

86.3678
ZWY

264277

房屋抗震加固



FANG WU KANG ZHEN JIA GU

陕西科学技术出版社

房屋抗震加固

朱维益 编

陕西科学技术出版社

内 容 提 要

本书主要叙述各种房屋及烟囱、水塔的地震震害破坏现象，抗震鉴定的内容和方法，以及抗震加固技术措施。本书可供房屋维修人员以及广大基建施工人员参考。

房屋抗震加固

朱维益 编

陕西科学技术出版社出版

陕西省新华书店发行 国营五二三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4 字数 84,500

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

印数 1—3,500

统一书号: 15202·3 定价: 0.34 元

目 录

第一章	地震震害	(1)
第一节	地震震级与烈度	(1)
第二节	多层砖房地震震害	(5)
第三节	多层钢筋混凝土内框架房屋地震震害	(9)
第四节	单层空旷砖房地震震害	(10)
第五节	砖木房屋地震震害	(12)
第六节	单层钢筋混凝土厂房地震震害	(12)
第七节	土墙承重平房地震震害	(14)
第八节	砖砌平房地震震害	(16)
第九节	木骨架平房地震震害	(19)
第十节	烟囱和水塔地震震害	(21)
第二章	抗震鉴定	(23)
第一节	抗震鉴定烈度	(23)
第二节	多层砖房抗震鉴定	(24)
第三节	多层钢筋混凝土内框架房屋抗震鉴定	(38)
第四节	单层空旷砖房抗震鉴定	(40)
第五节	砖木房屋抗震鉴定	(43)
第六节	单层钢筋混凝土厂房抗震鉴定	(46)
第七节	土墙承重平房抗震鉴定	(52)
第八节	砖砌平房抗震鉴定	(54)
第九节	木骨架平房抗震鉴定	(59)
第十节	烟囱和水塔抗震鉴定	(61)
第三章	抗震加固	(64)

第一节	抗震加固基本原则	(64)
第二节	多层砖房抗震加固	(65)
第三节	多层钢筋混凝土内框架房屋抗震加固	(80)
第四节	单层空旷砖房抗震加固	(81)
第五节	砖木房屋抗震加固	(85)
第六节	单层钢筋混凝土厂房抗震加固	(87)
第七节	土墙承重平房抗震加固	(95)
第八节	砖砌平房抗震加固	(98)
第九节	木骨架平房抗震加固	(10)
第十节	烟囱和水塔抗震加固	(110)
附 录		(119)
一、名词解释		(119)
二、工业与民用建筑抗震耗钢量参考表		(120)
三、砂浆配合比参考表		(121)
四、混凝土配合比参考表		(122)

第一章 地震震害

第一节 地震震级与烈度

地震就是人们常说的“地动”，是一种自然现象。

地震按其成因，可分为构造地震、陷落地震、火山地震、激发地震等四类。全世界大多数国家发生的地震多属于构造地震。构造地震是地壳运动产生的自然力，推挤地壳岩层使其薄弱部位突然发生断裂错动而引起的。

地下岩石断裂错动产生的震动，是以弹性波的形式向四面八方传播的，这就是地震波。在地球内传播时，称为体波；当到达地面上时，即沿地表传播的波，称为面波。体波又分纵波和横波。质点振动与振动传播方向一致的波称为纵波，人们感受到是上下跳动（颠簸），它以每秒 6~7 公里速度传播；质点振动与振动传播方向垂直的波称为横波，它的水平分量则引起地面的水平晃动（摇晃），传播速度比纵波慢，每秒 3~4 公里。面波是体波到达地面后，在一定条件下激发的次生波，速度比横波还慢，只引起水平晃动，没有上下振动，而且往往振动也很猛烈。

地震就是由于这些地震波的强烈运动，并不断地向前推移所产生的后果，于是引起地面的破坏，建筑物的倒塌等现象。

通常把震源深度在 70 公里以内的地震称为浅源地震，70

公里到 300 公里之间的地震称为中源地震，300 公里以上的地震称为深源地震。世界上绝大部分地震是浅源地震。一般情况下，对于同样大小的地震，当震源较浅时，波及范围较小，破坏程度较大；当震源较深时，波及范围大而破坏程度相对较小。绝大多数破坏性地震的震源深度在 10~40 公里的范围内。

地震震级是表示地震本身强烈的程度，它的大小以震源释放出的能量多少来衡量，它的级别是根据地震仪记录的地震波图经过计算确定的。因此一次地震只有一个地震震级。震级增加一级，释放的能量要增大 30 倍。现今世界上最大地震震级为 8.9 级。

地震烈度是指地表及建筑物遭受地震破坏的程度。对某一次地震来说，只有一个地震震级，而地震烈度则随震中距离远近有所不同。一般来说，距震中越远，地震影响越小，烈度就越低；离震中越近，地震影响愈大，烈度就愈高。在我国的烈度表（新的中国烈度表）中将地震烈度分为十二度，主要是根据人的感觉、器皿的振动情况，地表和建筑物的破坏程度等来确定的。一般情况下，地震烈度在 3 度以下时人无感觉；4~5 度，人们有不同程度感觉，室内吊灯有些摆动和有尘土掉落现象；6 度，人行走不稳、器皿倾斜、房屋出现裂缝，少数受到破坏；7~8 度，人站立不住，大部分房屋遭受破坏，高大烟囱可能断裂，有时还有喷砂冒水现象；9~10 度，房屋严重破坏，地表裂缝很多，湖泊、水库中有大浪出现，部分铁轨弯曲变形；11~12 度，房屋普遍倒塌，地面变形严重，造成巨大的自然灾害。

各种烈度下房屋破坏的情况列于表 1 中。

各种烈度下房屋损坏情况

表 1

烈度	房 屋 损 坏 情 况
1 度	无损坏
2 度	无损坏
3 度	无损坏
4 度	门窗和纸糊的顶棚有时轻微作响
5 度	门窗、地板、顶棚和屋架榫头轻微作响。开着的门窗摇动、尘土落下。粉饰的灰粉散落。抹灰层上可能有细小裂缝
6 度	I 类房屋多数损坏,少数破坏(很不坚固的房、棚可能倾倒) II、III类房屋多数轻微损坏。II 类房屋少数损坏
7 度	I 类房屋大多数损坏,多数破坏,少数损坏 II 类房屋大多数损坏,少数破坏 III 类房屋大多数轻微损坏,多数损坏(可能有破坏的)
8 度	I 类房屋大多数破坏,多数倾倒 II 类房屋多数破坏,少数倾倒 III 类房屋大多数损坏,少数破坏(可能有倾倒的)
9 度	I 类房屋大多数倾倒 II 类房屋多数倾倒 III 类房屋多数破坏,少数倾倒
10度	III 类房屋多数倾倒
11度	房屋普遍毁坏
12度	广大地区内房屋普遍毁坏

注:房屋类型划分如下:

I 类:简陋的棚舍;土坯或毛石等砌筑的拱窑;夯土墙或土坯、碎砖、毛石、卵石等砌墙,用树枝、草泥做顶,施工粗糙的房屋。

II 类:夯土墙或用低级砂浆砌筑的土坯、碎砖、毛石、卵石等

墙，不用木柱的，或虽有细小木柱，但无正规木架的房屋。

Ⅲ类：有木架的房屋（宫殿、庙宇、城楼、钟楼、鼓楼和质量较好的民房）；竹笆或灰板条外墙、有木架的房屋；新式砖石房屋。

房屋的破坏程度：

轻微损坏：粉饰的灰粉散落，抹灰层上有细小裂缝或小块剥落。偶有砖、瓦、土坯或灰浆碎块坠落。不稳固的饰物滑动或损伤。

损坏：抹灰层上有裂缝，泥块脱落。砌体上有小裂缝，不同砌体之间产生裂缝。个别砌体局部崩塌。木架偶有轻微拔棒。砌体的突出部分和民房烟囱的顶部扭转或损伤。

破坏：抹灰层大片崩落。砌体裂开大缝或破坏，并有个别部分倒塌。木架拔棒，柱脚移动、部分屋顶破坏，民房烟囱倒下。

倾倒：建筑物的全部或相当大部分的墙壁、楼板和屋顶倒塌。有时屋顶移动。砌体严重变形或倒塌。木架显著倾倒，构件折断。

在震中区（在地面上正对震源的区域）不同震级与烈度的关系如表 2 所列（浅源地震）。

震级与震中烈度关系

表 2

震 级	2	3	4	5	6	7	8	8以上
震中烈度	1~2	3	4~6	6~7	7~8	9~10	10~11	12

一个地区在今后一定时期内一般场地条件下可能遭遇的最大地震烈度，称为基本烈度。基本烈度要根据当地的地形地质条件和历年来震情而定。基本烈度的确定要慎重，因为它作为当地地震烈度的标准，房屋的抗震设计、抗震鉴定与加固，都要依据基本烈度加以调整后确定。

设计烈度是指房屋在进行抗震设计时所采用的烈度，设计烈度不完全等于该地区的基本烈度，根据房屋的重要性，可以有所不同。对于特别重要的房屋，设计烈度比基本烈度

高一度；对于重要的房屋，设计烈度等于基本烈度；对于一般性房屋，设计烈度可比基本烈度低一度。设计烈度一般采用 7、8 或 9 度。

第二节 多层砖房地震震害

多层砖房是指砖墙承重、钢筋混凝土楼盖和钢筋混凝土或木屋盖的混合结构房屋，这种房屋应用广泛，如住宅、办公楼、教学楼等等。由于墙体用脆性材料构成，延伸性差、抗拉和抗剪强度低，地震时破坏率较高。据历次地震调查表明：多层砖房在 9 度以上地区如不设防，破坏是很严重的，有的全部倒塌，多数严重开裂。7~8 度区，部分砖房开裂，也有局部倒塌。6~7 度区，近几年新建的多数完好，少数开裂严重。一些超高房屋和局部出屋顶的房间震害较重。

多层砖房的地震震害主要表现在墙体破坏上，还有因墙体破坏而引起楼盖和屋盖的局部破坏。

多层的砖房通常有以下几个方面震害：

（一）墙体裂缝和外闪

墙体的裂缝有斜裂缝、水平裂缝、竖向裂缝和 V 形裂缝等。

斜裂缝一般以 45 度方向出现在墙面上，单向斜或交叉斜，一般规律是下重上轻，两端重中间轻（图 1）。砂浆标号较低时，沿灰缝开裂；砂浆标号较高时，砖也往往被拉裂。

斜裂缝产生原因是：当地震力平行于墙体时，在平面内发生较大的变形，当水平力引起的主拉应力超过砌体强度时，砌体就会出现剪切斜缝。

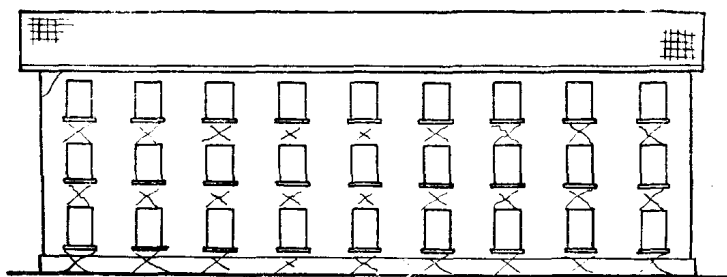


图 1 墙面斜裂缝

水平裂缝多发生在外纵墙窗口上下变截面处，楼梯间等处也多见，特别是顶层横墙间距过大时更为明显。当房屋上下刚度均匀时，有可能在底层出现。9~10度区，墙体水平裂缝处，往往有二、三皮砖被压酥（图2）。

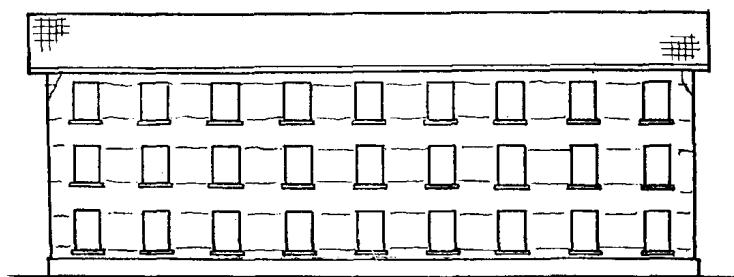


图 2 墙体的水平裂缝

水平裂缝通常是在地震力垂直于墙面时出现。由于房屋横向刚度较差，纵墙受地震力作用发生平面外弯曲，在变截面处就会引起水平裂缝。

竖向裂缝多发生在内外墙交接处，严重时外纵墙外闪倒塌。造成此种现象，主要原因是内外墙未同时砌筑，留直槎接砌，而又未加拉筋。有的砖壁柱可能由于地震时上下颠

簸，产生竖向裂缝。

V形裂缝常出现于外墙角，尤其是局部凸出的顶层房间外墙角，严重时墙角甩落（图3）。

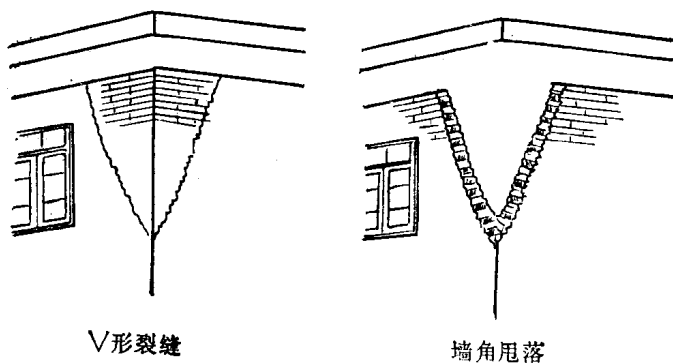


图3 墙体V形裂缝

V形裂缝主要原因是：当地震力方向与房屋平面成某一角度时，外墙角受到纵横两个方向的分力或扭转的作用，由于外墙角仅有纵横墙相连，应力集中，当砌体强度不足时就会在纵横墙上出现V形裂缝。

（二）楼梯间破坏

楼梯间的横墙间距一般比其它房间为小，承担的地震力较大，墙体往往产生斜裂缝或外闪，尤其是顶层楼板处无圈梁，楼梯间外墙最上一段自由高度为楼层高度的1.5倍左右，就很容易外闪。当楼梯间位于房屋尽头或局部突出，破坏更为严重。楼梯梁下砖墙有的会出现压酥现象。

（三）楼盖和屋盖塌落

引起楼盖和屋盖的塌落，主要是楼盖和屋盖在墙上支承长度不够或锚固不牢，如果墙体抗剪强度不足，墙体发生倒

塌，楼盖和屋盖就会随之掉下。

装配式钢筋混凝土预制板如板缝灌捣不严实，支承长度不够，当墙体摇晃时，预制板就可能掉下来。尽管现浇钢筋混凝土板整体性好，如果墙体倒塌，楼板也会随之塌落。

(四) 附属物的破坏

房屋中的附属结构：如女儿墙、高门脸、挑檐、雨篷、阳台、以及出屋顶的烟囱、楼梯间等，都是刚度较小，连接较差，缺少周围联系的。在地震力作用下，破坏最早、破坏率也最大，几乎从6度开始即有所破坏，尤其是较高的女儿墙及出屋顶烟囱，7度时普遍损坏，8~9度时，全部损坏。

(五) 其它部位破坏

坡屋顶的山墙，如檩条与屋架无锚固，或檩条在墙上搭接过少，地震时檩端推出山墙，或檩条从墙上拔出，造成山墙山尖部位的破坏。

相邻房屋单元之间的变形缝，如留得太小，地震时由于两者变形不协调，而产生碰撞现象，使变形缝处墙体碰撞破碎。

房屋地基的持力层如为液化砂土^①，地震时，由于液化而产生局部下沉，造成房屋倾斜。

房屋顶层局部有大房间，特别是设在房屋尽端时破坏较为严重。

如果房屋地基不均匀或处理不当，地震时会影响上部结构，往往加重震害。

^①砂土液化：是指地层中处于饱和水状态的松砂或亚砂土，在承受一定强度的震动作用时，由原来的结构稳定状态向类似粘滞液体状态变化的现象。

房屋平面不规则，在交接处墙体破坏较严重。

第三节 多层钢筋混凝土内 框架房屋地震震害

多层钢筋混凝土内框架房屋，是指内部为钢筋混凝土内柱，外围及部分纵横向为砖墙混合承重的房屋，常应用于多层工业厂房。

由于这类房屋内部墙少、比较空旷，又由两种不同材料组成，所以，地震时两者变形亦不一致，房屋的整体性和刚度比较差，在地震时比较不利。其地震震害的特征与多层砖房相似，但震害稍重。现将不同烈度下，受地震破坏的特征概述如下：

在6、7度地区，震害通常表现为横墙或楼梯（或电梯）间的砖墙产生斜裂缝，外纵墙沿窗口上下有水平裂缝，顶层外墙角部位开裂或外闪。

在8度地区，震害表现为砖墙开裂，如承重砖横墙和山墙产生斜裂缝。当房屋层数较多，总高度太高和顶层有较大荷载时，上面几层易发生倒塌。

在9度地区，多数为严重破坏，其破坏规律是上部重下部轻，砖墙开裂，外墙角普遍出现裂缝，少数墙角摔落。钢筋混凝土柱顶和柱脚处有水平裂缝，一般是墙体破坏越重，柱破坏也越重。

在9度以上地区，多数内框架房屋倒塌，少数残存一部分，个别是墙体和柱严重破坏而未倒塌。

墙体的破坏原因与多层砖房中所述相同。

常见墙体及梁、柱破坏情况如下：

1. 横墙（包括山墙）产生斜裂缝。外墙角产生 V 形裂缝或局部倒塌，当与外纵墙尽端的承重砖壁柱一同倒塌，会使屋盖大梁折断。

2. 外纵墙出现水平裂缝和错动。窗间墙除水平裂缝外，还在其内外缘出现砖块压碎现象，有些砌体错动严重。

3. 山墙和外纵墙外闪，甚至倒塌。

4. 楼梯间墙产生交叉裂缝，或沿梯段方向的斜裂缝，一般上层震害比下层重。

5. 钢筋混凝土梁支座在砖墙处开裂和错动。

6. 梁下砌体局部压酥及产生垂直裂缝。

7. 局部突出屋顶的楼梯（或电梯间）间破坏。

8. 钢筋混凝土梁、柱的破坏：钢筋混凝土内框架房屋由于外墙和横墙刚度大，内柱刚度小，地震力主要由墙体来承担，当墙体破坏之后，梁、柱才承担大部甚至全部地震力，此时在柱顶（大梁底部）、柱底（楼面处）出现水平裂缝，在梁柱交接处的梁端部亦有斜裂缝。它的破坏程度随着横墙的破坏情况而变化。当楼板面荷重较大，引起地震力的增大，会使柱端劈裂。

9. 内框架填充墙的破坏和倒塌：在 6 度地区内填充墙开始出现裂缝，7~8 度区只是裂缝开展不同（8 度时有部分倒塌），9 度区有些填充墙出现倾斜和倒塌。

第四节 单层空旷砖房地震震害

空旷砖房是指砖墙承重、且空间较大的公共建筑，如剧院、食堂等，一些砖柱承重的厂房也属于此类。

单层空旷砖房刚度较差，在强震区破坏较为严重。一般

常见的震害如下：

（一）纵墙产生水平裂缝、砖壁柱折断、山墙产生斜裂缝

空旷砖房的纵墙产生水平裂缝、砖壁柱折断比较普遍。水平裂缝随着烈度的增高、裂缝除加宽外，裂缝长度逐渐向两端山墙延伸，如在7度区，水平裂缝仅在房屋中央部位；8度区裂缝则伸至离山墙两个开间左右；9度区水平裂缝一直延伸到山墙处，而且缝的数量增加。山墙破坏一般不重，只有在强震区，采用钢筋混凝土屋盖，且山墙间距不大时，才会出现斜裂缝或交叉裂缝。

由于空旷砖房缺少横墙拉结，特别是采用木屋盖和钢屋盖时，横向地震力主要由纵墙承受，因此纵墙震害较重。

当采用钢筋混凝土屋盖，且山墙间距较小时，具有一定的空间作用，山墙将承受一部分横向地震力。当作用在山墙上的横向地震力超过山墙的承载能力时，墙体就会产生裂缝。

（二）山墙水平裂缝、外闪和倒塌，纵墙斜裂缝或交叉裂缝

当地震力垂直于山墙时，山墙就会出现水平裂缝、外闪、山尖倒塌和纵墙产生斜裂缝或交叉裂缝。这是由于在纵向地震力作用下，山墙发生平面外弯曲，而山墙与屋盖又缺少必要的锚固措施所致。纵墙出现裂缝多发生于强震区，这是由于纵向地震力过大，纵墙在薄弱截面内的剪力超过砌体的承载能力而引起的。

（三）屋架支座处砖柱（墙）局部损坏

空旷砖房的屋架与砖柱（墙）如没有可靠的锚固措施，地震时屋架移动，就会造成砌体局部损坏或倒塌。

从上述震害表明，空旷砖房的破坏，主要是因为砌体强度不足和构造上不合理造成的。

第五节 砖木房屋地震震害

砖木房屋是指砖墙承重（或部分砖柱承重）木楼盖和木屋盖组成的房屋。这种房屋大部分都年久，在城镇的居民住宅尚有使用。

砖木房屋如年久失修，地震震害比较严重。近几年新建的，用料和施工方面质量好的，震害就比较轻。

砖木房屋的地震震害主要表现在墙体破坏上，还有因墙体破坏而引起楼盖和屋盖的塌落等。

墙体破坏上常见有墙面斜裂缝、水平裂缝、竖向裂缝，甚至于外纵墙外闪倒塌，外墙角产生 V 形裂缝，甚至掉落。

如楼盖在墙上搁置长度不够，或屋架与墙锚固不牢，由于墙体摇晃和倒塌，而引起楼盖和屋盖局部塌下。

坡屋顶的山墙山尖也有掉落，檩条脱出，一头向下，使端部开间的屋盖塌落。

屋架之间如支撑布置不合理或不够，屋架会发生倾斜，以使檩条离架下落，由于屋面重量，带动屋架益加倾斜，甚至倒下。

砖柱如断面不够或过于细长，有可能折断，折断部位往往在楼面处。

出屋顶烟囱破坏最早，连根拔掉摔下。

第六节 单层钢筋混凝土厂房地震震害

单层钢筋混凝土厂房的主要结构构件是柱、屋架、吊车