和合成材料应用到建筑中去。“WOS 8”黑色饰面的灵感源自紧邻场地的周围环境。场地周围的土地是农用地，收割过后，人们用黑色塑料把成捆的干草包裹起来，上面再压上旧汽车轮胎。因此，该建筑与当地景色的主色调和材料语言完美地融合到了一起。Kamiel Klaase对设计过程进行了这样的解释：“天真烂漫是我们的出发点。起初只是一些小幻想、小灵感，接下来就必须找到可以把这些想法变成现实的专业人士了。……我们所用的许多元件都是从别的行业中‘回收利用’来的材料。这是最简单的设计形式：只要改变一下操作说明书！”

用聚苯泡沫塑料制成的“巴洛克式高科技建筑”

来自鹿特丹的Maurice Nio在建造方面更

在Jürgen Mayer H.看来，在室内比在室外更容易实施材料创新：“……这是因为就责任和担保方面的要求来说，它没有室外设施要求得那么高。就材料创新而言，甲方对它们的要求要比对传统材料的要求高出许多。这就需要建筑师做出大量的工作，以便说服他们的客户。在这方面，图形展示和参考实例是主要的辅助手段。”

Jürgen Mayer H.清楚自己在说些什么。目前他正努力把榛仁巧克力酱转化为德国卡尔斯鲁厄大学的一个建筑设计方案。这家校园自助餐厅的结构便基于“榛仁巧克力酱图案”：把一个榛仁巧克力酱三明治揭开，就会在坚硬的顶部和底部（也就是面包片）之间产生线状的连接物。在寻找与这一场景中的弹力相适应的面层材料的过程中，建筑师无意中想到了人工涂层：人们把液态的聚氨酯喷到廉价的木质衬层上，从而形成了一种类似皮肤的均质表面。

无缝合成涂层

NL建筑师事务所在设计位于乌特勒支的“WOS 8”热交换站（图A 2.5）的过程中首



图A 2.5 荷兰乌特勒支“WOS 8”热交换站，1998年，NL建筑师事务所



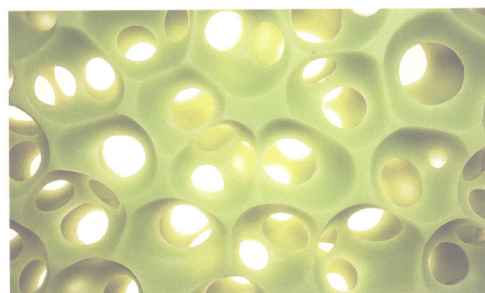
图A 2.6 公共汽车终点站，Hoofddorp，荷兰，2003年，NIO建筑师事务所



图A 2.7 建造Hoofddorp公共汽车终点站所用的多孔泡沫塑料的CNC切割



图A 2.8 “Prada泡沫”产品研发过程：石膏测试



图A 2.9 “Prada泡沫”，比例1:1



图A 2.10 半透明混凝土

进了一步。2003年，他设计出了有史以来最大的一座全部由塑料建成的建筑。他亲切地将自己设计的Hoofddorp公共汽车终点站（见224~225页的第11个实例）取名为“令人惊异的鲸鱼颚”，车站全长50m，包括一个多孔泡沫塑料核心和玻璃纤维增强聚酯覆层——看上去与冲浪板的构造没什么不同。

就建筑而言，人们很难对这个结构进行分类。“对我来说，这是一座巴洛克式的高科技建筑——现代主义大师奥斯卡·尼迈耶的实际感受与一种巫毒教文化相结合的产物”，这是Maurice Nio本人对这座建筑所作的描述（图A 2.6）。“在开发一个项目的过程中，我们从一种象征性的图画入手，它推动着整个项目向前发展。我们首先考虑的也是什么样的材料可以适合这一图画——其外形并不那么重要，只有在某一阶段外形才是重要的。”

建筑师想要创造出一种坚固且富有动感的形象，借此推翻人们通常对公共汽车站的印象——一种随处可见的公共设施，通常被设计得越俗气、越不起眼越好。最初的方案打算使用混凝土，但复杂的模板所需的费用远远超出了预算。在寻找替代材料的过程中，Maurice Nio受到一套LEGO建筑工具包的启发，他着手把整个结构分解成了一个单元。从所有的三维角度看上去，该建筑几乎是完全开放的，就好像一个三维的屋顶——只有一间小小的司机休息室是封闭的。

一位游泳池产品制造商和一家造船厂为Maurice Nio提供了制造建筑组件所需的适当材料和技术。承重泡沫材料极为轻便、廉价，可以用五轴CNC铣床进行加工（图A 2.7），以此生产出复杂的形状。人们在电脑模具中把100多个独立的部分塑造成形，然后直接输送到铣床内。建筑的各个部分，如墙体的凹进处和长椅，都被融合到了预制的表面内。在施工现场，各部分被现场固定到一个木质底座上，并黏结到了一起。“实施这样一个项目，你所要的最重要的东西就是一支坚信这一想法能够实现的团队，”Maurice Nio这样说道，“它是一个紧密相连的反应灵敏的网络，由甲方、总承包商、分承建商和建筑师构成——所有人都拥有勇气进行这次冒险。虽然最终我们没能把这座建筑建造得非常完美，有几处细部也不太准确。但我喜欢的恰恰就是这种微瑕之美——就好像一张布满皱纹的脸可以使我们了解一个人的一生。”

在这个实例中，造船业中的一项现有技

术被应用到了建筑当中，这引发了一种有关设计和细部处理的全新思考方式。材料的运作要服从项目的需要。但如果表面本身成了设计的目标会怎样呢？如果建筑师同时也是材料的发明者又会怎样呢？同样地，参与者都要有毅力，他们需要有合作精神的工业生产合伙人和甲方，还必须敢冒风险。在建造莱姆·库哈斯为Prada设计的项目中便是如此：纽约和洛杉矶的两家旗舰店需要全新的理念来重新诠释Prada品牌，要形成一种与众不同的全新个性。在传统室内设计纲要的基础之上，人们又加入了一些重要的方法：研究购物潮流，领会Prada网站上的内容，甚至是开发新型的个性材料，例如，用固态的浇铸合成树脂制成的衣架、含有气泡状结构的硅树脂垫子，以及所谓的Prada泡沫——一种浅绿色的聚氨酯材料，其结构游离于开放和闭合、真实与虚幻之间。

用浅绿色聚氨酯制成的“Prada泡沫”

这项开发最初的起点是众多比例为1:50的设计模型中的一个，在这些模型中，模型建筑泡沫被试制成了墙体或展示单元。这种泡沫——一种含有开气孔的米黄色材料——通常被用在城市规划模型中代表栽有灌木丛和树木的区域。结果证明这种表面非常迷人，用灯从后面照过来的时候尤为如此。随后人们进行了一段时间的集中研究，试图把这种材料转化成1:1的比例。也就是说，人们必须找到或开发出模型的原始属性。人们进行了无数次的试验来研究各种材料和表面：用于石膏结构中的充气气球（图A 2.8）、软硅树脂、镀铬金属、橡胶，抛光、亚光、不透明或半透明的表面。有几家公司也参与了实现这种材料工业化生产的过程。样品是用塑料制成的，在建筑师位于鹿特丹的办公地点用手工完成。这样做的目的是为了依据审美标准重新检验孔洞的形状和位置，并且在有必要的地方还会重新打磨材料，直到准确获得适当的渗透性和外观为止。随后，人们测量出3.0m×1.5m大小的板子，并将其作为3D结构输入电脑。这些数据都是制造用CNC打磨出的最终凹模所需的数字基础。“Prada泡沫”的制模化合物是为了满足项目中所必需的耐火要求而特别设计出的一种绿色半透明聚氨酯化合物（图A 2.9）。

经过两年的准备工作，2004年在洛杉矶罗迪欧大道的Prada店开业之际，这种材料得以首次与公众见面（图A 2.11）。OMA与Prada共享这项新开发成果的相关权益；在未得到另一方

同意的情况下，任何一方不得在其他项目中使用这种材料。这样一来，该材料的独特性便得到了保证。

半透明混凝土

在没有像Prada这样的大集团提供经济支持的情况下，来自匈牙利的一位年轻建筑师仅仅出于自发的冲动，几乎是毫无缘由地形成了开发一种新材料的想法。2001年，Áron Losonczi凭借自己关于半透明混凝土的想法向一项瑞士研究生奖学金提出了申请，这项奖学金旨在鼓励人们探寻艺术和建筑领域的新途径。他的灵感来自于前不久看到的一件艺术品：嵌入混凝土砌块中的玻璃碎片，为了采光，设计者把一些玻璃碎片支到了外面。混凝土就好像被凿了许多孔洞，因此看上去不再那么庞大。

Áron Losonczi被授予了一笔奖学金，供他在斯德哥尔摩皇家大学美术学院发展自己的想法。他对透光原理进行了研究，用石膏和玻璃纤维制造出了第一批样品——与标准砖差不多大小。随后更多的样品被制造了出来，这一次使用的是混凝土。在经过两年的研究之后，他为自己的透光混凝土申请了专利。

在匈牙利，第一块大型板是用手工制成的：尺寸为1500mm×800mm×200mm，重600kg。纤维结构被一层层地手工放到细骨料混凝土中，与表面垂直。这种材料的神奇之处便在于它精致通透得令人难以置信，尽管只有大约4%的混凝土被玻璃所替代，但也正因为如此，混凝土的荷载能力几乎没有受到影响。目前，这种材料正经受着各种各样的检验——迄今为止都很成功；其抗压强度为48N/mm²。这其中的原理十分简单，但却十分令人着迷：透过纤细的玻璃毛细管，光线从混凝土的一侧被导入另一侧。看上去就好像是混凝土被从内部照亮了，从非照明的一侧看上去，阴影和侧面轮廓都相当清晰地呈现了出来（图A 2.10）。为了满足工业化生产和市场销售的要求，这种新材料被命名为“LiTraCon”——“透光混凝土”的缩略形式。

谈及自己从最初的设想到可以销售的产品所走过的漫长道路，Áron Losonczi说道：“起初想要说服公司与我合作是非常困难的，而更困难的则是与合适的人取得联系。当然，重要的是我已经制造出了用做原型的样品，所以他们不能认为我的设想是疯狂的，进而轻易地把它否认掉。不过，直到第一份主要论文形成之后，那些公司才开始认真地对待这个产品。在

最后的一年里，在各个报刊发表的文章数量大大增加了，到十二月的时候，LiTraCon被《时代周刊》评为‘2004年创新成果’之一。”不过，有关Áron Losonczi的透光混凝土的成功故事并没有就此结束。就在同一时间，他找到了一位制造商，这位制造商希望大规模地生产这种混凝土。我们拭目以待第一座带有半透明混凝土墙体建筑的诞生……

新材料——从理念到产品

开发半透明混凝土所经历的过程为我们展示出了一条从理念到产品所要经过的坎坷道路：无论有关材料的理念令建筑师多么着迷，建材工业都只会依照经济标准运行，而经济标准则要受到产品批量的大小、销售情况和收益情况的制约。即使这一产业不看重眼前的投入产出率，它往往也要从长远上看这些实验所能带来的影响。从这个角度来看，战略伙伴关系的建立无疑对双方都有利：建筑师得益于公司的专业技术设备，而公司则可以利用建筑师的理想开辟出新的市场。

若干年来，我们见证了设计师对表面和新材料的无牵幻想。这不仅体现在无数的出版物、座谈会、贸易展会、相关研究和咨询提案上，还

体现在新一代年轻建筑师的设计之中。无论是立面的外部覆层，还是内部衬层，建筑表面往往都构成了一项设计的开端。材料一直以来都是建筑师的中心议题，但人们对这一主题的处理已经更加世界化，也更加具有试验性。

这种材料“趋势”是从哪里开始的？也许是因为人们需要新的方法来丰富这些由电脑设计的无定形的、任意的材料形式，使它们更具有触感。在我们这个信息泛滥的世界中，人们无疑是非常渴望能获得感官的直接体验的。从这个角度来说，表面就是人们与建筑之间最直接的媒介，这也是我们能够触碰到建筑物的地方。

同时，也存在着这样的危险——表面会变得越来越肤浅，最终沦为一种只能惹人注目的东西，仅仅是一种噱头。在印刷精美的出版物中出现的那些看似极具装饰性的材料，事实上，也许只不过是那些无足轻重的旧建筑中的覆层罢了。而另一方面，优质建筑之所以卓尔不群，往往是因为其体现出了感觉、空间以及材料三者之间密切的概念联系，这种联系是超越一切风格定义或个人品位的。一种有趣的材料本身并不能创造出有趣的建筑。从这个意义上讲，混凝土工业的那句著名的口号倒是可以被推广到全部建筑材料中去：材料——取决于



图A 2.11 美国洛杉矶Prada专卖店，2004年，OMA建筑师事务所