

矿山工程结构

KUANGSHAN GONGCHENG JIEGOU

煤炭工业出版社

矿山工程结构

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書共分兩篇，第一篇包括工程結構的基本原理及計算方法，即鋼筋混凝土、磚石、鋼及木等四種結構的各種單件的計算。第二篇為礦山工程結構部分，包括各種材料的礦井井架、棧橋和礦倉的設計計算方法。全書各相應部分附有例題，計算理論和設計依據皆以我國現行規範或草案(按極限狀態)為準，不足者則參考蘇聯的新規範。

本書可作為礦井建設專業學生的主要參考書，也可供礦山地面建築工程技術人員參考。

1397

礦 山 工 程 結 構

東北工學院建築工程教研組編著

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

京華印書局排印 新華書店發行

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{16}$ 印張 35 插頁 13 字數 795,000

1960年2月北京第1版 1960年2月北京第1次印刷

統一書號：15035·1049 印數：0,001 4,000冊 定價：4.65元

目 录

前 言

第一篇 工程结构基本原理

第一章 结构计算方法和荷载..... 6	第 8 节 磚石砌体网状配筋.....149
第 1 节 按许可应力的计算方法..... 6	第 9 节 磚石砌体的纵向配筋.....151
第 2 节 按破坏阶段的计算方法..... 6	第10节 組合结构计算原理.....153
第 3 节 按极限状态计算方法..... 7	第11节 磚石房屋的刚性和弹性构造方案.....155
第 4 节 荷载及其组合.....10	第12节 磚过梁的构造和计算.....158
第二章 钢筋混凝土结构.....14	第13节 刚性结构方案的房屋牆和柱的计算.....161
第 1 节 概述.....14	第14节 弹性构造方案房屋牆和柱的计算原理.....165
第 2 节 钢筋混凝土所用的材料及其机械性能.....16	第四章 鋼结构.....167
第 3 节 按承载能力计算钢筋混凝土受弯构件.....29	第 1 节 概述.....167
第 4 节 受弯构件斜截面的强度计算.....49	第 2 节 鋼结构的材料.....169
第 5 节 按变形和裂缝计算钢筋混凝土构件.....56	第 3 节 结构的计算及其计算强度指标.....173
第 6 节 受扭构件的计算.....68	第 4 节 鋼结构构件的连接.....176
第 7 节 中心受压构件.....70	第 5 节 梁.....191
第 8 节 偏心受压构件.....72	第 6 节 中心受压柱.....216
第 9 节 中心受拉和偏心受拉构件.....80	第 7 节 偏心受压柱.....231
第10节 預应力钢筋混凝土.....83	第 8 节 桁架.....239
第11节 装配式钢筋混凝土结构的构造和计算特点.....103	第 9 节 預应力鋼结构.....254
第12节 梁式板的肋形楼板.....106	第五章 木结构.....258
第13节 四面支持板的肋形楼板.....112	第 1 节 概述.....258
第14节 柱下基础.....118	第 2 节 木材的构造和建筑性能.....259
第15节 框架结构.....122	第 3 节 木材的机械性能及计算指标.....260
第三章 磚石及鋼筋磚石结构.....125	第 4 节 中心受拉和拉弯构件.....237
第 1 节 概述.....125	第 5 节 中心受压和压弯构件.....268
第 2 节 磚石结构所用的材料.....125	第 6 节 弯曲和斜向弯曲构件.....272
第 3 节 砌体的种类.....131	第 7 节 木结构构件結合的分类与要求.....274
第 4 节 影响磚石砌体强度的因素及其强度计算指标.....134	第 8 节 榫接.....274
第 5 节 磚石及鋼筋磚石结构按极限状态计算的原则及工作条件系数.....140	第 9 节 梢結合.....278
第 6 节 无筋砌体受压构件.....143	第10节 鍵結合.....284
第 7 节 无筋砌体受拉、受弯构件.....148	第11节 受拉扣件結合.....286
	第12节 柔性組合构件.....288
	第13节 屋面結構.....293
	第14节 鋼木混合屋架.....296

第二篇 矿山工程结构

总 论.....	312	第 4 节 掘进钢井架.....	408
第六章 开采井架.....	312	第 5 节 掘进木井架.....	424
第 1 节 概述.....	312	第八章 栈桥.....	430
第 2 节 设计井架所需的原始资料.....	314	第 1 节 概述.....	430
第 3 节 井架的计算荷载及其组合.....	322	第 2 节 栈桥尺寸的确定.....	431
第 4 节 开采井架的组成及其型式的 选择.....	330	第 3 节 栈桥的计算荷载.....	432
第 5 节 竖井开采钢井架.....	333	第 4 节 钢制运输机栈桥.....	434
第 6 节 竖井开采木井架.....	364	第 5 节 钢筋混凝土运输机栈桥.....	443
第 7 节 竖井开采钢筋混凝土井架.....	372	第 6 节 木制矿车栈桥.....	448
第 8 节 竖井开采砖井架.....	383	第 7 节 钢制矿车栈桥概述.....	463
第 9 节 斜井井架.....	386	第九章 矿仓.....	468
第七章 掘进井架.....	395	第 1 节 基本概念.....	468
第 1 节 概述.....	395	第 2 节 设计矿仓的基本原则及其布置.....	469
第 2 节 掘进井架尺寸的确定.....	398	第 3 节 矿仓的荷载.....	471
第 3 节 掘进井架的荷载及其组合.....	403	第 4 节 钢筋混凝土矿仓.....	474
附录 I.....	532	第 5 节 钢矿仓.....	511
附录 II.....	533		
附录 III.....	534		
附录 IV.....	542		
附录 V.....	546		
附录 VI.....	550		
附录 VII.....	552		
附录 VIII.....	552		
附录 IX.....	553		
附录 X.....	554		
附录 XI.....	555		
附录 XII.....	556		
附录 XIII.....	557		
附录 XIV.....	559		
附录 XV.....	560		

第一篇 工程結構基本原理

第一章 結構計算方法和荷載

第1节 按許可應力的計算方法

許可應力計算法还是在十九世紀初建立起來的，其基本原理是將材料的極限強度除以安全係數，即得許可應力。結構在外力作用下，任一截面所產生的最大應力不應大於許可應力。建立許可應力計算方法的條件為：

- 1) 建築材料為理想的彈性材料，完全服從虎克定律關係；
- 2) 受彎構件的任一截面，受力前後均為一平面。

根據以上假定，當構件軸向受力時

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{np}}{K} \leq \frac{N}{F} \quad (1-1)$$

當構件受橫向荷載或彎矩作用時

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{np}}{K} \leq \frac{M}{W} \quad (1-2)$$

式中 $[\sigma]$ ——材料的許可應力；

σ_{np} ——材料的極限強度；

M ——外力所產生的彎矩；

W ——受彎構件的截面抵抗矩；

K ——安全係數；

N ——外力；

F ——構件橫截面積。

按許可應力設計結構時，必須遵守以上二式的規定，否則須加大構件的截面尺寸，使在任何情況下皆滿足安全係數 K 的要求。

但是我們知道，實際工程中所用的建築材料，為非理想的彈性材料。由試驗證明，在非軸向荷載的情況下，構件截面中實際所產生的應力，比上式算得者為低。如為不同材料組合而成的構件（鋼筋混凝土），在任何荷載作用下，其斷面中所產生的應力，必因材料不同的塑性變形而引起內力重新分布。實際應力與算得應力的相差程度，隨材料的塑性性質而異，所以許可應力計算方法在很多情況下並不能正確地反映出結構構件的安全程度。因此，對塑性較大的鋼筋混凝土結構，按許可應力法計算時，就不能決定鋼筋和混凝土中的實際應力。

第2节 按破損階段的計算方法

蘇聯學者注意到用許可應力方法計算鋼筋混凝土結構的嚴重缺點，首先於 1934 年在全蘇混凝土、鋼筋混凝土及磚石結構的會議上就討論並作出了過渡到按破損階段計算鋼筋混凝土構件截面的決議。1936 年蘇聯工業建築科學研究院在一系列試驗和理論研究

的基础上，确定了 A.Φ. 罗列依特教授所提出的，計算鋼筋混凝土結構的新理論，1938 年批准了納入新理論的鋼筋混凝土結構設計標準及技術規範，把新的——按破損階段的計算方法——應用到實際工作中去。

按破損階段計算方法的基本原理為：

1) 按破損階段計算構件時，假定受壓區域的混凝土和鋼筋皆進入塑性狀態，但仍能共同工作。因此，計算中採用混凝土的極限強度和鋼筋的屈服限值；

2) 按破損階段計算時仍採用強度的安全係數，該安全係數值為構件破壞時的力矩或力與使用時期作用的力矩或力之比值，即：

$$K = \frac{M_p}{M} \text{ 或 } K = \frac{N_p}{N}$$

式中 M_p 、 N_p ——構件破壞時所能承擔的力矩或力；

M 、 N ——使用荷載作用下所產生的力矩或力。

3) 受彎構件或大偏心受壓構件中，為了簡化計算，混凝土受壓區曲線狀態的應力圖形以矩形圖形來代替，這樣所引起的誤差是不大的（約為 2%）。

根據以上所述可知，按破損階段計算時，充分考慮了材料的塑性變形，這比按許可應力計算方法前進了一步。

這裡必須指出，按許可應力計算和按破損階段計算都是由一個概括的安全係數出發的。這個係數包括了一切對結構物強度有影響的因素。

這種概括的安全係數不能反映結構物破壞時的真實應力狀態，不能對結構物的安全程度提供正確的概念，因為影響結構安全的因素是多種多樣的，如荷載的變化、材料強度的散亂性、計算圖形與實際結構的差異、施工方法對質量的影響等等。這些因素對不同具體情況的影響都是不同的。以荷載一項的影響為例，活荷載與結構自重的大小變化程度是不一樣的，前者的變化大，後者的變化小，如用概括的安全係數時，就不能說明二者變化的程度。由此可見，這種計算理論已不符合現代建築技術理論的要求，必須研究和建立更正確的計算方法，才能使建築科學理論向前發展。

第 3 節 按極限狀態計算方法

結構物達到極限狀態後，就不能再正常使用。根據使用情況，有以下三種極限狀態：

1) 第一種極限狀態——按承擔能力（結構物的強度、穩定性或耐久性）確定。結構物達到這種狀態時，即失去抵抗外力的工作能力，或發生過大的殘余變形，使結構物不能繼續正常使用；

2) 第二種極限狀態——按靜力或動力作用於結構物上產生的過度變形確定。這時結構雖然仍舊保持有強度和穩定性，但其所發生的變形或振動已不能使結構物再繼續正常使用；

3) 第三種極限狀態——按裂縫的形成和開展確定。結構物達到這種狀態時，雖仍舊保持有強度和穩定性，但因出現裂縫或裂縫過大，已失去了不透水性，或者產生了銹蝕的危險，甚至使裝飾面層損壞等，使結構物不能繼續正常使用。

按极限状态计算方法的基本原则是：求得结构物在正常使用情况下有可靠的保证。无论整个结构或个别构件都不致出现任何一种不能容许的极限状态。

结构物达到任何一种极限状态的可能性与很多因素有关，但最主要的是：1) 作用于结构上的荷载；2) 结构用的材料质量及其机械性能；3) 结构总的工作条件及其制造条件。

因此，必须研究对结构极限状态有主要影响的因素，以便在计算中较准确地确定其影响程度。

1. 建筑材料的机械性能：任何一种建筑材料的各种机械性能皆非不变常数，而有一定的变动性，变动范围的大小，视材料的不同而异。天然材料的变动性主要与它们形成的条件有关；人工材料的变动性与所用原料的品质及制造工艺过程有关。材料的机械性能可通过试验来鉴定。根据试验资料规范中规定了各种材料的标准强度。材料强度的变动性，以均质系数来表示。标准强度乘以均质系数，即得强度的最小值，称为计算强度。

$$KR^H = R \quad (1-3)$$

式中 R^H ——材料的标准强度；

K ——均质系数；

R ——材料的计算强度。

当计算结构构件截面时，系以材料的计算强度为依据。

2. 荷载可变性对结构极限状态的影响：与建筑材料的强度指标相似，荷载的可变性乃以一超载系数来表示。设计规范中规定的结构在正常使用情况下所允许的最大外部荷载称为标准荷载。考虑荷载可变性的系数叫作超载系数。超载系数与标准荷载的乘积称为计算荷载。即：

$$\sum n \cdot N^H = N \quad (1-4)$$

式中 N^H ——标准荷载；

n ——超载系数；

N ——计算荷载。

3. 结构工作条件对极限状态的影响：按极限状态计算的方法中，除考虑均质系数和超载系数外，尚应引入工作条件系数。

所谓工作条件系数，是考虑结构的实际工作条件和制造条件对结构产生的有利影响或不利影响，所以，工作条件也可能大于1，也可能小于1。例如，侵蚀性介质对钢结构起锈蚀减弱作用，石膏砂浆砌体可能受潮软化，结构构件结合处产生应力集中而易产生脆性破坏的危险等，这些因素对结构都是有害的，其工作条件系数应小于1；如四周与梁整体浇灌的钢筋混凝土板，计算并未考虑梁对板的有利影响，这时所引用的工作条件系数就应大于1。各种结构在不同工作情况下的工作条件系数值，载于相应的设计规范中（见以后相应各章）。

有了以上新的系数系统后，按极限状态计算方法的基本公式为：

$$\sum n N^H = N \leq \phi (m \cdot K_1 R_1^H \cdot K_2 R_2^H \cdots S) \quad (1-5)$$

式中 $\sum n N^H = N$ ——计算荷载作用下所产生的内力或称计算内力；

R_1^H, R_2^H ——各种材料的标准强度;

K_1, K_2 ——各种材料的均質系数;

m ——工作条件系数;

S ——构件截面的几何特性;

ϕ ——相应于某种内力(拉、压、弯等)的函数。

上式說明, 构件中可能产生的最大内力值不应大于构件的最小負荷能力。构件中可能产生的最大内力值是用超載系数来考虑, 而构件的最小負荷能力值則是因材料强度变动的均質系数和結構工作条件系数而决定。

必須指出, 在上式中, 不能理解为把单一的安全系数用三个新的系数来簡單代替, 而其間是一个复杂的函数关系。

現以鋼結構受弯构件为例, 取截面边缘纖維开始屈服时作为极限状态, 这时, 一般的計算公式为:

$$M \leq m \sigma_m W \quad (1-6)$$

式中 M ——計算弯矩;

W ——构件的截面靜力矩;

σ_m ——鋼材的計算屈服极限;

m ——构件的工作条件系数。

若以标准荷載所产生的弯矩(M^H)来表示計算弯矩, 以标准屈服限度(R^H)来表示計算屈服限度, 这时:

$$\sum n M^H = M \quad K R^H = \sigma_m$$

所以公式(1-6)可写成

$$\sum n M^H \leq m K R^H W \quad (1-7)$$

上式中若作用于結構上各种荷載的超載系数皆相同时, 則

$$\sum n M^H = n \sum M^H$$

这时公式(1-7)可写成下式:

$$\sum M^H \leq \frac{m K}{n} R^H W \quad (1-8)$$

若按許可应力方法計算时, 在标准荷載作用下梁的公式如下式:

$$\sum M^H \leq [\sigma] W \quad (1-9)$$

式中 $[\sigma]$ ——材料的許可应力。

其余符号意义同前。

比較公式(1-8)和(1-9)得知, $\frac{n}{mK}$ 即相应于許可应力計算法之安全系数, 应当注意, 所以有如此相应关系的前提条件是, 所有各种荷載的超載系数皆相同时才能得到。但在实际工作中, 这一条件是不符合实际的。因此, 可說明安全系数与三个新的系数之間是复杂的函数关系, 不是簡單的代替。若构件为不同材料所組成时(如鋼筋混凝土結構), 則其关系更形复杂。

当按第二种极限状态計算結構时, 其在标准荷載作用下所产生的变形, 应不大于設

計規範中規定的許可值。即：

$$\Delta \leq f \quad (1-10)$$

式中 Δ ——結構的變形；

f ——最大許可變形值。

第二種極限狀態的計算須視結構的用途而定。其計算方法與要求述於以後各相應章節中。

不論結構的用途如何，在任何情況下，任一結構必須滿足第一種極限狀態的要求。是否應滿足第二種和第三種極限狀態的要求，則視結構的用途不同而定。

由以上所述可知，按極限狀態計算時，對影響結構安全的各種因素考慮的更加細緻合理，更正確地反映出結構的安全程度，又能節省建築材料，因此這一計算方法是現行的先進計算方法。

應當指出，實踐證明，按極限狀態計算雖具有很多優越性，但也存在一些缺陷，例如，計算中各個系數的確定還是不夠客觀的，因而不能確切地反映結構的安全程度，又如結構各個構件的作用不同，但在計算中未能給與區別，例如樑條和柱的重要程度是不一樣的，一個樑條的損壞與一個柱子被破壞對整個結構的危害的區別是很大的。另外，計算中各系數的組合是在不利情況下考慮的，也就是施工質量最不好，材料強度最低，荷載也最大的情況，這種情況實際上是很少或者是不可能的。

因此，按極限狀態計算還存在着相當的浪費，理論根據也不盡完善，必須進一步研究改進。目前世界各國都有學者在從事研究新的計算方法——按統計原理計算方法^①。蘇聯於 1957 年已提出關於按統計原理計算方法系統性的意見。我國建築科學研究院及有關單位於 1958 年也已着手研究。可以預料，這一理論在黨的總路線的照耀下，必將很快地完善和建立起來，這對祖國的社會主義建設，將起很大的推動作用。

第 4 節 荷載及其組合

結構的用途不同，所承受的荷載也不同；同時，作用於某一結構上的荷載也有各種不同的性質，故對結構安全程度的影響也不一樣。為了便於計算，規範規定^②按荷載作用的特點，分為以下三種：

1) 主要荷載：即使結構構件產生經常的或固定的應力的荷載，如：

(1) 自重——結構本身的重量；

(2) 使用荷載——使用該結構時產生的荷載，如人、貨物、設備及吊車沖擊的動力荷載等；

(3) 行載——運輸時的活動荷載，如礦車運輸作用的荷載；

(4) 土壓力——如擋土牆等支承土壓的結構；

(5) 水壓力——如礦用水池等；

(6) 可能長期積雪地區的雪載——規範規定，我國北緯 42° 以北地區按長期積雪

① 按統計原理計算的基本原理。見“建築科學簡訊”1958 年第 16 期 12 頁。

② “荷載暫行規範”(規結—1—52)。

地区考虑;

(7) 温度变化的影响——由于生产过程中温度变化对建筑结构部分的影响, 如热液貯藏池、烟囱等的温度变化作用。

2) 附加荷载: 即使结构构件内产生不经常的或临时应力的荷载, 如:

(1) 风载——风载作用对一般較低的建筑结构, 其产生的应力为不经常的, 而对高耸的结构, 如烟囱、水塔、矸石索道塔架等, 则应视为主要荷载;

(2) 不可能长期积雪的雪载;

(3) 不正常的动力载——如机器设备开动时产生不正常的动力影响;

(4) 安装用吊车的移动荷载——只是在安装时短期作用于结构之上;

(5) 气温变化的影响——指一般因昼夜或季节变化所产生的影响, 当结构采取一般的构造措施时(如預留伸縮縫等)可不予考虑。

3) 特殊荷载: 结构构件中因偶然性的事故而产生的应力, 如:

(1) 地震力;

(2) 因水灾引起的水压力;

(3) 因部分结构破坏而传给另一部分的内力;

(4) 因生产工序发生事故时遭受温度增加的影响;

(5) 采暖设备停工时因温度降低所产生的影响。

规范规定了结构在正常使用情况下的标准荷载值(表 1-1), 但是, 为了保证结构有足够的安全程度, 必须考虑各种荷载可能产生的最大值, 即称为计算荷载, 可用下式表之

$$g = n g^{\text{a}} \quad (1-11)$$

式中 g ——计算荷载;

g^{a} ——标准荷载;

n ——相应的超载系数。

屋顶水平投影面上的标准雪载值 P_e (公斤/平方厘米) 按下式决定之:

$$P_e = c \cdot S$$

式中 c ——与屋顶形式有关的系数^①;

S ——单位面积上的雪载值(公斤/平方厘米)与积雪深度有关^②。

雪载的超载系数可用 1.4。

风载值按垂直作用于结构面上的风压值 P_w 来考虑, 可用下式表示:

$$P_w = K \cdot q \quad (1-12)$$

式中 K ——与结构形式有关的动力系数^③;

q ——与风速及地区有关的风压值^④。

①, ② 見“荷载暂行规范”(規結-1-58)表3, 表4。

③ 見“荷载暂行规范”(規結-1-58)表9。

④ 見“荷载暂行规范”(規結-1-53)附图2。

楼板均布荷载表

表 1-1

項別	建築物名稱	标准均匀荷载 (公斤/平方米)	超载系数	附 注
1	不上人的屋頂	30	1.4	(1) 本項只限于在檢修时用活动梯子上去的屋頂。 (2) 不与雪載同时考虑, 但在設計屋面板时, 須考虑施工或檢修的集中荷载(人与器具重量可按 80 公斤計)。
2	閣楼层	75	1.4	(1) 可能照一般住宅的楼层住人者宜按 120 采用。 (2) 可能上人的灰板条頂棚, 不考虑均布荷重, 只在設計吊龙骨时考虑集中檢修荷重。
3	住宅、公寓、宿舍、办公室、旅館、医院、托儿所、幼儿园	150	1.4	
4	教室、图书閱覽室、工业車間的生活間、不带儲藏室的輕型手工作坊	200	1.4	
5	食堂、餐館、會議室	250	1.3	食堂、餐館兼作礼堂或舞厅用者宜按 300 采用。
6	一般商店的营业室、杂物貯藏室	300	1.3	重型机具的样品間或貯藏室按实际資料計算。
7	劇場、电影院、俱乐部、礼堂等的正厅、看台	(甲)有固定座位 300 (乙)无固定座位 350	1.3	
8	車站的大厅	400	1.2	行李房在底层, 大厅中无堆放大量笨重行李的可能者, 宜采用 300 及超载系数 1.3。
9	車間内的工作平台(无装置设备或材料的可能者), 輕型运输带的回廊, 按实际資料計算, 但不小于	150	按规范或实际資料, 但不小于 1.2	
10	仓库、工业車間、博物館、按实际資料計算但不小于	300	按规范或实际資料, 但不小于 1.2	
11	藏書庫、資料室、舞台、体操室、車道下面的樓板, 按实际資料計算, 但不小于	400	按规范或实际資料但不小于 1.2	
12	上人的平屋頂	(甲)居住建筑中上人不多的 150 (乙)居住或公共建筑中上人較多的 200 (丙)公共建筑中作会场或舞厅用的 300	1.4 1.2	不与雪荷载同时考虑。
13	走过樓門廊道梯厅	(甲)住宅、公寓。 150 (乙)宿舍、托儿所、幼儿园、医院旅館、办公室 200 (丙)教室 250 (丁)属于上列其他各項的建筑物 与 各 相 邻 的 厅 室 同	1.4	楼梯另加 100, 对于其他各項建筑物最大亦不超过 400。 如有几种不同用途的相邻厅室: 应以其主要者为准。

14	厨 房 浴 室 厕 所	(甲)居住或公共建筑中同时使用的人数不多和设备不太重的	200	1.3	
		(乙)居住或公共建筑中同时使用的人数较多或设备较重的。	250		
15	挑出的 阳 台	(甲)一般居住建筑并且是不临街的	200	1.4	
		(乙)公共建筑和一切临街的	300		

注:

- (1) 楼板上如有间隔墙,应根据结构及支承情况,按实际资料计算(超载系数用1.1)。
- (2) 当计算承重墙、柱、基础及荷载面积超过10平方米的梁时,对于表1中1,2,3项的建筑物楼板荷载可降低20%;对4,5,6项的建筑物可降低20%;对其他各项建筑物可降低10%。
- (3) 第9,10,11项中各种建筑物的楼板结构,除按设备所产生的集中荷载计算外,尚应按表中所示的均布荷载加以验算。
- (4) 超载系数暂供按极限状态计算时参考。

$$\begin{array}{ll}
 \text{在我国沿海地区} & q = \frac{v^2}{17} \\
 \text{一般内陆地区} & q = \frac{v^2}{16} \\
 \text{青藏高原地区} & q = \frac{v^2}{18}
 \end{array} \quad (1-13)$$

式中 v ——风速(公尺/秒)。

风载的超载系数可取为1.3。

应当指出,沿建筑物的高度,其风压值是不同的,同时周围有减弱风速的障碍物存在时,风压值也将减小^①。

其他各种荷载值按各相应的规定采用。

计算结构时,为了保证有足够的安全程度,必须考虑最不利的荷载组合情况,计算时按下列情况考虑:

- 1) 主要组合,包括主要荷载中可能同时作用的最大荷载组合值。
- 2) 附加组合,包括主要荷载及附加荷载中可能同时作用的最大荷载组合值。
- 3) 特殊组合,根据建筑物所处的条件和耐久程度,主要荷载、附加荷载及特殊荷载可综合考虑,也可个别考虑,但不应考虑两种或两种以上的特殊荷载同时发生。

计算中若考虑到荷载的附加组合或特殊组合时,除自重外,计算荷载的数值应乘以下列系数:

- (1) 考虑附加组合时应乘以0.9;
- (2) 考虑特殊组合时应乘以0.8。

① 见“荷载暂行规范”(规结-1-58)表6.7.8。

第二章 鋼筋混凝土結構

第1节 概 述

1. 鋼筋混凝土的概念

鋼筋混凝土是由两种机械性能不同的材料——鋼和混凝土——組合而成，結構受力后他們共同工作着。

混凝土是由水泥、骨料（沙、碎石或卵石）和水混合攪拌后，結硬而成的人造石材。其机械性能与天然石材相似，抗压强度很高，而抗拉强度很低。为了弥补这一缺陷，

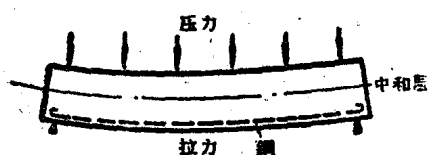


图 2-1

在混凝土的受拉部分放入鋼筋，以抵抗混凝土不能承受的拉力（图 2-1）。这种由鋼和混凝土两种材料組成的組合体，称作鋼筋混凝土。

由两种不同材料組合成的鋼筋混凝土，能够共同工作的特点为：

1) 混凝土結硬后，与鋼筋牢固的粘着，受力后鋼筋与其附近的混凝土具有同样的变形，因之可以共同工作。

2) 鋼筋与混凝土的綫膨胀系数大約相同（鋼—— 0.000012 ，混凝土—— $0.00001—0.000014$ ），所以当溫度变化时，仅引起很小的內应力，对二者的整体性不致产生有害的影响。

3) 混凝土包裹着鋼筋，使其与外界对鋼筋起锈蝕作用的有害因素隔絕，使鋼筋免于锈蝕，增加了結構的耐久性。

2. 鋼筋混凝土的發展簡史

鋼筋混凝土是一种比較新型的建筑材料，迄今只有 100 余年。于 1900 年左右，我国水泥工业已开始萌芽，最初把鋼筋混凝土应用到建筑物上，是在我国沿海的各个商埠，以后逐渐发展到內地，但是，尽管如此，終因旧社会反动統治的条件所限，巨大鋼筋混凝土工程实屬寥寥无几。解放后，在社会主义建設方針下，仅短短的 10 年中，兴建了大量的大型鋼筋混凝土工程，如水利工程中的水壩，铁路工程中的桥梁，大量的大型工业厂房，矿山地面建筑，地下峒室以至巷道支架。用量之大，应用之广，皆非其他建筑材料所能比美。

由于我国大規模的工业建設，今后必将大量采用鋼筋混凝土結構，因而鋼筋混凝土結構理論和技术也必須进一步发展，以适应大規模經濟建設的需要。

苏联对鋼筋混凝土的应用，是在 80 年前的帝俄时代就开始的，最初是应用在桥梁、楼板和蓄水池等結構上。十月革命胜利后，在首先发展重工业，加强工业生产的方針下，鋼筋混凝土被視为主要建筑材料之一，用以建造水电站、热电站、民用和工业房

屋結構、水塔、谷倉等，應用量大，使用面廣。在鋼筋混凝土理論上，於 1934 年首先提出按破損階段計算的理論，代替了不合實際的許可應力計算方法，近年來又由破損階段計算法過渡到按極限狀態計算，使計算理論更趨完善。我國鋼筋混凝土結構理論在解放後之所以能突飛猛進的發展，也就是在蘇聯的大力幫助下，學習蘇聯的先進理論而發展起來的。

3. 鋼筋混凝土的優缺點

鋼筋混凝土用作建築材料是具有很多優點的，其優點為：

- 1) 耐久性：鋼筋混凝土中混凝土的強度是與日俱增的。其中鋼筋被混凝土包裹着，不致銹蝕，因而其強度也得到保證，故耐久性很大；
- 2) 耐火性：混凝土本身是不可燃材料，對傳熱也是不良導體，包裹在其內部的鋼筋不致因外部燃燒而很快地使其強度降低。即使經過長時間的燃燒，鋼筋混凝土構件也仅限于表面損壞；
- 3) 整體性：鋼筋混凝土結構的樓板、梁、柱子和基礎等連結成為一個整體，能很好地抵抗震動力量，故在強烈的地震區或地下採空區上的鋼筋混凝土結構仍有很大的穩定性；
- 4) 剛性：鋼筋混凝土結構的剛性很大，在使用荷載作用下，僅產生很小的變形，故適用於要求變形小的結構物上；
- 5) 可模性：鋼筋混凝土可澆灌成任意形狀的結構物；
- 6) 可就地取材：占鋼筋混凝土體積中最大部分的骨料（沙子、石子）分布很廣，可以就地取材，不僅價格低廉，而且運輸費用也少；
- 7) 養護費用低：裸露於空氣中的鋼材或木材，需經常的塗刷油漆作防銹或防腐處理，而鋼筋混凝土結構則無需這些維護措施。

鋼筋混凝土的缺點為：

- 1) 自重：鋼筋混凝土本身的重量很大，所以高層建築或大跨度結構應用鋼筋混凝土時則不經濟（但如採用預應力鋼筋混凝土時，對結構構件斷面尺寸尚可減少一些，在一定程度上能減輕自重大的不利影響）；
- 2) 傳熱傳音性能較大：由於鋼筋混凝土容易傳熱，所以用在有室內外溫差的工程中，需加以處理，以免增加冬季采暖費用。鋼筋混凝土的樓板容易傳音，在居住或其他民用建築中應該考慮隔音措施；
- 3) 費工：整體澆灌鋼筋混凝土結構，需要很多人工支模，澆灌，養護和拆模等；
- 4) 費木材：在現場澆灌時，需架立支架和模板，模板的重複使用次數一般最多為 5—10 次，因此消耗木材較多；
- 5) 需養護：混凝土澆灌後，需經一定時間的養護，方能達到一定的強度，因而延長工期。在冬季施工時，則澆灌和養護更較困難；
- 6) 修理或改建困難：當鋼筋混凝土結構破損後，進行修理時不如鋼或木結構容易進行。其修理部分的混凝土也不如原來整體同時澆灌的膠結牢固。如因改建需拆除或加固時，也比其他材料的結構困難。

但是，必須指出，如采用装配式鋼筋混凝土結構時，上述的3) 4) 5)項缺點皆可消除。因為結構構件可在預制工廠中大批生產，不必支模，可減少人工，又可用工具式模板（金屬模板），以節省木材；同時，混凝土的澆灌是在室內進行，澆灌後在養生室內蒸氣或電力養生，強度提高很快。另外，在工廠中製造的鋼筋混凝土構件，由於易于施工和檢查質量，故其構件質量也可提高。然而，装配式的結構方案必須是建築物中大量重複使用，型式規格化和標準化時方為有利。

第2節 鋼筋混凝土所用的材料及其機械性能

1. 混凝土的材料

混凝土是由水泥、骨料（沙、石）合水後攪拌結硬而成的。其所用原材料的品質直接影響混凝土的機械性能。水泥的標號越高，則其調制的混凝土強度也越大。混凝土所用的骨料必須為純淨的沙石，若含有泥土，則將嚴重地影響制成的混凝土強度，因此在調制之前必須把骨料用水洗淨。調制混凝土的用水，也必需純淨，不得使用污水。用水量應按對混凝土所提出的要求來決定，因水灰比過大，必將降低混凝土的強度。因此用干硬性的混凝土時，能夠得到強度較高的混凝土。

2. 混凝土的標號

區分強度不同的混凝土時，通常以標號來表示。混凝土的標號，是以 $20 \times 20 \times 20$ 厘米立方體試件，在標準溫度下（ $15-20^{\circ}\text{C}$ 潮濕未復蓋）養護28天齡期的極限抗压強度來表示。

規範規定，當為重混凝土時（容重 ≥ 1800 公斤/立方米）有50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500和600等標號。

當為輕混凝土時（容重 < 1800 公斤/立方米）有35, 50, 75, 100, 150等標號。

混凝土的極限抗压強度用下式求出：

$$R = \frac{N_p}{F} \quad (2-1)$$

式中 R ——混凝土立方體試件的極限抗压強度（公斤/平方厘米）；

F ——試件截面積 20×20 平方厘米；

N_p ——試件表面不塗油脂時抗压的極限破壞力。

設計時，對混凝土標號的選擇，要由技術觀點視施工的具体條件而定。當為受壓構件時，應用高標號混凝土有很大的經濟效果。因此，在柱中應采用不低于200號的混凝土，在受彎構件中應用150號以上的混凝土。在鋼筋混凝土結構中，不應采用低于100號的混凝土，而100號的混凝土，一般只是用在基礎中。400號以上的混凝土，多是用在橋梁和預應力鋼筋混凝土結構中。

3. 混凝土的抗压強度

混凝土的標號是由其抗压強度來表示。試件的標準尺寸為 $20 \times 20 \times 20$ 立方厘米，