

王凤来 高连玉 张厚 主编

New Masonry Structural System and Wall Materials
—Engineering Application

工程应用

新型砌体结构体系 与墙体材料

[上]



国内最大的配筋砌块砌体结构小区——大庆奥林国际公寓

中国建材工业出版社

新型砌体结构体系与墙体材料 (上册)

——工程应用

王凤来 高连玉 张 厚 主 编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新型砌体结构体系与墙体材料——工程应用/王凤来，
高连玉，张厚主编. —北京：中国建材工业出版社，
2010. 7

ISBN 978-7-80227-800-4

I. ①新… II. ①王… ②高… ③张… III. ①砌块结
构—应用—墙体材料—建筑工程 IV. TU522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 108710 号

内 容 简 介

本书重点反映了我国在新型墙体结构体系方面的研究成果和工程应用，突出强调了建材发展与建筑应用相结合。本书分上、下册。

上册为工程应用，包括现代砌体结构的发展与标准建设；配筋砌块砌体的研究与应用；新型无筋砌体的研究与应用；砌体结构抗震与加固；砌体构件性能的研究与设计。

下册为配筋砌块砌体科研成果汇编，内容包括砌块砌体的基本力学性能；砌块整浇墙体结构及构件的静力性能研究；砌块整浇结构及构件的抗震性能研究。

该书总结了近年来国内外在新型砌体结构体系和新型墙体材料方面的最新研究成果和工程应用成就，展示了砌体结构的研究水平，引领砌体结构的发展方向，特别确立了具有中国特色的现代砌体结构与墙体材料基本理论体系，为拉动我国砌体材料与技术的科研发展提供学术交流平台。

读者对象：建筑设计人员、结构设计人员、设计研究院的研究人员、大学学者及研究生、建材企业技术人员等。

新型砌体结构体系与墙体材料——工程应用

王凤来 高连玉 张 厚 主 编

出版发行：中国建材工业出版社

地 址：北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编：100044

经 销：全国各地新华书店

印 刷：北京鑫正大印刷有限公司

开 本：889mm × 1194mm 1/16

印 张：23 插页：3

字 数：700 千字

版 次：2010 年 7 月第 1 版

印 次：2010 年 7 月第 1 次

书 号：ISBN 978-7-80227-800-4

定 价：150.00 元 (全两册)

(本册 55.00 元)

本社网址：www.jccbs.com.cn

广告许可证：京西工商广字 8052 号

本书如出现印装质量问题，由我社发行部负责调换。联系电话：(010) 88386906

2010 年全国砌体结构基本理论与 工程应用学术交流会

(中国 哈尔滨 2010)

学术委员会

主任委员：王凤来 高连玉

委 员：(以姓氏拼音字母为序排列)

程才渊	杜建东	龚绍熙	顾祥林	金伟良	姜洪斌	林文修
刘立新	梁兴文	梁建国	雷 波	刘 明	刘 斌	施楚贤
孙伟民	唐岱新	田玉滨	吴明舜	王庆霖	徐 建	熊立红
夏敬谦	严家熺	苑振芳	杨伟军	周炳章	赵成文	张 厚
翟希梅						

组织委员会

主任委员：张 厚 王凤来

副主任委员：杜建东 朱和鸣

委 员：薛凤华 刘 斌 姜洪斌 翟希梅 田玉滨

主办单位：中国工程建设标准化协会砌体结构委员会

黑龙江省住房和城乡建设厅

承办单位：哈尔滨工业大学土木工程学院

黑龙江省建设集团有限公司

协办单位：中国建筑砌块协会

中国建筑东北设计研究院有限公司

协办单位：贝赛尔机械（三河）有限公司

寒区低碳建筑黑龙江省工程研究中心

会议主题：安全、低碳、可持续发展

前 言

在人口占世界总人口 1/4 的中国,“秦砖汉瓦”在我国建筑材料应用历史中长期处于主导和控制地位,使我国成为名副其实的砌体大国,也为世界留下了诸多有代表性的文化遗产,成为延续中华文明和传承文化中的重要元素之一,我们应当记住“秦砖汉瓦”对中华民族发展立下的不朽功勋。20 世纪 80 年代开始,随着我国经济和城镇化的快速发展,“秦砖汉瓦”的需求急速增加,使得“秦砖汉瓦”在生产过程中占用耕地、消耗能源和排放污染的弊端日益显现,加快墙体材料的研发,并实现“秦砖汉瓦”的可替代,成为国家墙体材料改革的重要任务和目标,在“节能减排”旗帜的统领下,我国墙体材料在品种、工艺和应用范围等方面都呈现出勃勃生机,特别是在节能、利废和减排方面取得显著效果,也带动了相关产业链的快速发展。时至今日,新型墙体材料已经涵盖承重墙体、填充墙体、自保温墙体和夹芯保温墙体等诸多建筑应用领域,悄然间,作为承重墙体材料虽然仍然未达成替代“秦砖汉瓦”的共识,但各种砌体的总和仍以绝对优势在墙体材料中占据主导和控制地位,我国仍旧是名副其实的砌体大国。

2010 年 7 月,由全国砌体结构标准技术委员会和黑龙江省住房和城乡建设厅主办,哈尔滨工业大学和黑龙江省建设集团有限公司承办,两年一届的定期学术交流会将在美丽的松花江畔隆重举行,该会议旨在交流近年来国内外在新型砌体结构体系和新型墙体材料的最新研究成果和工程应用成就,提升砌体结构的研究水平,引领砌体结构的发展方向,特别是在适应我国建设量特别大、施工速度特别快、材料档次及品质不甚理想、职工技术素质尚不很高的前提下,为形成和确立具有中国特色的现代砌体结构与墙体材料基本理论体系,拉动我国砌体材料与技术的科学发展提供学术交流平台。为此,本次会议将“安全、低碳、可持续发展”作为交流的主题。

作为本次会议的承办地,黑龙江省在 20 多年科学研究和 10 多年工程实践中,采取政、企、学、研一体化的研发模式,通过不断总结和提高,在创新研发和技术集成的基础上,提出了砌块整浇墙的全新概念。砌块整浇墙仍属配筋砌块砌体范畴,其要求更为严格,是在科学研究基础上,结合我国建筑业建设量特别大、建设速度特别快、建筑施工技术水平不高的特征发展起来的具有广阔产业化应用前景的新型结构体系成套技术。该体系在块形、组砌方法、设计方法、施工方法和检验方法等方面都开创了我国砌块应用的新

理念，既实现了“秦砖汉瓦”在技术上的可替代，又实现采用砌体结构建设中高层建筑梦想，为砌体结构注入“更安全、更轻灵”的新特征，应用中取得显著的经济效益和社会效益，被誉为“节能省地环保型”建筑结构新体系，目前该承重体系在黑龙江省已经成为建设多层和中高层住宅建筑的首选结构体系，其应用量已经超过 500 万平方米，2010 年哈尔滨在建应用小区达到 7 个，80 多万平方米的建设量，我们盛情邀请您到黑龙江参观指导，为发展现代砌体结构建言献策。

本次会议的胜利召开，得到国内外知名教授、专家学者、科研人员、企业等各界代表的热情响应和大力支持，并在国内首次实现了建材业代表和建筑业代表的共同交流，在这里特别向中国建筑砌块协会、中国建筑东北设计研究院、美国贝赛尔公司表示感谢，向唐岱新教授、杜建东秘书长、潘景龙教授、周广春教授、翟希梅副教授、姜洪斌副教授、中国建材工业出版社的贺悦编辑，以及参加本次会议筹备的李利刚硕士、蔡序鑫硕士、黄艳霞博士、张宇硕士、张亮硕士、朱飞硕士等全体工作人员表示谢意。

衷心祝愿本次会议取得圆满成功！

编 者

2010 年 7 月于哈尔滨

目 录

上 册

第一部分 现代砌体结构的发展与标准建设

混凝土砌块产业的发展与教训	王凤来 张 厚 唐岱新 (3)
对《砌体结构设计规范》的几点建议	黄 靛 刘 燕 施楚贤 (11)
《蒸压粉煤灰砖建筑技术规范》(CECS256) 的编制及其创新点	高连玉 (15)
专用砂浆是推广新型墙体材料、确保工程质量的关键	高连玉 (29)
不同砖砌体复合抗剪机理及其统一公式 ...	张玉林 骆万康 李卫波 王 猛 朱希诚 胡 珏 (40)
不同尺寸砌体试件对抗压强度的影响	林文修 颜丙山 (46)
砌筑砂浆强度的施工验收	张昌叙 (52)
回弹法检测砌体中块材抗压强度技术研究	陈大川 施楚贤 陈庭柱 (57)

第二部分 配筋砌块砌体的研究与应用

框支配筋砌块短肢砌体剪力墙结构力学性能试验研究

.....	陈再现 王凤来 刘洧骥 杨 刚 杨同盖 (63)
复合节能墙体外叶墙平面外受力性能试验研究及设计分析	施楚贤 黄 靛 陈胜云 高 翔 (80)
配筋砌块砌体剪力墙平面外偏心受压试验研究	程才渊 胡 嘉 吴明舜 (84)
非标砌块对灌芯砌块砌体抗压性能影响的试验研究	张旭伟 邓冬梅 王凤来 (91)
基于非标准砌块钻芯检测方法的试验研究	刘晓丹 周和俭 王凤来 (97)
切割法检测非标准砌块抗压强度的试验研究	刘晓丹 朱 钧 王凤来 (101)
配筋砌块砌体剪力墙平面外偏心受压的有限元分析	程才渊 柳卫忠 吴明舜 (107)
配筋砌体挡土墙的试验与工程应用介绍	黄 靛 施楚贤 颜友清 李 登 谭建军 黄幼华 (116)
哈尔滨地区 17 层住宅结构方案对比与造价分析	于彩峰 付忠林 王凤来 (120)

第三部分 新型无筋砌体的研究与应用

蒸压粉煤灰加气混凝土砌块墙体自保温系统内部冷凝问题研究	赵立群 陈 宁 (127)
混凝土空心砌块砌体抗剪强度研究	吕伟荣 施楚贤 刘锡军 胡张齐 王 猛 (132)
蒸压加气混凝土砖砌体基本力学性能试验研究	刘启勇 刘锡军 刘凌翔 聂 旭 (137)
一种多排孔砌块砌体的受力性能研究	黄 靛 李 龙 易宏伟 易楚军 王 辉 (145)
砖砌体水平灰缝钢筋锚长的可靠度分析	赵成文 高连玉 闫亚召 (149)
蒸压粉煤灰实心砖的折压比试验研究	高连玉 赵成文 (155)
蒸压粉煤灰实心砖砌体力学性能试验研究	赵成文 高连玉 陈翠红 乔 辉 尚义明 (164)
蒸压粉煤灰砖干燥收缩特性研究	赵成文 陈翠红 汪 博 张 威 (171)
考虑徐变效应时水平灰缝配筋对砌体干燥收缩的影响	梁建国 刘 鑫 胡 利 (176)

蒸压粉煤灰砖砌体干燥收缩试验研究及其预测模型	梁建国	刘 鑫	程少辉	(183)
再生细集料混合砂浆配合比试验研究	赵文兰	刘立新	蔡秀兰	(191)
蒸压粉煤灰砖砌体弯曲受拉试验研究	曹桓铭	陈古平	皮天祥	秦士洪 (196)
蒸压粉煤灰多孔砖砌体抗剪强度试验研究	郝 彤	刘立新	谢丽丽	(201)
砂浆水平灰缝厚度对蒸压粉煤灰砌体抗压强度的影响	汤 峰	梁建国	彭茂峰	(205)
膨胀螺栓在蒸压粉煤灰砖砌体中的抗拔承载力试验研究	陈古平	曹桓铭	皮天祥	秦士洪 (213)

第四部分 砌体结构抗震与加固

多层轻骨料混凝土砌块结构的弹塑性地震反应分析	翟希梅	徐 峰	吴 海	(221)
墙体长度对框架填充墙开裂的影响分析	岳增国	金伟良	余祖国	赵国兴 严家熿 (228)
6度区村镇砌体结构房屋抗震性能分析	汤 芸	李英民	郑妮娜	詹小萍 (234)
同缝砌筑的N式砌块砌体剪力墙抗震性能试验	黄 靓	吴志维	陈 良	陶承志 (239)
提高非抗震区多层砌体房屋整体防灾能力	黄 靓	刘 燕	施楚贤	(244)
汶川地震中砌体房屋震害调查及分析	郭樟根	孙伟民	彭 阳	(248)
加气混凝土墙体干缩裂缝的试验研究	高连玉	赵成文	张 威	(253)
蒸压粉煤灰砖墙体抗震性能试验研究	赵成文	高连玉	乔 辉	尚义明 (260)
中、小学校砌体房屋抗震鉴定与加固	彭 阳	郭樟根	孙伟民	(268)
某砌体结构住宅楼检测鉴定与加固处理			孙永民	(273)
某老旧砖混建筑检测和维修、改造	张兴伟	张京街	陈 伟	(277)
现役城镇砌体结构房屋抗震防灾评述	施养杭		罗晓勇	(282)
框架填充墙开洞墙体干缩裂缝控制分析	岳增国	金伟良	赵国兴	姜金皋 余祖国 严家熿 (286)
青海玉树地震砌体房屋震害及初步分析				熊立红 (292)

第五部分 砌体构件性能的研究与设计

竖向荷载作用位置对简支墙梁受力性能影响的试验研究	李 翔	顾祥林	龚绍熙	陈贡联	黄 冲	(299)
考虑托梁上楼层数影响的墙梁简化计算	龚绍熙	李 翔	顾祥林			(305)
墙梁结构有限元分析和内力简化计算	梁兴文	王庆霖	李晓文	陶荣杰		(310)
基于不同位置加载下墙梁有限元分析的托梁内力计算	李 翔	龚绍熙	崔 皓	乐英灏		(315)
预应力组合墙出平面偏压性能及承载力计算方法的试验研究	骆万康	韦 春	李锡军			(321)
上部荷载作用下单跨单向板板端砌体局压应力分布研究	吕慧慧	孙伟民	周彬彬	陈建龙	徐一凡	王 剑 (327)
无上部荷载时双跨单向板的板端砌体局压应力分布分析	冯菲菲	孙伟民	周彬彬	黄 颖		(333)
无上部荷载单跨单向板板端砌体局压应力分布研究	吕慧慧	孙伟民	周彬彬	陈建龙	徐一凡	王 剑 (337)
挑梁下加设垫块的砌体局部受压性能分析	刘得亮	梁兴文	王庆霖			(342)
砖墙在面外荷载作用下力-位移关系研究	李振宝	陈东华	杜晓霞	马 华		(348)
火山渣混凝土多孔承重墙板房屋装配方式的研究	高 娃	教文秀	魏威炜	穆利和		(354)

第一部分

现代砌体结构的
发展与标准建设

混凝土砌块产业的发展与教训

王凤来¹ 张 厚² 唐岱新¹

1. 哈尔滨工业大学, 哈尔滨, 150090

2. 黑龙江省建设集团有限公司, 哈尔滨, 150046

【摘 要】 混凝土砌块在中国的推广应用已经有 30 多年的发展历史, 经历了大起大落的发展过程, 从现阶段看, 混凝土砌块在全国的推广应用前景并不乐观, 作者根据混凝土砌块在全国的发展的历程和现状, 详细分析了砌块产业发展的得与失, 并结合自身的推广经历和黑龙江省砌块产业的现状, 总结出砌块产业的良性发展必须坚持走具有中国特色的成套应用技术的技术路线, 需要树立能够服务于建材生产、设计、施工和检验各专业, 关注全行业发展的行业发展带头人和大型综合性企业, 引领产业的良性发展。根据黑龙江省的发展经验, 砌块整浇墙结构是适应中国建筑业特点的最优的结构体系。

【关键词】 配筋砌块砌体, 砌块整浇墙, 应用技术, 砌块建筑

自 1897 年美国建成第一栋混凝土砌块砌体建筑以来, 混凝土砌块的应用已经有了一百多年的历史, 在我国的发展也具有 30 多年的历史。现阶段, 正值我国国民经济和建筑业快速发展的最好时期, 因此, 从我国的实际出发, 系统总结砌块应用技术的科研水平、发展历史和近年应用情况, 对发展和完善具有中国特色的砌块建筑结构应用技术, 促进砌块产业的良性发展与应用范围扩展都具有非常重要的意义。

1 混凝土砌块在中国的发展与教训

混凝土砌块是一个广义的概念, 所有由水泥作为主要胶凝材料、粗细骨料按一定比例配比搅拌, 经机械成型、养护而成的各种易于人工搬动的小尺寸块材, 都可以称为混凝土砌块。按照砌块的使用对象分, 可分为建筑用砌块 (含承重砌块、填充砌块、复合保温砌块、装饰砌块等)、环境用景观砌块 (挡土墙砌块、花坛砌块)、水工砌块等几大类; 就建筑用砌块而言, 又可依据所用骨料不同分为混凝土砌块、浮石混凝土砌块、火山渣混凝土砌块、煤矸石混凝土砌块、陶粒混凝土砌块、粉煤灰混凝土砌块等若干品种。这里我们重点讨论作为墙体承重材料使用的混凝土砌块, 即普通混凝土小型空心砌块的应用技术和存在的问题。

在历史上, 我国承重建筑材料长期是以黏土烧结制品占据主导地位, 随着国民经济的快速发展, 建设量的持续增大和对建材制品需求的不断膨胀, 其占用耕地、消耗化石能源和排放大量温室气体的弊病逐渐成为制约国家长期良性发展的突出矛盾, 从国家可持续发展战略出发, 烧结黏土制品退出主要建筑材料供应体系已经成为历史的必然。在这一主要建材制品的发展过程中, 寻找承重黏土实心砖的替代品成为行业的重大需求, 也正是在这一需求推动下, 大量新型墙体承重材料开始投入市场, 如各种黏土空心砖制品、页岩烧结砖制品、硅酸盐非烧结砖制品、粉煤灰制品和各种砌块制品等, 其发展速度之快是空前的。但只要认真分析一下上述建材制品的研发思路 and 研发目标, 都有一个显著的共同特点, 就是通过基本材料的改变和获得较好强度的同时, 再通过块型设计实现节材和降低成本——

本项目为黑龙江省建设集团有限公司与哈尔滨工业大学联合研发项目。

作者简介: 王凤来, 教授, 博导, 从事钢筋混凝土结构、现代砌体结构、土木工程鉴定与加固研究, E-mail: wflai@sina.com。

开设孔洞，其达到的目标是实现直接替代黏土砖无筋砌体建设房屋，在设计上基本秉承原有的设计理论和设计方法，构造上仍旧采用构造柱（芯柱）和圈梁为抗倒塌体系。

教训一：采用无筋砌体的概念发展新型墙材，墙体开裂问题成为阻挡市场应用的壁垒

混凝土小型空心砌块在我国也是依照上述发展思路进行的，其产品型号和规格借鉴了国外发展的成功经验，厚度仅发展了 190mm 的块型，就制品生产过程而言由混凝土取代黏土，既保留了传统材料砖结构取材广泛、施工方便、造价低廉的特点，又达到了节能减排的目的，这是无可争议的。因此，即使采用无筋砌体结构的应用模式在全国范围内也得到了大量的应用试点和工程推广，并一度成为替代黏土砖制品“最具竞争力的建筑材料之一”。但是，由于推广应用时设计理念上还是秉承无筋砌体结构的理念，即以混凝土小型空心砌块为主材，采用砂浆砌筑而成，附之以芯柱或构造柱的加强方式，为混凝土小型空心砌块产业的长久发展埋下了致命的市场信誉危机。产生上述信誉危机的根源是应用过程中存在无法为市场接受的技术问题。首先是无筋砌块砌体建筑始终难以彻底解决裂、渗、漏问题，砌块自应用开始就有易于开裂的现象，住房商品化后居民对上述问题的态度使得建设单位十分小心，心存忌惮，极大地限制了砌块的推广应用；第二是住宅使用者引出的二次装修带来太多管理难度和安全隐患。上述应用中出现的问题已经在行业和专业人士内部形成极难更改的思维定式，即砌块建筑难以适应中国当前建筑业的现状和发展要求，其发展和应用是没有出路的。在此前提下，摒弃无筋砌体的应用思路，发展配筋砌块砌体结构是砌块产业在中国发展的必然趋势。

教训二：忽视中国建筑业的特点，未形成适应中国国情、具有中国特色的成套应用技术

在中国当前和今后一段历史时期内的建筑市场，都具有建设量特别大（维持在年均超过 20 亿平方米）、建设速度特别快、建筑工人的技术水平低（仍以短期务工的农民工为主体）的基本特征，这是其他发达国家建筑市场无法比拟的显著特征。这种特征对生产技术、设计水平和施工技术都将产生深远影响，并能够直接影响建设质量和未来的维修管理成本。比如建设量大、建设速度快在使得检查、技术指导和技术人员的配备都无法满足要求的同时，也会对砌块的供应和性能产生直接的影响，使得砌块在收缩未达到要求时就上墙砌筑，由收缩量过大引起墙体开裂也就成为必然。再比如建筑工人的技术水平，使得操作工人对新工艺的理解和掌握都无法得到正确的贯彻和执行，看似简单的技术问题、实验室里能做出来的技术工艺在工程中无法实现，粗放式的施工模式使得砌块产业的发展受到制约。这就要求我们在潜心研究技术措施和技术创新的同时，还要秉承施工过程更简化、更易理解和更易操作的基本原则，充分贯彻“只有降低施工难度，才能得到满意质量”的发展理念。为此，摒弃国外应用中精雕细琢的技术，发展适应中国国情、具有中国特点的成套应用技术已经成为当前发展的要求，黑龙江省的发展历史和现状都充分证明了这一点的重要性。

教训三：以单一专业的专家和较小规模的企业引领行业发展，行业发展过于理论化

我国的砌块产业发展过程中，因行政体制和企业发展规模的制约，始终未能树立统领建材制品生产技术、建筑设计、结构设计、施工技术和检验技术的机制和行业发展带头人，其技术发展始终停留在“各负其责，各管一段”的思维定式下，使得砌块产业的发展一方面始终受到“技术短板”的制约，如施工技术始终未能很好解决、产品检验技术标准不能适应行业发展需要和施工验收标准滞后等技术标准建立滞后的情况；另一方面出现单一行业专家主导发展，无法统筹建材、建筑、结构、施工、检验的全过程，出现问题也就成为必然，最终使得整个产业发展停滞不前。

因此，要想统领砌块产业的良性发展，第一，需要在行业发展中形成大的具有资金实力和行业影响力的大型企业集团，夯实带领行业良性发展的物质基础；第二，需要在人力上推出通才型，引领行业发展的领军人物，统领建材、建筑、结构、施工、检验等各专业人才，尽快形成适应中国国情的成套应用技术，而不是单一技术发展，使制约砌块应用的成套技术或多专业的配合下更加完善，使工程应用中的各方主体（包括房地产、施工、监理、质检和用户）都能够满意，并尽快促成具有中国特色砌块产业发展模式的建立；第三，需要提升行业协会的影响力，加大国际学术交流，加快各专业人才的团结合作，树立砌块产品的美好形象。

总之,砌块产业在我国的发展经历了大起大落的过程,其发展历史充分反映出我国在砌块产业上出现科研发展方向、生产技术、应用技术和检验技术的脱节,在科研工作者、企业家和使用者三者之间无法实现合理衔接。在现阶段发展的核心是大家共同考虑混凝土砌块应该怎么用?其结果必然是在了解和尊重中国建筑业特点前提下,综合考虑科研发展方向、应用技术发展要求和行业的发展趋势,在适应中国建筑业特征前提下,发展具有中国特色的砌块应用成套技术和设计理论。

2 配筋砌块砌体在国外的发展与应用

在国外,混凝土砌块主要采用配筋砌块砌体的结构形式,该结构体系起源于美国,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中无筋砌块砌体出现严重震害之后,美国推出了配筋混凝土砌块结构体系,多年来,与钢结构、钢筋混凝土结构一样得到了发展,在材料、计算理论、设计方法等方面都有了一定的研究成果,并建造了大量的配筋砌块砌体剪力墙结构房屋。如1952年建成的26栋6~13层的美退伍军人医院,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层公寓等。这些建筑大部分成功地经受了强烈地震的考验,如在1971年圣费南多大地震,在洛杉矶地区1987年7.1级地震,1989年6.9级地震和1994年在洛杉矶市西北35公里处发生的里氏6.6级地震中,配筋砌块砌体建筑都表现了良好的抗震性能。1990年5月在内华达州拉斯维加斯(7度区)建成了4栋28层配筋砌块 Excalibur Hotel 五星级酒店,均为配筋砌块砌体剪力墙结构,其下部几层采用290mm厚砌块建设,上部采用190mm砌块建设;在美国加州帕萨迪纳市,13层的希尔顿饭店采用的是高强配筋砌块砌体结构,经受圣佛南多大地震后完好无损,而毗邻的一幢10层的钢筋混凝土结构却遭受到严重破坏。在瑞典,配筋砌块砌体在十多年前就被认为是经济合理的结构体系。

在世界范围内高强砌块和配筋砌块砌体已成为用以建造高层建筑的承重结构,并成为与钢筋混凝土结构具有类似性能和应用范围的结构体系。

在这里所说的配筋砌块砌体,是采用芯柱、水平配筋条带组成的结构形式,但其显著特征是可根

据设计要求,选择合适的灌芯百分率,其配筋量达到最低限值的要求。我国在借鉴其经验前提下,发展了专用灌芯混凝土、专用砌筑砂浆和抹面砂浆,但工程应用中执行度非常低。

3 砌块在黑龙江省的发展特点与应用现状

采用配筋砌块砌体结构体系在黑龙江省建设高层房屋的历史可以追溯到1998年,第一栋试点工程为位于哈尔滨市先锋路的阿继科技园13层住宅楼,由黑龙江省建设集团有限公司投资建设,哈尔滨工业大学全面负责技术工作,该楼1999年建成投入使用。1999年第二栋建筑,阿继科技园18层综合楼试点工程开始建设,其建筑高度为62.5m,2000年建成并使用,该建筑现阶段仍为国内最高的配筋砌块砌体结构建筑,如图1所示。上述两栋楼的建设和投入使用起到了很好的示范作用,2001年开始,由黑龙江省建设集团下属公司开发的大庆市祥阁小区开工建设3栋12层住宅楼,开启了大庆地区应用的历史。2004年大庆石油管理局下属的达源集团集合哈尔滨工业大学的技术优势、自身具有砌块生产企业的生产优势和自主开发小区的开发优势,由其下属公司大庆恒新房地产开发有限公司开发建设了东湖上城中心小区14栋13~18层住宅楼,由此奠定了配筋砌块砌体结构在黑龙江省的应用优势和良好发展势头。其后在哈尔滨、大庆开始了大量的推广应用,2008年前由哈尔滨工业大学直接参与的代

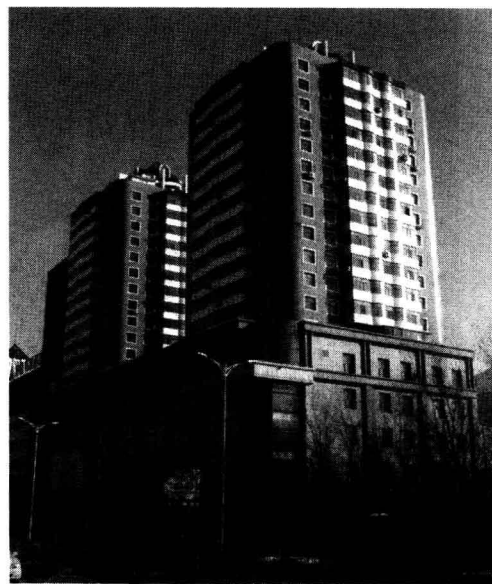


图1 国内最高的配筋砌块砌体建筑

表性工程见表 1, 总工程量达到 229 万 m^2 , 图 2 为大庆奥林国际公寓工程 D 区的建成情况。从黑龙江省的发展现状看, 配筋砌块砌体已经成为众多开发商主动要求采用的住宅小区首选结构体系, 设计单位已经无法阻挡技术的推广应用, 砌块产品成为供不应求的建材产品。2008 年以后哈尔滨市和大庆市的各甲级设计院基本上都开展了配筋砌块砌体项目的设计工作, 其发展势头使得开办砌块厂成为优选行业, 据统计哈尔滨市现有进口贝赛尔砌块生产线 2 条, 国产贝赛尔砌块生产线 2 条, 虎牌砌块生产线 2 条和国产生产线数条, 2010 年采用该结构体系的工程项目达到 7 个, 建设量超过 100 万 m^2 , 其发展趋势呈快速增长的良好发展势头。以该项目的推广应用和技术优势为主要内容, 2009 年获准成立国家住宅产业化基地, 2009 年由哈尔滨工业大学和黑龙江省建设集团联合成立的寒区低碳建筑工程研究中心获准成立, 2010 年该项目全面进入由政府企业哈尔滨好民居建设投资有限公司主导的哈尔滨棚户区改造住宅项目的建设, 并由黑龙江省建设集团、哈尔滨工业大学和哈尔滨好民居建设投资有限公司联合成立了砌块整浇墙项目应用推广中心。

表 1 黑龙江省应用配筋砌块砌体的部分工程项目统计表

序号	项目名称	面积 (万 m^2)	建设时间	开发商	备注
1	阿继先锋路 13 层住宅	1.2	1999	黑龙江龙一房产	建成
2	阿继先锋路 18 层双塔底商综合楼	2.85	2001	黑龙江龙一房产	建成
3	大庆祥阁小区一、二、三期住宅	20.2	2002 ~ 2004	大庆祥阁房产	建成
4	哈尔滨街蓝调国际 16 层底商综合楼	1.98	2004	黑龙江龙一房产	建成
5	大庆东湖上城小区 14 栋住宅	11.5	2005	大庆达源房产	建成
6	大庆奥林国际公寓 D 区、A 区、C 区	92.0	2005 ~ 2007	大庆达源房产	建成
7	大庆阳光俊园小区 3 栋 17 层住宅	5.98	2006	大庆久隆房产	建成
8	大庆新村观湖国际小区住宅	30.0	2006	大庆恒基房地产	建成
9	大庆石油管理局登峰家园小区	42.0	2007	大庆达源房产	建成
11	大庆燕都湖畔花园	19.8	2007	大庆市燕都房产	建成
12	大庆新村万城华府 2 栋 15 层住宅	2.1	2008	大庆智圣房产	建成
合计		229.61 万 m^2			



图 2 大庆奥林国际公寓 D 区建成后的照片

配筋砌块砌体结构在黑龙江省已经发展成为住宅领域的首选结构体系, 其发展也经历了由试点工程到大量应用的过程, 但从开始其发展应用就具有鲜明的特征, 这使得其应用得到良好的保障, 据不

完全统计,至2009年底黑龙江省采用砌块整浇墙结构已经建成和在建工程总量已经超过500万 m^2 ,2010年哈尔滨市在建工程达到7个,大庆在建工程已经无法统计,现哈尔滨和大庆各设计院已经成为设计的主力军。有这样好的发展趋势,是来之不易的,总结起来看,其推广应用具有如下鲜明特征:

(1) 完善配套技术,发展了砌块整浇墙成套技术和专用系列产品

在发展的过程中,将科学研究与配套产品、施工技术和检验技术相结合,从混凝土浇灌、钢筋配置和块型设计、块型组砌方法等方面结合受力需要发展相应配套施工技术,从块材检验、灌芯质量检验等方面发展检测验收技术,发展完善了砌块整浇墙专用承重混凝土空心砌块、专用砌筑砂浆、专用灌芯混凝土、配送钢筋与钢筋连接技术、砌块产品检验技术和施工质量检验技术。在对砌块产品进行系统的块型优化设计与改进后,形成了190块型的三大类十二种块型,即标准块、系梁块和清扫孔块三类,并首次提出砌块空心率和砌筑后的对孔率指标,强化了100%灌孔的充分必要性,既满足了配筋构造简单、结构受力性能更好的要求,又满足了施工操作简单、施工质量更容易保证的生产要求。

(2) 发展结构体系,使工程的应用面更广

哈尔滨工业大学是国内最早开始进行混凝土砌块科研工作的学术机构,研究历史超过二十年,研究内容从砌体材料本身的本构关系、配筋砌块砌体剪力墙构件抗压、抗剪以及抗震性能,到大型配筋砌块砌体剪力墙结构的力学性能研究,对配筋砌块砌体剪力墙结构在中高层建筑中的发展提供了坚实的理论基础。在科研工作中始终坚持通过技术实现施工难度更小、施工质量更易保证的发展理念,在工程实践过程中一直秉持100%灌孔的设计理念,重点关注块型设计、建筑组砌方法、施工方法和产品检验对砌块应用的影响和要求,从发展100%灌孔降低对灌芯混凝土流动性的要求,到摒弃配筋砌块连梁,都降低了施工难度、提高了施工质量的保证度,又节省了造价,增加了结构性能。经过十几年的推广应用和经验总结,发展并提出了砌块整浇墙结构的新概念,为我国砌块建筑的发展提出了明确的方向和清晰的思路。

砌块整浇墙结构体系既可以建设中高层建筑,又可以建设多层建筑,目前正在发展建设高层建筑(100m高)的成套技术,发展了290mm系列产品。

(3) 完善的政、企、学、研发展模式,共同推进产业发展

砌块整浇墙在黑龙江省的发展与应用,离不开具有远见卓识的企业家和政府管理部门的参与、推动,并由此发展完善了政、企、学、研的科学发展模式,共同推动了砌块产业的良性发展。政、企、学、研发展模式的内涵包括政府的参与和对项目的引导作用,企业的生产能力和资金支持,学校的人才优势、人才培养机制和科研成果的研发能力,即达到政府出题目、企业配资金、高校主研发、企业搭舞台、高校育人才的发展新模式。

4 砌块整浇墙的概念及成型工艺

我国在采用配筋砌块砌体建设中高层房屋时,借鉴了国外发达国家的有关标准和取得的宝贵经验,在2001年颁布的国家标准《砌体结构设计规范》中首次引入了配筋砌块砌体剪力墙的定义,即由承受竖向和水平作用的配筋砌块砌体剪力墙和混凝土楼、屋盖所组成的房屋建筑结构。其规定的灌芯率可以选为33%、50%、67%和100%,国内最初的试点工程也基本上采用这样的设计理念。

这里所说的砌块整浇墙从概念上讲仍属于配筋砌块砌体的范畴,但其在块型设计、组砌方法、配筋方法、混凝土浇灌和整体性上又提出了更为严格的规定,其发展是在黑龙江省长期工程实践和应用经验系统总结基础上提出来的,更能适应我国建筑业建设量特别大、建设速度特别快、建筑工人技术水平相对较低特征的一种新型结构应用成套技术,该成套技术也被称为节能省地环保型承重墙体系,2009年荣获黑龙江省科技进步一等奖。

砌块整浇墙的定义:采用预制的孔洞率不低于45%、砌筑后墙体对孔率不低于90%的专用混凝土空心砌块,采用专用砌筑砂浆砌筑而成,通过块型设计和组砌方案,砌筑时在墙体的竖直和水平方向预留纵横相连的孔洞,按设计要求布置好水平钢筋,砌筑完成并清除孔洞内残留的砂浆后,自墙顶向

孔洞内插入竖向钢筋,经绑扎或直螺纹连接固定,用专用灌芯混凝土将墙体内部预留的纵横向相连孔洞 100% 全部灌实,达到砌筑而成的墙体通过纵横向钢筋网和现浇混凝土条带连接成整体,形成的装配整体式钢筋混凝土墙。

该墙体具有砌体的特征,同时又将砌体作为浇注混凝土的模板使用,墙体内由水平和竖向钢筋组成纵横向钢筋网片,通过预留孔洞形成纵横向整浇的现浇混凝土带。

国内外研究成果和工程实践均表明,配筋砌块砌体既保留了传统材料砖结构取材广泛、施工方便、造价低廉的特点,又具有强度高延性好的钢筋混凝土结构的特性,它是唯一融砌体和混凝土性能于一体的一种新型材料。国内外的实践,特别是美国的实践已经证明,砌块已成为一种最具竞争力的建筑材料之一,也成为与钢筋混凝土结构具有类似性能和应用范围的结构体系,而要求更为严格、施工更为方便、受力性能更好的砌块整浇墙结构将成为适应中国国情、具有中国特色砌块建筑成套应用技术的核心。

5 砌块整浇墙结构取得的经济效益指标

砌块整浇墙结构体系经过国内多家科研单位 20 多年的研究和黑龙江省 10 多年的工程应用实践,既做到了降低工程造价、增加使用面积与提高建筑安全性能三方面的统一,又符合“四节一环保”的要求。其取得社会效益和经济效益优势既表现在建材生产过程,又表现在建筑物建设过程。经济效益方面的表现有:

(1) 在结构承重方案上,采用砌块整浇墙体系建设中高层建筑,具有“四节一省一提高”的绝对优势,即节省工程总造价 10%~18%、节省建筑用钢量 30%~40%、节省模板使用量 40%~50%、节省墙面抹灰 30%,增加使用面积 3%~5%,提高施工速度 20%~25%。

采用短肢砌块整浇墙替代“砖混结构”建设多层房屋,工程应用中取得不增加工程造价、不增加模板使用量、增加建筑有效使用面积 5%~8%、节省工时、节省土地、无筋砌体改为配筋砌体大大增加结构的可靠度和抗震性能的优势,符合“四节一环保”的可持续发展要求。

(2) 节省建筑材料主要体现在用钢量、用工量、抹灰用量和模板使用量上,因为砌块整浇墙结构一般为纵横向均为单层配筋,钢筋直径较小,并且钢筋间距较大,故用钢量与框架和框架剪力墙相比明显减少。工程应用中统计单位建筑面积节省工程造价 10%~18%、节省建筑用钢量 30% 以上。

(3) 在施工成本方面,砌块整浇墙中的砌块墙施工期间作为模板,整浇后与现浇混凝土共同受力,其施工速度快,一般三至四天就可施工一层,大大缩短工期,使施工速度提高 20% 以上。另外,由于砌块砌体不用模板可节省模板使用量 40% 以上,施工期间损耗,节省墙面抹灰 30% 以上,节约施工费用。

(4) 砌块建筑建成后与框架剪力墙结构比较,由于结构布局无突出墙面的梁柱,使得房间内部墙面平整增加使用面积 3%~5%,容易进行装饰,各房间天棚整体性好增加屋内使用空间高度。

(5) 使用过程中由于墙体整体配筋,比其他框架剪力墙结构的填充墙体外墙有着更好的耐久性,减少使用中的维修费用,也具有更好的结构整体性和震后可修复性。

6 砌块整浇墙结构取得的社会效益

砌块整浇墙结构体系在取得显著经济效益的同时,还取得了显著的社会效益:

(1) 以人为本,关注民生,关注可持续发展

作为国家的支柱产业,如何用更少的资金、资源和能源投入,建设更安全的住房,是体现建筑技术水平的关键科学问题,也是关注民生的重要方面。

我国正处于工业化和城镇化快速发展时期,房屋建筑的快速发展机遇和挑战并存,一方面它是拉动国民经济发展的重要支柱,另一方面它要消耗大量的资源能源,继续发展受到制约。该结构体系通过大庆奥林国际公寓工程设计过程中的技术集成,解决了这一量大面广的科学问题,起到了很好的示

范和带动作用。

(2) 符合“四节一环保”的绿色建材和绿色建筑要求

本项目所选用的主要建材为工厂化生产的混凝土小型空心砌块，在建材的生产环节，与传统“秦砖汉瓦”相比，平均节省能耗 54%，且减少废气排放量 30% ~ 50%；与现场浇注等体积混凝土相比，在“节水节材减排”方面也具有明显优势。该产品符合《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》，属新型建材产品。本项目应用过程中，进行了系统的块型优化设计与改进，形成了三大类十二种块型，满足配筋构造简单、结构受力更好、施工易操作、施工质量更容易保证的技术要求。

在结构承重方案上用短肢砌块整浇墙结构替代“砖混结构”建设多层房屋，在技术上完全解决了禁用黏土砖制品的替代结构体系，这一困扰行业发展多年的技术难题。通过对同一工程的对比设计，该体系与钢筋混凝土框架结构相比，单位使用面积节省资金投入 16.5%，真正实现了“黏土制品”在结构方案上的可替代。在替代现浇钢筋混凝土建设中高层（新规范 7 度抗震设防区限高 54m）方面，取得“四节一增一提高”的应用优势，满足减少资源、能源投入的绿色建筑标准要求，且设防烈度越高，经济性越好，优势越明显。

(3) 预制与现浇相结合，实现共同受力和部分工业化，彻底解决砌块建筑危害

采用砌块整浇墙取代无筋砌体的应用理念，提高了结构受力性能的同时，也将材料收缩分为预制材料收缩和现场浇注后整体收缩两部分，降低了材料收缩量，并采用装配整体式工艺将大面积整体收缩改为分散条带收缩，降低结构总收缩量。首次提出 100% 全灌芯的充分必要性，彻底解决了墙体开裂问题，突破市场推广应用的瓶颈，降低了抵抗材料收缩的最小配筋率，节省结构用钢量。

(4) 技术研发与技术集成相统一，在推广中促进产业良性发展，增加企业效益。

经过长期的技术创新、技术集成与工程应用，该体系在块型设计、结构设计理论、建筑构造、保温节能技术、施工技术和工程检测验收等建造全过程，形成了符合“四节一环保”要求的新型承重墙体系，开创了该体系在我国大量应用的美好未来。

(5) 在施工方面还有施工速度快、节省工期、节省人工、模板用量少、施工过程损耗小、钢筋用量少、节约钢材、节省砂浆的显著优点。

7 砌块产业发展的后续工作

为了保证砌块产业的良性发展，以下几方面工作需要尽快落实：

(1) 解决成套技术的规范编制工作

为无筋砌体编制使用的《混凝土小型空心砌块》（GB 8239—1997）无法满足配筋砌块砌体和砌块整浇墙对产品标准的要求，需要尽快编制《配筋砌体用混凝土空心砌块》产品标准，指导全国的砌块生产。

国家现行的《混凝土小型空心砌块试验方法》（GB/T 4111—1997）无法对各种配块进行产品检验，对标准块的检验离散性过大，无法真实反映母材的强度指标，需要进行修订。

现有《砌体结构设计规范》和《混凝土小型空心砌块建筑设计规程》中均无法准确、全面反映结构的设计理论、受力性能和构造要求，需要编制《配筋砌块砌体建筑设计与施工技术规范》，以加快推广应用。

(2) 解决是先有应用项目还是先有足量产品的问题

各地在推广项目应用过程中，一方面首先能够理解先有砌块产品，然后再有工程项目的根本问题，但在此过程中需要有比较切合的推广项目，对应的初期技术合作伙伴将成为关键，其对技术的把握能力将使得推广试点工程呈现完全不同的效果。另一方面，现有的住宅开发基本上呈小区建设，因此保持足够的产品供应量也是必须的，否则难以推广。

(3) 强化技术总结与技术推广工作

现阶段在黑龙江省已经实现大面积的推广应用，其势头已不可阻挡，在此基础上，集合技术力量