

钢筋混凝土 结构计算实例

内蒙古人民出版社

钢筋混凝土结构计算实例

〔苏〕A. II. 曼德利科夫 著

孙克俭 译

内蒙古人民出版社

1987·呼和浩特

钢筋混凝土结构计算实例
GANGJIN HUNNINGTU JIEGOU JISUAN SHILI

〔苏〕A·Π·曼德利科夫 著

孙克俭 译

内蒙古人民出版社出版发行

（呼和浩特市新城西街82号）

内蒙古新华书店经销 内蒙古新华印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 印张,13.75 字数,363千

1987年6月第一版 1987年7月第1次印刷

印数: 1—9,450册

统一书号: 15089·72 每册: 2.55元

А.П.МАНДРИКОВ

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТО- ННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Москва стройиздат 1979

内容提要

本书简单扼要地叙述了钢筋混凝土结构的基本知识，包括计算原理和结构要求，在此基础上针对工业与民用建筑从基础到屋盖所遇到的结构和构件问题提出了18个计算实例，其解题步骤简练，并且提出了一些新的简便的计算方法。

本书在翻译过程中译者对一些与专业无关的内容作了删减。

本书可供土木专业师生和土木设计人员参考使用，也可供施工人员参考。

前 言

本书的计算实例包括钢筋混凝土结构的建筑物和构筑物主要承重结构：柱，基础，现浇和装配的屋盖和楼盖，楼梯，梁和桁架等的设计和计算。

本书除了计算实例之外，还给出了混凝土、钢筋和钢筋混凝土的基本资料，及其物理力学性能，钢筋混凝土构件的构造和计算原理和有关的一些设计资料。

本书物理量单位均采用国际单位。现将书中遇到的国际单位及与公制单位的换算关系叙述如下：

力、荷载、重量用牛顿(N)或千牛顿(kN)， $1\text{ kgf} = 10N$
 $1\text{ tf} = 10000N = 10kN$ ；

线荷载、面荷载用每米牛顿(N/m)、每平方米牛顿(N/m^2)
 $1\text{ kgf}/m = 10N/m$ ， $1\text{ kgf}/m^2 = 10N/m^2$ ；

质量用千克(kg)和吨(t)；

压力、应力、纵向弹性模量和剪切模量用帕(Pa)或兆帕(MPa)， $1\text{ Pa} = N/m^2$ ； $1\text{ MPa} = 10^6\text{ Pa}$ ，它与公制单位的关系是： $1\text{ kgf}/m^2 = 10^5\text{ Pa} = 0.1\text{ MPa}$ ， $1\text{ kgf}/mm^2 = 10^7\text{ Pa} = 10\text{ MPa}$ ；

力矩、力偶矩用牛顿米($N\cdot m$)或千牛顿米($kN\cdot m$)，
 $1\text{ kgf}\cdot m = 10N\cdot m$ ， $1\text{ tf}\cdot m = 10kN\cdot m$

当外部作用(力、弯矩)与材料强度的承载能力相比较时，以及计算构件的弯曲刚度时采用单位 $MPa\cdot cm^2 = 100N = 0.1kN$ (即为例题公式括弧中提供的数字100或 10^{-1})。

书中公式、表和图的编号采用复式记数法。第一个数码表示章号，第二个数码表示公式、表格和图在本章中的顺序号。节的号码是按章编的，而例题是全书统一编号。

主 要 符 号

1. 外荷载和预应力在构件横截面中引起的内力

M ——弯矩；

N ——纵向力；

Q ——横向力；

M_K ——扭矩；

N_0 ——预压力，考虑了在所考查的构件工作阶段钢筋的预应力损失；

σ_0 和 σ_0' ——张拉钢筋 F_H 和 F'_H 在混凝土挤压之前（张拉钢筋在台座上张拉）的预应力，或构件在外因素或力（考虑了构件在所研究的工作阶段钢筋的应力损失）的作用下混凝土的预应力降低到零时张拉钢筋 F_H 和 F'_H 的预应力。

$\sigma_{\delta H}$ ——在预压阶段混凝土中的挤压应力，考虑了钢筋的预应力损失；

m_T ——钢筋的张拉精确系数。

2. 材料特性

R_{np} 和 R_{npI} (R_{np}^H 和 R_{npI}^H) ——第一类和第二类极限状态时混凝土轴向计算（标准）抗压强度（棱柱体强度）；

R_p 和 R_{pI} (R_p^H 和 R_{pI}^H) ——第一类和第二类极限状态时混凝土轴向计算（标准）抗拉强度；

R_{CM} ——混凝土的局部挤压计算强度；

R_0 ——混凝土的传递强度，即混凝土在它被压缩时的强度，不低于设计标号的80%；

R_0 和 R_0^H ——纵向受拉钢筋和横向钢筋按斜截面弯曲计算的计算强度和标准强度；

R_{0x} ——构件在横向力作用下，斜截面计算时横向钢筋第一

类极限状态的抗拉计算强度；

R_{ac} ——钢筋第一类极限状态抗压计算强度；

R_{c1} ——钢筋第二类极限状态抗拉计算强度；

E_0 ——混凝土受压和受拉时的初始弹性模量；

E'_s ——钢筋的弹性模量；

n ——钢筋的弹性模量 E_s 与混凝土的弹性模量 E_0 的比值， $n = E_s/E_0$ 。

3. 构件横截面中纵向钢筋的位置特性

$A (F_s \text{ 和 } F_H)$ ——纵向非张拉钢筋和张拉钢筋的截面面积：对中心受拉和 $e_0 \leq e_0^{cn}$ 的偏心受压（即中心受压）构件是全部钢筋；对受弯构件是受拉钢筋；对 $e_0 > e_0^{cn}$ 的偏心受压构件是靠近截面受拉侧的或最小受压侧的钢筋；对偏心受拉构件是靠近纵向力的钢筋；

$A' (F'_s \text{ 和 } F'_H)$ ——纵向非张拉钢筋和张拉钢筋的截面面积；对受弯构件是截面受压区的钢筋；对 $e_0 > e_0^{cn}$ 的偏心受压构件是靠近截面最大受压侧的钢筋；对偏心受拉构件是离纵向力最远的钢筋。

4. 构件横截面的几何特性

b ——矩形截面的宽度，T形和工字形截面肋的宽度；

b_n 和 b'_n ——T形和工字形截面受拉和受压翼缘的宽度；

h ——矩形、T形和工字形截面的高度；

h_n 和 h'_n ——T形和工字形截面受拉区和受压区翼缘的高度；

a 和 a' ——受拉钢筋和受压钢筋的合力到构件截面最近边的距离；

h_0 和 h'_0 ——截面的有效高度，等于 $h-a$ 和 $h-a'$ ；

x ——混凝土受压区高度；

ξ ——混凝土受压区的相对高度，等于 x/h ；

u ——沿构件长度方向的箍筋之间的距离；

u_0 ——弯起钢筋之间的距离，沿着弯起钢筋的法线方向度量；

e_0 ——纵向力 N 对截面重心的偏心矩；
 e_{0H} ——预压力 N_0 对截面重心的偏心矩；
 e_{0c} ——纵向力 N 和预压力 N_0 的合力对截面重心的偏心矩；
 e 和 e' ——纵向力 N 的作用点到钢筋 A (F_a 、 F_H) 的合力及钢筋 A' ($F_{a'}$ 、 $F_{H'}$) 的合力作用点的距离；

e_a 和 e_{aH} ——纵向力 N 和预压力 N_0 到钢筋 A ($F_a + F_H$) 的横截面重心的距离；

l ——构件的跨度；

l_0 ——构件的计算长度；

r ——构件横截面对截面重心的惯性半径；

d ——钢筋的标志直径；

Z_1 ——截面中拉力和压力之间的距离（内力偶臂）；

Z_δ ——混凝土受压区的重心与钢筋 F_a 和 F_H 的合力之间的距离；

F_X ——垂直于构件纵轴且与斜截面相交的一个平面内箍筋的截面面积；

F_0 ——倾斜于构件纵轴且与斜截面相交的一个平面内的弯起钢筋的截面面积；

f_X ——一根箍筋的截面面积；

f_a ——一根纵向钢筋的截面面积；

μ ——配筋系数，是钢筋 F_a 的截面面积与构件横截面面积的比值，不考虑受拉和受压翼缘；

F ——构件横截面中混凝土的截面面积；

F_δ ——混凝土受压区的截面面积；

$F_{\delta p}$ ——混凝土受拉区的截面面积；

F_{π} ——考虑全部纵向钢筋的构件折算截面面积；

F_{cm} ——混凝土的挤压面积；

S_{δ_0} 和 S_{δ_p} ——混凝土受压区和受拉区对中和轴的截面静矩；

S_{a_0} 和 S'_{a_0} ——钢筋 A 和 A' 对中和轴的截面静矩；

J ——混凝土截面对构件截面重心的惯性矩

J_{Π} ——构件折算截面对截面重心的惯性矩

J_a ——钢筋截面面积对构件截面重心的惯性矩；

J_{δ_0} ——混凝土截面受压区对中和轴的惯性矩；

J_{a_0} 和 J_{a_0}' ——钢筋截面面积 A 和 A' 或 F_a 和 F_a' 对中和轴的惯性矩；

W_0 ——构件折算截面对受拉边缘纤维的抵抗矩，按弹性材料根据СНП II-21-75确定。

绪 论

1. 钢筋混凝土-复合材料

钢筋混凝土是由混凝土和钢筋组成的复合材材，它们通过彼此之间的粘着力使它们在结构中共同工作。

众所周知，混凝土抗压强度很好，但抗拉强度很差（是抗压的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ ），而钢筋不仅具有很高的抗拉强度，而且抗压强度也很高。钢筋混凝土的基本特点在于钢筋混凝土共同工作时，充分发挥各自的长处。在钢筋混凝土构件中产生的拉力绝大部分由钢筋来承担。例如受弯构件的梁、板等，在截面下边的受拉区布置主筋（图1.1a），在截面上部的受压区完全不放钢筋或为了连结骨架和网片而放置少量的钢筋。在受压工作的构件（图1.1b）的混凝土中含有数量不多的钢筋，也可以大大提高承载能力（提高0.5~0.8倍）。由于横向变形在柱中产生的拉应力由箍筋或横向钢筋承担，箍筋和横向钢筋也作为联系平面和空间骨架的纵向钢筋用。在受拉构件中作用力由纵向钢筋承担（图1.1c）。

在受弯和偏心受压构件中，横向力作用区域产生的主拉应力 σ_{rP} ，不能由受拉区的纵向钢筋承担。如果这些区域没有配筋，则通常沿45度角出现斜裂缝。为了承受主拉应力和防止在梁中出现裂缝，一般放置箍筋或横向钢筋，必要时也把底下的纵向钢筋向上成45~60度角弯起，并锚固在上部混凝土的受压区中（图1.1d）。因此混凝土与钢筋的结合创造了一种优质的新材料——钢筋混凝土（更准确地叫作钢屑混凝土）。它的实际应用是很广泛的。

钢筋和混凝土共同工作的基础是由于它们的某些重要的物理力学性质自然有效的结合形成的。即：

(1) 钢筋与混凝土的线膨胀系数接近，混凝土 $0.00001\sim 0.000015$ ，钢筋 0.000012 。所以温度变化（在 100°C 以内）时，钢筋与混凝土接触的部位不产生附加应力，两者之间的粘着力不受破坏，保证两种材料共同工作。

(2) 混凝土硬化时有一定收缩，大大的增加了它与钢筋的粘结力。

(3) 密实的重混凝土能很好地保护钢筋，使它免于生锈和遭受火灾。

由于钢筋混凝土有许多优良的性能——耐久性、耐火性、高的强度和刚度、致密性、卫生性及使用费用低等，所以用它建造的结构在所有建筑部门广泛应用。而预应力钢筋混凝土还可以提高结构的抗裂度和刚度，因此它的应用范围更广，特别是在大跨度的屋盖结构和楼盖结构中大量采用。

2. 钢筋混凝土结构的分类及应用范围

钢筋混凝土结构可以分为如下几类：

(1) 按用途分：有住宅、公共、工业、农业、农田水利、交通运输和动力等建筑用钢筋混凝土结构。

(2) 按材料分：有重混凝土、多孔骨料混凝土和蜂窝状混凝土的钢筋混凝土结构；

(3) 按施工方法分：有整体式——在建筑物上直接浇注混凝土，装配式——在工厂或露天场地上预制，装配整体式——在装配构件上现浇混凝土。

(4) 按配筋方法分：有配普通钢筋的钢筋混凝土结构（骨架，钢筋网和单个钢筋），配高强度钢筋、钢丝和钢丝绳的预应力钢筋混凝土结构。

随着建筑工业的发展，装配式钢筋混凝土结构得到广泛应用。整体钢筋混凝土结构只有在特殊情况采用，例如在厂房非定型的

个别跨间及用滑动模板施工并有足够的技术经济依据时才采用。装配整体式结构适用于大跨度结构和其它一些结构，当它们部份现浇并且接头整体浇在一起时可以提高空间刚度和强度，因此也收到经济效果。对装配式结构有工厂出产的建筑制品目录一览表，可供查用。

3. 钢筋混凝土生产的发展

钢筋混凝土虽然有某些缺点（结构自量大、导热性和传音性高，在结构的使用和制造时可能出现裂缝），但是这与它的许多优点相比还是次要的，它仍是现代基本建设的基础料材。如前所述，大量使用的是装配式钢筋混凝土结构，它不仅满足建筑工业化的要求，而且在工厂制造时，可以改善结构的质量，加快施工进度，降低施工时的劳动强度，降低造价。

在装配式钢筋混凝土的现代建筑中，有单层（见图 0-1）和多层工业厂房、大型板材的住宅，有桥梁、栈桥、输电线支柱、农业房屋、农田水利的地下和地上工程，有干管、隧道和地下铁路的车站等。

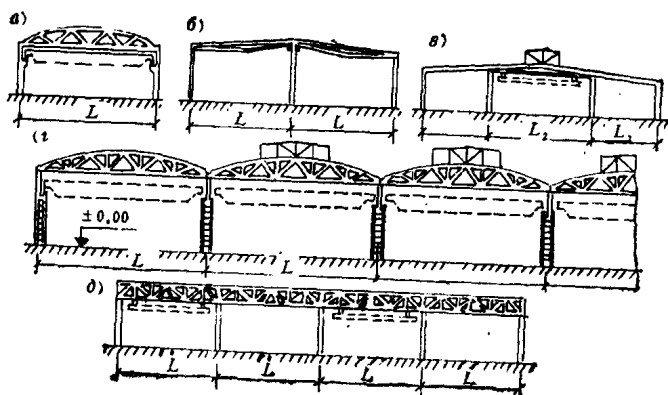


图 0-1 单层厂房横剖面图

建筑部门的重要任务是降低材料用量，在建筑中采用新型材料轻质结构，合理地利用材料资源。而建筑物和构筑物的重量降低，很大一部分是改进装配式钢筋混凝土结构，采用预应力及轻质高强装配式钢筋混凝土达到的。应该指出，在大规模的基本建设中减少建筑物和构筑物的重量，经济意义很大。如果苏联1980年减少1%，装配式钢筋混凝土的耗量就可减少1.5亿米³，水泥减少1.5亿吨，墙体材料减少约2.0亿米³，金属制品减少1亿吨等。

所以在方案设计阶段必须使结构处理达到经济，结构构件尽量统一，提高生产程度。最好选用装配和现浇相结合的经济方案，以便减少制造和安装的劳动量，减少建筑造价，合理而广泛地利用空间结构（组合房间、组合住宅），高强混凝土的薄壁结构和轻骨料混凝土结构。

目 录

前 言	1
主要符号	1
绪 论	1
第一章 钢筋混凝土结构材料的基本 知识.....	1
§ 1. 混凝土.....	1
§ 2. 钢筋.....	17
§ 3. 钢筋在混凝土中的锚固.....	32
§ 4. 混凝土保护层和钢筋间的距离.....	39
第二章 钢筋混凝土结构 构件计算的基本 原理.....	43
§ 1. 计算的极限状态.....	43
§ 2. 钢筋混凝土结构上的荷载和各种外界作用.....	48
§ 3. 钢筋混凝土结构抗裂性的要求.....	54
§ 4. 钢筋的预应力损失.....	58
§ 5. 钢筋混凝土构件按强度（第一类极限状态）计算的基本公式.....	63
§ 6. 钢筋混凝土构件按第二类极限状态计算的基本公式.....	79
第三章 钢筋混凝土楼盖的 设计.....	94
§ 1. 一般原理.....	94
§ 2. 梁式板整体式肋形楼盖的设计.....	94
例 1 梁式板整体式肋形楼盖的计算和构造	97
§ 3. 装配式梁式楼盖.....	128
例 2 多孔预制板的构造 与计算.....	140
例 3 预应力椭圆孔预制板的 计算.....	152
例 4 肋形 预制楼板的 计算.....	165
例 5 装配式连续梁的计算.....	183
§ 4. 四边支承板的肋形楼盖.....	197

例 6 四边支承板的肋形楼盖的计算	206
例 7 装配式井字形预制楼板的计算	225
§ 5. 装配式楼梯构件的计算	234
例 8 装配式钢筋混凝土楼梯段的计算	236
例 9 钢筋混凝土平台板的计算	240
第四章 偏心受压柱和基础的设计	244
§ 1. 偏心受压构件的构造特点	244
§ 2. 中心受压柱考虑偶然偏心时的计算	246
例 10 装配式钢筋混凝土柱在偶然偏心 ($e_0 = e_0' n$) 时的计算	247
§ 3. 中心受压柱的基础计算	262
例 11 中心荷载基础的计算	263
§ 4. 偏心受压柱 ($e_0 > e_0' n$) 的设计	267
例 12 偏心受压柱的计算	270
§ 5. 偏心受压基础的计算	294
例 13 偏心荷载基础的计算	295
§ 6. 条形钢筋混凝土基础的计算	306
例 14 装配式条形基础的计算	307
第五章 工业厂房装配式屋盖构件的设计	311
§ 1. 一般原理	311
§ 2. 例 15 装配式钢筋混凝土屋面板的设计	317
§ 3. 例 16 工字形屋面梁的构造与计算	338
§ 4. 例 17 钢筋混凝土平行弦桁架的设计	359
§ 5. 例 18 钢筋混凝土弓形桁架的设计	372
附录 I. 雪荷载和风荷载系数、桥式吊车外形尺寸及荷载	395
附录 II. 苏联国家标准 (ГОСТ 8478-66) 焊接钢筋网的规格、钢筋截面面积、每米长重量	403
附录 III. 钢筋和钢丝绳的横截面面积和重量, 焊接钢筋直径之间的关系和钢筋材料表的形式	406
附录 IV. 单跨、双跨和三跨梁的计算图表	409

附录 V. 四边支承板作用均布荷载时的系数 α 和 β 值	413
附录 VI. 确定截面受拉区弹塑性抵抗矩 $w_T = r w_0$ 的 r 价值	416
附录 VII. 二阶变截面实腹柱的计算公式	418
参考文献目录	420