

QIT JIEGOU FANGWU
KANGZHEN JIANDING YU JIAGU CHENGTAO JISHU



砌体结构房屋 抗震鉴定与加固成套技术

李延和 从卫民 吕恒林 李树林◎编著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

砌体结构房屋 抗震鉴定与加固成套技术

李延和 吕恒林 李树林 编著
从卫民



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

砌体结构房屋抗震鉴定与加固成套技术/李延和等编著. —北京: 知识产权出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-5130-2733-5

I. ①砌… II. ①李… III. ①砌体结构—房屋结构—抗震加固 IV. ①TU352.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 101005 号

内容提要

本书首先依据 GB 50023—2009《建筑抗震鉴定标准》和 GJG 116—2009《建筑抗震加固技术规程》编写了砌体结构房屋抗震鉴定与加固的基本方法, 进而重点介绍了作者及合作者的科研成果。

本书主要内容包含有绪论、砌体结构房屋震害与震损原因分析、砌体结构房屋抗震鉴定基本方法、砌体结构房屋抗震鉴定方法的改进、砌体结构房屋抗震分析与抗震承载力验算、砌体结构房屋抗震加固概念设计、墙体承载力加固技术、砌体结构房屋抗震整体性加固的现有方法、砌体结构房屋整体性抗震加固新方法、已建房屋预制多孔板抗震加固方法、砖混结构房屋抗震加固施工质量验收标准、中小学校舍不停课抗震加固技术、试点工程实例分析。

本书可供工程检测鉴定、结构设计、施工、监理及建设主管部门的相关技术人员参考, 也可作为高等学校土建类师生的教学参考书。

责任编辑: 陆彩云

执行编辑: 徐家春

砌体结构房屋抗震鉴定与加固成套技术

李延和 从卫民 吕恒林 李树林 编著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

电 话: 010-82004826

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

责编电话: 010-82000860 转 8573

发行电话: 010-82000860 转 8101/8029

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

开 本: 720mm×960mm 1/16

版 次: 2014 年 12 月第 1 版

字 数: 324 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>

<http://www.laichushu.com>

邮 编: 100088

责编邮箱: xujiachun625@163.com

发行传真: 010-82000893/82003297

经 销: 各大网络书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 17.5

印 次: 2014 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

ISBN 978-7-5130-2733-5

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

作者简介



李延和 教授级高工，博士生导师（兼）。1960年6月生于贵州省贵阳市。1977年7月毕业于贵州省雷山县中学。1982年元月毕业于南京建工学院（现南京工业大学）工民建专业，1990年3月毕业于东南大学研究生院结构工程专业，获工学硕士学位。现任南京工业大学工程检测鉴定与加固中心主任、绿色施工研究中心主任、江苏建华建设有限公司董事长，兼任全国建筑物鉴定与加固标准委员会委员及江苏分会副主任、中国基建研究会城乡建设环境优化分会秘书长、江苏省安全生产委员会专家委员会建设组副组长、江苏省土建学会建筑物鉴定加固委员会副主任、江苏省土建学会结构学术委员会委员、施工学术委员会委员、江苏省科协选派首席专家。

现已发表科研论文150多篇，主编、参编出版专著、教材、手册及论文集共10部，科研成果获联合国创新科技之星奖、省部级科技进步奖等九次，获得发明专利五项，主编参编国家行业及地方标准六本，审核国家行业及地方标准十本。

目前主要的研究方向是：工程鉴定与加固改造技术、新型预应力技术、地基处理技术、建筑抗震分析与耗能减震技术、工程绿色施工技术以及新型功能性建筑材料研究与开发。

前 言

砌体结构是我国面广量大的结构形式，在老旧民用建筑中，砌体结构是最主要的结构形式。

历次地震，特别是2008年5月12日的汶川地震和2010年4月14日的青海玉树地震表明没有经过抗震设防的砌体结构房屋是倒塌和受损最严重的结构形式之一。

近年来，我国全面开展的中小学校舍抗震鉴定与加固工作、逐步开展的医院等生命线工程以及老旧房屋的抗震鉴定与加固工作，使一大批没有经过抗震设防设计或仅按旧的抗震设计规范设计的砌体结构房屋得到了抗震鉴定和加固处理。

本书第一作者从上世纪八十年代始参与完成了建设部重点科研项目“砖混结构合理化研究”，研究成果获1985年江苏省科技进步奖，其后长期从事结构抗震鉴定、加固设计与施工工作。

汶川地震后，本书作者参与了四川省绵竹市的抗震灾害调查、房屋抗震鉴定加固与重建工作，参与了江苏省中小学校舍安全工程的抗震排查、抗震鉴定、抗震设计与施工工作。2009—2010年，从卫民、李延和、李树林、马大鹏等承担完成了“砖混结构抗震加固成套技术研究”项目，通过了江苏省省级鉴定，研究成果获得淮安市科技进步奖。

2010年，李延和、李树林等承担完成了江苏省安全生产管理局科研项目“中小学校舍抗震加固工程不停课安全施工技术的研究”，科研成果获江苏省安全生产科技项目成果三等奖。

2012—2013年，李延和、从卫民、吕恒林、李树林等参加了江苏省地方标准《中小学校舍抗震鉴定与加固技术规程》DGJ32/TJ155—2013和《中小学校舍抗震加固工程施工质量验收规程》DGJ32/TJ156—2013的编制工作，主编了其中的“砌体结构”和“抗震加固施工”等内容。

本书主要内容为上述研究成果及工程实践经验的总结。

本书由李延和撰写第1章、第4章、第6章、第8章、第9章、第11章、第12章；李延和、从卫民撰写第2章、第3章、第5章；李延和、吕恒林撰写第7章；吕恒林、李树林撰写第10章；李延和、李树林、吕恒林撰写第13章。最后由李延和统稿。

本书第2章引用了部分专家正式发表论文的数据和图片，第9.5节编入敬登虎、曹双寅教授的科研成果“钢板砖组合结构”的相关内容，在此一并表示感谢。

在本书出版之际还应感谢参加过课题研究和试点工程应用的相关人员，他们是：南京工业大学任亚平、肖进如；江苏建华建设有限公司王雨舟、吴戈、周佳、杨阳、万博；淮安市建筑工程施工图审查中心马大鹏、李业勇、万继春；江苏开放大学杨斌；南京艺术学院丁怡；宿迁学院盛超；中国矿业大学周淑春及研究生姬倩、许春华、韩剑、叶亚飞、胡小青等。

由于作者水平所限，本书可能存在诸多不足甚至错误之处，恳请读者批评指正。



2014年11月
于南京工业大学学府苑

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地震的危害及教训	1
1.2 开展抗震鉴定与加固成套技术研究的必要性	2
1.3 国内外研究现状及进展	3
参考文献	6
第 2 章 砌体结构房屋震害与震损原因分析	10
2.1 汶川地震中的建筑物震损情况	10
2.1.1 汶川地震概况	10
2.1.2 汶川地震各类建筑震损比较	10
2.1.3 汶川地震中高烈度区砌体结构房屋的破坏	11
2.2 砌体结构震害特征调查	12
2.2.1 结构倒塌	12
2.2.2 砌体结构墙体开裂	17
2.2.3 楼梯、预制板等的破坏	23
2.3 震害(震损)分析	23
2.3.1 概述	23
2.3.2 墙体的破坏	24
2.3.3 圈梁、构造柱的破坏	25
2.3.4 预制板的破坏	26
2.3.5 楼梯的破坏	26
2.3.6 突出屋面结构的震害	27
2.3.7 底框结构的震害	28
参考文献	29
第 3 章 砌体结构房屋抗震鉴定基本方法	30
3.1 概述	30
3.1.1 建筑物抗震鉴定标准的修订及特点	30
3.1.2 抗震鉴定标准、抗震设计规范及加固规程的比较分析	31
3.2 砌体结构房屋抗震鉴定方法分类与流程	32

3.2.1	抗震鉴定时砌体结构房屋分类	32
3.2.2	砌体结构房屋抗震鉴定类别确定	32
3.2.3	鉴定工作内容	33
3.2.4	抗震鉴定分级及鉴定流程	33
3.3	砌体结构房屋抗震鉴定的现场调查及检测	35
3.3.1	建筑物基本信息调查和现场查勘	35
3.3.2	结构检测	36
3.4	场地、地基及基础抗震鉴定	37
3.4.1	场地	37
3.4.2	地基基础	37
3.4.3	场地、地基及基础的第一级鉴定	38
3.4.4	场地、地基及基础的第二级鉴定	38
3.5	A类砌体结构房屋抗震鉴定	38
3.5.1	分级及鉴定原则	38
3.5.2	A类砌体结构房屋的第一级鉴定	38
3.5.3	A类砌体结构房屋的第二级鉴定	46
3.6	B类砌体结构房屋抗震鉴定	52
3.6.1	鉴定分级	52
3.6.2	B类多层砌体结构房屋的第一级鉴定	52
3.6.3	B类砌体结构房屋的第二级鉴定(抗震承载力验算)	55
3.6.4	抗震鉴定结论	58
	参考文献	58
第4章	砌体结构房屋抗震鉴定方法的改进	60
4.1	现有抗震鉴定方法的讨论	60
4.1.1	关于标准用词的讨论	60
4.1.2	关于后续使用年限确定的讨论	62
4.1.3	关于A、B类房屋高度和层数的讨论	63
4.1.4	关于抗震横墙间距限值的讨论	64
4.1.5	关于高宽比限值的讨论	65
4.1.6	关于房屋局部尺寸限值的讨论	66
4.1.7	关于砌体结构房屋抗震鉴定流程的讨论	66
4.2	改进的抗震鉴定流程和相关限值调整	68
4.2.1	改进的砖混结构房屋抗震鉴定流程	68
4.2.2	鉴定标准中相关限值调整建议	69
4.2.3	砌体结构抗震鉴定实用范表	69

参考文献	77
第 5 章 砌体结构房屋抗震分析与抗震承载力验算	78
5.1 计算简图及荷载参数	78
5.1.1 计算简图	78
5.1.2 重力荷载代表值计算	79
5.1.3 可变荷载组合值系数	79
5.2 地震作用	79
5.2.1 地震影响系数	79
5.2.2 地震作用计算	80
5.3 地震剪力的计算与分配	80
5.3.1 楼层地震剪力	80
5.3.2 墙体侧移刚度	80
5.3.3 楼层地震剪力在各墙体间的分配	81
5.4 砌体结构房屋抗震承载力验算	85
5.4.1 砌体抗剪强度理论	85
5.4.2 墙体截面抗震承载力验算	86
5.5 算例	87
参考文献	93
第 6 章 砌体结构房屋抗震加固概念设计	94
6.1 概述	94
6.1.1 砌体结构房屋抗震加固概念设计的重要性	94
6.1.2 现有砌体结构房屋抗震加固技术	94
6.2 抗震加固设计的基本规定	95
6.2.1 抗震加固方案设计的基本要求	95
6.2.2 抗震加固方案的设计原则	95
6.2.3 抗震加固的结构布置和连接构造要求	96
6.3 需进行抗震加固设计的鉴定结果分类	97
6.4 抗震加固技术选择	99
6.4.1 抗震加固方案分类及要求	99
6.4.2 结构总体布置不满足抗震鉴定要求的加固	99
6.4.3 房屋结构连接及整体性不满足的加固	100
6.4.4 局部尺寸或易倒塌部件不满足的加固	101
6.4.5 房屋抗震承载力（包括材料强度）不满足的加固	101
6.5 抗震加固方法综合运用及合理配套设计	102
参考文献	104

第7章 墙体承载力加固技术	105
7.1 概述	105
7.1.1 震害教训及抗震加固技术研究	105
7.1.2 结构抗震承载力	105
7.1.3 增强墙体抗震能力的重要性及抗震加固的方法	106
7.2 墙体抗震承载力加固基本方法	108
7.2.1 加固计算原则和方法	108
7.2.2 水泥砂浆和钢筋网砂浆面层加固法	109
7.2.3 钢绞线聚合物砂浆面层加固法	110
7.2.4 板墙加固法	111
7.2.5 增设抗震墙加固法	112
7.2.6 粘贴碳纤维布加固法	113
7.3 墙体加固计算实例与计算方法改进	113
7.3.1 概述	113
7.3.2 工程实例	114
7.3.3 刚度换算模型法的讨论	115
7.4 粘贴碳纤维布加固墙体抗震承载力的研究	119
7.4.1 概述	119
7.4.2 试验方案	119
7.4.3 试验结果及分析	122
7.4.4 变形计算公式探讨	130
7.4.5 抗震承载力计算公式探讨	131
7.4.6 加固设计及施工建议	131
参考文献	132
第8章 砌体结构房屋抗震整体性加固的现有方法	134
8.1 概述	134
8.1.1 钢筋混凝土圈梁的作用	134
8.1.2 钢筋混凝土构造柱的作用	134
8.2 外加圈梁加固设计	135
8.2.1 外加圈梁的布置及加固后抗震验算	135
8.2.2 外加圈梁的设计要点及构造要求	136
8.3 增设钢拉杆加固设计	138
8.3.1 钢拉杆的布置及构造要求	138
8.3.2 钢拉杆的设计及节点详图	139
8.4 外加钢筋混凝土构造柱加固设计	140

8.4.1	外加构造柱的布置及加固后抗震验算	140
8.4.2	外加构造柱的设计要点及构造要求	141
8.5	外加圈梁—构造柱的施工要点	143
	参考文献	143
第9章	砌体结构房屋整体性抗震加固新方法	144
9.1	概述	144
9.2	嵌入式钢筋混凝土圈梁	145
9.2.1	分类、构造做法及材料	145
9.2.2	嵌入式圈梁的设计及计算	146
9.2.3	嵌入式圈梁的施工技术	150
9.3	高效预应力拉杆	153
9.3.1	预应力拉杆材料及设置方式	153
9.3.2	预应力拉杆计算	154
9.3.3	算例分析	156
9.3.4	预应力拉杆配置数量研究	158
9.4	嵌入式钢筋混凝土构造柱	158
9.4.1	嵌入式构造柱分类及构造做法	158
9.4.2	嵌入式构造柱材料	160
9.4.3	嵌入式构造柱的设计及计算	161
9.4.4	嵌入式构造柱的施工	163
9.5	钢板—砌体组合结构	166
9.5.1	加固方法	166
9.5.2	钢板—砌体组合结构受力性能	166
9.5.3	加固计算分析	167
9.5.4	加固设计要点	171
9.5.5	加固施工关键技术	172
	参考文献	172
第10章	已建房屋预制多孔板抗震加固方法	174
10.1	概述	174
10.2	地震中多孔板楼面结构破坏的原因分析	175
10.2.1	多孔板本身先天不足	175
10.2.2	多孔板搁置长度不足, 板与板、板与周边连接薄弱	176
10.2.3	施工质量未达到图集要求	176
10.2.4	地震中多孔板楼面破坏的形态及原因分析	177
10.2.5	地震作用与楼面结构刚度关系的探讨	178

10.3	多孔板结构抗震加固方法	179
10.3.1	板底钢筋网+喷射混凝土加固	179
10.3.2	板底钢筋网片——浇灌灌浆料法	179
10.3.3	板底钢丝绳网片——聚合物砂浆面层	180
10.3.4	板底粘贴钢板法	180
10.3.5	板底纵向布置预应力钢绞线以及横向粘贴钢板条法	180
10.3.6	板底纵横向粘贴碳纤维布法	180
10.3.7	板底纵向钢绞线以及横向设置型钢法	181
10.3.8	无圈梁时多孔板搁置端的连结节点	184
10.4	粘钢法加固多孔板结构试验研究	184
10.4.1	试验目的	184
10.4.2	测试仪器及试验步骤	185
10.4.3	理论计算过程中参数选取与分析	186
10.4.4	试验过程及试验数据	189
10.4.5	试验结果分析与工程意义	190
10.5	楼、屋盖连接部位加固法	193
10.5.1	概述	193
10.5.2	试验方案	193
10.5.3	试验结果及分析	194
10.5.4	加固前后整体性能的简化分析模型探讨	198
10.5.5	加固设计及施工建议	199
10.6	板端角钢支承—板底粘贴碳纤维布加固法	201
10.6.1	概述	201
10.6.2	试验方案	202
10.6.3	试验结果及分析	203
10.6.4	应用范围	209
10.6.5	施工工艺	210
	参考文献	213
第11章	砖混结构房屋抗震加固施工质量验收标准	214
11.1	加固施工方法选择及要求	214
11.2	钢绞线网—聚合物砂浆面层加固工程	214
11.3	水泥砂浆和钢筋网砂浆面层加固工程	219
11.4	板墙加固工程	221
11.5	增设抗震墙加固工程	227
11.6	增设圈梁构造柱加固工程	229

11.7 钢(钢绞线)拉杆加固工程	232
11.8 装配式楼屋盖抗震加固工程	235
第 12 章 中小学校舍不停课抗震加固技术	241
12.1 概述	241
12.1.1 全国的形势	241
12.1.2 基本任务	241
12.2 中小学校舍抗震加固的依据和原则	242
12.2.1 中小学校舍安全抗震鉴定结果是抗震加固的依据	242
12.2.2 中小学校舍不停课抗震加固方法选择的基本原则	242
12.3 中小学校舍不停课施工的抗震加固方案选择	243
12.3.1 实现被加固楼不停课施工的抗震加固方法	243
12.3.2 砌体结构房屋不停课施工抗震加固方法选择	247
12.4 中小学校舍不停课抗震加固的施工组织和安全措施	250
12.4.1 施工组织	250
12.4.2 安全生产措施	251
第 13 章 试点工程实例分析	254
13.1 工程实例一:某小学教学楼抗震加固工程	254
13.1.1 工程概况	254
13.1.2 加固方法	254
13.1.3 加固施工	256
13.2 工程实例二:某小学抗震加固工程	257
13.2.1 工程概况	257
13.2.2 主要施工工艺	257
13.3 工程实例三:某中学 04 教学楼加固工程	257
13.3.1 工程概况	257
13.3.2 抗震加固方法	258
13.3.3 施工情况	258
13.4 工程实例四:某试验楼抗震鉴定及加固工程	258
13.4.1 工程概况	258
13.4.2 检测鉴定	258
13.4.3 抗震加固设计与施工	259
13.5 工程实例五:某学校学生宿舍楼加固工程	260
13.5.1 工程概况	260
13.5.2 施工情况	260
13.6 工程实例六:某办公楼、综合楼加固工程	261

13.6.1	工程概况	261
13.6.2	加固方法	261
13.6.3	加固施工	261
13.7	工程实例七：某小学教学楼加固工程	261
13.7.1	工程概况	261
13.7.2	加固方案	262

第 1 章 绪 论

1.1 地震的危害及教训

地震是一种破坏极其严重,给人类社会带来巨大灾难的灾害,严重威胁着人类社会的生存和发展。人类在生存和发展过程中与地震灾害进行了不懈的抗争,积累了一定的抗震防灾经验。

我国地处世界上两个最活跃的地震带上,东部是环太平洋地震带,西部和西南部是欧亚地震带所经过地区。

我国是世界上多震和遭受地震灾害最为严重的国家之一^[1],也是世界上地震历史记载最丰富的国家之一。在世界地震历史上,死亡人数最多的一次地震发生在我国,即 1556 年陕西华西县 M8.0 级地震死亡 83 万人(其中震亡 10 万多人,随后发生的瘟疫造成 70 多万人死亡)。20 世纪地震死亡人数最多的一次也发生在我国,即 1976 年的唐山地震,死亡人数达 24 万人。

2010 年 1 月 12 日,海地太子港发生了 M7.3 级地震,死亡人数达 30 万人,创下了自 20 世纪以来地震死亡人数之最。

1976 年 7 月 28 日,我国的唐山发生 M7.8 级大地震,震中烈度达 11 度,使这个拥有 106 万人口的工业城市,在几十秒内变成一片废墟。据统计,唐山市共有房屋 1346 万 m²,此次地震倒塌或严重损坏的有 1145 万 m²,破坏程度达 85%。此次地震波及天津市和北京市^[2]。此次地震的惨痛教训引起了我国各级政府部门对抗震防灾的重视,并采取了强有力的措施,对在役工程进行了大规模抗震鉴定和加固处理,积累了一定的经验,促进了我国抗震分析、抗震设计以及抗震加固技术的发展。

2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分,我国四川省汶川县发生 M8.0 级地震,震中位于东经 103.4°,北纬 31.0°,震中烈度达 11 度。震源深度为 14km,受影响地区包括震中 50km 范围内的县城和 200km 范围内的大中城市。北京、上海、天津、宁夏、甘肃、陕西、山西、河北、安徽、江苏、辽宁、内蒙古、广西、福建、台湾,以及泰国、越南等地均存在不同程度震感,川、陕、甘三省震情最为严重。此次的汶川地震造成 8 万多人遇难,近 5800 万人口受灾,震中区 90% 以上房屋倒塌,给人民生命财产造成了巨大的损失^[3]。

2010年4月14日晨我国青海省玉树县城发生两次地震^[4],震中位于北纬33.2°,东经92.2°,在玉树县城附近,最高震级M7.1级。截至2010年4月25日17时,玉树地震遇难人数近3000人,受伤12000多人,其中重伤1400多人。当地居民的房屋90%都已经倒塌。因地震发生在14日凌晨5点40分,当地多数人尚未起床,伤亡较为严重。玉树县固定电话通信中断,当地土木结构房屋倒塌严重。

2013年4月20日8时零2分,距2008年5月12日汶川地震即将5周年之际,与汶川地震主震区相隔仅87km的雅安市芦山县发生M7.0级地震。震中位于天平镇,震中烈度达到9度。本次地震虽然不及汶川、玉树地震严重,但仍造成近200人遇难,上万人受伤和大量的农村民房倒塌,部分城乡建筑受到不同程度的损伤。本次地震具有如下几个方面的特点:

(1) 余震数量多。

截止2013年5月12日16时,芦山M7.0级地震共记录到余震8791次,其中M4.0级以上26次。

(2) 地质灾害严重。

本次地震导致的山体滑坡、巨石滚落造成多处出路堵塞,交通中断,严重影响了救灾。同时山体滑坡和巨大滚石砸坏房屋,造成了人员伤亡。

(3) 农村民房震损严重。

本次地震造成震中区绝大多数农村民房倒塌,因为农房一般均为砖混结构或砖木结构,这类结构体系抗震性能较差,加上农民自建房没有采取抗震措施,所以震损严重。

(4) 房屋抗震设计有效。

经过抗震设计,采取了防震措施或隔震装置的房屋,经受住了地震的考验,几乎没有严重震损。

(5) 非结构构件的震损问题相对突出。

本次地震中,较多的房屋出现了非结构构件的严重破坏,影响了使用,恢复的工作量相当大。因此,对于重要建筑特别是医院、救援中心、大型避难场所等,应从设计开始就要考虑如何减小非结构构件的地震损坏。

1.2 开展抗震鉴定与加固成套技术研究的必要性

砌体结构在我国城乡的应用非常广泛。由于砌体结构具有设计施工简单、造价较低、保温隔热效果好等优点,在整个房屋建筑中占有相当大的比重。但是,砌体属于脆性材料,抗拉强度仅为普通混凝土的10%左右,加上砌体应力分布不均匀,在地震的往复荷载作用下,极易产生损伤积累,导致墙体开裂或

压碎破坏甚至房屋倒塌。从多次地震来看,特别是1976年的唐山大地震和2008年的汶川地震的震损统计来分析,砌体结构房屋震后破坏率最高。据统计,此次“5·12”汶川地震的各类结构形式房屋中,砌体结构房屋倒塌的比例最大。砌体结构的学校教学楼如聚源中学、莹华中学、北川中学、南坝镇小学、映秀小学、八角镇小学等均出现整体房屋完全垮塌的现象,造成极为严重的人员伤亡。

砌体结构房屋的地震破坏甚至倒塌,其主要原因可分为两类:其一为抗震构造上存在缺陷,墙体之间及墙体与楼盖之间缺乏可靠连接,地震时连接处破坏,墙体出现平面外倾倒,楼板滑落,导致房屋丧失整体性而破坏甚至垮塌;其二为墙体的抗剪强度不足,地震作用下墙体产生交叉裂缝(剪切裂缝),当墙体的裂缝扩大到一定程度时造成墙体局部崩落,大大降低了墙体的竖向承载能力,最终导致砌体结构局部或全部垮塌。

唐山地震后,我国开展了大面积的抗震加固工作。但是,从“5·12”汶川地震和“4·14”玉树地震的教训来看,仍存在较多的不足或问题:

(1) 唐山地震后已经三十多年,由于时间渐远,人们在思想上放松了警惕,对地震的危害重视不够,出现了较多的简化抗震措施,甚至不按抗震规范设计或施工的现象。

(2) 在我国广大的乡村、欠发达地区或贫困地区,较多的房屋没有进行抗震设防,抵御不了相应震级的地震作用。汶川地震、玉树地震造成大量民房破坏和倒塌证实了这一点。

(3) 由于地震工程方面的技术发展水平所限,对地震的预测、地震设防烈度的区划均不够准确。唐山市在1976年地震前为6度设防区,工业与民用建筑一般不设防,但发生了M7.8级大地震,震中区烈度达11度。四川西部地区原为7度抗震设防区,却发生了汶川的M8.0级地震,震中区烈度达11度左右。目前所确定的地震区划仅是处于地震工程研究的起步阶段水平,距真正起到抵抗地震的作用,还有一定的距离。

综上所述,开展砌体结构房屋抗震加固成套技术研究已成为目前工程抗震界的一个重要任务。通过系统的研究,提出实用、高效的抗震加固技术对我国的抗震加固工作具有重要的政治和经济意义。

近三十年来,随着对地震震害和抗震技术研究的逐步深入,结构新材料、新的施工机具和设备的出现,给结构抗震技术的发展提供了充分的支撑,如何在现代科技水平的条件下提高房屋抗震设计与加固的水平是目前一项重要的研究任务。

1.3 国内外研究现状及进展

我国是一个多地震的国家,地震活动的分布范围十分广泛,绝大多数省