

新编高等职业教育规划系列教材

建筑结构

JIAN ZHU JIE GOU

主编：李启华 沈 毅



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

新编高等职业教育规划系列教材

建筑结构

主 编：李启华 沈 毅



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/李启华,沈毅主编. —天津:天津大学出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-5618-3221-9

I. 建… II. ①李… ②沈… III. 建筑结构 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 166410 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 20.25
字 数 512 千
版 次 2009 年 11 月第 1 版
印 次 2009 年 11 月第 1 次
印 数 1—3 000
定 价 38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本教材是在贯彻落实《国务院关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定》和教育部、建设部《关于实施职业学校建设行业技能型紧缺人才培养工程的通知》两个文件精神的基础上,以为社会培养具有“关键能力”的技术人才为宗旨,根据教育部、建设部制定的教学指导方案,从市场需求和教学实际出发而编写的。全书以“理论够用为度,重在实践能力的培养”为原则,面向施工生产第一线的技能型应用人才,可作为各种层次高等职业院校土建类专业的教材,也可供有关在职职工的岗位培训及工程技术人员参考。

本教材依据我国现行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《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》(03G 101 系列)及其他相应的标准编写。书中注重反映基本概念和基本理论,简明扼要,通俗易懂,附有一定的例题,能做到紧贴工程实际及职业岗位群,体现知识与能力的结合,力求反映职业教育的教材特点。

本教材由浙江建设职业技术学院、济南工程职业技术学院、浙江同济科技职业学院、兰州工业高等专科学校、浙江杭州市滨江区农村多层住宅建设管理中心共同参加编写。

本教材由浙江建设职业技术学院李启华、沈毅任主编,浙江同济科技职业学院马景善、兰州工业高等专科学校马守才任副主编。

本教材由济南工程职业技术学院侯洪涛担任主审,浙江省杭州市滨江区农村多层住宅建设管理中心孙中民担任副主审。

第1篇第1章由沈毅和马守才编写,第1篇第2章由李启华和刘宇编写,第2

篇第1章由马景善编写,第2篇第2章、第2篇第4章由徐汉勇编写,第2篇第3章由王伟编写,第2篇第5章由余伯增编写,第2篇第6章由马景善和郭勇编写,第2篇第7章由金怡编写,第2篇第8章由陈伟东编写,第3篇由沈克仁编写,第4篇由沈毅编写,第5篇由李启华编写、第6篇由夏玲涛编写。全书由沈毅统稿。

在编写过程中参阅了较多的文献资料,谨向这些文献的作者致以诚挚的谢意。由于水平有限,教材中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

第 1 篇 建筑结构基本知识	(1)
第 1 章 建筑结构概述	(1)
1.1 建筑结构的概念	(1)
1.2 建筑结构的分类	(2)
思考题与习题	(3)
第 2 章 抗震基本知识	(4)
2.1 地震概述	(4)
2.2 建筑抗震设防	(6)
2.3 抗震设计的基本要求	(9)
思考题与习题	(11)
第 2 篇 钢筋混凝土结构	(12)
第 1 章 计算原理	(12)
1.1 结构的极限状态	(12)
1.2 结构的可靠度	(13)
1.3 建筑结构的荷载	(15)
1.4 极限状态设计实用表达式	(18)
1.5 结构的耐久性	(21)
思考题与习题	(22)
第 2 章 钢筋与混凝土力学性能	(23)
2.1 钢筋	(23)
2.2 混凝土	(27)
2.3 钢筋与混凝土共同工作	(30)
思考题与习题	(33)
第 3 章 受弯构件	(34)
3.1 受弯构件的构造要求	(34)
3.2 受弯构件正截面承载力	(40)
3.3 受弯构件斜截面承载力	(47)
思考题与习题	(55)
第 4 章 受拉构件	(57)
4.1 受力特点	(57)
4.2 承载力计算	(58)
4.3 受拉构件的构造要求	(59)

思考题与习题	(59)
第5章 受压构件	(60)
5.1 轴心受压构件	(60)
5.2 偏心受压构件	(65)
思考题与习题	(71)
第6章 受扭构件	(73)
6.1 受力特点	(73)
6.2 纯扭构件的破坏形态	(73)
6.3 弯剪扭构件的承载力	(75)
6.4 受扭构件的构造要求	(77)
思考题与习题	(78)
第7章 受弯构件的挠度与裂缝	(79)
7.1 受弯构件的挠度	(79)
7.2 受弯构件的裂缝	(83)
思考题与习题	(85)
第8章 钢筋混凝土梁板结构	(86)
8.1 梁板结构分类	(86)
8.2 现浇单向板肋形楼盖	(87)
8.3 现浇双向板肋形楼盖	(99)
8.4 楼梯	(103)
8.5 雨篷	(109)
思考题与习题	(112)
第3篇 高层钢筋混凝土结构	(113)
第1章 高层建筑概述	(113)
1.1 高层建筑的划分	(113)
1.2 高层建筑的特点	(113)
1.3 高层建筑的结构体系	(114)
1.4 高层建筑设计的基本要求	(116)
思考题与习题	(121)
第2章 框架结构	(122)
2.1 框架结构的受力特点	(122)
2.2 框架结构的设计要求	(123)
2.3 框架结构的构造	(123)
思考题与习题	(135)
第3章 剪力墙结构	(136)
3.1 剪力墙概述	(136)
3.2 剪力墙分类	(136)
3.3 剪力墙的受力特点和计算方法	(137)
3.4 剪力墙结构的构造	(138)

思考题与习题·····	(143)
第4章 框架—剪力墙结构·····	(145)
4.1 框架—剪力墙的受力特点·····	(145)
4.2 剪力墙的布置要求·····	(146)
4.3 框架—剪力墙结构协同工作分析·····	(146)
4.4 框架—剪力墙结构的构造·····	(147)
思考题与习题·····	(148)
第5章 筒体结构·····	(149)
5.1 筒体结构的受力特点·····	(149)
5.2 筒体结构的构造·····	(150)
思考题与习题·····	(152)
第4篇 砌体结构·····	(153)
第1章 砌体材料选用与砌体强度·····	(153)
1.1 砌体材料的选用·····	(153)
1.2 砌体抗压强度·····	(158)
思考题与习题·····	(163)
第2章 砌体结构房屋的静力计算方案·····	(164)
2.1 墙体的承重体系·····	(164)
2.2 房屋的静力计算方案·····	(165)
2.3 刚性方案房屋的静力计算·····	(167)
思考题与习题·····	(171)
第3章 砌体受压构件承载力·····	(172)
3.1 墙、柱的高厚比·····	(172)
3.2 无筋砌体受压构件承载力·····	(178)
3.3 配筋砌体受压构件·····	(182)
3.4 砌体局部受压计算·····	(187)
思考题与习题·····	(194)
第4章 砌体结构的构造措施·····	(197)
4.1 一般构造要求·····	(197)
4.2 防止与减轻墙体开裂的主要措施·····	(198)
思考题与习题·····	(201)
第5章 砌体结构中的主要构件·····	(202)
5.1 圈梁·····	(202)
5.2 过梁·····	(203)
5.3 墙梁·····	(205)
5.4 挑梁·····	(209)
思考题与习题·····	(212)

第 5 篇 钢结构	(213)
第 1 章 钢材的种类与选用.....	(213)
1.1 钢材的机械性能	(213)
1.2 各种因素对钢材主要性能的影响	(215)
1.3 钢材的种类、规格和标准.....	(218)
1.4 钢材的选用与要求	(222)
思考题与习题.....	(223)
第 2 章 钢结构的连接.....	(224)
2.1 焊接连接	(224)
2.2 螺栓连接	(242)
思考题与习题.....	(252)
第 3 章 轴心受力构件.....	(253)
3.1 构件的截面形式	(253)
3.2 轴心受力构件正常工作的基本要求	(254)
3.3 轴心受压柱的柱头及柱脚	(256)
思考题与习题.....	(258)
第 4 章 受弯构件.....	(259)
4.1 梁的类型	(259)
4.2 梁的强度、刚度和稳定性.....	(259)
4.3 受弯构件的构造要求	(263)
思考题与习题.....	(265)
第 5 章 门式刚架.....	(266)
5.1 结构形式与布置	(266)
5.2 荷载计算和内力组合	(270)
5.3 构件的截面设计	(271)
5.4 门式刚架的节点构造	(272)
思考题与习题.....	(274)
第 6 篇 结构施工图	(275)
第 1 章 结构施工图概述.....	(275)
1.1 结构施工图的作用	(275)
1.2 结构施工图的内容	(275)
思考题与习题.....	(275)
第 2 章 钢筋混凝土结构施工图平面整体设计方法.....	(276)
2.1 平法施工图的特点	(276)
2.2 平法施工图的一般规定	(276)
2.3 柱平法施工图制图规则	(277)
2.4 梁平法施工图制图规则	(280)
2.5 剪力墙平法施工图制图规则	(285)

2.6 标准构造详图	(289)
思考题与习题.....	(289)
第3章 结构施工图识读.....	(290)
3.1 结构施工图识读的方法与步骤	(290)
3.2 结构设计总说明的识读	(291)
3.3 基础平法施工图的识读	(291)
3.4 梁、柱(剪力墙)平法施工图的识读.....	(292)
3.5 板结构平法施工图的识读	(293)
3.6 楼梯详图和节点详图的识读	(293)
思考题与习题.....	(294)
附录.....	(295)
附录1 各种直径钢筋的公称截面面积、计算截面面积及理论质量	(295)
附录2 钢材的强度和钢结构受弯构件的挠度	(297)
附录3 常用型钢表	(299)
参考文献.....	(311)

第 1 篇 建筑结构基本知识

第 1 章 建筑结构概述

1.1 建筑结构的概念

建筑物是人类在大自然中建造的人工空间,稳固的人工空间能够保证人类的正常活动。为了使建筑物在各种自然的和人为的作用下,保持其自身的工作状态,必须有相应的受力、传力体系,这个体系构成建筑物的承重骨架,称为建筑结构,简称结构。

组成建筑结构的基本构件有梁、板、墙(或柱)、基础等,如图 1.1.1 所示。它们既是建筑物的承重构件,又都是建筑物的围护构件。梁、板用以承受竖向荷载,墙(或柱)支撑水平构件或承受水平荷载,基础将建筑物承受的荷载传至地基。

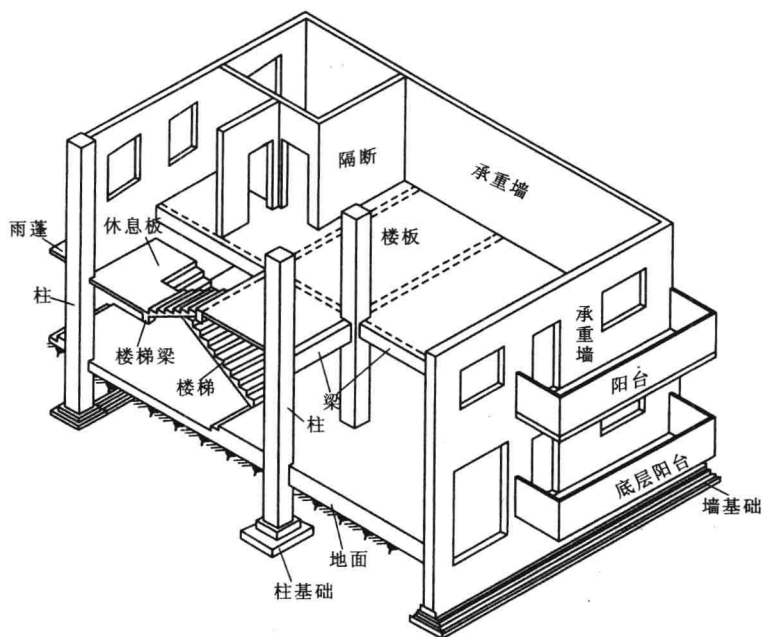


图 1.1.1 建筑结构的基本构件

结构必须是安全的,在各种作用下保持其基本强度要求——不破坏;基本刚度要求——不发生大的变形;基本稳定要求——不出现整体和局部的倾覆。

1.2 建筑结构的分类

1.2.1 按材料种类分类

建筑结构按承重结构所用的材料不同,可分为以下4种结构。

1. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构是将钢筋和混凝土两种材料结合在一起,组成建筑承重构件的结构。这是目前应用最广泛的结构形式,主要用于大型公共建筑、工业建筑和高层住宅。它具有承载力高、耐火性能和耐久性能好、抗震性能好的特点,但结构自重重大,抗裂性能差,工期长。

2. 砌体结构

由块材和铺砌的砂浆黏结而成的材料称为砌体,由砌体砌筑的结构称为砌体结构。因砌体强度较低,故在建筑物中适宜于将砌体做成承重墙、柱、过梁等受压构件。砌体结构具有造价低廉,施工简便,可采用地方材料,节约了水泥、钢材,具有较好的保温、隔热和耐火性能的优点。缺点是自重重大,抗震性能差,砌筑劳动强度大。一般用于多层民用建筑。

3. 钢结构

钢结构即指主要承重构件全部采用型钢、钢板制作,它自重轻,能建超高摩天大楼;又能制成大跨度、高净高的空间,具有广阔的发展前景,特别适合大型公共建筑和工业建筑。但钢结构建筑材料价格昂贵,装配施工组织要求高,钢材易腐蚀、耐火性能差。

4. 木结构

木结构是指全部或大部分承重构件用木材制作的结构,易于就地取材,制作简单,但易燃、易腐蚀、易变形。我国木材资源匮乏,大量砍伐树木会引起环境问题,目前很少将木材作为建筑结构材料。

1.2.2 按承重结构类型分类

目前承重结构的类型较多,主要有以下几种。

1. 砖混结构

砖混结构是指由砌体墙或柱、钢筋混凝土楼(屋)盖作为承重构件的结构。因砌体墙作为主要承重构件,故又称砌体结构。因砌体强度低,故砖混结构主要用于多层民用建筑,如住宅、办公楼等。

2. 框架结构

框架结构是指由钢筋混凝土的梁、柱以刚接连接形成承重骨架的结构。框架结构强度较高,具有较好的整体性和延展性,抗震性能较好。但在高层建筑中,框架结构属于柔性结构,抗侧刚度较小,多用于6~15层的工业与民用建筑。

3. 框架—剪力墙结构

在框架结构纵、横向的适当部位(柱间)设置剪力墙,由框架和剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构称为框架—剪力墙结构。它结合了框架、剪力墙结构各自的特点,使框架—剪力墙结构的刚度介于两者之间,多用于15~20层的工业与民用建筑。

4. 排架结构

排架结构是指由柱和屋架(或屋面梁)、基础组成的结构,柱与屋架铰接而与基础刚接。排架结构可采用混凝土结构、钢结构。单层排架结构跨度一般为12~36 m,可以是单跨和多跨,应用于单层工业厂房。

5. 剪力墙结构

剪力墙结构是指由实心的钢筋混凝土纵横向墙体承受水平和竖向荷载的结构。现浇钢筋混凝土剪力墙的刚度很大,整体性好,抗侧刚度大。但剪力墙间距不能太大,平面布置不灵活,且自重较大。适用于小开间 15~20 层的高层建筑。

6. 筒体结构

筒体结构是指由竖向筒体为主组成的承受竖向和水平荷载的结构。筒体主要是由若干片剪力墙围成的封闭筒式结构。整体性强,抗侧力很大,适用于较高的高层建筑。根据筒体的不同组成方式,筒体结构可分为框筒、框架—核心筒、筒中筒和束筒等多种形式。

思考题与习题

1. 何谓建筑结构?
2. 目前建筑结构有哪几种类型? 其适用范围是什么?

第2章 抗震基本知识

2.1 地震概述

地震与台风、下雨一样是一种自然现象,是地壳构造运动的一种表现。与地质构造有密切关系的地震是一种突发的自然灾害,除了对建筑物直接造成破坏以外,还可能引发火灾、水灾、环境污染及多种疾病等次生灾害,特别是目前人类还不能准确地预报,因而会对人民生命财产带来严重威胁。我国是一个地震频繁的国家,强烈地震给我国造成过惨重的人员伤亡和巨大的财产损失。为了最大限度地减轻地震灾害,在地震区设计建筑物时,必须考虑地震的作用,并加强科学研究,提出行之有效的抗震减灾措施。

2.1.1 地震类型及成因

地震是由于地球内部运动累积的能量突然释放或地壳中空穴顶板塌陷等原因,致使岩体剧烈震动并以波的形式向地表传播而引起的地面颠簸和摇晃。

按地震产生的原因,主要可分为火山地震、陷落地震、人工诱发地震和构造地震。火山地震是由火山爆发岩浆猛烈冲出地面而引起的地面震动;陷落地震是由于溶洞或古旧矿坑等突然发生大规模塌陷所引起的地面震动;人工诱发地震是由于水库蓄水、注液、地下抽液、采矿、工业爆破、核爆炸等人类活动引起的地面震动;构造地震是由于地壳构造运动使岩层发生断裂、错动而引起的地面震动。上述地震中,构造地震破坏作用大,影响范围广,是房屋建筑抗震设防研究的主要对象。

构造地震是地球内部构造活动的结果,发生频率高,破坏性大,约占破坏性地震总量的90%以上。在建筑抗震设计中,仅考虑构造地震作用下的结构抗震设防。

板块构造学说认为地球表面的最上层是由强度较大、厚度为70~100 km的岩石组成,称作岩石层。地球表面的岩石层并不是整体一块,而是被划分成若干板块,即欧亚板块、美洲板块、非洲板块、太平洋板块、澳洲板块和南极板块,如图1.2.1所示。板块之间在地幔物质对流及地球自转等动力因素作用下,不停地互相插入、摩擦、碰撞、挤压,从而产生了地应力。全球大部分地震带都分布在板块边界上。如图1.2.2所示,地震发生时,在地球内部产生地震波的位置称为震源;震源到地面的垂直距离称为震源深度;震源在地表的垂直投影点称为震中;在地震影响范围内,地表某处至震中的距离称为震中距;在同一地震中,具有相同地震烈度的地点连线称为等震线;等震线图上烈度最高的区域称为极震区。

按震源的深浅,地震可分为:震源深度在70 km以内的为浅源地震;震源深度在70~300 km以内的为中源地震;震源深度超过300 km的为深源地震。我国发生的绝大部分地震都属于浅源地震。一般地讲,震源浅的地震破坏性大,震源深的地震破坏性小。

2.1.2 地震波、地震震级及地震烈度

1. 地震波

地震波是由于地震而产生的向四周传播的波动。它包括在地球内部传播的体波和在地表传播的面波。体波又分纵波和横波。

纵波是由震源向四周传播的压缩波,介质质点的振动方向与波的传播方向一致,引起地面

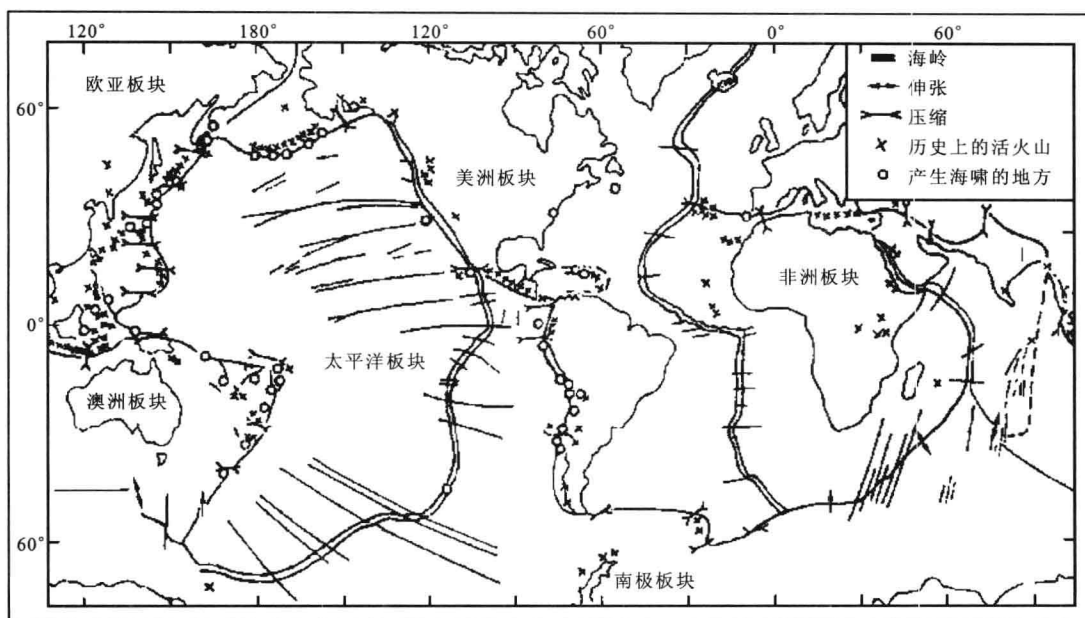


图 1.2.1 地球板块分布示意



图 1.2.2 常用地震术语示意

垂直振动。纵波的周期短,振幅小,波速快。

横波是由震源向四周传播的剪切波,介质质点的振动方向与波的传播方向垂直,引起地面水平振动。横波的周期长,振幅大,波速慢。

面波是体波经地层界面多次反射、折射形成的次生波,其波速比横波波速慢。

在地壳中,纵波的波速为 $7\sim 8\text{ km/s}$,横波的波速为 $4\sim 5\text{ km/s}$ 。当某地发生地震时,在地震仪上首先记录到的是纵波,然后是横波,如图 1.2.3 所示。根据两种波到达的时间差,可估计震源的距离,敏锐的人可利用这个宝贵的时间差迅速作出反应以保护自己。当地震发生时,纵波首先到达,使房屋产生上下颠簸;接着横波到达,使房屋产生水平摇晃;一般是当纵波和横波都到达时,房屋震动最为剧烈,建筑物才会产生严重破坏。

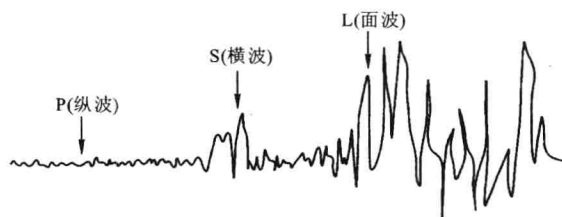


图 1.2.3 地震波记录示意

2. 地震震级

地震强度是用震级表示的。地震震级是表示地震本身强度大小的等级,是衡量一次地震震源释放出总能量多少的一种量度。目前国际上比较通用的是里氏震级,是由美国查尔斯·里克特于 1935 年提出的。地震仪是选用伍德—安德逊式标准地震仪(周期 0.8 s,阻尼系数 0.8,放大倍数 2 800 倍)所记录到的距震中 100 km 处的最大水平地面位移(振幅为 A ,以 μm 计)的常用对数值,即

$$M = \lg A \quad (1.2.1)$$

式中 M ——地震震级即里氏震级。

A ——标准地震仪记录的最大振幅, μm 。

例如,在距震中 100 km 处,标准地震仪记录到的最大振幅 $A = 100 \text{ mm} = 10^5 \mu\text{m}$,则该次地震震级 M 为里氏 5 级。

$$M = \lg A = \lg 10^5 = 5$$

地震震级的大小直接与震源释放的能量大小有关,所以一次地震只能有一个震级。震级 M 与地震释放能量 E (单位为: 10^{-7} J)之间有如下关系:

$$\lg E = 1.5 M + 11.8 \quad (1.2.2)$$

由式(1.2.1)和式(1.2.2)可知,当震级相差 1 级时,地面振幅相差 10 倍,能量相差 32 倍。

一般说来, $M < 2$ 的地震,人们感觉不到,称为微震; $M = 2 \sim 4$ 的地震,人们可以感觉得到,称为有感地震; $M \geq 5$ 的地震,建筑物有不同程度的破坏,称为破坏性地震; $M = 7 \sim 8$ 的地震称为强烈地震或大地震; $M > 8$ 的地震称为特大地震。

3. 地震烈度

地震烈度是指地震对地表和建筑物影响的平均强弱程度,用 I 表示。对于一次地震来说,震级虽然只有一个,但不同地点所遭受影响的强弱程度却不同。一般而言,离震中越远,受地震的影响越小,烈度也越低。但在同一地区,有时也会因局部场地的地形和地质条件等影响,出现局部烈度较低或较高的地震异常区。对于一次地震的影响,随震中距的不同,可以划分为不同的烈度区。目前,我国使用的是 1999 年由国家地震局颁布实施的《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999)。

2.2 建筑抗震设防

2.2.1 抗震设防依据

为了减轻和防御地震对房屋建筑的破坏,我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)(以下简称《抗震规范》)规定,抗震设防烈度为 6 度及以上地区的建筑必须进行抗震设计。

1. 基本烈度

基本烈度是指在 50 年期限内,在一般场地条件下可能遭遇超越概率(所谓超越概率是指在一定时期内,地震动强度超过给定值的概率)为 10% 的地震烈度。

2. 抗震设防烈度

抗震设防烈度是一个地区的建筑抗震设防依据。抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批和颁发的文件(图件)确定。

一般情况下,抗震设防烈度可采用中国地震动参数区划图的地震基本烈度(或与规范规定的设计基本地震加速度值对应的烈度值)。2001 年国家质量技术监督局发布了《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001),该图件中的抗震设防标准为 50 年超越概率 10%。图中标明了全国各地地区的地震动峰值加速度和反应谱特征周期值。该图件发布后,地震基本烈度向地震动参数过渡。表 1.2.1 为地震动峰值加速度分区与地震基本烈度的对照关系。对于已编制抗震设防区划的城市,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

为方便设计,《抗震规范》(附录 A)列出了我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组。

表 1.2.1 地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照

地震动峰值加速度 $g(m \cdot s^{-2})$	<0.05	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	≥ 0.40
地震基本烈度值 I	<6	6	7	7	8	8	9

2.2.2 抗震设防目标

地震作用与一般的荷载(如恒荷载)不同,它具有随机性、复杂性、间接性等特点。因此,鉴于现有的技术和经济水平,房屋经过抗震设防,一般能减轻地震的损坏和破坏,但尚不能完全避免损坏和破坏。建筑抗震设防目标是对建筑结构应具有抗震安全性的要求。

1. 三水准

我国规范明确给出了三水准的设防目标:当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,建筑物一般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地震影响时,建筑物可能有一定的损坏,经一般修理或不需修理仍可继续使用;当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时,建筑物不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

以上三水准可概括为:小震不坏,中震可修,大震不倒。

2. 两阶段设计

现行规范采用两阶段设计,以实现上述三水准的抗震设防目标。

第一阶段设计:按第一水准(小震)地震动参数计算结构地震作用效应与其他荷载效应的基本组合,进行结构构件的截面抗震承载力验算;对于钢和钢筋混凝土等柔性结构尚应进行弹性变形验算;同时采取相应的抗震措施,这样,既可满足第一水准的“不坏”设防要求,又可满足第二水准的“损坏可修”设防要求。

第二阶段设计:对于特殊的柔性结构除进行第一阶段设计外,尚应按第三水准(大震)地震动参数计算结构(尤其薄弱层)在大震作用下的弹塑性变形,使之满足规范要求,并应采取相应的提高变形能力的抗震措施,以满足第三水准的防倒塌要求。