

耐热钢筋混凝土 结构计算

A.Φ.米洛瓦诺夫 著
周 永 铨 译

冶金工业出版社

耐热钢筋混凝土 结构计算

A.Φ.米洛瓦诺夫 著

周 永 铨 译

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书系根据苏联建筑工程出版社 (Стройиздат) 1975 年出版的 А.Ф.Милованов 著 “Расчет жаростойких железобетонных конструкций” 一书译出。

书中叙述在升温 and 高温条件下工作的工业建筑物、各种热工设备、窑炉、烟囱和烟道中的钢筋混凝土结构 (由普通混凝土和耐热混凝土作成的) 的构造和基本计算原理, 引证结构计算所必需的、受到加热影响的混凝土和钢筋的物理-力学性能和流变性能的数据, 分析温度对在短时和长期加热下工作的钢筋混凝土结构性能的影响, 详细研究在升温 and 高温条件下工作的钢筋混凝土结构按照极限状态计算的特点, 提出构造方案并列举出计算实例。

本书供在科研和设计部门工作的工程技术人员之用。

耐热钢筋混凝土结构计算

А.Ф.米洛瓦诺夫 著

周 永 铨 译

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口 74 号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 8 字数 208 千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷

印数 00,001~6,400 册

统一书号: 15062·3714 定价 1.00 元

原 序

钢筋混凝土结构在工业建筑中得到了广泛的推广。钢筋混凝土结构同钢结构相比有其优越性，从而取得了发展。

化学、石油、冶金工业的发展和建筑材料的工业化，要求建设许多在热生产过程中使用的车间、栈桥、贮槽、烟囱、密炉和其他结构物。受到 200°C 以下温度作用的、处于热生产中的车间屋盖、楼板和基础结构，以及其他结构物都采用普通钢筋混凝土。

受到 $200\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 高温作用的烟囱、烟道、干燥器、隧道窑和其他热工设备，大多数还是采用砌筑在金属骨架或外壳内的昂贵的异型耐火材料、粘土砖或红砖。目前，热工设备的结构设计水平仍然赶不上现代化建筑工业的需要。小块耐火制品和耐火砖的砌筑是繁重的，它使采用工业化方法进行工程施工遇到了困难。而且金属骨架和外壳还消耗了大量的型钢和钢板。

采用耐热混凝土和耐热钢筋混凝土，在许多情况下可以降低工程费用，并提高在高温下工作的工业炉和其他热工设备的使用寿命。在许多热工设备中采用耐热钢筋混凝土，使结构的处理有可能做到比昂贵的耐火砌体更为简单可靠。耐热钢筋混凝土的高炉基础、黄铁矿焙烧炉、隧道窑、石墨化炉和其他类型的密炉、锅炉、热风炉以及烟囱的施工和使用经验证明，用耐热混凝土和钢筋混凝土代替耐火材料砌体有很大的经济意义^[14, 62, 114]。

采用装配式的耐热混凝土和钢筋混凝土大型砌块和板，给施工的工业化提供了很大的可能性。

作者谨对科学书籍编辑、科学技术副博士 Г.И. 别尔季契夫斯基和审阅者、科学技术副博士 И.И. 沙赫夫致以深切的谢意。

主要的标准符号表

- M, N ——由温度应力和荷载应力共同作用产生的计算弯矩和纵向力;
- M_H, M_t ——外荷载和温度的作用产生的计算弯矩;
- M_T ——在出现裂缝前直接由混凝土和钢筋承受的弯矩;
- N_H, N_t ——荷载和温度的作用产生的计算纵向力;
- Q_H, Q_t ——在指定的弯起筋平面处 (即在构件的受压区计算斜截面的终点) 由荷载和温度的作用产生的计算剪力;
- $Q_{x.c}$ ——在最不利的斜截面处由受压区混凝土和横向钢筋 (箍筋) 承受的极限剪力;
- $\sigma_a, \sigma_{a.c}$ ——在裂缝处截面中的钢筋应力和裂缝之间区段中的钢筋平均应力;
- $\sigma_{a.H}, \sigma_{a.t}$ ——在裂缝处截面中由荷载和温度产生的受拉钢筋应力;
- $\sigma_c, \sigma_{c.c}$ ——在裂缝处截面中的混凝土受压区应力和裂缝之间区段中的受压区混凝土平均应力;
- $\sigma_{c.H}, \sigma_{c.t}$ ——在裂缝处截面中由荷载和温度产生的受压区混凝土应力;
- R ——按照抗压强度 (混凝土立方体强度) 确定的混凝土设计标号;
- R_{pt} ——在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下的混凝土计算抗拉强度;
- $R_{n.pt}$ ——在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下的轴向混凝土计算抗压强度 (棱柱体强度);
- $R_{a.t}$ ——在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下, 计算沿着斜截面弯曲的纵向受拉钢筋和横向筋的计算强度;
- $R_{a.xt}$ ——在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下, 计算剪力用的横向筋的计算强度;
- $R_{a.ct}$ ——在升温 and 高温及短时和长期荷载下, 钢筋的计算抗压强度;

- $m_{\sigma t}, m_{pt}$ ——考虑在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下，混凝土抗压和抗拉强度下降的工作条件系数；
- m_{at} ——考虑在升温 and 高温及短时和长期荷载作用下，钢筋的抗拉和抗压强度下降的工作条件系数；
- $E_{\sigma}, E_{\sigma t}$ ——在压缩和拉伸情况下，混凝土的原始弹性模量和温度作用下的混凝土弹性模量；
- E_a, E_{at} ——在常温下和温度作用下的钢筋弹性模量；
- β_{σ}, β_a ——考虑在温度作用下混凝土和钢筋的弹性模量下降的系数；
- $\alpha_p, \alpha_{\gamma}, \alpha_{\sigma t}$ ——混凝土的热膨胀、热收缩和热变形系数；
- $\alpha_{at}, \alpha_{atc}$ ——钢筋的膨胀系数和考虑了受到裂缝之间混凝土工作影响的混凝土中的受拉钢筋的膨胀系数；
- ν ——压缩下的混凝土弹性系数（等于混凝土弹性变形部分对全变形之比）；
- ψ_a ——考虑裂缝之间受拉混凝土工作的系数；
- ψ_{σ} ——考虑受拉区裂缝之间区段混凝土受压区边缘纤维变形的非均匀性的系数；
- $\psi_{\sigma, \text{III}}$ ——考虑胀缩缝之间受压区混凝土工作的系数；
- $1/\rho_{\pi}, 1/\rho_t$ ——由外荷载的作用引起的构件中性轴的曲率和构件轴线的自由温差曲率；
- $1/\rho = 1/\rho_{\pi} + 1/\rho_t$ ——温度和荷载共同作用产生的曲率；
- b ——矩形截面的宽度，T形和工字形截面肋的宽度；
- b_n ——T形或工字形截面在受拉区翼缘的宽度；
- b'_n ——T形或工字形截面在受压区翼缘的宽度；
- h ——矩形、T形或工字形截面的高度；
- h_0 ——截面的工作高度，等于 $h - a$ ；
- h'_0 ——截面的工作高度，等于 $h - a'$ ；
- $h_{0\text{III}}$ ——胀缩缝处的截面高度，等于 $h_{\text{III}} - a$ ；
- h_{π} ——T形或工字形截面受拉翼缘的厚度；
- h'_n ——T形或工字形截面受压区翼缘的厚度；
- a ——从构件截面的最大受拉边缘至受拉钢筋合力点的距离；
- a' ——从构件截面的最大受压边缘至受压钢筋合力点的距离；
- F ——构件截面的全部混凝土面积；

F_c ——混凝土受压区的计算截面积；

F_n ——考虑到全部纵向钢筋的构件横截面的折算面积；

S_0, S'_0 ——混凝土的全部工作截面对受拉钢筋和受压钢筋合力作用点的静矩；

S_0 ——混凝土受压区面积对垂直于弯矩作用平面并穿过受拉钢筋合力作用点的轴线的静矩；

S_a, S'_a ——全部纵向钢筋截面积对垂直于弯矩作用平面并穿过受拉和受压钢筋合力作用点的轴线的静矩；

e', e ——对于钢筋混凝土截面，为纵向力作用点至受压和受拉钢筋合力作用点的距离；对于混凝土结构， e 为纵向力 N 的作用点至截面低应力边的距离； e' 为至截面大应力边的距离；

F_a ——在中心受压和中心受拉构件中为全部纵向钢筋的截面积；在受弯曲构件中为受拉钢筋的截面积；在偏心受压构件中为处在截面受拉边或低压力边的钢筋截面积；在偏心受拉构件中为处在靠近外力作用点的截面一边的钢筋截面积；

F'_a ——纵向钢筋的截面积：在受弯曲构件中为受压的；在偏心受压构件中为处在截面大压力边的钢筋截面积；在偏心受拉构件中为距外力作用点最远的一边的钢筋截面积；

α ——钢筋混凝土截面特征，用来计算带着裂缝工作的构件的受压区平均高度；

$$n = \frac{E_a}{E_c}, \quad n_t = \frac{E_{at}}{E_{ct}}$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0}, \quad \mu'_t = \frac{F'_{at}}{E_{ct}},$$

$$\mu' = \frac{F'_a}{bh_0}, \quad \mu_1 = \frac{F_a}{bh},$$

$$\mu'_1 = \frac{F'_a}{bh},$$

δ 和 δ' ——截面的最外缘至钢筋的相对距离；

$$\delta = \frac{a}{h_0}, \quad \delta' = \frac{a'}{h_0},$$

x_c, x ——在裂缝之间区段的混凝土受压区的平均相对高度和裂缝处截面中受压区的高度；

$\xi_c = \frac{x_c}{h_0}, \xi = \frac{x}{h_0}$ ——裂缝之间区段的混凝土受压区平均相对高度和裂缝处截面中混凝土受压区的相对高度；

φ ——纵向弯曲系数；

z_c, z ——裂缝之间的截面中和裂缝处截面中的拉应力和压应力的合力之间的距离（内力偶臂）；

W_T ——计算中考虑了混凝土非弹性变形和全部钢筋的、形成裂缝前的折算截面抗矩；

B ——短时荷载作用下受拉区没有裂缝的受弯钢筋混凝土构件的截面刚度；

B_s ——用受拉区参数表示的截面刚度；

f 和 Δ 或 e_t ——由外荷载和温度的作用产生的挠度和伸长（或缩短）的计算值；

a_T ——裂缝开展的平均计算值；

F_o ——一个平面内的弯起钢筋截面积；

f_x ——横向钢筋（箍筋）单肢的截面积；

t_g, t_a ——混凝土和钢筋的加热温度；

t_b ——热源一侧的介质温度；

t_H ——构件外侧的空气温度；

t_{cT} ——构件外表面的温度。

目 录

主要的标准符号表	V
第一章 耐热钢筋混凝土结构的工作特性和使用范围	1
§ 1 概述	1
§ 2 高温生产车间和构筑物的钢筋混凝土结构	4
§ 3 热工设备的工业化的耐热钢筋混凝土结构	7
第二章 加热下的混凝土和钢筋的物理-力学性能和	
流变性能	16
§ 1 混凝土的抗压强度和抗拉强度	16
§ 2 混凝土的弹塑性质	25
§ 3 加热下普通重质混凝土的蠕变	33
§ 4 耐热混凝土的蠕变	42
§ 5 混凝土的热收缩变形	46
§ 6 加热下混凝土性能变化的一些物理-化学原理	50
§ 7 钢筋的力学性能	59
§ 8 钢筋的弹塑性质	61
§ 9 钢筋的蠕变	64
§ 10 钢筋的热变形	71
第三章 加热下混凝土和钢筋的共同工作	72
§ 1 钢筋同混凝土的粘结	72
§ 2 钢筋混凝土构件的热收缩变形和应力	75
§ 3 加热对预压缩混凝土的影响	87
§ 4 加热下钢筋预应力的损失	87
§ 5 加热下预应力高强钢丝的锚固长度	91
第四章 加热下钢筋混凝土构件的抗裂性	92
§ 1 裂缝的形成	92
§ 2 斜裂缝的形成	99

§ 3	裂缝的开展	100
§ 4	加热下斜交于构件纵向轴的裂缝开展	102
第五章	加热下钢筋混凝土构件的抗变形性	104
§ 1	钢筋和混凝土变形的计算	104
§ 2	受拉钢筋和受压混凝土的变形	107
§ 3	混凝土受压区的高度	120
§ 4	刚度和曲率	123
§ 5	受弯构件的挠度	131
第六章	加热下钢筋混凝土构件的强度	136
§ 1	受弯构件的强度	136
§ 2	单面加热下受弯构件承受切力的强度	140
§ 3	单面加热下钢筋混凝土构件承受压力的强度	149
§ 4	单面加热下钢筋混凝土构件承受拉力的强度	151
§ 5	单面加热下环形截面的钢筋混凝土构件的抗压强度	152
第七章	温度对超静定钢筋混凝土结构构件应力的影响	155
§ 1	理论原理	155
§ 2	均匀加热和集中力作用下双跨梁的应力分布	157
§ 3	应力的各种计算方法比较	164
§ 4	受弯钢筋混凝土构件因单面加热而产生的应力	165
§ 5	单面加热和外荷载共同作用下钢筋混凝土构件中的应力	172
§ 6	耐热钢筋混凝土烟道	177
§ 7	耐热钢筋混凝土烟囱	187
第八章	一般构造要求	200
§ 1	构件截面的最小尺寸	200
§ 2	构件的配筋	201
§ 3	装配式构件的连接	203
§ 4	热收缩缝、沉降缝和胀缩缝	205
第九章	计算实例	208
§ 1	在800°C单面加热下受弯曲的耐热钢筋混凝土构件的强度、变形和裂缝开展计算	208
§ 2	在200°C均匀加热下由外荷载引起的普通钢筋混凝土柱顶端位移的计算	214

§ 3 在100°C均匀加热下普通预应力钢筋混凝土梁裂缝形成的计算.....	218
§ 4 配有横向钢筋和弯起筋的耐热钢筋混凝土受弯曲构件在500°C单面加热和切力作用下斜截面强度和斜裂缝开展的计算.....	224
§ 5 在烟气温度为350°C情况下圆形耐热钢筋混凝土地下烟道的强度计算.....	228
§ 6 在烟气温度为700°C情况下椭圆形耐热混凝土地下烟道的强度计算.....	232
参考文献	235

第一章 耐热钢筋混凝土结构 的工作特性和使用范围

§ 1 概 述

现代的车间、栈桥和热工设备是在不同温度下工作的巨大而又复杂的工程结构物。由于受到升温或高温的作用而发生某种物理-化学过程，混凝土和钢筋的强度、弹性和塑性性质都发生了变化。因此，研究在升温或高温作用下混凝土和钢筋的性质以及耐热钢筋混凝土结构构件的性能具有很大的实践意义和国民经济价值。

车间的结构物以及热处理炉、罩式退火炉、石墨化炉和均热炉的结构，大多数在生产过程中受到周期性的加热和冷却。

焦炉、高炉、平炉的基础结构和黄铁矿焙烧炉，在结构物整个操作期间受到长期固定的加热。

在温度作用下，第一次加热对钢筋混凝土结构有很重要的作用。因为在这个期间，结构中产生最大的热应力。在结构构件沿着截面的高度上受到不均匀加热时，由于其中的温度是曲线分布的，所以就产生内应力。在加热下，混凝土的热收缩和混凝土与钢筋热膨胀的差别，同样要使钢筋混凝土构件产生内应力。

在温度长期的双面作用下，钢筋混凝土结构可能均匀地热透，整个截面具有单一的温度。在长期的单面加热下，钢筋混凝土结构沿着截面的高度受到不均匀的加热，直到形成稳定态的热流和在冷热面之间形成稳定态的温差为止。

如果在生产期间结构受到周期性的加热和冷却，那么在温度升高时，朝热源一侧的结构物表面受到强烈的加热，形成了某个温差；在冷却的情况下，结构物的最大加热面的温度迅速地下

降，由此可能形成相反的温差。

荷载的种类（长期固定作用的、短时作用的或者动荷载）以非常重要的形式影响着高温下钢筋混凝土结构的性能，因此应当用计算加以考虑。

在计算由温度和荷载共同作用下产生的最大应力值时，采用静力结构计算图。在温度沿着构件截面的高度上是线性分布的情况下，静定结构中不会产生热应力。只有荷载才在这种结构中产生应力。同时，静定构件的变形随荷载和温度而变化。

超静定结构在加热时，应力和应变都随共同作用的温度和荷载而变化。应力和应变也同样地随钢筋混凝土构件的刚度而变化，因此对钢筋混凝土构件刚度和曲率的计算有非常重要的作用。在这种情况下，应当由热应力和荷载产生的应力两者共同作用来确定构件的刚度。如果按照第一工作阶段以受拉区没有裂缝和相对弹性模量等于 $0.625E$ 来计算这种结构，那么要产生与实际应力和应变相差甚大的误差。

发展耐热钢筋混凝土结构事业的丰功伟绩归于B.И.穆拉谢夫。早在1940年，他就研究了钢筋混凝土的刚度和裂缝开展的计算方法^[111]。刚度的计算按照第二个工作阶段进行，这一阶段考虑了受压区混凝土的弹塑性质和在裂缝之间受拉区混凝土的工作，它十分贴切的反应了使用中的钢筋混凝土结构的实际性能。这种刚度和裂缝开展的基本计算原理已经用于耐热钢筋混凝土结构的计算。1943年，B.И.穆拉谢夫教授建议在热工设备中使用钢筋混凝土。这时他已经奠定了在温度作用下钢筋混凝土结构的计算原理^[110]。

1957年，在总结了初次的试验-理论工作和热工设备的某些生产经验之后，详细地制订了在高温和荷载作用下耐热钢筋混凝土结构的计算方法。按照破坏阶段进行强度计算时，用总安全系数算出。强度条件用应力表示。偏心受压和受拉构件要折算成等效的受弯曲构件。但是按照破坏阶段计算耐热钢筋混凝土结构时，不可能考虑到加热情况下实际荷载和温度、混凝土和钢筋强度的

可能偏差，以及影响到计算值的等效截面的变化。

采用按照计算极限状态计算钢筋混凝土结构的方法可以较正确地评定结构可靠性的程度，H.C.斯特列列茨基、B.M.凯尔迪什、A.A.格沃兹杰夫和K.Э.塔勒都曾经深入地研究过这个方法^[18]。用这种计算方法可以较为精确地确定结构的极限状态，它引入各种计算系数代替总安全系数。

1962年，以这一计算方法为基础，曾经深入地研究了工业、民用和农业建筑物的钢筋混凝土构件的计算^[138]。在此之前，A.A.格沃兹杰夫分析了大量的试验结果，详细地制订了按照钢筋混凝土构件变形计算的新方案^[17,108]。

深入地研究温度作用下钢筋混凝土结构计算方法的问题已经摆在面前，因为需要用它来更加圆满的评定结构的实际应力-应变状态。为了搞清楚采用极限状态计算方法的基本原理和采用A.A.格沃兹杰夫按照变形计算的建议的可能性，当然还进行了专门的实验-理论研究。

在进行实验-理论工作的基础上，提出了在50°C以上操作温度作用下普通混凝土、耐热混凝土和钢筋混凝土结构的计算方案，即按照极限状态进行计算。所谓极限计算状态，指的是在这种情况下所求得的应力、应变和裂缝开展等都达到极限计算值。以这种结构状态（即考虑了整个工作阶段由温度的作用引起混凝土和钢筋的物理-力学性能变化）作为计算基础，较为接近实际的工作条件。

混凝土和钢筋被看作是弹塑性材料，随着荷载的增大和温度的升高，它的弹性和塑性变形也随之发展。在计算受拉钢筋的变形时，要考虑到裂缝之间混凝土的工作和混凝土受压区边缘纤维的变形沿着构件长度方向上的分布是不均匀的。在裂缝处的截面中，受压区的应力图采用最简单的矩形。

钢筋的热膨胀较之混凝土大。但在它们共同工作的情况下，由于钢筋和混凝土之间存在着粘结力，所以混凝土中的钢筋热变形小于自由钢筋的变形。因此在计算中，在选取混凝土中的受拉

钢筋的热膨胀系数时，要考虑到受拉区裂缝之间混凝土的工作。在加热时，混凝土和钢筋丧失一部分强度，并且其弹性性质也下降。此外，随着温度的升高，混凝土和钢筋也开始出现蠕变变形。混凝土和钢筋的物理-力学性能的这一切变化，对钢筋混凝土的工作有很大的影响。

在预应力钢筋混凝土构件中，除了必须考虑常温下产生的钢筋预应力损失外，还必须考虑到由混凝土的热收缩和蠕变，钢筋的松弛，以及混凝土与钢筋之间热膨胀差别所造成的预应力损失。

在揭示温度对静定钢筋混凝土构件性能的影响时，必须掌握均匀加热和非均匀加热及荷载作用下，正截面和斜截面的应力状态。应当弄清楚，钢筋混凝土构件在短时的和长期的，均匀的和非均匀的加热下，温度对裂缝的形成和开展，对混凝土和钢筋变形的发展，对受拉区带有裂缝的和没有裂缝的构件的刚度，以及对强度和挠度等等有什么样的影响。

对于超静定结构来说，大的混凝土变形性和热收缩，对结构可能产生有利的影响，因为它可以使热应力减小。

在多次加热和冷却及在外荷载作用下，混凝土的蠕变和收缩将引起较大的变形和较宽的裂缝开展。

§ 2 高温生产车间和构筑物的钢筋混凝土结构

从在生产中强烈放热的车间和构筑物来考察钢筋混凝土结构的状况和研究其性能，就有可能查清楚某些钢筋混凝土结构不能长期工作甚至损坏的原因，从而详细地订出正确的操作措施以改善其使用状况。受到辐射热强烈地单面加热到 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的钢筋混凝土平板顶盖，在混凝土的受拉区和受压区出现温差，使构件产生温差弯曲，混凝土保护层开裂^[140]。在受到对流的热流缓慢而又变化地加热到同样温度下，或者温差小于 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 的情况下，构筑物即便使用 $15\sim 18$ 年之后也看不到形成裂缝。在这种条件

下，结构物完全可能是安全和耐久的。

所有的受弯曲钢筋混凝土顶盖结构都有附加的挠度。这个挠度是由顶盖构件受到单面加热以及在加热下混凝土的弹性模量下降和蠕变引起的。

加热并加上周期性的潮湿和经常性的潮湿，会急剧地降低钢筋混凝土结构的耐久性。因此在某些情况下，每过两、三年对个别的构件进行大修是必要的^[29,156]。在加热情况下受到周期性的潮湿，会使混凝土产生收缩、蠕变和出现裂缝。在经常变化的反复潮湿和干燥的环境中，混凝土水泥石内吸收的水份和毛细作用的水份含量的多次变化，会导致产生裂纹和组织破坏^[150]。在强烈的经常变化的加热和动荷载作用下，钢筋混凝土结构也是不耐久的。

循环地辐射加热到 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，而且又受到重级工作量的起重机动荷载的作用，在长期使用中会使钢筋混凝土吊车梁破坏。

炼钢车间铸锭工段的钢筋混凝土柱子，每昼夜有60次加热到 150°C 。在这样频繁的周期性加热情况下，钢筋混凝土结构的外围要适当地镶砌耐火砖或普通砖^[155,156]。

同时受到严重潮湿和加热的炼钢车间的淋水装置，其建筑结构物在恶劣的条件中使用。在这种情况下，钢筋混凝土和钢结构的寿命不会超过2~3年。

高温车间钢筋混凝土结构的损坏和完全破坏集中在这样的阶段：这时表面温度超过 $220\sim 250^{\circ}\text{C}$ ，而且周期性的强烈的单面加热造成大于 50°C 的温度梯度；或者除了受加热外结构还受到动力的作用或受潮^[155,156]。

静荷载作用下的钢筋混凝土构件受到最高温度为 150°C 的恒温加热或缓慢变化的加热时，在使用25~30年以后，大多数仍然处于令人满意的状况中^[120]。受到强烈的加热但没有潮湿的结构，其强度基本上没有降低。

在同平炉、连续式加热炉、转炉和其他热工设备的操作有关系的车间中，因为加热而排出大量的 CO 、 CO_2 、 SO_2 和腐蚀性粉

尘。但是在干燥的小气候下，它的影响并没有以明显的形式显露出来，而且几乎看不到钢筋和混凝土有任何的腐蚀。

关于侵蚀性介质和升温对钢筋混凝土结构性能的影响，研究得还不够充分。因此，在有侵蚀介质的车间中，对于受到高于 100°C 温度作用的顶盖，高于 150°C 的柱子，建议用金属材料制造。对于侵蚀介质较少的车间，建议采用钢筋混凝土。在侵蚀性介质中，普通油毛毡屋顶也是不耐久的，应当设置隔热层，或者采用在某个确定的温度下较为耐久的卷材。

考虑温度的影响，以正确地选择混凝土的组成，以及正确地设计和计算钢筋混凝土结构的构件，便有可能避免使建成的钢筋混凝土结构损坏。技术经济分析表明，在工业建筑中，钢筋混凝土柱子、跨度 $18\sim 30$ 米的桁架、基础和栈桥，在钢的用量、造价和其他的折合费用等方面，比钢结构经济。保暖房屋的墙采用装配式的单层钢筋混凝土板，与砖砌体相比，可以节省劳动费用 $1/3\sim 3/5$ 。

钢筋混凝土贮水池、压力输水管、烟囱、烟道和隧道主管都比钢的更为经济。在存在轻度的侵蚀介质情况下，多数场合以采用装配式钢筋混凝土较为适当^[134]。

根据实验-理论研究工作和对结构考察的结果，根据黑色冶金企业、厂房和结构物建筑设计的规定(CH125—60)，建议用钢筋混凝土建造一系列在升温作用下的结构^[54]。

在混凝土的受热温度不超过 70°C 、且温度的变化又很小的车间中，在空气的相对湿度不大于 50% 、活泼的气体和粉尘的含量又很小的情况下，建议用钢筋混凝土来建造柱子、支承结构、屋架和屋架梁、顶盖板和墙板。

在生产中产生活泼气体和粉尘、混凝土的受热温度达到 100°C 、且空气的相对湿度不大于 60% 的车间中，柱子、承重结构、屋架和屋架梁、带有保温层的顶盖板和墙板用钢筋混凝土制造。

钢筋混凝土顶盖板不应当受雨雪的作用，因此在钢筋混凝土