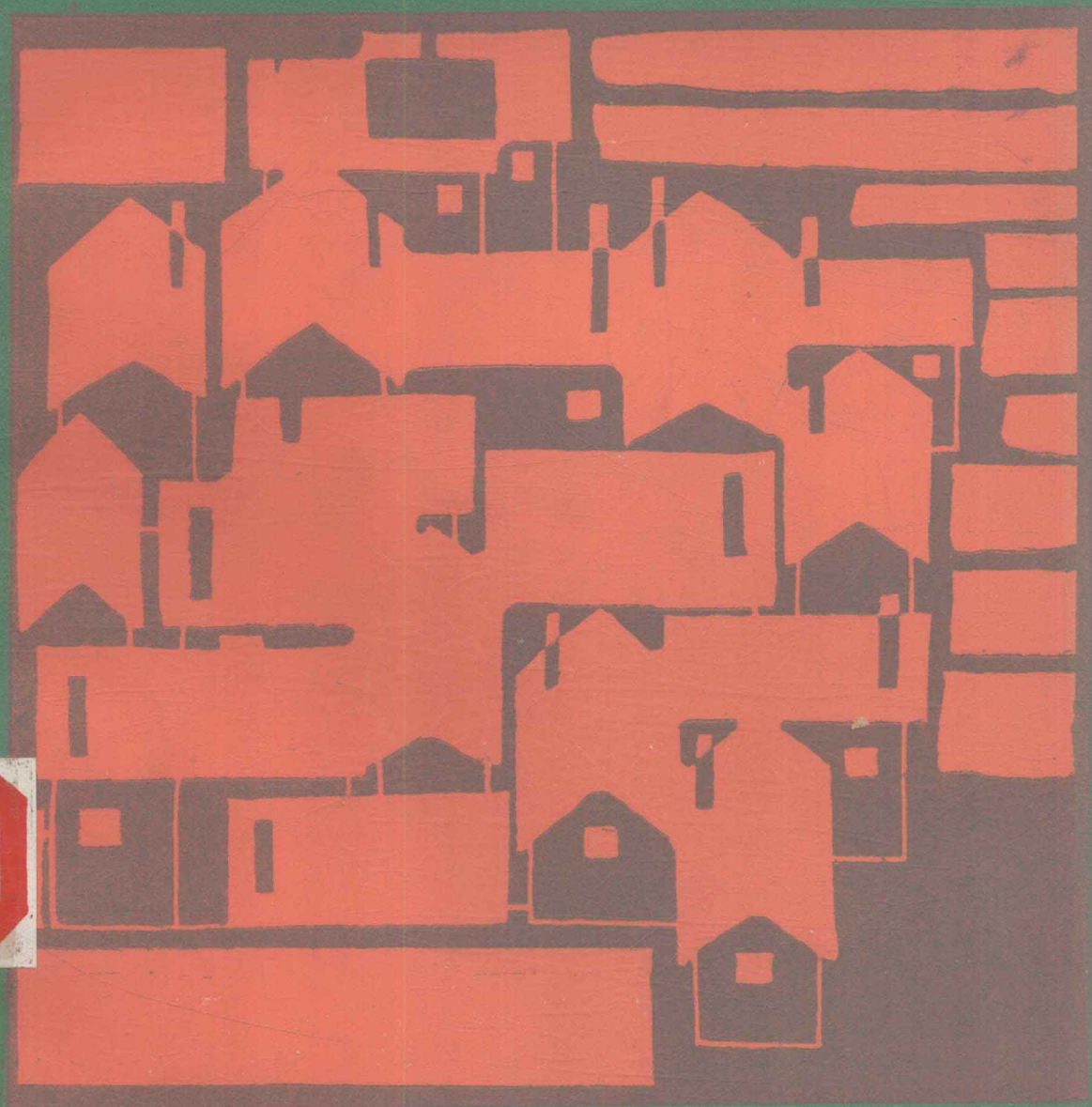
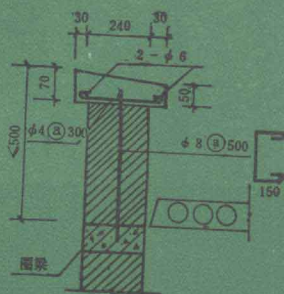


《村镇建设技术》丛书编辑委员会主编

村镇建筑抗震



《村镇建设技术》丛书



村镇建设技术丛书

村镇建筑抗震

《村镇建设技术丛书》 主 编
编 辑 委 员 会

解云翔 华德徽 编

天津科学技术出版社

责任编辑：苏飞

村镇建设技术丛书

村镇建筑抗震

《村镇建设技术丛书》主编
编辑委员会

解云翔 华德徽 编

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津新华印刷四厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本787×1092毫米 1/16 印张7.25 字数186 000

1987年11月第1版

1987年11月第1次印刷

印数：1—10 000

书号：15212·211 定价：1.85元

ISBN 7-5308-0199-6/TU·7



《村镇建设技术丛书》编辑委员会

主任委员 刘玉麟
副主任委员 高颖 刘松涛
编委 王光弟 张汝科 张书义 王绍箕 宋秉泽
程作渭 吴秉均 李绍鹰
常务编委 王信民 李国常

前 言

自党的十一届三中全会以来，我国农村发生了巨大变化。由于实行了新的农村政策，农民的生产积极性极大高涨。农业生产蓬勃发展。农村经济开始向专业化、商品化、现代化转变。农村专业户和新型的生产联合组织大量涌现。

与此同时，新的科学技术的应用和推广，也有力地促进了农村生产的发展，并将引起农村生产方式和生产组织的巨大变化。农村，将以崭新的形象出现在人们面前。

我国农村已经发生的变化和它的更加美好的发展前景预示着：我国城市和村镇将有一个大发展，新的村镇（包括原有村镇的扩大、更新和新的村镇的形成）将象一颗颗明珠那样，在祖国大地到处闪现。

在这种形势下，如何对村镇建设进行具体的科学的指导，交流村镇建设经验，将是一个十分突出的课题。为此，我们归纳了各地村镇建设中出现的共同问题和要求，组织有关专家、学者和管理干部编写了这套村镇建设技术丛书，供各地区从事村镇建设工作的工程技术人员和管理人员阅读，并可作为培训基层干部、技术人员的教材。我们希望通过学习和普及有关这方面的科学知识，把我国的村镇建设提高到一个新的水平。

在组织编辑这套丛书过程中，得到了天津市城乡建设委员会、天津市科学技术委员会和天津市建筑学会的大力支持和帮助。

村镇建设技术丛书编辑委员会

1986年

序

我国是一个多地震的国家，在地理位置上处于世界上两个最活跃的地震带之间。有史以来，地震发生频繁，在近三千余年里，有感地震纪录达八千余次。仅在本世纪内即发生六级以上地震五百余次。

1966年至1976年期间，我国陆续发生了一系列强烈地震，其中七级以上地震近25次，大部出现在农村和中小城镇区域之内。

地震给我国广大村镇居民带来了巨大灾害。比较著名的大地震如1556年陕西华县地震，震害曾波及九个省一百八十五个县，地震死亡人口近八十二万人。再如沧县、河间、平谷、三河、太谷、郟城、平陆、磁县、临汾、海原、菏泽、滦县等在历史上都出现过八级以上强震。

近年来，我国小城镇如邢台、河间、海城、龙陵、溧阳、松潘、平武、乌恰等都发生过七级左右强震，每次地震中均有大量人畜伤亡和财产损失。1976年的唐山地震，震级达7.8级，人口死亡达廿四万，重伤近十六万人，经济损失近百亿元，破坏之严重为我国历次强烈地震中所罕见。

强烈地震的破坏性已不待言，即使是一次中等强度地震，如果发生在一个人口较稠密的农村，其损失也是十分可观的。1974年溧阳地震时震级不过5.4级，但已破坏、倒塌房屋近八万间。时隔不久，溧阳在1979年又遭到一次六级地震，房屋再次倒塌破坏约三十四万间，经济损失约一亿三千万，占当年全县国民收入总值的68%。1983年山东菏泽地震仅5.9级，直接损失也达二亿五千万。

由上可见，我国广大地震区内的农村和城镇，大力开展建筑抗震设防和抗震加固的技术推广工作，已成为保卫我国四个现代化建设成果和保障广大人民生命财产安全的头等大事。

我国地震灾害的历史纪录虽然可以追溯到几千年以上，但对于抗御地震的科学技术研究则起步很晚。人们长期面临着地震灾害肆虐而束手无策的境地。建国以后，在党和人民政府的领导和关怀下，我国的工程抗震研究工作有了很大发展。海城地震以后，对抗震加固技术的开展更有了显著的进步。具有中期预报的各大城市和厂矿企业都进行了大量抗震加固工作，但村镇建筑的抗震设防和抗震加固工作还亟待开展。这里，一个首要的任务，就是要向地震区内的几亿村镇群众和干部进行一般抗震技术的广泛传播与推广，动员起来，迅速抓好新建工程的抗震设计和现有建筑的抗震鉴定与加固。

从以上要求出发，本书著者试图对各类村镇建筑在地震中可能出现的震害现象、产生原因以及抗震设计措施与施工要求等进行深入浅出，联系实际的阐述，

以供广大读者参考。书中对各类建筑的抗震设计都作了大量实例计算，更有助于初学者的理解。

宋秉泽谨识

1986年7月

鸣 谢

本书在编写过程中得到了叶耀先、陈寿梁、刘志刚、雷同顺、高颖、王信民等同志的帮助和指导，并由天津大学宋秉泽教授审阅和代写了序言，在此一并表示衷心感谢。

编 者

目 录

一、概论	(1)
(一) 村镇建设中抗震防灾意义	(1)
(二) 地震的破坏现象	(1)
(三) 地震对策	(3)
二、地震的基本常识	(5)
(一) 地震成因	(5)
(二) 震级	(6)
(三) 烈度	(6)
(四) 房屋的抗震设防标准	(8)
(五) 抗震设计的基本原则	(8)
三、地震荷载	(10)
(一) 房屋的设计荷载	(10)
(二) 惯性力的概念	(11)
(三) 地震力的概念	(11)
(四) 地震荷载的计算	(12)
四、村镇房屋的抗震设计与施工	(18)
(一) 多层砖房	(18)
(二) 单层砖房	(25)
(三) 木骨架房屋	(35)
(四) 土墙房屋	(41)
五、村镇房屋抗震加固与施工	(46)
(一) 抗震加固原则与要求	(46)
(二) 抗震鉴定	(46)
(三) 抗震加固设计	(47)
(四) 砖烟囱的加固	(58)
(五) 抗震加固施工	(58)
(六) 抗震加固竣工验收	(70)
(七) 抗震加固实例	(76)
(八) 抗震砖墙面积率验算例题	(83)

六、地震区的村镇建设场地选择与抗震防灾规划	(85)
(一) 场地条件对震害的影响.....	(85)
(二) 村镇建设抗震防灾规划.....	(85)
附录	(87)
一、中国地震烈度表(1980).....	(87)
二、抗震墙最小面积率.....	(88)
三、天津、禄劝、乌恰村镇建筑地震震害.....	(91)
参考资料	(106)

一、概 论

(一) 村镇建设中抗震防灾意义

我国十亿人口，八亿在农村。随着村镇房屋的大量兴建，必然有一系列新的问题需要解决，其中地震区房屋的抗震问题，就是一个值得关注的重要课题。

强烈地震是一种破坏力很大的自然灾害。我国地震活动分布范围广，地震基本烈度七度和七度以上地区面积达312万平方公里，占全部国土面积的三分之一，其中绝大部分地区是农村。自本世纪以来的八十多年内，我国共发生破坏性地震2600余次，其中6级以上地震500余次，平均每年5.4次，8级以上地震九次，平均约九年发生一次。

据统计，地震造成的人员伤亡，中国在上居首位。在世界地震历史上，死亡人数最多的一次是1556年陕西华县地震，死亡83万人；而在近代大地震中，死亡人数最多的一次也在中国，就是1976年唐山大地震，242万人丧生。建国以来发生的十六次七级以上地震，十五次发生在农村，十万多农村人口死于地震。地震造成的经济损失也十分巨大。1976年唐山地震，直接损失就达百亿元，震后救灾和恢复重建也花了近百亿元。

地震之所以造成如此大的灾害，建筑物抗震能力低是重要原因之一。尤其是广大村镇建筑，如空斗墙、土墙房屋等，抗震能力更差，在地震烈度达到6度时，就会有所破坏。因此，在考虑和安排整个村镇建设的时候，切不可忽略地震这个重要的因素。

(二) 地震的破坏现象

1. 地表的破坏现象

我国的地震，多属于构造地震。地下岩石层的破裂错动，给地表造成了巨大的破坏。一般常见的现象有地裂缝、喷砂冒水、滑坡塌方等。

地裂缝有两种情况，一种是由于地震时，地下岩层断裂、错动，使地面岩层发生断裂错动，形成新的地面裂缝。这种裂缝方向性强，延伸长。另一种情况是在土层较厚地区，因土质不均，地下水位较高，地震时，容易产生纵横交错，大小不一的地裂缝。这种地震缝在河岸附近特别易于出现，其长度一般由几米到几十米（图1）。

地震区地下有饱和砂土或饱和含粘粒砂土，经强烈的振动，使饱和砂层受到挤压，地下水往往从土质松软的地方冒出地面，形成喷砂冒水现

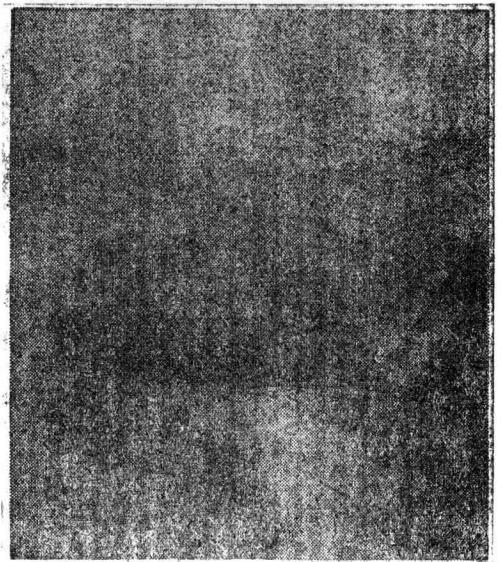


图1

象（图2）。喷砂冒水一般持续时间不长。严重的地方，喷砂冒水可造成房屋不均匀下沉或倾覆倒塌。

地震在非岩质高山峡谷地区还会引起山崩地滑，导致道路破坏，河流阻塞，积水成湖等。

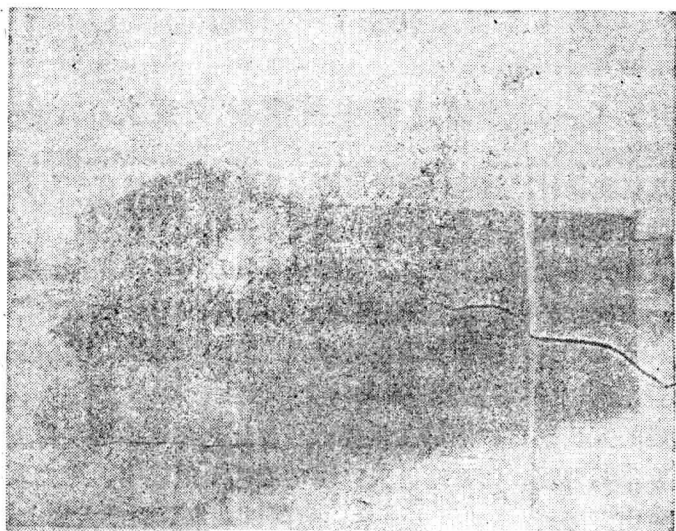


图2

2. 房屋的破坏现象

强烈地震对人类最直接的威胁是房屋的破坏。这是抗震防震工作的主要研究对象。我国村镇房屋类型较多，有砖混楼房、硬山搁檩砖房、空旷砖房、木骨架房屋、土房等。由于结构形式的差异、材料的差异，各类房屋在强烈地震作用下，其耐震能力、破坏情况也有所不同。

根据历次大地震的宏观调查，各类工程结构的地震破坏现象主要是：

（1）结构丧失整体性。房屋是由许多不同构件组成的，在地震作用下，房屋整体性好是保证房屋不发生倒塌的关键。

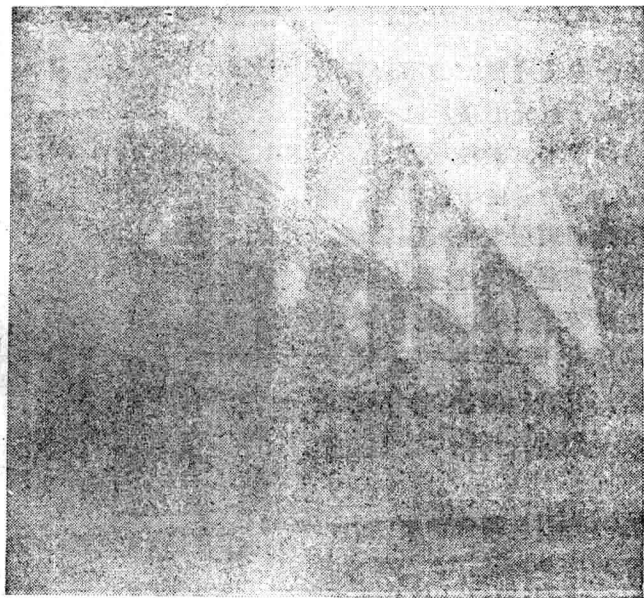


图3

有的房屋内外墙不是咬茬砌筑，整体性很差，地震中发生外纵墙成片外倾倒塌（图3），硬山搁檩屋盖，檩条与山墙拉接不牢，使山墙外闪倾倒，某些房屋屋架与屋架之间没有支撑，在地震作用下，可能翻倒。上述震害均是由于整体性差造成的。

（2）主要承重结构强度不足引起破坏。任何承重构件，都有一定的承受外力的能力。没有考虑地震影响的结构，在地震的作用下，构件承受的力量突然增加，往往使构件因强度不足而破坏。例如承重砖墙，在地震力作用下，如果墙体强度不足，就会发生裂缝和错位等不同程度的破坏，甚至屋顶塌落，可见墙体强度不足是地震时房屋倒塌的主要原因（图4）。

（3）地基失效。地震时，由于砂土液化，也可能造成房屋倾倒破坏。所以，仅仅保证房屋上部结构的抗震能力还是不够的，建房时应选好场地，防止房屋因地基失效而破坏。

3. 次生灾害的破坏现象

地震除直接造成建筑物的破坏外，还可能引起火灾、水灾、污染等严重的次生灾害。这种由地震引起的次生灾害，有时比地震直接造成的损失还大。

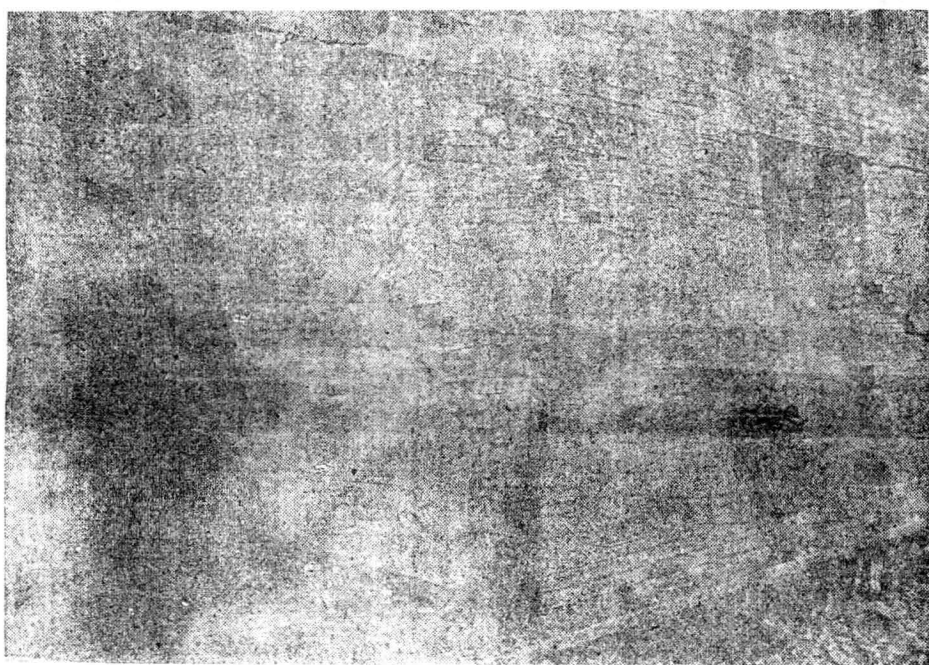


图4

例如1923年日本关东大地震，震倒房屋13万栋，随后由于房屋倒塌失火，同时水管震毁，水源中断，被烧毁的房屋就达45万栋。1906年美国旧金山大地震造成40亿美元损失，其中80%以上是由于火灾所造成。地震使煤气供应系统破坏，不但给工业生产和人民生活带来严重影响，而且大量煤气的跑出，还会引起中毒，爆炸和火灾，加重震灾。

（三）地震对策

强烈地震通过上述宏观现象给我国人民带来了巨大的灾难。所以抗御地震灾害，减少损

失，是一项长期而艰巨的任务。很多事实证明，凡经抗震设防的工程，地震时都没有造成大的破坏。如1981年，河北省宁晋发生一次6级地震，没有倒塌一间房屋，没有死亡一个人。主要原因是该地区在1966年邢台地震后，总结了“地基牢一点，房屋矮一点，屋顶轻一点，连接好一点”的农村房屋抗震经验，在村镇房屋建设中考虑了抗震。在我国地震史上，一次六级左右地震，发生在人口稠密的农村，没有破坏，是前所未有的。另外，对现有未经设防的建筑物进行抗震加固，也是减少地震损失的一项有效措施。有些加固工程已受到地震的考验，证明了抗震加固与不加固大不一样。如天津市河西区东楼房管站，从1975年2月到1976年4月共加固楼、平房七百七十多间。经过唐山、宁河七点八级、七点一级、六点九级三次强震的考验，没有倒塌，更没有伤人，效果很好。可是，该房管站其它未加固的房屋却倒塌三百二十多间。又如1981年元月，四川道孚发生了6.9级地震，在道孚县城有二栋已经加固的建筑物，一个是县邮电局机房，一个是粮食仓库，震后完好。国外多次地震的震害经验也证明，对建筑物进行抗震设防，是减少地震灾害的一项重要措施。有人统计了世界上130次伤亡巨大地震震害资料，95%以上的伤亡是由于不抗震的建筑物倒塌造成的。

从目前科学水平来说，减少地震灾害的对策主要有两方面：一为地震预报，二为工程抗震。1975年海城地震，由于震前作了预报，使伤亡大为减轻。但是地震预报工作还处于研究阶段，地震成因至今还不太清楚，在短期内，还不能作出比较可靠的预报。而工程抗震虽然还有很多问题需要解决，但近年来发展较快，已达到较成熟的应用阶段。工程抗震包括抗震防灾规划、建设场地的选择、新建工程的抗震设计、现有工程的抗震鉴定与加固以及抗震科研等（图5）。

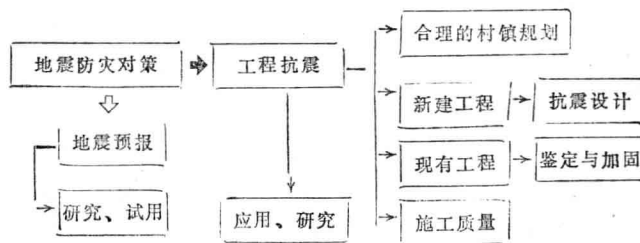


图5 防灾对策示意图

二、地震的基本常识

(一) 地震成因

地震就是人们常说的“地动”。它也和刮风、下雨一样，是一种自然现象。

许多现象都可以引起地震。活火山爆发引起的地震叫火山地震，洞穴顶部坍落引起的叫陷落地震，由某一外界力量（如水库的建设，深井的钻进或地下爆炸等）引起的地震叫激发地震。但是，从工程的观点来说，最重要的地震是由于地壳构造运动引起的构造地震。我国和世界大多数国家发生的地震多属于构造地震。

构造地震是怎么发生的呢？首先得从地球谈起。地球是一个稍扁的实心椭球，平均半径约6400公里。通过地震学的研究，推测地球内部主要由地壳、地幔、地核三部分组成。最外层地壳，薄厚不一，就全球来讲地壳厚度为5~40公里，它由极薄的土壤和坚硬的岩石组成。整个地球包括凹凸不平的地壳，都是处在不停地运动变化过程中。地壳中的岩层经历长期的运动变化后，发生倾斜、折皱、甚至竖立、断裂等等形成了复杂的地质构造。图6为构造地震形成的示意图。粗的实线标示了在固体地球中的裂缝或断层。由于地球的缓慢运动，断层一边 a 相对于另一边 b 发生了位移。图中所画的穿过断层的直线变形了，即从 A 位置变化到 B 位置。这种位移过程持续发生，直到断层间产生的内力大到足以克服 a 与 b 两边之间的摩擦力。然后发生了错动，形成图 c 所示的位移。这种突发的破裂构成了地震。这就是目前流行最广的地震成因学说。它的主要依据是美国1906年旧金山地震之后里德教授所提出的“弹性回跳理论”。断层的缓慢运动持续进行而不受阻碍，整个过程重复发生，于是隔了一定时间又产生一次新的地震。因此做好抗震与防震工作，是地震区一项长期而艰巨的任务。

为了了解地震的一般常识，下面对图7内一些常用的地震专用名词作一简要介绍。

1. 震源

地下岩层断裂错动发生震动的地方。

2. 震中

震源正上方的地面。

3. 震中距

地面上受到地震影响的任何一点到震中的距离。

4. 震源深度

震源到地面的垂直距离。一般把深度小于60公里的地震称为浅源地震，60~300公里称为中源地震，大于300公里的称为深源地震。我国境内发生的地震，绝大部分属于浅源地震，一般震源深度约为10~40公里。

5. 极震区

震中附近震动最大，破坏最严重的地区。

6. 等震线

在地图上将地面破坏程度相似各点连接起来的曲线。

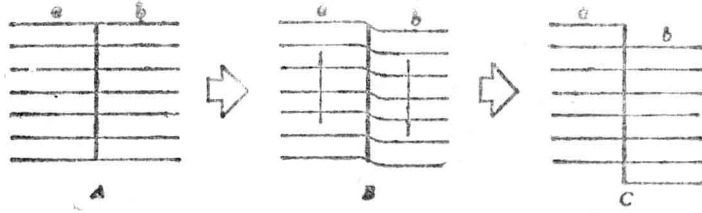


图6 构造地震形成示意图(水平面)

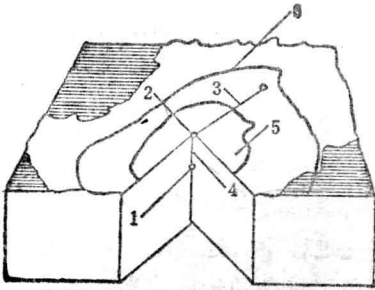


图7

$$M = \log_{10} A$$

当震中距不是100公里及土质条件并非硬土时，可通过已有经验图表加以校正。

震级表示一次地震能量大小，一次地震只有一个震级，一个一级地震的能量相当于 2×10^{13} 尔格，震级增加一级，其能量要增大30多倍。一般地说，小于2级的地震，人们感觉不到，称作微震；2~4级地震称有感地震；5级以上，统称破坏性地震；7级以上为强烈地震；8级以上称为特大地震。到目前为止，世界上记录到的最大地震是1960年5月22日在智利发生的地震，震级8.9级。它的能量如果换为电能，就相当于一个一百万千瓦的发电厂在十年间的连续发电量。

1966年至1976年，中国几乎接连不断地经受了地震的震荡。表1表示其中九次7级以上地震概况。

(二) 震 级

对于一次地震的描述，可用发震时间、发震地点，震源深度及震级四个参数来表示。震级就是地震的级别，表示地震的大小。国际上比较通用的是里氏震级。按照里氏震级定义，震级乃是安装在离开震中100公里处的坚硬土壤上的标准伍德-安德生型地震仪（其放大倍数为2800）记录到的两个水平分量最大振幅的算术平均值A（以微米计）的普通对数。其表达式如下：

(三) 烈 度

1. 地震烈度

地震烈度是指某一地区地面及房屋建筑等遭到一次地震影响的强弱程度。对某一次地震而言只有一个地震震级，而各地区由于震中距不同，场地情况和建筑情况不同，所受到的影响不一样，因而烈度不同。一般地说，靠震中愈近地震影响愈大，烈度就愈高。震中区的烈度叫震中烈度 I_0 ，当震源深度为10~30公里时，震级与震中烈度的关系大致如表2所示。因此，我们也可以用震中烈度来表示一次地震的强度。

既然地震烈度是表示地震影响程度的一个尺度，就需要有一个评定标准，这个标准就是

表 1

1966~1976年中国九次浅源地震

序号	地震日期 (年 月 日)	发震时间 (时 分 秒)	震中位置		参考地名	震级	震源深 (公里)
			东经	北纬			
1	1966.3.22	16—19—46	115°03'	37°32'	河北邢台	7.2	9
2	1969.7.18	13—24—49	113°4'	38°.2	渤海	7.4	35
3	1970.1.5	01—00—37	102°.7	24°.0	云南通海	7.7	13
4	1973.2.6	18—37—08	100°.4	31°.5	四川炉霍	7.9	17
5	1974.5.11	03—25—18.3	103°.9	28°.2	云南永善	7.1	14
6	1975.2.4	19—36—06	122°46'	40°39'	辽宁海城	7.3	12
7	1976.5.29	20—23—18	98°33'	24°22'	云南龙陵	7.3	20
8	1976.7.28	03—42—53.8	118°.2	39°.6	河北唐山	7.8	16
9	1976.8.16	22—06—46	104°06'	32°42'	四川松潘	7.2	15

表 2

震级和震中烈度大致对应关系

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

烈度表。我国烈度表分十二度，根据人的感觉、器物的反应、地表和建筑物的破坏程度来确定。表3是从《中国地震烈度表(1980)》摘录的，从表中可以看出，一般房屋7度开始出现破坏，所以我国抗震设计规范规定从7度开始对建筑物进行抗震设防，即在设计时采取抗震措施。

表 3

不同烈度房屋破坏的程度

烈 度	6	7	8	9
一般房屋(大多数房屋震害程度)	损坏，个别砖瓦掉落，墙体微细裂缝	轻度破坏，局部破坏开裂，但不妨碍使用	中等破坏，结构受损，需要修缮	严重破坏，墙体龟裂，局部倒塌，修复困难

注：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。

2. 基本烈度和设计烈度

地震烈度这个概念的使用已经有二百多年的历史，它是对地震后果的描述，并通过它来表示地震振动的强弱。在地震区进行基本建设，并对各类建筑物进行抗震设计时，需要了解该地区今后可能遭遇到的最大烈度是多少，用这个烈度作为抗震设防的依据。因此，在抗震设计中又引进了一个基本烈度的概念。一个地区的基本烈度，是指该地区未来一百年内一般场地条件下可能遭遇到的最大地震烈度。各个地区的基本烈度，是根据当地的地质地形条件和历史地震情况等，由有关部门确定的。

从表3可以看出，6度时房屋将遭到破坏，而我国基本烈度6度及6度以上的地区占全部国土面积的66%，其中绝大部分在农村，因此，一定要重视村镇建设的抗震问题。

地震现象是复杂的，要完全掌握它还需要一定的时间。目前的基本烈度是相对定性的标准，它必然会随中长期预报的进步而不断改进。

设计烈度是指建筑物抗震设计时采用的地震烈度。一般是在某一地区已经确定了基本烈度的基础上，从保障人民生命财产安全出发，根据基本烈度、建筑物的重要性和我国当前情

况，按照区别对待的原则进行的抗震设防依据。TJ11—78抗震规范规定：“一般按基本烈度采用；对特别重要的建筑物，如必须提高一度设防时，应按国家规定的批准权限报请批准后，其设计烈度可比基本烈度提高一度采用；次要的建筑物，如一般仓库、人员较少的辅助建筑物等，其设计烈度可比基本烈度降低一度采用，但基本烈度为7度时不应降低。”

(四) 房屋的抗震设防标准

房屋抗震设防是指对房屋进行抗震设计和采取抗震构造措施，来达到抗震的目的。抗震设防的依据是设计烈度。

由于，目前尚未制定村镇房屋的抗震设计规程，所以可参考现行抗震设计规范规定的设防原则。

房屋设防就是要保障人民生命财产的安全。如果要求房屋经强烈地震后完整无损，不仅要增加费用，技术上也存在一定困难。尤其是村镇房屋所用材料强度低，整体性差，更难达到震后完整无损的要求。因此，TJ11—78抗震设计规范规定，工业与民用建筑物经抗震设防后，在遭遇相当于设计烈度的地震影响时，建筑物的损坏不致使人民生命和重要生产设备遭受危害，建筑物不需修理或经一般修理仍可继续使用。在海城唐山地震后，又提出“小震不坏，大震不倒”的设防要求。

抗震设计规范规定从7度开始设防，对村镇房屋而言，6度地区是否要采取抗震设防的措施呢？从我国历次发生的地震证明，抗震能力差的农房，在6度区也会遭到破坏。另外，由于基本烈度推算不完全准确，在6度区发生大地震的事例很多，如海城地震和唐山地震，都是在原6度区，发生了高达9度和11度的地震。根据34年来，在我国大陆地区发生的11次7级以上地震的统计，有三次地震发生在6度区。由此可见，6度地区的村镇房屋，也应该进行抗震设防，提高房屋的抗震能力。

(五) 抗震设计的基本原则

1. 选择对抗震有利的场地和地基

建筑物的抗震能力与场地条件有密切关系。历次地震调查表明，同类型建筑物，由于场地不同，破坏程度会有很大差别。所以在选择房屋基地时，一般应注意如下几点：

(1) 场地平整，地基坚硬。岩石、半岩石、密实均匀的坚硬土壤较好。淤泥、松砂、松软的人工填土要尽量避免。

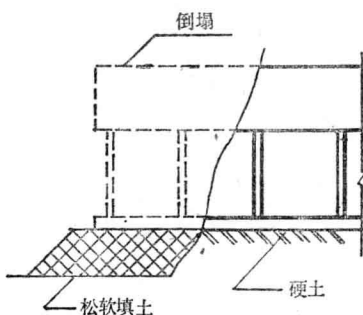


图8

(2) 斜坡、深沟、峡谷地带要避免。

(3) 避免房屋建在软硬不均的地基上。在强烈地震作用下，这种地基上的房屋往往产生不均匀沉降，致使墙体出现裂缝，甚至倒塌，见图8所示。

2. 全面规划，避免地震时发生次生灾害

非地震直接造成的灾害称为次生灾害。有时，次生灾害会比地震直接产生的灾害所造成的社会损失更大。避免次生灾害，是村镇房屋防震与抗震工作的一个