

Modern Construction Handbook

现代建筑施工手册

(美) ANDREW WATTS 著
廖锦翔 译



现代建筑 施工手册

MODERN CONSTRUCTION
HANDBOOK

(美) ANDREW WATTS

廖锦翔

著
译



机械工业出版社

本书根据建筑师多年从事建筑业的实践经验,从现代建筑技术的观点出发,分6个章加以阐述讲解并进行了拓展研究。同时该书介绍了当今建筑工程所采用的主要施工方法及原则,并通过图片和典型的分类给予了详细的描述和说明。

Modern Construction Handbook by Andrew Watts

ISBN. 3-211-83491-5

Copyright © Springer - verlag Wien New York

本书中文简体字版由施普林格(维也纳)出版社与机械工业出版社合作出版,未经出版者书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

版权所有,侵权必究

版权合同号:图字:01-2002-3263

图书在版编目(CIP)数据

现代建筑施工手册/(美)瓦茨(Watts,A.)著;廖锦翔译. —北京:机械工业出版社,2003.2

书名原文:Modern Construction Handbook

ISBN 7-111-11639-9

I.现... II.①瓦...②廖... III.建筑工程—工程施工—技术手册 IV.TU74-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第007339号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:薛俊高 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:付方敏

北京恒智彩印有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年4月第1版第1次印刷

890mm×1240mm A4·19.25印张·3·625千字

0001—4000册

定价:158.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

作者简介

ANDREW WATTS 对全书进行构思，并全文执笔，包括手工绘制图例并设计版面。建筑师Andrew Watts致力于国际工程建筑表面系统的设计与研究，并广泛使用了大量的结构技术。他是巴黎Jean Nouvel的工程建筑师，现在正继续为一些著名的建筑工程而工作。Andrew Watts在剑桥大学获交叉学科设计（interdisciplinary Design）硕士学位。最近他更是作为一名建筑表面专家，为全球的一些知名工程工作，包括墨尔本的联邦广场和伦敦的千年桥。他曾在2000年的PLEA会议上提出过一篇有关无源和低能源设计文章。Andrew Watts正与一批同事一起为现代结构系列而工作。他的电子信箱是：awatts@newtecnic.com

本书技术编辑是纽约的STEVEN WRIGHT，他是Santiago Calatrava和Rafael Vinoly的工程经理/建筑师，同时也是耶鲁大学Perspecta杂志的编辑。他与剑桥大学、弗吉利亚大学和耶鲁大学保持着联系。

该书的设计由YASMIN WATTS完成，她采用CAD技术描绘插图，并与Andrew Watts一起对图形的设计进行了排版。Yasmin Watts是巴黎Renzo Piano建筑工作室的建筑师，她在该公司设计了新喀里多尼亚的文化中心和法国里昂的国际大学城。她的电子信箱：ywatts@newtecnic.com

环境章节是在与PIERS HEATH的合作下共同完成，他是伦敦Battle McCarthy公司的主任机械工程师，致力于与建筑相关的低能源环境的设计与研究。

本书有关能量体现的尝试是在NAZAR GEORGIS的协助下共同完成的，他是伦敦Battle McCarthy公司领导结构设计结构工程师。他致力于研究低能源影响的轻质结构。

全书的德语由NORMA KESSLER进行翻译和编辑，他将本书改编成适用于使用德语的国家，增加了DIN标准，对该书在这些国家以及全球的使用给予了很大的关注。

DAVID MAROLD是维也纳Springer-Verlag的建筑和哲学编辑，他将本书从一套初步的版面变为一本完整的书。他对本书的设计充满激情，不论就其广泛的内容及其排版还是印刷纸张的质量方面，都付出了很多的心血。

前

本书目的

现代建筑施工手册是一本用于建筑专业学生和建筑行业从业者的教材，同时也是用于结构与环境工程专业学生的一本教材，这些学生希望通过验证建筑师对建筑业的实践经验和对现有建筑技术的观点，以此拓展自己的研究。该书描述了当今所采用的主要施工方法的原理，并通过图片和典型的分类详细描述进行说明，而这种典型分类的详细描述可以成为某一特殊设计的开始。

全书分6章，每章都对从材料到墙、屋顶、结构、环境和配套设施等的特殊方面进行了检验。通过带有详细解释的图片，对每一个细类（占两页）的一些具体的内容进行了解释。全书由熟练的制图专家绘制图例，通过这些图例，说明相应的原理，这些原理已经普遍被大家接受。这样，所描述的施工技术可以被其他国家所采纳和应用。

叙述结构

根据该书结构，可以按以下两种方式来阅读本书：1) 按顺序进行阅读，这可以使该书作为课程的教本来使用；2) 以主题为导向进行阅读，在此，读者可以将焦点集中于某一特定的内容，以达到参考目的。关于材料、墙和屋顶的章节，本书首先解释其建筑施工逻辑，其余章节则简单地对施工顺序进行叙述。

材料章节集中讨论材料的物理性质，同时对有关诸如强度、刚度、热膨胀及其相关属性等主题进行比较，另外，还讨论了每种材料的生产过程，以此评价生产该种材料对设计所造成的制约。此外，对于能量体现，本书的一篇介绍性短文对精确选用材料的重要性进行了讨论。

墙章节

本章根据所用材料以及表面承重和不承重的区分进行分类描述，同时解释每种不同类型的墙是怎样采用最新的技术进行施工的，以便让读者跟上应用的潮流。由于绝热材料、防雨和内部排水措施以及通风框架使用的不断增加，本章简要讨论了其更广泛的使用趋势。另一篇短文介绍了建筑物“薄”面和“分层”面的发展。

屋顶章节

本章将排水、涂层和基层分为不同部分分别进行介绍，该分类方式使得读者可以评价一种更为广泛的安排方式——基层和涂层的合并——进行评价。作为本章的开始，集中介绍作为“不可拆卸的”建筑物表面使用的屋顶和其可使用的外部空间，其使用趋势在不断的增加。

言

结构章节

本章介绍了最常用的分类结构元素，并通过典型结构细部图例，显示其与墙和屋顶的相互关系，大多数的教材在此集中讲解结构行为和结构计算，本书则集中于结构的节点、连接和其与外壳的相互联系，换言之，它是以建筑师的视角为出发点。读者可以清楚地看到结构是怎样的非独立元素，而且它的设计与外壳的联系是如此的紧密。

环境章节

本章选取内容如下：有关结构、墙和屋顶的主题，展示了我们对其的使用是怎么通过采用有源和无源控制，以达到调整环境条件的目的。本章的开始是讨论结构、贴面层和能量之间关系的改变，同时也讨论了支撑服务，如环境卫生、排水和环境卫生空间的设计等，因为这些服务在该领域内构成建筑师传统贡献的一个重要部分。

设备章节

本章讨论了楼梯、升降机、隔墙、地板、顶板和门的一些细节，集中讨论了预制技术和现浇技术，及其分别对施工的影响。从更为广泛的意义上描述这些结构构件，我们将楼梯、电梯和电动扶梯视作“设备”，这些结构构件安装在结构和建筑外体内部的工作空间之中。

资格鉴定章节

本章讨论了建筑技术，并通过例子展现了建筑物以相对好的效果工作到标准年限以外，这里，没有包括用于展览的建筑和临时建筑。针对其他一些国家的读者，并没有特别把该国法规、建筑规范、施工规范和本国标准包括进去。本书解释了现在所使用并被认可的建筑技术的主要方法。由于经济的增长和智能全球化，全球范围的建筑规范正在逐渐一致化。

通常，在一个单一的建筑中，需要用到不同国家的建筑物组成构件及其安装。由于我们所编写的建筑规范的目的，是通过为该建筑物的使用者提供健康和安全的场所，进而保护这些使用者，所以一个好的施工项目总是维护这些建筑规范，同时也可以促进其改进。本书中所涉及的主要构件、安装和一些细节描述了现在建筑工业正在使用的许多建筑技术，但因为建筑技术在不断的改变和发展，所以，这种技术并非建筑中所必须采用的，我们也不必证明其正确性。本章给出了建材的物理性质的数值，其目的是用于普通的比较，而非用于结构设计。

第1章 材料

第2章 墙

第3章 屋顶

作者简介	3	1.1 材料的趋势:能量体现	10	2.1 覆层和承重墙的发展		3.1 屋顶设计趋势	116
前言	4	1.2 钢材	14	趋势	52	3.2 屋顶排水	118
作者致谢	8	1.3 不锈钢	18	2.2 薄墙和夹层面墙的类型	56	3.2.1 重力系统	118
		1.4 铝合金	20	2.3 金属	58	3.2.2 虹吸系统	118
		1.5 玻璃	24	2.3.1 全支撑金属薄片	58	3.3 屋顶饰面	120
		1.6 混凝土	28	2.3.2 异型贴面层	60	3.3.1 金属	120
		1.7 圬工	32	2.3.3 复合板	62	3.3.2 单层与多层薄膜	122
		1.7.1 混凝土块	32	2.3.4 防雨罩	64	3.3.3 防雨罩	124
		1.7.2 石材	34	2.3.5 网罩	66	3.3.4 植被	126
		1.7.3 砖	36	2.4 玻璃	68	3.4 屋顶下层	130
		1.8 塑料与复合材料	38	2.4.1 杆式系统	70	3.4.1 金属系统	130
		1.9 木材和胶合板	42	2.4.2 墙板系统	72	3.4.2 玻璃系统	134
		1.9.1 木材	42	2.4.3 无框架装配玻璃	74	3.4.3 混凝土系统	138
		1.9.2 胶合板	44	2.4.4 玻璃块	78	3.4.4 木系统	140
		1.10 涂面材料	46	2.4.5 钢镶玻璃	80	3.4.5 塑料:聚碳酸酯	
		1.10.1 铜、锌和铅	46	2.4.6 铝和PVC-U窗	82	和丙烯酸系统	144
		1.10.2 石膏、灰浆和瓷砖	48	2.4.7 木窗	84	3.4.6 织物系统	146
				2.5 钢筋混凝土	88		
				2.5.1 现浇混凝土	88		
				2.5.2 预制混凝土板	96		
				2.6 圬工承重墙	92		
				2.6.1 砖	92		
				2.6.2 石	94		
				2.6.3 混凝土块	96		
				2.7 圬工空心墙	98		
				2.7.1 砖和石	98		
				2.7.2 混凝土块	102		
				2.8 圬工覆层	104		
				2.9 圬工防雨罩	106		
				2.10 塑料覆面层	108		
				2.11 木材	110		
				2.11.1 覆盖平台框架	110		
				2.11.2 覆盖板和防雨罩	112		

第4章
结构第5章
环境第6章
装置

图示说明

4.1 结构构件	152	5.1 结构、覆层与无源设计间正在改变的关系	194	6.1. 装置之趋势：预制和现场施工	226
4.1.1 刚性构架	156	5.2 无源设计	196	6.2. 楼梯	228
4.1.2 龙门架	162	5.2.1. 自然通风	196	6.2.1 混凝土	228
4.1.3 承重箱	164	5.2.2. 阳光荫蔽和日光控制	198	6.2.2 扁钢板	230
4.1.4 桁架	170	5.2.3. 太阳能	200	6.2.3 木材	234
4.1.5 拱和壳	172	5.2.4. 太阳能加热	202	6.2.4 玻璃	236
4.1.6 空间栅格	174	5.3. 有源设计(active design)	204	6.3. 斜坡和过道	238
4.2 地板结构	176	5.3.1. 基于液体的加热和冷却系统	204	6.4. 升降机和自动扶梯	242
4.2.1 现浇混凝土	176	5.3.2. 机械通风加热和冷却系统	206	6.4.1 牵引式升降机	244
4.2.2 预制混凝土	178	5.3.3. 电子照明	212	6.4.2 液压式升降机	246
4.2.3 复合钢地板和钢网地板	180	5.3.4. 燃料和水供应	214	6.4.3 自动扶梯	248
4.2.4 木地板	182	5.4. 支撑服务	216	6.5. 隔板	250
4.2.5 玻璃地板	184	5.4.1. 公共卫生和排水装置	216	6.5.1 固定隔墙	250
4.3 基础	186	5.4.2. 卫生设备	218	6.5.2 活动隔墙	253
4.3.1 条形和木筏基础	186	5.4.3. 火灾控制	220	6.5.3 抹灰系统	254
4.3.2 扩大基础和桩基础	188	5.4.4. 维护和清洁	222	6.5.4 墙板系统	256
4.4 其他领域的技术在建筑中的使用	190			6.6. 地板	258
				6.6.1 固定地板饰面	258
				6.6.2 活地板	260
				6.7. 天花板	262
				6.7.1 固定吊顶	262
				6.7.2 可拆卸吊顶	264
				6.8. 门	266
				6.8.1 折叠门	266
				6.8.2 推拉门	268
				6.8.3 提升门	270
				6.8.4 铰链门	272
				6.8.5 建筑五金/五金构件	274
				参考文献	302

工程说明及其摄影者联系方式
 书中工程插图参考目
 ——工程名称
 ——摄影者介绍
 ——与此相关的文章及建筑杂志
 ——该建筑物的简介

作者致谢

感谢 Cormac Deavy of Ove Arup 及其同事，他们为结构章节作出了贡献，感谢我的母亲 Helena Watts 女士，她在该书的最后阶段，对全书进行了校核；我同样感谢涉及本书的下列有关人士：Craig Anders，艺术历史公司的 Madeleine Brown 和剑桥大学建筑图书馆、Ed Ford、Jon Linton、Peter MacKeith、Tim Quick、Catherine Redgwell、Neville Surti、Patricia Westerburg、Nick Wood。

感谢所有提供他们图片作品的建筑师：Tadao Ando 建筑师协会的 Hiroshi Araki，Allgood plc 公司的 Simon Gardiner，建筑师 Askim Lantto，Shigeru Ban 建筑师公司的 Yoko Watanabe，Bolles Wilson 建筑局的 Peter Wilson，David Chipperfield 建筑师公司的 Nicole Woodman，Cruz y Ortiz 建筑师公司的 Joaquín Pérez-Goicoechea，设计触角（Design Antenna）公司的 Brent Richards、Erick van Egeraat 建筑师协会的 Brenda Kamphuis，Architekten von Gerkan 的 Jörn Hustedt，Sean Godsell 建筑公司的 Marg 及其同事 Hayley Franklin，Thomas Herzog 公司的 Franziske v. Wedel 及 Y. Ikehara 建筑师协会的 Hideki Yamaguchi，Ingenhoven 的 Jan Esche 博士、Overdiek 和同事，Arata Isozaki 协会的 Yoko Sugawara，Toyo Ito 的 Mariko Nishimura 及其同事、Peter Janesch 和 Tamas Karacsony，国际 Kohn Pedersen Fox 公司的 Jim Dunster 和 Robert Peebles，Kraaijvanger-Urbis 建筑公司的 Dirk Jan Postel、Kengo Kuma 协会、建筑师 Labfac，Daniel Libeskind 建筑公司的 Louise Ashcroft，Mecanoo 建筑公司的 Hanneke Hollander，Richard Meier 合营建筑公司的 Lisa Green，Morphosis 公司的 Anna Moça，建筑师 Rafael Moneo，Kazunori Hiruta，Naito 建筑师协会、NOX 建筑公司的 Lars Spuybroek，都市建筑室的 Jan Knikker，Oosterhuis 公司的 Andre Houdart，Andres Perea Ortega、建筑师 Paredes/Pedrosa，Gilles Perraudin 建筑公司的 Linda Coeuret，Dominique Perrault 建筑公司的 Gaëlle Lauriot-Prévost，Renzo Piano 建筑工作室的 Chiara Casazza，Porphyrios 建筑师协会的 Nicky Walker，Matthew Priestman 建筑公司的 Matthew Priestman，propeller z 的 Philipp Tschofen，João Álvaro Rocha 和 José Manuel Gigante，Richard Rogers 合营公司的 Tina Wilson，Liz Kim，Bernard Tschumi 建筑公司，诺森伯兰大学的 Nicola Pearsall 博士，Koen van Velsen 建筑公司、Weiss Manfredi 建筑公司的 Lauren Crahan、Todd Williams、Billie Tsien 及其同事、Yoshiharu Tsukamoto，Yamamoto 附设工厂的 Minako Ueda。

感谢所有提供他们作品的摄影者：Christian Richters、Luís Ferreira Alves、Javier Azurmendi、Jim Dunster、Esto 图片公司、Dennis Gilbert/VIEW、David Grandorge、Hiroyuki Hirai、Holger Knauf、Heiner Leiska、Mitsuo Matsuoka、Michael Moran、Robert Peebles、Margherita Spiluttini、Kim Zwarts。

石材强度属性由 CERAM 建筑技术公司提供，因为股东 DETR 参与了创新工程（不列颠联合王国环境运输与地区系）

日本太阳能建筑工作室和 Maeta 混凝土工业公司的有关 Solarchis 太阳能房的信息由英国可再生能源公司 CADDET 中心提供。

1

第1章 材料

- 1.1 材料的趋势: 能量体现
- 1.2 钢材
- 1.3 不锈钢
- 1.4 铝合金
- 1.5 玻璃
- 1.6 混凝土
- 1.7 圬工
 - 1.7.1 混凝土块
 - 1.7.2 石材
 - 1.7.3 砖
- 1.8 塑料与复合材料
- 1.9 木材和胶合板
 - 1.9.1 木材
 - 1.9.2 胶合板
- 1.10 涂面材料
 - 1.10.1 铜、锌和铅
 - 1.10.2 石膏、灰浆和瓷砖

1.1 材料的趋势: 能量体现

1. 能量体现(embodied energy) 介绍

在建筑材料的生产过程中要消耗能量, 建筑材料的运输、安装和最后的修复或破坏几乎总是以化石燃料的形式进行, 这种化石燃料是不可再生的, 而这种不可再生的化石燃料在以上过程中要释放出二氧化碳(CO_2)。在生产建筑材料时, 我们所考虑的一个最重要的因素是大气的排放标准, 特别是 CO_2 的排放, 因为它是改变气候的一个主要因素。

建筑材料能量的体现可以看作是材料在生产、运输、现场安装以及最后的破坏和回收过程中消耗能量的总和。能量体现必须要与建筑物在整个使用生命期里消耗的能量总和和相关, 一个建筑物的能量总消耗可以视作在整个使用期内能量体现与使用该建筑物所消耗的运营能量的总和。目前, 如果以50年作为一个使用周期, 则能量的体现只占建筑物整个使用期能量消耗的10%。然而, 可操作能量成分的水平开始显著减少, 我们可以通过一系列的措施来改善这种不利现象, 如改善绝热条件、混合使用有源和无源控制(这种混合使用可以控制通风热损失和太阳热能的获得)等, 这将使得建筑物中能量体现的成分更为重要。

因为有关可操作能量成分的减少现在正在研究之中, 故能量体现与可操作能量之间的关系在此不予讨论, 本书集中讨论典型的结构形式是怎样与低能量体现的建筑物相融合的, 而不考虑所使用材料各自的能量体现水平。

2. 能量体现值

本章所采用的能量体现值的数字引用自英国结构工程学院出版的《耐久建筑物: 无损耗结构》, 该书列举了除材料的破坏和回收使用以外的71种材料能量的体现, 其中包括运输。其部分数据来自早期英国钢结构协会K J Eaton 和 A Amato的著作:《现代办公建筑的比较环境生命周期评估》。当材料在不同的地点进行生产、运输和安装过程中消耗的

能量较大时, 我们很难精确测定其能量体现。

3. 建筑材料能量体现级别

当前的研究集中于建筑物内某一种材料的能量体现级别, 而并非针对采用多种材料的某一类建筑。研究主要表明, 像石材一类的天然材料, 其能量体现值较低。钢筋混凝土、砖、混凝土块、木材和其他木制品(如叠层木材和胶合板)具有更高的能量体现值。除了考虑运输以外, 木材的能量体现值也是比较低的, 但对于工业化高度发达的国家, 他们所用的大多数木材是进口的, 这就形成一个木材总体能量体现值级别相对高的比例。目前, 在普通的建筑材料中, 钢材的能量体现值仍然比较高, 铝材的能量体现值是最高的。这些发现引发一个假设, 即: 天然材料更加耐用。

4. 建筑结构中典型能量体现方式的比较

为了比较能量体现级别, 我们用两个例子来进行说明。第一个例子有关办公大楼结构框架的选择。在英国, 大量的建筑, 包括从办公室到教学大楼和医院, 都有相似的跨径和载荷。所调查的结构框架无非使用钢材或者钢筋混凝土, 对载荷较大的长跨结构而言, 使用木材并不经济, 一般不予考虑。第二个例子关于使用不同材料的墙贴面层。这两组例子可以作为相同建筑的一个部分来使用。无论钢框架或者混凝土框架, 都可以采用以上任何一种贴面层方案。

之所以举这些例子, 其目的是为了找到以下答案, 即对用于结构和外墙的材料, 它们在结构中是怎样被单独或者同时使用, 以达到降低能量体现级别的目的。在此没有举屋顶的例子, 因为有不同设置的斜顶或平顶房, 这种例子会将调查范围过分地扩大到对建筑方法的比较中去。

在选择墙贴面层的方法时, 我们将能量体现级别的隔热效果作为一个单独的作业来调查研究。因为大多数隔热方式可以用于大多数的建筑结构形式中, 该结论通过以下比较得到证实, 即高水平能量体现(膨胀聚苯乙

烯)材料的使用与能量体现值极低的材料(矿纤维隔热)的使用。在覆盖层的选择中使用3m×3m舱体并开1m×1m的窗口,试验发现膨胀聚苯乙烯在墙板的全部能量体现值中平均占了15%,矿纤维隔热平均占了不到全部能量体现值的1%。因为所采用的隔热形式是一种特殊的建筑形式,这对能量体现级别造成一个比较大的影响,所以,在以后的例子中,我们忽略了隔热效应。

5. 例1: 办公楼框架的方法

在该例子中,对所选择的每种框架的能量体现级别都进行计算,这些框架是宽6000mm,长16000mm的开间,中间辅以支撑柱。我们一共检验了4种不同的方法:以混凝土柱支撑的现浇混凝土双向板;在钢框架上制造的预应力预制混凝土空心板(宽厚板);在钢框架上制造的轻型钢结构楼板双向密肋;在钢框架上制造的复合混凝土钢板。基于设计的要求,我们对典型办公楼不同结构的选择,其结构成分的比重与它们所体现的能量(GJ/m^2)成正比。对于每种材料,所有体现出来的能量被加在一起,从而得出结构完全安装所体现的全部能量值。对于采用钢材的方法,需要考虑消防措施,以便尽可能地具有可比性。对每种方法,体现的总能量来自每个组成成分计算得到的包含能量总和。所有的方法中,根据来自钢结构协会出版的《现代办公建筑的比较环境生命周期评估》的数字,可以采用一个等代方法进行计算,即使用多次回收利用的钢材(在建筑物生命周期完结后将被重新循环利用的钢材)和循环利用钢筋(通常采用电弧炉进行循环利用)。在结构混凝土中,压碎后的混凝土几乎可达混凝土材料的20%,但由于混凝土材料包含较低的能量,所以能量体现值的改变不会太显著,故该方法不予考虑。所有的方法中,由于混凝土柱对能量的贡献很小,所以我们对其忽略不计。

试验结果如下:

- 1a) 现场浇注的混凝土双向板(采用新铸钢筋)
 $1.73\text{GJ}/\text{m}^2$
- 1b) 现场浇注的混凝土双向板(采用回收钢筋)

$1.41\text{GJ}/\text{m}^2$

- 2a) 预制混凝土空心板/钢梁(采用新铸钢筋)

$1.27\text{GJ}/\text{m}^2$

- 2b) 预制混凝土空心板/钢梁(采用多次回收使用钢筋) $1.05\text{GJ}/\text{m}^2$

- 3a) 轻型钢结构楼板双向密肋/钢梁(采用新铸钢筋) $1.46\text{GJ}/\text{m}^2$

- 3b) 轻型钢结构楼板双向密肋/钢梁(采用多次回收使用钢筋) $1.20\text{GJ}/\text{m}^2$

- 4a) 钢混凝土复合板/钢梁(采用新铸钢筋) $2.28\text{GJ}/\text{m}^2$

- 4b) 钢混凝土复合板/钢梁(采用多次回收使用钢筋) $1.78\text{GJ}/\text{m}^2$

很明显,从以上信息可以看出,能量体现最多的施工技术是采用钢混凝土复合板,而数字最低的是采用预应力预制混凝土空心板支撑的钢框架,紧随其后的是采用轻型钢结构楼板双向密肋支撑的钢框架。采用钢混凝土复合板方法所体现的能量值比采用预应力预制混凝土空心板方法所体现的能量值大了80%,比采用轻型钢结构楼板双向密肋方法的大了56%。这4种方法用多次回收使用的结构钢筋和多次回收使用的受力钢筋进行了重复试验,除了采用轻型钢结构楼板双向密肋方法时能量体现值比采用预应力预制混凝土空心板方法所体现的能量值略大一点之外,其余结论保持不变。综上所述,我们可以发现,最大的材料使用效率和预制程度与它们所能体现的最多能量值之间是矛盾的,即如果满足材料最大程度使用效率和最大预制程度,则它们所能量体现值就是最小的。目前比较流行的预装构件组合结构与可支撑结构是一致的。

6. 例2: 墙贴面层的选择

我们计算了在3000mm×3000mm(10ft×10ft)开间中的每个面的能量体现值(EE)的级别。由于我们在计算中忽略了隔热效应,所以在每个面的施工中没有考虑U值,对每个贴面层板的施工方法,我们均假设每块板的顶部和底部都由一块水泥板或圈梁支撑,每块板内的构件的大小也就因此而确定。正如结构形式的选择一样,我们是基于在安装中

所使用的每种材料的重量与其EE值的乘积来计算能量体现的水平。结果如下:

	GJ/m ²
1) 木框架墙+双层玻璃窗	0.48
2) 木框架幕墙	0.82
3) 钢筋混凝土镶板+双层玻璃窗	0.70
4) 面砖空心墙+双层玻璃窗	2.33
5) 带支承角钢的面砖空心墙	2.54
6) 铝框幕墙	2.48
7) 钢框幕墙	1.26
8) 螺钉固定安装的玻璃	0.80

能量体现值最低的墙是木框架墙, 能量体现值最高的墙是铝框幕墙和面砖空心墙。当框架方法中采用钢材时, 幕墙的能量体现值大约降到用铝材时的一半。

在带1m²窗户的不透明墙的几种方法中, 木材与钢筋混凝土的能量体现相对而言是差不多的, 但面砖空心墙的能量体现值几乎是木框架墙的5倍。对于玻璃幕墙, 钢材的能量体现级别高于木材的能量体现级别, 而采用螺钉固定安装玻璃方法的能量体现级别是最低的。铝和空心砖是一个明显的例外, 它们的能量体现水平对给定的配置是相似的, 如在不透明表面和玻璃表面。

面砖的EE值是混凝土砖EE值的9倍, 是普通砖的两倍。螺钉固定安装玻璃使用的材料最少, 采用玻璃作为镶板, 该镶板沿边缘方向是没有约束的。铝材框架法的使用导致其能量体现值是玻璃材料的3倍, 钢框架的能量体现值更高, 较之螺钉固定安装的玻璃构件还高60%。即便如此, 从操作的角度而言, 钢材中的热突变区的克服还存在问题。

7. 在典型的结构形式中, 高、低能量体现材料之间的最好混合方法是什么

例子表明, 当混合材料消耗的EE最低时, 该混合形式的材料利用效率最高。对于一个由高能量体现值材料施工而成的建筑物, 比如贴面层为玻璃嵌板的钢框架建筑, 那么在相同设计的前提下, 其材料将远低于用钢筋

混凝土修建的建筑物, 且总包含能量更低。令人惊奇的是, 在通过对不同玻璃幕墙和空心墙结构之间的比较中, 对于一个带规则间距的窗户和座角支撑钢的非隔热的空心墙, 其能量体现值是采用螺钉固定安装的双面玻璃窗的3倍, 而这两种结构形式的U值是相似的。

试验表明, 在一个单一的建筑中, 如果要得到较低的能量体现值, 我们可以通过轻重结构混合的方法。从上面的例子中, 最好的混合方法可能是木材外覆盖预制混凝土或采用轻型钢结构楼板双向密肋的、以螺钉固定安装玻璃的结构面。最差的混合方法可能是砖包裹钢筋混凝土复合板, 但这种建筑混合近年来用的比较广泛。

在用高能量体现材料的地方, 我们更强调对材料的高效利用。从能量角度出发, 铝材似乎比较浪费, 这主要是因为当在建筑物中使用铝材时, 正如需要它的高强度一样, 还需要较高的刚度。因为我们使用铝材的目的要保证挤制成形的精度, 而不是利用它的轻质, 该例子在别的场合就不适用了, 如在飞机设计中, 铝因其高强轻质而被使用, 刚度就显得不那么重要, 因为飞机的某些部分可以弯曲而不会显著地影响其操作。

8. 回收和可持续性

为了在建筑物的施工中减少能量体现级别, 不同材料的EE水平可能意味着我们偏向使用预应力混凝土和木材而不是钢材和铝材。然而, 这一标准必须体现于以下全局范畴, 即回收不可再生资源, 以及使用可再生资源的一个可持续方法。

砖和混凝土块是可以被重复利用的, 但在现实中, 它们在许多场合又不能重复使用, 例如, 当充足的木材供应能够提供更好的材料资源时, 或者当有着更高能量体现值的钢材和铝材比较容易被回收利用时等。一旦被制造, 这些金属就已经进入一个被重复使用的循环中, 铝材是最容易被回收的材料之一, 而且成本合理。通过回收可以节省能量, 较之于从铝土矿中生产等量铝制品, 从铝屑中

进行加工进而使其改变成高质量铝制品只需大约5%的能量。

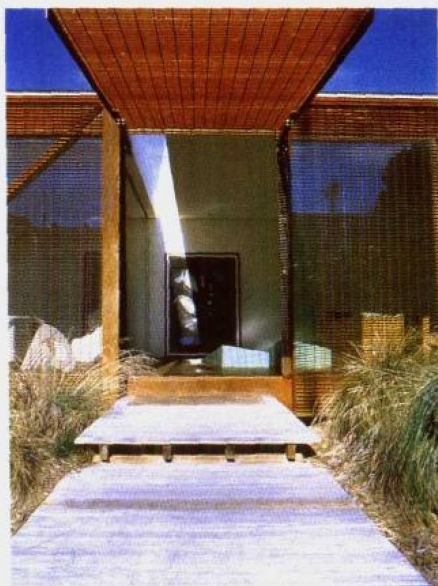
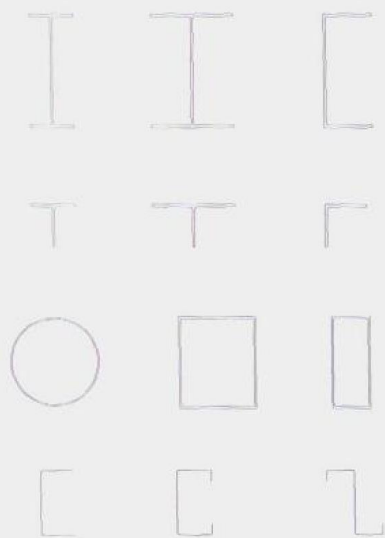
建筑材料的生产对我们的环境有直接影响，在天然环境中开采原材料可对环境构成长期破坏。从矿石中提炼钢和铝会在地里留下孔洞，采矿区可以被重建。考虑到木加工业能够同时也应该重新栽种替换树木，因而可对树木进行砍伐。该工作的开销也将被计入以后的能量体现值的计算中。在建立木材资源时应该注意，由于每年被毁的热带森林的面积相当于一个英国的面积，因此，木材应该从有管理有持续发展能力的森林或从建立在退化土地上的种植园中进行有选择的砍伐。从环境的角度而言，适当规划建筑物的使用寿命将具更高优先权，这可能导致商场结构构件的预安装，这些构件能够使用一套零件来适应需要的改变，或者当产生某种需要时能够进行分解和重新组合，进而又将导致以下情形：现代化的、高能量体现值的建筑物将被拆除和回收材料而不是被维护，但允许作为文化遗产的一些巧工建筑物可在不考虑回收的情况下得以保存。

总之，不管是一个设计精良的用螺钉固定安装的玻璃结构面的轻型钢结构，还是木材镶面的预应力预制混凝土结构，都可以提供能量体现的优化方法，进而建造耐久性建筑。这两种方法依赖高度专业化的配件预先制造和预先安装，对传统建筑而言，这既是一个好消息，也是一个坏消息，焦点是预制配件和精选材料的有效使用。看来，配件预制和预装能够为将来的建筑提供一个灵活的、适应性强且具耐久性的方法。

8)面砖	11.7
9)灰浆	0.84
10)地面上的现浇混凝土结构	1.09
11)钢筋混凝土	26.8
12)胶合板	17
13)混凝土块	1.31
14)墙绝热	35
15)塑料	150

9. 使用能量体现值

	GJ/t
1)铝合金	200
2)合成橡胶	150
3)结构钢	26.8
4)窗户中使用的钢	31
5)浮法玻璃	15
6)软木	13
7)石膏板	2.7



20E



109

1.2 钢材

钢材是基于铁的、掺与其他微量元素的合金，其中最重要的微量元素是碳。建筑工业中使用的三种主要形式的钢是：型钢、薄钢板和铸钢。目前，型钢通过轧制形成，可以挤压形成复杂的型钢，但这种方法需要高压对钢材进行挤压，所以使用有限。相对而言，铝材是一种比较柔软的材料，所以更容易挤压成形，即使当铝与其它材料如铜等形成合金时，可挤压型材尺寸也可以显著下降。钢材挤压形状不能小于直径约150mm(6in)的圆，对于型钢，这已经非常小了，但它们平滑的表面使得它们适用于制造如幕墙的支肋(用于提供比I形钢或II形钢更加精细的肋片)等的构件。目前，轧制型钢还是要比压制型钢容易得多。

生铁和熟铁曾经是钢材的使用史上的先驱。生铁，一种高压抗强度的脆性材料，在18世纪末逐渐成为一种普遍使用的建筑材料，而熟铁是在50年

后才发展起来的。熟铁的延展性和抗拉强度都高于生铁，这使得它不易产生振动破坏。(巴黎的Eiffel铁塔是用熟铁制造的最后一个巨型建筑物)到19世纪末，生铁和熟铁这两种材料都被钢材所替代。钢材在1740年第一次被生产出来，但直到1856年Bessemer发明炼钢炉以后，钢材才可以大批量的生产。该设备所用的方法是通过鼓风机把空气压入高炉(鼓风机由此而来)，将杂质烧掉，以便紧接着用较纯的铁进行挤压。到1840年，熟铁的标准形状已经形成了，它们主要是指轧制平板钢、T形钢和角钢，这三种形状能够制成结构构件，然后通过铆钉将这些结构构件进行组装。到1880年，I形轧制钢的普遍使用导致钢材使用最终代替了熟铁。

1. 原材料的生产过程

钢的生产分为以下几步：首先，从含氧化铁的铁矿石中炼制铁。氧化铁在鼓风机中加热至熔化，并使用碳作为还原剂，混和物熔化后被倒进模子

中形成生铁；接下来，对此生铁再进行加热以除去杂质，包括碳，使生铁中碳含量在2.4%到4%之间，然后，把碳含量减少到0.2%，同时加入如锰、硅等材料以阻止其氧化过程并稳定碳含量，最终得以形成钢。在熔化以形成铸件或铸块时可以把它倒入模子中轧制成钢板或型钢。

2. 属性和数据

结构碳钢的属性如下：

- (1)密度：低碳钢 $7850\text{kg/m}^3(490\text{lb/ft}^3)$
- (2)设计强度：约 $275\sim 800\text{N/mm}^2(5.7\times 10^6\sim 1.6\times 10^7\text{lb/ft}^2)$
- (3)杨氏模量： $205\text{kN/mm}^2(4.2\times 10^6\text{lb/ft}^2)$
- (4)热胀系数： $12\times 10^{-6}\text{K}^{-1}(6.7\times 10^{-6}\text{F}^{-1})$
- (5)热导率： $45\text{W/(m}\cdot\text{K)}[26\text{BTU/(h}\cdot\text{ft}\cdot\text{F)}]$
- (6)比热容： $480\text{J/(kg}\cdot\text{K)}[0.11\text{BTU/(lb}\cdot\text{F)}]$

为便于与其他材料进行比较，下面列出钢材的属性：

- (1)高抗拉抗压强度。
- (2)高硬度，高抗拉抗压刚度。
- (3)钢板表面光滑，但锻造型钢和铸钢的纹理要相对粗糙，即使刷上涂料。
- (4)比相同构造的混凝土结构更轻质。
- (5)高延展性，破坏前变形较大。
- (6)高抗冲击性。
- (7)高热导体。
- (8)高导电体。

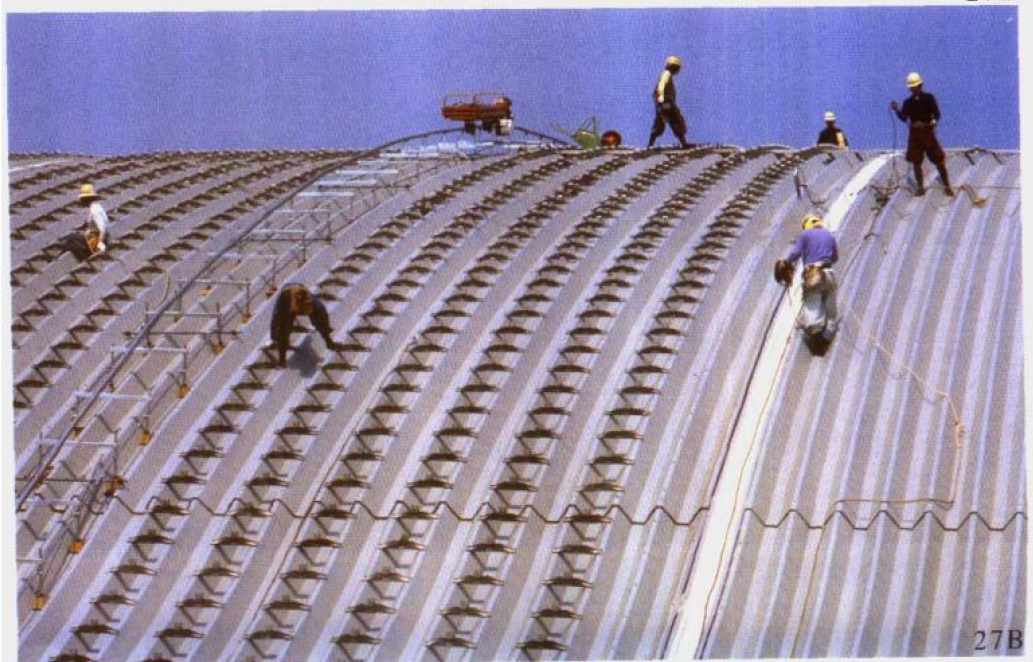
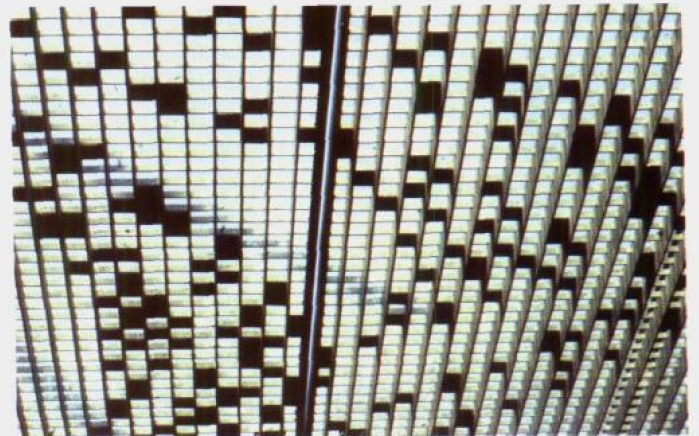


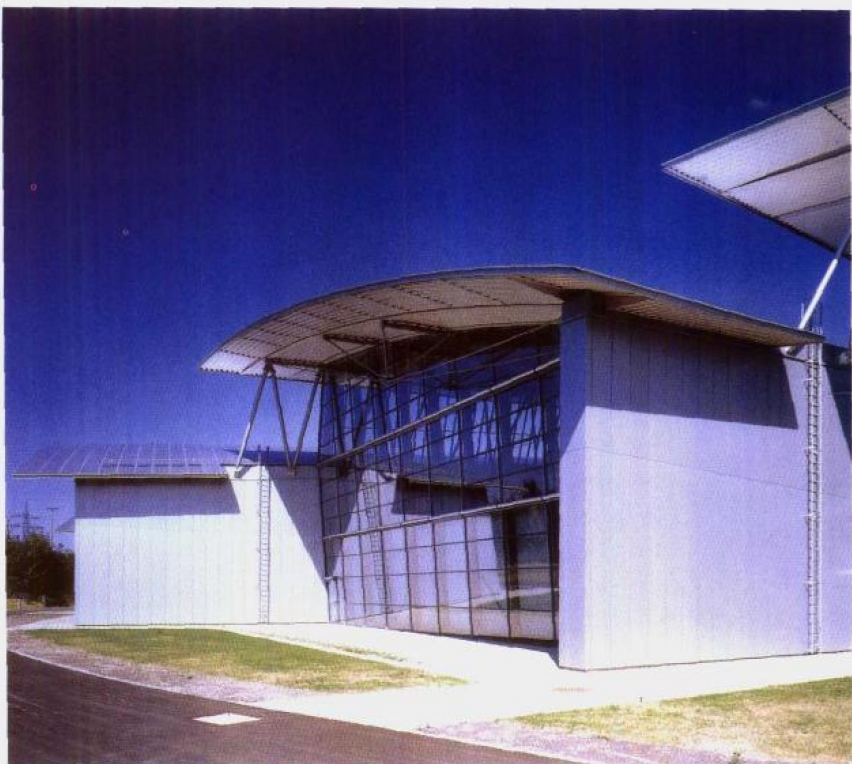
- (9)热胀率约为铝材的一半。
- (10)易持续生锈，耐老化钢除外。
- (11)防火性能差。

3.材料的选择

热轧结构低碳钢分3种类型：其设计强度从 275N/mm^2 逐渐增加到 400N/mm^2 ($5.7 \times 10^6\text{lb/ft}^2$ 到 $8.3 \times 10^6\text{lb/ft}^2$)，不同国家不同地区略微有所区别。高强钢的强度可达 800N/mm^2 ($17.6 \times 10^6\text{lb/ft}^2$)。因为对所有钢材类型，杨氏模量是个常数，即使材料强度增加，但刚度仍保持不变。钢材的价格也是随着强度的增加而增加，包括原材料价格和材料的加工价格。同时，随着材料强度的增加，焊接变得更加困难，因此需要专业化。对一些在制造过程中经过高温淬火的高强钢，如果不够仔细，焊接可能会潜在地使得制造无效。标准轧钢的制造是从低强度逐渐到中等强度的，但高强钢大多是以厚板钢的形式进行生产的，因为对它的使用需求较小。所以，复合形状的结构构件必须进行特殊制造。

冷处理低碳钢在比较小规





模结构构件中使用，如主要用于美国的金属框架房屋和低层商业建筑的轻质结构框架，也用于干饰面内墙分块中。低温成型型钢是由结构碳钢的薄钢板或者1.5mm(1/16in)厚的钢带制得，复杂型钢是通过折叠和挤压形成而不是象热成型型钢那样通过轧制形成的。

4. 材料的使用

型钢和薄钢板可以弯曲到很小的半径，螺栓连接和焊接是连接型钢、薄钢板和铸件最普通的方法。钢可以被锯和钻孔，如果没有提供表面防护，它将不断地生锈，这是钢制件的一个本质特点。当对它钻孔或切割时，需要防护新暴露出来的表面。如果钢材出厂时的涂层在钻孔和切割之前就形成了，那么该防护就特别重要了。采用电镀是一个节省的方法。锌涂层是防腐的，通过热镀或火焰喷涂在钢材表面涂上锌保

护层。在钢构件被生产出来以后进行电镀，这样才可使保护层涂满所有焊接和钻孔的地方。该过程能够导致较小的钢构件的变形，因此可能不适用于所有类型的制造方式。电镀不久后的表面带斑驳的灰色光泽，当锌因氧化而老化时，变成暗灰色，这种视觉上的外观通常不适用于暴露的结构钢构件或建筑物的覆层，这些地方的涂层更加常见，这时可以用火焰喷涂代替电镀方法。作为专利涂料的一部分，我们在工地或者工厂里可以用手工完成火焰喷涂。确保完成可见构件的地方的处理，这是必须注意的控制条件，因为它可进一步确保最后一道漆与环境涂层之间的同时匹配和调和。

如果钢结构作为建筑物的主要结构，则需要采取防火措施。通过采用混凝土包装，把钢结构包裹在防火板内，或者涂以发泡漆来达到此目的。钢

框架隐藏在涂层材料下面，这些部位可以采用喷涂方法涂上防火涂层，喷涂后的表面就显得非常粗糙而且呈纤维状。

5. 涂层

对于涂层，许多工厂应用专利钢材涂料系统，最常见的类型是浓稠的有机涂料和粉状涂料，有时采用PVDF(PolyVinylidene Di-Fluoride,欧洲也叫PVF2)，我们将在铝型材中对它进一步讨论。采用有机涂料是一种高级别的防腐措施，但它有一种独特的桔黄色的脱落纹理。钢卷可以使用有机涂料，薄钢板就是从这种钢卷上切割进行生产的。在表面暴露或安装时被破坏的地方，这种有机涂料是一种补漆的方法，但如果要进行成功的补漆，色彩相配是一个非常重要的考虑因素。

6. 回收

考虑其合理的成本，钢材