

村镇住宅抗震措施

秦召棠 编著



中国建筑工业出版社

村镇住宅抗震措施

秦召棠 编著

中国建筑工业出版社

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 我国地震分布概况.....	1
第二节 地震的基本知识.....	5
第三节 地震力的特点和对房屋的破坏作用.....	13
第四节 住宅规划中的抗震问题.....	20
第二章 场地和地基	23
第一节 场地是否有断裂带.....	26
第二节 局部地形条件的影响.....	29
第三节 Ⅲ类场地土的不利作用.....	31
第四节 对抗震危险的地段.....	36
第五节 地下水的影响.....	37
第三章 木骨架承重房屋	39
第一节 结构特点与抗震能力.....	40
第二节 震害概况及原因分析.....	42
第三节 抗震措施.....	44
第四章 实心砖墙承重房屋.....	54
第一节 结构特点与抗震能力.....	54
第二节 震害概况及原因分析.....	56
第三节 抗震措施.....	67
第五章 空斗砖墙承重房屋.....	88
第一节 结构特点与抗震能力.....	88
第二节 震害概况及原因分析.....	89
第三节 抗震措施.....	91
第六章 砖柱承重房屋	94
第一节 结构特点与抗震能力.....	94

第二节	震害概况及原因分析	94
第三节	抗震措施	96
第七章	土墙承重房屋	99
第一节	结构特点与抗震能力	99
第二节	震害概况及原因分析	101
第三节	抗震措施	103
第八章	土坯拱窑洞	109
第一节	结构特点与抗震能力	109
第二节	震害概况及原因分析	110
第三节	抗震措施	111
第九章	崖窑洞	113
第一节	结构特点与抗震能力	113
第二节	震害概况及原因分析	114
第三节	抗震措施	116
第十章	石墙承重房屋	121
第一节	结构特点与抗震能力	122
第二节	震害概况及原因分析	124
第三节	抗震措施	124
第十一章	原有住宅抗震加固	128
第一节	多层砖房抗震加固	129
第二节	空斗墙房屋抗震加固	171
第三节	砖拱房屋抗震加固	173
第四节	木骨架承重房屋抗震加固	175
第五节	土墙承重房屋抗震加固	195
第六节	石墙承重房屋抗震加固	201

第一章 概 述

第一节 我国地震分布概况

我国幅员辽阔，地震区范围相当大，占全国总面积一半以上，基本烈度七度和七度以上地区面积达312万平方公里，约占全部国土面积的32.5%，是世界上一个多地震的国家。据历史记载，除了贵州省外，全国其它省、自治区、直辖市都发生过六级以上的破坏性地震。据不完全统计，从公元前1177年到公元1976年8月共发生4.75级以上地震3133次，而从1900年到1971年发生六级以上地震430次。自1949年新中国建立起，到1982止，发生在我国大陆、造成损失的五级地震达96次，平均每年三次，遍及22个省、自治区、直辖市。自1955年新疆乌恰地震以来，发生了二十多次大地震。从发震地区来看，多数在农村。

目前，我国有五百多万个村庄，五万多个集镇。村镇住宅大多数没有经过正规的设计和施工，更谈不上抗震设防，因此，房屋的抗震性能差，而最近几年，我国的地震活动情况比较明显，如不采取抗震措施，将给人民的生命财产带来很大的损失。

我国五级地震从同一个地震区震害来看，重复率比较高，如1975年海城地震和1972年营口地震间隔四年。1966年和1981年两次邢台地震间隔15年。1974年和1979年两次溧阳地震间隔5年。1973年炉霍地震和1981年道孚地震间隔8

年。1982年海原地震与1970年西吉地震间隔11年。这说明，老震区相隔一些年还可能出现新地震。另外，在一些非地震区，也可能出现大地震，如1976年唐山地震，震前为六度，震后震中区高达11度，震级为7.8级。

我国位于世界上两个最大的最强烈活动的地震带中间，东边是环太平洋地震带，南边是地中海—南亚地震带，地震区分布很广。主要有以下十个地震区：

一、台湾地震区：强烈地震主要分布在台湾东部及其以东的海域中，是我国东部地震活动性最高的地区，并且次数较多。自1900年以来，共记录到8级地震2次、7~7.9级地震31次、6~6.9级地震178次。

二、华北地震区：主要分布在燕山、阴山以南，秦岭、大别山以北，贺兰山、六盘山以东的广大地区，是我国大陆东部地震活动较强的地区，从1000年到1976年8月共记录到8.5级地震1次、8级地震4次、7~7.9级地震11次、6~6.9级地震52次。

三、华南地震区：位于华北地震区以南，青藏高原中部地震区以东。强震活动主要发生在长江中、下游和东南沿海一带，其余地区的地震活动较弱，从1938年到现在，共记录到8级地震1次、7~7.9级地震3次、6~6.9级地震29次。

四、南海地震区：在台湾和海南岛以南的南海海域中，强烈地震主要分布在海域东边和北边地区，地震活动比较低弱，从1900年以来，共记录到7.25级地震1次、6级地震4次。

五、东北地震区：位于我国东北地区，是地震活动较弱的地区之一，共记录到6级地震4次、4.7~5.9级地震13次。其中，吉林东部边境是我国唯一的深震区，曾发生7~7.9级地震4次、6~6.9级地震12次。

六、青藏高原南部地震区：包括喜马拉雅山地区。特点是强度大、次数多，是我国西部地震活动性最高的地区，从1900年到现在，共发生8.5级地震1次、8级地震1次、7~7.9级地震7次、6~6.9级地震61次，平均每年发生1次6级以上地震。

七、青藏高原中部地震区：包括高原中部及东部的边缘地带，从昆仑山经甘孜到康定附近向南转，直到滇东。地震活动的特点是中等强度、地震次数较多，从1500年到现在共记录到8级地震2次、7~7.9级地震15次、6~6.9级地震99次。

八、青藏高原北部地震区：包括高原北部及东北部的边缘地带，从河西走廊、祁连山，经宁夏海原附近向南转，直到四川大邑一带，地震活动的特点是强度大，但次数较少。从1000年以来共记录到8.5级地震1次、8级地震2次、7~7.9级地震15次、6~6.9级地震45次。

九、新疆中部地震区：位于新疆中部，包括天山山脉，西边与苏联的天山地震区相连。本区地震活动的特点是强度很大、次数很多，从1900年以来，共记录到8~8.4级地震2次、7~7.9级地震7次、6~6.9级地震27次，平均每两年发生1次6级以上的地震。

十、新疆北部地震区：位于新疆北部的阿尔泰山一带，以东与蒙古的戈壁阿尔泰山地震区相连。本区的地震活动特点和新疆中部地震区相近。从1900年以来，曾发生8级和7级地震各一次、6~6.9级地震3次。

以上十个地震区，除东北地震区和南海地震区外，都发生过8级以上的强烈地震。这十个地震区的分布如图1所示。

根据以上十个地震区地震活动的强弱程度和次数多少，可以把全国地震区分为以下三类：

一、地震活动强烈的地震区。包括台湾地震区、青藏高原南部地震区、青藏高原中部地震区、新疆中部地震区和新疆南部地震区等五个地震区。

二、地震活动中等的地震区。包括华北地震区、华南地震区和青藏高原北部地震区等三个地震区。

三、地震活动较弱的地震区。包括东北地震区和南海地震区等两个地震区。

我国各省震级 ≥ 4.75 破坏性地震情况如表 1。

我国各省破坏性地震次数

表 1

省 别	震 级				≥8.0	合计
	4.75~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9	7.0~7.9		
	地 震 次 数					
河 北 省	34	56	27	6	1	124
山 西 省	8	47	10	4	2	71
内蒙古自治区	3	3	3			9
黑龙江省	4	8	6	3		21
吉 林 省	2	4	6	1		13
辽 宁 省	6	14	3	1		24
山 东 省	7	12	15	2	1	37
江 苏 省	3	7	1			11
安 徽 省	1	9	4			14
浙 江 省	5	8	2			15
江 西 省	2	7	1			10
福 建 省	8	7	1		1	17
台 湾 省	202	628	183	38	2	1,053
河 南 省	4	15	4			23
湖 北 省	7	16	1			24
湖 南 省	4	6	2			12
广 东 省	10	34	11	4		59
广西壮族自治区	5	2	1			8
陕 西 省	8	26	6	1		42

续表

省 别	震 级					合 计
	4.75~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9	7.0~7.9	≥8.0	
	地 震 次 数					
宁夏回族自治区	7	25	10	4	2	48
甘 肃 省	18	44	29	11	1	103
青 海 省	36	64	21	3		124
新 疆 维 吾 尔 自 治 区	103	201	46	13	3	366
四 川 省	36	115	38	12		201
贵 州 省	4	8				12
云 南 省	53	203	71	10	1	338
西藏自治区	76	218	53	5	2	354
总 计	656	1,787	555	118	17	3,133

注：此表根据“中国地震简目”（公元前1179年~公元1976年，震级 $M \geq 4.75$ 级，国家地震局编）统计制成。

第二节 地震的基本知识

地震是地壳运动的结果，表现为地球表面的震动，也就是人们常说的“地动”，它是一种地质现象，象刮风、响雷和下雨一样，也是一种自然现象。全世界每年大约发生五百万次地震，其中99%以上是人们不容易感觉到的小地震，人们能感觉到的地震平均每年发生五万多次。象1966年邢台和1976年唐山那样大的地震，平均每年大约有18次。我国是一个多地震的国家，据历史记载，三千多年来，共发生六级以上地震713次，其中七级以上地震131次。

一般的按照地震的成因划分，大致分为构造地震、陷落地震、火山地震和激发地震等四类。当地下熔化的岩石、岩浆或气体对围岩的冲击，冲破火山通道喷发出来，引起的震动叫

火山地震；在石灰岩地区地下溶洞或矿山采空区或古旧矿坑，由于支撑不住地面的压力，造成局部塌陷引起的震动叫陷落地震。这两种地震，破坏范围小，只是在特殊的地区才发生。当一个外界的力量，例如深井的钻探、注水和抽水、水库的建设或者大爆破、采矿活动和灌溉等诱因，破坏了岩层相对平衡和相对稳定的状态，由此引起的地震叫激发地震，也叫诱发地震。我国大多数地震是构造地震，约占地震总数的95%以上，这种地震影响面广，涉及范围大，破坏性也很大，它的发生是由于地球本身转动和地球内部在不停的运动的结果。

地球是一个很大的实心椭球体，半径约六千三百多公里。地球的构造好象一个鸡蛋，主要分为三层：地壳、地幔和地核。地壳相当于鸡蛋的外壳，由平均三、四十公里厚的坚强岩石组成；地幔（中间层）相当蛋白部分，厚度约三千四百多公里。组成地壳的岩石，经历若干亿年的反复运动而发生变质、倾斜、褶皱、断裂，形成了极复杂的地质构造。地壳运动产生的巨大力量迫使岩层弯曲，呈现褶皱、倾斜等变形。但当岩层的脆弱部分受不了的时候，岩层便突然断裂、错开，在断口附近产生剧烈的震动，这种震动以波动的形式传播到地面上来，使地面产生剧烈的震动。

地震时地面运动是一种复杂的振动过程，通常把这种复杂的振动加以简化，分解为垂直振动和水平振动，水平振动又分解为东西向振动和南北方向振动。岩石层受到地球运动力的作用，不断发生变形，当这种巨大的运动力量，超过了地球岩石层某一个薄弱地方的强度时，岩石层就会突然发生倾斜、破裂或者错动，这种地壳构造变动引起地面剧烈颠簸、摇晃和振动，叫构造地震。

在谈到地震时，常会用到一些专门的名词，简单解释如下：

一、震源：在地球表面以下发生震动的地方叫“震源”，也就是说，震源就是地震的发源地。

二、震中：地球表面上与震源正对着的地方叫“震中”。

三、震中距：地球表面上受到地震影响的任何一个地点到震中的距离叫“震中距”。

四、震中区和极震区：地球表面上震中附近地震最强烈的地区叫“震中区”。地震破坏最严重的地区叫“极震区”。在一般情况下，震中区和极震区大概是一致的。

五、震源深度：从震中到震源的垂直距离叫“震源深度”。震源深度在地球表面以下5~25公里范围，最多在60公里以内，叫浅源地震；震源深度从60~300公里的地震叫中源地震；震源深度在300公里以上时，叫深源地震。到目前为止，能测量到的最深震源深度是700公里。当震源深度超过100公里时，地震在地面上引起的灾害很微小。世界上大多数地震都是浅源地震。

六、震级：表示地震的等级大小或强烈程度叫“地震震级”，也叫“地震强度”，它的大小是用震源释放出来的能量多少来衡量，其数值是根据地震仪记录的地震波图经过计算确定的。一次地震只有一个地震震级，震级越大，地震越强烈。震级增加一级，释放的能量要增加约32倍。到目前为止，世界上记录到的最大地震是1960年5月22日在南美洲的智利发生的地震，震级为8.9级，这次地震释放的能量相当于一个一百万千瓦的发电厂在十年时间连续的发电能力。一个8.5级地震释放出来的能量，如果换算成电能，需要我国

目前最大的水电站——刘家峡水电站(发电量122.5千瓦/年)工作八、九年才能得到。

七、地震烈度：表示地面上房屋或地表面等遭受地震破坏的程度。对于一次地震，只有一个地震震级，而地震烈度随着距离震中远近有所不同。一般的说，离震中越近，烈度越高；离震中越远，地震影响越小，烈度越低。震中区的烈度叫“震中烈度”。

地震震级（ M ）和地震烈度（ I_0 ）是两回事情，地震震级是表示地震本身放出能量的大小，地震烈度是表示地震对地面以及建筑物的影响和破坏程度。把地震比做一个大炸弹爆炸，这个炸弹的装药量相当于地震震级，而炸弹爆炸在周围不同地区所产生的破坏程度，相当于地震烈度，震级与烈度之间又有一定的联系，这就是地震释放的能量与对地表面破坏程度的联系，当震源深度在10~30公里时，地震震级与震中烈度换算关系如表 2。

地震震级与震中烈度关系表

表 2

中 国		国 际 常 用	
震中烈度 (I_0)	地 震 震 级 (M)	震中烈度 (I_0)	地 震 震 级 (M)
6	5	6~7	5.3
7	$5\frac{1}{2}$	7	5.3~5.9
8	$6\frac{1}{4}$	8~9	6.0~6.9
9	$6\frac{3}{4}$	8~9	6.0~6.9
10	$7\frac{1}{4}$	10	7.0~7.7
11	8	11~12	$7\frac{3}{4}$ ~8 $\frac{1}{2}$
12	$8\frac{1}{2}$		
换算公式	$M = 0.58I_0 + 1.5$	换算公式	$M = \frac{2(I_0 + 1)}{3}$

地震烈度可用地震最大加速度与重力加速度之比， $K = \frac{\alpha_{\max}}{g}$ 来划分，同时，也可按不同烈度时人的感觉，器物的

反应，建筑物的破坏和地表面的破坏现象等来划分。地震烈度是唯一衡量一定地点地震强弱的尺度。根据国内多次地震的记录资料，并在调查研究、分析总结震害的基础上，1980年12月初，国家地震局审查通过了新的《中国地震烈度表》（1980），并建议颁布试行。如表3。

八、基本烈度：是指某一地区今后一定期限内（暂定为100年）一般场地条件下可能遭遇的最大的地震烈度，是根据当地的地形地质资料和历史地震情况等，并在地震中、长期预报的基础上确定的。基本烈度是对建筑物所在地区可能受到的地震危险性的一种估计。

九、设计烈度：抗震设计采用的地震烈度叫设计烈度。是根据建筑物的重要性在基本烈度的基础上，结合我国当前的情况，按区别对待的原则进行调整确定的。根据海城、唐山等地震的经验，一般村镇住宅设计烈度都可以采用基本烈度。

强烈地震是一种严重的自然灾害，给人们带来各种各样的危害，如房屋破坏以至倒塌，人畜伤亡；地下有空洞的地方地表面产生局部下沉和塌陷；在近海平原地区，因地下水有较厚的沉积砂层和大量的地下水，地震后出现喷砂冒水现象：有些地方地表面形成宽几厘米到几十厘米、长几米到几十米的地裂缝；在陡峻的山丘、被风化破碎较重的山坡和陡崖，产生岩石滚落、陡崖崩塌和山坡滑落的现象；此外，在地震时还会发生山上的石块泥砂随着洪水高速度的向低处奔流，形成泥石流的巨大危害。

中国地震烈度表(1980)

表 3

烈 度	人的感觉	一 般 房 屋		其 他 现 象	参考物理指标	
		大多数房屋 震 害 程 度	平 均 震害指数		加 速 度 厘米/秒 ² (水平向)	速 度 厘米/秒 (水平向)
I	无 感					
II	室内个别静 止中的人感 觉					
III	室内少数静 止中的人感 觉	门、窗轻微作 响		悬挂物微 动		
IV	室内多数人 感觉。室外 多数人感 觉。少数人 梦中惊醒	门、窗作响		悬挂物明 显摆动， 器皿作响		
V	室内普遍感 觉。室外多 数人感觉。 多数人梦中 惊醒	门窗、屋顶、 屋架颤动作 响，灰土掉落， 抹灰出现微细 裂缝		不稳定器 物翻倒	31 (22~44)	3, (2~4)
VI	惊慌失措， 仓惶逃出	损坏——个别 砖瓦掉落、墙 体微细裂缝	0~0.1	河岸和松 软土上出 现裂缝。 饱和砂层 出现喷砂 冒水。地 面上有的 砖烟囱轻 度裂缝、 掉头	63 (45~89)	6 (5~9)

续表

烈 度	人的感觉	一 般 房 屋		其 他 现 象	参考物理指标	
		大多数房屋 震 害 程 度	平均震 害指数		加 速 度 厘米/秒 ² (水平向)	速 度 厘米/秒 (水平向)
VII	大多数人仓 惶逃出	轻度破坏—— 局 部 破 坏 开 裂，但不妨碍 使用	0.11~ 0.30	河岸出现 坍方。饱 和砂层常 见喷砂冒 水，松软 土地裂 缝较多。 大多数砖 烟囱中等 破坏	125 (90~177)	13 (10~18)
VIII	摇晃颠簸， 行走困难	中等破坏—— 结构受损，需 要修理	0.31~ 0.50	干硬土上 亦有裂 缝。大多 数砖烟囱 严重破坏	250 (178~353)	25 (19~35)
IX	坐立不稳， 行动的人可 能摔跤	严重破坏—— 墙体龟裂，局 部倒塌，复修 困难	0.51~ 0.70	干硬土上 有许多地 方出现裂 缝，基岩 上可能出 现裂缝， 滑坡，坍 方常见。 砖烟囱出 现倒塌。	500 (354~707)	50 (36~71)
X	骑自行车的 人会摔倒， 处不稳定状 态的人会摔 出几尺远， 有抛起感	倒塌——大部 倒塌，不堪修 复	0.71~ 0.90	山崩和地 震断裂现 。基岩上 的拱桥破 坏。大多 数砖烟囱 从根部破 坏或倒 毁。	1000 (708~ 1414)	100 (72~141)

续表

烈 度	人的感觉	一 般 房 屋		其 他 现 象	参考物理指标	
		大多数房屋 震 害 程 度	平均震 害 指 数		加 速 度 厘米/秒 ² (水平向)	速 度 厘米/秒 (水平向)
XI		毁灭	0.91~ 1.00	地震断 裂延续很 长。山崩 常见。基 岩上拱桥 毁坏		
XII				地面剧烈 变化, 山 河改观		

注: 1. I—V度以地面上人的感觉为主; VI—X度以房屋震害为主, 人的感觉仅供参考; XI、XII度以地表现象为主。XI、XII度的评定, 需要专门研究。

2. 一般房屋包括用木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋, 可根据具体情况, 对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。

3. 震害指数以房屋“完好”为0, “毁灭”为1, 中间按表列震害程度分级。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言, 可以用普查或抽查方法确定之。

4. 使用本表时可根据地区具体情况, 作出临时的补充规定。

5. 在农村可以自然村为单位, 在城镇可以分区进行烈度的评定, 但面积以1平方公里左右为宜。

6. 烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

7. 表中数量词的说明: 个别: 10%以下; 少数: 10~50%; 多数: 50~70%; 大多数: 70~90%; 普遍: 90%以上。

表3中明确的对地震烈度作出定义, 即地震烈度是地震时一定地点的地面震动强弱程度的尺度, 是指该地区范围内的平均水平而言。

除了以上直接灾害外，还有一种是因为地震间接造成的灾害，叫地震的次生灾害，如没有熄灭的火源或电线短路可能引起火灾；水库、河流、湖泊的堤坝，一旦震裂或坍塌，可能引起洪水泛滥造成水灾。地上或地下输送管道以及各种容易燃烧、容易爆炸、有剧烈毒性的物品（如炸药、化学药品等）的生产和储存设备的破坏，也可能引起火灾、爆炸和有毒的气体或液体的蔓延等。

第三节 地震力的特点和对房屋的破坏作用

地层突然断裂、错动而发生震动，这种震动从震源通过地壳岩层介质沿地球内部和地球自由表面传播到四面八方，这就是地震波。地震波按其传播路径与传播方式可分为纵波、横波和面波三种。纵波与横波属于实体波，是通过地球内部实体介质传播的波。面波是沿地球自由表面传播的波，是实体波经地层界面多次反射形成的次生波。

纵波是地壳介质质点运动的方向和波的传播方向一致，由介质质点一个向前传递，因此，纵波又叫压缩波。例如，把一根弹簧，一端固定，再用手按另一端，按一下，松一下，就可看到弹簧上有疏密相间的现象，并且沿着弹簧按一定的速度传播。纵波的振幅较小，质点往复一次所需的时间（叫振动周期）也较短，但传播速度快，在地壳表层每秒钟达五公里左右。在震中区，由于震源就在下面，纵波传播的方向几乎与地面垂直，地面质点的运动以垂直方向运动为主，表现为上下颠簸。纵波振动破坏力较小。

横波是地壳介质质点的振动方向与传播的方向相垂直，由于介质质点与质点相互错动向前传递，因此横波又叫剪切波。例如把一根绳子的一端固定，手拿着另一端，拉平后，