

# 建筑抗震设计技术措施

黄存汉 编著

中国建筑工业出版社

# 建筑抗震设计技术措施

黄存汉 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书主要依据现行《建筑抗震设计规范》GBJ11—89及其1993年局部修订内容编著而成，并反映规范颁布后一些新编制的行业标准和科研成果。全书共15章和12个附录，是一本建筑结构抗震设计的最新实用参考书。

本书的特点是资料新、实用、具体。除对GBJ11—89规范进行具体化以外，还包括一些规范未涉及而实际工作很需要的内容，主要有根据《中国地震烈度区划图(1990)》编制的全国主要城市地震基本烈度表，断裂的评价及措施、软土、桩基、多孔砖、灰砂砖、底部两层框架砖房、混合排架单层厂房、毗连生活间、预埋件、组合柱以及国家有关重要抗震法令等。

本书可供从事建筑结构设计、科研、施工、技术管理人员及土建院校师生参考。

\* \* \*

责任编辑 戚大庆

## 建筑抗震设计技术措施

黄存汉 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

北京市密云县印刷厂印刷

\*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：15<sup>1</sup>/<sub>7</sub>。字数：405千字

1994年10月第一版 1994年10月第一次印刷

印数：1—4,900册 定价：14.00元

ISBN 7-112-02391-2

---

TU·1850(7435)

# 目 录

前言	
第 1 章 实用基础知识 .....	1
1.1 指导资料 .....	1
1.2 术语、符号和单位 .....	3
1.3 抗震设防 .....	10
1.4 抗震设计 .....	12
第 2 章 实用设计准则 .....	16
2.1 概念设计 .....	16
2.2 地震影响和场地、地基、基础 .....	16
2.3 平、立面布置 .....	18
2.4 抗震结构 .....	19
2.5 非结构构件 .....	25
2.6 材料和施工 .....	27
第 3 章 场地 .....	28
3.1 一般说明 .....	28
3.2 场地选择 .....	28
3.3 场地土类型 .....	33
3.4 场地类别 .....	36
3.5 勘察要求 .....	37
第 4 章 地基基础 .....	38
4.1 一般说明 .....	38
4.2 液化地基的评价 .....	38
4.3 地基抗震措施 .....	46
4.4 天然地基基础设计 .....	51
4.5 桩基设计 .....	55
第 5 章 地震作用计算 .....	76

5.1	一般说明	76
5.2	基本数据	81
5.3	水平地震作用计算	91
5.4	竖向地震作用计算	99
<b>第 6 章</b>	<b>结构抗震验算</b>	<b>101</b>
6.1	一般说明	101
6.2	地震作用下的作用效应组合	101
6.3	抗震承载力验算	103
6.4	抗震变形验算	104
<b>第 7 章</b>	<b>多层砌体房屋</b>	<b>111</b>
7.1	一般说明	111
7.2	建筑结构布置	112
7.3	多层粘土砖房的构造措施	115
7.4	多层多孔砖、灰砂砖房构造补充要求	123
7.5	多层砌块房屋的构造措施	125
7.6	抗震验算	127
<b>第 8 章</b>	<b>多层和高层钢筋混凝土房屋</b>	<b>145</b>
8.1	一般说明	145
8.2	建筑结构布置	148
8.3	地震作用计算	154
8.4	结构分析一般要求	158
8.5	截面设计一般要求	162
8.6	框架结构	165
8.7	一般抗震墙结构	209
8.8	框架-抗震墙结构	221
8.9	底层大空间抗震墙结构	225
8.10	楼板构造	230
<b>第 9 章</b>	<b>底层框架-抗震墙砌体房屋</b>	<b>232</b>
9.1	一般说明	232
9.2	建筑结构布置	233
9.3	构造补充要求	235
9.4	计算要点	237
9.5	底层构件计算	238

第10章	多层内框架砌体房屋	253
10.1	一般说明	253
10.2	建筑结构布置	254
10.3	构造补充要求	256
10.4	计算要点	256
第11章	单层钢筋混凝土柱排架厂房	263
11.1	一般说明	263
11.2	结构选型	264
11.3	结构构件	266
11.4	屋盖支撑	273
11.5	柱间支撑	289
11.6	连接节点	297
11.7	厂房计算原则	306
11.8	厂房横向简化计算方法	308
11.9	厂房纵向简化计算的调整刚度法	322
11.10	厂房纵向简化计算的柱列法	329
11.11	厂房纵向简化计算的拟能量法	331
11.12	山墙抗风柱(壁柱)计算	335
11.13	罕遇地震作用下的弹塑性变形验算	336
11.14	内部结构处理	337
第12章	单层砖柱和混合排架厂房	341
12.1	一般说明	341
12.2	构造补充要求	342
12.3	计算要点	344
第13章	底部两层框架-抗震墙砌体房屋	355
13.1	一般说明	355
13.2	建筑结构布置	357
13.3	构造补充要求	359
13.4	计算要点	360
13.5	底部两层结构计算公式	362
第14章	单层厂房毗连生活间	371
14.1	一般说明	371
14.2	毗连生活间与厂房之间的防震缝	372

14.3	建筑结构布置 .....	375
14.4	构造补充要求 .....	376
第15章	单层空旷房屋 .....	379
15.1	一般说明 .....	379
15.2	结构选型 .....	381
15.3	砌体结构空旷房屋布置和构造要点 .....	382
15.4	砌体结构空旷房屋计算要点 .....	384
15.5	钢筋混凝土结构空旷房屋布置和构造要点 .....	393
15.6	钢筋混凝土结构空旷房屋计算要点 .....	396
附录一	全国主要城市地震基本烈度表 .....	401
附录二	《中国地震烈度区划图(1990)使用规定》 .....	404
附录三	《建筑抗震设计规范》GBJ11—89局部修订内容 .....	406
附录四	地震基本烈度六度地区重要城市抗震设防 和加固的暂行规定 .....	418
附录五	砌体结构有关常用设计数据 .....	421
附录六	混凝土结构有关常用设计数据 .....	423
附录七	单层厂房支撑系统的补充要求 .....	426
附录八	钢筋混凝土结构预埋件 .....	448
附录九	砖混凝土组合柱的抗震设计 .....	460
附录十	关于统一抗震设计规范地面运动加速度设 计取值的通知 .....	468
附录十一	新建工程抗震设防暂行规定 .....	469
附录十二	地震基本烈度十度区建筑抗震设防暂行规定 .....	471
参考文献	.....	473

# 第1章 实用基础知识

## 1.1 指导资料

### 1.1.1 建筑抗震设计标准（规范、规程、规定）

#### 一、现行设计标准

1.《建筑抗震设计规范》GBJ11—89（以下简称GBJ11—89规范）；

2.《混凝土结构设计规范》GBJ10—89（以下简称GBJ10—89规范）；

3.《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》JGJ3—91（以下简称JGJ3—91规程）；

4.《多孔砖(KP<sub>1</sub>型)建筑抗震设计与施工规程》JGJ68—90；

5.《建筑抗震设防等级标准》；

6.《机械工厂单层厂房抗震设计规程》JBj12—93；

7.《建筑地震破坏等级划分标准》建设部（90）建抗字第377号文；

8.设置钢筋混凝土构造柱《多层砖房抗震技术规程》JGJ/T13—94；

9.《河南省蒸压灰砂砖砌体结构设计与施工技术规程（试行）》YJG02—91；

10.《工程抗震术语》；

11.《工程结构可靠度设计统一标准》GB50153—92；

12.《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ132—90；

13.《建筑结构设计术语和符号》；



14. 《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)1993年局部修订;  
 15. 《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)1993年局部修订。

注:以上标准无编号者为正在编制或修订、但尚未批准的新标准。

## 二、国家规定文件

1. 国家地震局、建设部1992年6月6日震发办[1992]160号文:关于发布《中国地震烈度区划图(1990)》和《中国地震烈度区划图(1990)使用规定》的通知;
2. 建设部、国家计委1989年12月12日(89)建抗字第586号文:《新建工程抗震设防暂行规定》;
3. 1992年4月全国抗震会议文件:《重点工程建设项目抗震设防暂行规定》;
4. 国务院1984年4月(84)城抗字第267号文:《地震基本烈度六度地区重要城市抗震设防和加固的暂行规定》(注:重要城市一般指省会、自治区首府和城区人口在100万以上的城市)。

## 三、其他有关勘察、设计、材料和施工的标准。

### 1.1.2 地震烈度资料

#### 一、地震烈度表

我国现行地震烈度表系我国刘恢先教授提出并经国家颁布的《中国地震烈度表(1980)》,其中关于烈度的参考物理指标见表1.1.2。

烈度的参考物理指标 表 1.1.2

烈 度	5 度	6 度	7 度	8 度	9 度	10 度
水平加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	31 (22~44)	63[50] (45~89)	125[100] (90~177)	250[200] (178~353)	500[400] (354~707)	1000 (708~1414)
水平速度 (cm/s)	3 (2~4)	6 (5~9)	13 (10~18)	25 (19~35)	50 (36~71)	100 (72~141)

注:水平加速度栏内带[ ]的数字系GBJ11—89规范采用的数值,见附录十。

## 二、地震烈度与地面加速度峰值的关系式

刘恢先教授给出的公式如下：

$$a_g = 10^{(I \log 2 - 0.01)} \quad (1.1.2)$$

式中  $a_g$ ——地面峰值加速度 (cm/s<sup>2</sup>)；

$I$ ——地震烈度 (度)。

## 三、地震烈度区划图

1. 我国的地震烈度区划图的编制和使用已有三个阶段：

(1) 1956年编制的1:500万的地震区划图，习称为第一代地震烈度区划图，未被使用；

(2) 《中国地震烈度区划图(1977)》，习称为第二代地震烈度区划图，1:300万，曾正式发布使用；

(3) 《中国地震烈度区划图(1990)》，习称为第三代地震烈度区划图，1:400万，即现行的我国地震烈度区划图。

2. 《中国地震烈度区划图(1990)》系采用地震危险性分析概率方法编制，图上所标示的烈度值赋予了一定地区、时间、场地条件和概率水平的涵义，相当于GBJ11—89规范第二水准。

## 1.2 术语、符号和单位

### 1.2.1 重要专用术语涵义

#### 一、地震与抗震

##### 1. 地震动 (地面运动)

地震引起的地面运动，又称地面运动。

##### 2. 超越概率

在工程结构设计基准期内，地震动参数 (如烈度等) 超过给定值的概率。

##### 3. 地震基本烈度

一个地区、一般场地条件下，在设计基准期50年内，超越概率为10%的地震烈度，即现行《中国地震烈度区划图》规定的烈度，称为地震基本烈度 (此术语摘自《中国地震烈度区划图

(1990)使用规定》,简称基本烈度——作者)。

#### 4. 抗震设防烈度

按国家批准权限审定,作为一个地区抗震设防依据的地震烈度,简称设防烈度或烈度(抗震设防烈度用于抗震工作)。

#### 5. 抗震设防区

我国规定地震基本烈度为6度或6度以上的地区为抗震设防区(与过去习称的“地震区”概念不同),低于6度的地区称为非抗震设防区(与过去习称的“非地震区”概念亦不相同)。

#### 6. 设计地震

在抗震设计中,按震级或震中距对设防烈度相同的地震动的一种划分,分设计近震(简称近震)和设计远震(简称远震),作为选择设计反应谱和抗震措施的依据之一。

### 二、场地与地基

#### 1. 场地

工程结构所在地,大体相当于一个厂区、居民点或自然村的范围,同一场地应具有相近的反应谱特征。

#### 2. 场地条件

场地区域及附近的地形、土质及其他地质条件。

#### 3. 场地类别

为适应抗震设计选定设计反应谱和抗震措施的需要,对建设场地所作的类别划分。

#### 4. 场地土

场地范围内的地基土,场地表层土的简称。指地面以下15m且不超过场地覆盖层厚度以内的各层土。

#### 5. 场地覆盖层厚度

由地面至剪切波速大于500m/s的土层或坚硬土顶面的距离;用于场地类别划分或场地反应计算。

#### 6. 场地土类型

为确定场地类别而对场地土刚度所作的类型划分。

#### 7. 震陷

在强烈地震作用下，由于软弱土层塑性区扩大或强度降低而导致工程结构或地面的下沉。

#### 8. 液化

地震引起饱和砂土和粉土颗粒趋于紧密，孔隙水压力增大，有效应力减小，土体由固体状态变为液体状态的现象。

### 三、抗震设计

#### 1. 抗震设计

抗震设防区的工程结构考虑地震动影响的一种专业设计，称为抗震设计；凡不考虑地震动影响的结构设计，称为非抗震设计，习称静力设计或常规设计。

#### 2. 地震作用

由地震动引起的工程结构的惯性力，属间接作用，故称地震作用，而不能再称为地震荷载；根据其超越概率，可视为可变作用或偶然作用。

#### 3. 重力荷载及其代表值

地震动时能作质量产生地震作用（惯性力）的各种竖向荷载，称为重力荷载；重力荷载代表值指结构构件自重标准值与各种可变荷载组合值之和。

#### 4. 地震作用效应

在地震作用下结构所产生的内力（剪力、弯矩、轴力、扭矩等）或位移（线位移、角位移等）。

#### 5. 地震作用效应（或周期、刚度）调整系数

考虑抗震分析中结构计算模型的简化、弹塑性内力重分布、某些概念设计的贯彻（如强剪弱弯等）或其他因素的影响，在结构或构件设计时对地震作用效应（或周期、刚度）进行调整的系数。

#### 6. 抗侧力构件（结构）

抗御水平地震作用的结构构件，如抗震墙、框架、支撑等。

#### 7. 侧移刚度

抗侧力构件产生单位侧移（水平位移）所需的侧力（水平力）。

## 8. 构件承载力抗震调整系数

在结构构件的截面验算时，为考虑抗震可靠度和不同构件抗震性能的差异，将按不同材料结构设计规范计算的截面静承载力设计值，调整为抗震承载力设计值的系数。

## 9. 地基承载力抗震调整系数

天然地基抗震验算时，考虑抗震可靠度和土动静强度的差异，地基承载力设计值的调整系数。

## 10. 地震影响系数

单质点弹性体系在地震作用下的最大加速度反应与重力加速度比值的统计平均值，根据地震烈度、近震、远震、场地类别和结构自振周期确定；分水平地震影响系数和竖向地震影响系数，又分三个水准（第一、第二、第三水准）取值。GBJ11—89规范的设计反应谱即为地震影响系数曲线。

## 11. 集中质量

为了简化计算，将结构的全部质量，按约定的原则集中在适当位置的若干分散点上，这些点上的质量称为集中质量，采用这种方法进行抗震分析称为集中质量法，是手算的常用方法。

## 12. 基本周期

结构按基本（第一）振型完成一次自由振动所需的时间，又称第一自振周期；在多质点体系中，也是时间最长的周期。

## 13. 防震缝

为减轻不规则建筑对抗震性能的不利影响，而将其分割为若干规则单元的间隙。

## 14. 屈服强度系数

楼层或构件截面的实际承载力标准值与按规定的弹性分析的该楼层或构件地震内力设计值之比；前者按实际配筋和材料强度标准值计算。框架楼层的承载力和内力取层间剪力，单层厂房钢筋混凝土排架柱承载力和内力取截面弯矩。

### 1.2.2 主要符号（及其常用单位）

#### 一、作用和作用效应

1.  $E_{hk}$ ——水平地震作用的标准值（泛指）；
2.  $E_{vk}$ ——竖向地震作用的标准值（泛指）；
3.  $F_{Ek}$ ——结构总水平地震作用标准值（kN）；
4.  $F_{Evk}$ ——结构总竖向地震作用标准值（kN）；
5.  $G_E$ ——地震时结构（构件）的重力荷载代表值（kN）；
6.  $G_{eq}$ ——地震时结构等效总重力荷载代表值（kN）；
7.  $\omega_k$ ——风荷载标准值（泛指）；
8.  $S$ ——多遇地震作用效应和其他荷载效应的基本组合设计值（或简称设计值）（泛指）；
9.  $S_s$ ——多遇地震作用效应和其他荷载短期效应组合设计值（泛指）；
10.  $S'_s$ ——罕遇地震作用效应和其他荷载短期效应组合设计值（泛指）；
11.  $M$ ——弯矩、力矩（kN·m）；
12.  $N$ ——轴向力（kN）；
13.  $V$ ——剪力（kN）；
14.  $p$ ——基础底面压应力（kN/m<sup>2</sup>）；
15.  $\sigma_0$ ——砌体截面计算的平均压应力（N/mm<sup>2</sup>）；
16.  $u$ ——侧移、水平位移（m）；
17.  $\theta$ ——楼层位移角（rad）。

## 二、抗力和材料指标

1.  $K$ ——结构（构件）的侧移刚度（kN/m）；
2.  $R$ ——结构构件承载力设计值（泛指）；
3.  $[\theta]$ ——楼层位移角限值（rad）；
4.  $f$ ——材料强度设计值（N/mm<sup>2</sup>），地基静承载力设计值（kPa）；
5.  $f_k$ ——材料强度标准值（N/mm<sup>2</sup>），地基静承载力标准值（kPa）；
6.  $f_{sE}$ ——地基抗震承载力设计值（kPa）。

## 三、几何特征

1.  $A$ ——构件截面面积 ( $\text{mm}^2$ ,  $\text{m}^2$ )，基础底面积 ( $\text{m}^2$ )；
2.  $A_s$ ——钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ )；
3.  $B$ ——结构总宽度 ( $\text{m}$ ,  $\text{mm}$ )；
4.  $H$ ——结构总高度、层高 ( $\text{m}$ ,  $\text{mm}$ )；
5.  $L$ ——结构总长度、单元总长度 ( $\text{m}$ ,  $\text{mm}$ )；
6.  $a$ ——距离 ( $\text{mm}$ ,  $\text{m}$ )；
7.  $a_s$ ——纵向受拉钢筋合力点至构件边缘的最小距离 ( $\text{mm}$ )；
8.  $a'_s$ ——纵向受压钢筋合力点至构件边缘的最小距离 ( $\text{mm}$ )；
9.  $b$ ——构件截面宽度 ( $\text{mm}$ ,  $\text{m}$ )；
10.  $d$ ——土层厚度、地下水位深度 ( $\text{m}$ )；
11.  $d$ ——钢筋直径 ( $\text{mm}$ )；
12.  $e$ ——偏心距 ( $\text{mm}$ ,  $\text{m}$ )；
13.  $h$ ——构件截面高度 ( $\text{mm}$ ,  $\text{m}$ )；
14.  $l$ ——构件长度或跨度 ( $\text{m}$ ,  $\text{mm}$ )；
15.  $r$ ——半径 ( $\text{mm}$ ,  $\text{m}$ )；
16.  $t$ ——板厚 ( $\text{mm}$ )。

#### 四、计算系数

1.  $C_G$ ——重力荷载作用效应系数；
2.  $C_{Eh}$ ——水平地震作用效应系数；
3.  $C_{Ev}$ ——竖向地震作用效应系数；
4.  $C_w$ ——风荷载作用效应系数；
5.  $\gamma_i$ ——结构抗震重要性系数；——作者
6.  $\gamma_G$ ——重力荷载分项系数；
7.  $\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数；
8.  $\gamma_{Ev}$ ——竖向地震作用分项系数；
9.  $\gamma_w$ ——风荷载分项系数；
10.  $\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数；

11.  $\eta$ ——地震作用效应的增大或调整系数；
12.  $X_{ji}, Y_{ji}$ ——位移振型坐标 ( $j$ 振型、 $i$ 质点的 $x$ 或 $y$ 方向的相对水平位移)；
13.  $\alpha, \alpha'$ ——分别为多遇地震和罕遇地震的水平地震影响系数；
14.  $\alpha_1$ ——相应于结构基本周期的多遇地震的水平地震影响系数；
15.  $\alpha_{\max}, \alpha'_{\max}$ ——分别为多遇地震和罕遇地震的水平地震影响系数最大值；
16.  $\alpha_{v\max}$ ——多遇地震的竖向地震影响系数最大值；
17.  $\gamma_j$ ——结构 $j$ 振型的振型参与系数；
18.  $\xi_y$ ——结构(构件)屈服强度系数；
19.  $\xi$ ——计算系数；
20.  $\lambda$ ——构件长细比, 比例系数；
21.  $\rho$ ——配筋率, 比率；
22.  $\varphi$ ——转角振型坐标, 构件受压稳定系数；
23.  $\psi$ ——组合值系数, 折减系数。

## 五、其他

1.  $I_{LE}$ ——地震时地基的液化指数；
2.  $N$ ——标准贯入试验锤击数；
3.  $T$ ——结构自振周期 (s)；
4.  $T_1$ ——结构自振基本周期 (s)；
5.  $T_g$ ——设计反应谱特征周期 (s)；
6.  $g$ ——重力加速度,  $g = 9.80665\text{m/s}^2$ ；
7.  $v_s$ ——土层剪切波速 (m/s)；
8.  $v_{sm}$ ——土层平均剪切波速 (m/s)；
9.  $m$ ——振型总数；
10.  $n$ ——总数 (如楼层数、质点数、钢筋根数、跨数等)。



## 1.3 抗震设防

### 1.3.1 设防依据

一、GBJ11—89规范规定的设防依据一般为“抗震设防烈度”。

二、抗震设防烈度应按国家规定的权限审批，按颁发的文件（图件）确定，一般情况下可采用地震基本烈度。

三、对做过地震小区划或抗震防灾规划的地区，可按批准的设计地震动参数（如地面加速度峰值、反应谱曲线或地震动时程曲线等）或抗震设防烈度考虑抗震设防。

注：1. 抗震设防烈度，一般与地震基本烈度相同，但经过批准，两者也可以不同。

2. 抗震设防烈度不同于过去的《工业与民用建筑抗震设计规范》TJ11—78（简称TJ11—78规范）中的设计烈度：前者是一个地区的设防依据；后者是一个建筑物的设防依据，可随建筑物的重要性而提高或降低。GBJ 11—89规范已取消“设计烈度”这个术语。

3. 在本书以下各章中，抗震设防烈度一般简称烈度，且一般略去“烈度”字样，如“抗震设防烈度为6度、7度、8度、9度”均分别简称为“6度、7度、8度、9度”。

### 1.3.2 适用范围

一、本书适用于6~9度地区的一般建筑抗震设计，包括各类房屋，但不包括烟囱、水塔。

二、10度地区的一般建筑抗震设计应按有关专门规定执行，见附录十二。

三、GBJ11—89规范和本书不适用于行业有特殊要求的工业建筑抗震设计[61]，如电力系统的电厂、煤斗间，框排架结构厂房，冶金系统的大跨、重载厂房以及一些工业构筑物等，有关部门正在编制这些行业抗震规范。

注：GBJ11—89规范将设防范围扩大到6度地区，从而纠正了6度为“非地震区”的概念，这是我国抗震工作的一个发展，符合我国的实际情况。

### 1.3.3 设防标准

一、建筑类别及其设防标准见表1.3.3-1。