

建筑抗震设计规范 疑问解答

王亚勇 戴国莹 著

中国建筑工程工业出版社

建筑抗震设计规范疑问解答

王亚勇 戴国莹 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震设计规范疑问解答/王亚勇, 戴国莹著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2006
ISBN 7-112-07993-4

I. 建... II. ①王... ②戴... III. 建筑结构—抗震设计
—设计规范—中国—问答 IV. TU352.104-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 161205 号

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 自 2002 年 1 月实施以来, 对我国
建筑工程的抗震设防产生积极作用。在执行该规范过程中, 读者也产生了各种
各样的疑问。本书共解答 231 个问题, 分成: 概述, 设防水准、设防目标和规
范适用范围, 抗震设防分类, 抗震概念设计和抗震设计的强制性要求等 12 章,
阐述简明, 切中要点。本书可供建筑设计、审图、科研人员以及大专院校
师生阅读。

* * *

责任编辑: 蒋协炳
责任设计: 赵 力
责任校对: 刘 梅 王金珠

建筑抗震设计规范疑问解答

王亚勇 戴国莹 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

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10½ 插页: 4 字数: 259 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 32.00 元

ISBN 7-112-07993-4
(13946)

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.cabp.com.cn>

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

前 言

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001自2002年1月实施以来,对我国建筑工程的抗震设防产生积极的作用,我国工程界的专家同行给予了相当的关注。规范实施过程中,也产生了各种各样的疑问。这些问题可能是由于对规范背景了解不够、或是由于对规范条文的理解不同而产生的;也可能是由于规范制订过程中,对建筑地震震害的认识不够、对各类建筑结构的动力性能研究不透、甚至是规范编制组本身对建筑结构抗震理论与实践的认识不足造成的;有些问题则是由于我国建设事业的快速发展,新型结构的不断涌现,现代地震对它们的破坏规律尚未被我们认识,规范的编制还停留在必然王国,到不了自由王国所造成的。

本书中的绝大部分问题是我国工程界在执行该规范过程中产生的。我们首先要感谢工程界的同仁们在过去几年来不断地向规范管理组提出问题,考验着我们,让我们对《建筑抗震设计规范》的不足有清醒的认识,也让我们对规范的进一步修订有了不断充实的理论与实践基础。

书中提到的一些问题,从2002年起,曾在《工程抗震与加固改造》(原《工程抗震》)杂志上,有过解答。具体由中国建筑科学研究院的沙安、孙建华、白雪霜、毋建平等单位,经笔者审定后发表,在此表示谢意。皮声援对本书的编辑给与帮助,在此一并致谢。

书中关于高层建筑混凝土结构抗震设计的部分问题,引自黄小坤2004年在《土木工程学报》发表的文章,已征得作者同意,也表示谢意。

本书最后一章编入了《建筑工程强制性条文(房屋建筑部分)实施导则》的相关内容,以帮助设计人员全面理解和掌握关于抗震设计的强制性条文的准确内涵。

本书对问题的解答,有些综合表达了规范管理组的意见,有些是笔者经与有关专家探讨后得出的意见,有些是笔者收集到的震害资料和工程实例,其中亦包含笔者的见解等等。可能有不正确之处,或读者对某些解答有不同见解,欢迎批评指正。同时,我们也期待读者进一步对《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001提出宝贵意见。

目 录

前言

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章 概述——关于建筑抗震设计国家标准的修订 | 1 |
| 第一节 抗震设计规范历次修订情况 | 1 |
| 第二节 2001 抗震规范的主要改进 | 3 |
| 第三节 2004 抗震设防分类标准的主要改进 | 14 |
| 第四节 2002 版抗震设计强制性条文的改进 | 15 |
| 第二章 关于抗震设防水准、设防目标和规范适用范围 | 18 |
| 第一节 设防水准和目标 | 18 |
| 第二节 抗震设计规范的适用范围 | 22 |
| 第三章 关于建筑抗震设防分类 | 29 |
| 第一节 抗震设防分类示例 | 29 |
| 第二节 不同设防分类的要求 | 33 |
| 第四章 关于建筑抗震概念设计 | 35 |
| 第一节 概念设计的基本内容 | 35 |
| 第二节 体现概念设计的震害示例 | 37 |
| 第五章 关于场地、地基和基础 | 40 |
| 第一节 场地勘察 | 40 |
| 第二节 地基基础抗震设计 | 47 |
| 第六章 关于地震作用和抗震验算 | 51 |
| 第一节 地震作用计算 | 51 |
| 第二节 结构和构件抗震验算 | 56 |
| 第七章 关于常规钢筋混凝土结构抗震设计 | 61 |
| 第一节 结构布置和抗震等级 | 61 |
| 第二节 框架结构 | 66 |
| 第三节 抗震墙结构 | 67 |
| 第四节 框架-抗震墙和框架-核心筒结构 | 71 |
| 第八章 关于砌体结构抗震设计 | 73 |
| 第一节 结构布置 | 73 |
| 第二节 多层砌体结构抗震构造 | 79 |
| 第三节 底部框架上部砌体结构 | 81 |
| 第九章 关于其他结构抗震设计 | 84 |
| 第十章 关于非结构构件抗震设计 | 86 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第十一章 关于复杂高层和超限高层建筑结构抗震设计 | 88 |
| 第一节 复杂高层建筑结构 | 88 |
| 第二节 超限高层建筑结构 | 90 |
| 第十二章 抗震设计的强制性要求 | 98 |
| 第一节 抗震设防依据和分类的强制性要求 | 98 |
| 第二节 场地勘察和基础抗震设计的强制性要求 | 103 |
| 第三节 建筑布置和结构选型的强制性要求 | 108 |
| 第四节 抗震结构材料的强制性要求 | 110 |
| 第五节 结构抗震计算分析的强制性要求 | 112 |
| 第六节 混凝土结构抗震的强制性要求 | 118 |
| 第七节 多层砌体结构抗震的强制性要求 | 127 |
| 第八节 钢结构抗震设计的强制性要求 | 138 |
| 第九节 砖-混凝土混合结构抗震的强制性要求 | 143 |
| 第十节 结构隔震减震设计的强制性要求 | 148 |
| 附录 A 建筑抗震设计规范疑问索引 | 152 |
| 附录 B 建筑震害实况 | 彩插 |

第一章 概述——关于建筑抗震设计国家标准的修订

第一节 抗震设计规范历次修订情况

1.1 我国建筑抗震设计规范有多少版本?

我国建筑抗震设计规范的发展,与国内外大地震的发生、国民经济的发展以及抗震科研水平的提高有着十分密切的关系。

上世纪50年代,鉴于当时的历史条件,除极为重要的工程外,一般建筑都没有考虑抗震设防。当时国家规定:“在8度及以下的地震区的一般民用建筑,如办公楼、宿舍、车站、码头、学校、研究所、图书馆、博物馆、俱乐部、剧院及商店等均不设防。9度以上地区则用降低建筑高度和改善建筑平面来达到减轻地震灾害”。

我国最早的建筑抗震设计标准的编制工作开始于1959年,由原中国科学院土木建筑研究所(现为中国地震局工程力学研究所)学部委员刘恢先教授主持,参照前苏联规范,提出《地震区建筑规范草案》;1964年完成了《地震区建筑设计规范草案》(简称64规范),规定了房屋建筑、水工、道路桥梁等工程的抗震设计内容。这个草案虽未正式颁布施行,但对当时工程建设以及以后规范发展起到了积极的作用。

1966年邢台地震后,在京津地区抗震办公室的领导下,编制了《京津地区建筑抗震设计暂行规定》,作为地区性的抗震设计规范。

1972年原国家建委下达了规范编制任务,由有关设计、施工、科研单位和高等院校共同组成规范编制组,总结了邢台地震经验和当时国内外抗震科研成果,于1974年完成并由国家批准发布了全国第一本建筑抗震设计规范,即《工业与民用建筑抗震设计规范(试行)》TJ 11—74(简称74规范)。

1976年唐山大地震后,随即对74规范进行了修改,颁发了《工业与民用建筑抗震设计规范》TJ 11—78(简称78规范)。

此后,开展了大量的、深入的抗震科研工作,分析总结了唐山地震的经验,积累了抗震设计的实践经验,对78规范进行修订,完成并发布了《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89(简称89规范),6度区的建筑工程正式纳入抗震设防范围。提出了“小震不坏、中震可修、大震不倒”的设防目标,地震作用计算取消了“结构影响系数 C ”、增加了扭转计算和变形计算方法,采用了以概率理论为基础的构件抗震验算表达式,补充了抗震构造措施,并增加了砌块房屋、钢结构单层厂房和土木石房屋的抗震设计要求。1995年颁布了配套的《建筑抗震设防分类标准》GB 50223—1995(简称95分类标准)。

1997年7月,经建设部标准定额司批准,由中国建筑科学研究院会同有关设计、勘

察、研究和教学共 26 个单位 39 名专家组成修订编制小组,开始了对 89 规范的全面修订工作。2001 年 1 月报批。2001 年 7 月 20 日由建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布,编号为 GB 50011—2001(简称 2001 规范),自 2002 年 1 月 1 日起实施。2003 年底,95 分类标准也完成了修订,于 2004 年 6 月 18 日由建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布,编号为 GB 50223—2004(简称 2004 分类标准),自 2004 年 10 月 1 日起实施。

1.2 我国的地震区域划分图有多少版本?

对一个地区的地震烈度水准进行标定,并提出地震区域划分的图件或文件,是工程抗震设计的基本依据。我国的地震区域划分,随着地震工程研究的发展不断改进。

上世纪 50 年代,为解决重要工业建设的抗震设防依据问题,中国科学院地球物理研究所提出了许多城镇的地震基本烈度,1956 年编制了 500 万分之一的《地震烈度区划图》,未正式批准发布。1957 年 5 月、7 月和 1958 年 2 月,国家基本建设委员会相继分三批批准发布了全国 298 个城镇的基本烈度,这是我国地震区划的雏形。

上世纪 70 年代,由原国家地震局组织所属有关单位编制了 300 万分之一的《中国地震烈度区划图》(1977),并经国家有关主管部门批准,是 78 抗震规范修订的基础资料之一。这个区划图的编制,采用了我国自己的方法,建立在地震中、长期预报的基础上,给出了从 70 年代起 100 年内一个地区在平均场地条件下可能发生的地震最大烈度。

唐山大地震以来,开始研究采用基于概率预测的地震危险性分析方法判断一个地区发生地震的可能性及其强烈程度。1992 年由国家地震局和建设部联合发布了 400 万分之一的《中国地震烈度区划图》(1990),明确提供了 50 年超越概率 10% 的地震基本烈度区划。全国约 79% 的面积属于 6 度及以上的抗震设防区。

2001 年,在充分吸取国内外有关地震区划的最新科研成果的基础上,中国地震局组织有关单位完成了 400 万分之一的国家标准《中国地震动参数区划图》(GB 18302—2001),提供了 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度和反应谱特征周期。这是与 2001 抗震规范配套的地震基本区划。抗震设防区有所扩大。

1.3 与 89 规范相比,2001 抗震规范的内容有哪些主要变化?

与 89 规范相比,2001 规范的条文和内容有较大的增加:

89 规范有 11 章、39 节、7 附录,共 329 条。内容包括总则,抗震设计基本要求,场地、地基和基础抗震,地震作用和结构抗震验算,多层砖结构和砌块结构、底层框架和多层内框架结构、多层和高层钢筋混凝土结构的抗震设计以及单层工业厂房、单层空旷房屋、土石房屋、烟囱、水塔的抗震设计要求。

2001 规范有 13 章、54 节、11 附录,共 507 条。内容比 89 规范新增混凝土筒体和板柱结构、多层和高层钢结构、配筋小砌块结构的抗震设计以及房屋隔震、消能减震设计,并删去粉煤灰中型砌块、单排柱内框架、烟囱和水塔的有关内容。

1.4 与 1995 抗震设防分类标准相比,2004 分类标准的内容有哪些主要变化?

1995 年版共有 11 章 51 条,包括分类原则和各主要生产建筑的设防分类;章节编排主要按生产领域划分,如广播、电视和邮电通信建筑,交通运输建筑,能源建筑,原材料工业建筑,加工制造工业建筑,城市防灾建筑,仓库类建筑,民用及其他建筑等。

2004 年版共有 8 章 13 节 72 条,内容上增加了城镇给排水工程和桥梁等交通设施的

分类,具体的示例更加细化;章节编排按防灾建筑、基础设施建筑、公共和居住建筑、工业建筑和仓库类建筑划分。

第二节 2001 抗震规范的主要改进

1.5 在 2001 规范中,保持了 89 规范的哪些基本规定?

89 规范对建筑结构的抗震设计做了如下的基本规定:

(1) 用三个不同的概率水准和两阶段设计体现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的基本设计原则。小震出现的概率为 50 年内超越概率 63%,重现期为 50 年;中震出现的概率为 50 年内超越概率 10%,重现期为 475 年;大震出现的概率为 50 年内超越概率 2%~3%(9 度区 2%,7 度区 3%),前者重现期为 2400 年,后者重现期为 1600 年。

(2) 以抗震设防烈度做为抗震设计的基本依据,引入“设计近震和设计远震”,初步体现地震震级、震中距的影响。

(3) 不同类型的结构需采用不同的地震作用计算方法;并利用“地震作用效应调整系数”,体现某些抗震概念设计的要求。

(4) 按照我国建筑结构可靠度设计统一标准的原则,取消 78 规范的“结构影响系数 C”,通过“多遇地震”条件下的概率可靠度分析,建立了结构构件截面抗震承载力验算的多分项系数的设计表达式。

(5) 把抗震计算和抗震措施作为不可分割的组成部分,强调通过概念设计,协调各项抗震措施,从结构整体布置到构件的细部构造均提出要求,实现“大震不倒”。

(6) 砌体结构需设置水平和竖向的延性构件(圈梁、构造柱、芯柱等)形成墙体的约束,以防止倒塌。

(7) 钢筋混凝土结构需确定其“抗震等级”,从而采取相应的计算(内力调整系数)和构造措施;对框架结构还要求控制“薄弱层弹塑性变形”,通过第二阶段的设计防止倒塌。

(8) 装配式结构需设置完整的支撑系统,采取良好的连接构造,确保其整体性。

上述基本要求是我国工程界多年积累的震害经验和工程实践的总结,是建筑结构抗震设计的基本原则和概念,在 2001 规范继续保持,体现了规范延续性。

1.6 按照 2001 规范进行结构抗震设计,其安全性有哪些提高?

根据建设部领导的指示和专家的意见,2001 规范遵从“依据我国国情,适当调整提高抗震设防标准”的原则,提高要有针对性,不宜一概而论、普遍提高;应明确,作为国家标准,所提出的设防要求是基本安全要求,各有关行业标准、地方标准可根据具体情况提出不低于该标准的设防要求;对高烈度区、地震多发区、经济发达和人口稠密地区的设防标准可定得细一些,以适应市场经济的发展需要。因此,按照 2001 规范进行抗震设计,安全性比 89 规范有一定提高,主要表现为:

(1) 抗震设防范围有所扩大,不设防的县级及县级以上城镇,由 1990 区划图的 21.5%减少为 17.3%,7 度设防的县级及以上城镇,由 1990 区划的 30.3%增加为 33.7%。

(2) 改进了抗震不利地段的评价和处理,包括:对存在断裂的工程场地,提出了如何

避让的明确规定；对局部突出地形，明确规定建筑结构抗震计算时地震动需要放大，并提供了增大系数的取值范围；增加了深层液化和软土震陷等的判别和处理技术；借鉴构筑物抗震设计规范的经验，提出了桩基抗震设计方法。

(3) 设计特征周期比 89 规范大 0.05s，总体上提高了中等高度房屋和单层厂房的地震作用，使量大面广的一般结构的抗震安全性有一定提高；长周期结构要按烈度、扭转效应等控制地震作用的最小取值；对称且抗侧力构件正交的结构，需要考虑实际结构偶然偏心 and 地震动的扭转作用，将边榀结构的地震内力适当增大；非对称结构或抗侧力构件斜交的结构，应考虑两个主轴方向同时施加地震作用。

(4) 弹性层间位移的控制由楼层平均值调整为最大值，并调整了层间位移角限值。

(5) 补充了提高钢筋混凝土结构延性的抗震措施：提高了抗震等级一、二级增大系数的数值；对抗震等级三级也规定了增大系数；综合考虑结构中抗震墙数量、柱子剪跨比、箍筋构造和在整个结构中所处的部位，修订了钢筋混凝土柱的轴压比控制值，并规定较大轴压比的加强措施；为改善混凝土抗震墙的抗震性能，在抗震墙的底部加强部位，要求控制墙体的最大轴压比，当轴压比较大时，需设置约束边缘构件。

(6) 改进了砌体结构的约束构造并要求底部框架砖房的设计：当砌体房屋的高度接近总高度限值时需适当增加构造柱数量；提出了墙体内有多根构造柱的抗震承载力简化计算方法；规定了底部设置框架-抗震墙房屋的刚度比控制、上下层结构布置、过渡层设计等，特别对托墙梁的计算和构造作了专门规定，并提高了底部框架的抗震等级。

(7) 通过不同烈度、不同场地条件、不同结构的十个项目的试设计，结果表明：对各类砌体结构，89 规范和 2001 规范差别不大；对混凝土结构，多层框架配筋量约增加 10%，高层框架-抗震墙配筋量约增加 5%。

1.7 建筑结构的抗震设防依据有哪些改进？

1990 年版的《中国地震烈度区划图》规定，在 50 年内超越概率为 10% 的地震，分为 5 个不同的等级，即 ≤ 5 度、6 度、7 度、8 度和 ≥ 9 度。抗震设计时，与设防烈度对应的设计基本加速度值分别为 $< 0.05g$ ， $0.05g$ ， $0.10g$ ， $0.20g$ 和 $0.40g$ 。

2001 版的《中国地震动参数区划图》，对标准场地 50 年超越概率为 10% 的地震动峰值加速度，分为 7 个等级，即 $< 0.05g$ ， $0.05g$ ， $0.10g$ ， $0.15g$ ， $0.20g$ ， $0.30g$ 和 $\geq 0.40g$ 。抗震设防烈度与设计基本地震加速度值的对应关系如表 1-1 所示。设防烈度为 5 度(加速度 $< 0.05g$)的为抗震不设防区。

抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系

表 1-1

| 抗震设防烈度 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|---------|---------------|---------------|---------|
| 设计基本地震加速度值 | $0.05g$ | $0.10(0.15)g$ | $0.20(0.30)g$ | $0.40g$ |

2001 规范考虑震级、震源机制和震中距的影响，将设计地震分为三组；同时还考虑不同场地条件对设计反应谱形状的影响，以反应谱特征周期来表征。对标准场地(相当 II 类场地)阻尼比为 0.05 的加速度反应谱的特征周期，分别取 0.35s，0.40s 和 0.45s 三档，(大致反映近、中、远震影响)。不同设计地震分组和不同场地的反应谱的特征周期如表 1-2 所示。

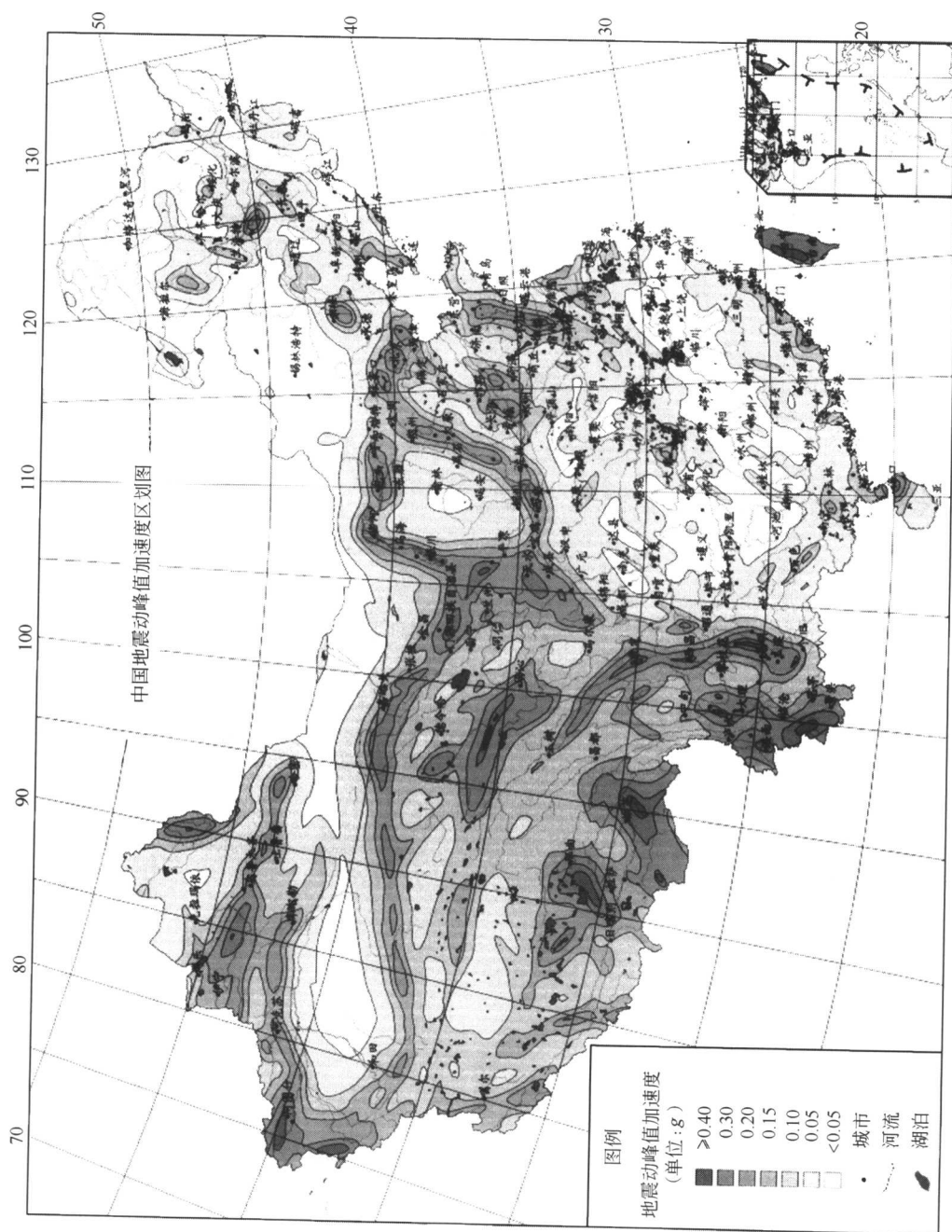


图 1-1 中国地震区划图(峰值加速度)

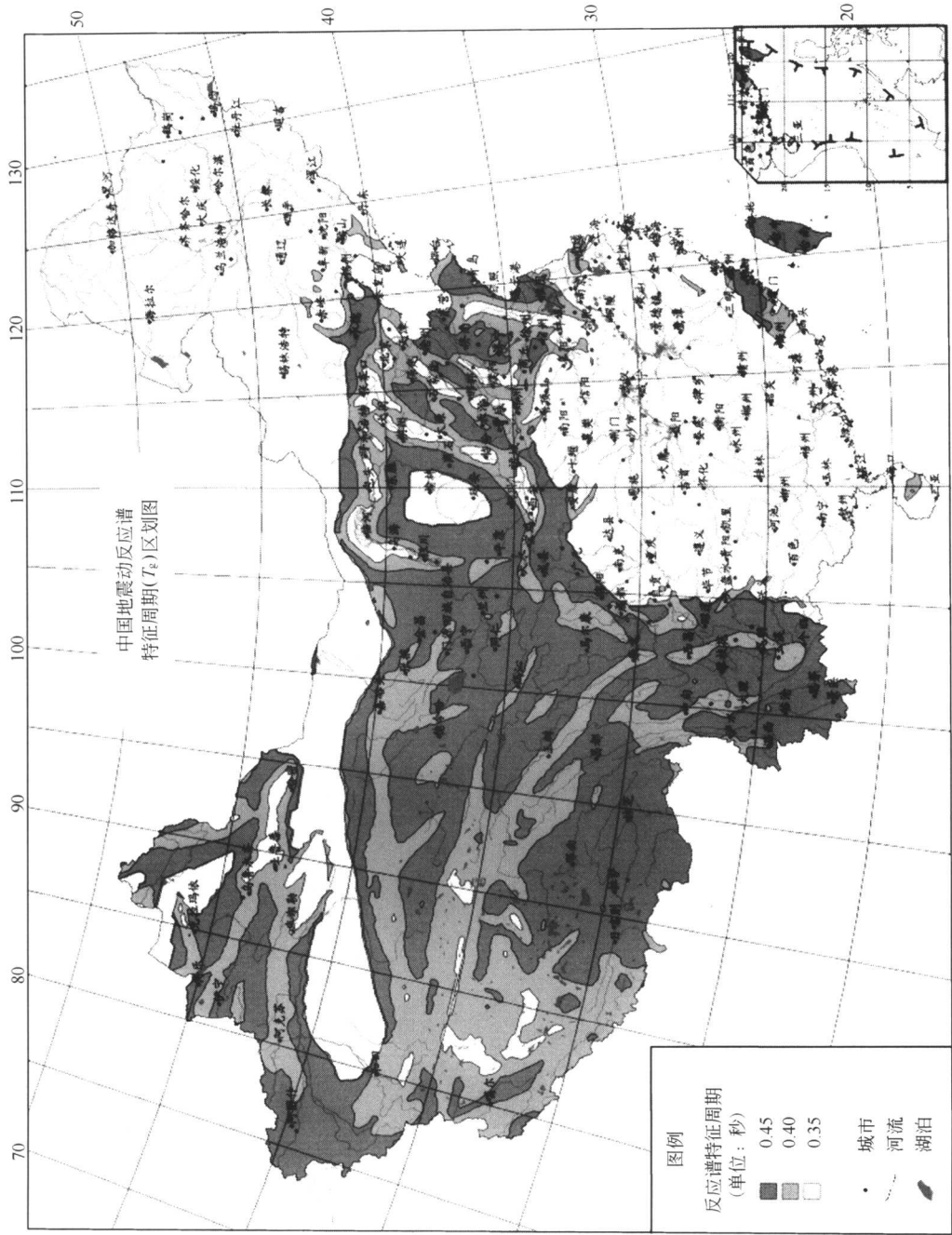


图 1-2 中国地震区划图(特征周期 T_g)

建筑结构抗震设计的反应谱特征周期值(s)

表 1-2

| 设计地震分组 | 场地类别 | | | |
|--------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| 第一组 | 0.25 | 0.35 | 0.45 | 0.65 |
| 第二组 | 0.30 | 0.40 | 0.55 | 0.75 |
| 第三组 | 0.35 | 0.45 | 0.65 | 0.90 |

于是，对不同地震区的不同场地上的建筑物进行抗震设计时，抗震设防依据将有 72 个不同的分档。图 1-1 和 1-2 分别为中国地震动参数区划图的峰值加速度分区和反应谱特征周期分区图。

1.8 2001 规范对建筑场地类别划分的局部调整是什么？

89 规范引入场地剪切波速和场地覆盖层厚度，作为划分场地类别时所考虑的两个因素，比 78 规范有所改进。实践中发现这种划分方法的主要不足是：

(1) 多层土的剪切波速采用以厚度为权的平均方法，不能使多层土与匀质土层等效，平均的物理意义不够清楚。

(2) 各层土质和剖面顺序完全相同仅覆盖层厚度不同的两个场地，在覆盖层厚度较小时，可能会出现场地条件好的反而划为较不利的类别。例如，有两个多层土地场 A 和 B，第一层均为淤泥，实测波速为 100m/s，厚度 8m；第二层为密实的粘土，实测波速为 280m/s，A 场地厚度 2m，B 场地厚度 9m；第三层为波速大于 500m/s 的碎石土，可当作基岩。则 A 场地的平均剪切波速为 136m/s，覆盖层厚度为 10m，划为 III 类场地；B 场地的平均波速为 (计算厚度取 15m) 221m/s，覆盖层厚度为 17m，反而划为 II 类场地。

(3) 剪切波速和覆盖层厚度处于不同类场地的分界附近时，实测误差可使场地类别划分结果不同。

为此，2001 规范关于场地划分方法提出下列修改(参见图 1-3)：

(1) 剪切波速的平均方法，改用以走时为权的平均，称为等效剪切波速，即多层土与匀质土在剪切波速的传播时间上等效。

(2) 适当调整不同类别场地的分界。

(3) 对波速和覆盖层厚度处于不同类场地分界附近的情况，例如，在场地分界附近相差 ±15% 的范围内，计算结构地震作用时，允许对设计反应谱特征周期内插取值。

1.9 岩土勘察和基础抗震设计要求的主要改进是什么？

在岩土工程勘察和基础抗震设计方面，2001 规范对 89 规范的主要改进可归纳为表 1-3 所示。

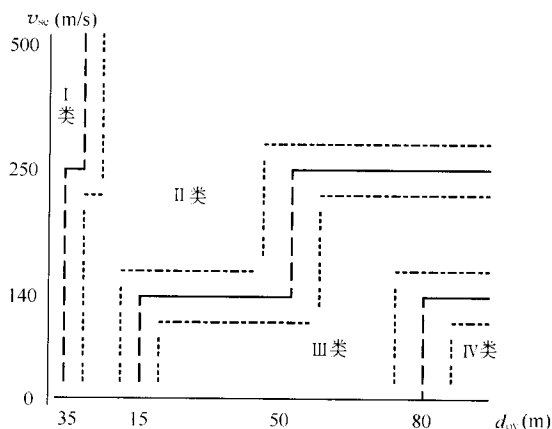


图 1-3 场地分类示意图

岩土勘察和基础抗震设计的主要改进

表 1-3

| 项 目 | 89 规范 | 2001 规范 |
|------|------------------------|--|
| 危险地段 | 发震断裂带应考虑错动 | 发震断裂带在避让距离外不考虑错动 |
| 不利地段 | 提供岩土稳定性评价 | 提供岩土稳定性评价，考虑地震作用放大 |
| 液化判别 | Q_3 以前不液化，液化判别深度 15m | Q_3 以前冲积沙土和粉土不液化，液化判别深度改为 20m |
| 液化处理 | 处理后液化指数 ≤ 4 | 乙类处理后的液化指数 ≤ 3 ，倾斜场的液化处理，复合地基的换算锤击数 |
| 软土地基 | 综合考虑桩基、地基加固和上部结构处理 | 同 GBJ 11—89，增加考虑软土震陷的方法 |
| 桩 基 | 仅规定不验算范围 | 增加桩抗震承载力验算和构造措施 |

1.10 长周期和不同阻尼比的设计反应谱有什么变化？

随着高层建筑高度的不断增加，以及高层钢结构、隔震消能结构的出现，89 规范的设计反应谱已经不能适应建筑结构发展的需要。而且，随着地震动参数区划中关于特征周期的新规定，89 规范的“设计近震和设计远震”的概念也需要加以发展。

2001 规范所采用的设计反应谱如图 1-4 所示。设计反应谱的周期范围由 3s 延伸到 6s，分上升段、平台段、指数下降段和倾斜下降段四个区段。一般结构阻尼比为 0.05，在 $5T_g$ 以内与 89 规范相同，保持了规范的延续性；从 $5T_g$ 起改为倾斜下降段，斜率为 0.02。

对阻尼比 ζ 不等于 0.05 的结构，设计反应谱在阻尼比 $\zeta=0.05$ 的基础上调整：

- (1) 平台段的数值乘以 $1+(0.05-\zeta)/(0.06+1.7\zeta)$ ；
- (2) 指数下降段的指数由 0.9 改为 $0.9+(0.05-\zeta)/(0.5+5\zeta)$ ；
- (3) 倾斜下降段的斜率由 0.02 改为 $0.02+(0.05-\zeta)/8$ 。

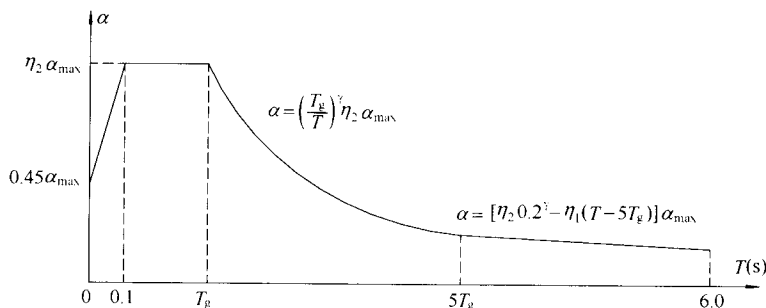


图 1-4 GB 50011—2001 规范设计反应谱

1.11 2001 规范对建筑结构抗震分析规定有哪些改进？

1. 2001 规范增加了对于结构分析的规定。主要包括：

- (1) 弹性分析和弹塑性分析的基本要求；
- (2) 当侧移附加弯矩大于水平力作用下构件弯矩的 1/10 时，应考虑重力二阶效应；
- (3) 按楼、屋盖刚度、结构对称性的不同情况，区别对待，采用平面或空间结构分析方法；

(4) 新增对计算机软件的要求和对电算结果的分析判断。

2. 2001 规范要求控制建筑结构地震作用的取值。从设计特征周期、最小地震力、偶然偏心和双向水平地震等四个方面来控制建筑结构地震作用：

(1) 对 I、II、III 类场地，特征周期比 89 规范增大 0.05s，总体上提高了中等高度房屋和单层厂房的地震作用，使量大面广的一般结构的抗震安全性有一定的提高。

(2) 长周期结构按加速度反应谱计算的地震作用明显偏小，由于未考虑强地面运动速度和位移(体现地震动的长周期作用)对结构的影响，可能是不安全的。为此，提出按烈度、扭转效应等分级控制，不仅控制底部总地震剪力，而且控制每个楼层的地震剪力。当结构基本周期不大于 3.5s 或扭转效应明显时，楼层剪力系数应不小于 $0.2\alpha_{max}$ ，基本周期大于 5.0s 时，7、8、9 度的剪力系数分别不应小于 0.012、0.024 和 0.040，基本周期界于 3.5s 和 5.0s 之间的结构，可插值。

(3) 震害经验和强震记录的分析认为：实际地震地面运动是同时具有平动、扭转和上下分量的，对于对称且抗侧力构件正交的结构，可简化为两个主轴方向分别考虑地震作用，但需要考虑实际结构偶然偏心 and 地震动的扭转作用，将边榀结构的地震内力适当增大 1.05~1.30 倍。

(4) 对于明显非对称结构或抗侧力构件斜交的结构，必需考虑两个主轴方向同时施加地震作用。两个方向的地震作用效应组合，取一个方向 100%，另一正交方向 85% 的“平方和方根组合”。如：

$$S = \sqrt{S_x^2 + (0.85S_y)^2} \quad (1-1)$$

3. 2001 规范扩大了结构变形验算的范围。

近几年来，高层建筑和新结构体系增多，相应的研究也取得一定的成果。2001 规范规定，弹性层间变形的控制值，不仅是楼层的质心处的位移，而应是楼层最大的层间位移。除了以弯曲变形为主的高层建筑外，小震下的弹性层间位移限值是：

| | |
|-----------------------|--------|
| 钢筋混凝土框架 | 1/550 |
| 钢筋混凝土框-墙，内筒-外框 | 1/800 |
| 钢筋混凝土抗震墙，筒中筒，钢筋混凝土框支层 | 1/1000 |
| 钢结构 | 1/300 |

不规则结构、超高层结构、隔震和消能结构均需进行弹塑性层间变形验算。其中，对排架、框架、隔震消能结构、甲类建筑和高层钢结构的要求为“应”，其余为“宜”。弹塑性层间变形可采用静力的弹塑性计算方法，即所谓推覆(push-over)方法予以简化。各类结构大震下弹塑性层间位移限值是：

| | |
|------------------------------|-------|
| 钢筋混凝土排架 | 1/30 |
| 钢筋混凝土框架 | 1/50 |
| 钢筋混凝土框-墙、板柱-墙、内筒-外框、底框砖房的框-墙 | 1/100 |
| 钢筋混凝土抗震墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层 | 1/120 |
| 钢结构 | 1/50 |

1.12 2001 规范对建筑结构的抗震概念设计新增哪些规定？

1999 年台湾 921 大地震的经验表明，凡骑楼、底层层高加大、二层悬挑、楼板中空

等不规则结构，地震破坏严重。2001 规范增加了沿平面和沿高度布置的规则界限，并明确规定某些不规则的上限和设计要求。表 1-4 和表 1-5 分别是平面不规则和竖向不规则的定义，表 1-6 是不规则布置的设计要求。

平面不规则布置的定义 表 1-4

| 项 目 | 不 规 则 的 定 义 |
|-------|--|
| 扭转 | 端部层间位移 Δu_{max} 大于两端弹性层间位移平均值 Δu_0 的 1.2 倍 |
| 凹凸角 | 局部凸出或凹进的尺寸大于该方向总尺寸的 30% |
| 楼板不连续 | 缩进或开洞后的板宽小于该方向典型板宽的 1/2，或洞口面积大于该层楼板面积的 30%，较大错层 |

竖向不规则布置的定义 表 1-5

| 项 目 | 不 规 则 的 定 义 |
|------|--|
| 刚度突变 | 层侧向刚度小于相邻上层 0.7，或小于其上三层平均值的 0.8 倍 |
| 构件间断 | 柱、抗震墙、抗震支撑承担的地震力由转换构件向下传递 |
| 强度突变 | 楼层受剪承载力与相邻上层受剪承载力之比(ξ_y 比) <0.8 |

不规则布置的设计要求 表 1-6

| 项 目 | 设 计 要 求 |
|------------|--|
| 平面不规则，竖向规则 | 考虑扭转、楼盖变形的空间结构分析， $\Delta u_{max} < 1.5\Delta u_0$ |
| 平面规则，竖向不规则 | 地震剪力乘 1.15，不落地构件的地震内力乘 1.5，(ξ_y 比) >0.65 |
| 平面和竖向均不规则 | 同时满足上述要求 |

1.13 2001 规范对钢筋混凝土框架结构的内力调整和构造要求的主要变化是什么？

1. 弱化了房屋高度对抗震等级的影响。

钢筋混凝土结构的抗震等级划分中，对房屋高度的分界适当调整，使同一结构类型高度又接近的房屋，在不同烈度下有不同的抗震等级；而且在高度分界附近允许对抗震等级做些调整。

2. 提高体现强柱弱梁、强剪弱弯概念设计的要求：

89 规范从实用的角度，综合了安全、经济和合理诸方面的考虑，在截面实际配筋面积不超过计算配筋量 10% 的情况下，将实际承载力不等式转换为内力和抗震承载力的验算表达式。

考虑到实际配筋往往超过计算值的 10%，2001 规范提高了增大系数的数值，仅在 9 度和一级的框架中保留按实际配筋验算的要求，增大系数见表 1-7。

柱、梁、墙和节点核心区弯矩或剪力设计值增大系数汇总 表 1-7

| 抗震等级 | 强柱弱梁和柱强剪 | 梁 强 剪 | 墙 强 剪 | 核 芯 区 |
|-------|----------|-------|-------|-------|
| 9 度 等 | 按实际配筋计算 | | | |
| 一 级 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 1.35 |
| 二 级 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 1.2 |
| 三 级 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | — |

3. 对框架柱轴压比控制给出了放松的条件:

按 89 规范控制轴压比, 柱子的截面尺寸往往取决于轴压比, 不仅因截面较大影响了使用要求, 而且其纵向钢筋和箍筋均由最低的构造要求控制, 抗震性能并不好。为此, 综合考虑结构中抗震墙数量、柱子剪跨比、箍筋构造和在整个结构中所处的部位, 修订了钢筋混凝土柱的轴压比控制值:

对框架-抗震墙结构、框架-筒体结构, 其框架柱的轴压比限值可增加 0.05;

当采用井字复合箍、复合螺旋箍或连续复合螺旋箍时, 提高体积配箍率后, 各类框架柱的轴压比限值可增加 0.05~0.10;

当在柱截面的中部另加纵向钢筋, 其截面不少于柱截面面积的 0.8%, 不需提高体积配箍率, 各类框架柱的轴压比限值也可增加 0.05。

4. 柱体积配箍率采用最小配箍特征值控制:

随着各类建筑的发展, 混凝土和箍筋的强度等级均有较大的变化, 规定直接按配箍特征值 λ_v 的要求设置柱加密区的箍筋。即

$$\rho_v \geq \lambda_v f_c / f_{yv} \quad (1-2)$$

式中 ρ_v ——柱箍筋加密区的体积配箍率;

λ_v ——最小配箍特征值, 按表 1-8 采用。

柱箍筋加密区的箍筋最小配箍特征值

表 1-8

| 抗震等级 | 箍筋形式 | 柱轴压比 | | | | | | | | |
|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | ≤0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.05 |
| 一 | 普通箍、复合箍 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.23 | | |
| | 螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.21 | | |
| 二 | 普通箍、复合箍 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.22 | 0.24 |
| | 螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.22 |
| 三 | 普通箍、复合箍 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.22 |
| | 螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 |

1.14 抗震墙结构边缘构件设置要求的主要变化是什么?

2001 规范要求, 钢筋混凝土抗震墙底部加强部位需根据其轴向压力的大小采取不同的构造要求, 并且需要控制墙的最大轴压比。底部加强部位以上, 墙的轴压比不得大于底部加强部位。为了简化, 墙的轴压比计算仅考虑重力荷载代表值作用下整个墙肢的平均值。

一、二级墙体的底部加强部位, 墙体在重力荷载下的轴压比控制如表 1-9。

墙体设置不同边缘构件的轴压比控制值

表 1-9

| 边缘构件类型 | 一级(9度) | 一级(8度) | 二 级 |
|-----------------|--------|--------|------|
| 设置约束边缘构件后的轴压比上限 | 0.40 | 0.50 | 0.60 |
| 仅设置构造边缘构件的轴压比上限 | 0.10 | 0.20 | 0.30 |

当设置构造边缘构件时, 暗柱取一倍墙厚和 400mm 的较大值; 边缘构件的纵筋和箍