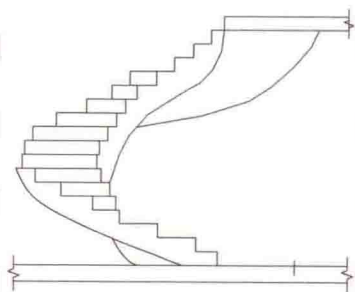


建筑物抗震构造设计详图与实例

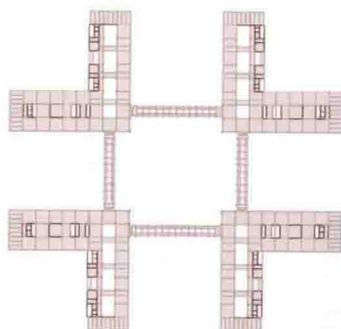
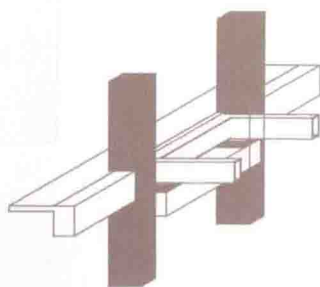
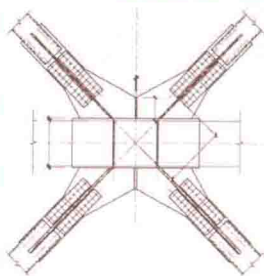
(多层、高层钢筋混凝土结构)

徐斌 孙磊 韩玲 等编著



JIANZHUWU KANGZHEN GOUZAO SHEJI
XIANGTU YU SHILI

(DUOCENG、GAOCENG GANGJIN HUNNINGTU JIEGOU)



中国建筑工业出版社

责任编辑：张伯熙 杨 杰

万 李

封面设计：樊 嵘



建工出版社微信



经销单位：各地新华书店、建筑书店

网络销售：本社网址 <http://www.cabp.com.cn>

中国建筑出版在线 <http://www.cabplink.com>

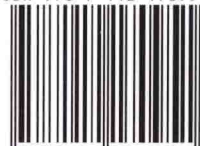
中国建筑书店 <http://www.china-building.com.cn>

本社淘宝天猫商城 <http://zgjzgycbs.tmall.com>

博库书城 <http://www.bookuu.com>

图书销售分类：建筑结构与岩土(S10)

ISBN 978-7-112-17095-1



9 787112 170951 >

(25869)定价：42.00元

建筑物抗震构造设计详图与实例

(多层、高层钢筋混凝土结构)

徐斌 孙磊 韩玲 等编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑物抗震构造设计详图与实例(多层、高层钢筋混凝土结构)/徐斌,孙磊,韩玲等编著. —北京:中国建筑工业出版社, 2014.9

ISBN 978-7-112-17095-1

I. ①建… II. ①徐…②孙…③韩… III. ①多层结构-钢筋混凝土结构-抗震设计-防震设计②高层结构-钢筋混凝土结构-抗震结构-防震设计 IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 152251 号

本书将《建筑工程抗震分类标准》GB 50223—2008、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 以及其他新编规范的相关设计原则、设计方法,特别是构造措施方面的内容进行了归纳。内容包括:多层和高层建筑结构抗震设计准则及概念设计、材料及一般构造要求、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构(钢支撑-框架结构)、板柱-剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、筒体结构、楼梯、非结构构件、复杂高层建筑结构构造设计及实例、楼板的抗震设计及构造做法,每章均配有构造图示和实际工程图纸及照片。

本书可供建筑结构设计人员、施工及监理等人员使用,也可供大专院校建筑工程专业师生参考。

责任编辑:张伯熙 杨 杰 万 李

责任设计:张 虹

责任校对:张 颖 王雪竹

建筑物抗震构造设计详图与实例

(多层、高层钢筋混凝土结构)

徐斌 孙磊 韩玲 等编著

*

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

北京科地亚盟排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:15¼ 字数:392千字

2014年12月第一版 2014年12月第一次印刷

定价:42.00元

ISBN 978-7-112-17095-1

(25869)

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)

前 言

我国是一个地震灾害频发的国家,进入 21 世纪以来,据不完全统计,截止到 2013 年底,我国境内(包括台湾及台湾附近海域)共发生 6 级以上的地震 66 次,其中,发生 7 级以上的地震 7 次,2008 年四川汶川地震达到 8 级,2010 年青海玉树地震为 7.1 级。说明我国目前已进入地震活动的活跃期,地震形势严峻,防震减灾任务艰巨。我国历史上历次大地震都造成了大量人员伤亡和严重的财产损失。由于地震具有突发性和不可预测性,人类至今对地震的成因和规律认识得还很不够。在无法准确预测地震的情况下,我们可以做的就是保证建筑物具有一定的抗震性能,从而保证人民生命财产安全。建筑物的抗震设计就成了防震减灾的重要环节。

我国现阶段的抗震设防目标要求是:“小震不坏、中震可修、大震不倒”,即“三水准”抗震设防目标。并通过“两阶段(弹性、弹塑性)”设计实现三个水准的设防目标。对于大多数建筑结构而言,一般只需要进行多遇地震(小震)的地震动参数进行弹性地震作用计算,通过考虑承载力调整的结构构件承载力验算,满足“小震不坏、中震可修”,通过概念设计和抗震构造措施来满足“大震不倒”的设计要求。在计算机技术发达,计算性能日益强大的今天,应用计算机技术已经可以分析更复杂的建筑结构,也能够进行结构弹性、弹塑性分析。然而,地震作用的不确定性,使得抗震设计不能完全依赖计算,构造措施在保证建筑物的抗震性能方面有着非常重要的作用。

我国与建筑结构相关的设计标准、规范很多,多层和高层建筑钢筋混凝土结构的设计,涉及多本国家标准和行业标准,为方便设计人员和施工人员的使用,本书希望编写成一部混凝土结构抗震构造方面的工具书。为了便于查阅,本书将《建筑工程抗震分类标准》GB 50223—2008、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 等其他相关新编规范的相关设计原则、设计方法,特别是构造措施方面的内容整合在一起。使用者在碰到混凝土结构构造方面的问题可以快速查阅,免去翻阅大量不同规范和图集的烦恼。内容包括:多层和高层建筑结构抗震设计准则及概念设计、材料及一般构造要求、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构(钢支撑-框架结构)、板柱-剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、筒体结构、非结构构件、复杂高层建筑结构构造设计与实例等,配有构造图示和实际工程图纸及照片。

本书在编写过程中还参考了《建筑物抗震构造详图》11G329—1、《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》11G101—1 等国家建筑标准图集。本书的主要内容均来源于新版规范,做了一些图示和引申,为多层和高层混凝土结构的抗震构造,不涉

及地震作用计算和结构承载力的计算。

本书可供建筑结构设计人员、施工及监理等人员使用和大专院校建筑结构设计专业师生参考。

本书主要编写人有：徐斌、孙磊、韩玲、闵宗军、闫莹等，李会珍、陆宜倩、刘景波等绘制了本书的插图。

目 录

第 1 章 多层和高层建筑结构抗震设计准则及概念设计	1
1.1 地震及地震作用	1
1.2 抗震设防目标	6
1.3 抗震设防分类	7
1.4 建筑抗震概念设计	11
1.5 抗震措施和抗震构造措施	12
第 2 章 材料及一般构造要求	13
2.1 混凝土	13
2.2 钢筋	18
2.3 钢筋的锚固和连接	22
2.4 混凝土保护层	30
2.5 房屋适用高度	32
2.6 抗震等级	33
2.7 轴压比	35
2.8 框架梁、柱纵筋配筋率和箍筋配置要求	37
2.9 剪力墙分布筋配筋率	39
2.10 混凝土结构构件的基本构造要求	39
2.11 伸缩缝、防震缝、沉降缝与后浇带	49
2.12 钢筋数据表	53
第 3 章 框架结构	57
3.1 框架结构体系与布置	57
3.2 框架结构抗震设计要点	58
3.3 框架梁构造要求	62
3.4 框架柱构造要求	63
3.5 现浇框架梁、柱纵筋构造	64
3.6 现浇框架梁、柱箍筋构造	71
3.7 现浇框架梁、柱钢筋的抗震连接和锚固	79
3.8 芯柱配筋构造	83
3.9 框架梁加腋做法	84
3.10 框架扁梁构造做法	85
第 4 章 剪力墙结构	87
4.1 剪力墙结构体系特点及布置	87
4.2 剪力墙结构抗震设计要点	89

4.3	剪力墙构造要求	92
4.4	剪力墙设置边缘构件的要求	94
4.5	剪力墙边缘构件的构造及配筋要求	95
4.6	约束边缘构件箍筋、拉筋做法	98
4.7	具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构设计要点及构造	101
4.8	剪力墙连梁配筋构造	101
4.9	剪力墙边缘构件纵筋连接构造	104
4.10	剪力墙竖向及水平分布筋连接、锚固构造	105
4.11	剪力墙墙体及连梁开洞做法	107
4.12	剪力墙洞口不对齐时的构造措施	109
4.13	剪力墙结构设计实例	110
第 5 章	框架-剪力墙结构 (钢支撑-框架结构)	131
5.1	框架-剪力墙结构的特点及布置	131
5.2	框架-剪力墙结构的抗震性能及设计要点	132
5.3	框架-剪力墙结构的构造要求	135
5.4	框架-剪力墙结构连梁的构造要求	137
5.5	钢支撑-框架结构房屋抗震设计要求	141
5.6	钢支撑-框架结构设计实例	142
第 6 章	板柱-剪力墙结构	150
6.1	板柱-剪力墙结构的特点	150
6.2	板柱-剪力墙结构的一般规定及构造要求	151
6.3	板柱结构配筋构造	153
6.4	板柱结构设计的常见问题和实例	156
第 7 章	部分框支剪力墙结构	159
7.1	部分框支剪力墙结构特点	159
7.2	部分框支剪力墙结构抗震设计要点	159
7.3	框支梁、柱及剪力墙底部加强部位的构造要求	162
7.4	框支剪力墙结构构造图示	167
7.5	部分框支剪力墙结构设计实例	169
第 8 章	筒体结构	175
8.1	筒体的分类及受力特点	175
8.2	筒体结构的一般规定	176
8.3	框架-核心筒结构	178
8.4	框筒结构	180
8.5	筒体结构设计实例	183
第 9 章	楼梯	192
9.1	框架结构楼梯的震害特点及一般规定	192
9.2	板式楼梯	195
9.3	梁式楼梯	199

9.4 悬挑式楼梯	200
9.5 旋转式楼梯	202
第 10 章 非结构构件	204
10.1 一般规定	204
10.2 非承重墙与主体结构连接构造	206
10.3 设备基础及广告牌基础	208
10.4 管道支架	213
第 11 章 复杂高层建筑结构构造设计及实例	216
11.1 复杂高层建筑结构设计一般规定	216
11.2 带转换层高层建筑结构	217
11.3 带加强层高层建筑结构	220
11.4 错层结构	221
11.5 连体结构	223
11.6 竖向体型收进、悬挑结构	224
11.7 复杂高层建筑结构的几个实例	227
第 12 章 楼板的抗震设计及构造做法	239
12.1 楼板的作用及分类	239
12.2 楼板的抗震设计及构造做法	240
参考文献	243

第 1 章 多层和高层建筑结构抗震设计准则及概念设计

1.1 地震及地震作用

1.1.1 地震动

地震动是地球表层的震动。大多数地震是由于地壳运动产生的一直自然现象，就是所谓天然地震，另外一些人为的因素也会引起地表震动，称为人工地震。人们通常所说的地震是指能够形成灾害的天然地震，这种地震的破坏力非常强，却又无法预测。

地球上每天要发生上万次地震。不过它们之中绝大多数不能造成危害，人们甚至感觉不到，须用地震仪才能记录下来。真正能对人类造成严重危害的地震，全世界每年大约有一二十次。

(1) 地震的类型与成因

地震可分为天然地震和人工地震两大类。天然地震根据其成因一般认为主要是三类：构造地震、火山地震、塌陷地震。人工地震，主要指大型水库蓄水、矿山开采、地下化学装置或核装置的爆炸引起的地震。人工地震一般不会太强烈，很少引起较大的破坏。天然地震中的火山地震和塌陷地震的强度和影响范围都较小，一般不会造成严重的地震灾害。构造地震是世界上大多数地震的诱发因素，是造成地震灾害的主要地震。

构造地震是地震研究的主要对象。构造地震是指由于板块构造活动及断裂构造活动所产生的地震，其数量占全球发生地震总数的 90% 以上。

地球最外层的地壳由欧亚板块、太平洋板块、美洲板块、非洲板块、印澳板块和南极板块六大板块组成。地球表面的板块漂移，相邻板块之间的挤压、碰撞致使板块边缘破碎、滑动，使得长时间聚集的能量瞬间释放引起地震。大多数地震集中发生在板块边缘，也有发生在板块中间的地震。板块中间发生的地震，称为板内地震，板内地震的强度大，破坏作用也大。地球上地震分布集中的地带通常称为地震带，主要是三大地震带：环太平洋地震带、欧亚地震带、海岭地震带。环太平洋地震带，分布在太平洋周围，从南美洲、北美洲的太平洋沿岸、阿留申群岛、堪察加半岛、日本列岛至我国台湾省，经菲律宾群岛直到新西兰。环太平洋地震带是全球分布最广、地震发生最多发的地震带。环太平洋地震带上所发生的地震释放的能量总和约占全球所有地震所释放的能量总和的 75%；欧亚地震带，自地中海向东，经中亚至喜马拉雅山，然后向南经我国横断山脉，过缅甸，呈弧形转向东，至印度尼西亚。海岭地震带，分布在太平洋、大西洋、印度洋中的海岭地区（海底山脉）。环太平洋地震带和欧亚地震带是地球上两个较活跃的地震带。

地震成因的宏观背景一般认为是地壳板块的构造运动。地幔的对流使得地壳板块相遇时挤压引起地壳岩层的破裂引发地震。地震成因的局部的机理是地壳运动产生的能量在岩

层断裂带附近长期积累,当能量超过一定程度时,引起两侧岩体发生错动,地震瞬间发生,大量能量瞬间释放。

(2) 中国地震的特点

中国位于欧亚板块的东南端,是一个地震频发的国家,处于世界上最活跃的两大地震带——环太平洋地震带和欧亚地震带之间,地震灾害严重。我国地震灾害特点是地震活动分布广,而且大多数属于浅源构造地震,强度大,造成的危害大。其中,1976年唐山地震造成24万多人死亡,2008年汶川地震造成8万余人死亡,地震是造成死亡人数最多的自然灾害。

1.1.2 地震引起的灾害

地震灾害分为一次灾害和二次灾害,一次灾害是指地震造成的直接灾害,如建筑物倒塌,各种工程设施的破坏、山体滑坡、地基土液化等;二次灾害,又叫次生灾害,如地震引起的火灾、水灾、爆炸、海啸等。

(1) 地面运动引起的建筑物和构筑物的破坏

地震灾害大多表现在建筑物和构筑物的大量破坏上。建筑物和构筑物的破坏是造成人员伤亡和财产损失的主要原因。调查和研究建筑物和构筑物的震害特点,对我们从事的建筑抗震设计会有所帮助。

我国房屋建筑以钢筋混凝土结构为主,这类房屋在地震中的表现有以下几个特点:

1) 框架结构震害特点主要表现在:框架结构的柱端比梁端破坏严重、边柱和角柱破坏比中柱严重;砌体填充墙较主体结构破坏严重,并对主体结构造成损害;底层较空旷,上部填充墙较多的上重下轻的框架结构底层框架受损严重;楼梯间的楼梯斜板断裂,由于楼梯间斜板的支撑作用引起框架结构刚度不均匀产生结构扭转,引起的扭转破坏;在长、短柱结合的框架结构,中短柱破坏严重;梁柱节点产生剪切破坏;同时,由于框架结构的结构累积损伤较砖石结构突出,薄弱层塑性变形的集中往往导致结构局部或整体倒塌。

2) 剪力墙结构和框架-剪力墙结构的震害较框架结构轻。剪力墙结构的震害主要表现在连梁的破坏上,在强震下也会发展成墙体开裂现象。

3) 薄弱层破坏,1995年日本阪神地震中发现大量建筑中间层破坏,其主要原因就是结构沿竖向的刚度和承载力突变引起的破坏。

4) 相对于上部结构来说,地下室部分的震害往往比地上建筑破坏程度轻。

(2) 地表破坏

地表的破坏主要是地震区断层破裂造成的地陷、地裂、山体滑坡、砂土液化等。地表的破坏可以直接导致地面建筑破坏,也可导致地下管线等地下设施的破坏。

(3) 次生灾害

历次地震都会引起地震次生灾害,其主要形式有火灾、水灾、爆炸、海啸、瘟疫等。2008年汶川地震造成的泥石流将北川县城大面积埋没。

1.1.3 地震震级与地震烈度

(1) 地震的震级

地震震级是衡量地震本身大小的指标。它与震源释放出来的能量大小有关,震级的高

低是衡量一次地震释放能量多少的尺度。常用的震级为里氏震级。震级通常是通过地震仪记录到的地面运动的振动幅度来测定的。一次地震只有一个震级。震级越高，表明震源释放的能量越大；震级相差一级，能量相差 30 多倍。

(2) 地震烈度

地震烈度是反映某一地区地表和各种建筑物受到一次地震影响的平均强弱程度和破坏程度的一个指标，简称烈度。这个指标反映了地震在一定地区引起地震动强度的总体平均水平，是地震破坏作用的总体评价。

地震烈度作为一定范围内地震影响强弱的总体评价，是一种定性的、宏观的、综合的等级概念。以当前的地震研究水平，还不能从地震烈度上来区分地震动各种作用的量化指标。从工程抗震的角度出发，我国规范把地震烈度作为联系地震动，尤其是地面运动的峰值加速度的一个量化指标。

(3) 地震震级与烈度的关系

地震震级与地震烈度是两个完全不同的概念。地震震级反应地震释放能量的大小，而地震烈度反映了遭遇地震时某一地区受到地震影响的强弱。烈度与地震的震级、震中距、传播介质和场地土质有关，一次地震后不同地点的地震烈度是不同的。因此，一次地震只有一个震级，而烈度则各地不同。一般而言，震中地区烈度最高，随着震中距加大，烈度逐渐减小。

(4) 地震烈度评定

我国的地震烈度是根据《中国地震烈度表》GB/T 17742—2008 评定，地震烈度按表 1.1-1 划分地震烈度等级。

中国地震烈度表 表 1.1-1

地震烈度	人的感觉	房屋震害			其他震害现象	水平向地震动参数	
		类型	震害程度	平均震害指数		峰值加速度 (m/s ²)	峰值速度 (m/s)
I	无感	—	—	—	—	—	—
II	室内个别静止中的人有感觉	—	—	—	—	—	—
III	室内少数静止中的人有感觉	—	门、窗轻微作响	—	悬挂物微动	—	—
IV	室内多数人、室外少数人有感觉，少数人梦中惊醒	—	门、窗作响	—	悬挂物明显摆动，器皿作响	—	—
V	室内绝大多数、室外多数人有感觉，多数人梦中惊醒		门窗、屋顶、屋架颤动作响，灰土掉落，个别房屋墙体抹灰出现细微裂缝，个别屋顶烟囱掉砖	—	悬挂物大幅度晃动，不稳定器物摇动或翻倒	0.31 (0.22~0.44)	0.03 (0.02~0.04)

续表							
地震 烈度	人的感觉	房屋震害			其他震害 现象	水平向地震动参数	
		类型	震害程度	平均震 害指数		峰值加速度 (m/s ²)	峰值速度 (m/s)
Ⅵ	多数人站立不稳， 少数人惊逃户外	A	少数中等破坏，多 数轻微破坏和/或基 本完好	0.00～ 0.11	家具和物品移动； 河岸和松软土出现 裂缝，饱和砂层出 现喷砂冒水；个别 独立砖烟囱轻度裂 缝	0.63 (0.45～0.89)	0.06 (0.05～0.09)
		B	个别中等破坏，少 数轻微破坏，多数 基本完好				
		C	个别轻微破坏，大 多数基本完好	0.00～ 0.08			
Ⅶ	大多数人惊逃户外， 骑自行车的人有感 觉，行驶中的汽车 驾乘人员有感觉	A	少数毁坏和/或严重 破坏，多数中等破 坏和/或轻微破坏	0.09～ 0.31	物体从架子上掉落； 河岸出现塌方，饱 和砂层常见喷水冒 砂，松软土地地上 裂缝较多；大多数 独立砖烟囱中等破 坏	1.25 (0.90～1.77)	0.13 (0.10～0.18)
		B	少数中等破坏，多 数轻微破坏和/或基 本完好				
		C	少数中等和/或轻微 破坏，多数基本完 好	0.07～ 0.22			
Ⅷ	多数人摇晃颠簸， 行走困难	A	少数毁坏，多数严 重和/或中等破坏	0.29～ 0.51	干硬土上亦出现裂 缝，饱和砂层绝大 多数喷砂冒水；大 多数独立砖烟囱严 重破坏	2.50 (1.78～3.53)	0.25 (0.19～0.35)
		B	个别毁坏，少数严 重破坏，多数中等 和/或轻微破坏				
		C	少数严重和/或中等 破坏，多数轻微破 坏	0.20～ 0.40			
Ⅸ	行动的人摔倒	A	多数严重破坏和/或 毁坏	0.49～ 0.71	干硬土上多处出现 裂缝，可见基岩裂 缝、错动，滑坡、 塌方常见；独立砖 烟囱多数倒塌	5.00 (3.54～7.07)	0.50 (0.36～0.71)
		B	少数毁坏，多数严 重和/或中等破坏				
		C	少数毁坏和/或严重 破坏，多数中等和/ 或轻微破坏	0.38～ 0.60			
Ⅹ	骑自行车的人会摔 倒，处不稳状态 的人会摔离原地，有 抛起感	A	绝大多数毁坏	0.69～	山崩和地震断裂出 现，基岩上拱桥破 坏；大多数独立砖 烟囱从根部破坏或 倒毁	10.00 (7.08～14.14)	1.00 (0.72～1.41)
		B	大多数毁坏	0.91			
		C	多数毁坏和/或严重 破坏	0.58～ 0.80			

续表

地震烈度	人的感觉	房屋震害			其他震害现象	水平向地震动参数	
		类型	震害程度	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
XI	—	A	绝大多数毁坏	0.89~	地震断裂延续很长； 大量山崩滑坡	—	—
		B		1.00			
		C		0.78~ 1.00			
XII	—	A	几乎全部毁坏	1.00	地面剧烈变化，山 河改观	—	—
		B					
		C					

注：表中给出的“峰值加速度”和“峰值速度”是参考值，括弧内给出的是变动范围。

1.1.4 地震动特性与地震作用的特点

地震作用，指由地震动引起的结构动态作用，分为水平地震作用和竖向地震作用。与静力荷载不同，地震作用属于动荷载。地震作用的特点主要体现在以下几个方面：第一，结构承受的地震作用的大小与结构自身的结构动力特性有关，结构自身的质量和刚度大小直接影响地震作用的强弱。第二，地震作用是一种与时间相关的往复荷载。第三，地震作用有着随机性。地震特性还表现在地震发生的时间、地点、强弱和发生过程的不确定性上。正是由于这种不确定性，一般的建筑物和构筑物都无法保证不在未来的强震中发生破坏。一般来讲，地震动的主要特性可以通过地震动幅值、地震动频谱和持续时间等主要要素来描述。

(1) 地震动幅值

地震动幅值可以用地面加速度、速度、位移等描述。一般工程上采用地面加速度峰值来计算结构的惯性力。加速度的大小与地震的强度有关，与震中距有关。地震动幅值与烈度相类似，随震级和震中距的变化而变化。

(2) 地震动频谱

震害现象表明，峰值加速度大小并不是造成震害大小的唯一因素，有些震害调查表明，较小的峰值加速度却造成非常严重的震害。说明地震动频谱特性，会对某些地区、某些结构进行有“选择的破坏”。不同的地震波周期分量对不同结构有着不同的影响。一般来讲，震级大、震中距远、软土地基上的地震波长周期分量越显著。

(3) 地震动持时

地震的持续时间对结构的破坏有着重要的影响。一般来讲，很少有建筑在地震开始的瞬间倒塌。结构在遭受地震作用冲击时，从局部构件的破坏开始到整个结构倒塌会有一个过程。混凝土结构从初裂开始，结构要遭受多次往复振动，结构从弹性进入弹塑性，在往复荷载作用下，结构塑性变形和能量损耗的累积最终发生倒塌破坏。

地震作用是一种不规则的往复荷载，不仅与地震作用峰值有关，还与地震动作用的持续时间有关。结构破坏也不仅仅与承受的最大荷载有关，还与结构变形和损伤积累有关。

1.2 抗震设防目标

1.2.1 “三水准”的抗震设防目标

(1) “三水准”的设防目标

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 总则 1.0.1 条规定我国建筑抗震设防目标是：“当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损坏或不需修理可继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震影响时，可能发生损坏，但经一般性修理仍可继续使用；当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。”这就是通常所说的“三水准的设防目标”即“小震不坏，中震（设防烈度地震）可修，大震不倒”。

“三水准”的设防目标是在《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 中确立的，一直延续至《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010。自 1989 年《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 发布以来，按技术标准设计的所有房屋建筑，均应达到“多遇地震不坏、设防地震可修和罕遇地震不倒”的设防目标。2008 年汶川地震表明，凡是严格按照现行抗震规范进行设计、施工和使用的房屋建筑，均达到了规范规定的设防目标，在遭遇到高于地震区划图一度的地震作用下，没有出现倒塌破坏——实现了生命安全的目标。

(2) 三水准对应的地震作用水平，按地震概率的统计分析，按三个不同的超越概率水平区分为三个烈度水准

第一水准烈度（小震）：50 年内超越概率为 63% 的地震烈度为对应于统计“众值”烈度，重现期 50 年，称为“多遇地震”。比基本烈度约低一度半。

第二水准烈度（中震）：50 年超越概率 10%，重现期 475 年的地震烈度，称为“设防烈度”。

第三水准烈度（大震）：50 年超越概率 2%~3% 的地震烈度，重现期 1641~2475 年，称为“罕遇地震”。

(3) 对应于三个地震烈度水准的建筑物性能要求（设防目标）

“小震不坏”，当建筑物遭遇第一水准烈度（多遇地震）影响时，建筑处于正常使用状态，结构视为弹性体系，采用弹性反应谱进行弹性分析，满足多遇地震下的承载力要求，此时建筑弹性变形不超过规定的限值。

“中震可修”，当建筑遭遇第二水准烈度（设防地震）影响时，建筑结构进入非弹性阶段，但非弹性变形或结构体系的损坏控制在可修复范围。

“大震不倒”，当遭遇高于本地区规定设防烈度的第三水准烈度（罕遇地震）影响时，建筑可能产生较严重的破坏，但不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。“大震不倒”要求建筑要具有足够的延性和变形能力，其弹塑性变形不能超过规定的弹塑性变形限值的要求。

1.2.2 两阶段的设计方法

我国抗震设计从 1989 年版规范开始就制定了用三个不同概率水准抗震设防要求，通

过两阶段设计实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的设防目标。两个阶段也就是我们通常所说的弹性阶段和弹塑性阶段。

(1) 第一阶段（弹性阶段）

第一阶段设计是承载力验算，按多遇地震的地震动参数，对结构进行弹性阶段的整体抗震分析，得出地震作用，进行多遇地震下的承载力验算，以及结构在弹性状态下的变形验算。

多遇地震下的承载力验算：地震动参数取 50 年超越概率 63% 的第一水准烈度，进行结构内力分析，采用《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定的分项系数设计表达式进行结构构件的截面承载力抗震验算，结构满足承载力极限状态要求。

变形验算：进行多遇地震下的弹性变形计算，层间变形满足正常使用极限状态要求，防止多遇地震下结构和非结构构件等发生破坏。

(2) 第二阶段（弹塑性阶段）

第二阶段设计是弹塑性变形验算，按罕遇地震的地震动参数，进行结构弹塑性（非线性）分析，验算结构在罕遇地震下的变形。对地震时易倒塌的结构、有明显薄弱层的不规则结构以及有专门要求的建筑，除进行第一阶段设计外，还要进行结构薄弱部位的弹塑性层间变形验算并采取相应的抗震构造措施，实现第三水准的设防要求。最终要满足“大震不倒”的要求。

对于大多数建筑结构，高度和规则性符合规范适用范围，即“不超限”的建筑结构。一般只需要进行第一阶段弹性阶段的计算分析，考虑各种分项系数、荷载组合系数进行结构和构件的内力组合，通过承载力调整的抗震措施进行结构承载力验算和构件设计，并满足结构弹性变型要求，满足第一水准的设防目标要求。通过抗震措施和抗震构造措施保证结构延性要求，满足第二水准和第三水准的要求，实现“中震可修”和“大震不倒”。规范并不要求所有建筑结构都进行第二阶段的结构弹塑性分析。

对于需要进行弹塑性分析的钢筋混凝土结构有以下几种：7~9 度的框架结构、甲类建筑和 9 度的乙类建筑，以及超限高层建筑结构。弹塑性分析，按 50 年超越概率 2~3 的罕遇地震动参数，进行结构弹塑性变形计算，分析确定结构薄弱层，控制层间弹塑性位移，防止结构在罕遇地震下倒塌，保证人员安全。

1.3 抗震设防分类

建筑结构抗震设计时，除了要考虑建筑所在地的基本设防烈度外，还要根据建筑物的使用功能和重要性，采取不同的标准，使得比较重要或者受灾后会产生严重后果的建筑具有比大多数建筑更高的抗震性能。这就是我国抗震规范中的两个重要概念：“抗震设防烈度”和“抗震设防标准”。

我国抗震减灾政策的一个特点就是按照遭受地震破坏后可能产生的后果，即造成人员伤亡、经济损失的大小、对社会造成的影响程度，以及建筑物在抗震救灾中的作用等，将建筑工程划分为不同的类别，针对不同的类别区别对待，采取不同的设计要求，达到既能减轻地震灾害，又能合理控制建设投资的目的。

提高建筑物抗震安全性的设计方法有很多种。通过提高地震作用可以提高结构的抗震

安全性能,比如:基本烈度为7度,计算时按8度计算,加大了设计的地震作用,从而提高了结构的抗震性能。但是,提高地震作用,会使全楼上下各个构件承受的地震作用而产生内力统统予以加大,结构的各部分构件的材料用量都会加大。另外,在构件截面和配筋都加大的同时,如果忽略结构构造措施,结构安全性和结构的延性不一定有较大提高,经济效果也不好。我国规范针对不同建筑,根据其重要性程度,采取分别提高或同时提高地震作用和提高抗震措施的方法来保证结构的抗震性能。比如,对于特殊设防类(甲类)建筑,抗震设计时要同时提高抗震措施和地震作用;重点设防类(乙类)建筑只提高抗震措施,不提高地震作用。提高地震作用和提高抗震措施都可以达到提高结构抗震性能的目的,但提高抗震措施,包括地震内力调整和构造措施,是针对结构重要部位或薄弱部位,将有限的材料和资源优先用到加强抗震重要部位和薄弱部位上。与只提高地震作用相比,对提高建筑结构的抗震性能更经济和有效。当然,同时提高地震作用和抗震措施,会大大提高结构的抗震安全性。

我国抗震分类标准规定:抗震设防地区的所有建筑都应确定其抗震设防类别。新建、改建、扩建的建筑工程其抗震设防类别不应低于《建筑工程抗震设防分类标准》的规定。

1.3.1 抗震设防类别

《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50233—2008明确了建筑工程的设防分类和相应的设防分类标准。根据不同性质的建筑在遭受地震损坏对各方面的影响后果的严重性,将建筑工程分为以下四个抗震设防分类:

1) 特殊设防类:指使用上有特殊设施,涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果,需要进行特殊设防的建筑。简称甲类。

2) 重点设防类:指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑,以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果,需要提高设防标准的建筑。简称乙类。

3) 标准设防类:指大量的除1)、2)、4)款以外按标准要求进行设防的建筑。简称丙类。

4) 适度设防类:指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害,允许在一定条件下适度降低要求的建筑。简称丁类。

1.3.2 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准

各抗震设防类别建筑的抗震设防标准,应符合下列要求:

1) 标准设防类,应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用,达到在遭遇高于当地抗震设防烈度的预估罕遇地震影响时不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏的抗震设防目标。

2) 重点设防类,应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施;但抗震设防烈度为9度时应按比9度更高的要求采取抗震措施;地基基础的抗震措施,应符合有关规定。同时,应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

3) 特殊设防类,应按高于本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施;但抗震设防烈度为9度时应按比9度更高的要求采取抗震措施。同时,应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定其地震作用。