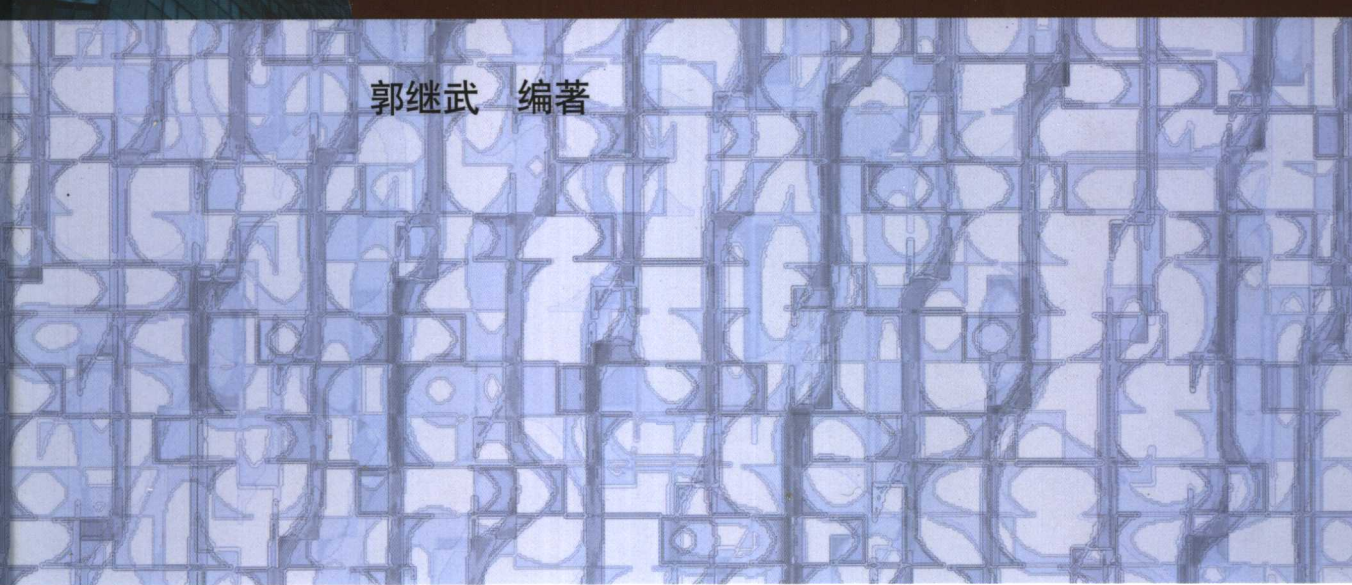




土木工程疑难释义丛书

建筑抗震疑难释义

附解题指导



郭继武 编著

ISBN 7-112-03110-8

A25 171 03

中国建筑工业出版社

TU352.104

2003425

土木工程疑难释义丛书

建筑抗震疑难释义

附 解 题 指 导

郭继武 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑抗震疑难释义附解题指导/郭继武编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2003

(土木工程疑难释义丛书)

ISBN 7-112-05696-9

I. 建... II. 郭... III. 建筑结构—抗震设计

IV. TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 015605 号

《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 业已公布实施。为了配合教学和广大读者学习规范的需要, 我们编写了这本《建筑抗震设计疑难释义》。本书内容包括两部分。第一部分采取问答的形式, 叙述建筑抗震设计中的一些基本理论和难点。同时, 书中对《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 中的有关条文、公式和计算系数的意义及其来源作了推证和说明。在第一部分中包括: 抗震设计的一般原则, 场地、地基基础, 地震作用和地震作用效应, 以及各种常用建筑结构的抗震设计及抗震措施。其中, 钢筋混凝土抗震墙结构的内力和侧移计算部分, 对双肢墙和对称三肢墙, 书中采用了以墙肢轴力作为未知数的微分方程解法, 并编制了计算用表; 对多肢墙给出了精确解法。

第二部分为配合读者更好地理解第一部分基本理论和规范条文内容, 列举了一些有代表性的例题。

本书适合作为高等学校工科土建类专业学生课外学习参考书, 也可作为工程技术人员学习新规范的参考书。

土木工程疑难释义丛书

建筑抗震疑难释义

附解题指导

郭继武 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23 插页: 2 字数: 557 千字

2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-05696-9

TU·5008 (11335)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

《建筑抗震设计规范》(BG 50011—2001)业已公布实施。为了配合教学和广大读者学习规范的需要,我们编写了这本《建筑抗震设计疑难释义》。本书内容包括两部分:

第一部分采取问答的形式,叙述建筑抗震设计中的一些基本理论和难点。并对《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)中的有关条文、公式和计算系数的意义及其来源作了推证和说明。在这一部分中包括:抗震设计的一般原则,场地、地基基础,地震作用和地震作用效应,以及各种常用建筑结构的抗震设计及抗震措施。其中,钢筋混凝土抗震墙结构的内力和侧移计算部分,对于双肢墙和对称三肢墙,书中采用了以墙肢轴力作为未知数的微分方程解法,并编制了计算用表。按这种方法建立微分方程具有概念清楚、计算参数少等优点,应用也很方便;对多肢墙给出了精确解法。

第二部分为配合读者更好地理解第一部分基本理论和规范条文内容,列举了一些有代表性的例题。在解题过程中,力求解题步骤清晰,说明详尽。

编写本书时,参考了一些公开发表的文献,谨向这些作者表示感谢。

由于编者水平所限,书中可能存在疏漏之处,请读者指正。

目 录

第一部分 疑 难 释 义

第 1 章 抗震设计的基本要求	2
1.1 什么是地震烈度? 什么是地震烈度表?	2
1.2 《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999) 中“平均震害指数” 的含义是什么?	3
1.3 什么是地震等烈度线?	4
1.4 什么是地震基本烈度? 什么是地震烈度区划图?	6
1.5 地震烈度区划图是怎样编制的?	6
1.6 建筑抗震设防分哪几类?	6
1.7 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准应符合哪些要求?	6
1.8 按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 进行抗震设计的建筑, 其抗震设防目标是什么?	7
1.9 什么是小震和大震?	8
1.10 什么是建筑抗震概念设计?	9
1.11 在进行建筑抗震设计时, 对场地、地基和基础有何要求?	9
1.12 如何选择对抗震有利的建筑平面、立面和竖向剖面?	10
1.13 什么样的建筑属于不规则类型建筑?	10
1.14 进行不规则建筑抗震设计时应采取哪些措施?	11
1.15 设置防震缝有何要求?	12
1.16 什么是抗撞墙? 设置抗撞墙应注意哪些问题?	12
1.17 怎样确定多层和高层钢筋混凝土房屋的最大适用高度?	12
1.18 怎样划分钢筋混凝土结构房屋的抗震等级?	13
1.19 怎样选择合适的结构体系?	15
1.20 抗震设计时对非结构构件有何要求?	15
1.21 建筑抗震结构对建筑材料和施工质量有何要求?	16
第 2 章 场地、地基与基础	17
2.1 建筑场地类别是怎样划分的?	17
2.2 什么是土的卓越周期?	18
2.3 用哪些物理量描写强震地面运动特征?	24
2.4 哪些建筑可不进行天然地基与基础抗震承载力验算?	24
2.5 怎样验算天然地基抗震承载力?	25
2.6 怎样确定调整后地基土抗震承载力 f_{aE} ?	25
2.7 什么是土的液化?	26
2.8 影响土的液化因素有哪些?	27
2.9 什么是土的液化初步判别法?	29
2.10 土的液化初步判别式的含义是什么?	29

2.11	什么是土的液化标准贯入试验判别法?	31
2.12	《抗震规范》中在地面下 15m 深度范围内 N_{cr} 公式的含义是什么?	32
2.13	《抗震规范》中在地面下 15~20m 深度范围内 N_{cr} 公式的含义是什么?	33
2.14	怎样对液化地基地行评价?	34
2.15	地基防液化措施有哪些?	35
2.16	哪些建筑的桩基不需进行抗震验算?	37
2.17	怎样进行低台桩承基抗震验算?	37
第 3 章	地震作用与结构抗震验算	39
3.1	为什么不应称“地震荷载”而应称“地震作用”?	39
3.2	地震作用与一般荷载有何不同?	39
3.3	怎样确定地震作用?	39
3.4	怎样建立单质点弹性体系在地震作用下的运动方程?	40
3.5	怎样解运动微分方程?	41
3.6	什么是位移反应谱、速度反应谱和加速度反应谱?它们之间有何联系?	44
3.7	什么是三坐标反应谱?	45
3.8	为什么说地震时作用在质点上的惯性力可以理解为能反映地震影响的等效荷载?	46
3.9	水平地震作用 F_{Ek} 基本公式是怎样推导的?	47
3.10	什么是地震系数 k ? 怎样确定它的数值?	47
3.11	什么是放大系数 β ? 怎样确定它的数值?	48
3.12	《抗震规范》中地震影响系数 α 的含义是什么?	50
3.13	怎样确定地震影响系数 α 值?	50
3.14	怎样确定地震动峰值加速度?	53
3.15	怎样确定地震动反应谱特征周期?	53
3.16	什么是多质点体系?	54
3.17	怎样计算二个质点弹性体系的自由振动?	54
3.18	怎样计算多质点体系的自由振动?	59
3.19	什么是主振型的正交性?	63
3.20	什么是振型矩阵、广义质量和广义刚度?	65
3.21	怎样按振型分解法分析多质点自由振动?	67
3.22	怎样计算多质点体系地震反应?	69
3.23	怎样按振型分解法计算多质点体系水平地震作用?	72
3.24	按振型分解法求出地震作用后如何计算体系的地震作用效应?	74
3.25	怎样按底部剪力法求水平地震作用?	74
3.26	等效重力荷载系数 $\xi=0.85$ 是怎样确定的?	77
3.27	为什么要调整水平地震作用下结构地震内力?怎样调整?	77
3.28	什么是地震作用反应时程分析法?	79
3.29	在什么情况下须考虑竖向地震作用?	81
3.30	怎样计算竖向地震作用?	81
3.31	怎样按瑞利 (Rayleigh) 法计算结构基本周期?	84
3.32	怎样按折算质量法计算结构基本周期?	85
3.33	怎样按顶点位移法计算结构基本周期?	86
3.34	怎样按矩阵迭代法计算结构周期和振型?	87
3.35	《抗震规范》对计算地震作用有哪些规定?	92

3.36 怎样进行结构抗震验算?	93
第4章 钢筋混凝土框架结构	98
4.1 怎样计算钢筋混凝土框架结构水平地震作用?	98
4.2 怎样按反弯点法求框架内力?	98
4.3 怎样按改进的反弯点法求框架的内力?	100
4.4 怎样求框架的弹性侧移?	108
4.5 怎样求框架弹塑性侧移?	109
4.6 怎样计算重力荷载作用下框架的内力?	113
4.7 为什么对框架梁端弯矩调幅? 怎样调幅?	113
4.8 怎样确定框架梁、柱控制截面的内力不利组合?	114
4.9 框架结构的布置应注意哪些问题?	118
4.10 设计框架结构梁、柱的基本要求是什么?	118
4.11 设计框架梁时应注意哪些问题?	119
4.12 设计框架柱时应注意哪些问题?	122
4.13 怎样设计框架节点?	126
4.14 梁、柱端部及节点核心区箍筋配置有哪些要求?	128
4.15 框架梁、柱纵向受力钢筋的锚固和接头有何要求? 箍筋锚固有何要求?	131
4.16 框架结构的砌体填充墙应符合哪些要求?	133
第5章 钢筋混凝土抗震墙结构	134
5.1 什么是钢筋混凝土抗震墙结构? 应用范围如何?	134
5.2 什么是双肢墙? 什么是多肢墙?	134
5.3 什么是短肢抗震墙? 什么是一般抗震墙?	135
5.4 为什么在地震区高层建筑(10层及10层以上或房屋高度超过28m)不应采用全部为短肢墙的抗震墙结构?	135
5.5 在布置抗震墙时应注意哪些问题?	135
5.6 计算双肢墙内力和侧移时通常采取哪些假定?	135
5.7 怎样建立双肢墙的微分方程?	135
5.8 怎样解双肢墙微分方程?	139
5.9 怎样计算双肢墙的内力?	140
5.10 怎样计算双肢墙的侧移和等效刚度?	167
5.11 怎样计算各片抗震墙的地震剪力?	169
5.12 怎样计算对称三肢墙的内力、侧移和等效刚度?	173
5.13 怎样建立多肢墙的微分方程组?	174
5.14 怎样解多肢墙微分方程组?	177
5.15 怎样求多肢墙其余内力(除墙肢轴力 N_i)?	180
5.16 怎样计算多肢墙的侧移?	181
5.17 为什么要调整抗震墙各墙肢截面的组合内力? 怎样调整?	182
5.18 怎样确定抗震墙的厚度?	182
5.19 怎样验算抗震墙墙肢正截面承载力?	183
5.20 怎样验算抗震墙墙肢斜截面承载力?	185
5.21 怎样验算连梁的承载力?	186
5.22 当抗震墙连梁不满足条件(5-127)和(5-128)时应如何处理?	186
5.23 什么是抗震墙的边缘构件? 它的作用是什么?	187

5.24	在什么情况下应采用约束边缘构件? 怎样确定约束边缘构件的尺寸和配筋?	187
5.25	在什么情况下可采用构造边缘构件? 怎样确定构造边缘构件的尺寸及配筋?	188
第6章	钢筋混凝土框架-抗震墙结构	190
6.1	什么是框架-抗震墙结构? 在什么情况下宜采用这种结构?	190
6.2	框架-抗震墙结构的布置应注意哪些问题?	190
6.3	怎样选择框架-抗震墙结构的计算简图?	191
6.4	怎样计算钢筋混凝土框架-抗震墙结构的水平地震作用?	192
6.5	怎样按微分方程法求解框架-抗震墙结构的内力和侧移?	192
6.6	怎样用图表计算结构的内力和侧移?	198
6.7	怎样调整框架-抗震墙结构中框架的地震剪力?	213
6.8	怎样确定框架-抗震墙结构中框架柱的内力?	213
6.9	怎样确定框架-抗震墙结构中各片抗震墙的内力?	213
6.10	什么是抗震墙的等效荷载?	214
6.11	框架-抗震墙结构中抗震墙应采取哪些构造措施?	216
第7章	多层砌体房屋	217
7.1	多层砌体房屋抗震设计应符合哪些规定?	217
7.2	怎样计算水平地震作用?	219
7.3	怎样计算楼层地震剪力?	219
7.4	怎样确定楼层横向地震剪力在各墙体上的分配?	219
7.5	怎样确定楼层纵向地震剪力在各墙体上的分配?	225
7.6	怎样确定同一道墙各墙段间的剪力?	225
7.7	怎样验算墙体横截面抗震承载力?	226
7.8	砌体强度正应力影响系数 ζ_n 的公式是怎样推导的?	229
7.9	钢筋混凝土构造柱的作用是什么?	230
7.10	普通砖、多孔砖房屋的现浇钢筋混凝土构造柱设置部位都有哪些要求(图7-9)?	231
7.11	多层普通砖、多孔砖房屋构造柱截面尺寸、配筋和连接都有哪些要求?	232
7.12	钢筋混凝土圈梁的作用是什么?	232
7.13	普通砖、多孔砖房屋的现浇钢筋混凝土圈梁的设置部位应符合哪些要求?	233
7.14	怎样确定圈梁截面尺寸和配筋?	234
7.15	楼盖、屋盖构件的搭接长度和连接有何要求?	234
7.16	横墙较少砖房应采取哪些抗震构造措施?	235
7.17	砖砌墙体之间的连接应符合哪些要求?	236
7.18	楼梯间的整体性有何要求?	236
7.19	在地震区多层砖房的基础设计应注意哪些问题?	236
7.20	什么是多层混凝土小砌块房屋中的芯柱?	236
7.21	在混凝土小砌块房屋中, 哪些部位应设置芯柱? 其数量有何规定?	237
7.22	怎样确定芯柱截面、混凝土强度等级和配筋?	237
7.23	混凝土小砌块房屋中替代芯柱的钢筋混凝土构造柱应符合哪些构造要求?	237
7.24	在混凝土小砌块房屋中圈梁截面尺寸、混凝土强度等级和配筋应符合哪些要求?	238

7.25	在混凝土小砌块房屋中墙体交接处或芯柱与墙体之间的连接应采取哪些措施?	238
7.26	在什么情况下混凝土小砌块房屋中要设置钢筋混凝土配筋带? 配筋带在构造上有哪些要求?	238
第 8 章	底部框架-抗震墙房屋和多层内框架房屋	239
8.1	什么是底部框架-抗震墙房屋?	239
8.2	什么是多层内框架房屋?	239
8.3	底部框架-抗震墙和多层内框架房屋抗震设计应符合哪些规定?	239
8.4	怎样确定地震作用和层间地震剪力?	241
8.5	怎样进行底部框架-抗震墙结构剪力的调整?	241
8.6	地震剪力在底部框架和抗震墙之间如何分配?	245
8.7	地震倾覆力矩在底层框架和抗震墙之间如何分配?	246
8.8	怎样确定底层框架平面内转动刚度?	247
8.9	怎样确定底层抗震墙平面内转动刚度?	249
8.10	怎样确定底部框架、抗震墙平面内转动刚度?	250
8.11	怎样验算多层内框架砖房抗震承载力?	250
8.12	底部框架-抗震墙结构应采取哪些抗震构造措施?	251
8.13	内框架房屋应采取哪些抗震构造措施?	252
第 9 章	单层钢筋混凝土柱厂房	254
9.1	厂房结构布置应符合哪些要求?	254
9.2	厂房天窗架的设置应当注意哪些问题?	254
9.3	厂房屋架的设置应注意哪些问题?	254
9.4	厂房柱设计应注意哪些问题?	255
9.5	厂房围护墙应符合哪些要求?	255
9.6	砌体围护墙应在什么部位设置圈梁?	255
9.7	圈梁的构造应符合哪些要求?	255
9.8	单层厂房的基础梁和墙梁有何要求?	256
9.9	单层厂房抗震计算的原则是什么? 哪些情况可不进行抗震计算?	256
9.10	单厂横向抗震计算时有哪些基本假定?	256
9.11	怎样确定单厂结构计算简图及等效重力荷载代表值?	256
9.12	怎样计算排架的横向基本周期?	259
9.13	怎样计算排架地震作用?	261
9.14	怎样考虑厂房空间工作和扭转影响对排架地震作用的调整?	262
9.15	怎样进行排架内力分析及调整?	263
9.16	怎样进行排架内力组合?	264
9.17	怎样按“柱列法”进行单层厂房纵向抗震计算?	264
9.18	怎样按“修正刚度法”进行单层厂房纵向抗震计算?	268
9.19	怎样按“拟能量法”进行单层厂房纵向抗震计算?	271
9.20	怎样进行天窗的纵向抗震计算?	277

第二部分 解 题 指 导

[例题 1-1]	地震烈度分布函数表达式 (1-6) 中形状参数 k 值的确定	280
[例题 2-1]	根据土的剪切波速和场地覆盖层厚度确定场地类别	280

[例题 2-2]	无土的剪切波速资料时场地类别的确定	280
[例题 2-3]	按初步判别法判别土的液化之一	281
[例题 2-4]	按初步判别法判别土的液化之二	281
[例题 2-5]	求地基液化指数和确定液化等级	282
[例题 3-1]	反应谱特征周期 T_g 的确定	284
[例题 3-2]	按三坐标反应谱确定结构位移、速度和加速度反应及反应谱特征周期和 地震动峰值加速度	285
[例题 3-3]	单层钢筋混凝土框架地震作用计算	286
[例题 3-4]	求框架振动圆频率和主振型	287
[例题 3-5]	验算结构主振型的正交性	288
[例题 3-6]	按振型分解法求框架水平地震作用和内力	288
[例题 3-7]	按底部剪力法求框架水平地震作用和内力	290
[例题 3-8]	按时程分析法求结构的地震位移、速度和加速度反应	291
[例题 3-9]	按折算质量法求体系的基本周期之一	295
[例题 3-10]	按折算质量法求体系的基本周期之二	295
[例题 3-11]	按迭代法确定三层框架结构自振周期和主振型	296
[例题 4-1]	用反弯点法求框架内力	301
[例题 4-2]	验算在横向地震作用下层间弹性位移并计算地震内力	303
[例题 4-3]	按力矩分配法求框架内力	307
[例题 4-4]	框架梁的剪力和柱轴力的确定	310
[例题 4-5]	求框架的内力不利组合	312
[例题 5-1]	利用结构对称性求三肢墙墙肢轴力	319
[例题 5-2]	用精确法求多肢墙墙肢轴力	320
[例题 5-3]	抗震墙结构顶点侧移的计算	323
[例题 6-1]	钢筋混凝土框架-抗震墙结构抗震计算	324
[例题 7-1]	多层砖房抗震计算	337
[例题 8-1]	多层内框架砖砌房屋地震内力计算	343
[例题 9-1]	两跨不等高厂房抗震计算	345
[例题 9-2]	两跨等高厂房纵向抗震计算	354
参考文献		357

第 一 部 分

疑 难 释 义

第 1 章 抗震设计的基本要求

1.1 什么是地震烈度？什么是地震烈度表？

地震烈度是指地震时在一定地点震动的强烈程度。相对震源而言，地震烈度也可以把它理解为地震场的强度。

用什么尺度衡量地震烈度？在没有仪器观测的年代，只能由地震宏观现象，如人的感觉、器物的反应、地表和建筑物的影响和破坏程度等，总结出的宏观烈度表来评定地震烈度。我国早期的“新中国地震烈度表”（1957）就属于这种宏观烈度表。由于宏观烈度表未能提供定量的数据，因此不能直接用于工程抗震设计。随着科学技术的发展，强震仪的问世，使人们有可能用记录到的地面运动参数，如地面运动加速度峰值、速度峰值来定义烈度，从而出现了含有物理指标的定量烈度表。由于不可能随处取得地震仪器记录，因此用定量烈度表评定地震现场烈度还有一定的困难。最好的方法是将两种烈度表结合起来，使之兼有两者的功能，以便工程应用。

1999 年由国家地震局颁布实施的《中国地震烈度表》（GB/T 17742—1999），就属于将宏观烈度与地面运动参数建立起联系的地震烈度表。所以，新烈度表既有定性的宏观标志，又有定量的物理标志，兼有宏观烈度表和定量烈度表两者的功能。《中国地震烈度表》参见表 1-1。

中国地震烈度表（GB/T 17742—1999）表 1-1

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	室内个别静止中人有感觉					
III	室内少数静止中人有感觉	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)

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)
Ⅵ	多数人站立不稳,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,骑自行车的人有感觉,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	河岸出现坍方;饱和砂层常见喷砂冒水,松软土地地上地裂缝较多;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;滑坡坍方常见;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)
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: 1. 表中的数量词:“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。

2. 用本标准评定烈度时,Ⅰ度~Ⅴ度以地面上人的感觉及其他震害现象为主;Ⅵ度~Ⅹ度以房屋震害和其他震害现象综合考虑为主,人的感觉仅供参考;Ⅺ度~Ⅻ度以地表震害现象为主。

3. 在高楼上人的感觉要比地面上室内人的感觉明显,应适当降低评定值。

4. 表中房屋为未经抗震设计或加固的单层或数层砖混和砖木房屋。相对建筑质量特别差或特别好以及地基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平均震害指数予以提高或降低。

5. 平均震害指数可以在调查区域内用普查或随机抽查的方法确定。

6. 在农村可按自然村为单位,在城镇可按街区进行烈度的评定,面积以 1km^2 左右为宜。

7. 凡有地面强震记录资料的地方,表列水平向地面峰值加速度和峰值速度可作为综合评定烈度的依据。

1.2 《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999) 中 “平均震害指数”的含义是什么?

由于建筑种类繁多,结构类型各异,故如何划分其震害程度,做出较符合实际的数量

统计，以便正确地应用“烈度表”评定出宏观烈度，是一个十分重要的问题。

《中国地震烈度表（1999）》采用的平均震害指数法是解决评定建筑物破坏情况量化的一种有效方法。这个方法把建筑物破坏程度由完好到全部倒塌之间，分成若干级，每级用震害等级 i 表示，参见表 1-2。

建筑物破坏级别与震害等级 表 1-2

破坏程度级别	破坏程度	震害等级 i	破坏程度级别	破坏程度	震害等级 i
I	全部倒塌	1.0	IV	局部倒塌	0.4
II	大部倒塌	0.8	V	裂缝	0.2
III	少部倒塌	0.6	VI	基本完好	0

某类（如第 j 类）房屋震害程度，用震害指数表示：

$$I_j = \frac{\sum_{k=1}^m (n_i \cdot i)_k}{N_j} \tag{1-1}$$

式中 n_i ——被统计的某类房屋（如砖房） i 级破坏的栋数；

k, m ——不同震害等级序号和数量；

i ——震害等级；

N_j ——被统计的该类房屋总栋数， $N_j = \sum_{k=1}^m (n_i)_k$ 。

式（1-1）的物理意义是表示该类房屋的平均震害程度。通过各类房屋不同震害指数的计算，可以对比各类房屋之间抗震性能的优劣。如某类房的震害指数 I 愈大，则说明该类房屋愈不抗震。

为了确定某地区房屋平均震害情况，就要求出该地区各类房屋（有代表性的结构）的平均震害指数。即

$$I_m = \frac{\sum I_j}{N} \tag{1-2}$$

式中 $\sum I_j$ ——各类房屋震害指数之和；

N ——不同类别房屋的类别数。

求得某一地区的平均震害指数后，即可作为评定核地区地震烈度的依据。

应当指出，只有当抗震能力相差不大的一般房屋（如木构件和土、石、砖墙构造的旧式房屋）才可用平均震害指数法按表 1-2 来确定地震烈度。对于抗震能力相差悬殊的房屋，应采用综合震害指数按表 1-1 确定地震烈度。所谓综合震害指数，就是将不同类型房屋的震害指数，换算到同一标准（例如统一换算到一般房屋标准）上加以统计。这样，就要给出其他类型房屋与一般房屋震害指数之间的换算关系。关于砖柱房屋、穿斗房屋与木柱房屋震害指数换算关系，我国有关单位已进行大量工作，并给出了它们之间的震害指数换算曲线。至于其他类型房屋与一般房屋震害指数换算关系的资料尚未见到，这需要进行大量的统计工作才能完成。

1.3 什么是地震等烈度线？

对应于一次地震，在其波及的地区内，根据烈度表可以对该地区内每一地点评定出一

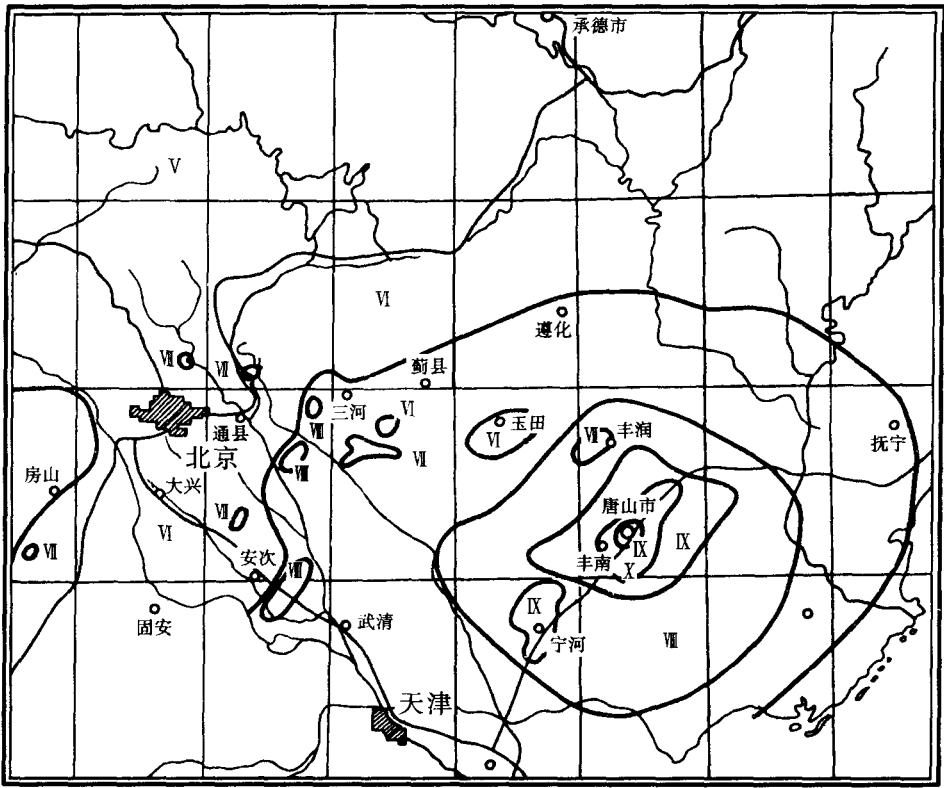


图 1-1 唐山地震等烈度线

个烈度。我们将烈度相同的区域的外包线，称为等烈度线或等震线。理想化的等震线应该是一些规则的同心圆。但实际上，由于建筑物的差异、地质、地形的影响，等震线多是一些不规则的封闭曲线。等震线一般取地震烈度级差为 1 度。一般地说，等震线的度数随震中距的增加而递减。但有时由于局部地形、地质的影响，也会在某一流度区域内出现一小块高于该烈度 1 度或低 1 度的异常区。图 1-1 为 1976 年唐山地震的等震线。

我国有关单位根据 153 个等震线资料，经过数理统计分析，给出了烈度 I 、震级 M 和震中距 R (km) 之间的关系式：

$$I = 0.92 + 1.63M - 3.49\lg R \quad (1-3)$$

以及震中烈度 I_0 与震级 M 之间的关系式：

$$I_0 = 0.24 + 1.29M \quad (1-4)$$

根据式 (1-3) 和式 (1-4)，可在 M - $\lg R$ 坐标系中绘出等烈度区 (图 1-2)。实际上，它是烈度衰减规律的另一表达形式，它有助于了解不同震级 M 和震中距 R 对烈度 I 衰减的影响。

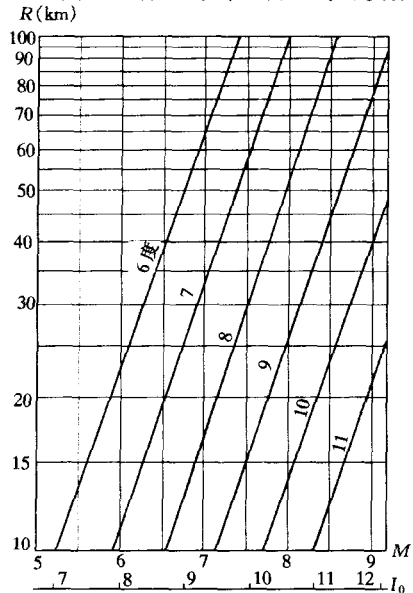


图 1-2 等烈度区的划分

1.4 什么是地震基本烈度？什么是地震烈度区划图？

一、地震基本烈度

强烈地震是一种破坏性很大的自然灾害，它的发生具有很大的随机性，采用概率方法预测某地区未来一定时间内可能发生的最大烈度是具有实际意义的。因此，国家有关部门提出了基本烈度的概念。

一个地区的基本烈度是指该地区在今后 50 年期限内，在一般场地条件下^①可能遭遇超越概率为 10% 的地震烈度。

二、地震烈度区划图

国家地震局和建设部于 1992 年联合发布了新的《中国地震烈度区划图 (1990)》^②。该图给出了全国各地地震基本烈度的分布，可供国家经济建设和国土利用规划、一般工业与民用建筑的抗震设防及制定减轻和防御地震灾害对策之用。

图 1-3 为北京地区地震烈度区划图 (1990)。

1.5 地震烈度区划图是怎样编制的？

编制地震烈度区划图分两步进行：第一步先确定地震危险区，即未来 50 年期限内可能发震的地段，并估计每个发震地段可能发生的最大地震，从而确定出震中烈度；第二步是预测这些地震的影响范围，即根据地震衰减规律确定其周围地区的烈度。因此，地震烈度区划图上标明的某一地点的基本烈度，总是相应于一定震源的，当然也包括几个不同震源所造成的同等烈度的影响。

1.6 建筑抗震设防分哪几类？

《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)^③根据建筑使用功能的重要性，将建筑抗震设防类别分为以下四类：

甲类建筑——属于重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑。

乙类建筑——属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑。

丙类建筑——属于甲、乙、丁类建筑以外的一般建筑。

丁类建筑——属于抗震次要建筑。

1.7 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准应符合哪些要求？

建筑抗震设防标准是衡量建筑抗震设防要求的尺度，由抗震设防烈度和建筑使用功能

① 一般场地条件是指地区内普遍分布的地基土质条件及一般地形、地貌、地质构造条件。

② 该图未包括我国海域部分及小的岛屿。

③ 以后简称《抗震规范》。

的重要性确定。抗震设防烈度是指，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，抗震设防烈度可采用中国地震烈度区划图的地震基本烈度，或采用与《抗震规范》设计基本地震加速度对应的地震烈度。对已编制抗震设防区划的城市，也可采用批准的抗震设防烈度。

各抗震设防类别建筑的设防标准，应符合下列要求：

1. 甲类建筑 地震作用应高于本地区抗震设防烈度的要求，其值应按批准的地震安全性评价结果确定；抗震措施，当抗震设防烈度为6~8度时，应符合本地区抗震设防烈度提高1度的要求，当为9度时，应符合比9度抗震设防更高的要求。

2. 乙类建筑 地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求；抗震措施，一般情况下，当抗震设防烈度为6~8度时，应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求，当为9度时，应符合比9度抗震设防更高的要求。对较小的乙类建筑，当其结构改用抗震性能较好的结构类型时，应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

3. 丙类建筑 地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

4. 丁类建筑 一般情况下，地震作用仍应符合本地区抗震设防烈度的要求；抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低，但抗震设防烈度为6度时不应降低。

抗震设防烈度为6度时，除《抗震规范》有具体规定外，对乙、丙、丁类建筑可不进行地震作用计算。

1.8 按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 进行 抗震设计的建筑，其抗震设防目标是什么？

在20世纪80年代，世界不少国家的抗震设计规范，采用了这样一种抗震设计思想：在建筑使用寿命期限内，对不同频度和强度的地震，要求建筑具有不同的抵抗地震的能力。即对较小的地震，由于其发生的可能性大，因此遭遇到这种多遇地震时，要求结构不受损坏，这在技术上和经济上都是可以做到的；对于罕遇的强烈地震，由于其发生的可能性小，当遭遇到这种地震时，要求做到结构不受损坏，这在经济上是不合算的。比较合理的做法是，应当允许损坏，但在任何情况下结构不应倒塌。

基于国际上这一趋势，结合我国具体情况，我国1989年颁布的《建筑抗震设计规范》(GBJ 11—89)就提出了与这一抗震设计思想相一致的“三水准”设计原则。

第一水准：当遭受到多遇的低于本地区设防烈度的地震（简称“小震”）影响时，建筑一般应不受损坏或不需修理仍能继续使用。

第二水准：当遭受到本地区设防烈度的地震（简称“中震”）影响时，建筑可能有一定的损坏，经一般修理或不经修理仍能继续使用。

第三水准：当遭受到高于本地区设防烈度的罕遇地震（简称“大震”）时，建筑不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

在进行建筑抗震设计时，原则上应满足三水准抗震设防目标的要求。在具体做法上，为了简化计算起见，《抗震规范》采取了二阶段设计法，即

第一阶段设计：按小震作用效应和其他荷载效应的基本组合验算结构构件的承载力，以及在小震作用下验算结构的弹性变形，以满足第一水准抗震设防目标的要求。