

中华人民共和国国家标准

# 高耸结构设计规范

GBJ 135—90



1990 北京

中华人民共和国国家标准

# 高耸结构设计规范

GBJ 135—90

主编单位：同 济 大 学

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1991 年 6 月 1 日

中国建筑工业出版社

中华人民共和国国家标准

**高耸结构设计规范**

GBJ 135—90

\*

**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

北京市兴顺印刷厂印刷

\*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub> 字数: 91 千字

1991年8月第一版 2000年7月第四次印刷

印数: 42,151—43,650 册 定价: 10.00元

ISBN 7-112-01381-X

TU · 1016 (6423)

**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)

# 关于发布国家标准《高耸结构 设计规范》的通知

(90)建标字第319号

根据国家计委计综[1984]305号文的要求，由同济大学会同有关单位共同制订的《高耸结构设计规范》已经有关部门会审。现批准《高耸结构设计规范》GBJ 135—90为国家标准，自一九九一年六月一日起施行。

本标准由同济大学负责管理。其具体解释等工作由同济大学负责。出版发行由建设部标准定额研究所负责组织。

中华人民共和国建设部

一九九〇年七月二日

143/子世07

## 编 制 说 明

本规范是根据国家计委计综[1984]305号文通知的要求由同济大学会同有关单位共同编制而成。

在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，并以多种方式在全国广泛征求意见，在中国土木工程学会高耸结构委员会的先后三届年会上组织讨论，以及通过试设计校核，最后经有关部门审查定稿。

本规范的编制是以国家标准《建筑设计统一标准》GBJ68—84为准则，遵守建筑结构荷载和各本建筑结构（钢结构、混凝土结构、建筑抗震、建筑地基基础）设计规范的基本规定，统一协调各类高耸结构设计中的重大共性技术问题，对个性和具体的技术问题，则由各有关专业规范规程作进一步补充规定。

本规范共分六章及七个附录，其主要内容有：总则、基本规定、荷载、钢塔架和桅杆结构、钢筋混凝土圆筒形塔和地基与基础等。

为了提高规范质量，请各单位在执行本规范过程中注意总结经验和积累资料。如发现需要修改和补充之处，希随时将问题和意见寄给同济大学结构工程学院，以便今后修订时参考。

同济大学

1990年6月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 主要符号 .....              | 1  |
| 第一章 总 则 .....           | 7  |
| 第二章 基本规定 .....          | 8  |
| 第三章 荷载 .....            | 13 |
| 第一节 荷载分类 .....          | 13 |
| 第二节 风荷载 .....           | 13 |
| 第三节 裹冰荷载 .....          | 25 |
| 第四节 地震作用和抗震验算 .....     | 26 |
| 第四章 钢塔架和桅杆结构 .....      | 29 |
| 第一节 一般规定 .....          | 29 |
| 第二节 钢塔桅结构的内力分析 .....    | 29 |
| 第三节 钢塔桅结构的变形和整体稳定 ..... | 29 |
| 第四节 纤绳 .....            | 30 |
| 第五节 轴心受拉和轴心受压构件 .....   | 30 |
| 第六节 偏心受拉和偏心受压构件 .....   | 35 |
| 第七节 焊缝连接计算 .....        | 38 |
| 第八节 螺栓连接计算 .....        | 40 |
| 第九节 法兰盘连接计算 .....       | 41 |
| 第十节 钢塔桅结构的构造要求 .....    | 42 |
| 第五章 钢筋混凝土圆筒形塔 .....     | 46 |
| 第一节 一般规定 .....          | 46 |
| 第二节 塔身变形和塔筒截面内力计算 ..... | 47 |
| 第三节 塔筒承载力计算 .....       | 48 |
| 第四节 塔筒裂缝宽度计算 .....      | 50 |
| 第五节 钢筋混凝土塔筒的构造要求 .....  | 54 |
| 第六章 地基与基础 .....         | 57 |
| 第一节 一般规定 .....          | 57 |

|      |                                                               |     |
|------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 第二节  | 地基计算 .....                                                    | 57  |
| 第三节  | 刚性基础和板式基础 .....                                               | 62  |
| 第四节  | 基础的抗拔稳定和抗滑稳定 .....                                            | 66  |
| 附录一  | 钢材及连接的强度设计值 .....                                             | 71  |
| 附录二  | 轴心受压钢构件的稳定系数 .....                                            | 75  |
| 附录三  | 塔筒水平截面受压区半角 $\phi$ 计算表 ( 正常使用<br>状态时 ) .....                  | 80  |
| 附录四  | 圆筒形塔的附加弯矩计算 .....                                             | 89  |
| 附录五  | 在偏心荷载作用下, 圆形、环形基础基底部分脱开<br>基土时, 基底压力计算系数 $\tau$ 、 $\xi$ ..... | 94  |
| 附录六  | 基础和锚板基础抗拔稳定计算 .....                                           | 96  |
| 附录七  | 本规范用词说明 .....                                                 | 101 |
| 附加说明 | .....                                                         | 102 |

## 主 要 符 号

### (一)

- $A$ ——截面面积、毛截面面积、基础底面积；  
 $A_0$ ——锚栓孔面积；  
 $A_n$ ——净截面面积；  
 $A_u$ 、 $A_{nu}$ ——格构式构件的单肢毛截面面积、净截面面积；  
 $A_s$ ——钢筋截面面积；  
 $C_{Eh}$ 、 $C_{Ev}$ ——水平地震作用、竖向地震作用的作用效应系数；  
 $C_G$ 、 $C_Q$ ——永久荷载、可变荷载的荷载效应系数；  
 $E$ ——弹性模量、地震作用；  
 $E_c$ ——混凝土的弹性模量；  
 $E_s$ ——钢材、钢筋的弹性模量；  
 $E_h$ 、 $E_v$ ——水平、竖向地震作用；  
 $F$ ——力、集中荷载、基础和锚板基础所受的拔力（设计值）；  
 $F_E$ ——结构总水平地震作用；  
 $F_{Ev}$ ——结构总竖向地震作用；  
 $F_i$ 、 $F_{vi}$ ——质点 $i$ 的水平地震作用、竖向地震作用；  
 $G$ ——永久荷载、结构的重力、基础自重（包括基础上的土重）；  
 $G_i$ 、 $G_j$ ——集中于质点 $i$ 、 $j$ 的重力；  
 $G_E$ ——抗震计算时结构的总重力代表值；  
 $G_e$ ——土体重量；  
 $G_f$ ——基础和锚板基础重量；  
 $H$ ——高耸结构的总高度、上部结构传至基础的水平

力;

$I$ ——截面惯性矩;

$M$ ——力矩或弯矩、弯矩设计值、上部结构传至基础的弯矩(设计值);

$\Delta M$ ——附加弯矩;

$M_k$ ——标准荷载作用下的弯矩;

$M_i$ ——横向风振引起的弯矩;

$M_n$ ——顺风向风力引起的弯矩;

$M_x$ 、 $M_y$ ——对  $x$  轴、 $y$  轴的弯矩;

$N$ ——轴向力(拉力或压力)及其设计值、纤绳拉力、上部结构传至基础的竖向荷载设计值;

$N_E$ ——欧拉临界力;

$N_k$ ——标准荷载作用下的轴向力;

$N_n$ ——截面弯矩在单肢中引起的轴力;

$N^b$ ——每个螺栓承载力设计值;

$N_c^b$ 、 $N_t^b$ 、 $N_v^b$ ——每个螺栓的承压、受拉、受剪承载力设计值;

$Q$ ——可变荷载;

$R$ ——抗力;

$Re$ ——雷诺数;

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数;

$R_M$ 、 $R_N$ ——截面抗弯、抗压承载能力;

$S$ ——作用(荷载)效应、截面对某轴的面积矩;

$S_j$ —— $j$  振型水平地震作用产生的地震作用效应;

$S_i$ 、 $S_n$ ——横向风振、顺风向风力的荷载效应;

$T$ ——高耸结构的基本自振周期;

$T_j$ ——构件  $j$  振型的自振周期;

$V$ ——剪力;

$V_{cr}$ ——临界风速;

$V_e$ ——土体滑动面上剪切抗力的竖向分量之和;

$V_l$ ——缀板的剪力;

$V_1$ ——分配到一个缀材面的剪力;  
 $W$ ——截面抵抗矩;  
 $W_n$ ——净截面抵抗矩;  
 $W_x, W_y$ ——对 $x$ 、 $y$ 轴的截面抵抗矩;  
 $W_1$ ——毛截面抵抗矩。

## (二)

$a$ ——缀板中到中的距离、振动加速度、合力作用点至基础底面最大压力边的距离;  
 $a_c$ ——圆(环)形基础的基底受压面宽度;  
 $a_k$ ——构件截面几何参数;  
 $a_x, a_y$ ——合力作用点至 $e_x$ 一侧、 $e_y$ 一侧基础边的距离;  
 $b$ ——基本裹冰厚度、平行于 $x$ 轴的基础边长;  
 $c$ ——凝聚力;  
 $d$ ——直径;  
 $d_e$ ——螺栓(螺纹处)的有效直径;  
 $d_0$ ——螺栓孔径;  
 $e_{0k}$ ——轴向力对截面重心的偏心距(标准荷载作用时);  
 $f$ ——钢材、钢丝绳强度设计值;  
 $f_c^b, f_t^b, f_v^b$ ——螺栓的抗压、抗拉、抗剪强度设计值;  
 $f_c$ ——混凝土的抗压强度设计值;  
 $f_{se}$ ——地基抗震承载力设计值;  
 $f_s$ ——钢筋强度设计值、地基承载力设计值;  
 $f_{tk}$ ——混凝土抗拉强度标准值;  
 $f_u$ ——钢材抗拉强度、钢丝绳的破坏强度;  
 $f_y$ ——钢材屈服强度;  
 $f_c^w, f_t^w, f_v^w$ ——对接焊缝的抗压、抗拉、抗剪强度设计值;  
 $f_f^w$ ——角焊缝的(抗压、抗拉、抗剪)强度设计值;  
 $h$ ——高度、截面高度;  
 $h_{cr}$ ——临界深度;

$h_f$ ——角焊缝的焊脚尺寸；  
 $h_i$ ——计算截面*i*的高度、集中质点*i*的高度；  
 $h_t$ ——基础上拔深度；  
 $i$ ——（塔筒）截面的回转半径；  
 $l$ ——长度；  
 $l_0$ ——弹性支座间杆身计算长度；  
 $l_w$ ——（角）焊缝的计算长度；  
 $p$ ——基础底面压力计算值；  
 $p_m$ ——基础底面的平均压力；  
 $p_{\max}$ 、 $p_{\min}$ ——基础边缘最大、最小压力；  
 $q$ ——塔筒线分布重力；  
 $q_1$ 、 $q_l$ ——单位面积上、单位长度上的裹冰重力荷载；  
 $r_{co}$ ——截面核心距（半径）；  
 $r$ ——至塔筒壁厚中线的半径；  
 $\frac{1}{r_c}$ ——塔筒代表截面处的弯曲变形曲率；  
 $s$ ——基础沉降量；  
 $t$ ——连接件的厚度，筒壁厚度；  
 $\Delta t$ ——温度差；  
 $u_i$ 、 $u_j$ ——*i*、*j*点的水平位移；  
 $u_{ji}$ ——*j*振型在*i*点处的相对位移；  
 $v_{cr}$ ——共振临界风速；  
 $w$ ——作用在高耸结构单位面积上的风荷载；  
 $w_0$ ——基本风压值；  
 $w_{i,ji}$ ——横向共振引起的等效静风载。

### （三）

$\alpha$ ——角度、受压区的半角系数；  
 $\alpha_{cr}$ ——（计算裂缝宽度）与构件受力有关的特征系数；  
 $\alpha_E$ ——钢筋和混凝土的弹性模量比值；

- $\alpha_j$ ——相应于周期 $T_j$ 的水平地震影响系数;  
 $\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数的最大值;  
 $\alpha_{v\max}$ ——竖向地震影响系数的最大值;  
 $\alpha_T$ ——钢筋混凝土的温度线膨胀系数;  
 $\alpha_t$ ——受拉钢筋的半角系数;  
 $\alpha_1$ ——与直径有关的裹冰厚度修正系数;  
 $\alpha_2$ ——裹冰厚度的高度递增系数;  
 $\beta_z$ —— $z$ 高度处的风振系数;  
 $\beta_0$ ——风振系数动力部分的基本值;  
 $\beta_{mx}$ 、 $\beta_{tx}$ ——偏心受压时,弯矩作用平面内、平面外的等效弯矩系数;  
 $\gamma$ ——裹冰重度;  
 $\gamma_0$ ——高耸结构重要性系数;  
 $\gamma_{Eh}$ 、 $\gamma_{Ev}$ ——水平、竖向地震作用的分项系数;  
 $\gamma_G$ 、 $\gamma_Q$ ——永久荷载、可变荷载的荷载分项系数;  
 $\gamma_w$ ——抗震计算时风荷载分项系数;  
 $\gamma_i$ —— $i$ 振型的参与系数;  
 $\gamma_{RE}$ ——抗力抗震调整系数;  
 $\varepsilon_1$ ——风压脉动和高度变化等的影响系数;  
 $\varepsilon_2$ ——振型、结构外型的影响系数;  
 $\xi$ ——结构阻尼比;  
 $\eta$ ——风振系数(动力部分)基本值的调整系数;  
 $\theta$ ——孔洞的半角(弧度);  
 $\lambda$ ——构件长细比;  
 $\lambda_0$ ——弹性支承点之间杆身换算长细比;  
 $\mu$ ——地基的摩擦系数;  
 $\mu_t$ ——横向力系数;  
 $\mu_r$ ——风压重现期调整系数;  
 $\mu_s$ ——风载体型系数;  
 $\mu_z$ —— $z$ 高度处风压高度变化系数;

- $\nu$  —— 计算裂缝宽度时与纵向受拉钢筋表面特征有关的系数;
- $\xi$  —— 脉动增大系数、杆身刚度折减系数、受压区相对高度;
- $\rho$  —— 纵向钢筋的配筋率;
- $\rho_e$ 、 $\rho_i$  —— 外排、内排纵向钢筋的配筋率;
- $\sigma_c$ 、 $\sigma'_c$  —— 迎风面、背风面混凝土的压应力;
- $\sigma_s$  —— 迎风面纵向钢筋的应力;
- $\sigma_{sc}$  —— 在标准荷载以及温度作用下的纵向钢筋拉应力;
- $\sigma_{sT}$  —— 温度作用下钢筋拉应力;
- $\tau$  —— 焊缝剪应力;
- $\tau_x$ 、 $\tau_y$  —— 垂直于焊缝长度方向、沿焊缝长度方向的焊缝应力;
- $\varphi$  —— 轴心受压构件稳定系数;
- $\phi$  —— 截面受压区半角;
- $\varphi_b$  —— 受弯构件的整件稳定系数;
- $\psi$  —— 裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数、环形基础底板外形系数;
- $\psi_c$  —— 可变荷载的组合值系数;
- $\psi_q$  —— 可变荷载的准永久值系数;
- $\psi_w$  —— 抗震计算时风荷载组合值系数;
- $\psi_1$  —— 钢丝绳扭绞强度调整系数;
- $\psi_2$  —— 钢丝强度不均匀系数;
- $\omega$  —— 塔筒水平截面的特征系数。

## 第一章 总 则

**第 1.0.1 条** 为了在高耸结构设计中做到技术先进, 经济合理、安全适用、确保质量, 特制订本规范。

**第 1.0.2 条** 本规范适用于钢及钢筋混凝土高耸结构, 如电视塔、拉绳桅杆、发射塔、微波塔、石油化工塔、大气污染监测塔、烟囱、排气塔、水塔、矿井架等。

**第 1.0.3 条** 本规范是根据国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84规定的原则制定的。符号、计量单位和基本术语是按现行国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》的有关规定采用。

**第 1.0.4 条** 设计高耸结构时, 除遵照本规范的规定外, 尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》、《钢结构设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《地基基础设计规范》和《建筑抗震设计规范》等的有关规定。有关专业技术问题尚应符合各专业规范、规程的要求。

**第 1.0.5 条** 设计高耸结构和选择结构方案时, 应同时考虑施工方法(包括运输、安装)以及建成后的环境影响, 维护保养等问题。

## 第二章 基 本 规 定

**第 2.0.1 条** 本规范采用以概率论为基础的极限状态设计法,以可靠指标度量高耸结构的可靠度,以分项系数设计表达式进行计算。

**第 2.0.2 条** 极限状态分为下列两类:

一、承载能力极限状态。这种极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载能力,或达到不适于继续承载的变形;

注:当考虑偶然事件时,应使主体承重结构不致丧失承载能力,允许局部破坏,但不致发生倒塌。

二、正常使用极限状态。这种极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的有关规定限值。

**第 2.0.3 条** 对于承载能力极限状态,高耸结构应根据其破坏后果(如危及人的生命安全、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性按表2.0.3划分为两个安全等级。

高耸结构的安全等级

表 2.0.3

| 安全等级 | 高耸结构类型  | 结构破坏后果 |
|------|---------|--------|
| 一 级  | 重要的高耸结构 | 很 严 重  |
| 二 级  | 一般的高耸结构 | 严 重    |

注:①对特殊的高耸结构,其安全等级可根据具体情况另行规定。

②结构构件的安全等级宜采用与整个结构相应的安全等级,对部分构件可按具体情况调整其安全等级。

**第 2.0.4 条** 对于承载能力极限状态,高耸结构构件应按荷载效应的基本组合和偶然组合进行设计。

一、基本组合应采用下列极限状态设计表达式:

$$\gamma_0(\gamma_G C_G G_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{ik}) \leq R(\cdot)$$

(2.0.4)

式中  $\gamma_0$ ——高耸结构重要性系数，对安全等级为一级、二级的结构可分别采用1.1、1.0；

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数，一般情况可采用1.2，当永久荷载效应对结构构件的承载能力有利时可采用1.0；

$\gamma_{Q1}$ 、 $\gamma_{Qi}$ ——第一个可变荷载、其它第*i*个可变荷载的分项系数，一般情况可采用1.4，但对安装检修荷载可采用1.3，对温度作用可采用1.0；

$G_k$ ——永久荷载的标准值；

$Q_{1k}$ ——第一个可变荷载的标准值，该可变荷载的效应大于其它任何第*i*个可变荷载的效应；

$Q_{ik}$ ——除第一个可变荷载外，其它任何第*i*个可变荷载的标准值；

$C_G$ 、 $C_{Q1}$ 、 $C_{Qi}$ ——永久荷载、第一个可变荷载和其他任何第*i*个可变荷载的荷载效应系数；

$\psi_{ci}$ ——除第一个可变荷载外，其它任何第*i*个可变荷载的组合值系数，根据不同的荷载组合按本章第2.0.5条规定采用；

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数。

二、偶然组合的极限状态设计表达式宜按下列原则确定：

- 1.只考虑一种偶然作用与其它可变荷载组合；
- 2.偶然作用的代表值不应乘分项系数；
- 3.与偶然作用同时出现的可变荷载可根据具体情况采用相应的代表值；
- 4.具体的设计表达式及各种系数值应按有关专业规范，规程的规定采用。

**第2.0.5条** 设计高耸结构时，对不同荷载基本组合，其可变荷载组合值系数应分别按表2.0.5采用；

可变荷载组合值系数

表 2.0.5

| 荷载组合 |                 | 可变荷载组合值系数   |             |             |             |             |
|------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|      |                 | $\psi_{cW}$ | $\psi_{cI}$ | $\psi_{cA}$ | $\psi_{cT}$ | $\psi_{cL}$ |
| I    | $G + W + L$     | 1.0         | —           | —           | —           | 0.7         |
| II   | $G + I + W + L$ | 0.25        | 1.0         | —           | —           | 0.7         |
| III  | $G + A + W + L$ | 0.25        | —           | 1.0         | —           | 0.7         |
| IV   | $G + T + W + L$ | 0.25        | —           | —           | 1.0         | 0.7         |

注：①  $G$  表示结构构件自重等永久荷载， $W$ 、 $A$ 、 $I$ 、 $T$ 、 $L$  分别表示风荷载、安装检修荷载、裹冰荷载、温度作用和塔楼楼面或平台的活荷载。

② 对于带塔楼或平台的高耸结构，需要考虑雪荷载组合时，在组合 I、II、III、IV 中，雪的组合值系数  $\psi_{cS}$  均取 0.5。

③ 组合 I 中，当基本风压值  $w_0$  小于  $0.3 \text{ kN/m}^2$ ， $w_0$  采用  $0.3 \text{ kN/m}^2$ 。

④ 在组合 II、III、IV 中，当  $\psi_{cW} \cdot w_0$  小于  $0.15 \text{ kN/m}^2$  时， $\psi_{cW} \cdot w_0$  应采用  $0.15 \text{ kN/m}^2$ 。

**第 2.0.6 条** 高耸结构抗震计算时基本组合应采用下列极限状态设计表达式：

$$\gamma_G C_G G_E + \gamma_{Eh} C_{Eh} E_{hk} + \gamma_{Ev} C_{Ev} E_{vk} + \psi_W \gamma_W C_W W_k \leq R / \gamma_{RE} \quad (2.0.6)$$

式中  $\gamma_G$ ——重力荷载分项系数，一般情况应取 1.2，当重力效应对构件承载能力有利时宜取 1.0；

$\gamma_{Eh}$ 、 $\gamma_{Ev}$ ——水平、竖向地震作用分项系数，应按表 2.0.6 的规定采用；

地震作用分项系数

表 2.0.6

| 考虑地震作用的情况     | $\gamma_{Eh}$ | $\gamma_{Ev}$ |
|---------------|---------------|---------------|
| 仅考虑水平地震作用     | 1.3           | 不考虑           |
| 仅考虑竖向地震作用     | 不考虑           | 1.3           |
| 同时考虑水平与竖向地震作用 | 1.3           | 0.5           |

$\gamma_W$ ——风荷载分项系数，应取 1.4；

$G_E$ ——重力代表值，可按本规范第 3.4.6 条采用；