

# 《砌体结构工程施工规范》

GB 50924-2014理解与应用

张昌叙 孙永民 高宗祺 主编

中国建筑工业出版社

《砌体结构工程施工规范》  
GB 50924 - 2014

理解与应用

张昌叙 孙永民 高宗祺 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

《砌体结构工程施工规范》GB 50924—2014 理解与应用/张昌叙, 孙永民, 高宗祺主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 8  
ISBN 978-7-112-16987-0

I. ①砌… II. ①张… ②孙… ③高… III. ①砌体结构-工程施工-建筑规范-中国 IV. ①TU36-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 131015 号

本书依据最新版的《砌体结构工程施工规范》GB 50924—2014 编写而成, 是对该新版规范条文的详细解读与理解。本书的主编人员均是该规范的主要编制人员, 因此本书具有一定的权威性和适用性。

全书共包括: 概述、砌体结构工程施工中存在的主要问题及案例、新规范制订背景及主要内容、新规范内容释义、关于砌体结构裂缝问题、建筑施工作业人员有关安全知识及规定、规范编写论文、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203—2011 实施中有关问题解答八部分内容。

本书适合建筑施工人员、建筑施工管理人员阅读使用。

\* \* \*

责任编辑: 张伯熙 杨 杰

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 刘梦然

《砌体结构工程施工规范》

GB 50924 - 2014

理解与应用

张昌叙 孙永民 高宗祺 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14¼ 字数: 342 千字

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-16987-0

(25767)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



# 前 言

砌体结构是最古老的建筑结构形式之一，在人类社会的发展进程中有着辉煌的成就。它具有取材容易、工艺简单、操作方便、经济和适用等优点，因而受到世人的青睐，即使在科学技术高度发达的今天，仍然是一种应用最为广泛的结构形式。当今，砌体结构建筑无论在材料、工艺、结构与设备的研究与应用，还是砌体结构理论的研究与计算方法的完善，都有突飞猛进的发展，进入到现代砌体结构体系新的发展阶段。

在国外，砌体结构的发展也有很长的历史，至今也得到了广泛的应用。砌体结构不仅应用于低层、多层建筑，也应用于高层建筑；不仅应用于非地震区，也应用于地震区，并经受了多年的地震考验，表现出良好的抗震性能。在设计理论方面，许多国家改变了长期沿用按弹性理论的容许应力设计方法的传统，积极采用极限状态设计方法。目前国际标准化组织砌体结构技术委员会（ISO/TC179）正在编制国际砌体结构设计规范，采用以近似概率理论为基础的安全法则，这将使砌体结构的设计方法提高到一个崭新水平。

我国是砌体大国，从 20 世纪 60 年代以来，我国在砌体结构的新材料、新技术、新结构的研究与应用领域取得了较大发展。但是，由于我国人多地少，人均耕地面积不足世界平均水平的 40%，土地压力巨大，所以近年来我国大、中城市大多采用混凝土结构建造高层和超高层建筑，而纯粹的砌体建筑结构却不太多。尽管采用配筋砌块结构可以建造高层建筑，与混凝土结构相比有一定技术经济优势，据有关资料介绍，高层配筋砌块剪力墙结构可比采用钢筋混凝土剪力墙结构降低工程造价、节省钢材、缩短施工周期。但到目前为止，仅有不多的几个城市在热心专家和学者推动下有所建造，这种配筋砌块剪力墙结构体系尚未得到大的发展。究其原因，除了人们认识水平的差异外，主要是这类建筑对施工技术要求高、施工难度大和施工机具不配套所致。虽然如此，从全国范围来看，砌体结构的应用仍十分广泛。就建筑物的墙体而言，目前仍有近 90% 的墙体均采用的是砌体结构，面对今后我国城镇化建设的热潮的兴起，砌体建筑将迎来新的发展机遇。

房屋建筑是一种特殊产品，它的使用周期长，又不像一般商品那样容易更换，因此，其产品质量更为人们所关注。对于砌体结构，由于经常采用良莠不齐的地方材料，在大量手工操作下进行建造，如不加以严格管理，很难确保其施工质量，甚至会导致在施工中和正常使用中的倒塌事故发生，给国家和人民带来严重的损失。

建筑业是事故风险较高的行业，安全事故屡有发生。政府对建筑安全问题极为重视，并制定了“安全第一、预防为主、综合治理”的安全工作方针。近年来国家对建筑工程的管理力度加大并要求所有建筑工程从建设单位到分包单位配备安全员，并要求对施工作业人员实行三级安全教育；特殊工种和高危岗位的工作人员要通过国家相关部门的考试后持证上岗。

我国尚处于经济快速发展阶段，作为大量消耗资源、影响环境的建筑业，应全面实施绿色施工，承担起可持续发展的社会责任。绿色施工是指工程建设中，在保证质量、安全

等基本要求的前提下，通过科学管理和技术进步，最大限度地节约资源与减少对环境负面影响的施工活动，实现四节一环保（节能、节地、节水、节材和环境保护）。

综上所述，为了在砌体结构施工中确保工程质量，做好安全生产和环境保护，同时，鉴于我国建筑业的迅猛发展和建筑施工企业的需求，住房和城乡建设部于2009年下达了《关于印发〈2009年工程建设标准规范制定、修订计划〉的通知》（建标〔2009〕88号）文件，确立了编制国家标准《砌体结构工程施工规范》工作。本规范是我国砌体结构工程施工的首本国家标准。规范编制过程中，编制组在总结了我国多年来砌体结构工程施工的实践经验 and 研究成果的基础上，参考有关国内和国外先进标准，开展了多项专题研究，并广泛地征求了有关单位和专家的意见，对主要问题进行了反复讨论、协调和修改，并经审查定稿。

为了配合中华人民共和国国家标准《砌体结构工程施工规范》GB 50924—2014的宣贯和实施，使广大工程技术人员更好地了解、掌握和运用本规范，特编著本书。本书内容丰富，可供建筑工程施工管理、工程监理、建设行政管理及高等院校有关专业师生参考。

由于本书综合性较强，涉及面较广，编者水平所限，疏漏和不当之处难免，敬请批评指正。

# 目 录

第一章 概述 .....	1
第二章 砌体结构工程施工中存在的主要问题及案例 .....	12
第三章 新规范制订背景及主要内容 .....	21
第四章 新规范内容释义 .....	24
第五章 关于砌体结构裂缝问题 .....	145
第六章 建筑施工作业人员有关安全知识及规定 .....	153
第七章 规范编写论文 .....	167
第八章 《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203—2011 实施中有关问题解答 .....	214
主要参考文献 .....	218

# 第一章 概 述

## 1. 砌体结构历史悠久光辉灿烂

砌体结构从古至今经历了一个漫长的发展过程。五千年前，人类已采用经凿琢的石材建造房屋、城堡、陵墓和神庙；三千年前，出现了烧制砖；公元 1824 年水泥问世，为砌块的生产、运用奠定了基础，混凝土砌块自 1882 年生产应用至今，已有一百多年历史。

图 1-1 和图 1-2 系陕西神木县石峁龙山文化遗址中的石砌房屋和城址，距今已 4000 多年。其城址规模宏大，总建筑面积超 400 万  $\text{m}^2$ ，为目前国内史前最大城址。图 1-3~图 1-6 系我国现存的有代表性的砌体建筑。

从以上实物照片可以看到，砌体建筑历史久远、造型精美、运用广泛、经久耐用，故不失为深受人类青睐的一种建筑结构体系。

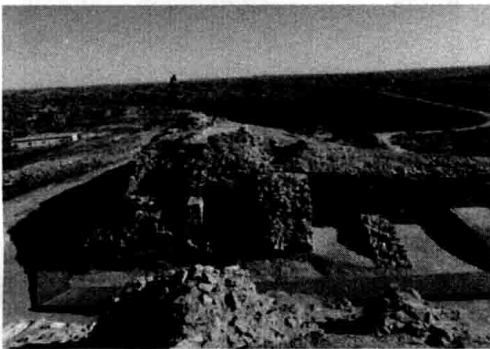


图 1-1 石峁龙山文化遗址

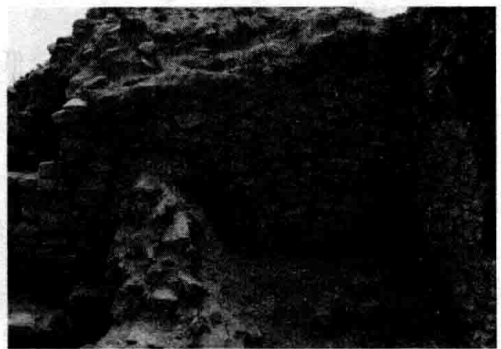


图 1-2 石峁龙山文化遗址中的石砌墙

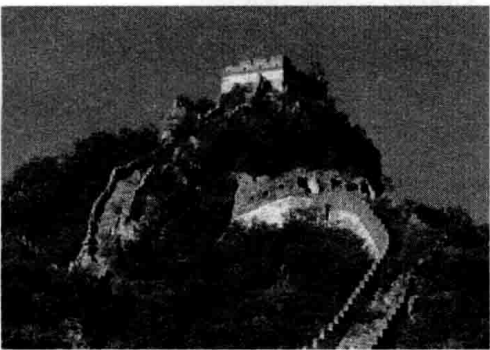


图 1-3 长城（公元前 475 年始建）

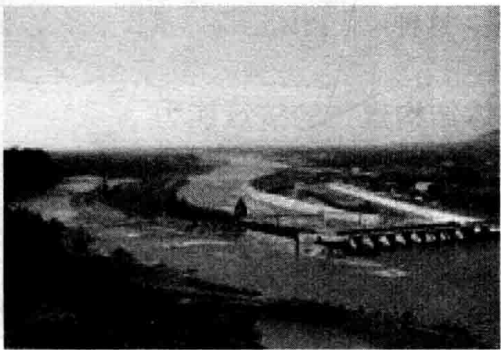


图 1-4 都江堰（公元前 256 年建）



图 1-5 赵州桥（605—618 年建）



图 1-6 西安大雁塔（652—704 年建）

## 2. 砌体结构具有的优缺点

### 1) 优点:

- ① 主要建筑材料就地取材;
- ② 有良好的耐候性、耐火性、化学稳定性;
- ③ 建筑风格多样、古朴、美观;
- ④ 具有承重与围护双重功能;
- ⑤ 室内环境好、舒适;
- ⑥ 施工简便、节约木材和钢材, 造价低廉等。

### 2) 缺点:

- ① 自重大, 抗拉、抗剪、抗弯能力低;
- ② 结构的整体性及抗震性能较差;
- ③ 砌筑工程量大, 工作繁重, 生产效率低。

事物是一分为二的, 尽管砌体结构存在一些缺点, 但是它具有的优点使它在科学技术突飞猛进发展的当今世界, 仍然是一种主要的建筑体系, 受到世人的青睐。正因为砌体结构的生命力极强, 随着砌体材料工业的发展和科学技术的不断进步, 现代砌体将运用一系列适用的高新技术来改造传统的砌体, 使砌体获得全新的结构性能, 从而形成现代砌体结构体系。这种现代砌体结构体系将不断发展, 使用范围将不断扩大。

## 3. 砌体结构建筑的抗震能力

2008 年 5.12 汶川特大地震, 是新中国成立以后破坏力最强、经济损失最重、波及范围最广、救灾难度最大的一次灾害。这次地震造成了巨大人员伤亡和财产损失, 遇难 69142 人、失踪 17551 人、受伤 374065 人, 房屋倒塌和损毁数达 2000 余万间, 经济损失 8451 亿元。图 1-7~图 1-15 为 5.12 汶川特大地震相关资料及照片。

造成巨大人员伤亡和财产损失的原因, 除了地震造成的滑坡、泥石流等次生灾害外, 主要是由房屋建筑严重破坏和倒塌导致了大量人员的伤亡。



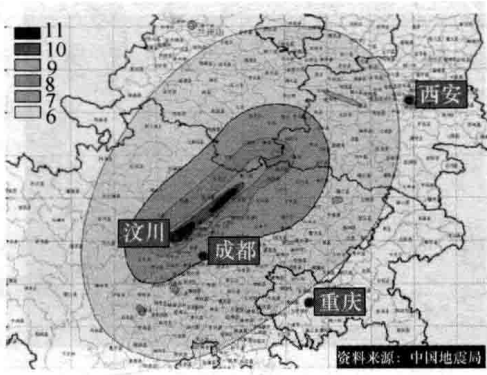


图 1-7 地震裂度分布图



图 1-8 地震现场一览



图 1-9 地震现场房屋倒塌、破损



图 1-10 映秀镇龙口中学七层建筑倒塌



图 1-11 地震现场的山体滑坡



图 1-12 框架房屋填充墙破坏



图 1-13 填充墙破坏（整片甩出）



图 1-14 填充墙破坏（拉结筋质量问题）

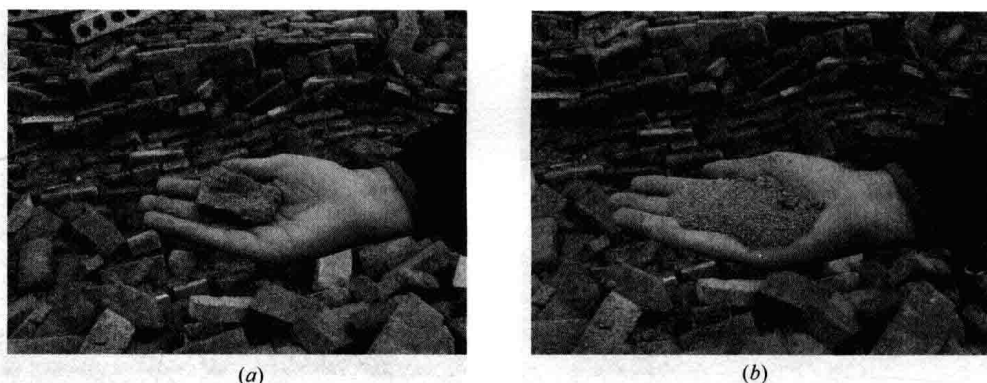


图 1-15 砌筑砂浆强度实照  
(a) 砂浆块；(b) 砂浆块被手捏成粉状

从世界范围讲，历次地震表明，砌体结构（主要指传统砌体结构）由于先天的缺点，例如整体性差、砌体强度低、刚度大、自振周期短、地震反应大、脆性结构、无耗能机制等，使其抗震性能大大低于混凝土结构（针对同样的建筑）。

1976 年唐山大地震之后，我国建筑工程界围绕地震灾害的调查和总结；抗震规范制定、修订和提高建筑抗震设防标准；开展建筑物抗震实验研究等方面，着力进行了卓有成效的工作，并取得了巨大成功。构造柱的试验研究表明：砌体中的构造柱对初裂荷载影响不大，提高不多；对砌体的刚度增加也很少；对承载能力的提高约在 10%~30%；但对延性的提高十分明显，可比无构造柱墙体提高 3~5 倍；特别是对防止房屋突然倒塌起到决定性作用。

实践经验也证明：按照唐山地震以后的抗震规范设计的，砌体中带有构造柱做法的房屋，已在多次地震中得到了考验，烈度最高时达到 9 度，震后墙体有开裂，但无一倒塌。因此，宏观震害调查表明：钢筋混凝土构造柱，对减轻砌体结构震害，防止房屋倒塌具有明显的作用。

延性是指从结构、构件或截面达到屈服后，在承载能力还没有显著下降情况下所具有的变形能力。也就是说，延性是反映结构、构件或截面的后期变形能力。延性差的结构、构件，其后期变形能力小，在达到其最大承载力后会突然发生脆性破坏，这是要避免的。因此，在工程结构设计中，不仅要满足承载力要求，还要满足一定的延性要求，其目的在于：

(1) 有利于吸收和耗散地震能量，满足抗震设计方面的要求。对于有抗震设防的结构，抗震性能主要取决于结构所能吸收的地震能量，它等于结构承载力和变形能力的乘积，就是说，结构的耐震能力是由承载力和变形能力两者共同决定的。

因此，在抗震设计中，应考虑和利用结构的变形能力（延性）以及耗散地震能量的能力。大量的研究成果表明，一个结构具有较大延性或较高耗能能力的话，即使承载力较低，也能够吸收较多能量，抗御较强地震而不会倒塌。

(2) 防止脆性破坏。

(3) 在超静定结构中，能更好地适应地基不均匀沉降以及温度变化等特殊情况。

(4) 使超静定结构能够充分地进行内力重分布，便于施工，节约钢材。

对于 2008 年 5.12 汶川大地震导致建筑物的破坏和倒塌，经国内一些资深专家的调查

分析认为,房屋严重破坏和倒塌或是年久失修、结构构件严重老化;或是没有抗震设防或抗震设防烈度较低,或是存在建筑结构设计缺陷;或是本身建筑工程质量不合格等原因造成。调查后指出,除了危险地段山体滑坡造成的灾害外,总体上城镇倒塌和严重破坏需要拆除的房屋约为10%;凡是严格按照1989年版抗震规范或2001年版抗震规范的规定设计,按照施工规范施工的各类房屋,在遭受比当地设防烈度高一度地震作用下经受了考验,没有出现倒塌破坏。

规范编制组成员单位四川省建筑科学研究院对重灾区都江堰地区的震害调查也表明,在9度地震烈度下,凡是按照1989年版抗震规范或2001年版抗震规范的规定设计,按照施工规范施工的砌体结构房屋没有一幢倒塌,也没有砸死一人。

另外,为有效减轻地震对建筑的破坏,世界上许多国家都关注建筑隔震技术。据文献记载,早在1881年人们就提出了建造隔震房屋的设想,但因涉及复杂的材料研究、计算技术、非线性结构理论研究,一直到近20多年来才逐步获得成功。现代隔震技术诞生于20世纪60~70年代,该技术被美国地震专家称为“40年来世界地震工程最重要的成果之一”。目前,较为成熟的建筑隔震技术包括:叠层橡胶支座隔震、摩擦摆隔震、滚轴支座隔震、滑移隔震、混凝土短柱支座隔震等。其中叠层橡胶支座隔震技术是国际上热门的工程抗震新技术,应用最为普遍。

橡胶垫隔震技术是通过把隔震消能装置(橡胶隔震垫)安装在结构物底部和基础,或底部柱顶之间,形成隔震支座,把上部结构和基础隔开。这样,改变了结构的动力特性和动力作用,明显地减轻结构物的地震反应,达到“以柔克刚”的效果。

我国学者从20世纪60年代起就开始关注基础隔震,在20世纪70~80年代,已在工程中采用砂砾隔震技术。我国对橡胶支座隔震技术研究及应用虽然起步较晚,但发展较快,在这方面已经取得了重大进展,据不完全统计,截至目前已进行了100多万 $\text{m}^2$ 的隔震工程试点,并将该技术纳入国家《建筑抗震设计规范》。在《国家防震减灾规划(2006~2020年)》中已提出“推进隔震等新技术在工程设计中的应用”。这项技术为在高烈度地震区减轻多、低层房屋水平地震灾害提供了一条行之有效的途径。目前,我国已编制《2009全国民用建筑工程设计技术措施:结构(砌体结构)(2012年版符合新规范)》,其内容包含砌体结构的隔震设计与构造,这为隔震技术在砌体建筑中的推广应用奠定了坚实基础。

#### 【橡胶垫隔震砌体建筑实例】:甘肃省陇南市武都区北山邮政职工住宅楼

该建筑由三个单体建筑呈品字形组成,建于2000年,是甘肃省最早的隔震建筑。每个单体建筑均为地下一层,地上6层的砖混房屋,隔震层放置在半地下室顶。建筑设防烈度8度,设计基本地震加速度为 $0.2g$ 。2008年5月12日,发生在四川汶川的大地震波及到甘肃省的陇南市,根据甘肃省地震局提供的信息,5·12汶川地震时,陇南的武都区设计基本地震加速度为 $0.17g$ 。

兰州理工大学杜永峰教授在“关于四川汶川5·12大地震时甘肃省陇南市武都区隔震建筑宏观性能的调研报告”中指出:该县许多同类型的非隔震建筑墙体多处出现裂缝,五层以上砖混结构住宅大多都有不同程度的损坏,村镇的房屋甚至有倒塌现象;隔震房屋上部主体结构没有任何损坏,墙体上无地震引发的裂缝。通过走访住户了解到,隔震房屋内的住户普遍反映地震时的震感不太强烈,建筑有缓慢的平动,人无站不稳的感觉;家具、

厨具和悬挂的装饰物均无翻倒现象，除第6层有一个独立杆支撑的音箱从杆顶掉下外，其他电器设备均无翻倒现象，基本上看不出发生地震时和平时的区别。但是，非隔震房屋内住户则普遍感到房子有剧烈的晃动和摇摆，许多中老年人感到头晕、恶心；家具、电器设备、厨具等翻倒情况严重，油瓶、醋坛翻倒，装饰画、灯具以及墙体内外粉刷开裂、脱落等。

总之，砌体结构建筑只要遵循“精心设计、精心施工”原则，严格执行我国现行设计和施工规范，采取多种有效措施，完全能够实现“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标。砌体结构隔震技术不仅可应用于新建建筑中，还可以通过橡胶隔震支座托换技术在既有砌体建筑中推广应用，极大提升其抗震能力。

#### 4. 砌体结构将续新篇章

国外一位资深砌体结构学者 E. A. Jams 指出：“砌体结构经历了一次中古欧洲的文艺复兴，其有吸引力的功能特性，是它获得新生的关键。我们不能停留在这里，我们正在赋予砌体结构新的概念和用途。”

##### 1) 积极开发节能环保新型建材

1992年6月联大巴西里约热内卢环境和发展世界各国首脑会议，通过了“21世纪议程”宣言，确认了“可持续发展”的战略方针，其目标是：依据环境再生、协调共生、持续自然的原则，尽量减少自然资源的消耗，尽可能对废弃物再利用和净化，保护生态环境以确保人类社会的可持续发展。

近年来，我国已编制和正在编制的多本节能环保新型建材技术标准如下：

《混凝土和砂浆再生细骨料》GB/T 25176 - 2010

《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240 - 2011

《黄河淤泥多孔砖》JG/T 265 - 2010

《淤泥多孔砖应用技术规程》JGJ/T 293 - 2013

《装饰混凝土砌块》JC/T 641 - 2008

《普通混凝土砖和装饰砖》NY/T 671 - 2003

《混凝土多孔砖》JC 943 - 2004

《混凝土实心砖》GB/T 21144 - 2007

《预拌砂浆》JC/T 230 - 2007

《预拌砂浆》GB/T 25181 - 2010

《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223 - 2010

《烧结多孔砖和多孔砌块》GB 13544 - 2011

在这里值得一提的是，烧结墙体材料应如何发展。

① 烧结墙体材料在当今建筑界中，被建筑学界、未来学界普遍看好而被列为建筑墙体首选的绿色建筑材料。它在人类社会历史发展史上有着重要的地位，而且在世界范围内持续使用数千年不衰。

② 烧结墙体材料革新关系着建筑节能和建筑可持续发展。

烧结墙体材料从其建筑使用功能上讲，有着许多其他墙体材料不可替代的优点。在数

千年的发展进程中，它一直被不断地改进和革新，扩展其功能属性。西欧有一位学术权威人士讲：“现在所谓的新型墙体材料均在模仿着烧结砖的功能，但只能模仿它的一种或数种功能，而不能模仿其全部性能”。

鉴于建筑节能和我国国情，在墙体材料改革中实施“禁黏、禁实”政策。但是，在多孔砖和多孔砌块的生产和应用方面，仍需继续发展。如，生产强度高、孔洞率大、保温隔热性能佳的块材。在原料上，我国西北地区黄土高原有着丰富的黄土资源，完全可以实施不破坏耕地前提下生产烧结黏土多孔砖、空心砖、多孔砌块。这一政策在国发办〔2005〕33号《关于进一步推进墙体材料革新和推广节能建筑的通知》中明确指出：“黏土资源较为丰富的西部地区，要推广发展黏土空心制品，限制生产和使用实心黏土砖”。此外，烧结砖还可以利用页岩、粉煤灰、煤矸石、淤泥（江河湖淤泥）及其他固体废弃物作为砖和砌块的主要生产原料。

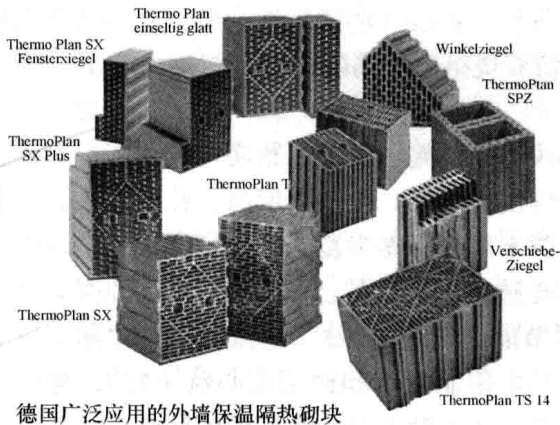
总之，就建筑文化的发展，从可持续发展建筑、绿色建筑上讲，烧结制品墙体有着强大的生命力。烧结砖作为能呼吸、耐久、环保、自然的高档的建筑墙体材料受到人们的青睐。在欧洲如今有五分之三以上的新建筑仍然采用这类材料。欧美国家现代派建筑砖成了最奢华的材料。这类建筑材料修建的建筑物可提供舒适的居住环境，并始终保持一种和谐的美。

现行国家标准《烧结多孔砖和多孔砌块》GB 13544-2011是对原国家标准《烧结多孔砖》GB 13544-2000的修订，于2011年6月16日发布，2012年4月1日实施。新标准主要修改内容如下：

- (1) 规范名称修改为《烧结多孔砖和多孔砌块》。
- (2) 增加了烧结多孔砌块的相关内容和技术指标。
- (3) 将淤泥及其他固体废料纳入了制砖原料范围内。
- (4) 增加了密度等级。
- (5) 强度等级判定用抗压强度平均值和强度标准值评定方法，取消抗压强度平均值和单块最小值评定方法。
- (6) 取消了优等品、一等品、合格品质量等级的规定。
- (7) 提高了孔洞率的技术指标。
- (8) 取消了圆型孔和其他孔型规定，采用矩型孔或矩型条孔，并增加了孔洞尺寸要求，以改善和提高节能效果。
- (9) 将抗压强度标准值  $f_k$  的接收常数  $k=1.8$  调整到  $k=1.83$ ，以推进和提高产品强度质量的均匀性。
- (10) 增加了放射性核素限量的技术要求。

## 2) 发展轻质高强的砌体材料

目前我国的砌体材料和发达国家相比，强度低、孔洞率小、耐久性差。如黏土砖的抗压强度一般为7.5~15MPa，国家标准《烧结多孔砖和多孔砌块》GB 13544-2011规定砖的孔洞率 $\geq 28\%$ ，砌块的孔洞率 $\geq 33\%$ ，强度等级为10~30MPa。而发达国家黏土砖的抗压强度一般为30~60MPa，且能达到100MPa以上（如英国140MPa，加拿大55MPa，法国、比利时、澳大利亚60MPa，德国140MPa，美国140MPa，最高达到230MPa），多孔砖的孔洞率可达到60%。图1-16、图1-17为德国广泛应用的多功能空心砌块。发展高



德国广泛应用的外墙保温隔热砌块

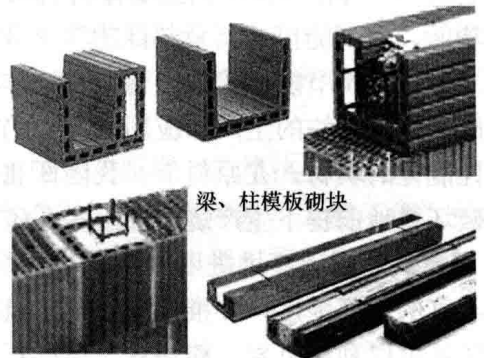


图 1-17 梁柱模板砌块

强度块材的同时应研制高强度等级的砌筑砂浆和多种专用砌筑砂浆。

我国在实施“绿色建材”计划上取得了较大进展。2003 年国家实行了禁实政策，禁实工作的范围从城市到城镇至村镇深入，从公共建筑到民用住宅至工业建筑。禁实工作力度从禁实至禁黏深入。随后，采用普通混凝土、轻骨料混凝土或加气混凝土，以及利用砂、各种工业废料、粉煤灰、煤矸石、页岩等制成混凝土砌块（砖），以及蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、煤矸石砖、烧结页岩砖等有较大发展。鉴此，国内已有生产企业在学习国外经验基础上，成功生产出烧结保温隔热砌块（图 1-18），并已在新疆乌鲁木齐市建造了 20 多万  $m^2$  多层砌体建筑，显示了明显的经济效益与绿色环保效果。此外，一种集承重、隔热保温为一体的复合保温混凝土小型空心砌块（孔洞内填以保温材料）近年来也得到了应用。

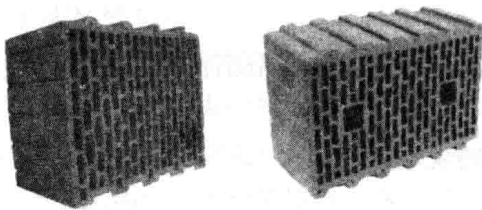


图 1-18 烧结保温隔热砌块

近年来我国块材产品标准也有了很大提高。新国家标准《烧结多孔砖和多孔砌块》GB 13544-2011 的发布，不仅增加了淤泥及其他固体废料作为制砖（砌块）原料的规定；改变砖的圆形孔和其他孔形，规定采用矩形孔或矩形条孔；将承重砖的最小孔洞率提高为 28%，将承重砌块的孔洞率规定为不小于 33%。同时，在

提高块材强度方面，国内已有多家生产企业引进国外最先进的真空硬塑挤压技术，生产抗压强度达 60MPa 以上的烧结砖，其中，烧结页岩多孔砖可达 100MPa。

### 3) 推广使用预拌砂浆和各类专用砌筑砂浆

#### (1) 关于预拌砂浆

我国传统的建筑砂浆生产是在现场由施工单位自行拌制而成，其缺陷也日益显现出来，如砂浆质量不稳定、材料浪费大、砂浆品种单一、文明施工程度低以及污染环境等，这些因素推动了预拌砂浆的发展。预拌砂浆是近年来随着建筑业科技进步和文明施工要求发展起来的新型建筑材料，具有高性能、品种全、效率高、使用方便、节能节材、对环境污染小、便于文明施工等优点，可以节约水泥，不用石灰，节约能源，减少  $CO_2$  排放，减少砂浆用量，大量利用粉煤灰等工业废渣，还可以促进推广应用散装水泥。预拌砂浆在

品质、效率、经济和环保等方面的优越性，随着研究开发和推广应用已日益显现出来，正被人们所逐步认识。

2007年6月商务部等六部局发布的《关于在部分城市限期禁止现场搅拌砂浆工作的通知》及随后一系列政策法规的出台，国外先进理念和先进技术的引进，以及各级政府、生产企业、用户的积极努力，在近年来预拌砂浆生产及应用取得快速发展。

预拌砂浆与传统的现场搅拌砂浆相比，其优势如下：

① 在物理性能方面：

预拌砂浆由专业的生产厂家按照科学合理的原材料配合比，采用自动化生产线生产，通过专用运输车运至使用地点，储存在专用罐内待用的工程材料。由于生产过程中需要对天然砂筛分、烘干，所以天然砂中含有的砂砾、泥浆等杂质基本上被全部清除，完全可以确保砂浆原材料配合比的准确性。再加上在预拌砂浆生产过程中，根据工程使用需要另行添加的纤维、调凝剂、可再分散乳胶粉、早强剂等改性添加剂，极大地改善了预拌砂浆的物理力学性能。

② 在原材料消耗方面：

预拌砂浆与现场搅拌砂浆相比每吨砂浆可节约水泥约40kg、砂子约50kg、石灰约30kg。另外，预拌砂浆还可以利用尾矿石、钢渣、矿渣等固体废料制成人造砂进行生产，还可以掺入粉煤灰、矿渣微粉等代替部分水泥，为工业固体废弃物的综合利用找到了出路。而在施工现场搅拌砂浆，由于对砂、散装水泥的计量不能有效控制，也就谈不上控制砂浆配合比，且材料浪费现象比较普遍。再加上砂实际进场数量的严重不足，往往造成施工单位砂和水泥用量双双超预算。

③ 在环境保护方面：

预拌砂浆是由专业生产企业，在生产过程接近封闭的条件下进行生产，用专用运输车辆运至现场，存放在专用的干混砂浆储存桶中，随时供施工单位使用。这可降低原材料消耗、减少浪费，没有了搅拌机的噪声，堆场材料也不会被雨水冲入下水道造成堵塞，符合绿色施工要求。在施工现场搅拌砂浆时，不仅需要材料的堆放场地，而且水泥、砂等粉粒状物料在运输过程以及施工现场还会产生粉尘的二次污染。在雨季还可能有水泥、砂等材料变成泥砂土，流入城市管道而造成堵塞，影响人居环境和城市环境整治。

④ 在质量控制方面：

预拌砂浆的所有配料是在生产车间，严格按照砂浆配合比的要求，将原材料充分搅拌均匀后运至施工现场储存待用的。由于预拌干混砂浆在加工过程中需要进行筛分、烘干，所以砂浆中的砂几乎不含泥等杂质，符合标准要求，再加上砂浆用水泥、砂及外加剂的正确计量，使砂浆的产品质量得到了极大的提高。

(2) 关于专用砌筑砂浆：

近年来，随着国家节能减排、墙材革新工作的大力推进，传统的烧结砖正在被混凝土小型空心砌块、混凝土砖、蒸压硅酸盐砖（蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、蒸压磷渣硅酸盐砖）及蒸压加气混凝土等块体材料所取代。由于这些新型墙体材料有着诸多的不同于烧结砖的特殊性，例如块材吸水率及初始吸水速度差异、块材的块型及表面特征不同等，需要采用与自身特性相适应的砂浆，即采用专用砂浆进行砌筑，以提高或改善砌体结构的物理力学性能，确保砌体结构的质量与安全。

必须注意，专用砂浆对不同块材的适用表现在针对性及专用性，即某一配合比的专用砂浆可与某种特定块体材料相匹配时是有效的，但对其他种类块体材料的适用性并不一定明显，有的还适得其反。

#### 4) 继续加强配筋砌体和预应力砌体的研究及应用

通过配筋砌体和预应力砌体的深入研究和工程实践，可使传统的砌体具有砌体结构和混凝土结构无法比拟的特殊功能，成为一种新的结构体系。

配筋砌体结构始创于美国，美国在 1931 年新西兰那匹尔大地震和 1933 年加利福尼亚长滩大地震之后，开始研究和应用配筋砌体抗震结构体系，并建造了大量的多层和高层配筋砌体建筑，如 1952 年建造的 26 栋 6~13 层美国退伍军人医院；1966 年在圣地亚哥建成的 8 层海纳雷旅馆（位于 9 度区）和洛杉矶 19 层的公寓；1990 年在内华达州拉斯维加斯（7 度区）建成的 28 层配筋砌块旅馆：Excalibur Hotel（图 1-19）等。

上述建筑大部分都成功接受了强烈地震的考验，如 1971 年圣费南多大地震，1987、1989 和 1994 年的洛杉矶大地震。另外 1971 年 2 月 9 日，美国洛杉矶发生 6.6 级地震，震源深度约 13km。在这次地震中，一般钢筋混凝土建筑都遭到破坏，而离震中 30km 的 13 层加筋混凝土砌块旅馆建筑却无损坏。这些实例都显示出了配筋砌体建筑良好的抗震性能。

我国自 20 世纪 80 年代以来，已建成了数量众多的该类建筑，例如：

- ① 广西科委 10 层住宅试验楼（1982 年）；
- ② 广西建二公司 11 层试验楼（1986 年）；
- ③ 辽宁省盘锦市国税局 15 层住宅（1997 年）；
- ④ 上海市园南小区四街坊 18 层住宅（1998 年）；
- ⑤ 上海市泾南新村新型墙体材料试点小区（7 层大开间结构体系）（1998 年）；
- ⑥ 辽宁抚顺 18 层住宅楼（共 6 栋）；
- ⑦ 哈尔滨 18 层住宅楼（共 2 栋）；

⑧ 大庆油田开发的奥林国际公寓已建成 A、D 两区共 120 万 m<sup>2</sup> 住宅，成为世界上最大的采用配筋砌块砌体剪力墙结构的住宅小区（图 1-20）。



图 1-19 美国 28 层配筋砌块神剑酒店



图 1-20 大庆市奥林国际公寓

近年来，配筋砌块砌体结构又有了新的突破：由哈尔滨工业大学、黑龙江省建设集团联办的国家工程研究中心基地工程项目于 2013 年 6 月正式封顶。该项目地下一层，地上 28 层，建筑总高度为 98.8m，是目前世界上采用“配筋砌块砌体结构”体系建设的最高



建筑(图 1-21)。经测算,该体系与现浇钢筋混凝土结构相比,可节省 15.7%的用钢量、15.8%的混凝土量、53.4%的模板量和 12%的人工用量,3~3.5d 可完成一层施工,单体工程主体结构能够减少碳排放 8.3%,每平方米可节省造价 70 元。

预应力砌体结构是当前国外发展较快的结构形式。通过施加预应力使砌体结构的受力特性得到改善,抗震能力得到提高,从而扩展了砌体结构的范围,可满足砌体结构向高层发展和提高抗震能力的要求。

预应力砌体是指在混凝土柱(带)中或者在空心砌块的芯柱中配置预应力钢筋,通过施加预应力增强对砌体的约束作用,延缓砌体开裂,提高砌体的抗裂荷载和极限荷载,增强砌体的抗震性能。

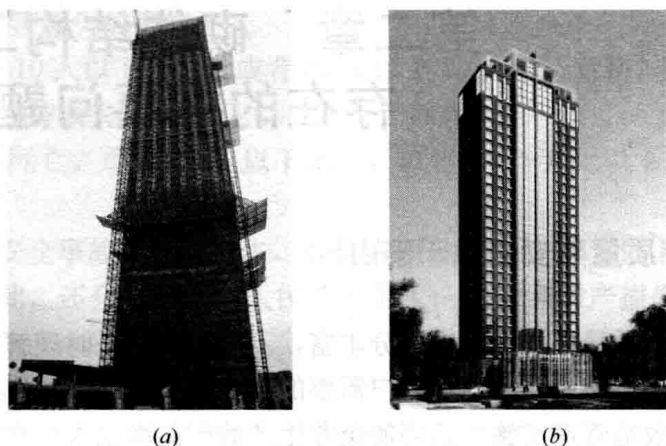


图 1-21 超高配筋砌块砌体结构建筑  
(a) 施工中; (b) 建筑示意图

自 20 世纪 70 年代以来,国外已经开展了预应力砌体的研究。1985 年英国颁布了预应力规范,1988 年澳大利亚和瑞士在砌体规范中颁布了有关预应力的条款,1999 年美国也颁布了预应力砌体规范。

我国在 20 世纪 60 年代,重庆市某水泥厂曾建成了直径 5m、高 12m 的电热法张拉的预应力砖砌筒仓,使用至今未见墙体开裂和预应力筋锈蚀。此后,在 20 世纪 80 年代初曾有学者进行研究,但直至近年研究才比较深入,如重庆建筑大学的骆万康教授对预应力砖墙的抗震设计提出了建议。目前,我国现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003-2011 还没有关于预应力砌体方面的内容,也尚未见预应力砌体结构建筑工程的相关报道。

#### 5) 提高施工技术的工业化水平

砌体结构工程存在着湿作业量大,手工操作多、劳动强度大,生产效率低,施工工期长等不利因素。因此,今后应在施工技术的工业化水平提高上有大的改观,其中包括一些手持小型机械的研制及使用,如铺砂浆器、小直径振捣棒(直径 $\leq 25\text{mm}$ )、小型灌孔混凝土浇筑泵、小型钢筋焊机、灌孔混凝土检测仪等。

#### 6) 加强防止和减轻墙体裂缝的研究

砌体结构开裂是非常普遍存在的技术问题,它的出现不仅影响建筑物的美观,而且还会形成渗漏,甚至影响结构承载力、刚度、稳定性和耐久性。由于导致裂缝因素的多元性和不定性,裂缝问题一直受到人们的关注。

欲有效防止和控制墙体裂缝,应采取综合措施,从以下三个重要环节着手进行深入研究:第一,改善墙体材料性能(如降低块体的吸水率及收缩率,提高块体的外观质量及抗拉强度等);第二,加强设计构造措施;第三,改进施工工艺,提高施工质量。