

Mc
Graw
Hill

Education

砌体的设计与构造细部

MASONRY DESIGN AND DETAILING

【原著第五版】

[美] 克里斯丁·比尔 著

Christine Beall

王立久 译



化学工业出版社

Mc
Graw
Hill

砌体的设计与构造细部

(原著第五版)

[美] 克里斯丁·比尔 著

Christine Beall

王立久 译



化学工业出版社

· 北京 ·

砌体建筑的发展是集材料、装饰、热工、结构、建筑、施工诸方面的系统工程,本书不仅概括了砌体技术的历史及其发展,并从建筑美学角度、技术水平和环境影响等方面对砌体建筑进行了综合的描述。

本书共分4篇18章。第1篇(1~2章)导论:介绍了砌体结构的发展及各种砌块的原材料及其生产流程;第2篇(3~7章)为砌体产品及其配件:介绍了各种砌块及配件的基本性质和性能;第3篇(8~14章)建筑体系及实际应用:介绍了各种墙体、过梁和拱以及其在工程应用中应注意的问题及相应的法规;第4篇(15~18章)施工:介绍了砌体的安装工艺、砌体的清洁和恢复、施工中的质量保证与控制以及施工规范和现场观测。

本书采用现行的国际标准和最新规范,内容通俗易懂,简明扼要,对细节部分配以图表进行了说明,使专业人员能尽快掌握砌体结构的相关信息。

本书适用于土木建筑类的专业教学,也可作为相关科研院所的研究人员、专业技术人员、管理人员和建筑施工单位人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

砌体的设计与构造细部:第5版/[美]比尔(Beall,C)著;王立久译. —北京:化学工业出版社,2006.10

书名原文:Masonry Design and Detailing

ISBN 978-7-5025-9290-5

I. 砌… II. ①比… ②王… III. 砌体结构-结构设计 IV. TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第121773号

Masonry Design and Detailing, Fifth Edition/by Christine Beall

ISBN 0-07-137734-4

Copyright © 2004 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Chemical Industry Press.

本书中文简体字翻译版由化学工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。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。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2005-3266

砌体的设计与构造细部

(原著第五版)

[美] 克里斯丁·比尔 著

王立久 译

责任编辑:仇志刚 窦臻

责任校对:李林

封面设计:潘峰

*

化学工业出版社 出版发行

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

购书咨询:(010)64518888

购书传真:(010)64519686

售后服务:(010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 26½ 字数 691千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-5025-9290-5

定价:58.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

译者前言

砌体结构一直是我国量大面广的一种结构形式,采用砖或者是其他的块材不仅可以建造房屋,还可用以建造桥梁、隧道、挡墙、涵洞以及水工结构,如坝、堰等,还可以建造特种结构,如水池、料仓、烟囱等。砌体结构之所以应用如此广泛,是和它的独特优点分不开的。这主要是:易于就地取材,能满足各种建筑结构要求,还具有较好的耐火性、化学稳定性和大气稳定性,较钢筋混凝土结构节约水泥和钢材。采用空心砌块或者是大型板材作墙体时,可以减轻结构自重,加快施工进度。特别是黏土实心砖几千年来经久不衰,其关键在于制造简单砌筑方便,更为可贵的是在施工现场可断劈成各种尺寸以适应各种建筑,同时这些建筑又给人以安全、质朴和回归自然的感觉。但是砌体结构也存在着一些缺点,如自重重大,砌筑工作繁重,砂浆和砖石之间的黏结力较弱,抗拉、抗弯和抗剪强度较低,当使用黏土砖时其制造过程将占用大量的农田等。

建筑节能是中国的一项国策。建设节约型社会是摆在全国人民面前头等大事。目前政府制订了严格的建筑节能标准。所以要推广砌块建筑,同时要达到节能标准的要求,墙体的保温隔热是一个非常关键的问题,我国目前的做法不外是外保温、内保温、复合墙体保温3种,针对不同地区不同结构类别可选适当的方法。但无论采取何种保温形式都和砌体材料本身性态、墙体细部构造是密不可分的。

砌体建筑的发展是集材料、装饰、热工、结构、建筑、施工诸方面的系统工程,从单一角度去考虑,难免带有片面性,一定要树立集成的概念,才能建出美观、可靠、实用、耐久的建筑。我国相关专家学者已编辑和出版了大量关于砌体结构的书籍,相关企业还引进国外先进生产线。但是由于我国的砌体结构应用范围不及国外广泛,砌体建筑设计和施工工艺与国外的一些先进技术,特别是一些理念还存在着一定的差距,为此化学工业出版社引进了克里斯丁·比尔编写的这本《砌体的设计与构造细部》。该书作者对多种建筑类型的设计、规范编制和施工具有25年以上的实践经验。他在承重砌体结构、饰面砌体体系、外墙粉刷、EIFS围护体系、接缝处理、建筑外围模具、建筑物防潮和结露分析方面均有很高的造诣。

本书不仅概括了砌体技术的历史及其发展,并从建筑美学角度、技术水平和环境影响等方面对砌体建筑进行了综合的描述。主要内容包括:工程设计、节能和隔声控制、养护维修、涂层技术以及施工工艺,并介绍了各种砌体材料。本书的目的旨在将现有的行业信息综合成一本简明而且全面的参考书。本书自第一版出版以来,不断地进行了修改和增补,如今我们将最新的第五版译出,希望为我国砌体结构的相关研究人员、专业技术人员和管理人员,在研究和实际应用中提供一定的参考和帮助。

特别是我国各地相继禁止使用黏土砖;用工业固体废弃物生产新型墙体材料,如混凝土空心砌块、各类板材以及一些复合墙体材料等;同时目前我国亟待解决的墙体开裂、建筑节能和墙体细部构造设计等方面,该书对此都有极为重要的参考价值。

文中图和表都统一编序,为了读者使用方便,文后附有单位换算表。

由于译者的水平有限,时间仓促,译文中的缺点和疏漏之处在所难免,恳请读者提出批评和指正。

译者
2006年8月

第二版前言

本书从美学角度、技术水平和环境影响方面对砌体建筑进行了综合的描述。主要包括：工程设计、节能和隔声控制、养护维修、涂层技术以及施工工艺。目的是将现有的行业信息综合成一本简明而且全面的参考书。本书可以作为建筑师和其他设计专业人员使用。

本书的主要信息来源于美国砖学会（BIA）和美国国家混凝土协会（NCA）已经出版的资料，尤其是BIA的“技术说明”系列和NCMA的“TEK公告”部分。具体的参考文献与提供帮助的国家和地区砌体协会一并列于书后。

在成书的过程中，美国建筑师协会的 Excy Johnston 绘制了图表 1-1 和图表 2-1 的草图；休斯敦/加尔维斯顿砌体协会的 Gregg Borchelt, P. E. 校订了书中的第 10、第 11、第 12 章并提供了试块；Bernie Beall 绘制了草图；Kathy Cogburn 将草稿输入到电脑中。在此作者对上述人员表示衷心的感谢。

书中的照片和许多技术说明、插图和表格承蒙美国砖学会，国家混凝土砌体协会，美国混凝土协会，美国砌体协会和波特兰水泥协会提供。在此作者向上述单位表示谢意。

美国建筑师协会
克里斯丁·比尔
于得克萨斯州奥斯汀

第三版前言

该版中有几处重大变动。首先，对内容作了进一步的扩充，主要包括添加新的主题和对已有主题作更具体的讨论，同时还补充了许多新的插图、表格和照片。新增内容包括砌体标准接缝委员会的讨论结果和砌体结构建筑法规（ACI 530/ASCE 5/TMS 402）及其相关规范。修订版对统一建筑法规（1991）、国家建筑法规（1990）和标准建筑法规（1991）都作了及时的更新。新增的许多细部资料都是作者在 Magazine of Masonry Construction、The Construction Specifier、Architecture 和 Architectural Record 等杂志上公开发表过的。

该版内容也重新作了调整，一方面使结构设计主题更加系统化，另一方面新增位移和湿度控制，铺筑道路和砌筑壁炉和砌体的清洁与恢复 3 章。作此调整更易于信息的查询。

美国建筑师协会
克里斯丁·比尔
于得克萨斯州奥斯汀

第四版前言

依据《统一建筑法规》(1994年版),砌体标准联合委员会(MSJC)起草的《砌体结构建筑法规》(ACI 530/ASCE 5/TMS 402)(1995年版)和《砌体结构规范》(ACI 530.1/ASCE 6/TMS 602)的修订,该版在内容上进行了相应的更新。同时该版也涵盖了 ASTM 的最新标准,并更新了原有标准的参考书目。关于“砂浆选择”部分内容,做了进一步的扩充,其中详细阐述了选择砂浆的标准和具体选用砂浆的方法,并新增“质量保证与质量控制”这一章。编写该章有助于读者解决一些复杂的问题,例如如何确定砌体的质量保证操作,怎样选择适当的行业标准和 ASTM 质量监督检验方法,如何选定在现场观测或结构检测时使用的标准。同时还增加了对某些新型砌体制品的介绍,如分段式挡土墙、三元乙丙橡胶和橡胶改性沥青泛水板、砂浆水泥、抗震贴面板锚件。

国家建筑注册登记委员会 美国通信学会理事会

克里斯丁·比尔
于得克萨斯州哥伦布

第五版前言

第五版最大的改动是引入了国际建筑法规及砌体相关要求法规，替代了原有的国家统一标准法规。砌体标准委员会编著的建筑法规与规范依旧是主要的法规参考资料，实际也是最新 IBC 的主要参考资料。2000 年版的 IBC 是以 1999 年砌体标准委员会编著的建筑法规为基准，2003 年版的 IBC 则是以 2002 年砌体标准委员会编著的建筑法规为基准的。新的法规经扩充后，对饰面板、玻璃砌块砌体和预应力砌体给出了相关的要求。

为了更好地阐明本书内容，我增添了许多细部构造和图片。在湿气渗透这一主题中，增加了窗户泛水、女儿墙交会处、排水附件的细部构造以及其他关心的项目，还增加了一个有关渗水阻力基本原理的讨论，可以为今天的建筑师与承包商所用。

国家建筑注册登记委员会 美国通信学会理事会

克里斯丁·比尔

于得克萨斯州奥斯汀

目 录

第 1 篇 导 论

第 1 章 砌体技术的历史及其发展	2	2.2.4 生产	17
1.1 发展	2	2.2.5 备料	17
1.2 衰落	3	2.2.6 成型	17
1.3 复兴	5	2.2.7 养护	17
1.4 现代砌体	6	2.2.8 表面处理	18
1.5 通常的考虑因素	7	2.2.9 码垛储存	19
第 2 章 原料和生产过程	9	2.3 砂浆和灰浆	19
2.1 黏土砌块	9	2.3.1 水泥	19
2.1.1 黏土成分	9	2.3.2 石灰	20
2.1.2 黏土类型	9	2.3.3 砌筑水泥和砂浆水泥	20
2.1.3 备料	10	2.3.4 砂子	22
2.1.4 生产	10	2.3.5 用水量	23
2.1.5 成型	10	2.3.6 砂浆外加剂	23
2.1.6 干燥	13	2.3.7 砂浆颜色	25
2.1.7 釉化	13	2.3.8 灰浆外加剂	26
2.1.8 焙烧	13	2.4 环境影响	26
2.1.9 回火和储存	15	2.4.1 资源管理、再利用率以及物化 能量	27
2.2 混凝土砌块	15	2.4.2 现场控制	28
2.2.1 骨料	15	2.4.3 室内空气质量/建筑生态学	28
2.2.2 水泥	16		
2.2.3 外加剂	16		

第 2 篇 砌体产品及其配件

第 3 章 黏土和陶瓷产品	30	3.4.1 抗压强度	50
3.1 砖	30	3.4.2 挠曲强度	51
3.1.1 尺寸和形状	33	3.4.3 吸水率	51
3.1.2 空心砖	37	3.4.4 耐久性	52
3.1.3 特殊用途砖	37	3.4.5 膨胀系数	52
3.1.4 玻璃砖	42	3.4.6 耐火性和耐热性	53
3.2 建筑黏土砖	43	3.4.7 隔声性能	53
3.2.1 承重砖	44	3.4.8 颜色和纹理	53
3.2.2 非承重砖	44	3.5 土砖砌块	53
3.2.3 外墙面砖	45	3.5.1 土砖加工	54
3.2.4 陶釉面砖	46	3.5.2 物理性能和特性	55
3.2.5 遮阳砖	48	3.5.3 土砖砂浆	56
3.3 赤陶	49	第 4 章 胶凝砌块	57
3.4 烧结黏土制品的性能和特征	49	4.1 混凝土砖	57

4.2 灰砂砖	57	6.1.5 延伸率和体积变化	90
4.3 人造石	58	6.1.6 耐久性	90
4.4 高压蒸养加气混凝土	60	6.1.7 泛碱和碳酸钙斑点	90
4.5 混凝土砌块	60	6.2 砂浆的分类	91
4.5.1 作型芯	61	6.2.1 黏土砂浆	91
4.5.2 分级和含水量	62	6.2.2 石灰砂浆	91
4.5.3 尺寸和形状	62	6.2.3 波特兰水泥-石灰砂浆	92
4.6 特殊砌块	64	6.2.4 砌筑水泥砂浆	93
4.6.1 网格砖	65	6.2.5 “砂浆水泥”砂浆	93
4.6.2 饰面砖	67	6.2.6 波特兰水泥-石灰砂浆与砌筑水泥 砂浆之间的争论	94
4.6.3 铺路砌块	67	6.3 砂浆的类型	95
4.6.4 分段挡墙砌块	69	6.3.1 M型砂浆	95
4.7 性能和特性	70	6.3.2 S型砂浆	95
4.7.1 砌块强度	70	6.3.3 N型砂浆	95
4.7.2 吸水率	70	6.3.4 O型砂浆	95
4.7.3 体积变化	71	6.3.5 K型砂浆	95
4.7.4 耐火性、隔声性和耐热性	71	6.3.6 正确选用砂浆类型	96
4.7.5 颜色	72	6.3.7 规定砂浆的配比法和性能法	97
第5章 天然石材	73	6.4 特种砂浆	98
5.1 地质特征	73	6.4.1 耐火砂浆	99
5.2 石材的特性	73	6.4.2 耐化学腐蚀砂浆	99
5.3 石材的生产	75	6.5 灌浆	99
5.4 建筑石材	79	第7章 砌体结构配件	102
5.4.1 花岗岩	79	7.1 金属及其腐蚀	102
5.4.2 石灰石	79	7.2 水平接缝钢筋	105
5.4.3 大理石	81	7.3 连接物	108
5.4.4 板岩	81	7.3.1 连接件	108
5.4.5 砂岩	82	7.3.2 锚固件	109
5.5 石材的选择	82	7.3.3 紧固件	114
第6章 砂浆和灌浆	85	7.4 胀缩嵌缝条	115
6.1 砂浆性能	85	7.5 钢筋定位装置	115
6.1.1 工作性	85	7.6 泛水材料	116
6.1.2 保水性和流动性	85	7.7 排水孔配件	118
6.1.3 黏结强度	88	7.8 排水配件	120
6.1.4 抗压强度	89		

第3篇 建筑体系及实际应用

第8章 墙的类型和性质	122	8.4.5 防火分区	136
8.1 单层墙	123	8.4.6 防火等级	137
8.2 多层墙	124	8.5 热性能	137
8.3 镶板墙	127	8.5.1 热惯性	143
8.4 耐火性能	128	8.5.2 M因数	146
8.4.1 耐火试验	129	8.6 添加绝缘体	147
8.4.2 耐火等级划分	132	8.6.1 粒化填充物	148
8.4.3 UL分级	135	8.6.2 刚性板绝缘体和绝缘插入物	149
8.4.4 钢材防火处理	135	8.6.3 蒸汽阻滞层和空气隔离层	150

8.6.4 绝缘体的位置	150	10.6.2 锚固饰板	227
8.7 能量守恒	151	10.6.3 砖饰板和混凝土饰板	228
8.7.1 遮阳装置	151	10.6.4 石料饰面	233
8.7.2 建筑物接受直射的太阳热能	153	10.7 女儿墙	237
8.7.3 储热能墙体	153	10.8 座角钢	243
8.7.4 通风的热能储存墙	153	第11章 过梁和拱	248
8.7.5 混合体系	154	11.1 过梁	248
8.8 声学性质	154	11.1.1 荷载的确定	248
8.8.1 消音分级	155	11.1.2 钢过梁	251
8.8.2 吸声	155	11.1.3 混凝土过梁、混凝土砌块过梁	251
8.8.3 声音的传播	157	11.1.4 钢筋砖过梁	254
8.8.4 STC 等级	157	11.1.5 预制过梁	254
8.9 变形特点	160	11.2 拱	254
第9章 位移与湿度控制	162	11.2.1 小拱的设计	256
9.1 位移特性	162	11.2.2 图解分析	256
9.1.1 温度位移	162	11.2.3 转动	258
9.1.2 湿度位移	164	11.2.4 滑移	258
9.1.3 弹性变形	165	11.2.5 压碎	258
9.1.4 塑性变形	165	11.2.6 推力反力	259
9.1.5 微差移动的影响	165	11.2.7 大拱设计	260
9.2 柔性锚固	167	第12章 结构砌体	262
9.3 变形缝	169	12.1 砌体结构体系	262
9.3.1 变形缝设计	169	12.1.1 轴向荷载分布	262
9.3.2 变形缝的设置位置	172	12.1.2 水平荷载分布	263
9.3.3 设计上对变形缝的调整	177	12.1.3 横隔墙	265
9.4 潮湿防控	179	12.1.4 砌体剪力墙	265
9.4.1 水分积聚的防止措施	180	12.1.5 梁和撑柱	268
9.4.2 渗水的控制	187	12.1.6 连接	269
9.4.3 材料选择	194	12.1.7 基础	272
9.4.4 防水和防潮	194	12.1.8 配筋砌体和无筋砌体	272
9.4.5 结露和水蒸气的控制	194	12.1.9 经验设计与分析设计	273
9.4.6 结露的计算	195	12.1.10 规范要求	275
9.4.7 涂层	198	12.2 经验设计	275
第10章 砌筑墙与砌筑板	201	12.2.1 容许压应力	276
10.1 内部隔墙	202	12.2.2 横向支撑要求	276
10.2 影壁墙及围墙	204	12.2.3 墙厚	279
10.3 玻璃砖板材	216	12.2.4 黏结	281
10.4 单层墙	220	12.2.5 撑架	283
10.4.1 经验设计	221	12.3 分析设计	284
10.4.2 分析设计	221	12.3.1 砌块抗压强度	284
10.4.3 防渗漏设计	222	12.3.2 差异运动	286
10.5 多层墙	223	12.3.3 无筋砌块	286
10.5.1 复合墙	224	12.3.4 配筋砌块	286
10.5.2 空心墙	225	12.3.5 风荷载和地震荷载	287
10.6 砖石建筑饰面	226	第13章 基础和挡土墙	290
10.6.1 黏结饰板	227	13.1 概述	290

13.1.1	土的承载压力	290	13.3.3	底板	302
13.1.2	侧向土压力	291	13.3.4	排水和防水	302
13.1.3	冰冻深度	291	13.3.5	干垒块挡土墙	305
13.1.4	超载	291	第14章 砌筑路面和壁炉	308	
13.1.5	倾覆和滑移	291	14.1	砌筑路面	308
13.1.6	伸缩缝和控制缝	291	14.1.1	户外路面	309
13.1.7	材料	292	14.1.2	基础	310
13.2	基础墙	293	14.1.3	砂浆垫层	311
13.2.1	设计和施工	293	14.1.4	路面接缝	312
13.2.2	无筋墙	296	14.1.5	薄膜材料	313
13.2.3	配筋墙	297	14.1.6	砌块	313
13.2.4	基础	297	14.1.7	铺筑形式	314
13.2.5	排水和防水	300	14.1.8	砖梯级	315
13.3	挡土墙	301	14.2	壁炉	316
13.3.1	传统挡土墙的种类	301			
13.3.2	悬臂式挡土墙	301			

第4篇 施 工

第 15 章 安装与施工工艺	322	16.1.2 清扫方法	365
15.1 防潮	322	16.1.3 清扫新拌砂浆污迹	366
15.2 材料制备	322	16.2 泛霜与砌块表面的污迹	367
15.2.1 材料的存储和保护	322	16.2.1 泛霜及碳酸钙污点	367
15.2.2 砂浆和灌浆	323	16.2.2 钒及锰的污迹	369
15.2.3 砌块	325	16.2.3 来自外部的污迹	370
15.2.4 配件	327	16.3 清扫石材砌体	370
15.2.5 布置与分层铺设	328	16.4 清洁古建筑砌块	371
15.3 安装	332	16.4.1 试验	371
15.3.1 砂浆和砌块的铺设	332	16.4.2 清扫方法	372
15.3.2 泛水与排水孔	340	16.4.3 预防措施	373
15.3.3 控制缝和伸缩缝	344	16.5 修复与重勾缝	373
15.3.4 配件和配筋	346	16.5.1 修复	373
15.3.5 灌浆	349	16.5.2 接头破口准备	373
15.3.6 防护	354	16.5.3 砂浆	374
15.4 装配式砌体	356	16.5.4 勾缝	375
15.5 施工容许偏差	357	16.6 修复后的颜色匹配	376
15.5.1 砌块尺寸容许偏差	357	第 17 章 质量保证与质量控制	378
15.5.2 灰缝	358	17.1 质量标准	378
15.5.3 密封胶接缝	358	17.2 质量保证程序	379
15.5.4 接头	359	17.2.1 建设规范对于质量保证的 要求	379
15.5.5 灌浆与配筋	361	17.2.2 总则中的质量保证要求	379
15.6 冬季施工	361	17.2.3 具体的质量保证要求	379
15.7 酷热天气施工	362	17.3 质量控制程序	380
15.8 湿气养护	364	17.3.1 一般情况下的质量控制要求	381
第 16 章 砌块的清洁与修缮	365	17.3.2 规范中的质量控制要求	381
16.1 建筑清洁	365	17.4 现场观测和检验	382
16.1.1 保护措施	365	17.5 砌体结构的行业标准	382

17.5.1	黏土砌块标准	382	18.2	规范指南	393
17.5.2	混凝土砌块标准	384	18.2.1	砂浆与灌浆	394
17.5.3	砌筑砂浆和灌浆标准	385	18.2.2	砌筑配件	394
17.5.4	砌体结构用附件标准	385	18.2.3	砌块规范	395
17.5.5	实验室和现场试验标准	386	18.2.4	组织结构	395
17.6	工程项目提交	387	18.2.5	质量控制测试规范	395
17.6.1	工程项目提交内容的分类	387	18.2.6	样板与实物模型规范	396
17.6.2	工程项目提交的程序	388	18.3	MSJC 法规详细说明	397
17.6.3	施工详图	388	18.3.1	总则	397
17.6.4	产品资料	388	18.3.2	制品	398
17.6.5	样本	389	18.3.3	实施	398
17.6.6	质量保证/控制文件的提交	389	18.4	现场观测与监理	399
17.6.7	其他提交内容	389	18.4.1	材料	399
17.7	工程样板和模型	390	18.4.2	施工	399
17.7.1	样板	390	18.4.3	施工工艺	400
17.7.2	模型	390	18.4.4	防护与清理	400
17.7.3	灌浆演示模板	391	18.4.5	排湿	401
第 18 章	规范与现场观测	392	参考文献	402	
18.1	经济因素	392	单位换算表	407	
18.1.1	影响成本的因素	392	ASTM 参考标准	408	
18.1.2	工程估价	393			

示期本人向做事想...
工...
本...
五...
...
...

第 1 篇

导 论

第 1 章

砌体技术的历史及其发展

古老建筑也昭示着史前文明的发展，比如庙宇、堡垒、教堂和砖石城堡建筑向人们展示着历史的每个脚印。早期人们建造的永久性的避身场所，由于能够获得的材料有限而受到了限制。原始森林中的树木、江河流域的淤泥、黏土、山上的岩石、山洞和峭壁仅仅是最基本的保护、安全和防御的材料和场所，这些场所几乎都湮灭在历史的长河中了。然而早在公元前 3000 年建造的 Ur 庙，公元前 8000 年时期的 Jericho 城墙，以及公元前 14 世纪 Mycenae 的穹形陵墓的建筑框架上的砖石却保存了下来。砌体的永久性和耐久性使得这些史前的建筑记录得以保存，经过几个世纪的战火和自然灾害，保存了人类从穴居人到居住在城邦建筑中的发展历程。实际上，文明社会的历史也是建筑的发展史，建筑的发展历史又是砌体技术的发展历史。

1.1 发展

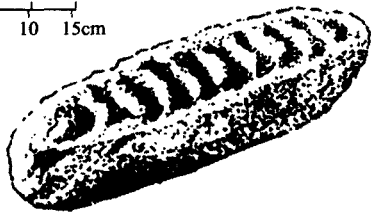
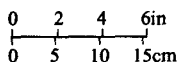
石材是史前以及人类进入文明之后应用的最古老、最丰富可能也是最重要的原材料。石材建成的城墙、塔和堡垒能起到防御作用。人类住在石材的建筑物中，在石材庙宇中膜拜，并且建造了石板路和石桥。当发明的工具具有足够的强度时，建筑者开始修整、切割石材，将不规则的石块整形，打磨凹凸不平的石面，在这之后石材建筑就摆脱了使用单独块状的石板的限制（例如史前巨石柱），发展过程经历了从成型的、装配的埃及大块石到复杂的雕刻圆柱和希腊、罗马的柱上楣钩。

砖是经过人类加工的最古老的建筑材料，它大约是在 10000 年前发明的。由于它操作简单、具有足够的强度并且具有良好的耐久性，使砖得到广泛的应用，并且使它在建筑史上的地位超越了石材。

作为早期易于加工的小型材料，毛石和泥砖可以堆砌、成型，建造简单的围墙或者复杂的建筑设计。公元前 3000 年，窑烧砖是在陶土工艺已经证明了高温对黏土有影响之后很久才出现的，因为在此之前手工成型风干的土坯砖，用草秸和粪便等多种材料增强后效果一直

很好。考古学者从古时城堡所在地收集到的一些世界上最古老的砖，类似长条型的粗面包，上表面还有新石器时代的拇指纹（如图表 1-1 所示）。公元前 3000 年左右，青铜器时代早期出现了木模，代替手工成型工艺。

拱和圆顶结构的发明堪称是建筑革命中最显著的革新。纵观历史，拱的出现是摆脱了石块和木材由于长度而引起的跨度局限性的主要标志，拱的出现使曾经认为不可实现的在空间架桥的想法成为现



图表 1-1 公元前 8000 年
通过太阳干燥的砖

实。早期的拱仅仅有一些起拱的作用，大多数都不是真正意义上的拱，是突拱。真正的拱将作用其上的荷载以简单的压力形式传递到每个桥墩上，只要接缝对于压应力以正确的角度粗略的排成一行，对拱的曲线的精确度要求不是很高。

挖掘巴比伦尼亚废墟暴露出的砌拱大约是在公元前 1400 年建造的，罗马人建造的拱达到了相当高的精细水平，后来的发展主要局限于外形的改造上。伊斯兰式和哥特式拱引发了穹棱拱的设计潮流，最终，13 世纪教堂式建筑和砌拱建筑达到了最高峰。

简单的穹顶结构实际上可能出现在真正的拱结构之前，因为像突拱，可以用连续的横向环形砌体构件建造成，不需要确定中心。这些穹顶可看作是圆形墙自身逐渐封闭起来的，而不是竖向的拱环。筒形拱最早出现在公元前 13 世纪的建筑中，如果底部是封闭的在建造时也可以不用确定中心。

早期应用的真正穹顶结构出现于公元 1 世纪中期到公元 2 世纪早期，此时正处于 Nero 和 Hadrian 统治时期。罗马万神殿的砖穹顶仅仅是由于穹顶周围砌有大量的砖就显示出极大的抵消前向推力的作用。后来的改进包括砌体突角拱和穹隅，在佛罗伦萨大教堂的圆顶建筑中体现较为明显，用半个圆顶在侧面支持着，这种形式还应用于君士坦丁堡 Sophia 教堂中。

1.2 衰落

由于设计主要是以早期的古典风格为基础，欧洲文艺复兴时期的建筑风格几乎没有显著的创新。在这个启蒙时期，建筑结构向前发展的推动力在砌体方面冲力基本消失了，同时砌体的结构保持在原来的水平上。

在工业革命的冲击下，人们的注意力集中到铁、钢和混凝土建筑上来。1824 年波特兰水泥的发明、19 世纪早期铁制品的提纯工艺以及 1854 年贝氏转炉的发展将建筑行业创造性的焦点从砌体结构上移开。

到 20 世纪早期，人们更多的关注摩天大楼，而石材工艺与砌体建筑已经跟不上其他建筑体系的发展步伐了。芝加哥学院率先应用钢和铁框架结构，而砌体作为饰面、填充和防火材料成为第二应用材料。芝加哥残存的建筑（1891）通常认为是符合古时砌体建筑惯例的最后的伟大建筑物（如图表 1-2 所示）。按照当时的建筑法规要求建造的 16 层非钢筋承重墙的地基需要数英尺厚，而这使它看上去不适应现代的工业社会。除了伴随 1893 年世界哥伦比亚展览和盛行一时的重商主义而来的宗教复兴时期之外，在科技革命时期发生了重大变换，框架建筑结构开始取代承重的砌体结构。

在这一时期，仅仅 Antonio Gaudi's 的纯西班牙式建筑在砌体结构设计方面显示出创新性（如图表 1-3 所示）。他的“结构唯理论”是以形式的经济性和效率性为基础的，利用了古代的加泰罗穹顶工艺、抛物线拱以及斜墩柱使砌体处于受压状态。他的设计中也有双曲抛物线形状的穹顶和为达到较高的结构强度设计的弯曲螺旋面穹顶。在这个领域 Gaudi's 是个例外，在 20 世纪，他倾向于发展轻质高层建筑技术。

当时大多数人认为混凝土和砌块建筑是没有抗拉强度的简单结构体系。然而不久之后，将起加固作用的铁和钢筋引入后，将混凝土带入一个新的发展水平。混凝土工艺快速发展到复杂的钢筋混凝土体系后，砌体的研究实质上已经不存在了，并且这种广泛应用的钢筋工艺也没有应用到砌体上来。

第一座钢筋混凝土建筑——Eddy stone 灯塔（1774 年），实际上是由混凝土和石材建

造而成的，但是当时使用铁和钢筋作为加固构件，仅仅局限于混凝土结构中。在 19 世纪早期和中期，用钢筋砖建造的砌体结构很少，这些尝试一直到 1880 年才停止。钢筋砌体的设计全是凭直觉或者经验的而不是靠理论，混凝土工程的快速发展超过了当时认为是过时的、效率低的没有经济效益的结构体系。甚至直到残存的建筑物翻修时，建筑法规仍旧认为砌体墙的横向抵抗作用是以重量为基础的，然而这一点却是使体系成本高、没有经济效益的原因。



图表 1-2 芝加哥残留的建筑物（1891 年 Burnham 和 Root 设计师），
最后一座未加固的高层砌体建筑

(Photo courtesy of the School of Architecture Slide Library, the University of Texas at Austin.)