



高等学校土木工程专业“十三五”规划教材
高校土木工程专业规划教材

建筑抗震设计 (第四版)

(按新规范GB 50011—2010) (2016年版)

郭继武 编著

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

建筑抗震设计

(按新规范 GB 50011—2010) (2016 年版)

(第四版)

郭继武 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑抗震设计 (按新规范 GB 50011—2010) (2016 年版)/郭继武编著. —4 版. —北京:中国建筑工程出版社, 2017. 2

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-20364-2

I. ①建… II. ①郭… III. ①建筑结构-抗震设计-高等学校-教材 IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 013851 号

高校土木工程专业规划教材

建筑抗震设计

(按新规范 GB 50011—2010) (2016 年版)

(第四版)

郭继武 编著

*

中国建筑工程出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:26½ 插页:1 字数:642 千字

2017 年 12 月第四版 2017 年 12 月第二十七次印刷

定价:49.00 元

ISBN 978-7-112-20364-2

(29898)

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)

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010（2016年版）于2016年8月1日起实施。为了满足教学和工程界广大读者学习新规范的需要，参照新版规范有关内容对本书第三版进行了修订。

本教材主要介绍了建筑在地震作用下动力反应的计算方法，以及建筑抗震设计原理。内容包括：建筑抗震设计基本要求，场地、地基与基础，地震作用和结构抗震验算，以及常见建筑结构抗震设计。书中特别对“三水准两阶段”抗震设计原则和反应谱理论、钢筋混凝土框架、抗震墙和框架-抗震墙结构的抗震计算作了较详细地介绍。并给出了计算用表。

为了便于读者准确理解和掌握书中基本理论和计算方法，以及新规范的主要内容，书中列举了一些有代表性的典型例题，供读者参考。在解题过程中，力求解题步骤清晰、说明详尽。

本书可作为高校土木工程专业教材，也可供工程设计、施工技术人员学习新规范时参考。

* * *

责任编辑：朱象清 牛 松 吉万旺

责任校对：焦 乐 李欣慰

第四版前言

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 (2016 年版) 于 2016 年 8 月 1 日起实施。为了满足教学和工程界广大读者学习新规范的需要, 参照新版规范有关内容对本书第三版进行了修订。

本书第四版与第三版比较, 主要对以下内容作了增删修改:

1. 介绍了《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 (2016 年版) 修改后的我国主要城镇新的抗设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组。
2. 根据《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 (2016 年版) 附录 A 我国主要城镇抗震设防烈度局部修订内容改绘了北京地区烈度区划图。
3. 调整了桩基可不进行承载力抗震验算的建筑类别。
4. 补充说明地震设防烈度与地震系数之间的关系。
5. 对土的液化标准贯入试验判别法计算公式作了补充说明。
6. 进一步说明设计特征周期 T_g 的确定原则和方法。
7. 介绍了应用编程计算器计算钢筋混凝土单层框架地震反应 (位移、速度和加速度) 程序、计算步骤和方法。
8. 补充了建筑形体及其构件布置的规则性要求。
9. 补充了抗震墙约束边缘构件的范围及配筋要求的说明。
10. 增加了多层砌体房屋的建筑布置和结构体系的要求。

本书第一版于 2002 年 6 月出版, 至 2016 年 10 月 14 年间印刷达 26 次, 总印数达 90000 余册。许多高校采用本书作为专业教材, 承蒙师生的好评。本次修订仍保持前几版的特点, 即紧密结合国家最新的标准规范, 力求内容由浅入深, 循序渐进, 理论联系实际。编者认为, 作为教材不仅只给出规范公式, 还要说明其来源, 作必要的数学推导, 这不仅使学生深入地了解公式的物理概念, 同时也可学习到科研的方法。从而提高他们解决问题的能力。

在编写本书时, 参考了公开发表的一些文献。谨向这些作者表示感谢。由于编者水平所限, 书中可能存在不足和疏漏之处, 请读者批评指正。

第三版前言

新版《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 于 2010 年 12 月 1 日开始实施。为了满足教学需要和工程界广大读者学习新规范的参考,参照新规范有关内容对本书第二版进行了修订。

本书第三版与第二版比较,主要对以下内容进行了增删修改:

1. 修订了建筑工程抗震设防分类,将中小学建筑划分为重点设防类(即乙类)。
2. 将场地类别Ⅰ类场地分为Ⅰ₀和Ⅰ₁两个亚类;等效剪切波速分界由 140m/s 修改为 150m/s。
3. 调整了场地土液化判别公式,将液化临界值随深度的变化由原来的折线形式改为对数曲线形式,并对公式系数来源作了推演和讨论。
4. 补充了结构抗震性能化设计的概念和计算方法。
5. 改进了地震影响系数曲线(反应谱)的阻尼调整系数和形状参数;补充和完善了竖向地震作用的计算方法,并补充了竖向地震影响系数取值的规定。
6. 补充了 8 度(0.30g)现浇钢筋混凝土结构房屋的最大适用高度。
7. 修改了与“强柱弱梁”、“强剪弱弯”原则有关的框架内力调整相关规定,补充了框架结构楼梯间的抗震设计要求。
8. 取消了内框架砖房的相关内容;修改了多层砌体房屋层数和高度的限值、抗震横墙间距等抗震设计要求。
9. 补充了底层框架-抗震墙砌体房屋的结构布置和过渡层的设计要求、上部为混凝土小砌块墙体的相关要求、墙体抗剪承载力验算、底框部分框架柱的专门要求等规定。
10. 修改了单层钢筋混凝土柱厂房可不进行抗震验算的范围,补充完善了柱间支撑节点验算要求。
11. 修改了各种类型结构抗震构造措施。

本书第一版于 2002 年 6 月出版,第二版 2006 年 9 月出版,至 2010 年 6 月 8 年间印刷 15 次,总印数达 46500 册,许多大学采用本书作为专业教材,受到师生的好评。本次修订时,仍保持了第一版与第二版的特点,即紧密结合国家最新的标准规范,力求内容由浅入深、循序渐进、理论联系实际。

在编写本书时,参考和引用了公开发表的一些文献和资料,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,请读者不吝指正。

第二版前言

本书原第一版是根据作者编写的《建筑抗震设计》教材（高等教育出版社，1990），并参照《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2001）修订而成。并于2003年由中国建筑工业出版社出版发行，至2005年11月，共印刷六次，发行20000册。

考虑到编写本书第一版时，《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）和《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ3—2002）尚未出版，该书有关抗震设计内容未能编入。另外，本书第一版对抗震墙结构也未专门讲述。为了充实和完善教材内容，以适应教学需要，决定对第一版进行修订。

本书主要介绍了建筑结构在地震作用下动力反应的计算方法，以及建筑结构的抗震设计原理。内容包括：建筑结构抗震设计的基本要求，场地、地基与基础，地震作用和结构抗震验算原则，钢筋混凝土框架、抗震墙、框架-抗震墙房屋抗震设计，多层砌体房屋抗震设计，底部框架-抗震墙和多层内框架房屋抗震设计，以及单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计等。

在编写本书时，作者力求做到内容由浅入深，循序渐进，理论联系实际。尽量对规范有关条文、公式和计算系数的来源加以推证和说明。

本书第二版与第一版主要区别是，增加了抗震墙结构的抗震设计内容。叙述了抗震墙结构的类型及其判别方法。对双肢墙，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。按这种方法建立的微分方程有概念清楚、计算参数少和应用方便等优点。对多肢墙，给出了以墙肢轴力作为未知数的微分方程组解法。并给出了各种抗震墙顶点侧移计算公式和计算用表。

为了使读者更好地掌握书中的基础理论知识和规范有关条文内容，书中列举了有代表性的例题。在解题过程中，力求步骤清晰，说明详尽。

在编写本书过程中，得到了中国建筑科学研究院工程抗震研究所原所长龚思礼研究员和北京工业大学赵超燮教授的帮助，在此一并致以谢忱。

在编写本书时，参考和引用了公开发表的一些文献和资料，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，请读者不吝指正。

第一版前言

在我们跨入 21 世纪的时候, 适逢我国新的《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 公布实施。为了满足教学的需要和供工程界广大读者学习新规范的参考, 我们参照新规范有关内容编写了这本《建筑抗震设计》。书中主要介绍了建筑结构在地震作用下动力反应新的计算方法, 以及建筑结构的计算原理。内容包括: 建筑结构抗震设计的基本要求, 场地、地基基础, 地震作用和结构抗震验算原则, 以及常用建筑的抗震设计。书中特别对二阶段设计法和反应谱理论, 以及双肢墙的内力、位移和等效刚度作了重点介绍, 并给出了计算用表。

本书具有以下特点:

- (1) 场地土的卓越周期公式推导方法新颖;
- (2) 对土的液化初步判别式作了详尽的解释, 并对图解法的作图公式作了推导;
- (3) 对标准贯入试验判别式作了必要的解释和推导;
- (4) 对底部剪力法等效重力荷载系数计算公式作了推演;
- (5) 对竖向地震作用等效重力荷载系数计算公式作了推演;
- (6) 推导了砌体强度正应力影响系数的计算公式;
- (7) 给出了框架结构最不利内力组合取值简捷表达式;
- (8) 给出了计算框架-抗震墙中抗震墙内力的等效荷载公式;
- (9) 推导了双肢墙和对称三肢墙以墙肢轴力为未知数的内力的表达式, 并给出了位移和等效刚度计算公式;
- (10) 推导了用于底部框架砖房的框架和抗震墙平面转动刚度的表达式。

在编写本书过程中, 中国建筑科学研究院工程抗震研究所原所长龚思礼研究员和北京工业大学赵超燮教授给予了很多帮助, 在此一并致以谢忱。

在编写本书时, 参考和引用了公开发表的一些文献和资料, 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。

主 要 符 号

作用和作用效应

F_{Ek} 、 F_{Evk} ——结构总水平、竖向地震作用标准值；

G_E 、 G_{eq} ——地震时结构（构件）的重力荷载代表值、等效总重力荷载代表值；

w_k ——风荷载标准值；

S ——地震作用效应（弯矩、轴向力、剪力、应力和变形），与其他荷载效应的基本组合；

S_k ——作用、荷载标准值的效应；

M ——弯矩；

N ——轴向压力；

V ——剪力；

p ——基础底面压力；

u ——侧移；

θ ——楼层位移角。

材料性能和抗力

K ——结构（构件）的刚度；

R ——结构构件承载力；

f 、 f_k 、 f_E ——各种材料强度（含地基承载力）设计值、标准值和抗震设计值；

$[\theta]$ ——楼层位移角限值。

几 何 参 数

A ——构件截面面积；

A_s ——钢筋截面面积；

B ——结构总宽度；

H ——结构总高度、柱高度；

L ——结构（单元）总长度；

a ——距离；

a_s 、 a'_s ——纵向受拉钢筋合力点至截面边缘的最小距离；

b ——构件截面宽度；

d ——土层深度或厚度，钢筋直径；
 h ——计算楼层层高，构件截面高度；
 l ——构件长度或跨度；
 t ——抗震墙厚度、楼板厚度。

计 算 系 数

α ——水平地震影响系数；
 $\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值；
 $\alpha_{v\max}$ ——竖向地震影响系数最大值；
 $\gamma_G, \gamma_E, \gamma_w$ ——作用分项系数；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 ζ ——计算系数；
 η ——地震作用效应（内力和变形）的增大或调整系数；
 λ ——构件长细比，比例系数；
 ξ_y ——结构（构件）屈服强度系数；
 ρ ——配筋率，比率；
 φ ——构件受压稳定系数；
 ψ ——组合值系数，影响系数。

其 他

T ——结构自振周期；
 N ——贯入锤击数；
 I_{LE} ——地震时地基的液化指数；
 X_{ij} ——位移振型坐标（ j 振型 i 质点的 x 方向相对位移）；
 Y_{ij} ——位移振型坐标（ j 振型 i 质点的 y 方向相对位移）；
 n ——总数，如楼层数、质点数、钢筋根数、跨数等；
 v_{se} ——土层等效剪切波速；
 Φ_{ij} ——转角振型坐标（ j 振型 i 质点的转角方向相对位移）。

目 录

主要符号

第 1 章 抗震设计原则

§ 1-1 构造地震	1
§ 1-2 地震波、震级和烈度	1
§ 1-3 地震基本烈度和地震烈度区划图	9
§ 1-4 建筑抗震设防分类、设防标准和设防目标	9
§ 1-5 建筑抗震性能设计	13
§ 1-6 地震的破坏作用	15
§ 1-7 建筑抗震设计的基本要求	17

第 2 章 场地、地基与基础

§ 2-1 场地	22
§ 2-2 地震时地面运动特性	26
§ 2-3 天然地基与基础	33
§ 2-4 液化土地基	35
§ 2-5 桩基的抗震验算	48
§ 2-6 软弱黏性土地基	49

第 3 章 地震作用与结构抗震验算

§ 3-1 概述	51
§ 3-2 单质点弹性体系的地震反应	51
§ 3-3 单质点弹性体系水平地震作用——反应谱法	55
§ 3-4 多质点弹性体系的地震反应	64
§ 3-5 多质点弹性体系水平地震作用和地震效应	73
§ 3-6 地震作用反应时程分析法原理	81
§ 3-7 考虑水平地震作用扭转影响的计算	91
§ 3-8 竖向地震作用的计算	92
§ 3-9 结构自振周期和振型的近似计算	95
§ 3-10 地震作用计算的一般规定	110
§ 3-11 结构抗震验算	111
§ 3-12 结构抗震性能设计	115

第4章 钢筋混凝土框架、抗震墙与框架-抗震墙房屋

§ 4-1 概述	117
§ 4-2 震害及其分析	118
§ 4-3 抗震设计一般规定	119
§ 4-4 框架、抗震墙和框架-抗震墙结构水平地震作用的计算	127
§ 4-5 框架结构内力和侧移的计算	129
§ 4-6 抗震墙结构内力和侧移的计算	166
§ 4-7 框架-抗震墙结构内力和侧移的计算	234
§ 4-8 框架梁、柱与节点的抗震设计	271
§ 4-9 抗震墙截面设计	281
§ 4-10 抗震构造措施	285

第5章 多层砌体房屋

§ 5-1 概述	293
§ 5-2 震害及其分析	293
§ 5-3 抗震设计一般规定	296
§ 5-4 多层砌体房屋抗震验算	298
§ 5-5 抗震构造措施	316

第6章 底部框架-抗震墙砌体房屋

§ 6-1 概述	325
§ 6-2 震害及其分析	325
§ 6-3 抗震设计的一般规定	325
§ 6-4 房屋抗震验算	327
§ 6-5 房屋抗震构造措施	336

第7章 单层钢筋混凝土柱厂房

§ 7-1 震害及其分析	340
§ 7-2 抗震设计一般规定	342
§ 7-3 单层厂房抗震计算	344
§ 7-4 抗震构造措施	376

附录 A 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	381
--	-----

附录 B 框架结构和框架-剪力墙结构基本周期实测值	410
---------------------------------	-----

参考文献	411
------------	-----

第1章 抗震设计原则

§ 1-1 构造地震

在建筑抗震设计中,所指的地震是由于地壳构造运动使深部岩石的应变超过容许值,岩层发生断裂、错动而引起的地面振动。这种地震就称为构造地震,一般简称地震。

强烈的构造地震影响面广,破坏性大,发生频率高,约占破坏性地震总量^①的 90% 以上。因此,在建筑抗震设计中,仅限于讨论在构造地震作用下建筑的设防问题。

地壳深处发生岩层断裂、错动的地方称为震源。震源至地面的距离称为震源深度(图 1-1)。一般把震源深度小于 60km 的地震称为浅源地震; 60~300km 的称为中源地震; 大于 300km 的称为深源地震。我国发生的绝大部分地震都属于浅源地震,一般深度为 5~40km。例如, 1976 年 7 月 28 日的唐山大地震,震源深度为 11km; 而 2008 年 5 月 12 日的汶川大地震,震源深度为 14km。我国深源地震分布十分有限,仅在个别地区发生过深源地震,其深度一般为 400~600km。由于深源地震所释放出的能量,在长距离传播中大部分被损失掉,所以对地面上的建筑物影响很小。



图 1-1 地震术语示意图

震源正上方的地面称为震中,震中邻近地区称为震中区,地面上某点至震中的距离称为震中距。

§ 1-2 地震波、震级和烈度

一、地震波

当震源岩层发生断裂、错动时,岩层所积累的变形能突然释放,它以波的形式从震源

^① 除构造地震外,还有由于火山爆发、溶洞陷落、核爆炸等原因所引起的地震。

向四周传播，这种波就称为地震波。

地震波按其在地壳传播的位置不同，分为体波和面波。

(一) 体波

在地球内部传播的波称为体波。体波又分为纵波和横波。

纵波是由震源向四周传播的压缩波，又称 P 波。介质的质点的振动方向与波的传播方向一致。这种波的周期短，振幅小，波速快，在地壳内它的速度一般为 200~1400m/s。纵波的波速可按下式计算：

$$v_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \tag{1-1}$$

式中 E ——介质的弹性模量；

μ ——介质的泊松比；

ρ ——介质密度。

纵波引起地面垂直方向振动。

横波是由震源向四周传播的剪切波，又称 S 波。介质的质点的振动方向与波的传播方向垂直。这种波的周期长，振幅大，波速慢，在地壳内它的波速一般为 100~800m/s。横波的波速可按下式计算：

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \tag{1-2}$$

式中 G ——介质的剪切模量。

其余符号意义与前相同。

横波引起地面水平方向振动。

当取 $\mu=1/4$ 时，由式 (1-1) 和式 (1-2) 可得：

$$v_p = \sqrt{3}v_s \tag{1-3}$$

由此可见，P 波比 S 波传播速度快。

(二) 面波

在地球表面传播的波称为面波，又称 L 波。它是体波经地层界面多次反射、折射形成的次生波。其波速较慢，约为横波波速的 0.9。所以，它在体波之后到达地面。这种波的介质质点振动方向复杂，振幅比体波大，对建筑物的影响也比较大。

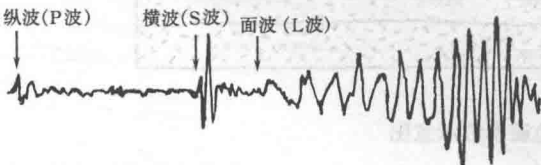


图 1-2 地震曲线图

图 1-2 为某次地震由地震仪记录下来的地震曲线图。由图中可见，纵波 (P 波) 首先到达，横波 (S 波) 次之，面波 (L 波) 最后到达。分析地震曲线图上 P 波和 S 波的到达的时间差，可确定震源的距离。

二、震级

衡量一次地震释放能量大小的等级，称为震级，用符号 M 表示。

由于人们所能观测到的只是地震波传播到地表的振动，这也正是对我们有直接影响的那一部分地震能量所引起的地面振动。因此，也就自然地用地面振动的振幅大小来度量地

震震级。1935 年里克特 (C. F. Richter) 首先提出了震级的定义, 即: 震级系利用标准地震仪 (指周期为 0.8s, 阻尼系数为 0.8, 放大倍数为 2800 的地震仪) 距震中 100km 处记录的以微米 ($1\mu\text{m}=1\times 10^{-3}\text{mm}$) 为单位的最大水平地面位移 (振幅) A 的常用对数值:

$$M = \lg A \quad (1-4)$$

式中 M ——地震震级, 一般称为里氏震级;

A ——由地震曲线上量得的最大振幅 (μm)。

例如, 在距震中 100km 处, 用标准地震仪记录到的地震曲线的最大振幅 $A=10\text{mm}$ (即 $10^4\mu\text{m}$), 于是该次地震震级为:

$$M = \lg A = \lg 10^4 = 4$$

实际上, 地震时距震中 100km 处不一定恰好有地震台站, 而且地震台站也不一定有上述的标准地震仪。因此, 对于震中距不是 100km 的地震台站和采用非标准地震仪时, 需按修正后的震级计算公式确定震级。

震级与地震释放的能量有下列关系:

$$\lg E = 1.5M + 11.8 \quad (1-5)$$

式中 E ——地震释放的能量。

由式 (1-3) 和式 (1-4) 计算可知, 当地震震级相差一级时, 地面振动振幅增加约 10 倍, 而能量增加近 32 倍。

一般说来, $M < 2$ 的地震, 人们感觉不到, 称为微震; $M = 2 \sim 4$ 的地震称为有感地震; $M > 5$ 的地震, 对建筑物就要引起不同程度的破坏, 统称为破坏性地震; $M > 7$ 的地震称为强烈地震或大地震; $M > 8$ 的地震称为特大地震。

三、地震烈度、地震烈度表和平均震害指数

(一) 地震烈度、地震烈度表

地震烈度是指地震时在一定地点引起的地面震动及其影响的强弱程度。相对震中而言, 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)^① 就属于这种宏观烈度表。由于宏观烈度表未能提供定量指标, 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, 使人们有可能记录到地面运动参数, 如地面运动加速度峰值、速度峰值来定义地震烈度, 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记录, 因此, 用定量烈度表评定地震现场的地震烈度还有一定困难。比较好的方法是将两种烈度表结合起来, 使之兼有两种功能, 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, 该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的功能。

《中国地震烈度表》GB/T 17742—1999 自发布实施以来, 在地震烈度评定中发挥了

① 参见北京建筑工程学院, 南京工学院合编. 建筑结构抗震设计. 北京: 地震出版社, 1981.

重要作用。由于国家经济发展，城乡房屋结构发生了很大变化，抗震设防的建筑比例增加。因此，由中国地震局对《中国地震烈度表》GB/T 17742—1999 进行了修订，并由国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会联合发布了新的《中国地震烈度表》GB/T 17742—2008，参见表 1-1。

中国地震烈度表 GB/T 17742—2008 表 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)
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)
		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/ 和轻微破坏， 多数基本完好	0.07~0.22			

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
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 坏或/和毁坏	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	0.69~0.91	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 根部破坏或倒塌	10.00 (7.08~14.14)	1.00 (0.72~1.41)
		B	大多数毁坏				
		C	多数毁坏和/ 或严重破坏	0.58~0.80			
Ⅺ	—	A	绝大多数 毁坏	0.89~1.00	地震断裂延续 很大; 大量山崩 滑坡	—	—
		B					
		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。