

Roof Construction Manual

Pitched Roofs

屋顶构造手册 / 坡屋顶

舒克 奥斯特 巴特尔 基斯 / 著

SCHUNCK
OSTER
BARTHEL
KIESSL

大连理工大学出版社
EDITION DETAIL

由DETAIL杂志出版的《屋顶构造手册》收集了1800多张工程图以及220多张照片，是有关坡屋顶建造的重要参考文献。它提供了关于各种屋顶形式的广泛而重要的信息，并且附有每个工程的实际详图。

这本书是根据屋顶构件和连接技术的类型来划分章节的。十三种屋顶和相关材料，包括茅草、木材、石板、粘土、混凝土、纤维混凝土、沥青、玻璃、金属、薄膜以及合成材料等都有所记录。书中还详细描述了一些重点章节，如通风、防水层以及密封、隔离和排水；翻新和能源储存也有详细研究。

与这一系列所有的构造手册一样，本书的建筑实例插图说明了理论上的构造细部。在包括了11座经典建筑物和27座最近五年新建筑的这38个工程实例当中，显示了屋顶的构造，并且特别关注了一些重要的特性，如屋脊、斜屋脊、屋檐、屋顶排水、屋顶凸缘和贯穿部分。

除了现有的标准和指导之外，那段关于屋顶构造的承重结构和物理特性的简洁而必要的陈述，使这本手册成为所有建筑师和结构工程师不可缺少的标准工具书。



Roof Construction Manual

Pitched Roofs

屋顶构造手册 / 坡屋顶

舒克 奥斯特 巴特尔 基斯/ 著

郭保林 曹庆坚 廉葵 高莹 李钢 李速 张丹 于晓言 赵艳玲/译

大连理工大学出版社
EDITION DETAIL

SCHUNCK
OSTER
BARTHEL
KIESSL

ROOF CONSTRUCTION MANUAL-Pitched Roofs

By Eberhard Schunck, Hans Jochen Oster, Rainer Barthel, Kurt Kiessl,

Published in a revised fourth edition with laminated folded brochure cover in 2002

by "Arbeitsgemeinschaft Ziegeldach im Bundesverband der Deutscher Ziegelindustrie e.V.", Bonn and "Institut für Internationale Architektur-Dokumentation", München.

© Originally published in 1991,1996,1999,2002,2003 by Edition Detail

© Chinese edition jointly published by Dalian University of Technology Press and Edition Detail

ISBN 3 7643 6986 8

© 大连理工大学出版社 2006

著作权合同登记06-2005年第74号

版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

屋顶构造手册(坡屋顶)/(德)舒克(Schunck)等著;郭保林等译.——大连:大连理工大学出版社,2006.3

书名原文:Roof Construction Manual/Pitched Roofs

ISBN 7-5611-3086-4

I.屋… II.①舒… ②郭… III.屋顶构造—建筑设计—手册 IV.TU241

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第010751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:27.5

出版时间:2006年3月第1版

印刷时间:2006年3月第1次印刷

责任编辑:张昕焱 房 磊

责任校对:张文平 郑秀莉

封面设计:苏儒光

定 价:298.00元

发 行:0411-84708842

传 真:0411-84701466

邮 购:0411-84703636

E-mail: a_detail@dutp.cn

URL: http://www.dutp.cn

Roof Construction Manual

Pitched Roofs

目 录

序言

第一部分 坡屋顶之历史与现状

埃伯哈德·舒克
Eberhard Schunck

现状报告	8
19 世纪的屋顶材料与技术	9
建筑科学的革命	9
铁、玻璃、混凝土——新型建筑材料	10
屋顶技术的发展与屋顶材料	10
新标准	13
进入 20 世纪的发展	15
经济	15
生态	17
20 世纪的建筑科学	19
建筑工业和新建筑材料	19
屋顶形式和材料	20
功用和形式	28
屋顶的功用和形式	28
屋顶空间的应用	28
对屋顶表层的利用	30
健康	31
屋顶形式——基本形式及其起源	31
屋顶的组成部分	32
屋顶形式和使用	35
屋顶形式和建筑	36
屋顶形式和环境	37

第二部分 基本原理

承重结构

赖纳·巴特尔
Rainer Barthel

作用力	43
支撑装置	50
从屋顶铺面到承重结构	52
木质坡屋顶	60
坡屋顶的承重结构	64

建筑科学

库尔特·基斯
Kurt Kiessl

热性能	69
与气候相关的湿度控制	80
建筑隔声	88
防火，防腐蚀	93

屋顶的设计

埃伯哈德·舒克 和 汉斯·约亨·奥斯特 Eberhard Schunck & Hans Jochen Oster	95
作用和要求	95
设计原则	95
预制构件	98
标准屋顶	100

层与材料

埃伯哈德·舒克 和 汉斯·约亨·奥斯特
Eberhard Schunck & Hans Jochen Oster

覆盖层和密封层	103
搭接缝	103
密封连接	104
屋顶覆盖层的形式及材料	104
茅草屋顶	106
木盖板和木屋顶	109
天然岩板及纤维水泥石板	117
构件	119
水平瓦板	123
非水平瓦板	126
沥青屋面板	130
粘土和混凝土的平搭接构件	135
异型搭接粘土瓦和混凝土瓦	147
玻璃屋顶	156
纤维水泥波形瓦	171
沥青波形瓦	179
压型金属板屋面和金属薄板屋面	182
金属薄板屋面	188
绿色屋面	203
薄膜	216
能量的获取	226
通风	230
二次防水层 / 保护层	237
隔汽层和密封膜	241
隔热层	244
排水	248

第三部分 构造详图

埃伯哈德·舒克 和 汉斯·约亨·奥斯特
Eberhard Schunck & Hans Jochen Oster

茅草屋顶	256
木质盖板和木瓦板	258
天然岩板与纤维水泥石板	262
沥青屋面板	268
粘土和混凝土平屋板	272
成型的粘土与混凝土砖 I	282
成型的粘土与混凝土砖 II	284
异型粘土与混凝土砖	290
绝缘玻璃	296
纤维水泥波形板	300
金属型板	310
金属板屋面	314
绿化屋顶 I	320
绿化屋顶 II	322
翻新	325

第四部分 建筑实例

埃伯哈德·舒克 和 汉斯·约亨·奥斯特
Eberhard Schunck & Hans Jochen Oster

Korshage 的度假屋, Sjælland	336
海滨农场, 公寓 1, 加利福尼亚	338
Gleissenberg 住宅兼工作室	340
诺曼底度假屋	342
丹麦西兰岛克莱姆坪堡 的 Søholm 住宅	344
Büren-Steinhausen 的独立式住宅	346
Ingolstadt 学生公寓	348
Eckenthal 的独立式住宅	350
Eichstätt 大学的办公大楼	352
Allensbach 的半独立式住宅	354
Bad Tölz 附近的独立式住宅	356
意大利的 Casa Rurale 位于 Fredensborg, Sjælland 的住宅区	360
Brühl 的独立式住宅	362
Mainz-Weisenau 的宾馆	364
Carinthia 的 Ossiach 湖边的度假屋	366
Steindalen, Elvenes 的度假屋	368
Regensburg 的独立式住宅	370
柏林国会大厦	372
汉堡的一家博物馆庭院的屋顶	378
意大利南蒂罗尔的 Juval 城堡	382
慕尼黑的奥林匹克游泳池	384
Baden-Baden 的住宅兼工作室	386
新南威尔士的 Moruya 独立式住宅	388
Fetsund 的信息中心	390
慕尼黑的半独立式住宅	392
慕尼黑的 Schäferwiese 小学	394
Neuenburg 的养老院	398

悉尼歌剧院	400
Eichstätt 的学校大楼	403
牛津郡的 Henley-on-Thames 博物馆	406
Flawil 的住宅	408
芬兰的桑拿浴房	410
汉诺威第 26 号展览大厅	412
代夫特 (Delft) 大学图书馆	417
慕尼黑奥运公园滑冰场	420
慕尼黑的废品回收站	422
柏林的 Cargolifter 飞机库	426
St Austell 的伊甸园工程	431

附 录

图例	436
参考资料	438
建筑师及工程师索引	438
图片鸣谢	439

序 言

首版《屋顶构造手册》作为建筑系列手册（共七卷）的组成部分，在各方面都很成功。尽管对 1991 年的新版已经进行过两次更新和讨论，但是后续新颁布的法规、规范、标准、技术规程和新的构造作法，使再版有必要进行全面的修改。现存的所有章节都有所增删，其中部分章节完全是重新编制的。即使是在介绍性的章节中，对有关当前建筑产业的最新科研动向也做了说明。“承重结构”这一章是新增加的，其中包括屋顶受力与从屋顶表层到承重结构的荷载传递；除此之外，最重要的是传统屋顶骨架在大跨度屋顶中的应用。

“建筑科学”这一章节不但概述了重要的科学原则，而且第一次对基于新节能法案的计算方法以及法案中的相关内容予以介绍。

本书涵盖了以往手册中的所有屋顶材料，介绍了它们各自的现状，是一本包括传统屋顶在内诸领域的重要参考资料。

尤为突出的一点是，本书也对新型屋顶材料予以了阐述，例如，膜材料首次以单一章节的形式出现。据我们所知，这是第一本以独立成章的形式介绍膜构造原理的出版物。

“能源的获取”一章也是新增加的，因为这部分内容正在坡屋顶的科研实践中扮演着越来越重要的角色。

在生产与建造领域中，我们介绍了预制产品的现状，并给出为获得经济型坡屋顶而采

用预制法的参考意见。此外，本书还归纳出模数屋顶的设计原则，提出进一步发展模数体系的合理化建议。

在建筑工业中，翻新将成为不可或缺的部分，考虑到不同的破损情况，本书给出了相应的翻新方案。

本书最后一部分中具有时代气息的建筑实例展示了屋顶技术现状和当前建筑学中屋顶的审美取向。其中，相当数量的经典范例及其细部构造将首次面向读者公开。

《屋顶构造手册》不仅给出了既定的构造规则，也给出了作为气候隔离罩的屋顶的设计建造原则。其中包括：

- 有关承重结构及其与屋顶相互作用的基础知识；
- 有关建筑科学原则如何在新版的 DIN 标准及相关的法规下影响到建筑物的知识；
- 有通风形式和无通风形式的坡屋顶的建造原理；
- 对屋面材料与接合方式的深入理解；
- 对获取能量的选案以及如何与坡屋顶相结合的综述；
- 对潮湿这一特殊问题的理解及如何借助现有技术加以解决；
- 对屋顶的通风装置及气密性和气密性设计的认识；
- 绝缘材料与其物理特征及该类材料的使用；
- 最后，本书还总结了排水系统的材料、

类型与设计。

出于直观考虑，本书辅以构造图对上述原理加以说明，同时以恰当的实例予以补充。

出版者和作者希望读者在面对屋顶构造或设计这一复杂问题时，本书能够有所帮助。

出版者与作者



第一部分 坡屋顶之历史与现状

现状报告

坡屋顶的出现可以追溯到人类文明的开端。它的优点无可置疑。坡屋顶是建筑物上方理想的围合部分。倾斜的表面利于快速有效的排水。屋顶的小规格构建易于维护，而且屋顶体系通常是经久耐用的。

伴随着 19 世纪 70 年代建筑技术的发展，平屋顶大量出现，并因迎合大众口味而位居坡屋顶之上，坡屋顶的优势此时渐次消退。而如今，坡屋顶重居上风，因为大多数人认为坡屋顶是屋顶自身的真实体现，能够满足社会对建筑外观的期望。

本书第一部分将借助对屋顶技术发展史的回顾，循序渐进地阐述屋顶的形式及其建造方法。

首先，19 世纪的工业化风潮席卷了所有建造领域。我们想弄清楚的一个问题就是，那时的建筑技术所能探及的程度相当于其他生产领域的什么水平，并且，在当时建筑技术是否曾从其他学科中汲取营养。之后，我们接着研究在科技与建筑科技的发展中起决定作用的驱动力，并进一步追溯其从 20 世纪直到现在的发展历程。出于加深对专有材料的了解这一考虑，尤其是基于对目前在社会发展中起支配作用的最重要的两项原则——经济与生态的尊重，我们还将对如今的建造方法加以概述。最后，本部分还阐述了屋顶的用途和型式，以便为施工活动提供依据。

19 世纪的屋顶材料与技术

19 世纪建筑工业的变化

从 18 世纪中叶起，建筑基本原理开始产生变革——起初是在英格兰，然后遍及法国与德国——其相互之间影响强烈。人口增长加快，工业产品增多，生产体系机械化也不断发展。

城镇中不断增长的人口密度对涵括多层建筑、交通及基础设施建设的建筑业提出了新的挑战。新的生产设备要求具有快速建造开敞大空间的建筑的能力，而早期的单层建筑都是以教堂为模型的。英国的 Adam Smith 自由主义理论的提出和法国社会福利制度的施行提高了工资水平，因此，为避免产品总成本的提

高，建筑业也渐次转向了机械化。

建筑科学的革命

机械化的持续扩张及相应的人口密度的增长起初影响了建筑的使用，进而又影响了建筑的设计。大量风格化的构成元素在解决标准化建筑的建造问题时退居次要地位。因此，工程尺寸摆脱了通常只是纯装饰性的艺术尺寸的限制。这使工程师们卸下了艺术设计的包袱，能够完全投入到技术问题和工业需求中去。他们在工作之上之所以能够轻装上阵，是因为从

18 世纪中叶开始的大量科学探索在 19 世纪初已经开始取得收获了。

1823 年，结构工程之父 Claude-Louis-Marie-Henri Navier 对他那个时代的建筑工程知识进行了较全面的总结。投影几何学的发展使具有三维物体的复杂体系能够得到分析。1747 年他在国家路桥学院阐述了科技在建筑中日益增强的重要性。在建筑院校中建筑科技理论相继被列入教程。继 1794 ~ 1795 年于巴黎建立 Ecole 综合理工大学之后，布拉格（1803 年）、维也纳（1815 年）和卡尔斯鲁厄



图 1.1 铸造厂建筑物，塞纳尔 (Sayner) 工厂，本多夫 (Benndorf)，德国，1828 ~ 1830 年，Carl Ludwig Althaus

(1825年)也相继建立了理工大学。

在法国,工程师与艺术建筑师很早就开始分工了,并且工程师的地位得到不断的巩固与提高。正如 Anatole de Baudot 在 1889 年所说的那样:“建筑师的作用已被削弱了很长时间了,而工程师——时代的最优秀者,正开始取代他们的位置。如果工程师完全取代了建筑师,毫无疑问后者会消失掉,而艺术却不会随之消失。”¹

铁、玻璃、混凝土——新型建筑材料

社会、工业及科学革命赋予铁、玻璃和混凝土以新的重要历史使命,尽管它们在今天看来只是很普通材料。

铁

铁虽然很早以前就被用于建筑业,然而直到 19 世纪,将铁用于大型构件的生产工艺才正式面世。自从 Henry Cort 利用搅炼技术(1784 年)降低碳含量生产出便于使用的熟铁,以及 Henry Bessemer 用机械送气取代人工送气开始,可锻铁(“锻钢”)的总体成本才得以降低从而能够大量生产。铁首先在英国用于桥梁建造(Coalbrookdale 大桥,1771~1779 年),之后用于建筑。很快,同样的尝试也出现在法国(谷物市场,巴黎,1809~1811 年)和德国(美因兹教堂东边的唱诗台,1827 年)。

玻璃

玻璃制造业的发展始于 18 世纪下半叶,到 19 世纪初,人们已经能制造出 2.5m×1.7m 的整块玻璃。在 19 世纪的最初 30 年及其后的若干年里,玻璃的价格日益低廉,已经可以大量用于窗户和屋顶了。

混凝土

混凝土作为一种建筑材料已经有 2000 多年的历史了。然而直到 1824 年,才由英国人 John Smeaton、James Parker 和 Joseph Aspdin 借助人造水泥完成了质的飞跃,这种混凝土终于可以彻底脱离火山灰的产地而得到广泛使用。最重要的发明是赋予了该材料优良的抗压性能及配合加固铁筋后优良的抗拉性能,其中 Joseph Monier(1867 年)、Edmund Coignet(1861 年)、Josef Luis Lambot(1855 年)

和 Thaddeus Hyatt(1877 年)的研究都功不可没。

屋顶技术的发展与屋顶材料

屋顶作法几百年来——确切的说,是几千年来都未曾发生重大的改变,而工业革命的到来却引发了一系列深刻的变革。

天然石材

早在罗马时期,石材就被劈开用以覆盖屋顶,但直到十一世纪,法国才重新发现了这种作法。花岗岩、片麻岩、石灰岩和砂岩的应用只具有地区意义,而粘土板岩可应用于欧洲大部分地区(德国、英国、法国、奥地利、匈牙利)。同这类屋顶一样,粘土瓦也盛行起来,这要归因于屋顶禁止使用芦苇、稻草、木材等易燃材料的法令的颁布。事实上,该法令颁布于中世纪的一场大火之后,但是直到 19 世纪,在建筑管理机构建立之后才真正得以施行。英国、法国和德国发展出一种新颖的岩板瓦铺设方法,改进了老旧的作法。岩板屋顶形式沿着流经板岩开采场的主要航道盛行开来。

蒸汽机的引入最先简化了地下板岩的开采工作。随后,切割与打磨板岩的劳动密集型

工作也由机器在现场完成。1844 年,采用标准规格的板岩带来了决定性的变革。现在,板岩可以在工厂里用模板加工,避免来自不同采石场与矿山的气候干扰。模板加工带来的通用性,辅以公路与新铁路构成的史无前例的巨大交通网,引发了 19 世纪 70 年代一场真正的“板岩繁荣”,这次繁荣直到第一次世界大战爆发才终止。

粘土屋顶瓦

烧制粘土瓦已有 4000 年的历史,在 19 世纪初它经历了最辉煌的发展。这源于它清晰明确的生产工艺(准备、成型、焙烧),经过烧制后可以彻底转变为工业产品。

循环式窑炉

伴随工业化进程的发展,对燃料的需求成为所有制造领域的症结所在。在整个欧洲,新发明的炼钢炉、石灰窑、水泥窑和越来越多的蒸汽机,需要燃烧大量的木材,这引发了生态问题。尽管木材和泥煤这样的传统燃料已经被煤所填补或取代,但是在屋顶瓦生产中燃料的供应不足与价格上涨依旧是人们必须面对的主要难题。1858 年, Hofmann 和 Licht 在经过

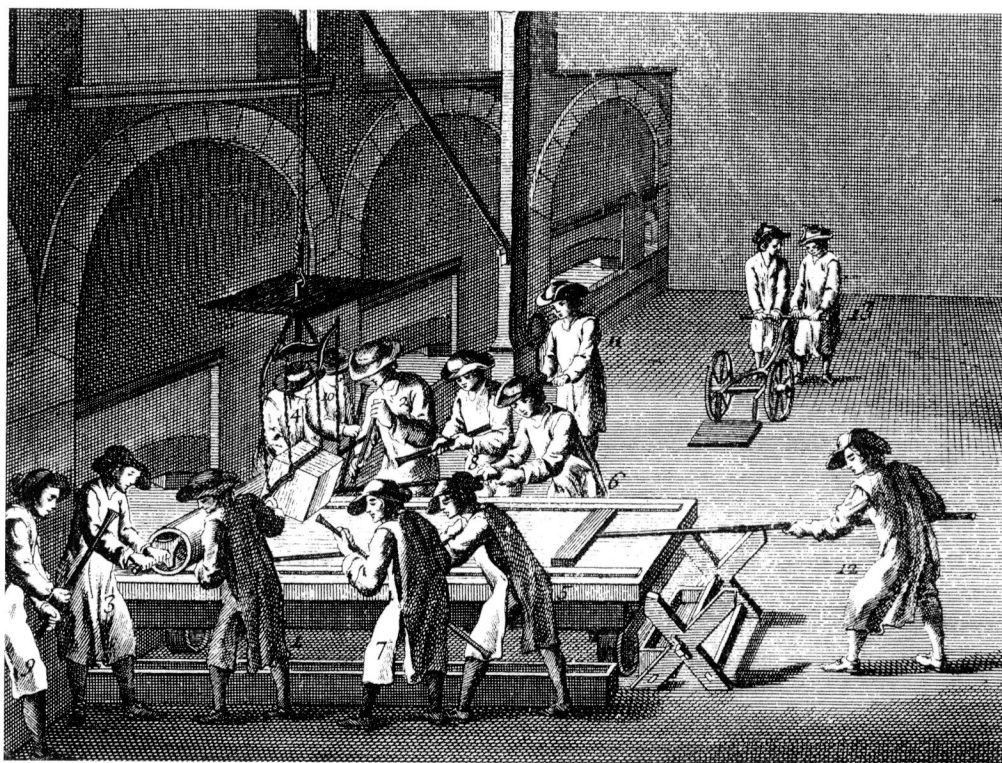


图 1.2 利用 L.de Nehou 发明的方法生产压铸玻璃,资料来源:百科全书, D.Diderot 和 J.B.D' Alembert 著(1773 年)

大量试验后成功地发明了圆窑，从此能源可以得到更有效的利用，总耗量比传统的木炭窑减少了三分之二。10年之后第一台窑炉的建成验证，这项里程碑式的发明对于屋顶瓦工业具有无与伦比的重要意义，当时全世界运转着大约 640 台循环式窑炉。

粘土瓦的生产机器

自 19 世纪初开始，对屋顶瓦的生产如何转向工业化的研究一直未曾间断。该过程的第一阶段是以 Carl Schlickeysen 于 1854 年在柏林发明屋顶瓦生产机器作为标志的。这种机器除去外形特征实际上就是挤压机。它将粘土的准备、成型与切割工序集中在一台机器里完成。第二个阶段以干压缩技术的改进为代表。该技术确保砖在烧焙过程中具有良好性状，也确保产品合格率得以大幅度提高。第三阶段，铸型压具成为加工更为精准的、带锁扣的粘土瓦的惟一可行机具。该机器由 Wilhelm Ludowici（来自于 Karlsruhe 附近的 Jockgrim）于 1881 年发明，源于他将挤压机的操作速度与铸型压具的精加工过程相结合的创意。此阶段为降低屋顶材料的成本铺平了道路。

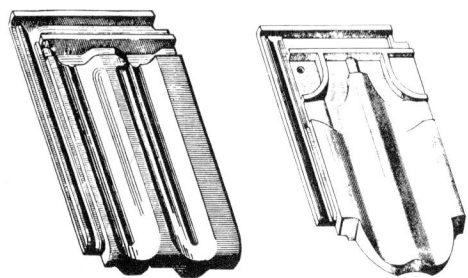


图 1.3 Wilhelm Ludowici 设计的双层罗马粘土瓦和搭接瓦，1881 年和 1882 年

瓦的形状

粘土瓦经历了较为漫长的形态演变过程。起初，挤压机只能使瓦沿长轴成型，这便产生了挤压式瓦型。

由于屋顶坡度舒缓，再加上为使瓦片交叠部分兼具密封功能，所以瓦片始终具有专有形状，该成因促成的瓦型被称作连锁瓦。1847 年，Gilardoni 兄弟在 Alsace 地区进行了首次有关瓦型的试验。被多次誉为连锁瓦发明者的 Wilhelm Ludowici 也因发明了双层罗马粘土瓦而在 1881 年获得专利。这种瓦被稍作改动后，直到今天仍在使用。Ludowici 还发明出很多特殊的瓦型并制作了成品，他铺设了第一个全陶瓷的屋顶。

水泥

1844 年，Adolph Kroher 在巴伐利亚 (Bavaria) 的 Staudach 生产了 Staudacher 屋顶瓦（甚至早于德国生产的“人造水泥”）。他使用了自己研制的水泥，该水泥由 Staudach 周边地区被火烧过的矿石沉积物和蒂罗尔 (Tyrol) 冲击平原的多角砂制备而成。他用这种速凝的“天然”石灰生产的制品有两种瓦型：一种是他称做“石板型”的菱形；另一种是“S 型”，也就是今天我们所说的波形瓦。

这种瓦性能优越，它的低吸水性 and 与之相应的抗冻能力解除了缓坡屋顶的后顾之忧。同时，它瓦质坚硬，价格低廉。这种屋顶瓦趋向状似天然岩板，具有以假乱真的效果。这证实了建筑材料自身的特性在得到社会认可之前，往往都需要经历一个艰难的演变过程。

最早的瓦片产品是在手工制模台上生产出来的。之后，来自德国舒尔斯威格-赫尔斯腾州 (Schleswig-Holstein) Haseldorf 的 Peter Jörgensen 在 1882 年取得了很多有关挤压技术与机械设计的专利，使产品制造日趋合理。Peter Jörgensen 和来自 Bonn-Oberkassel 的 Hartwig Hüser 尝试了多种风格与形式。因此，Jörgensen 在 1882 年以前生产出了梯形屋顶板，这种板在每一边上都具有双重槽口，防水性能极佳。继在维也纳（1873 年）和纽伦堡（1882 年）的展览中得到官方的嘉奖之后，将新材料用于屋顶颇为盛行，巨大的工业产量为此提供了强有力的保证。截止到 1899 年，德国已经有 9 家“水泥板”制造商可以提供多种多样的款式。

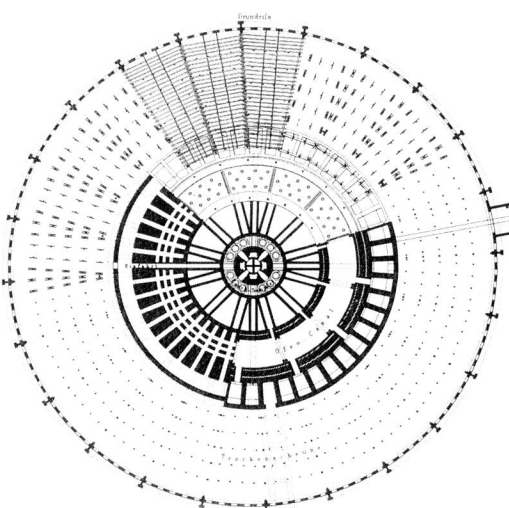
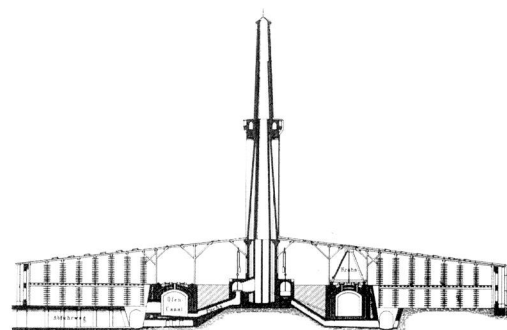


图 1.4 Hofmann 和 Licht 1858 年发明的较以前节约三分之二燃料消耗的循环式窑炉

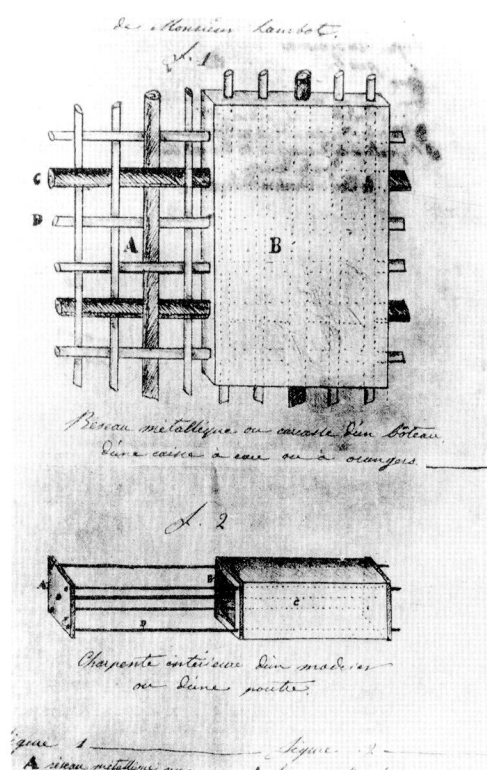


图 1.5 选自 J.Louis Lambot 的制造钢筋混凝土的专利申请，1885 年（Monier 专利的 12 年前）

¹ 选自 Anatole de Baudot 法国建筑历史与现状的讲说，法国，1889 年。Anatole de Baudot 是 Henri Labrousse 和 Viollet-le-Duc 的学生。他修建了第一座使用钢筋混凝土框架的教堂，位于巴黎的 St Jean de Montmartre

石棉, 石棉水泥

在早期文明中, 一种被希腊人称做石棉的、经久耐用的纤维状矿物就已经被当成线用来纺纱与编织了。

经过7年的努力试验, 澳大利亚人 Ludwig Hatschek 成功地将经济的石棉与水泥结合在一起, 并且在1900年运用到一种专利产品中。这种小规格的屋顶构件不但造价低廉, 而且还具有十分良好的隔热、防寒、防潮和防火性能。

抗弯强度高和自重轻的优点, 使压型片材能够被加工成较大规格, 并用于制造简易、经济的屋顶结构。

由于具备上述特性和出色的耐久性, 石棉水泥在屋顶中得以迅速普及, 不但被制成平板形, 还被压成波形。

金属

诸如青铜、黄铜和铅等金属早在古代就被用做屋顶材料了。到了19世纪, 金属屋顶已经非常普遍了。

金属板

制造出大而薄的金属板, 关键在于碾压工艺; 该连续生产工艺取代了高成本而复杂的独立锻造。大约在1670年英国出现了铅碾压,

该方法在18世纪初运用于铜, 1805年用于锌, 1818年用于铁。大规模的引入电镀技术使薄铁板在屋顶中的广泛运用变成了现实。然而, 每三年或四年就要重新油漆一遍的费用太高, 而且仍旧存在锈蚀的可能。1836年, 法国的一位土木工程师 Stanislaus Sorel 在英国发明了低成本的热浸镀锌技术, 同年, 他把这项技术带到法国。随着结构多变的缓坡屋顶的逐渐消失, 锌薄板的使用宣告寿终正寝。从那时起, 廉价的镀锌铁板逐步取代了锌薄板。在 Innsbruck、Passau 和 Salzburg 的市中心都可以看到这些代表19世纪屋顶革新的建筑实例景观。锌、铜、铅在探索更具特殊表现力的形



图 1.6 Salzburg 城市中心的大量金属薄片屋顶

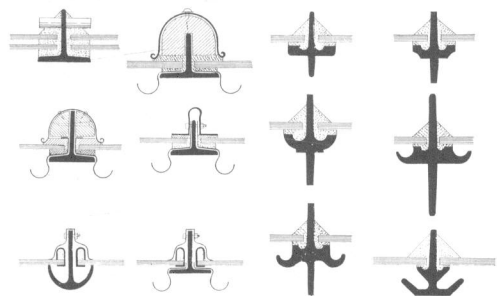


图 1.7 19 世纪屋顶金属窗棂剖面, 引自: Obderbedke



图 1.8 棕榈树种植房, Kew 花园, 伦敦, 1844 ~ 1848 年, Richard Turner 与 Decimus Burton

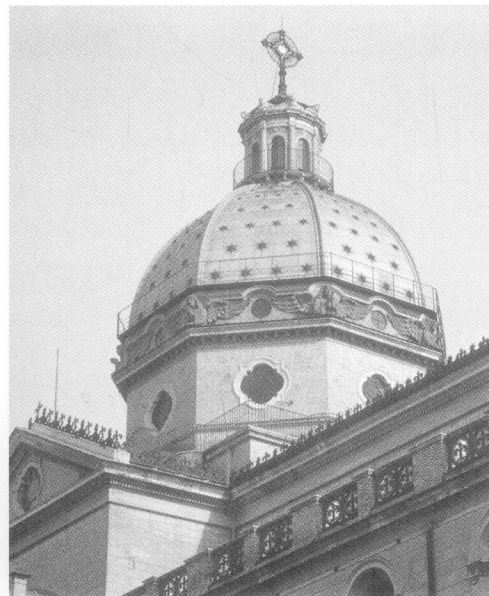


图 1.9 最早的铅制屋顶之一: San Gioacchino 教堂, 罗马, 1897 年

式时, 或者寻求更大的铸造能力时仍会受到青睐。19 世纪末, 近年来才被大量使用的铝在当时被用做屋顶材料。1897 年, 它首次被大量应用在位于罗马的 San Gioacchino 教堂的圆屋顶中。当该材料的生产在很大程度上工业化之后, 基于咬口接缝与焊接接缝的屋顶铺设技术仍受限于手工作法。

屋顶板

铁板屋顶良好的可铸性往往导致屋顶价格抬高, 就像板岩价格因为较便宜的铁的出现而产生变化一样。使用最有效、最简单的铁板是为了赋予其波浪的造型。这项发明也是出自英国, 并在 1851 年传到德国。

这种铁板的形状完美地与材料相结合, 纵横向接缝都很密实, 利于畅通地排水。承载能力强、空间结构稳定、自重轻的特点使波形铁板风行全球。

玻璃

使用玻璃作为屋顶材料, 让英国再次走在世界潮流前端。1816 年到 1829 年, 玻璃的年产量从 1000 t 递增到 6000 t。玻璃的普遍用法最早见于棕榈房屋, 有史可考的是在 19 世纪 20 年代, 当时将玻璃嵌入具有承重作用的铁制窗棂中的作法已经存在。² 此后, 该体系很快被扩展到具有自重轻、采光好、跨度大的建筑结构类型中。1829 年, Charles Percier 和 Pierre Francois Fontaine 在法国设计了 Galerie d'Orleans 的玻璃屋顶。

由 Joseph Paxton 为 1851 年法国举办的博览会设计的水晶宫, 将所有相关经验揉和在一个完美体系中。它包括工业建造的建筑原型和无数遍及欧洲的、由玻璃覆盖的单层房屋。

19 世纪末, 玻璃在建筑中的应用又有了长足的进步, 多变的技术使单一的木窗棂发展到带有丰富装饰的、带有集水沟的铁制窗棂。

油灰和油毡被用来封堵接缝, 平板或曲板以各种形式被弹簧状的夹固条固定住。

该知识广泛传播到各地。在波罗的海沿岸, 最早使用油毡的屋顶建于 1830 年; 截至 1860 年, 德国已经有 28 家生产油毡的工厂。

来自西里西亚的桶匠 Samuel Häusler 于 1839 年发明了木质水泥混凝土屋顶, Adolf Loos 兴奋地称它为“几千年来”最具创意的发明。它由 7 层衬垫纸夹以昂贵的沥青和柏油在现场粘合而成, 最后再敷上一层沙砾。⁴ 焦油沥青纸层的纸起到增加强度的作用。不久, 木质水泥混凝土屋顶被油毡屋顶取代。出现于 1896 年的这项发明源于美国, 因为大量的沥青在美国是石油蒸馏工业的副产品。

这种屋顶覆盖的形式适于极缓的屋顶坡度, 并且易于在一个方向上延伸搭接, 工人稍经培训就可以铺设这种面材。由于重量轻而且价格也能接受, 该材料得到了推广和使用。

最后, 柏油和沥青油毡为平屋顶的产生创造了条件, 而平屋顶是现代建筑不可或缺的一大特色。

新标准

回顾 19 世纪可以发现, 所有的主要发明都出现在两个相对短暂的时段: 1825~1860 年和 1880~1900 年。进一步扩展到世界范围来看, 当前的坡屋顶本质上都来源于上述的技术发展, 并且与自动化生产的进程息息相关。这些革新的起因与动机可总结如下:

石油沥青, 焦油, 地沥青

由古巴比伦人发现的密封材料——沥青与焦油在 19 世纪被再度发现并应用于造船业与建筑业。据 19、20 世纪交替之时出版的专业书籍记载, 早在 1800 年瑞典和芬兰就曾使用过油毡。³ 德国的 Wilhelm August Lampadius (煤气的发明者) 在 1826 年就已将

² 园丁 John Claudius Loudon 设计的第一个“预制花房”, 他与 W.&D. 公司签订了该类花房的生产合同, 并辅以出售他在伦敦的 Bayswater 家中制作的模型。这些花房中最具观感者建成于 1817 年, 位于 Langport, Somerset。源自: John Hix, 玻璃房屋, 伦敦, 1981 年, p.19

³ A.Obderbecke, Der Dachdecker und der Bauklempler, Leipzig, 1901 年

⁴ Adolf Loos, Trotzdem, 再版, 维也纳, 1982 年, p.200

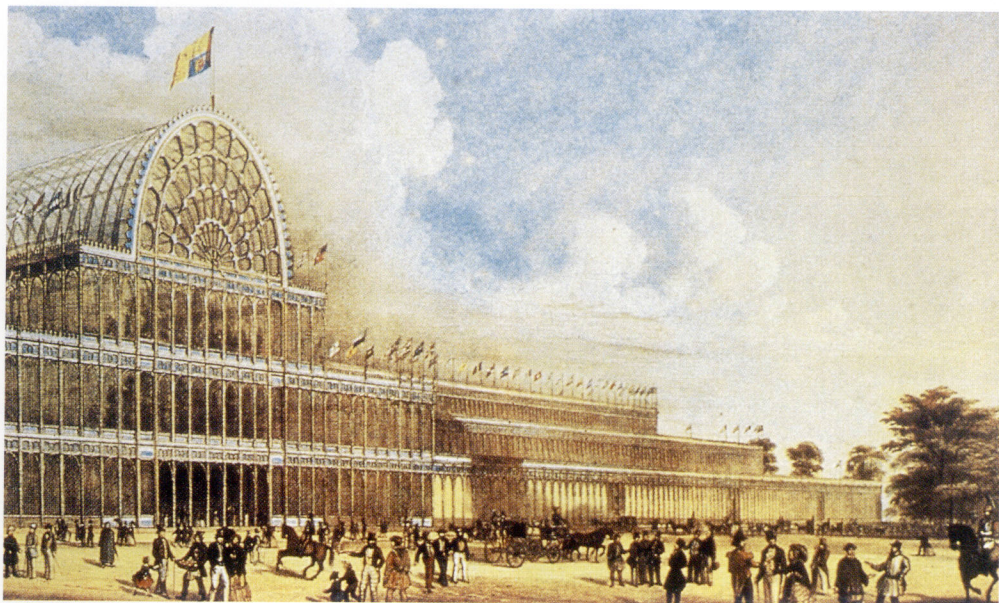


图 1.10 水晶宫，伦敦，1851 年，Joseph Paxton，此处为水晶宫彩图

屋顶工艺是科技发展的“副产品”

在很大程度上，屋顶的发展整体上被工业发展所左右。在这一领域中，石棉水泥和屋顶油毡是针对建筑（确切的说是屋顶）而产生的最新技术。在金属屋顶中，玻璃及水泥的屋顶明显得益于冶金技术的发展，如玻璃工业和“人造水泥”的发明。此外，其他领域中的革新也很快地被屋顶工业认可并加以融合。

人力资源

劳动力的价值逐渐得到重视。在英国首先提出了缩短劳动时间这一要求，后来被引入到德国。人们有史以来第一次注意到，不仅要缩减材料成本还要控制劳动力成本。

产量问题

工业和城市人口的快速增长导致建筑材料供不应求，缩短生产时间成为大势所趋。

建设周期

我们认为开发商总是急功近利的，他们通常将建设周期等同于金融投资。但实际上，在建筑业蓬勃发展的 19 世纪 70 年代，从建筑物的屋顶被覆以第一块植被开始，建筑正在

逐步注重其自身的整体形象。在《寄语年轻的商人，记伊斯兰教纪元 1749》中，本杰明·富兰克林（Benjamin Franklin）的“时间就是金钱”，成为这种发展的驱动力。⁵



图 1.11 扛着铁锹与铁镐的工人，铜版画，选自 Tom F. Peters loco citato

⁵ Tom F. Peters, 时间就是金钱：Die Entwicklung des modernen Bauwesens, Stuttgart, 1981 年

进入 20 世纪的发展

20 世纪的变化

20 世纪带来了壮丽宏大的科技进步。量子力学的发现革新了科学界的思维方式，也质疑了因果本质。人类利用造物者的工具——化学与生物化学进行工作。微电子学重新设计了我们的每一天和工作形式，也取代了传统意义上的记忆存储、分析整理及前景预测。并且，自从使用核能以来，对有关生活本质在伦理范畴内如何延续下去的追问更多了，对劳动力的要求从根本上也改变了。人们不断提高对健康问题及生活水准的关注，导致工作时间的整体压缩，使劳动力成为了宝贵的资源。机械化的进步使社会中大多数人的日常所需得到满足。微电子技术被引入到生产过程的控制环节，这样就加快了产品的生产速度，同时保证了质量的稳定。在 1972 年罗马俱乐部出版其作品并

发行，在全世界首次提出经济与生态的关联性。这也引发了一场关于在工业化世界中如何明智地利用能源的讨论，引起了具有责任感的规划者的反思。

通讯技术与通讯方式的不断改进，使地区之间、国家之间的生产和贸易联系变得更加紧密。最终的全球化改变了各种商品的生产及资源体制。

经济

今天，在工业化世界中，许多人享受着过去只有少数权贵才能获得的生活水准。其中起决定作用的是建立作为中心（市场）准则的

竞争机制。这样，经济关系就直接影响了乡村城镇的景观，同时也影响到屋顶景观。

经济—建筑学

在西方社会中，经济的起落对建筑业比对工业其他部门的影响更为直接。例如在纽约和芝加哥，对建筑用地的高效利用导致摩天楼的出现。相反，在经济困难时期，就会产生更多经济合理的建造方法，也因此会遗失许多传统技法。就屋顶建造而言，经济首先影响天然材料的使用。由于提取、运输或者维护费用过高，无数的茅草屋顶、木屋顶、石板屋顶从屋顶景观中消失了。

然而，为了保存古老作法和防止对可仿效结构的破坏，这种变化总是遭到有关人士的竭力反对。人们想保留熟悉的旧貌，这种可以理解的愿望使建筑师要做出权衡考虑。最初由结构类型决定建筑外形的作法变更为由装饰来加以弥补——如老旧的生产技术遗留的“伤疤”。⁶在天然材料的特性被人工仿制时这种方法也适用，举例来说，板岩或者芦苇，就被本身较大规格的产品所模仿。

建筑材料的成本

在满足结构要求及考虑耐久性之后，价格仍然是选择材料的重要因素。但是由于环境约束和相应产生的税费，意味着譬如在生产过程中主要的能源获取和排放及长远的环境影响这样的生态因素，将在造价累计中扮演着越来越重要的角色。暂时节约费用并不是最优方案，是否与环境相容已经影响到材料的选用。考虑到结构的更新，基建投资、安装配套、维修保养及清除整理等费用必须附加在内。

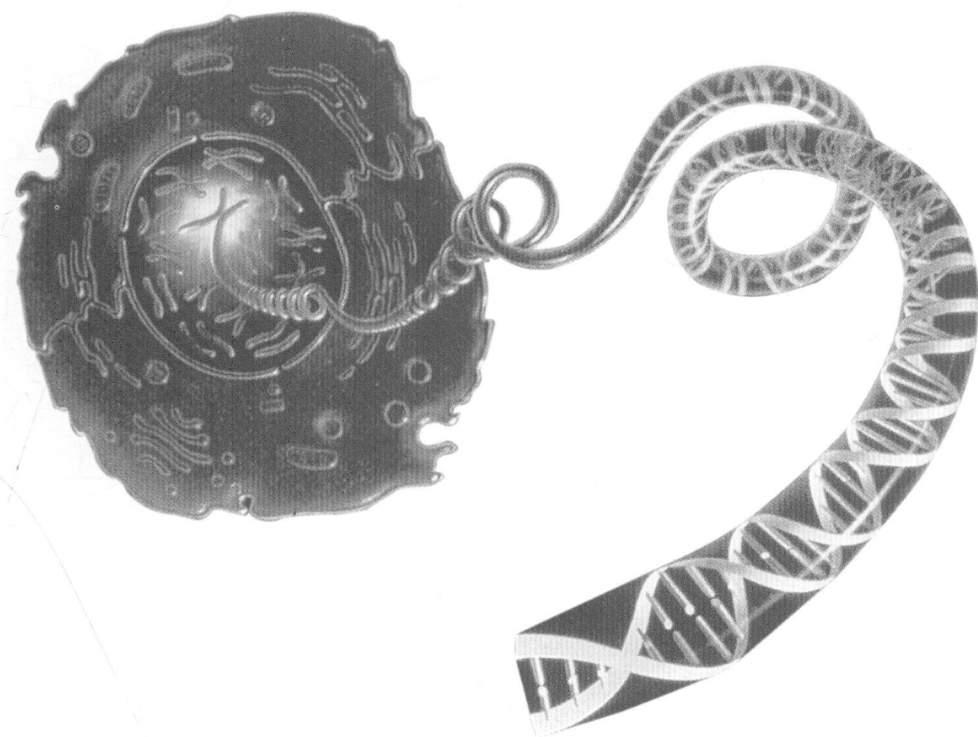


图 1.12 具有典型双螺旋结构的 DNA 链，资料来源：Faszination der Technik, Augsburg, 1996 年

⁶ Theodor W. Adorno, Ohne Leitbild, Parva Aesthetica, 法兰克福 (Frankfurt), 1967 年, p.107