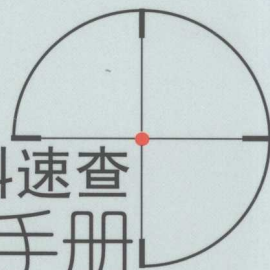


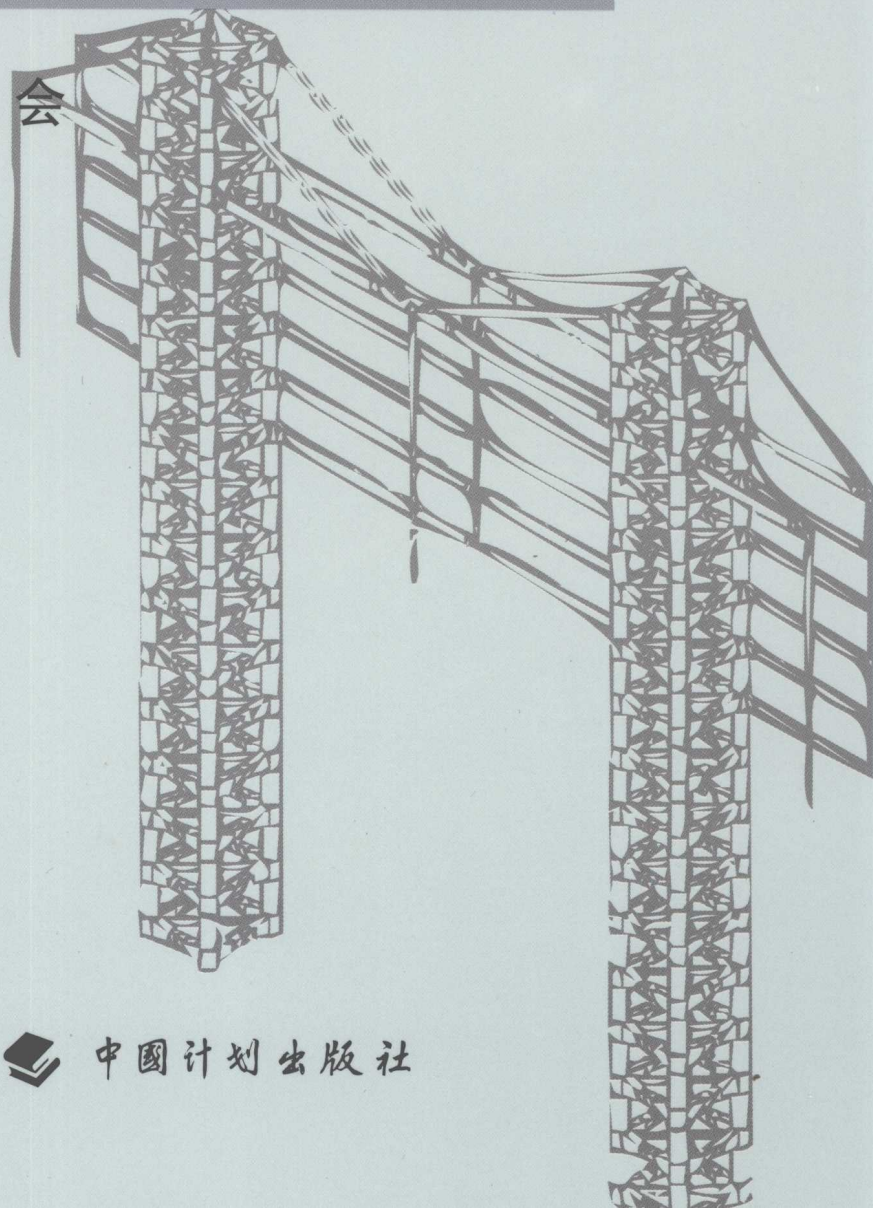
建筑标准·规范·资料速查
系列手册



建筑抗震

JIANZHU KANGZHEN

◆ 本手册编委会



中国计划出版社

建筑标准·规范·资料速查系列手册

建筑抗震

本手册编委会

韩与勤 主 编



中国计划出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑抗震 / 《建筑抗震》编委会编著. —北京: 中国计划出版社, 2007. 6

(建筑标准·规范·资料速查系列手册)

ISBN 978-7-80177-923-6

I. 建… II. 建… III. 建筑结构—抗震设计—技术手册
IV. TU352.104-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 076755 号

建筑标准·规范·资料速查系列手册

建筑抗震

本手册编委会

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

880×1230 毫米 1/16 33.25 印张 1193 千字

2007 年 6 月第一版 2007 年 6 月第一次印刷

印数 1—3000 册

☆

ISBN 978-7-80177-923-6

定价: 68.00 元

前 言

本书基于近年来的工程设计经验和研究成果,根据现行的《地震震级的规定》(GB 17740—1999)、《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999)、《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2004)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—1995)、《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)、《工业构筑物抗震鉴定标准》(GB 117—88)、《叠层橡胶支座隔震技术规程》(CECS 126:2001)、《建筑隔震橡胶支座》(JG 118—2000)、《构筑物抗震设计规范》(GB 50191—1993)、《建筑抗震试验方法规程》(JGJ 101—1996)、《建筑幕墙抗震性能振动台试验方法》(GB/T 18575—2001)、《建筑工程抗震性态设计通则》(CECS 160:2004)等国家规范和技术规程编写。目的是为广大设计人员的设计工作、土建施工人员的现场施工管理工作以及科研教学人员的教学研究工作的,提供一本实用的标准、规范和常用资料的速查工具书。

本书的特点,是将各类有关结构抗震的标准规范整理并归类,读者可以快速查阅到关于建筑物和构筑物结构抗震设计的标准和规范。对于某些限于篇幅而没有介绍具体内容的规范,作者详细介绍了规范名称和标准号,并将《工程建设标准强制性条文》中关于结构抗震设计的内容在正文中用黑体字标示,以方便读者阅读。同时,本书还对标准规范中一些较难理解的条文规定,做了图表说明,为读者更好地理解标准规范的内容提供了便利。本书所采用的标准、规范、规程等为2006年6月以前颁布。

全书共17章:第1章 建筑抗震基本要求;第2章 建筑场地、地基和基础;第3章 地震作用和结构抗震验算;第4章 单层砌体房屋;第5章 多层砌体房屋;第6章 底层框架—抗震墙和多层内框架房屋;第7章 多层和高层钢筋混凝土房屋;第8章 多层和高层钢结构房屋;第9章 厂房;第10章 空旷房屋;第11章 土、木、石结构房屋及非结构构件;第12章 建筑隔震与消能减震;第13章 叠层橡胶支座隔震设计;第14章 建筑抗震鉴定与加固;第15章 工业构筑物抗震鉴定;第16章 构筑物抗震设计和第17章 建筑抗震试验方法。

本书有着标准规范齐备、资料翔实和图文并茂的特点,是结构设计、施工和科研人员的必备案头工具书,同时也可供各类高等院校土木工程专业师生参考。

本书在编写过程中得到了许多颇有声望的专家的热心帮助和悉心指导,在此我们向他们表示由衷地感谢。同时也向温振宁、韩海鸥、徐哲文、杜海燕、徐益华以及本书的其他参编人员表示感谢。

由于本书涉及范围较广,且作者本身学识和经验有限,加之时间仓促,书中错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

第1章 建筑抗震基本要求

1.1 地震基本情况概述	1
1.1.1 地震的常用术语	1
1.1.2 地震分类	2
1.1.3 地震震级和烈度	2
1.1.4 地震震级测定方法	4
1.1.5 中国地震烈度表	4
1.1.6 我国地震区、带划分表	6
1.2 建筑抗震设防分类和设防标准	8
1.2.1 建筑抗震设防分类考虑因素和划分要求	8
1.2.2 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准要求	8
1.2.3 部分行业的建筑重要性类别划分	9
1.2.4 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	11
1.3 抗震设计方法要求	22
1.3.1 建筑抗震设防原则和目标	22
1.3.2 建筑抗震设防依据	22
1.3.3 建筑抗震设防的三水准设防目标和二阶段设计方法	23
1.4 抗震概念设计	24
1.4.1 建筑设计和建筑结构的规则性	25
1.4.2 抗震结构体系要求	27
1.4.3 建筑抗震设计要求	27
1.4.4 抗震结构的材料及施工质量要求	29

第2章 建筑场地、地基和基础

2.1 建筑场地	30
2.1.1 场地地段划分和选择原则	30
2.1.2 建筑场地类别的划分	31
2.2 天然地基和基础	33
2.2.1 地基基础的抗震设计要求	33
2.2.2 天然地基和基础的抗震承载力验算	33
2.3 液化地基	34
2.3.1 液化土的判别和处理要求	34
2.3.2 影响土液化的因素以及地基液化的震害影响	35
2.3.3 液化地基判别方法和地基处理原则	36
2.3.4 液化地基的抗液化措施	38

2.3.5 常用液化地基加固方法	41
2.4 软土地基	42
2.4.1 不考虑软土震陷的条件	42
2.4.2 软土地基的抗震措施	43
2.5 桩基抗震承载力验算	44

第3章 地震作用和结构抗震验算

3.1 一般规定	47
3.1.1 地震作用原则和计算方法	47
3.1.2 重力荷载的依据	48
3.1.3 地震影响系数和地震影响系数曲线的确定	49
3.1.4 结构抗震验算的基本规定	50
3.2 水平地震作用计算	51
3.2.1 水平地震作用计算过程	51
3.2.2 底部剪力法计算水平地震作用	51
3.2.3 平动的振型分解计算水平地震作用	52
3.2.4 扭转耦联振型分解反应谱法计算水平地震作用	53
3.2.5 水平地震作用计算其他规定	54
3.3 竖向地震作用计算	56
3.3.1 竖向地震作用计算方法	56
3.3.2 高层建筑的竖向地震作用计算	56
3.4 截面抗震验算	57
3.5 截面强度验算	58
3.6 结构抗震变形验算	59
3.6.1 结构抗震弹塑性变形验算过程	60
3.6.2 弹性变形验算	60
3.6.3 弹塑性变形验算判定	60
3.6.4 结构薄弱层弹塑性变形计算方法	61
3.6.5 弹塑性层间位移简化计算	62
3.6.6 弹塑性层间位移控制标准	62

第4章 单层砌体房屋

4.1 砖墙平房的抗震构造	64
4.1.1 6度设防	64
4.1.2 7度设防	65
4.1.3 8度设防	67
4.1.4 9度设防	70
4.2 砖夹心墙单层房屋抗震构造	72

4.2.1 砖夹心墙的构成	72
4.2.2 圈梁的设置和构造要求	72
4.2.3 构造柱的设置和构造要求	73
4.3 砌块墙单层房屋抗震构造	74
4.3.1 砌筑方法要求	74
4.3.2 圈梁设置和构造要求	75
4.3.3 芯柱设置和构造要求	76
4.4 砌块夹心墙平房抗震构造	77
4.4.1 砌筑方法要求	77
4.4.2 砌块夹心墙的构成	78
4.4.3 圈梁和芯柱的设置和构造要求	78

第 5 章 多层砌体房屋

5.1 概述	81
5.2 抗震设计一般规定	82
5.2.1 多层砌体房屋的层数和总高度限值	82
5.2.2 多层砌体房屋最大高宽比	83
5.2.3 多层砌体房屋抗震墙最大间距	83
5.2.4 多层砌体房屋的局部尺寸限值	83
5.2.5 多层砌体房屋结构体系设置要求	84
5.3 多层砌体房屋的抗震计算	84
5.3.1 多层砌体房屋抗震设计计算	84
5.3.2 多层砌体房屋截面抗震强度验算	90
5.4 多层黏土砖房的抗震构造措施	91
5.4.1 构造柱的设置和构造要求	91
5.4.2 圈梁的设置和构造要求	93
5.4.3 楼、屋盖设置要求	94
5.4.4 楼梯间构造要求	95
5.4.5 其他构造要求	96
5.5 多层砌块房屋抗震构造措施	98
5.5.1 小砌块房屋芯柱设置要求	98
5.5.2 小砌块房屋芯柱构造要求	98
5.5.3 小砌块房屋替代芯柱的构造柱要求	99
5.5.4 小砌块房屋现浇钢筋混凝土圈梁设置要求	99
5.5.5 小砌块房屋其他构造要求	100
5.6 多层砌体房屋构造柱抗震节点详图	100
5.6.1 构造柱和基础的连接	100
5.6.2 构造柱和墙连接处的拉结筋	102
5.6.3 构造柱和梁的连接	109
5.6.4 构造柱与其他构件的连接	114

第 6 章 底层框架—抗震墙和多层内框架房屋

6.1 底层框架—抗震墙和多层内框架房屋抗震设计一般规定	116
6.2 结构布置	117
6.2.1 底层框架—抗震墙房屋结构布置要求	117

6.2.2 底层框架—抗震墙房屋底层的结构布置要求	117
6.3 多层多排柱内框架房屋的结构布置	119
6.4 底层框架—抗震墙房屋抗震计算	119
6.4.1 水平地震剪力计算	119
6.4.2 地震作用效应计算	121
6.4.3 构件的侧移刚度计算	122
6.4.4 地震剪力的分配	124
6.4.5 构件截面验算	124
6.5 多层内框架房屋抗震计算	125
6.6 底层框架—抗震墙房屋抗震构造措施	126
6.6.1 构造柱设置	126
6.6.2 楼盖与托墙梁	127
6.6.3 底部钢筋混凝土抗震墙	128
6.6.4 普通砖抗震墙构造要求	129
6.7 多层内框架房屋的抗震构造措施	129
6.7.1 构造柱的设置	129
6.7.2 楼(屋)盖与内框架梁	131
6.7.3 圈梁的设置	132
6.7.4 组合砖柱的构造要求	132

第 7 章 多层和高层钢筋混凝土房屋

7.1 概述	135
7.1.1 结构类型	135
7.1.2 地震震害	136
7.2 抗震设计一般规定	137
7.2.1 结构的最大适用高度和高宽比	137
7.2.2 抗震等级的确定	139
7.2.3 结构平面布置要求	142
7.2.4 结构竖向布置要求	143
7.2.5 高层建筑结构水平位移	144
7.2.6 防震缝和抗撞墙的设置要求	145
7.2.7 楼、屋盖设置要求	145
7.2.8 钢筋的抗震锚固和抗震搭接	147
7.3 高层建筑结构计算分析	148
7.3.1 一般规定	148
7.3.2 计算参数	149
7.3.3 计算简图的处理	150
7.3.4 重力二阶效应及结构稳定	151
7.3.5 薄弱层弹性变形计算	152
7.3.6 荷载效应和地震作用效应的组合	153
7.4 框架结构	155
7.4.1 一般规定	155
7.4.2 截面设计	156
7.4.3 框架梁的构造要求	160
7.4.4 框架柱的构造要求	162

7.5 抗震墙结构	168
7.5.1 一般规定	168
7.5.2 截面设计	169
7.5.3 截面构造	172
7.6 框架—抗震墙结构	176
7.6.1 一般规定	176
7.6.2 截面设计及构造	178
7.7 板柱—抗震墙结构	178
7.7.1 一般规定	178
7.7.2 截面设计与构造	179
7.8 框支—抗震墙结构	181
7.8.1 抗震设计一般原则	181
7.8.2 抗震构造要求	182
7.9 筒体结构	185
7.9.1 一般规定	185
7.9.2 框架—核心筒结构抗震设计	186
7.9.3 筒中筒结构抗震设计	187
7.10 复杂高层建筑结构抗震设计	188
7.10.1 一般规定	188
7.10.2 带转换层高层建筑结构抗震设计	188
7.10.3 带加强层高层建筑结构抗震设计	192
7.10.4 错层结构抗震设计	193
7.10.5 连体结构抗震设计	194
7.10.6 多塔楼结构抗震设计	194
7.11 混合结构抗震设计	195
7.11.1 一般规定	195
7.11.2 结构布置和结构设计	196
7.11.3 型钢混凝土构件的构造要求	198
7.12 多、高层钢筋混凝土抗震设计详图	199
7.12.1 现浇框架结构抗震构造详图	199
7.12.2 剪力墙结构抗震构造详图	209
第 8 章 多层和高层钢结构房屋	
8.1 抗震设计一般规定	216
8.1.1 钢结构房屋适用的最大高度	216
8.1.2 钢结构民用房屋适用的最大高宽比	216
8.1.3 钢结构抗震依据和防震缝设置	216
8.1.4 钢结构民用房屋结构选型规定	217
8.2 多层和高层钢结构的结构体系	218
8.3 钢结构抗震设计计算要求	221
8.3.1 钢结构抗震计算参数要求	221
8.3.2 钢结构在地震作用下的内力和变形分析	221
8.4 多层和高层钢结构房屋抗震验算	222
8.4.1 钢框架构件和节点抗震承载力验算	222
8.4.2 中心支撑框架构件的抗震承载力验算	222
8.4.3 偏心支撑框架构件的抗震承载力验算	223

8.4.4 钢结构构件连接极限承载力验算	223
8.5 钢框架结构房屋构造措施	225
8.6 钢框架—中心支撑结构抗震构造措施	228
8.7 钢框架—偏心支撑结构抗震构造措施	229

第 9 章 厂房

9.1 单层钢筋混凝土柱厂房	232
9.1.1 主要震害及表现形式	232
9.1.2 抗震设计一般规定	233
9.1.3 抗震计算要求	235
9.1.4 厂房的屋盖抗震构造措施	239
9.1.5 厂房柱的抗震构造措施	246
9.1.6 厂房维护墙系统的抗震构造措施	249
9.2 单层钢结构厂房	253
9.2.1 抗震设计一般规定	253
9.2.2 抗震计算要求	254
9.2.3 抗震构造措施	255
9.3 多层钢结构厂房	257
9.3.1 抗震设计要求	257
9.3.2 抗震计算要求	258
9.3.3 抗震措施要求	258
9.4 单层砖柱厂房	258
9.4.1 抗震设计一般规定	258
9.4.2 抗震计算要求	259
9.4.3 抗震构造要求	261

第 10 章 空旷房屋

10.1 概述	267
10.2 单层空旷房屋抗震设计一般规定和计算要点	268
10.2.1 一般规定	268
10.2.2 计算要点	268
10.2.3 单层空旷房屋抗震构造措施	269
10.3 砖结构单层空旷房屋	270
10.3.1 单层砖结构空旷房屋抗震设计一般规定	270
10.3.2 砖结构空旷房屋的抗震构造措施	272
10.4 钢筋混凝土结构单层空旷房屋	274
10.4.1 钢筋混凝土结构单层空旷房屋抗震一般规定	274
10.4.2 钢筋混凝土结构单层空旷房屋抗震构造措施	276

第 11 章 土、木、石结构房屋及非结构构件

11.1 村镇生土房屋的抗震要求	277
11.2 木结构房屋的抗震要求	278
11.3 石结构房屋的抗震要求	279

11.3.1 一般规定	279
11.3.2 房屋的总高度和层数	279
11.3.3 房屋的抗震墙间距	280
11.4 非结构构件	280
11.4.1 非结构构件的分类	280
11.4.2 非结构构件的抗震设防分类	280
11.4.3 非结构构件的抗震设防和验算要求	280
11.4.4 非结构构件的抗震设计计算要求	281
11.4.5 建筑非结构构件的功能级别和类别系数	283
11.4.6 建筑设备的功能级别和类别系数	283
11.4.7 建筑非结构构件的基本抗震措施	284
11.4.8 建筑附属机电设备支架的基本抗震措施	285

第 12 章 建筑隔震与消能减震

12.1 隔震和消能减震设计一般规定	287
12.1.1 隔震和消能减震设计原则和应用	287
12.1.2 隔震和消能设计的内容和要求	288
12.2 隔震和消能减震概述	288
12.2.1 结构隔震概述	288
12.2.2 结构隔震分类	289
12.2.3 结构消能减震技术概述	290
12.2.4 消能减震装置分类	290
12.3 房屋隔震设计要点	291
12.3.1 隔震设计基本要求	291
12.3.2 隔震体系的计算模型	292
12.3.3 隔震层设计计算的基本要求	292
12.3.4 隔震层的结构构造	294
12.3.5 隔震设计简化计算	295
12.3.6 砌体结构的隔震构造	297
12.4 房屋消能减震设计要点	298
12.4.1 消能减震设计基本要求	298
12.4.2 消能减震设计计算的基本要求	299
12.4.3 消能减震结构构造	301
12.5 隔震结构构造详图	301
12.5.1 框架结构隔震构造	301
12.5.2 砌体结构隔震详图	305
12.5.3 卷帘门隔震处理节点	308
12.5.4 室内楼梯隔震详图	309
12.5.5 隔震沟和防震缝节点详图	312

第 13 章 叠层橡胶支座隔震设计

13.1 隔震结构设计一般规定	315
13.1.1 隔震结构设计目标和依据	315
13.1.2 隔震结构设计要求	315
13.2 房屋结构隔震设计	316
13.2.1 房屋结构隔震设计一般规定	316
13.2.2 地震作用和地震反应计算	318

13.2.3 隔震层设计和构造	321
13.2.4 上部结构设计	323
13.2.5 下部结构和地基基础设计	325
13.3 隔震层部件的技术性能和构造要求	326
13.3.1 技术性能和试验要求	326
13.3.2 构造要求	327
13.4 隔震结构的施工和维护	327
13.5 建筑隔震橡胶支座	328
13.5.1 隔震橡胶支座的分类和型号	328
13.5.2 隔震橡胶支座的结构要求	328
13.5.3 隔震橡胶主要材料质量要求	329
13.5.4 外观要求	329
13.5.5 尺寸允许偏差	329
13.5.6 性能要求	330

第 14 章 建筑抗震鉴定与加固

14.1 建筑抗震鉴定基本规定	332
14.1.1 抗震验算和构造鉴定要求	332
14.1.2 抗震鉴定的内容	332
14.1.3 抗震的鉴定方法和验算范围	333
14.2 建筑抗震加固基本规定	334
14.3 场地、地基和基础	335
14.3.1 场地抗震鉴定	335
14.3.2 地基和基础抗震鉴定	336
14.3.3 地基和基础抗震加固	337
14.4 多层砌体房屋	338
14.4.1 多层砌体房屋抗震鉴定内容	338
14.4.2 多层砌体房屋抗震鉴定的最大高度和层数	339
14.4.3 第一级鉴定	339
14.4.4 第二级鉴定	343
14.4.5 多层房屋抗震加固要求	344
14.4.6 加固方法	345
14.4.7 加固设计及施工	346
14.5 多层钢筋混凝土房屋	352
14.5.1 多层钢筋混凝土房屋抗震鉴定内容	352
14.5.2 第一级鉴定	353
14.5.3 第二级鉴定	354
14.5.4 多层钢筋混凝土房屋抗震加固要求	355
14.5.5 加固方法	356
14.5.6 加固设计及施工要求	356
14.6 内框架和底层框架砖房	359
14.6.1 内框架和底层框架砖房抗震鉴定内容	359
14.6.2 内框架和底层框架砖房抗震鉴定的最大高度和层数	360

14.6.3 第一级鉴定	360
14.6.4 第二级鉴定	362
14.6.5 抗震加固要求	362
14.6.6 加固方法	362
14.6.7 加固设计及施工	363
14.7 单层钢筋混凝土柱厂房	364
14.7.1 抗震鉴定内容和要求	364
14.7.2 结构布置要求	365
14.7.3 厂房构件构造鉴定	365
14.7.4 抗震加固要求	368
14.7.5 加固方法	368
14.7.6 加固设计及施工	369
14.8 单层砖柱厂房和空旷房屋	372
14.8.1 单层砖柱厂房和空旷房屋抗震鉴定 内容和要求	373
14.8.2 单层砖柱厂房和空旷房屋结构布置和 构造要求	373
14.8.3 单层砖柱厂房和空旷房屋抗震加固要求	375
14.8.4 单层砖柱厂房和空旷房屋加固方法	375
14.8.5 单层砖柱厂房和空旷房屋加固设计 及施工要求	376
14.9 木结构房屋	378
14.9.1 木结构房屋抗震鉴定内容和要求	378
14.9.2 木结构房屋结构布置和构造要求	378
14.9.3 木结构房屋抗震加固要求	381
14.10 土石墙房屋	382
14.10.1 土石墙房屋抗震鉴定内容和要求	382
14.10.2 土石墙房屋结构布置和构造要求	382
14.10.3 土石墙房屋抗震加固要求	383
14.11 烟囱	383
14.11.1 烟囱抗震鉴定内容和要求	383
14.11.2 烟囱抗震加固要求	384
14.12 水塔	386
14.12.1 水塔抗震鉴定内容和要求	386
14.12.2 水塔抗震加固要求	387
14.13 建筑抗震鉴定计算	388
14.13.1 砖房抗震墙基准面积率	388
14.13.2 钢筋混凝土结构楼层受剪承载力	390

第 15 章 工业构筑物抗震鉴定

15.1 工业构筑物抗震鉴定和加固基本规定	392
15.1.1 抗震鉴定和加固一般要求	392
15.1.2 抗震鉴定和加固等级划分	392
15.1.3 抗震鉴定和加固的结构现状要求	393
15.1.4 构筑物结构抗震强度验算	393
15.1.5 构筑物抗震加固方案确定条件	394

15.2 场地、地基和基础	395
15.2.1 场地	395
15.2.2 非液化土地基础和基础	395
15.2.3 可液化土地基础	397
15.2.4 桩基	400
15.2.5 挡土墙和边坡	401
15.3 贮仓	403
15.3.1 钢筋混凝土贮仓抗震鉴定内容和要求	403
15.3.2 钢筋混凝土贮仓结构抗震验算要求	403
15.3.3 钢筋混凝土贮仓抗震构造措施	408
15.3.4 钢贮仓抗震鉴定	412
15.4 槽罐结构	412
15.4.1 钢贮液槽的钢筋混凝土支承筒	412
15.4.2 贮气柜的钢筋混凝土水槽	414
15.4.3 钢筋混凝土油罐	414
15.5 皮带通廊	415
15.5.1 皮带通廊抗震鉴定内容和要求	415
15.5.2 皮带通廊抗震强度验算	415
15.5.3 皮带通廊抗震构造措施	418
15.6 塔类结构	420
15.6.1 井架抗震鉴定内容和要求	420
15.6.2 钢筋混凝土井塔抗震鉴定内容和要求	422
15.6.3 钢筋混凝土造粒塔	423
15.6.4 塔形设备基础的抗震鉴定内容和要求	424
15.6.5 双曲线冷却塔抗震鉴定内容和要求	425
15.6.6 机力通风冷却塔抗震鉴定内容和要求	425
15.7 炉窑结构	425
15.7.1 高炉系统构筑物	425
15.7.2 焦炉、回转窑和竖窑基础	427
15.8 变电构架和支架	427
15.9 操作平台	428
15.10 局部配筋混凝土地坪的抗震设计	429
15.11 钢筋混凝土结构抗震加固方案	431
15.12 钢结构抗震加固方案	432
15.12.1 杆系钢结构	432
15.12.2 锚栓的抗震处理措施	433
15.13 塔形设备基础的地基抗震验算 范围判断曲线	433

第 16 章 构筑物抗震设计

16.1 构筑物抗震设计一般规定	435
16.2 构筑物抗震设计要求	435
16.2.1 场地影响和地基、基础抗震设计	435
16.2.2 抗震结构体系和结构构件要求	436
16.2.3 场地	437
16.2.4 天然地基基础	439

16.2.5 液化土地基	439
16.2.6 软土地基震陷	441
16.2.7 桩基础	442
16.2.8 地震作用和结构抗震验算	443
16.3 框排架结构	448
16.3.1 框排架结构框架跨的抗震等级	448
16.3.2 框排架结构要求	448
16.3.3 框排架结构抗震计算	449
16.3.4 框排架结构构造措施	455
16.4 悬吊式锅炉构架	462
16.4.1 悬吊式锅炉构架抗震设计一般规定	462
16.4.2 悬吊式钢锅炉构架抗震计算	462
16.4.3 悬吊式钢锅炉构架抗震构造措施	463
16.5 贮仓	464
16.5.1 贮仓抗震设计一般规定	464
16.5.2 贮仓抗震计算	464
16.5.3 柱承式方仓有横梁支承结构的侧移刚度	465
16.5.4 贮仓抗震构造措施	466
16.6 井塔	468
16.6.1 井塔抗震设计一般规定	468
16.6.2 井塔抗震计算	469
16.6.3 井塔抗震构造措施	469
16.7 钢筋混凝土井架	470
16.7.1 钢筋混凝土井架抗震设计一般规定	470
16.7.2 钢筋混凝土抗震设计计算	470
16.7.3 钢筋混凝土抗震构造措施	471
16.8 斜撑式钢井架	472
16.8.1 斜撑式钢井架抗震设计一般规定	472
16.8.2 斜撑式钢井架抗震计算	472
16.8.3 斜撑式钢井架抗震构造措施	473
16.9 双曲线冷却塔	473
16.9.1 塔筒的抗震设计	473
16.9.2 淋水装置的抗震设计	475
16.10 电视塔	475
16.10.1 电视塔抗震设计要求	475
16.10.2 电视塔抗震设计计算一般规定	475
16.10.3 电视塔的抗震构造措施	477
16.11 石油化工塔形设备基础	478
16.11.1 石油化工塔形设备基础抗震设计 一般规定	478
16.11.2 石油化工塔形设备基础抗震设计 计算要求	478
16.11.3 石油化工塔形设备基础抗震构造措施	479
16.12 焦炉基础	479
16.12.1 焦炉基础抗震计算	479
16.12.2 焦炉炉体单位水平力作用下的位移	480

16.12.3 焦炉基础抗震构造措施	482
16.13 运输机通廊	482
16.13.1 运输机通廊抗震设计一般规定	482
16.13.2 运输机通廊抗震设计计算要求	483
16.13.3 运输机通廊抗震构造措施	485
16.14 管道支架	486
16.14.1 管道支架抗震设计一般规定	486
16.14.2 管道支架抗震设计计算要求	487
16.14.3 框架式固定支架的刚度	488
16.14.4 管道支架抗震构造措施	489
16.15 浓缩池	489
16.15.1 浓缩池抗震设计一般规定	489
16.15.2 浓缩池抗震设计计算要求	489
16.15.3 浓缩池抗震构造措施	490
16.16 储罐	491
16.16.1 常压立式圆筒形储罐	491
16.16.2 球形储罐	492
16.16.3 卧式圆筒形储罐	493
16.17 高炉系统结构	493
16.17.1 高炉系统结构抗震设计一般规定	494
16.17.2 高炉	494
16.17.3 热风炉	495
16.17.4 除尘器和洗涤塔	496
16.17.5 斜桥	497
16.18 尾矿坝	497
16.18.1 尾矿坝抗震等级	497
16.18.2 尾矿坝抗震设计一般规定	498
16.18.3 尾矿坝抗震设计计算规定	498
16.18.4 尾矿坝构造和工程措施	501

第 17 章 建筑抗震试验方法

17.1 建筑抗震试验一般规定	502
17.2 试体的设计	502
17.2.1 一般规定	502
17.2.2 拟静力和拟动力试验试体的尺寸要求	502
17.2.3 模拟地震振动台试验试体的设计要求	502
17.3 试体的材料与制作要求	503
17.4 拟静力试验	504
17.4.1 试验装置及加载设备	504
17.4.2 量测仪表的选择	506
17.4.3 加载方法	506
17.4.4 试验数据处理	507
17.5 拟动力试验	508
17.5.1 试验系统及加载设备	508
17.5.2 数据采集仪器仪表和数据处理计算机	508
17.5.3 试验装置	508

17.5.4 试验实施和控制方法510

17.5.5 拟动力试验数值计算方法510

17.5.6 试验数据处理 511

17.6 模型试体设计的相似条件512

17.6.1 结构拟静力与拟动力试验模型512

17.6.2 结构动力试验模型513

17.7 模拟地震振动台动力试验514

17.7.1 试验设备514

17.7.2 试体安装514

17.7.3 测试仪器514

17.7.4 加载方法514

17.7.5 试验的观测和动态反应量测 515

17.7.6 试验数据处理和分析 515

17.8 建筑幕墙抗震性能振动台试验方法 ... 516

17.9 原型结构动力试验 517

17.9.1 试验准备和试验方法 517

17.9.2 试验设备和测试仪器 517

17.9.3 试验要求 517

17.9.4 试验数据处理 518

17.10 建筑抗震试验中的安全措施 519

参考文献 520

第 1 章

建筑抗震基本要求

1.1 地震基本情况概述

1.1.1 地震的常用术语

地震是地球表层的快速振动，在古代又称为地动。它就像刮风、下雨、闪电、山崩和火山爆发一样，是地球上经常发生的一种自然现象。地震发源于地下某一点，该点称为震源。振动从震源传出，在地壳中传播。地面上离震源最近的一点称为震中，它是接受振动最早的部位。大地振动是地震最直观、最普遍的表现。在海底或滨海地区发生的强烈地震，能引起巨大的波浪，称为海啸。地震是极其频繁的，全球每年发生地震约 500 万次。

地震的常用术语见表 1.1 和图 1.1。

表 1.1 地震的常用术语

序号	术语	说 明
1	震源	地震波发源的地方，称为震源
2	震中	震源在地面上的垂直投影，称为震中
3	震源深度	震中到震源的垂直距离,称为震源深度
4	震中距	地震震中至某一指定点的地面距离称为震中距
5	震源距	地震震源至某一指定地点的直线距离称为震源距
6	极震区	在震中附近，振动最剧烈、破坏最严重的地区称为极震区
7	等震线	一次地震中，在其所波及的地区内，用烈度表可以对每一个地点评估出一个烈度，烈度相同点的包络外圈称为等震线

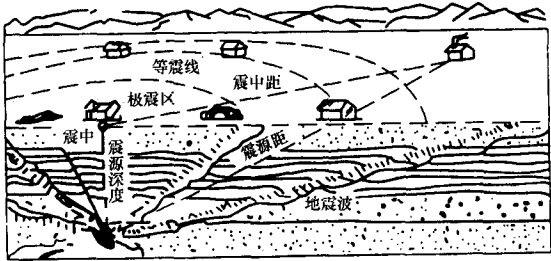


图 1.1 地震常用术语示意图

1.1.2 地震分类

地震分类见表 1.2。

表 1.2 地震分类

序号	分类依据	说 明
1	地震成因	(1) 构造地震。由于地下深处岩层错动、破裂所造成的地震称为构造地震。这类地震发生的次数最多，破坏力也最大，约占全世界地震的 90% 以上。 (2) 火山地震。由于火山作用，如岩浆活动、气体爆炸等引起的地震称为火山地震。只有在火山活动区才可能发生火山地震，这类地震只占全世界地震的 7% 左右。 (3) 陷落地震。由于地下岩洞或矿井顶部塌陷而引起的地震称为塌陷地震。这类地震的规模比较小，次数也很少，即使有，也往往发生在溶洞密布的石灰岩地区或大规模地下开采的矿区。 (4) 诱发地震。由于水库蓄水、油田注水等活动而引发的地震称为诱发地震。这类地震仅仅在某些特定的水库库区或油田地区发生。 (5) 人工地震。地下核爆炸、炸药爆破等人为引起的地面振动称为人工地震。人工地震是由人为活动引起的地震。如工业爆破、地下核爆炸造成的振动；在深井中进行高压注水以及大水库蓄水后增加了地壳的压力，有时也会诱发地震
2	震源深度	(1) 浅源地震震源深度小于 70km。 (2) 中源地震震源深度介于 70~300km。 (3) 深源地震震源深度大于 300km。 破坏性地震一般是浅源地震。如 1976 年的唐山地震的震源深度为 12km
3	震级	(1) 地震本身的大小，用震级 (M) 表示，根据地震时释放的弹性波能量大小来确定震级，我国一般采用里氏震级。 (2) 通常把小于 2.5 级的地震称为小地震，2.5~4.7 级地震称为有感地震，大于 4.7 级地震称为破坏性地震。震级每相差 1 级，地震释放的能量相差约 30 倍。比如说，一个 7 级地震相当于 30 个 6 级地震，或相当于 900 个 5 级地震，震级相差 0.1 级，释放的能量平均相差 1.4 倍
4	其他	(1) 震中距小于 100km 的地震称为地方震，在 100~1000km 之间的地震称为近震，大于 1000km 的地震称为远震，其中，震中距越远的地方受到的影响和破坏越小。 (2) 当某地发生一个较大的地震时，在一段时间内，往往会发生一系列的地震，其中最大的一次地震叫做主震，主震之前发生的地震称为前震，主震之后发生的地震称为余震

1.1.3 地震震级和烈度

1.1.3.1 地震震级和烈度

地震震级和烈度见表 1.3。

表 1.3 地震震级和烈度

序号	名称	说 明
1	震级	地震震级是地震本身强度大小的等级，它是衡量地震震源释放出总能量大小的一种量度。震级 (M) 和地震波能量 (E) 关系可近似按式 (1.1) 计算，见表 1.4。 $\lg E = 11.8 + 1.5M \quad (1.1)$

续表

序号	名称	说 明
2	地震烈度	(1) 地震烈度是指地震对某一地区的地表和各类建筑物影响的强弱程度。对应于某次地震, 受到影响的区域内, 按地震烈度表可以对每一地点评定出一个烈度, 具有相同烈度的地点的包络外圈称为等震线。 (2) 震级、烈度以及震中距的关系可按式 (1.2) 表示: $I = 0.92 + 1.63M - 3.49 \lg R \quad (1.2)$ (3) 震中烈度指震中的烈度, 震级与震中烈度的关系可按式 (1.3) 表示, 必要时可参考地震影响面积大小作适当调整, 表 1.5 给出了震源深度为 10~30km 时, 震级 M 和震中烈度 I_0 的大致对应关系: $M = 0.58I_0 + 1.5 \quad (1.3)$ 式中 M——地震震级; E——地震波释放出的能量 (尔格); I_0——震中烈度; I——地震烈度; R——震中距
3	基本烈度	(1) 我国 1990 年地震烈度区划图标明的基本烈度为 50 年期限内, 一般场地条件下, 可能遭遇超越概率为 10% 的地震烈度。 (2) 与地震烈度相应的为《中国地震动参数区划图》GB 18306—2001 提出的与地震动峰值加速度分区对应的烈度值
4	抗震设防烈度	(1) 抗震设防烈度是按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度, 一般情况下取基本烈度。 (2) 抗震设防烈度还须根据建筑物所在城市的大小, 建筑物的类别、高度以及当地的抗震设防小区规划进行确定

1.1.3.2 震级和地震能量的关系

震级和地震能量的关系见表 1.4。

表 1.4 地震震级和地震能量的关系

震级	能量 (尔格)	震级	能量 (尔格)
1	2.00×10^{13}	6	6.31×10^{20}
2	6.31×10^{14}	7	2.00×10^{22}
3	2.00×10^{16}	8	6.31×10^{23}
4	6.31×10^{17}	8.5	3.55×10^{24}
5	2.00×10^{19}	8.9	1.40×10^{25}

1.1.3.3 震级与震中烈度的关系

震级 M 与震中烈度 I_0 的关系见表 1.5。表 1.5 震级 M 与震中烈度 I_0 的关系

震级 M	2	3	4	5	6	7	8	8 以上
震中烈度 I_0	1~2	3	4~5	6~7	7~8	9~10	11	12

1.1.4 地震震级测定方法

地震震级测定方法见表 1.6。（引自《地震震级的规定》GB 17740—1999）

表 1.6 地震震级测定方法

序号	项目	内 容
1	测定方法	(1) 地震震级 (M)，用地震面波质点运动最大值 $(A/T)_{\max}$ 测定。 (2) 不应使用与表 1.7 中给出的值相差很大的周期来测定地震震级 (M)。 (3) 地震震级 (M) 应根据多台的平均值确定
2	计算公式	(1) 地震震级计算公式为： $M = \lg(A/T)_{\max} + \sigma(\Delta) \quad (1.4)$ (2) 测量最大地动位移的两水平分量时，要取同一时刻或周期相差在 1/8 之内的振动。若两分量周期不一致时，则取加权和： $T = (T_N A_N + T_E A_E) / (A_N + A_E) \quad (1.5)$ (3) 量规函数 $\sigma(\Delta)$ 为： $\sigma(\Delta) = 1.66 \lg \Delta + 3.5 \quad (1.6)$
3	公式说明	A ——地震面波最大地动位移，取两水平分向地动位移的矢量和 (μm)； T ——相应周期 (s)，见表 1.7； Δ ——震中距 ($^\circ$)； A_N ——南北分量地动位移 (μm)； A_E ——东西分量地动位移 (μm)； T_N —— A_N 的相应周期 (s)； T_E —— A_E 的相应周期 (s)

表 1.7 不同震中距 (Δ) 选用地震面波周期 (T) 值

$\Delta/^\circ$	T/s	$\Delta/^\circ$	T/s	$\Delta/^\circ$	T/s
2	3~6	20	9~14	70	14~22
4	4~7	25	9~16	80	16~22
6	5~8	30	10~16	90	16~22
8	6~9	40	12~18	100	16~25
10	7~10	50	12~20	110	17~25
15	8~12	60	14~20	130	18~25

1.1.5 中国地震烈度表

我国将地震烈度分为 12 度。划分烈度有定性和定量标准。在中国地震烈度表上（见表 1.8），对人的感觉、一般房屋震害程度和其他现象作了描述，可以作为确定烈度的基本依据。（引自《中国地震烈度表》GB/T 17742—1999）

表 1.8 中国地震烈度表 (1999)

烈度	在地面上人的感觉	房屋震害程度		其他震害现象	水平向地面运动	
		震害现象	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	室内普遍、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, 抹灰出现微细裂缝, 有檐瓦掉落, 个别屋顶烟囱掉砖	—	不稳定器物摇动或翻倒	0.31 (0.22~0.44)	0.03 (0.02~0.04)
VI	人站立不稳, 少数人惊逃户外	损坏——墙体出现裂缝, 檐瓦掉落, 少数屋顶烟囱裂缝、掉落	0~0.10	河岸和松软土出现裂缝, 饱和砂层出现喷砂冒水, 有的独立砖烟囱轻度裂缝	0.63 (0.45~0.89)	0.06 (0.05~0.09)
VII	大多数人惊逃户外, 骑自行车人有感觉, 行驶中的汽车驾乘人员有感觉	轻度破坏——局部破坏、开裂, 小修或不需要修理可继续使用	0.11~0.30	河岸出现塌方, 饱和砂层常见喷砂冒水, 松软土地裂缝较多, 大多数独立砖烟囱中等破坏	1.25 (0.90~1.77)	0.13 (0.10~0.18)
VIII	多数人摇晃颠簸, 行走困难	中等破坏——结构破坏需要修复才能使用	0.31~0.50	干硬土上亦出现裂缝, 大多数独立砖烟囱严重破坏, 树梢折断; 房屋破坏导致人畜伤亡	2.50 (1.78~3.53)	0.25 (0.19~0.35)
IX	行动的人摔倒	严重破坏——结构严重破坏, 局部倒塌, 修复困难	0.51~0.70	干硬土上出现许多地方有裂缝, 基岩可能出现裂缝、错动; 常见滑坡塌方, 独立砖烟囱许多倒塌	5.00 (3.54~7.07)	0.50 (0.36~0.71)
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	大多数倒塌	0.71~0.90	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)

续表

烈度	在地面上人的感觉	房屋震害程度		其他震害现象	水平向地面运动	
		震害现象	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
XI	—	普遍倒塌	0.91~1.00	地震断裂延续很长; 大量山崩滑坡	—	—
XII	—	—	—	地面剧烈变化, 山河改观	—	—

注: ①1~5 度以地面上人的感觉为主; 6~10 度以房屋震害为主, 人的感觉仅供参考; 12 度以地表现象为主。
②在高楼上人的感觉要比地面上人的感觉明显, 应适当降低评定值。
③表中房屋为单层或数层、未经抗震设计或未加固的砖混和砖木房屋。对于质量特别差或特别好的房屋, 可根据具体情况, 对表中各烈度相应的震害程度和震害指数予以提高或降低。
④表中震害指数是从各类房屋的震害调查和统计中得出的, 反映破坏程度的数字指标, 0 表示无震害, 1 表示倒塌, 平均震害指数可以在调查区内用普查或随机抽查方法确定。
⑤凡有地面强震记录资料的地方, 表列物理参量可作为综合评定烈度和制定建设工程抗震设防要求的依据;
⑥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, 面积以 1km^2 左右为宜。
⑦表中数量词: 个别为 10% 以下; 少数为 10%~50%; 多数为 50%~70%; 大多数为 70%~90%; 普遍为 90% 以上。

1.1.6 我国地震区、带划分表

地震具有一定的时空分布规律。从时间上看, 地震有活跃期和平静期交替出现的周期性现象。从空间上看, 地震的分布呈一定的带状, 称地震带, 主要集中在环太平洋和地中海—喜马拉雅两大地震带。太平洋地震带几乎集中了全世界 80% 以上的浅源地震 (0~70km), 全部的中源 (70~300km) 和深源地震, 所释放的地震能量约占全部能量的 80%。我国东邻环太平洋地震带, 地震分布广泛。我国的地震区、带划分见表 1.9。

表 1.9 我国地震区、带划分表

地震区名称	地震亚区名称	地震带	地震活动程度
台湾地区	台湾东部地震亚区		强度大、频率高 (西部较低)
	台湾西部地震亚区		
南海地震区			强度小、频率低
华南地震区	东南沿海地震亚区	泉州—汕头地震带	中强地震活动, 频率较低 (东南沿海强度较大)
		邵武—河源地震带	
		广州—阳江地震带	
		灵山地震带	
		雷琼地震带	
	开江中、下游 地震亚区	扬州—铜陵地震带 ¹	
		麻城—常德地震带	
	秦岭—大巴山地震亚区		