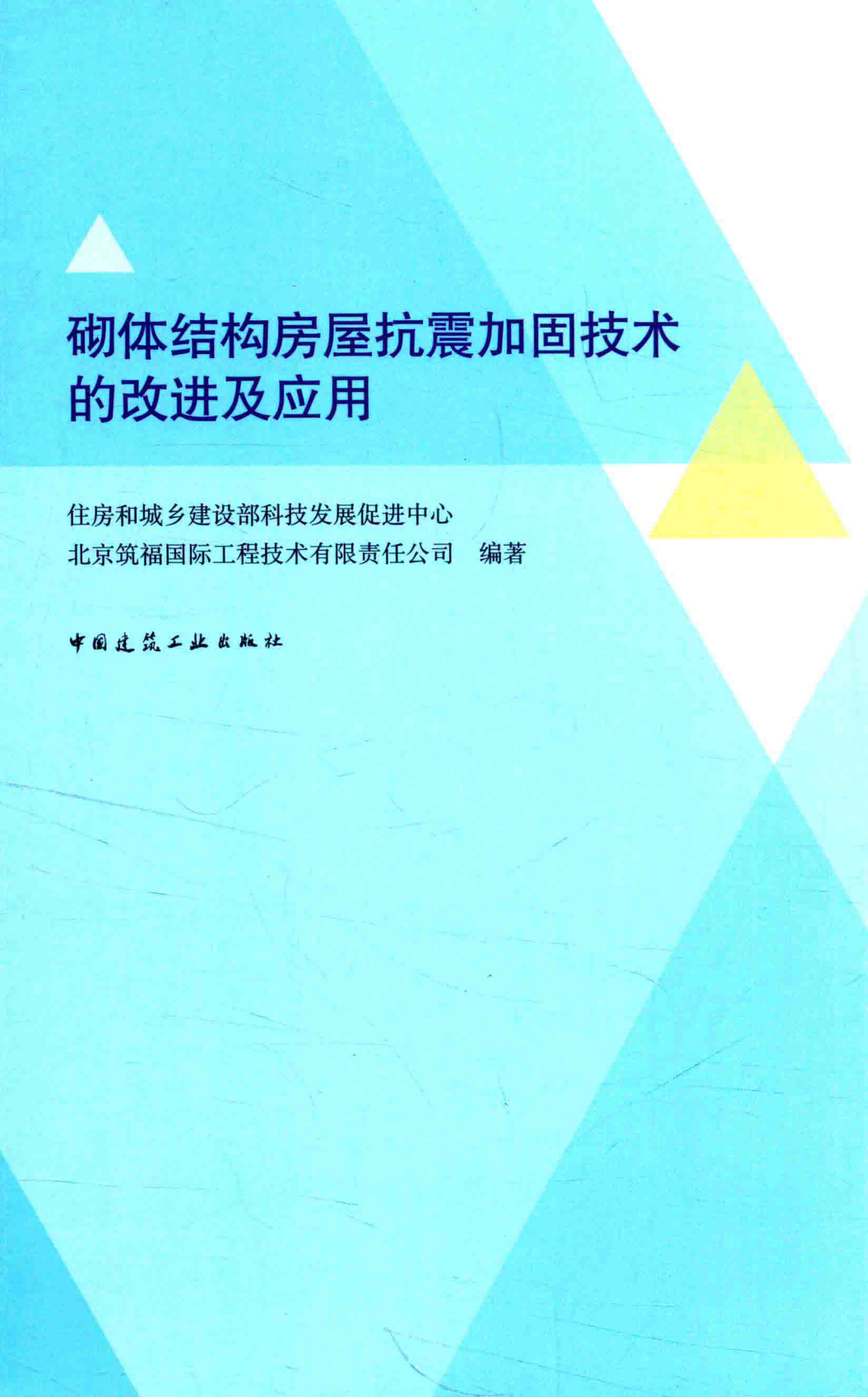




砌体结构房屋抗震加固技术的改进及应用

住房和城乡建设部科技发展促进中心
北京筑福国际工程技术有限公司 编著

中国建筑工业出版社

砌体结构房屋抗震加固 技术的改进及应用

住房和城乡建设部科技发展促进中心 编著
北京筑福国际工程技术有限公司

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

砌体结构房屋抗震加固技术的改进及应用/住房和城乡建设部科技发展促进中心, 北京筑福国际工程技术有限责任公司编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-112-19443-8

I. ①砌… II. ①住… ②北… 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 (2016) 第 103221 号

责任编辑: 王晓迪 郑淮兵 马 彦

责任设计: 李志立

责任校对: 陈晶晶 张 颖

砌体结构房屋抗震加固技术的改进及应用
住房和城乡建设部科技发展促进中心 编著
北京筑福国际工程技术有限责任公司

*

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

北京佳捷真科技发展有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 9 $\frac{3}{4}$ 字数: 164 千字

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-19443-8

(28606)

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)

编 委 会

顾 问：董 有 许利峰

主 任 委 员：杨 涛 程子韬

编委会委员：吴保光 赵恩平 董利琴 鞠树森
杨黎明 张 募 蒋海波 张晓明
王 飞 高艳滨 韩 兮 佟喜宇
郑炎斌 李立学 李 广 梁淮南
王 洋 梁俊桥 刘金红 马 翊
万 兆 潘沂华

编 制 单 位：住房和城乡建设部科技发展促进中心
北京筑福国际工程技术有限责任公司
北京筑福建筑事务有限责任公司
北京市地震灾害防御中心
中震（北京）工程检测股份有限公司
北京玛斯特科技有限公司
金柚加梯（北京）科技有限公司

前 言

砌体结构材料易得、施工方便、造价偏低,在我国应用范围非常广泛,大量应用在住宅、办公楼、医院、教学楼等民用建筑领域中。砌体结构的材料大多采用砌筑烧结实心砖做承重墙,预制空心板或现浇混凝土板做楼板,结构整体性差、抗震性能弱。历次震害表明,砌体结构易发生脆性破坏,进而造成大量的人员伤亡和财产损失。据不完全统计,1976年的唐山大地震中,1000余幢多层砖混结构房屋的倒塌率为70%~90%;1991年的新疆柯坪地震和1993年的云南普洱地震中,砖混结构房屋的破坏率达到了75%左右。砌体结构主要承受压力作用,其本身缺乏延性,抗弯、抗拉、抗剪强度等性能都较低,是目前老旧房屋抗震加固改造中的重点对象。

传统的砌体结构加固方法主要有圈梁构造柱、单/双面板墙加固、增大截面、增设扶壁柱等多种方式,简单直接,但每种加固方式都存在一些不足。本书在传统砌体结构加固方式的基础上进行技术改进和综合应用,使施工更加方便、加固效果更好、大大提高了砌体结构的整体抗震性能。本书主要从砌体结构房屋加固机理、内墙拉杆的改进、外墙构造柱圈梁的改进、外套加固法的改进、墙体加固、基础部位隔震等方面进行论述,详细介绍了文中所提出的改进加固方法的构件组成、技术特点及施工要求等。然后,根据工程加固工程实例,选择合适的加固方法,或者两种及多种加固方法综合应用,让读者更清楚具体加固方式在实际加固设计中的应用及加固后的效果。

本书内容丰富、实用,主要内容包括:第1章、第2章详细介绍了砌体结构房屋震害情况、砌体结构房屋抗震鉴定及加固机理;第3章介绍了角钢支托拉杆、扁钢拉杆和粘贴碳纤维拉杆的组成及构造、设计与施工等;第4章介绍了角钢钢架、薄壁钢管混凝土构造柱—槽钢圈梁、装配嵌入式方形钢管混凝土构造柱—角钢圈梁的构件组成、设计与施工、构件防腐防火防锈等;第5章介绍了薄壁钢管混凝土构造柱—H型钢圈梁、人字撑方钢管混凝土柱—H型钢圈梁的外套加固法;第6章介绍了提高墙体抗剪承载力的几种方法,如粘贴碳纤维布条加固法、粘贴玻璃纤维加固法、喷射玻璃纤维增强复合材料加固

法、粘锚薄钢板条加固法及“X”形斜拉筋加固法；第7章介绍了基础部位设置隔震支座托换技术的特点、原理及施工等；第8章提出了加固方法的综合分析应用；第9章通过案例介绍了砌体结构实际工程的加固设计。

通过本书的编著，希望读者能在实际工程中选择经济合理的加固方案，应用到实际工程中。由于编写时间仓促，作者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请广大读者给予批评指正。

北京筑福国际工程技术有限责任公司技术总裁 杨涛

目 录

第 1 章 绪论	1
第 2 章 砌体结构房屋抗震加固机理	4
2.1 砌体结构房屋震害分析	4
2.1.1 承重横墙破坏和成因	4
2.1.2 纵墙的破坏和成因	4
2.1.3 楼梯间、电梯间墙体的破坏	5
2.1.4 其他易产生震害的部位	5
2.2 抗震鉴定工作的主要步骤和程序	5
2.2.1 抗震鉴定工作的内容和程序	5
2.2.2 评定要点	6
2.2.3 抗震鉴定等级划分	6
2.3 砌体结构房屋抗震加固的基本原则	11
2.3.1 加固机理	11
2.3.2 基本原则	11
2.3.3 加固方法的选择	13
第 3 章 内墙拉杆的改进方法	14
3.1 角钢支托拉杆	14
3.1.1 选用拉杆的原因	14
3.1.2 应解决的问题	15
3.1.3 拉杆组成及构造措施	15
3.1.4 设计要点	18
3.1.5 施工要求	18
3.1.6 技术特点	19
3.1.7 预拉张紧	20
3.2 扁钢拉杆	20
3.2.1 特点	20
3.2.2 拉结横墙的组成及构造	21
3.2.3 设计要点	23
3.2.4 施工要求	24

3.2.5 预拉张紧	25
3.3 粘贴碳纤维拉杆	25
3.3.1 圆孔楼板与支承结构间的连接	25
3.3.2 材料要求	26
3.3.3 拉杆的制作	28
3.3.4 施工要求	28
3.3.5 施工步骤	30
第4章 外墙构造柱、圈梁的改进研究	31
4.1 外加圈梁、构造柱的加固设计	31
4.2 角钢钢架	32
4.2.1 问题的提出	32
4.2.2 使用范围	32
4.2.3 角钢钢架的组成及构造	32
4.2.4 角钢钢架加固特点	36
4.3 薄壁钢管混凝土构造柱—槽钢圈梁组合构件	37
4.3.1 问题的提出	37
4.3.2 构件的组成及构造	38
4.3.3 抗震加固设计要点	43
4.4 装配嵌入式方形钢管混凝土构造柱—角钢圈梁	44
4.4.1 问题的提出	44
4.4.2 组成及技术特点	45
4.4.3 设计要点	47
4.4.4 施工要求	54
4.5 组合构件的防腐防锈、防火	55
4.5.1 防腐防锈	55
4.5.2 防火	56
4.6 外墙增设构造柱、圈梁，内墙设钢拉杆加固	57
4.6.1 加固机理	57
4.6.2 效果分析	58
第5章 外套加固法的改进研究	60
5.1 薄壁钢管混凝土构造柱—H型钢圈梁	60
5.1.1 外套加固的优缺点	60
5.1.2 技术特点	61
5.1.3 施工程序及注意事项	65

5.2 人字支撑、方形钢管混凝土柱—H 钢梁	66
5.2.1 适用性	66
5.2.2 新型复合结构的承重结构选型	67
5.2.3 构件的组成	69
5.2.4 新型复合结构的分析方法	74
第 6 章 提高墙体抗剪承载力方法的研究	76
6.1 影响砌体结构墙体抗剪强度的因素	76
6.2 粘贴碳纤维布条加固法	78
6.2.1 优缺点	78
6.2.2 构造要求	79
6.2.3 技术特点	80
6.3 粘贴玻璃纤维布条加固法	81
6.3.1 与碳纤维布条加固的区别与联系	81
6.3.2 抗震验算方法	82
6.4 喷射玻璃纤维增强复合材料加固法	86
6.4.1 玻璃纤维聚合物	86
6.4.2 技术特点	87
6.4.3 试验研究	88
6.4.4 墙体受剪承载力验算	93
6.4.5 与 SGFRP 加固的比较	95
6.5 粘锚薄钢板条加固法	96
6.5.1 优缺点	96
6.5.2 构造要求	96
6.5.3 技术特点	97
6.6 “X”形斜拉筋加固法	99
6.6.1 问题的提出	99
6.6.2 技术特点	99
第 7 章 基础部位设置隔震支座的研究	101
7.1 基础隔震的特点与分类	101
7.1.1 基础隔震的特点	101
7.1.2 基础隔震支座的分类	103
7.2 基础隔震的基本理论与设计原则	103
7.2.1 结构简化分析方法	104
7.2.2 隔震理论分界线	105

7.2.3 参数控制	106
7.2.4 高宽比影响因素	107
7.2.5 隔震建筑的设计原则	108
7.3 隔震层的组成	110
7.4 销键梁的特点	111
7.4.1 缺点	111
7.4.2 销键梁的技术特点	112
7.5 基础隔震的施工步骤	113
7.6 基础隔震技术的应用特点	114
7.7 展望	116
第8章 加固方法的综合应用	118
8.1 多层砌体结构房屋抗震加固方案选择的基本原则	118
8.1.1 不同功能区的加固	118
8.1.2 高度和层数超限时的加固	118
8.1.3 改变结构体系的加固	119
8.2 砌体结构房屋加固方案	119
8.2.1 墙体加固	119
8.2.2 洞口加固	120
8.2.3 整体加固	120
8.2.4 楼板加固	121
8.3 外墙增设圈梁、构造柱，内墙加钢拉杆加固	125
8.3.1 加固的基本要求	125
8.3.2 选择要点	125
8.3.3 加固的原则	126
8.4 补充加固法的选择	127
8.4.1 补充加固法	127
8.4.2 选择的依据	128
第9章 应用案例	129
9.1 角钢钢架加固	129
9.1.1 工程概况	129
9.1.2 加固方案的选取	129
9.1.3 加固设计	130
9.1.4 圈梁设计	132
9.1.5 构造柱设计	133

9.1.6 基础加固做法	134
9.2 粘贴碳纤维布条法加固	134
9.2.1 工程概况	134
9.2.2 抗震验算	135
9.3 粘贴玻璃纤维布条法加固	135
9.3.1 工程概况	135
9.3.2 抗震验算	136
9.4 喷射玻璃纤维加固	137
9.4.1 工程概况	137
9.4.2 抗震验算	138
9.5 基础隔震加固	140
9.5.1 工程概况	140
9.5.2 隔震加固设计简况	141
参考文献	143
筑福集团介绍	145

第 1 章 绪 论

砌体结构是我国传统的建筑结构形式之一，它以砖墙承重为主，钢筋混凝土构件（圈梁、构造柱、圆孔板）为辅组合而成，故称之为砌体结构。在我国既有建筑体系中，砌体结构是主要的结构形式之一，占我国既有建筑总量的 60% 以上。砌体结构有诸多的优点，如墙体多为黏土砖砌筑，隔声和保温性能优于其他建筑材料，又具有良好的耐久性、化学稳定性、大气稳定性，以及良好的耐火性能，砌体结构房屋施工简便、工程造价低，在我国的房屋改造历史中应用十分广泛。但是，以黏土砖为主要承重结构材料的房屋刚度大、变形能力小，抗震性能差，砌体结构房屋在历次大地震中的震害十分严重。如 1976 年唐山大地震中，多达 68 万余间民用房屋被毁，地震毁损率达 95%，2008 年汶川大地震中，大量房屋遭遇破坏，尤其村镇房屋破坏最为严重。这些毁损的房屋多为砌体结构房屋，特别是 70 年代前后建造的砌体结构房屋。限于当时的条件，这些房屋在建造时很少考虑抗震设防，房屋大都存在不同程度的安全隐患。若遇较大地震，必然造成重大损失。鉴于目前既有建筑尚需继续使用，为确保安全，须对此类既有建筑进行抗震安全排查，对不符合抗震要求的建筑应分分期分批做加固处理，以保证房屋的后续安全使用。

目前，我国旧房加固改造主要是针对 20 世纪 50~70 年代建造的、2~4 层的砌体结构的建筑（主要是宿舍、住宅、办公楼等），其主要特点表现在以下几个方面：

（1）改造前必须进行鉴定与抗震加固。由于旧有建筑大部分未考虑到抗震设防，或虽设防但不能满足现行抗震规范要求，故应首先根据有关规范对需要加固前旧建筑进行鉴定与评估，然后根据抗震的要求进行加固方案设计。

（2）规模越来越大。由过去单栋房屋小面积的加固改造发展为成片住宅小区房屋或者大面积建筑的改造。

（3）改造建筑类型日趋多样化。由单一的住宅增层改造逐渐发展到大型公共建筑、工业厂房等建筑类型的加固改造。

（4）改造增层数有所增加。由最初的二、三层增加到五、六层，

甚至八、九层。

(5) 外套框架加固改造的结构形式。

随着既有砌体结构房屋抗震鉴定以及工程加固经验的积累,在民用建筑加固中,采用增设圈梁、构造柱的加固方法最为广泛,一般传统的做法是外墙增设钢筋混凝土圈梁、构造柱,内墙设置钢拉杆,俗称“捆绑式”抗震加固法。经多次地震已证明,该加固法能显著提高砌体结构房屋的整体性与结构延性,圈梁、构造柱及钢拉杆限制了砖墙的开裂及其裂缝发展,在砖墙开裂后,以其塑性变形和滑移、摩擦消耗能量,从而防止了砖墙的坍塌,提高了房屋的抗震性能。该加固方法具有施工方便、快速、经济等特点,基本不影响管线的走向和建筑装修,因而受到用户的欢迎。工程实践表明,传统的构造柱、圈梁、钢拉杆加固法虽然有许多优点,但也存在一些缺欠和不足,如钢筋拉杆外露易锈蚀、松动,影响美观,且不能提供足够的预加应力,地震中会产生应力滞后的现象,不能充分发挥其作用。这些缺欠和不足使该加固方法的使用受到了制约,影响进一步的推广应用。此加固法虽然对结构整体抗倒塌能力有明显增强,但对墙体本身抗剪承载能力的提高幅度并不是很大,一般也仅有 20% 左右。为此,我公司研究院对该项技术进行了有针对性的改进及创新。经过多年工程实践,我们获得了多项技术专利和研发成果,弥补和解决了该项技术的缺欠和不足,使砌体结构传统加固技术有所改进和创新,为该加固方法的进一步推广应用开辟了美好的应用前景。

采用外加圈梁、构造柱,内横墙加钢拉杆加固砌体结构房屋是一种对结构加固的整体式加固方法。通过加固,增强了结构的变形能力及抗倒塌能力,提高了结构的承载力和抗震性能,工程实践证明此方法有效。本书主要对此加固方法的研究、创新和工程实践情况作详细阐述,以供读者学习参考。

单靠一种加固方法往往不能满足整个房屋加固的需求,必须依据工程实际情况和鉴定报告给出的不同特性、不同环境条件进行综合分析,得出最佳的加固方案。方案的选择需要多种加固方法进行比较,综合运用,才能达到最佳的加固效果。为此,本书还介绍了具有一定技术创新的砌体结构加固方法,如粘贴碳纤维布条、粘贴玻璃纤维布条或喷射玻璃纤维聚合物复合材料、粘锚薄钢板条等加固砌体结构提高墙体抗剪承载力的方法、新型人字支撑钢架体系加固法、方形钢管混凝土柱组合装配式围套加固法等。基础隔震加固技术及圆销梁的设

计安装工艺使既有砌体建筑隔震层的设置施工变得简单,使用安全可靠,同时也研究了隔震支座在既有砌体建筑隔震缝、沉降缝上的设置托换方法。随着推广应用必将推动隔震技术在既有砌体结构改造加固中的广泛应用及深入发展。

本书还介绍了既有砌体结构板式楼梯及预制圆孔板地震中破坏形成及不安全因素和创新的加固方法。同时介绍了上述加固方法的综合应用及加固方案的合理选择,对不同加固方法的计算应用,依据工程实例给出了案例,以便读者研究使用,力争使本书在既有砌体结构的抗震加固技术方法的突破、创新方面,能起到一定的推动作用,因编者能力所限,不足之处敬请指正。

采用外墙加圈梁、构造柱,内墙加钢拉杆加固砌体房屋是一种对结构整体实施加固的方法,从而增强结构的整体抗震能力、整体变形能力及抗倒塌能力,提高了结构的承载力。目前,我们对砌体结构加固方法改进的研究是独立的、分散的,未将各项技术研究及专利成果整合在一起,加以综合应用。每一项工程加固都具有自身的特点,实践中应依据工程鉴定给出的不同特性、不同条件环境等进行方案比较,选择合适的加固方案,综合应用多项技术,以求获得预期加固效果。

编写本书的目的就是要把我们多年来在研究、实践中积累的关于采用圈梁、构造柱、钢拉杆加固砌体结构房屋的多项创新技术加以梳理、整合,从而方便综合应用,使诸项加固方法得到更为广泛的应用与推广。在实际工程中,可结合工程实际综合运用上述技术,合理选择加固方案,以达到最优的结构加固效果。

第 2 章 砌体结构房屋抗震加固机理

2.1 砌体结构房屋震害分析

通过许多砌体结构房屋在地震中的破坏实例、破坏试验及相关研究得出砌体结构破坏特征和成因有以下几方面。

2.1.1 承重横墙破坏和成因

承重横墙破坏通常表现为：由于抗剪能力不足导致承重横墙剪切破坏，一般在横墙上呈斜向“X”形交叉裂缝。当墙体高宽比不同时，裂缝型式、宽度也有所不同，多层砌体房屋承重横墙破坏具有以下几个特点：

(1) 因为底层地震剪力比上面楼层大，所以底层的横墙破坏要比上面楼层的横墙破坏严重。

(2) 横墙破坏程度与有无圈梁密切相关。圈梁可增加纵横墙的连接，增加建筑物的整体性、刚度和墙体稳定性，约束裂缝的发展，同时还可以减轻地震时建筑物的不均匀沉降，带有圈梁的建筑横墙破坏相对较轻。

(3) 横墙承担的地震作用与墙肢刚度的大小有密切的关系。横墙的布置形式和开洞大小决定了墙肢的高宽比和刚度，从而决定了横墙承担的总地震作用及其自身的抗剪承载能力。在建筑设计中，为避免洞口布置不均匀产生刚度突变而导致地震破坏加重，规范严格要求洞口的尺寸大小和上、下对齐布置。

(4) 砂浆强度过低产生墙体沿灰缝的裂缝。砌体结构墙体的砌块连接是通过砌筑砂浆实现的，砂浆的抗拉强度很低，只相当于抗压强度的 $1/10$ ，当地震作用产生的水平剪力超过砂浆极限拉应力时，墙体会沿灰缝产生大的裂缝并向周围灰缝扩散。

2.1.2 纵墙的破坏和成因

纵墙的破坏较复杂，其主要成因有以下几个方面：

(1) 窗间墙较窄引起的墙体抗剪破坏。外纵墙往往被门窗洞口分割,当窗间墙宽度较小,导致抗剪能力不足时,外纵墙易发生破坏。与横墙承重墙相同,也是底部1~2层破坏较上面各层严重。

(2) 外纵墙被推倒。在地震中,外纵墙受内横墙的顶推作用,若纵横墙之间无咬槎砌筑连接或无圈梁拉结时,外纵墙可能局部外闪或整片墙体被推倒。

(3) 刚度不均引起的地震破坏。建筑的墙角位置易产生应力集中,在地震扭转力的作用下,易破坏。特别是在楼端部布置楼梯间或者大房间时,由于平面内刚度局部较弱,扭转效应明显,容易破坏。另外,突出楼顶的小房间刚度和质量都比较小,容易产生鞭梢效应加剧其震害。突出部位的地震惯性力甚至可达到主体结构的三倍以上,设计加固中应特别注意。

2.1.3 楼梯间、电梯间墙体的破坏

从大量地震灾害调查中发现,楼梯间、电梯间的地震破坏较其他部位严重,主要原因是:楼梯间无各层楼板支撑,横墙的侧向稳定性明显减弱。楼梯间整体刚度与主体结构相比较弱,地震中易发生变形破坏而使整个建筑的交通堵塞,给灾害逃生造成了极大困难,这是抗震加固中应特别重视的。

2.1.4 其他易产生震害的部位

除以上情况外,砌体结构房屋易产生震害的原因还有平面刚度不均、上下刚度突变、内框结构房屋处理不当或构造原因等引起的震害,如山墙、女儿墙过高,拉结质量差,伸缩缝、沉降缝设置尺寸、位置不合理等,这些问题在结构加固中应给予合理妥善的解决。

2.2 抗震鉴定工作的主要步骤和程序

砌体结构房屋的加固方法多种多样,在进行抗震加固时,合理选择结构的加固方案是必要的。通常根据既有砌体结构房屋的抗震安全鉴定报告合理地选择结构加固方案。

2.2.1 抗震鉴定工作的内容和程序

鉴定工作的内容主要包括:被鉴定房屋的资料、档案收集;建筑

物主要部位、构件材料强度的检测、鉴定；现场工程调查；结构抗震性能整体分析、验算、评价和处理意见；房屋抗震鉴定报告书等。抗震安全鉴定报告是受甲方委托由具备专业技术资格的单位来完成的。

以既有砌体结构房屋为例来说明抗震鉴定工作的主要步骤如下：

(1) 建筑物的档案资料收集及历史和现状的综合调查，收集的资料及档案主要有基础勘察报告、方案及施工图。

(2) 工程验收文件及工程使用中的结构和用途改动。

(3) 收集加固维修方面的原始资料，当资料不全时应进行实测补充。

(4) 建筑物的现状调查应深入现场，仔细认真全面地对建筑物进行考察，并对比现状与原始资料是否一致。

(5) 工程使用中有哪些变动及改造。

(6) 结构的损坏及缺陷有哪些，应全面评估又要抓住重点。

2.2.2 评定要点

砌体结构房屋抗震鉴定的评定要点主要有以下两个方面：

(1) 抗震鉴定应强调综合抗震能力的评定，一是要区分整体影响因素和局部影响因素；二是要对抗震构造措施和抗震性能进行综合分析。

(2) 多层砌体房屋抗震鉴定主要从房屋高度和层数、墙体及钢筋混凝土构件材料的实际强度等级、结构体系的合理性、主要承重构件整体连接构造的可靠性、局部易损失构件自身与主体结构连接的可靠性、抗震承载力验算情况等几个方面进行综合评定。

2.2.3 抗震鉴定等级划分

依据既有建筑后续使用年限的不同，可将建筑划分为 A 类、B 类、C 类，对于 A 类建筑（后续使用年限 30 年）的砌体结构房屋抗震鉴定可分为一级鉴定和二级鉴定。

(1) A 类房屋第一级鉴定是从层数、高度、结构体系、材料强度、整体连接、局部易损等方面进行鉴定，并进行抗震承载力的简化验算，如图 2-1 所示。

(2) A 类多层砌体房屋的鉴定结果

当房屋层数和高度符合鉴定标准没有超限时，满足以下四条要求，不需要进行抗震第二级鉴定。