

TU 233-62



烟囱设计手册

中国建筑工业出版社

01983

烟囱设计手册

建筑结构设计手册编委会

《烟囱设计手册》编写组

烟囱设计手册

建筑结构设计手册编委会

《烟囱设计手册》编写组

中国建筑工业出版社（北京）

北京市东城区东直门内大街

中国建筑工程总公司印刷厂印刷（北京）

基本：787×1092毫米 1/16 印张，18字，43千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数：1—9,380册 定价：11.30元

ISBN 7-112-00675-9/TU·432

中国建筑工业出版社

本手册是根据现行国家标准《烟囱设计规范》(GBJ51—83)编写的。
内容包括：设计总则、材料、温度计算、砖烟囱及钢筋混凝土烟囱的筒壁
计算、地基基础设计和烟囱计算实例。书末附有十一个附录。

本书可供土建工程技术人员及大专院校土建专业师生参考。

会委编册手行研研编编其

编写编《册手行研研编》

烟 囱 设 计 手 册

建筑结构设计手册编委会

《烟囱设计手册》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：18字数：433千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数：1—9,220册 定价：11.30元

ISBN7—112—00675—9/TU·472

环 球 出 版 社 (5795)

前 言

本手册是依据现行国家标准《烟囱设计规范》(GBJ51—83),参照有关生产、设计和施工等方面的资料编写的。

手册的第一至第六章,概括了《烟囱设计规范》的全部内容,并适当增加了烟囱的构造措施和计算图表,为烟囱设计提供了便利条件;第七章为计算实例,包括砖烟囱、钢筋混凝土烟囱及地基基础全套例题。这些例题,不仅对缺乏烟囱设计经验的同志理解和使用规范有参考作用,同时,对编写相应的电算程序也有一定的参考价值。

手册中的附录都是设计烟囱时所必需的。其中附录一至附录五,均系摘自现行的有关规范,以使手册能系统完整,便于设计查用。附录十是根据大量钢筋混凝土烟囱电算结果汇总而成的数据表,可供设计钢筋混凝土烟囱时参考;同时,由于将风荷载和地震作用对强度计算的影响作了分析比较,以及对强度计算与使用阶段的关系进行了对比,这些也为进一步研究钢筋混凝土烟囱的计算理论提供了大量数值依据。

本手册的编写单位及编著者如下:

主编单位 冶金部包头钢铁设计研究院

主编人 冶金部包头钢铁设计研究院 宋金墀

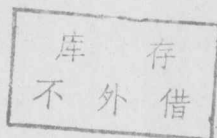
编著者及分工:

冶金部长沙黑色金属矿山设计研究院赵德厚(第五章第三节),鞠洪国(第六章第四、五节);冶金部鞍山焦化耐火材料设计研究院陈官祥(第四章第四节);冶金部包头钢铁设计研究院宋金墀(第一章和第六章第三、六节),杨春田(第二章、第四章第一、二、三节、第五章第五、六节和第七章第一、四节),于淑琴(第三章和第七章第二、三、五、六节),区慧芳(第五章第四节);电力部华东电力设计院狄沅沅和杨春田(第六章第七节);鞠洪国和宋金墀(第六章第一、二节);于淑琴和杨春田(第五章第一、二节);杨春田、于淑琴和区慧芳(附录一至十一)。

在编写过程中,得到有关单位的支持和协作,深表感谢。限于水平,手册定有不完善之处,请批评指正。

《烟囱设计手册》编写组

一九八八年五月



基本符号

内 外 力

- M ——荷载作用下的弯矩, 简称弯矩;
- M_w ——风荷载作用下的弯矩, 简称风弯矩;
- M_r ——附加弯矩;
- M_d ——地震弯矩;
- M_{dr} ——地震附加弯矩;
- N ——荷载作用下的纵向力, 简称纵向力;
- G ——基础自重和基础上的土重;
- T ——切力;
- Q_o ——基础局部冲切荷载;
- N_o, N_{om} ——分别为壳体的单位弧长薄膜径向力和径向力;
- $N_\theta, N_{\theta m}$ ——分别为壳体的单位长度薄膜环向力和环向力;
- M_o, Q_o ——分别为壳体单位弧长的径向弯矩和切力;
- M_{oa}, M_{ob} ——分别为壳体小径边缘和大径边缘的单位弧长径向弯矩;
- H_a, H_b ——分别为壳体小径边缘和大径边缘的单位长度水平推力;
- M_θ ——壳体环梁的环向弯矩。

温 度

- T_v ——烟气温度;
- T_k ——空气温度;
- t_n ——计算点的受热温度;
- R_s ——内衬、隔热层和筒壁的总热阻;
- R_o, R_w ——分别为内衬内表面和筒壁外表面的热阻;
- λ ——导热系数;

- α_o ——内衬内表面吸热系数;
- α_w ——筒壁外表面放热系数;
- Δt ——温度差;
- t_n ——混凝土筒壁内表面受热温度;
- t_g ——钢筋受热温度。

应 力

- σ_{hw}, σ_{gw} ——分别为筒壁在风荷载作用下混凝土压应力和钢筋拉应力;
- σ_{ht}, σ_{gt} ——分别为筒壁在温度作用下混凝土压应力和钢筋拉应力;
- σ_h, σ_g ——分别为筒壁在荷载与温度共同作用下混凝土压应力和钢筋拉应力;
- σ_{kt} ——环箍拉应力;
- σ_{st} ——砌体在温度作用下的压应力;
- p ——基础底面平均压力;
- p_{max}, p_{min} ——分别为基础底面边缘的最大和最小压力;
- p_N ——基础底面在轴心荷载作用下的压力;
- p_M ——基础底面在弯矩作用下的压力。

材料计算指标

- R_o ——混凝土的轴心抗压设计强度;
- R_w ——混凝土的弯曲抗压设计强度;
- R_t ——混凝土的抗拉设计强度;
- R_f ——混凝土的抗裂设计强度;
- R_{ot}, R_{wt} ——分别为混凝土在温度作用下的轴心抗压和弯曲抗压设计强度;

R_{1t} 、 R_{1t} ——分别为混凝土在温度作用下的抗拉和抗裂设计强度；

R_g 、 R'_g ——分别为钢筋的抗拉和抗压设计强度；

R_{gt} 、 R'_{gt} ——分别为钢筋在温度作用下的抗拉和抗压设计强度；

E_h 、 E_g ——分别为混凝土和钢筋的弹性模量；

E_{ht} ——混凝土在温度作用下的弹性模量；

E_k ——环箍的折算弹性模量；

E'_t ——砖砌体在温度作用下的弹塑性模量；

E_t ——砖砌体在温度作用下的弹性模量。

几何特征

A 、 A_0 ——分别为截面面积和换算截面面积；

A_g ——计算截面纵向钢筋的总面积或每米高度内环向钢筋的截面面积；

A_k ——环箍截面面积；

F ——基础底面面积；

δ 、 δ_0 ——分别为筒壁（或壳体）厚度和有效厚度；

r_h ——截面核心距；

d ——钢筋直径；

a ——筒壁外边缘至环向钢筋重心的距离；

$\delta_{r,max}$ ——混凝土的最大裂缝宽度；

L_f ——混凝土的裂缝平均间距；

S ——壳体的径向长度；

e_0 ——纵向力至截面中心的距离；

e ——纵向力对环向截面中心的折算偏心距；

J ——截面惯性矩；

W ——截面弹性抵抗矩；

θ ——筒壁开孔半角。

计算系数

K ——设计安全系数；

β_h ——混凝土在温度作用下的弹性模量折减系数；

γ_a 、 γ_w ——分别为混凝土在温度作用下的轴心抗压和弯曲抗压设计强度折减系数；

γ_t 、 γ_r ——分别为混凝土在温度作用下的抗拉和抗裂设计强度折减系数；

α_z ——砌体在温度作用下的线膨胀系数；

α_{h2} ——混凝土在温度作用下的变形系数；

α_g ——钢筋在温度作用下的线膨胀系数；

α ——砖砌体的纵向力偏心影响系数；

μ ——配筋率；

n_t ——钢筋与混凝土在温度作用下的弹性模量比值；

ν ——与钢筋表面形状有关的系数；

ω ——截面特征系数；

ξ ——筒壁截面相对受压区高度系数；

ψ_{gt} ——温度作用下裂缝间受拉钢筋应变不均匀系数。

目 录

| | | | |
|-------------|---|-------------------|----|
| 前言 | 1 | 一、隔热材料的选择 | 8 |
| 基本符号 | | 二、材料热工计算指标 | 8 |
| 第一章 总则 | 1 | 第三章 温度计算 | 9 |
| 第一节 适用范围 | 1 | 第一节 计算原则 | 9 |
| 一、烟囱筒身 | 1 | 一、烟囱烟气温度取值 | 9 |
| 二、烟囱基础 | 1 | 二、空气温度取值 | 9 |
| 第二节 设计一般要求 | 1 | 第二节 筒身受热温度计算 | 9 |
| 一、应参照的有关规范 | 1 | 一、内衬、隔热层及筒壁温度计算通式 | 9 |
| 二、筒壁的选择 | 1 | 二、总热阻 | 9 |
| 第三节 设计资料 | 2 | 三、吸热系数和放热系数 | 11 |
| 一、自然条件 | 2 | 四、温差修正系数 | 11 |
| 二、设计条件 | 2 | 五、例题 | 11 |
| 三、避雷与安全设施 | 2 | 六、假定受热温度的经验公式 | 13 |
| 四、检修或安装设施 | 2 | 第四章 砖烟囱筒壁 | 16 |
| 五、其它有关资料 | 2 | 第一节 砖烟囱类型选择 | 16 |
| 第四节 计算基本规定 | 2 | 一、地震区砖烟囱 | 16 |
| 一、一般计算规定 | 2 | 二、非地震区砖烟囱 | 16 |
| 二、受热温度允许值 | 3 | 第二节 环箍砖烟囱 | 16 |
| 三、安全系数 | 3 | 一、计算原则 | 16 |
| 四、裂缝宽度允许值 | 4 | 二、构造要求 | 17 |
| 五、地基允许变形值 | 4 | 三、筒壁计算 | 19 |
| 第二章 材料 | 5 | 四、例题 | 23 |
| 第一节 砖石 | 5 | 第三节 环向钢筋砖烟囱 | 25 |
| 一、砖筒壁和配筋砖筒壁 | 5 | 一、一般规定 | 25 |
| 二、烟囱内衬 | 5 | 二、构造要求 | 25 |
| 三、毛石基础 | 5 | 三、环向钢筋计算 | 26 |
| 第二节 混凝土 | 5 | 四、例题 | 27 |
| 一、钢筋混凝土烟囱筒壁 | 5 | 第四节 配置纵环向钢筋的砖烟囱 | 28 |
| 二、基础 | 6 | 一、一般规定 | 28 |
| 三、混凝土设计强度取值 | 6 | 二、构造要求 | 28 |
| 第三节 钢筋和钢材 | 7 | 三、纵向钢筋计算 | 29 |
| 一、筒壁 | 7 | 四、例题 | 30 |
| 二、基础 | 7 | 第五章 钢筋混凝土烟囱筒壁 | 31 |
| 三、附件 | 7 | 第一节 计算原则 | 31 |
| 四、钢筋设计强度取值 | 7 | 一、受热温度计算 | 31 |
| 第四节 隔热材料 | 8 | 二、附加弯矩计算 | 31 |

| | | | |
|------------------|-----|----------------------------|-----|
| 三、强度计算 | 31 | 二、计算公式 | 102 |
| 四、使用阶段应力计算 | 31 | 第五节 板式基础 | 103 |
| 五、裂缝宽度验算 | 32 | 一、基础材料 | 103 |
| 第二节 构造要求 | 32 | 二、基础构造 | 103 |
| 一、筒壁 | 32 | 三、环形基础底面的合理外形 | 103 |
| 二、内衬和隔热层 | 34 | 四、计算公式 | 107 |
| 三、烟囱附件 | 35 | 五、例题 | 111 |
| 四、隔烟墙及灰斗平台 | 42 | 第六节 壳体基础 | 111 |
| 五、多筒烟囱构造 | 42 | 一、构造要求 | 111 |
| 第三节 筒身附加弯矩计算 | 46 | 二、计算原则和内容 | 113 |
| 一、附加弯矩一般式 | 46 | 三、内力计算公式 | 113 |
| 二、强度阶段附加弯矩计算 | 47 | 四、强度计算 | 127 |
| 三、使用阶段附加弯矩计算 | 49 | 五、正倒锥组合壳基计算程序 | 128 |
| 四、例题 | 50 | 第七节 桩基础 | 128 |
| 第四节 筒壁强度计算 | 54 | 一、桩的平面布置 | 128 |
| 一、计算要点 | 54 | 二、单桩容许承载力 | 129 |
| 二、偏心矩及其影响系数的计算 | 54 | 三、桩基的单桩荷载验算 | 131 |
| 三、强度计算 | 55 | 四、承台设计 | 132 |
| 第五节 筒壁使用阶段应力计算 | 56 | 五、例题 | 133 |
| 一、水平截面应力计算 | 57 | 第七章 计算实例 | 135 |
| 二、在温度作用下垂直截面应力计算 | 63 | 第一节 45m 砖烟囱 | 135 |
| 第六节 筒壁裂缝宽度验算 | 63 | 一、设计资料 | 135 |
| 一、水平裂缝验算 | 63 | 二、材料选择 | 135 |
| 二、垂直裂缝验算 | 63 | 三、计算依据 | 135 |
| 第六章 地基基础 | 92 | 四、烟囱形式 | 135 |
| 第一节 基础类型及其适用范围 | 92 | 五、筒身自重计算 | 135 |
| 一、基础类型 | 92 | 六、风荷载及风弯矩计算 | 136 |
| 二、适用范围 | 92 | 七、筒身受热温度计算 | 138 |
| 第二节 地基计算 | 93 | 八、筒壁在风荷载作用下的水平截面强度计算和抗裂度验算 | 138 |
| 一、计算内容 | 93 | 九、环箍或环筋计算 | 138 |
| 二、基础底面压力计算 | 93 | 十、抗震计算 | 143 |
| 三、基础变形计算 | 94 | 第二节 120m 钢筋混凝土烟囱 | 145 |
| 四、例题 | 100 | 一、设计资料 | 145 |
| 第三节 基础一般构造 | 101 | 二、材料选择 | 145 |
| 一、烟道及其沉降缝 | 101 | 三、计算依据 | 145 |
| 二、垫层 | 101 | 四、烟囱形式 | 146 |
| 三、贮灰槽 | 102 | 五、筒身自重计算 | 146 |
| 四、通风隔热 | 102 | 六、风荷载及风弯矩计算 | 147 |
| 五、护坡 | 102 | 七、地震荷载及内力计算 | 148 |
| 六、基础环壁 | 102 | 八、筒身受热温度计算 | 148 |
| 第四节 刚性基础 | 102 | 九、附加弯矩 | 148 |
| 一、基础材料 | 102 | | |

| | | | |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|
| 十、筒壁水平截面强度计算..... | 159 | 五、底板配筋计算..... | 199 |
| 十一、使用阶段应力计算..... | 165 | 六、沉降及倾斜验算..... | 200 |
| 十二、裂缝宽度验算..... | 174 | 第六节 圆形基础..... | 203 |
| 第三节 180m钢筋混凝土烟囱..... | 176 | 一、设计条件..... | 203 |
| 一、设计资料..... | 176 | 二、基础外形尺寸..... | 203 |
| 二、材料选择..... | 176 | 三、地基承载力验算..... | 204 |
| 三、计算依据..... | 176 | 四、冲切强度验算..... | 205 |
| 四、烟囱形式..... | 176 | 五、底板配筋计算..... | 206 |
| 五、筒身自重计算..... | 176 | 六、沉降及倾斜验算..... | 208 |
| 六、风荷载及风弯矩计算..... | 176 | 附录一 砖石砌体的计算指标..... | 212 |
| 七、筒身受热温度计算..... | 179 | 附录二 混凝土与钢筋的计算指标..... | 214 |
| 八、附加弯矩计算..... | 181 | 附录三 风荷载计算..... | 216 |
| 九、筒壁水平截面强度计算..... | 185 | 附录四 地震荷载计算..... | 218 |
| 十、使用阶段应力计算..... | 188 | 附录五 地基基础计算指标..... | 220 |
| 十一、裂缝宽度验算..... | 194 | 附录六 环形截面几何特性计算公式..... | 221 |
| 第四节 刚性基础..... | 194 | 附录七 烟囱工程量参考表..... | 222 |
| 一、已知条件..... | 194 | 附录八 钢筋混凝土烟囱施工图设计 | |
| 二、基础计算..... | 195 | 总说明示例..... | 224 |
| 第五节 环形基础..... | 196 | 附录九 烟囱施工图设计阶段工程地 | |
| 一、设计条件..... | 196 | 质勘察要求..... | 226 |
| 二、基础外形尺寸的确定..... | 196 | 附录十 钢筋混凝土烟囱在不同风荷 | |
| 三、地基承载力验算..... | 197 | 载及地震作用下的计算比较..... | 229 |
| 四、冲切强度验算..... | 198 | 附录十一 计量单位换算关系表..... | 277 |

第一章 总 则

第一节 适 用 范 围

本手册适用于设计地震区和非地震区的下列烟囱筒身及其基础。

一、烟囱筒身

1. 非地震区的配环箍的砖筒身；
2. 非地震区的配环筋的砖筒身；
3. 地震区的配纵向和环向筋的砖筒身；
4. 非地震区和地震区的高度不大于210m的钢筋混凝土筒身。当高度大于210m时，亦可参照本手册进行设计。

二、烟囱基础

1. 混凝土、毛石混凝土、毛石砌体或砖砌体的刚性基础。
2. 钢筋混凝土板式基础（包括圆形和环形两种形式）。
3. 钢筋混凝土壳体基础（包括M形组合壳基；正倒锥组合壳基和截锥组合壳基）。

第二节 设计 一 般 要 求

一、应参照的有关规范

1. 设计烟囱时，应符合有关地基基础、砖石结构、钢筋混凝土结构、抗震及荷载等设计规范的规定（见附录一~五）。
2. 当遇到下列情况时，尚应符合专门规范或规程的要求：
 - （1）湿陷性黄土，膨胀土等地质条件或地下为采掘区；
 - （2）烟囱烟气中的二氧化硫含量超过1%（体积比），以及二氧化硫虽未超过1%，但烟气温度低于100℃或烟气相对湿度超过60%；
 - （3）烟囱的烟气含有其它侵蚀性气体

二、筒壁的选择

本手册所包括的烟囱筒壁有砖筒壁和钢筋混凝土筒壁两种。在设计烟囱时，应根据烟囱的高度、地震烈度、材料供应情况和施工条件等因素综合考虑。其中起决定性的因素是烟囱高度和地震烈度。当烟囱高度大于60m或地震烈度为8度且为Ⅲ类场地土时，不宜采用砖筒壁。烟囱筒壁的具体选用条件如下：

1. 砖筒壁的选用条件

- （1）非地震区的砖烟囱筒壁，可仅配置环向钢箍或环向钢筋；
- （2）地震区的砖烟囱筒壁，应同时配置环向钢筋和纵向钢筋。

2. 钢筋混凝土筒壁的选用条件

- (1) 烟囱高度大于60m或位于Ⅲ类场地土上的设计烈度为8度的烟囱;
- (2) 特别重要的烟囱;
- (3) 因施工条件限制, 在地震区采用纵向钢筋砖筒壁有困难时。

第三节 设计资料

一、自然条件

1. 工程地质和水文地质资料;
2. 地震烈度;
3. 有关风、日照和温度等的气象资料。

二、设计条件

1. 烟囱的平面位置;
2. 烟囱高度;
3. 烟囱上、下口的内直径;
4. 烟道平面布置;
5. 烟道剖面尺寸;
6. 烟道与烟囱的连接位置;
7. 烟囱上安装设备的有关资料;
8. 烟气的成分、浓度、湿度、最高温度和流速。

三、避雷与安全设施

1. 避雷设施资料;
2. 飞行安全标志的要求。

四、检修或安装设施

1. 检修或安装平台;
2. 爬梯;
3. 照明平台。

五、其它有关资料

1. 与烟囱相邻的建筑物和构筑物;
2. 与烟囱相邻的地下设施的布置情况;
3. 其它与烟囱设计有关的资料。

第四节 计算基本规定

一、一般计算规定

1. 风荷载

计算风荷载时, 对《工业与民用建筑结构荷载规范》(TJ9—74)中的调整系数, 应按下列规定采用:

- (1) 烟囱高度 $\leq 100\text{m}$ 时, 取1.0;
- (2) 烟囱高度 $> 100\text{m}$, 但 $< 200\text{m}$ 时, 取1.1;

(3) 烟囱高度 $>200\text{m}$ 时, 取1.2。

风荷载的有关系数见附录三。

2. 基本自振周期

烟囱的基本自振周期, 可按《工业与民用建筑结构荷载规范》(TJ9—74) 和《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11—78) 的规定计算。

地震力的有关系数见附录四。

3. 附加弯矩

(1) 设计砖烟囱时, 可不考虑其附加弯矩;

(2) 设计钢筋混凝土烟囱时, 应计算其附加弯矩。

4. 温度取值

(1) 设计烟囱时, 烟囱内部的烟气温度, 应按其最高值采用。

(2) 计算烟囱的有关数据, 当使用夏季温度时, 取其极端最高温度; 当使用冬季温度时, 取其极端最低温度。

5. 筒壁计算截面位置

烟囱筒壁计算截面的位置, 应按下列规定采用:

(1) 当计算水平截面时, 应取筒壁各节的底截面;

(2) 当计算垂直截面时, 应取筒壁各节的底部单位高度的截面。

二、受热温度允许值

1. 筒壁

(1) 当为普通粘土砖砌体的筒壁时, 其最高受热温度不应超过 400°C 。

(2) 当为普通钢筋混凝土的筒壁时, 其最高受热温度不宜超过 150°C 。

2. 基础

(1) 当为普通混凝土的基础时, 其最高受热温度不宜超过 150°C 。

(2) 当为普通钢筋混凝土的基础时, 其最高受热温度亦不宜超过 150°C 。

三、安全系数

1. 烟囱筒壁的设计安全系数, 应按表1-1采用。

设计安全系数

表 1-1

| 项 次 | 筒 壁 类 型 | 安 全 系 数 |
|-----|---------|------------------|
| 1 | 砖 筒 壁 | 筒壁砖砌体 2.3 |
| | | 环 箍 1.6 |
| | | 环向钢筋 1.4 |
| | | 纵向钢筋 2.1 |
| 2 | 钢筋混凝土筒壁 | 强度计算 1.7 |
| | | 使用阶段计算 |
| | | 混凝土(K_h) 1.7 |
| | | 钢 筋(K_s) 1.7 |

注: 1. 考虑地震力时, 安全系数应乘以系数0.8。

2. 钢筋混凝土筒壁强度计算时, 当烟囱高度大于 200m 且基本风压小于或等于 $50\text{kg}/\text{m}^2$ 时, 对表中安全系数应再乘以系数1.1。

2. 钢筋混凝土板式基础的设计安全系数 K ，应按《钢筋混凝土结构设计规范》中的规定采用(见附录二)。

3. 钢筋混凝土壳体基础的设计安全系数 K ，应按《钢筋混凝土结构设计规范》的规定提高10%。

四、裂缝宽度允许值

1. 钢筋混凝土筒壁顶部20m范围内，最大裂缝宽度不应超过0.15mm。

2. 钢筋混凝土筒壁顶部20m以下的范围，最大裂缝宽度不应超过0.3mm。

五、地基允许变形值

1. 沉降允许值

基础沉降允许值，按表1-2采用。

2. 倾斜允许值

基础倾斜允许值，按表1-3采用。

基础沉降允许值 表 1-2

| 地 基 土 类 别 | 基础沉降允许值 (mm) |
|-----------|--------------|
| 中压缩性粘性土 | 20 |
| 高压缩性粘性土 | 40 |

基础倾斜允许值 (表 1-3)

| 烟 囱 高 度 H (m) | 基础倾斜允许值 |
|--------------------|---------|
| $H=20$ | 0.008 |
| $20 < H \leq 50$ | 0.006 |
| $50 < H \leq 100$ | 0.005 |
| $100 < H \leq 150$ | 0.004 |
| $150 < H \leq 200$ | 0.003 |
| $H > 200$ | 0.002 |

注：1. H 为地面至烟囱顶端的高度；
2. 基础倾斜值系指基础倾斜方向两端的沉降差与其距离的比值。

表 1-1 安全系数

| 项 次 | 项 目 | 安全系数 |
|-----|---------|------|
| 1.1 | 钢筋混凝土筒壁 | 1.1 |
| 1.2 | 钢筋混凝土壳体 | 1.1 |
| 1.3 | 钢筋混凝土板式 | 1.1 |
| 1.4 | 钢筋混凝土筒壁 | 1.1 |
| 1.5 | 钢筋混凝土壳体 | 1.1 |
| 1.6 | 钢筋混凝土板式 | 1.1 |
| 1.7 | 钢筋混凝土筒壁 | 1.1 |
| 1.8 | 钢筋混凝土壳体 | 1.1 |
| 1.9 | 钢筋混凝土板式 | 1.1 |

1.1 安全系数按表1-1采用，钢筋混凝土筒壁、壳体、板式基础的安全系数，应按表1-1采用，钢筋混凝土筒壁、壳体、板式基础的安全系数，应按表1-1采用。

第二章 材 料

烟囱及烟囱基础的材料（包括砖石、混凝土、钢筋、钢材及隔热材料），应按本章的要求采用。

第一节 砖 石

一、砖筒壁和配筋砖筒壁

1. 筒壁宜采用不低于75号的标准型或异型的一等普通粘土砖。在寒冷地区，砖的抗冻性指标应符合有关规定。

2. 砖筒壁（不包括配筋砖筒壁）宜采用25号混合砂浆，但在顶部5 m范围内，宜将砂浆标号提高到50号。

3. 配筋砖筒壁，应采用不低于50号的水泥石灰混合砂浆。

4. 砖砌体在温度作用下的线膨胀系数 α_2 应按下列规定采用：

当砌体受热温度 t 为20~200°C时， α_2 可采用 5×10^{-6} ；

当砌体受热温度 t 为201~400°C时，

$$\alpha_2 = 5 \times 10^{-6} + \frac{t - 200}{200} \times 10^{-6}$$

砌体的受热温度应取筒壁内表面的温度。因为在计算由于温度作用产生的筒壁环向相对伸长值时，主要取决于筒壁内表面温度。

5. 砖砌体在温度作用下的抗压强度和弹性模量，可不考虑温度折减，仍按《砖石结构设计规范》（GBJ3—73）的规定采用。有关数据及规定见附录一。

二、烟囱内衬

1. 烟气温度低于400°C时，可采用75号普通粘土砖和25号混合砂浆。

2. 烟气温度为400~500°C时，可采用75号普通粘土砖和耐热砂浆。

3. 烟气温度高于500°C时，可采用粘土质耐火砖或耐火混凝土预制块，用粘土火泥泥浆砌筑。

三、毛石基础

1. 基土稍湿时，采用不低于200号的石材和不低于25号的混合砂浆。

2. 基土很湿时，采用不低于200号的石材和不低于50号的混合砂浆。

3. 基土含水饱和时，采用不低于300号的石材和不低于50号的水泥砂浆。

第二节 混 凝 土

一、钢筋混凝土烟囱筒壁

1. 混凝土宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制，混凝土标号不

宜低于200号。

2. 混凝土的水灰比不宜大于0.5, 混凝土的水泥用量不宜超过 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3. 混凝土的骨料应坚硬致密。骨料宜采用玄武岩、闪长岩、花岗岩、石灰岩等破碎的碎石或卵石。细骨料宜采用天然砂, 也可采用上述岩石经破碎筛分后的产品, 但不得含有金属矿物、云母、硫酸化合物和硫化物;

4. 粗骨料粒径不应超过筒壁厚度的 $1/5$ 和钢筋间距的 $3/4$, 同时最大粒径不应超过 60mm 。

5. 沿筒壁高度方向宜采用相同标号的混凝土。当烟囱较高(150m以上)时, 亦可采用不同标号的混凝土, 烟囱下部的混凝土标号应高于上部的混凝土标号。

6. 筒壁顶部第一节和有烟气直接作用的部位(如支承内衬的牛腿有可能接触烟气), 不宜采用石灰石作骨料。

二、基础

1. 刚性基础的混凝土标号, 不应低于100号。

2. 板式基础的混凝土标号, 不应低于150号。

3. 壳体基础的混凝土标号, 不应低于300号。

三、混凝土设计强度取值

1. 筒壁

混凝土在温度作用下, 强度有所降低, 并应考虑浇灌时对强度的影响。故筒壁混凝土的设计强度应按下列规定取值:

$$R_{at} = 0.7\gamma_a R_a \quad (2-1)$$

$$R_{it} = \gamma_i R_i \quad (2-2)$$

$$R_{ft} = \gamma_f R_f \quad (2-3)$$

2. 基础

当为地上烟道时, 因基础不受温度作用, 可不考虑温度折减(即温度折减系数 $\gamma = 1$)。

当为地下烟道时, 混凝土设计强度按下列规定取值:

$$R_{at} = \gamma_a R_a \quad (2-4)$$

$$R_{wt} = \gamma_w R_w \quad (2-5)$$

$$R_{it} = \gamma_i R_i \quad (2-6)$$

式中 R_{at} 、 R_{it} 、 R_{ft} 、 R_{wt} ——分别为混凝土在温度作用下的轴心抗压、抗拉、抗裂及抗弯设计强度;

R_a 、 R_i 、 R_f 、 R_w ——分别为混凝土的轴心抗压、抗拉、抗裂及抗弯设计强度, 按附录二采用;

γ_a 、 γ_i 、 γ_f 、 γ_w ——分别为混凝土的轴心抗压、抗拉、抗裂及抗弯设计强度的温度折减系数, 按表2-1采用。

3. 混凝土弹性模量

混凝土在温度作用下的抗压或抗拉的弹性模量 E_{ht} , 按下式计算:

$$E_{ht} = \beta_h E_h \quad (2-7)$$

式中 β_h ——混凝土在温度作用下的弹性模量折减系数, 按表2-2采用;

混凝土在温度作用下的设计强度折减系数 表 2-1

| 系 数 | 受 热 温 度 (°C) | | | | | 受 热 温 度 的 取 值 规 定 |
|------------|--------------|------|------|------|------|-------------------|
| | 20 | 60 | 100 | 150 | 200 | |
| γ_a | 1 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.70 | 取筒壁及壳体基础单体构件的平均温度 |
| γ_w | 1 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.70 | 取基础表面最高温度 |
| γ_l | 1 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 取壳体基础单体构件的平均温度 |
| γ_f | 1 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 取筒壁平均温度 |

混凝土在温度作用下的弹性模量折减系数 表 2-2

| 系 数 | 受 热 温 度 (°C) | | | | | 受 热 温 度 的 取 值 规 定 |
|-----------|--------------|------|------|------|------|--|
| | 20 | 60 | 100 | 150 | 200 | |
| β_h | 1 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 强度计算时, 取筒壁及壳体基础单体构件的平均温度; 使用阶段的应力计算和裂缝验算时, 取筒壁内表面温度 |

E_h ——混凝土的弹性模量, 按附录二采用。

4. 混凝土在温度作用下的变形系数 α_{ht} 可采用 1.0×10^{-5} 。

第三节 钢筋和钢材

一、筒壁

1. 钢筋混凝土筒壁, 宜采用Ⅱ级钢筋;
2. 砖筒壁的环筋, 宜采用Ⅰ级钢筋, 纵向钢筋宜采用Ⅱ级钢筋;
3. 砖烟囱的环箍, 宜采用3号钢。

二、基础

钢筋混凝土板式基础及壳体基础, 宜采用Ⅱ级钢筋。

三、附件

烟囱的平台、爬梯及螺栓等, 宜采用3号钢。

四、钢筋设计强度取值

钢筋在温度作用下, 抗拉和抗压的设计强度应按下列公式计算:

1. 钢筋混凝土筒壁和配筋砖筒壁的钢筋:

$$R_{gt} = 0.85\gamma_g R_g \quad (2-8)$$

$$R_{gt}' = 0.85\gamma_g R_g' \quad (2-9)$$

2. 烟囱基础的钢筋: 当为地上烟道时, 不考虑温度对钢筋强度的折减; 当为地下烟道时, 按下列公式计算:

$$R_{gt} = \gamma_g R_g \quad (2-10)$$

$$R_{gt}' = \gamma_g R_g' \quad (2-11)$$

式中 R_{gt} 、 R'_{gt} ——分别为钢筋在温度作用下的抗拉和抗压设计强度；
 R_g 、 R'_g ——分别为钢筋的抗拉和抗压设计强度，按附录二采用；
 γ_g ——钢筋在温度作用下的强度折减系数，按表2-3采用。

钢筋在温度作用下的设计强度折减系数 表 2-3

| 系 数 | 受 热 温 度 (°C) | | | | | 受热温度的取值规定 |
|------------|--------------|----|-----|------|------|-----------|
| | 20 | 60 | 100 | 150 | 200 | |
| γ_g | 1 | 1 | 1 | 0.90 | 0.85 | 钢筋温度 |

3. 砖筒壁的环箍，一般采用3号钢，设计强度可取 $R_{kt} = 0.7 \times 2400 = 1680 \text{ kg/cm}^2$ ；

4. 钢筋在温度作用下的弹性模量，可不考虑折减，按附录二采用。钢筋的线膨胀系数 α_g 可取 1.2×10^{-6} 。

第四节 隔 热 材 料

一、隔热材料的选择

隔热材料应采用无机材料，其干燥状态下的密度不宜大于 800 kg/m^3 。常用的隔热材料有：硅藻土砖、矿渣棉、水泥珍珠岩板、膨胀珍珠岩、高炉水渣及蛭石等。

二、材料热工计算指标

材料的热工计算指标，应按实际试验资料确定。当无试验资料时，对于几种常用的材料，可按表2-4采用。但在设计中采用热工计算指标时（如密度、导热系数），应根据施工方法，对计算指标进行适当的调正。例如：当采用内砌外滑或双滑方法施工的钢筋混凝土烟囱，其隔热材料变得潮湿，容重和导热系数将增大；以空气为隔热层时，由于内衬可能开裂，隔热性能也将有所降低。这些因素应根据实际经验，在设计中加以考虑。

材料热工计算指标 表 2-4

| 材 料 种 类 | 最高使用温度 (°C) | 密 度 (kg/m³) | 导 热 系 数 λ kcal/(m·h·°C) |
|---------------------|-------------|-------------|---------------------------------|
| 普通粘土砖砌体 | 500 | 1700 | $0.42 + 0.0005t$ |
| 粘土质耐火砖砌体 | 1400 | 1900 | $0.6 + 0.00055t$ |
| 硅藻土砖砌体 | 900 | 500 | $0.1 + 0.0002t$ |
| | | 600 | $0.12 + 0.0002t$ |
| | | 700 | $0.15 + 0.0002t$ |
| 普通钢筋混凝土 | 200 | 2400 | $1.3 + 0.0004t$ |
| 普通混凝土 | 200 | 2300 | $1.1 + 0.0004t$ |
| 硅酸盐水泥耐火混凝土 | 1200 | 1900 | $0.7 + 0.0005t$ |
| 硅酸盐水泥轻质混凝土(骨料为页岩陶粒) | 400 | 1400 | $0.45 + 0.0001t$ |
| | | 1200 | $0.35 + 0.0001t$ |
| | | 1000 | $0.25 + 0.0001t$ |