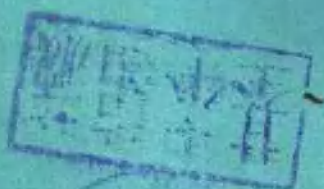


899687

# 《建筑抗震设计规范》手册

中 篇

王 广 军 编



中国建筑科学研究院

# 第一章 总 则

## § 1.1 概述

我国地处世界上两个较为活跃地震带之间，系多地震国家。据考证已有文字记载的地震可追溯到三千年之前。历史上，1556年陕西华县曾发生8级地震，死83万人；1920年宁夏海原8.5级地震，死20万人左右。近代，1976年河北唐山大地震，死24万人之多。据统计，二十世纪以来，世界上破坏最严重的十九次地震，共死亡100多万人。其中发生在我国的有2次，死亡44.2万人。地震次数我国占10%，而死亡人数，我国占44.0%。二十世纪七十年代，是近代世界上地震灾害较大的十年，据不完全统计，死亡总人数约41.6万人，我国占63%；地震造成的伤残总人数约38.8万人，我国占56%强。

地震造成的经济损失，也是十分大的。据近期我国十一次6级以上强震后的不完全统计，仅房屋就倒塌一亿多平米。特别是发生在大、中城市或人口稠密地区的地震，所造成的经济损失更为严重。1975年辽宁海城7.3级地震，造成十多亿的经济损失。而1976年河北唐山地震，直接经济损失达百亿元，震后救灾和恢复重建也花近百亿元。就是一个中强地震发生在人口稠密的农村，损失也是很大的。1979年江苏溧阳6级地震，直接经济损失达1.3亿元。1985年8月23日新疆7.3级地震，虽然发生在人口稀少的边境地区，但经济损失也达8200多万元。

减轻地震灾害的有效办法是对建筑物进行抗震设防。近年来我国的多次地震实践经验证明，经过设防的新建工程，都能较好地抗御地震灾害的袭击。例如：辽阳化肥厂有一座高67m，重600t的造粒塔，由于设计时按7度设防，考虑了地震时可能产生砂土液化，因而扩大了桩基直径和深度，还打了一定数量的斜桩。在海城地震时，该厂厂区普遍喷砂冒水，塔的四周有多处喷砂口，附近建筑物遭破坏，而该塔却保持完好。唐山地震时，按(TJ11-74)抗震规范7度设防的天津市三十四幢住宅，遭遇八度地震影响时，仅有三幢遭到中等破坏，其中两幢是由于砖砌体砂浆标号未达到设计要求，局部墙体遭到严重破坏。又如灾情较重的和平区贵阳路中学的五层教学楼（局部六层），是在原抗震设计规范(TJ11-74)送审时作为试设计对象，按7度设防设计的，震后主体结构基本完好。

1981年四川省道孚6.9级地震时，凡是按规范要求设计的穿斗木结构建筑，震后破坏很少。据对107栋所进行的调查表明，只有5栋遭到严重破坏，但无一倒塌。

国外多次地震的震害经验也证明，对新建工程进行抗震设防是减轻地震灾害的一项带有根本性的措施。例如：1960年摩洛哥艾加迪尔地震(5.8级)，把该城区夷为平地，现代化的商业区和旅馆区也有50~80%建筑物遭到破坏，造成伤亡人数占总人口的70%。相反，采取了设防的城市震害大不一样，例如1964年美国阿拉斯加6.5级大地震，位于震中的安克雷奇是一座新建城市，大部分建筑都采取了设防，地震中很少有倒塌的

上述的一些震例都表明，对建筑物进行抗震设防是防御地震破坏的有效措施之一。为此世界上多地震的国家和地区，在地震区建造建筑物时，多遵循抗震设计规范进行设计，以减少地震所造成的灾害。

## § 1.2 设防目标

### 1.2.1 设防的目标和思想

众所周知，抗震设计规范是以法律的形式，规定位于地震区的建筑物必须进行抗震设防，因此，其所能达到的结果是编制规范所应考虑的基础。本规范编制的目的，是在当前国民经济条件许可的情况下，对建筑物采取一定的抗震措施（例如：场地选择、结构强度、变形验算、构造措施等），以使地震时，人民生命和重要生产设备不致遭受危害。这是政策与技术性相结合的抗震设防总要求。所谓政策性就是国家的目前财力，物力条件；所谓技术性，是指当前地震工程科学技术所能达到的水准。例如，本规范在（TJ11-78）版本制定时，曾规定：“建筑物遭遇到相当于设计烈度的地震影响时，建筑物允许有一定的损坏，不加修理或稍加修理仍能继续使用。”这一标准表明，当地震发生时，建筑物并不是完整无损，而是允许有一定程度的损坏，特别是考虑到强烈地震不是经常发生的，因此遭受强烈地震后，只要不使建筑物受到严重破坏或倒塌，经一般修理可继续使用。这一制定思想系根据当时的经济和科技水准而确定的。

本规范（TJ11-74）版本颁布之后的第二年，在我国重工业区的辽宁海城发生了7.3级大地震，1976年又在人口稠密的京、津、唐地区发生了7.8级大地震。这二次大地震的震中烈度都比预计的高，特别是唐山大地震竟比预估高出5度。基于这种事实，并考虑到目前国内的经济水准，对原有的设防标准作适当的调整，既是必要的，也是可能的。

近些年来，国际上的一些抗震设计规范和标准也提出一些新的设防标准，具体有如下几种类型：

#### 1. 国际标准组织提出针对不同强度地震采用不同设防标准

遇到偶然发生的一般强度时，防止结构损坏，并减少其他部位的损坏；

遇到非常少有的强烈地震时，避免倒塌或严重的灾难性的破坏。

#### 2. “经互会”八国规范，在1974年作了修订，也提出了二种地震烈度条件下，采取二种设防标准：

当发生不超过计算烈度，较常发生的地震时，允许非结构构件的局部损坏，或某些次要承重构件的损坏；特殊情况下，发生可能性很小的大于计算烈度的大地震时，允许承重结构损坏，但建筑物不应倒塌。

#### 3. 美国（ATC-3）尝试性规范要求：抵抗小震不损坏，抵抗中等地震，结构不显著破坏，但非结构部分有些损坏；抵抗大地震，结构或其构件和设备有大的破坏，但必须保证生命安全，对某些重要设备，特别是在应急状态下对公众的安全和生命起主要作用的设备，在地震时和地震后要正常运行。

综上所述，则不难看出国际上抗震设计规范设计思想的总趋势是：在建筑物使用寿命期间，对不同频度和强度的地震，建筑物应具有不同的抵抗能力。即对一般较小的地震，由于其发生的可能性较大，因此要求防止结构损坏，这在技术上、经济上是可以做到的；强烈地

震发生的可能性较小，而且如果遭遇强烈地震，要求做到结构不损坏，在经济上不合理，为此应允许结构破坏，但在任何情况下，不应导致建筑物倒塌。

基于国际上的这一趋势，结合我国目前的经济能力，本次修订在（TJ11-78）版本的基础上提出抗震设防的目标，按如下三个水准考虑：

第一水准，多遇的地震烈度；

第二水准，设防烈度；

第三水准，罕遇的地震烈度。

与各地震烈度水准相应的抗震设防目标是遭遇另一水准烈度时，建筑物一般不损坏。所谓一般不损坏，是指一般情况下（不是所有情况下），从使用的角度来看，建筑物处于正常使用状态。从结构抗震分析角度，可视结构为弹性体系，应用弹性反应谱进行分析。遭遇第二水准烈度时，结构进入一定程度的非弹性工作阶段，但非弹性的变形或结构体系的损坏控制在可修复的范围。遭遇第三水准烈度时，结构可以有较大的非弹性变形，但应控制在规定的范围以内，以免发生倒塌。

#### 1.2.2 <七四> 规范的说明

毛主席和党中央对地震工作十分重视，周总理关于地震工作要以预防为主的指示，是本规范编制的基本指导思想。本规范的编制日的是在当前国民经济条件许可的情况下，对建筑物采取一定的抗震措施（场地选择、地基抗震、强度验算、构造措施等），使在一定的地震烈度影响下，人民生命和重要生产设备不致因建筑物的破坏而遭受危害。

对建筑物的设防要求不是保证建筑物的完整无损，而是允许有一定程度的损坏。国内外的经验表明：如果要求建筑物经强烈地震后完整无损，不仅要大大增加设防投资，而且在技术上也是比较困难的，另外，考虑到强烈地震不是经常发生的，遭受强烈地震后，只要不使建筑物受到严重破坏或倒塌，经一般修理可继续使用，基本上达到抗震的目的。我国过去的抗震规范草案和国外的抗震规范大致上也是按此原则制订的。

本规范第1条还明确地指出了抗震设防依据（防御目标）是设计烈度。规范的各项抗震措施是按设计烈度采取的。因此，只有在遭到相当于设计烈度那样大小的地震影响时，建筑物才可能达到规范规定的设防要求。如果遭遇到大于设计烈度的地震影响时，建筑就有可能超出本规范所考虑的损坏程度。这是根据建筑物的重要性采取区别对待的原则，并考虑了合理使用国家资金和保证重点建设所采取的。

#### 1.2.3 <七八> 规范的说明

毛主席和周总理历来对地震工作十分重视，周总理关于地震工作要以预防为主的指示，是本规范编制的基本指导思想。本规范的编制目的是在当前国民经济条件许可的情况下，对建筑物采取一定的抗震措施（场地选择、地基抗震、强度验算、构造措施等）。使在一定的地震烈度影响下，人民生命和重要生产设备不致遭受危害。

对建筑物的设防要求不是保证建筑物的完整无损，而是允许有一定程度的损坏，国内外的经验表明：如果要求建筑物经强烈地震后完整无损，不仅要大大增加设防投资，而且在技术上也是比较困难的。另外，考虑到强烈地震不是经常发生的，遭受强烈地震后，虽然遭受损坏，只要这种损坏的建筑物经一般修理可继续使用，基本上达到抗震的目的。我国过去的抗震规范草案《工业与民用建筑抗震设计规范》（TJ11-74）和国外的抗震规范大致上也是按此原则制订的。

本规范第一条还明确地指出了抗震设防依据(防御目标)是设计烈度。规范的各项抗震措施是按设计烈度采取的。因此,只有在遭到相当于设计烈度那样大小的地震影响时,建筑物才可能达到规范所考虑的损坏程度,如果遭遇到大于设计烈度的地震影响时,建筑物就有可能超出本规范所考虑的损坏程度。

规范第一条关于抗震设防的要求,《七四》规范和《七八》规范都一样,这里需要说明几点:

#### 1. 关于“小震不坏,大震不倒”

唐山地震后,大家觉得地震预测预报还没有过关,而我国近年来许多历史上没有发生过大地震的地区,却发生了特大的地震。譬如唐山的基本烈度原为6度,却发生了十度以上的地震灾害。有关方面鉴于唐山的沉痛教训,提出抗震设防要能做到“小震不坏,大震不倒”的意见。以切实保证人民的生命财产安全。这是可以理解的。在美国、日本等国家近几年来编制的抗震设计规范草案中,也提出这样类似的设计思想。

但要使建筑物做到“小震不坏、大震不倒”,须使结构具备足够的抗震潜力。

无筋砌体建筑物,在大震时是最容易倒塌的。有些国家(美国是在1933年长滩地震以后)在地震区取消无筋砌体结构。鉴于我国的具体条件,我们还不能对这些结构作出这样简单的规定。

《七八》规范注意了这个问题,首先修订了建筑物设计烈度的确定原则,使绝大多数建筑物均按基本烈度设防,另外规定在7度地震区高度在19m以上的砖房,8度地震区高度在13m以上的砖房,9度地震区10m以上的砖房可以采用钢筋混凝土构造柱加强。这样可能有助于减少砖房倒塌的可能性。

#### 2. 关于震害积累

近年来,我国发生的地震,往往在一次地震中相隔不久连续发生二个震级很大的地震,象1966年邢台地震,1976年龙陵地震和唐山地震。有关方面也曾提出来,规范中是否考虑建筑物受多次地震打击问题。也就是是否有震害的积累,使第一次地震破坏了的建筑物在第二次地震中倒塌。

由于地震的随机性,建筑物破坏的因素十分复杂,一次地震总是有许多大大小小的冲击。有一种意见,认为不会有震害积累,因为结构受到一次最大的冲击并遭到破坏以后,刚度降低,阻尼增大,地震荷载迅速减小,对破坏以后的结构不再加大震害。一种意见认为,结构连续遭受强烈地震后,存在着震害的加重甚至倒塌。例如,可能产生二种破坏:一种是,在多次反复的塑性变形影响下,结构产生低循环的疲劳,一种是在多次地震冲击中,部分构件逐渐退出工作,结构逐步丧失承载能力,最终倒塌,有人称之为累积倒塌。这些问题目前还没有研究资料,因此还没有条件在规范中考虑。

为避免震害积累而导致结构的倒塌,设计人员在抗震设计时,特别应注意避免结构的脆性破坏,加强结构的整体性和总体稳定性;采用多道抗震设防的抗震设计方案。

#### 1.2.4 《八九》规范的说明

本条是规范制订的目的。在条文中指出了抗震设防是以现有的科学水平和经济条件为前提,因为目前对地震的规律性的认识还很不足,而规范的科学依据只能是现有的经验和资料,随着科学水平的增高,规范的规定将来会有相应的突破,而且规范的编制应根据国家的经济条件,适当地考虑抗震设防水平,不能过高地提高设防标准。

本条提出了抗震设防的三个水准的要求。三个水准是“小震不坏，大震不倒”的具体化。根据对我国华北、西北和西南地区六十多个城市地震危险性分析，50年超越概率为63.2%的地震烈度为众值烈度；规范取为第一水准烈度，比第二水准烈度约低一度半；50年超越概率为13%的烈度大体相当于现行地震区划图规定的基本烈度，规范取为第二水准烈度；50年超越概率为2~3%的烈度，大约比基本烈度高一度左右，规范取为第三水准烈度；2~3%的超越概率是规范取用的罕遇地震的一个概率水准。罕遇地震，当基本烈度6度时为7度强，7度时为8度，8度时为9度弱，9度时为9度强。

与各地烈度水准相应的抗震设防目标是：遭遇第一水准烈度（众值烈度）时，建筑物一般不损坏，即在一般情况下（不是所有情况下），从使用角度，建筑物处于正常使用状态，从结构抗震分析角度，可以视结构为弹性体系，应用弹性反应谱进行弹性分析，遭遇第二水准烈度（基本烈度）时，结构进入一定程度的非弹性工作阶段，但非弹性的变形或结构体系的损坏控制在可修复的范围；遭遇第三水准烈度（预估的罕遇地震）时，结构可以有较大的非弹性变形，但应控制在规定的范围以内，以免发生倒塌。还需说明的是：

1. 设防烈度为6度地区的建筑物，按本规范采取相应的抗震措施之后，对建筑物的抗震能力比不设防时有实质性的提高，但由于6度区的设防标准是比较低的，对房屋的抗震能力不能有过高的估计。

2. 各类建筑物按第1.0.4条规定采取不同的构造措施之后，相应的设防目标在程度上有所提高或降低。例如，丁类建筑在基本烈度下的损坏程度可能会重些，且因其倒塌不危及人的生命，在预估的罕遇地震下其抗震表现会比一般的情况要差些；甲类建筑物在基本烈度下的损坏是轻微甚至是基本完好的，在预估的罕遇地震下其抗震的表现将会比一般的情况要好些。

3. 本规范采用二阶段设计实现上述三个水准的设防要求。第一阶段设计是为了保证在设防烈度地震下结构满足预定的设计要求；而二阶段设计则为了实现在罕遇地震下结构达到预定的设防要求。第一阶段设计是按第一水准的地震动参数计算结构的弹性地震作用和相应的地震作用效应以作为标准值，并在保持原规范设防烈度地震结构可靠度水平的基础上，采用《统一标准》规定的分项系数设计表达式进行结构构件的截面设计。这样，既满足了在第一水准下既有必要的强度可靠度，又满足第二水准的设防要求（损坏可修）并大体同《七八》规范的抗震设防水准相当。对大多数的结构，可只进行第一阶段设计；而通过概念设计和抗震构造措施来满足第三水准的设计要求。

对特别重要的建筑和地震时易倒塌的柔性结构，除进行第一阶段设计外，还要进行第二阶段设计，即薄弱部位的弹塑性层间变形验算和采取相应的构造措施，实现第三水准的设防要求。

## § 1.3 规范的适用范围

### 1.3.1 《七四》规范的说明

本规范适用于设计烈度为7至9度的新建的工业与民用建筑物（包括房屋和构筑物，不包括地下建筑物），对已建成的建筑物的抗震鉴定，则应根据具体情况另行制定抗震鉴定标准。

对于设计烈度高于9度的建筑物的抗震设计，由于缺乏资料依据，本规范未以考虑。一般应尽量避免在设计烈度高于9度的地区进行工程建设，如果必须进行建设时，则应进行专门研究设计。

位于Ⅲ类土上的建筑物及Ⅱ、Ⅲ类土上的砖烟囱在6度地震区也能遭受损坏，考虑到6度区范围广，对设防投资影响大，故除特别重要的建筑物经国家批准提高一度设防外，在六度地震区，一般不考虑抗震设防。

本规范的抗震计算及构造措施都是以第1条的设防要求为基础规定的，即建筑物可能产生一定的损坏。对于有特殊抗震要求的不允许开裂及损坏的建筑物，如原子能反应堆等。应根据专门研究成果进行抗震设计。

### 1.3.2 《七八》规范的说明

最近国家地震局发行了（内部发行）300万分之一的中国地震烈度区划图。根据这个图件，全国地震基本烈度的分布情况大体是：

表 1.3.1

基本烈度	面积(万平方公里)	百分比
≤5度	384.5	40.0
6度	263.5	27.5
7度	206.3	21.5
8度	71.0	7.4
9度	23.1	2.4
10度	8.4	0.9
11度	3.0	0.3

≥7度的地区面积总计为312万平方公里，占全国总面积的32.5%。

全国190个城市中，8度的26个，7度的90个，50万人口以上的城市60个，其中8度的11个（北京、天津、太原、西安、大同、兰州、包头、呼和浩特、旅大、唐山、银川），7度的33个（其中有南京、合肥、广州、长沙、西宁、昆明、乌鲁木齐、石家庄、成都、沈阳）。

9度地区范围很小，在华北只有廊坊、香河、平原、高唐、郟城、新沂外围、临汾，以及西南、西北人烟较少的地区。

规范设防范围7—9度，占全国总面积的30%以上，占7度以上地震区总面积的90%以上。

10度地区范围极小，华北只有郟城、新沂，其它绝大部分在西南、西北人烟稀少地区，一般应尽量避免在10度及10度以上地区进行建设，如果必须建设时，须进行专门研究。

6度地区范围很大，约占全国总面积的27.5%，如果一律要求考虑抗震，设防投资影响面很大，不能也列为必须作抗震设防地区。

最近的地震经验表明，受6度地震影响地区，虽然建筑物大多数遭受非结构的损坏，但对使用往往有一定的影响，甚至也会造成人的伤亡和设备的损失，为了修复也要花费一定的人力物力。然而这种损坏只须在设计上稍加注意，是可以减少的。因此对基本烈度为6度的地区要求建筑师和工程师们也要注意地震的影响，在不增加建设投资的前提下，应尽量做到减少地震破坏，例如设计时力求建筑物体型简单，重量、刚度对称和均匀分布，避免立面、平面上的突然变化和不规则的形状，不做或少做地震时易倒、易脱落的门脸、装饰物、女儿

墙、挑檐。并保证施工质量等，这些要求列为第3条的一个附注。

本规范适用于新建的工业与民用建筑物（包括房屋和构筑物，不包括地下建筑物）。对已建成的建筑物的抗震鉴定则应执行“工业与民用建筑抗震鉴定标准”。

本规范的抗震计算及构造措施都是以第1条的设防要求为基础规定的，即建筑物可能产生一定的损坏，对于有特殊抗震要求的不允许开裂及损坏的建筑物，如原子能反应堆等不属于本规范范围，应根据专门研究成果进行抗震设计。

### 1.3.3 关于6度区设防问题

多年来，人们形成一种概念，基本烈度为6度地区是非地震区，因此可不加设防。然而建国以来所发生的地震情况（参见表1.3.2）告诉我们，基本烈度为6度区的地区，仍有相当的可能发生高于或远高于6度的地震。

据对35年来我国大陆地区发生的八次7级以上强震的统计，共死亡27万多人。在这八次地震中，有三次发生在6度区，死亡人数达25万多人，地震次数6度区仅占27%，而死亡人数却占92%；从地震造成房屋的破坏来看，八次地震共倒房604万间，6度区三次地震倒房552万间，占91%。这两个百分之九十几，可以改变“6度区是非地震区”的观点。

基本烈度6度区出现高烈度地震的情况

表 1.3.2

序号	发震地点	发震时间 (年、月、日)	震级	最大烈度
1	河北省邢台	1966.3.8	6.5	8
2	河北省邢台	1966.3.22	7.2	10
3	广东省阳江	1969.7.26	6.4	8
4	江苏省溧阳	1974.4.22	5.4	7
5	辽宁省海城	1975.2.4	7.3	9
6	河北省唐山	1976.7.28	7.8	11
7	江苏省溧阳	1979.7.9	6.0	8
8	宁夏自治区西吉	1978.6.14	4.5	6+
9	内蒙古博克图	1981.4.26	5.6	7
10	内蒙古丰镇	1981.8.13	5.8	7
11	新疆布尔津	1982.3.20	5.2	7-
12	河北省万全	1983.4.3	5.0	6+
13	黑龙江省龙镇	1986.2.9	5.0	7-
14	黑龙江省北安	1986.3.1	5.3	7-

我国地震基本烈度为6度的地区有263万平方公里，占全部国土面积的27.4%。有人担心如果6度区要进行抗震设防，将会增加大量投资。对这个问题，应从两方面来加以分析和解决。一是关于6度区发生了高于6度甚至9度10度以上的地震，这是由于基本烈度订得不准，而不属于6度区设防要增加投资的问题，因为它本身就不是6度区，应该修改基本烈度。二是在真正的6度地震影响下考虑抗震设防问题，这方面并不增加很大的投资。据抗震设计规范试设计资料，按7度设防增加土建投资的1~3%，所以，如果按6度破坏考虑抗震措施，所增加的土建投资不会超过1~2%，何况不少抗震措施并不需要花多少钱。这表明，在基本烈度为六度的地区进行设防既是必要的，也是可能的。

### 1.3.4 《八九》规范的说明

本规范的适用范围除7、8、9度地区外，还增加了6度的地区。鉴于近数十年来很多



6度地震区发生了较大的地震，甚至特大地震，6度地震区的建筑适当考虑一些抗震要求，以减轻地震灾害是很有必要的。

对设防烈度为10度地区的建筑的抗震设防，因缺乏近场地震方面的地震动资料和数据，还没有条件列入规范，建议按专门编制的补充规定设计。

## § 1.4 设防依据

### 1.4.1 《六四》规范的说明

地震烈度是衡量地震影响强弱的概念。烈度的划分尺度，各国不尽一致。美国和苏联以及许多其他国家都采用12度制的烈度表，只有日本采用8度制烈度表。我国遵从大多数国家的习惯，采用12度制，并已拟订一个烈度表。尽管这个烈度表尚未经国家审定，也有待于进一步完善，本规范仍然采用它作为烈度划分的标志，因为它和各国通行的12度烈度表相当，并考虑了我国建筑的特点，同时我国近年来关于地震烈度的研究工作也是以它为基础的。

本规范采用了三个关于地震烈度的名称：

#### 1. 基本烈度

基本烈度是一个地区内可能遭遇的最大地震烈度，它代表这个地区的地震活动性，为了确定某一地区的地震活动性，世界各国大都采用地震区域划分的方法。例如美国划为4区；日本划为3区；新西兰划为2区。这些国家只是根据地震活动的强弱将全国划为数区，采取不同的设防标准，并没有明确指出每一地区的地震烈度。明确地按烈度划分地震区域并以地震区域划分图的方式订入国家标准则是苏联采用的方法。我国吸取苏联的经验，也已制订出地震区域划分图的初稿。但由于我国幅员广阔，地震历史资料多集中在人烟稠密地区，地质构造的研究在目前还不够全面，仪器观测工作的历史则更短，在这样条件之下制订出来的地震区域划分图不可能很精确。如果我们立即采用这张图作为工程设计的根据就难免在防震措施上偏高偏低，招致资金浪费或安全不足的后果。在另一方面，我国有十分丰富的地震历史资料，国家史料和地方志均不乏关于地震的记载。近年来中国科学院地球物理研究所对于地震历史资料进行了巨大的搜集和整理工作，出版了“中国地震资料年表”和“中国地震目录”两书。地球物理研究所在此基础上结合地质构造的研究对全国许多重要城市可能遭遇的最大地震烈度作了比较可靠的估计。为此，本规范根据地球物理研究所的研究工作规定了某些地点的基本烈度；对于未加规定的地点则要求参考地震历史资料和专门性研究资料，进行具体分析来确定其基本烈度。这种方法和世界各国的规范有所不同，是在我国幅员广阔、资料不足的情况下，根据勤俭建国的方针提出来的。

#### 2. 场地烈度

场地烈度是建筑物所在场地可能遭遇的最大地震烈度，它与基本烈度的区别在于后者是对一个范围较大的地区而言。这个名称首先见于苏联地震区建筑规范，它源于С.В.Медведев所倡导的“地震烈度小区域划分”理论。С.В.Медведев根据宏观调查资料，认为在同一地区、同一地震的情形下，表现在软弱地基上的烈度远远高于坚硬地基上的，因而建议以地基土壤的密度和纵波速度为指标对基本烈度加以调整（调整的幅度达2度之多），并把这种调整称为地震烈度的小区域划分。1957年苏联规范采用了他的建议，同时将小区域划分后的烈度定名为“场地烈度”。我国1959年编拟的地震区建筑规范草案沿用了苏联规范的规定。

必须指出,小区域烈度划分方法用来描述地震时不同土壤上一般建筑物的宏观破坏现象是可行的,但用于新建工程的设计则是不恰当的,因为小区域烈度划分方法抹煞了新建工程的结构特性,忽视了不同结构在不同地基上有不同反应,应用这个方法,不问结构性能如何,笼统地提高或降低设计烈度,必将成倍地增大或减小地震荷载,导致不够经济或不够安全的设计。基于此,本规范没有采用小区域烈度划分的概念,赋予了“场地烈度”以新的涵义。场地烈度不再是以前那样调整基本烈度的结果,而是对工程场地的地震活动进行细致的调查研究的结果,因而不是每个工程所必需的。所以本规范规定,对于一般建筑物可直接以建设地区的基本烈度作为场地烈度,只有对于特别重要的建筑物才需要进行场地烈度的专门研究。

### 3. 设防烈度

设防烈度是在建筑物的设计中实际采用的地震烈度,它是为了适应建筑物永久性和重要性的不同而设的。显而易见,对于永久性建筑物,应当考虑到它遭遇大地震的机会要比临时性建筑物大得多;对于特别重要的建筑物,尚须考虑到未来地震会超过预计烈度的可能性。此外,衡量建筑物的永久性和重要性的尺度又是和当前国民经济条件分不开的。为了有效地利用基本建设投资,花最少的钱取得最大的抗震效果,合理地规定各类建筑物的设防烈度具有重要意义。为此,本规范规定,对于重要的永久性建筑物直接取场地烈度为设防烈度;对一般的和次要的建筑物,在场地烈度的基础上降低一至二度;只有对极少数的特别重要的建筑物才可以考虑提高一度。

#### 1.4.2 <七四> 规范的说明

第3条说明了设计烈度的定义以及确定设计烈度的原则。

设计烈度是抗震设防的依据,是抗震设计的实际采用的烈度,系根据建筑物的重要性在基本烈度(定义见本规范附录六)的基础上按区别对待的原则进行调整确定,本规范将建筑物按重要性分为四类。

第一类是特别重要的建筑物。这是指具有特别重大的政治、经济意义和文化价值以及次生灾害特别严重的少数建筑物。对于此类建筑物须保证具有特殊的安全度,经过国家批准,设计烈度可比基本烈度提高一度采用。

第二类是重要的建筑物。这是指在使用上、生产上、政治、经济上具有较大影响或一旦破坏后修复较困难的建筑物,如医院、消防、供水、供电等建筑物在地震时须保证救灾和人民生活的必须,电讯、交通等建筑物涉及国内国际的政治经济影响,地震时不能中断使用,此外,地震时易产生次生灾害的建筑物,重要企业的主要生产厂房,极重要的物资贮备仓库,重要的公共建筑以及高层建筑等,对于这类建筑物,设计烈度应按基本烈度采用。

第三类是一般建筑物。这是指较大量的一般工业与民用建筑物,从节约国家建设资金出发,设计烈度可比基本烈度降低一度采用。但为了避免有些建筑物在设计烈度降低后会有较大的破坏和在遭遇9度地震时可能倒塌的危险,规范在措施上作了一些调整,如对多层砖房和多层内框架,当基本烈度为9度时,总高度限值及最低砂浆标号的要求不予降低,还有单层砖柱厂房,砖烟囱等也采取了防止倒塌的措施。表8、表10、表11及表12的规定是保证房屋整体性的最基本的措施,设计烈度规定不予降低。为了保证大量的7度地区建筑物具有一定的抗震能力,本规范规定基本烈度为7度时设计烈度不降。

第四类是临时性建筑物。对此类建筑物,本规范不考虑设防。

关于基本烈度，它是对建筑物所在地区可能受到的地震危险性的估计。过去基本烈度是指一定地区范围内可能遭遇的最大烈度，没有考虑时间的因素。现在的一个地区的基本烈度是指该区今后一定期限（暂定为100年）内一般场地条件下可能遭遇的最大地震烈度，这是根据国家地震局的研究成果定下来的，它以地震中、长期预报为基础。

最近根据规范使用的需要，国家地震局正组织编制《全国地震烈度区划图》，本规范采用的地震基本烈度，统一按照国家批准的基本烈度为依据。

#### 1.4.3 《七八》规范的说明

设计烈度是抗震设防的依据，抗震设计实际采用的烈度，系根据建筑物的重要性在基本烈度（定义见本规范附录五）的基础上按区别对待的原则进行调整确定。

建筑物的设计烈度，在海城、唐山地震经验的基础上，改为一般按基本烈度采用。

对特别重要的建筑物，这是指具有特别重要的政治、经济意义和文化价值以及次生灾害特别严重的少数建筑物（包括大中城市的要害系统的关键部位）。对于此类建筑物必须保证安全，设计烈度可比基本烈度提高一度采用，但应按国家规定的批准权限报请批准。

对次要的建筑物，如一般仓库，人员较少的辅助建筑物，其设计烈度可比基本烈度降低一度采用，但基本烈度为7度时不降。

本规范未提及临时建筑物，这类建筑物照例不须考虑抗震设防。

关于基本烈度，它是对建筑物所在地区可能受到的地震危险性的估计，过去基本烈度是指一定地区范围内可能遭遇的最大烈度，没有考虑时间的因素。现在的一个地区的基本烈度是指该区今后一定期限（暂定为100年）内一般场地条件下可能遭遇的最大地震烈度；这是根据国家地震局的研究成果定下来的，它以地震中、长期预报为基础。

本规范采用的地震基本烈度，统一按照国家批准的基本烈度为依据。

考虑到《七八》规范一般房屋均按基本烈度设防，因此，取消了原《七四》规范第3条的附注。

#### 1.4.4 地震烈度的概念及在规范中的应用

地震烈度原系宏观地震学中的概念，它是按地震所造成的破坏后果进行分级的标准。最早由于缺乏仪器记录，对地震作用力的大小没有定量依据，而是人为地给予一定的地震作用水准。由于目前对一个地区地震可能发生的大小的评定，在一定程度上要同历史上发生的地震联系起来，而历史上地震的大小的记录，又表现为各种破坏现象，因此就很自然地把地震的烈度与地震设计发生联系。我国的地震区域划分图是按烈度划分的，而抗震设计规范的地震作用和抗震措施，也是以烈度作为新建工程的设计依据，这在概念上与原来的烈度含义应该有所区别。随着强震记录的日益积累，目前对强震地面运动特性或地震的破坏作用已有了一定的了解。在这种情况下关于设计标准的改革自然就出现了两种可能性，一种可能性是直接利用地震动参数作为抗震设防的依据，保留烈度作为宏观现象描述性分等。另一种可能性是改革传统的烈度概念，使之适应抗震设计的需要。本规范在进行新版本修订时，正面临这一现状。

在修订讨论过程中，曾存在有两种观点，一种是抛弃烈度，改用地震动参数直接作为抗震设计的依据，一种是保留烈度。持后者意见的认为：

(1) 工程设计标准通常是分级分档来制订的。铁路、公路、桥梁、水工的设计标准一般都是分级的；房屋的风、雪荷载是分区拟定的；连最简单的活荷载也是分为200, 300, 400kg/m<sub>2</sub>

几档来考虑。地震作用是确定性极差的荷载，不可能作出准确的预测。所以迄今为止，世界各国都是采取烈度区划的方法，分区拟订大致的设防标准；

(2) 历史地震资料和烈度衰减规律是地震危险性分析的重要基础，而在我国，两者都依赖于宏观烈度分布的资料；

(3) 宏观烈度是抗震设计与地震实践经验的纽带，丢掉这个纽带将会带来难以弥补的损失；

(4) 宏观烈度是地震破坏力的形象化。

持有前者观点的认为：

(1) 烈度并不能表明在地震作用下各种具体结构破坏的程度。因为在同一烈度时，不同类型的结构破坏程度可以有很大的差别；

(2) 抗震设计要求提供地震时地面运动的数据，而烈度的含义是指结构的破坏程度；

(3) 烈度只能提供一个数字指标，而新的抗震结构的设计方法要求提供地面运动的各种参数。

上述两种意见在本次修订过程中，曾进行反复的讨论和协商。比较集中的看法是，在保留烈度基础上，做某些改革。

在我国，由于历史地震资料主要通过烈度进行整理，并在此基础上进一步分析处理和研究，因此地震区划也一直以烈度为基础。此外，我国建筑物抗震设计规范除了验算外尚有抗震构造措施的传统作法，按烈度分等在这方面确实是比较方便的方法。若在抗震设计中直接采用地面运动参数，一则距上述惯例太远，也难于给出一些较为确切的数值。这表明，烈度的概念作为地震动强度的一种代表不宜马上从抗震设计中抛弃，但是作为一种补充很有必要区分造成大体等烈度破坏的不同情况和条件。问题集中在保留烈度这样一种传统观念情况下，如何反映震级、震中距对反应谱形状的影响，为此《八九》规范修订时曾广泛收集同等烈度下，不同震中距时的反应谱，经统计给出其区分的结果，以求解决这一问题。

#### 1.4.5 《八九》规范的说明

本次修订拟仍沿用地震烈度的概念，这是因为第一、我国现行地震区划是以历史地震资料为基础，历史地震的资料都是震害的描述，其强弱则是以宏观烈度来估计的；第二、近代大地震宏观震害经验，对抗震措施的制订提供了重要的依据。

新修订的规范拟保留基本烈度这个名词。基本烈度即为全国地震烈度区划图规定的烈度。

新修订的规范拟不再采用设计烈度这个名词。现行规范的设计烈度是根据建筑物的重要性在基本烈度的基础上调整确定。烈度提高一度，意味着地震力加倍，对结构截面设计往往带来一定困难。国外许多国家都不用调整烈度来进行抗震计算，而过去用“计算烈度”的苏联规范，在现行规范中也不再采用。

新规范规定抗震设防依据，一般是国家审定的全国地震区划图规定的有关建设地区的基本烈度，但对做过地震小区划的城市，工矿企业，可按批准的地震动参数进行设计。这是对有条件做地震小区划的城市和新建的工矿企业，为使新建工程的设计更为合理，可按地震小区划提供的地震动参数（一般是加速度峰值和反应谱值）进行设计。

#### 1.4.6 关于取消设计烈度的问题

如前所述，设计烈度为进行抗震设计实际采用的烈度，系根据建筑物的重要性在基本烈

度的基础上按区别对待的原则进行调整而确定的。近些年来，在应用中逐渐发现有如下一些问题：

(1) 设计烈度不能给出一个结构抗震能力的完整概念。抗震规范的任务是在技术和经济比较合理的条件下，把地震作用，建筑物的抗震要求（用途或重要性），结构的抗震能力三者统一起来，以达到减轻地震灾害的目的。但调整烈度进行设防，并没有反映在实际可能发生地震时的抗震能力，故在概念上是不够明确的；

(2) 设计烈度只给设计人员按规范设计能够满足在设计烈度下的抗震要求，并没有表明各项抗震措施的相互关系；

(3) 采用提高或降低基本烈度的办法没有全面考虑结构材料和造型等，对重要的结构采用的材料和措施往往使抗震能力层层加码，而对不重要的结构抗震能力则层层降低；

(4) 设计烈度对计算地震作用采用加倍的方法，在经济上不合理。

近年来，美国和欧洲一些新规范都以加强结构的抗震能力作为贯穿规范始末的思想。特别是美国（ATC—3）规范，将房屋分成A、B、C、D四种抗震等级，按不同的抗震等级要求进行抗震设计，力图用结构的抗震等级把地震作用（地震指数，即地震区划）同建筑物的抗震要求联系起来。参照国际上的这一趋势，并结合海城，唐山两次大地震经验，本次修订取消设计烈度的概念。

#### 1.4.7 地震区划图

如所周知，预期的地震大小系抗震设计的基本依据，由于基本烈度可提供中长期地震的趋势，因此提供其大小程度的地震烈度区划图就具有重要的工程意义。我国较早的区划图是翁文灏根据我国东部地区的有限资料研究，于1923年提出的。1957年在参照苏联经验的基础上，依据如下两条原则：

(1) 凡是历史上发生过地震的地区，相同震级的地震还可能在该地区发生；

(2) 地质条件相同的地区，其地震活动性亦可能相同。

编制出“中国地震区域划分图”，但没有正式颁发。1972年国家地震局组织编制全国地震烈度区划图，并于一九七八年正式颁发。该图编制是按两步完成的。既先进行地震危险区划，后完成地震烈度区划，其编制的原则为：

(1) 根据区域地震活动、地震地质条件的共同特征和相关程度，划分地震区、带，作为研究地震活动规律、发震构造条件及地震影响场特征的基本单元；

(2) 分析各地震区、带内地震活动的发展过程、研究地震在时间，空间和强度方面的特征和规律，综合分析各种方法和预测结果，评价出各区、带未来百年内的地震活动趋势、最大震级和各级地震的次数；

(3) 分析地震区、带内不同强度地震发生的地质背景和构造条件，研究和总结各级强度地震的发震构造标志；

(4) 综合地震活动性和地震地质条件的分析结果，判定各区、带中未来百年内可能发生各级地震的地点、地段或地带，勾划出各级地震危险区。由于经济要求和目前的预测水平所限，各区、带危险区的实际数目最多只能等于或略高于预测数，高震级的地震危险区范围还应尽可能划小；

(5) 依据我国历史地震震级与震中烈度的经验关系，将危险区的震级换算成相应的震中烈度，危险区范围即为未来地震的震中烈度区；地震影响的烈度与其分布范围，则根据所在

地震区、带的烈度衰减统计数据圈定之。在特殊情况下，类似历史地震影响场确定之。

按此所给出的《中国地震烈度区划图》系本规范抗震设计的基本依据。

值得指出的是，地震区划图的编制工作近些年来在国外有了很大的发展。总的趋势是以概率预测为基础，利用概率统计方法来评价未来一定期限内某地区遭受不同强度地震作用的可能性，把在给定期限内不同的超越概率所对应的地震烈度值标在地区图上，并把相同烈度的各点连成等烈度线。由此可绘出未来50年、100年、1000年的等烈度图，其中每套包括不同超越概率的若干张图。抗震设计可以根据要求的基准使用期（一般为50年）及给定的超越概率值（一般为10%），选用标准。目前美国、加拿大及阿尔及利亚等已经或正在应用这种方法编制地震区划图。我国近些年来，已着手编制第三代地震区划图，估计在三、四年内既可提供。

#### 1.4.8 一些主要城市的基本烈度

据统计全国190个城市中，8度的26个，7度90个，下面所示为6°~9°区的一些主要城市。

##### 一、六度区

###### （一）华北区

1. 河北省：承德
2. 山西省：阳泉

###### （二）东北区

1. 辽宁省：阜新、本溪

###### （三）华东区

1. 上海市
2. 江苏省：苏州、无锡
3. 安徽省：铜陵、芜湖、马鞍山
4. 浙江省：杭州、金华、宁波、绍兴
5. 山东省：济南、潍坊、青岛
6. 江西省：上饶

###### （四）中南区

1. 广东省：深圳
2. 广西壮族自治区：南宁
3. 湖南省：株州、湘潭
4. 河南省：郑州、洛阳
5. 湖北省：武汉、宜昌

###### （五）西南区

1. 四川省：雅安
2. 贵州省：贵阳

###### （六）西北区

1. 甘肃省：武威
2. 新疆维吾尔自治区：吐鲁蕃、哈密

##### 二、7度区

(一) 华北区

1. 河北省：石家庄、邯郸、张家口、保定、秦皇岛、邢台、沧州；
2. 山西省：长治、榆次、侯马；
3. 内蒙石自治区：集宁、二连浩特；

(二) 东北区

1. 辽宁省：沈阳、辽阳、旅大、鞍山、抚顺、锦州、丹东、铁岭、朝阳；
2. 吉林省：长春、吉林、四平；

(三) 华东区

1. 江苏省：南京、徐州、连云港、镇江、扬州、清江、泰州；
2. 安徽省：合肥、淮南、蚌埠、六安、宿州；
3. 江西省：九江；
4. 福建省：厦门、泉州、漳州；
5. 山东省：枣庄、烟台、德州、威海；

(四) 中南区

1. 广东省：广州、湛江、佛山、肇庆、珠海；
2. 广西壮族自治区：北海；
3. 湖南省：长沙、常德；
4. 河南省：焦作、鹤壁、许昌；
5. 湖北省：鄂城；

(五) 西南区

1. 四川省：成都、乐山、自贡、渡口、宜宾；
2. 云南省：昆明、个旧；
3. 西藏自治区：拉萨；
4. 贵州省：六盘水；

(六) 西北区

1. 陕西省：咸阳、宝鸡；
2. 甘肃省：玉门；
3. 青海省：西宁；
4. 新疆维吾尔自治区：乌鲁木齐、喀什、伊宁、奎屯；

三、8度区

(一) 华北区

1. 北京市；
2. 天津市；
3. 河北省：唐山；
4. 山西省：太原、大同；
5. 内蒙古自治区：呼和浩特、包头、乌海；

(二) 东北区

1. 辽宁省：营口；
2. 吉林省：白城子；

(三) 华东区

1. 安徽省: 阜阳;

(四) 中南区

1. 广东省: 汕头、海口、潮州;

2. 湖南省: 岳阳;

3. 河南省: 安阳、新乡、三门峡;

(五) 西北区

1. 陕西省: 西安;

2. 甘肃省: 兰州、天水、嘉峪关;

3. 宁夏回族自治区: 银川、石咀山;

4. 新疆维吾尔自治区: 独山子;

(五) 西南区

1. 四川省: 泸定、石棉;

四、9度区

(一) 华北区

1. 山西省: 临汾;

(二) 西南区

1. 云南省: 东川、下关;

2. 四川省: 西昌。

§ 1.5 地震危险性分析

如前所述, 本规范是以国家地震局颁布的各地区基本烈度为设防标准。基本烈度定义为某地区今后一百年内在一般场地条件下可能达到的最高烈度。因此由区划图所提供的烈度是一种确定性的结果。在应用中, 常给人们以即使不同区域的同等烈度, 其发生的可能程度也是相同的印象。事实上, 不同地区地震的频繁次数可能有很大不同, 而这种不同目前尚难于依据区划图加以区分。由于地震在发生时间、空间和震级大小等方面都有很大的不确定性, 因此用概率来反映这种特征显然较已有的烈度区划法有长足的进步。这就是通常所说的地震危险性 (Seismic Hazard) 分析方法。

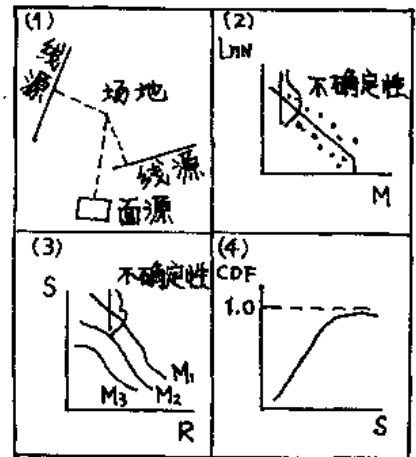


图 1.5.1 地震危险性分析步骤

1968年美国学者柯奈尔 (Cornell) 较早地提出用概率来评价未来一定期限内某工程场地遭受不同程度地震的方法。从那以后仅仅过了十几年, 便形成一门新的学科分支——地震危险性分析。其基本步骤 (参见图1.5.1) 为:

- (1) 确定潜在震源位置及选择震源模型;
- (2) 计算各震源不同震级地震发生率;



(3) 确定从震源到场地的衰减规律;

(4) 分析给定场地的地震危险性。

到目前为止,国内外已提出许多求解方法,其中有Cornell—McGuire法,洪华生(A.H-S.Ang)法,Anderson法,片山桓雄法,Mortgat和Shan法,董伟民—Shan法等。

### 1.5.1 Cornell—McGuire法

Cornell法原则上可用全概率公式表示为:

$$P[I > i] = \iint P[I > i | m, r] f(m) \cdot f(r) dm dr \quad (1.5.1)$$

式中,  $P$ 为方括号中事件的概率;  $m, r$ 为震级和震中距,且为相互独立的随机变量,  $I$ 为表示地面运动的参数,可为烈度或峰值加速度,也可以是给定周期时的谱加速度。

$I$ 随 $m, r$ 而变化,它的平均变化规律即衰减规律为:

$$I_m(m, r) = C_1 + C_2 m + C_3 \ln(r + r_0) \quad (1.5.2)$$

式中,  $C_1, C_2, C_3$ 和 $r_0$ 为常数。若 $m$ 和 $r$ 给定,并假设某场地上 $I > i$ 的条件概率服从正态分布,标准差为 $\sigma_I$ ,则:

$$P[I > i | m, r] = \phi \left\{ \frac{i - C_1 - C_2 m - C_3 \ln(r + r_0)}{\sigma_I} \right\} \quad (1.5.3)$$

式中,  $\phi$ 为标准余补正态分布,用来计算括号中事件的超越概率。

震级的概率密度函数 $f(m)$ 由古登堡—李希特公式给出,其累积分布为:

$$F(m) = \begin{cases} \frac{1 - e^{-\beta(m - m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_u - m_0)}} & m_0 < m < m_u \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

式中,  $m_0, m_u$ 分别为震级的下限和上限。

运用变量代换和积分运算,式(1.5.1)可以转换为:

$$P[I > i] = \int r \left\{ (1 - K) \phi(z/\sigma_I) + K \phi(Z'/\sigma_I) + K(r + r_0) \frac{\beta C_3}{C_2} \right. \\ \cdot e \left( -\frac{i\beta}{C_2} + \frac{\beta C_1}{C_2} + \beta m_0 + \frac{\beta^2 \sigma_I^2}{2C_2^2} \right) \cdot \left[ \phi \left( \frac{Z - \beta \sigma_I^2 / C_2}{\sigma_I} \right) \right. \\ \left. \left. - \phi \left( \frac{Z' - \beta \sigma_I^2 / C_2}{\sigma_I} \right) \right] \right\} f(r) dr \quad (1.5.4)$$

式中,  $Z = i - C_1 - C_2 m_u - C_3 \ln(r + r_0)$ ;  $Z' = i - C_1 - C_2 m_0 - C_3 \ln(r + r_0)$ 。震中距概率密度函数 $f(r)$ 可根据震源区形状及其与场地的几何位置加以确定。

利用上述公式计算地震危险性需先将各震源划分成若干充分小的子源,按其面积比例计算出相应的概率,完成公式(1.5.4)中的积分,并将所得结果(即概率 $P[I > i]$ )与该震源中震级大于和等于 $m_0$ 地震年平均次数相乘得到该震源 $I > i$ 的年平均次数。迭加不同震源区 $I > i$ 的年平均次数,以给出该场地上总的年平均次数(即年期待数目 $n_A$ )。设地震发生遵循平稳泊松过程,则按下式给出指定场地上 $I > i$ 的年概率: