

建筑设计系列手册

混凝土结构计算手册

HUNNINGTU JIEGOU JISUAN SHOUC

(第三版)

■ 吴德安 主编

中国建筑工业出版社

建筑结构设计系列手册

混凝土结构计算手册

(第三版)

吴德安 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构计算手册/吴德安主编.—3版.—北京:
中国建筑工业出版社,2002

(建筑设计系列手册)

ISBN 7-112-05524-5

I.混… II.吴… III.混凝土结构—结构计算—
手册 IV.TU370.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 090569 号

本书根据新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)编写。
内容包括:材料及计算规定、钢筋混凝土结构计算图表、框架结构截面抗震
计算表、预应力混凝土结构计算图表和计算例题等五章。

本书保留了第二版手册图表简明、使用方便、覆盖面广的特点,并严格
执行规范中的强制性条文。图表的编制符合规范规定,对规范中若干不便
计算的公式,采用了简化计算的方法编制,计算结果有足够的精确度,能满
足使用要求。本书可供土建结构工程技术人员及大专院校土建专业师生参
考使用。

* * *

责任编辑 夏英超

本书第二版 1993 年获第二届全国优秀建筑科技图书一等奖

建筑设计系列手册
混凝土结构计算手册
(第三版)

吴德安 主编

*

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

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:59½ 字数:1477千字

2002年12月第三版 2003年3月第十四次印刷

印数:493081—499080册 定价:79.00元

ISBN 7-112-05524-5

TU·4853(11142)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

1991年10月由中国建筑工业出版社出版的《混凝土结构计算手册》(第二版)受到广大读者的欢迎,十年间印数达十万多册,并于1993年获第二届全国优秀科技一等奖,1994年被中国书刊发行协会评为全国优秀畅销书。为此,对给予本手册关心和支持的人们表示最诚挚的谢意!

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002已于2002年2月20日经中华人民共和国建设部批准执行。为配合该规范的使用,我们重新组织编写了《混凝土结构计算手册》(第三版)。新版保留了原手册图表简明、使用方便、覆盖面广的特点,并严格执行规范中的强制性条文。图表的编制符合规范规定,对规范中若干不便计算的公式如双向受弯和偏心受压构件采用了简化计算的方法编制,计算结果有足够的精确度能满足使用要求。同时增加了一些常用的参考资料。

本书主要列有混凝土结构计算的基本规定、受弯(含双向受弯)构件、偏心受压(含双向偏心受压)构件、深受弯构件等的截面计算;裂缝宽度和刚度验算,柱牛腿、预埋件、楼梯等的计算;钢筋混凝土框架结构截面和节点的抗震验算;预应力混凝土结构预应力损失值和预应力屋架下弦的计算。还列有若干计算实例,这些实例是按规范公式逐项进行计算的,对正确理解和运用规范起到了示范作用。计算实例与使用图表的例题尽可能相呼应,使读者可以了解图表编制的准确度。

本书由北京钢铁设计研究总院吴德安主编,参加编写的有东南大学、北京凯帝克建筑设计有限公司、海军工程设计局等单位。

第1章由吴德安、王昌兴、赵功编写;第2章由赵肖荣、王昌兴、蓝宗建、周鲁敏、陈鲤梁、吴德安、梁书亭、沈军、王田青、陈春材、蒋延平、孙衍法、孙娟编写;第3章由王昌兴、严涛编写;第4章由曹双寅、蓝宗建、吴京、邹宏德、杨东升、金健、高巍编写;第5章由蓝宗建、王昌兴、吴德安、张英华、王田青、田玉基、张敏、王志远、房良编写。

本书得到了李明顺、白生翔、徐有邻等《混凝土结构设计规范》编制组专家的大力帮助,孙惠中还审核了第3章,在此一并表示感谢。为使本手册尽快出版以配合规范的使用,参编人员作了很大的努力,但由于我们的水平有限,时间又比较紧张,错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 材料及计算规定

1.1 材料	1
1.1.1 混凝土	1
1.1.2 钢筋	3
1.2 混凝土结构设计	7
1.2.1 基本规定	7
1.2.2 承载力极限状态计算规定	8
1.2.3 正常使用极限状态验算规定	9
1.2.4 设计使用年限	10
1.2.5 结构布置	10
1.3 钢筋混凝土梁、板	14
1.3.1 荷载	14
1.3.2 现浇钢筋混凝土板的最小 厚度	15
1.3.3 梁、板截面有效高度 h_0	15
1.3.4 梁截面适宜高宽比及估算梁、板截面 用的高跨比	15
1.3.5 T形、I形及倒L形截面受弯构件 位于受压区的翼缘宽度 b'_f	16
1.3.6 梁、板的计算跨度	16
1.3.7 梁、板按塑性内力重分布计算	17
1.3.8 梁、板纵向受力钢筋的最小 配筋率	19
1.4 钢筋混凝土柱	19
1.4.1 柱混凝土强度等级	19
1.4.2 单层厂房柱截面形式	19
1.4.3 6m柱距单层厂房柱截面尺寸	19
1.4.4 柱的计算长度	19
1.4.5 厂房横向刚度验算	21
1.4.6 二阶柱吊装运输时的强度及裂缝 宽度验算	22
1.5 预应力混凝土结构构件	22
1.5.1 一般规定	22
1.5.2 张拉控制应力	25

1.5.3 预应力损失值	25
1.5.4 预应力损失值的组合	25
1.6 混凝土结构抗震设计	27
1.6.1 材料和计算规定	27
1.6.2 框架梁	30
1.6.3 框架柱及框支柱	30
1.6.4 剪力墙	31

第2章 钢筋混凝土结构计算图表

2.1 正截面受弯承载力计算	32
2.1.1 计算矩形和T形截面梁、板承载力 用的 $A_{\rho 0}$ 表	32
2.1.2 板宽 $b=1000\text{mm}$ 弯矩配筋表 (含基础底板)	51
2.1.3 单筋矩形截面梁弯矩配筋表	71
2.2 矩形、倒L形和T形截面双向 受弯构件正截面承载力表	142
2.3 斜截面承载力计算	159
2.3.1 矩形截面梁斜截面受剪 承载力表	159
2.3.2 板宽 $b=1000\text{mm}$ 斜截面受剪 承载力表	187
2.4 扭曲截面承载力计算图	188
2.5 轴心受压柱承载力计算	241
2.6 偏心受压柱承载力计算	245
2.6.1 矩形截面对称配筋偏心受压柱 承载力计算	245
2.6.2 工字形截面对称配筋偏心受压柱 承载力计算	408
2.6.3 圆形截面偏心受压柱承载力 计算	408
2.7 矩形截面对称配筋双向偏心受压 柱承载力计算	474
2.7.1 轴向力偏心距增大系数(η_x 或 η_y) 计算图	474

2.7.2 双向偏心受压矩形截面承载力 计算图	474
2.8 钢筋混凝土受弯构件变形验算	524
2.8.1 刚度计算图	524
2.8.2 钢筋混凝土受弯构件不需作挠度验算的最大跨高比	533
2.8.3 裂缝宽度验算图	540
2.8.4 不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径	560
2.9 牛腿	573
2.9.1 竖向力作用下柱牛腿配筋表	573
2.9.2 竖向力和水平拉力作用下柱牛腿配筋表	585
2.10 板受冲切承载力表	592
2.11 深受弯构件	603
2.11.1 深受弯构件正截面受弯承载力表	603
2.11.2 深受弯构件斜截面受剪配筋表	627
2.12 楼梯	635
2.12.1 现浇钢筋混凝土板式楼梯配筋表	635
2.12.2 现浇钢筋混凝土梁式楼梯配筋表	639
2.13 预埋件	645
2.13.1 预埋件受弯剪承载力表	645
2.13.2 预埋件受拉弯剪承载力表	647

第3章 钢筋混凝土框架结构 截面抗震计算表

3.1 框架梁正截面受弯承载力计算	660
3.2 框架梁斜截面受剪承载力 计算表	662
3.3 框架柱正截面偏心受压承载力 计算	681
3.4 框架柱斜截面受剪承载力 计算表	713
3.5 框架节点受剪承载力计算表	765

第4章 预应力混凝土结构计算图表

4.1 截面力学特性计算表	787
---------------	-----

4.1.1 孔道面积表	787
4.1.2 等直径孔道平均重心位置	788
4.1.3 矩形截面的截面特征	789
4.2 预应力损失	790
4.2.1 直线预应力钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失	790
4.2.2 后张法构件预应力曲线钢筋由于锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失	792
4.2.3 预应力钢筋与孔道之间摩擦引起的预应力损失	821
4.2.4 预应力钢筋的应力松弛引起的预应力损失	823
4.2.5 混凝土收缩和徐变引起的预应力损失	824
4.3 后张法预应力混凝土屋架下弦正常使用极限状态正截面抗裂和施工阶段验算	827
4.3.1 验算要求	827
4.3.2 验算方法	827

第5章 计算例题

5.1 钢筋混凝土结构构件计算	861
5.1.1 受弯构件	861
例题1 单筋矩形梁正截面承载力 计算	861
例题2 双筋矩形梁正截面承载力 计算	862
例题3 T形梁(中和轴在翼缘内)正截面 承载力计算	863
例题4 T形梁(中和轴在肋部)正截面 承载力计算	863
例题5 矩形梁在集中荷载作用下斜截面 承载力计算	864
例题6 受拉边倾斜的受弯构件斜截面 承载力计算	865
例题7 矩形截面剪扭承载力计算	866
例题8 不配置箍筋和弯起钢筋板的 斜截面受剪承载力计算	868
5.1.2 偏心受压构件	868
例题9 矩形截面对称配筋小偏心受压柱 的计算	868

例题 10	矩形截面对称配筋大偏心受压柱 的计算	871	例题 1	24m 后张法预应力混凝土屋架下弦 杆的计算	888
例题 11	工字形截面对称配筋小偏心受压柱 的计算	873	例题 2	1.5m×6.0m 先张法预应力混凝土屋 面板的计算	891
例题 12	工字形截面对称配筋大偏心受压柱 的计算	876	例题 3	1.2m×3.9m 先张法预应力混凝土圆 孔板的计算	896
例题 13	圆形截面偏心受压柱的 计算	878	例题 4	15m 后张法预应力混凝土双坡 屋面梁计算	900
例题 14	矩形截面双向受剪钢筋混凝土 框架柱斜截面受剪承载力 计算	880	例题 5	12m 后张法预应力混凝土工字形 等截面吊车梁的计算	910
例题 15	矩形截面双向偏心受压构件的 计算	881	5.3 钢筋混凝土框架结构截面抗震 计算	936	
5.1.3	偏心受拉构件	884	例题 1	框架梁正截面受弯承载力 计算	936
例题 16	矩形截面小偏心受拉构件	884	例题 2	框架梁斜截面受剪承载力 计算	937
例题 17	矩形截面大偏心受拉构件	884	例题 3	框架柱斜截面承载力计算	937
5.1.4	其他	885	例题 4	框架梁柱节点受剪承载力 计算	938
例题 18	深受弯构件计算	885	附录 I	钢筋的公称截面面积、计算截面 面积及理论重量	940
例题 19	竖向力作用下(需作疲劳验算)的柱 牛腿计算	886	附录 II	板宽 $b = 1000\text{mm}$ 内各种钢筋 间距时钢筋截面面积表	941
例题 20	竖向力和水平力作用下柱 牛腿计算	886			
例题 21	受冲切承载力计算	887			
5.2	预应力混凝土结构构件的计算 ..	888			

第 1 章 材料及计算规定

1.1 材 料

1.1.1 混凝土

1. 混凝土是指用水泥等无机胶结料,用砂石作集料并按专门设计的配合比加水进行搅拌成型、养护而得。

2. 混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。一般将混凝土强度等级不小于 C50 的称为高强混凝土。

3. 混凝土结构的混凝土强度等级应符合以下要求:

(1) 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15;当采用 HRB335 级钢筋和冷轧带肋钢筋时混凝土强度等级不宜低于 C20;钢筋焊接网混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20;当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20。

(2) 预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C30;当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

注: 1. 当采用山砂混凝土及高炉矿渣混凝土时,尚应符合专门标准的规定。

2. 本手册不适用于轻混凝土及其他特种混凝土结构的设计。

4. 混凝土强度标准值、设计值应按表 1-1-1 采用。

混凝土强度标准值、强度设计值(N/mm²)

表 1-1-1

强度种类		混凝土强度等级													
		C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
标准值	轴心抗压 f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
	轴心抗拉 f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11
设计值	轴心抗压 f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
	轴心抗拉 f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

注: 1. 计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时,如截面的长边或直径小于 300mm,则表中混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8;当构件质量(如混凝土成型、截面和轴线尺寸等)确有保证时,可不受此限制;

2. 离心混凝土的强度设计值应按有关专门标准取用。

5. 混凝土受压或受拉弹性模量、疲劳变形模量应按表 1-1-2 的规定采用。

混凝土受压或受拉弹性模量 E_c 、疲劳变形模量 E_c^f ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$) 表 1-1-2

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80
E_c^f		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.8	1.75	1.85	1.9

6. 混凝土轴心抗压、轴心抗拉疲劳强度设计值(f_c^f 、 f_t^f)应按表 1-1-1 的混凝土强度设计值乘以相应的疲劳强度修正系数 γ_p 确定。修正系数 γ_p 应根据不同疲劳应力比值 ρ_c^f 按表 1-1-3 采用。

混凝土疲劳应力比值应按下列公式计算：

$$\rho_c^f = \frac{\sigma_{c,\min}^f}{\sigma_{c,\max}^f} \quad (1-1-1)$$

式中 $\sigma_{c,\min}^f$ 、 $\sigma_{c,\max}^f$ ——构件疲劳验算时，截面同一纤维上的混凝土最小应力及最大应力。

混凝土疲劳强度修正系数 表 1-1-3

ρ_c^f	$\rho_c^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho_c^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho_c^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho_c^f < 0.5$	$\rho_c^f \geq 0.5$
γ_p	0.74	0.80	0.86	0.93	1.0

7. 试件尺寸与混凝土抗压强度的换算

当采用 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 圆柱体试件时其抗压强度的换算可参考表 1-1-4 进行。

边长 150mm 立方体与 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 试件抗压强度换算表 表 1-1-4

混凝土强度等级	28d 抗压强度 (MPa)	
	边长 150mm 立方体	$\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 圆柱体
C15	15	12
C20	20	16
C25	25	20
C30	30	25
C35	35	30
C40	40	35

当采用边长 200mm 立方体试件时其抗压强度换算系数为 1.05；

当采用边长 100mm 立方体试件时其抗压强度换算系数为 0.95。

8. 常用的水泥及其适用范围

普通硅酸盐水泥(简称普通水泥)：强度发挥较快，抗冻、耐磨性、和易性较好。适用于各类工业与民用建筑工程，也适用于大体积混凝土及有化学侵蚀性的工程。

硅酸盐水泥：强度发挥较快，强度等级较高，可配制高强混凝土，适用于各种工业与民用建筑工程，尤其要求早强、高强的钢筋混凝土和预应力混凝土工程，不宜用于大体积混凝土及化学侵蚀性的混凝土工程。

矿渣硅酸盐水泥：早期强度稍低，后期增长率较高，水化热低，抗硫酸盐侵蚀性较好，可耐较高温度，但泌水率较高，抗冻、耐磨性较高。适用于一般工程和水中的混凝土工程。

粉煤灰硅酸盐水泥:水化热低,抗硫酸盐侵蚀性好,干缩率不太大,但其强度增长较为缓慢,抗冻性稍差。适用于一般工程,水中混凝土和大体积混凝土工程,不适用于早强和受干湿或冻融循环作用的工程。

浇筑水泥:是快硬、高强微膨胀水泥,有快硬、高强无收缩的优良性能,适用于构件接头,接缝连接和检修、补强、二次浇灌层。

膨胀水泥:

(1) 硅酸盐膨胀水泥:具有中等强度,有一定的膨胀性(特别在潮湿环境下),用于地下防水工程,混凝土裂缝、孔洞修补;

(2) 明矾石膨胀水泥:强度较高,有一定的膨胀性,在使用早期要加强在潮湿环境下的养护,用于防渗混凝土、补强和防渗抹面、梁柱接头等。

9. 混凝土外加剂的作用

在混凝土拌和过程中掺入不超过水泥重量的 5%,并能按要求改善混凝土性能的材料称为混凝土外加剂。

减水剂:可减少用水量,提高混凝土强度;增大混凝土坍落度改善和易性;增大混凝土含气量;调节凝结时间;改善混凝土的力学性能。

缓凝剂:可延缓混凝土凝结时间,对混凝土后期强度发展无不利影响,兼有缓凝和早强的作用,适用于炎热气候条件下施工和较长时间停放或长距离运输的混凝土。但不宜用于最低温度在 5℃ 以下条件下施工的混凝土和蒸养混凝土。

泵送剂:使混凝土拌和物有更高的流动性,较小的泌水率,更适用于泵送工艺施工。泵送剂的选用要注意与水泥品种的相容性。

防冻剂:在规定的温度下能显著降低混凝土的冰点,使混凝土液相不冻结或仅部分冻结,并在一定时间内获得预期强度。

1.1.2 钢筋

1. 钢筋混凝土及预应力混凝土结构的钢筋,应按下列规定选用:

普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋。也可采用 HPB235 级钢筋和 RRB400 级钢筋;

预应力钢筋宜采用预应力钢绞线、钢丝,也可采用热处理钢筋。

注:1. 普通钢筋系指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构的非预应力钢筋;

2. HRB400 级和 HRB335 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499 中的 HRB400 和 HRB335 钢筋;HPB235 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013 中的 Q235 钢筋;RRB400 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 中的 KL400 钢筋;

3. 预应力钢丝系指现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223 中的光面、螺旋肋和三面刻痕的消除应力的钢丝;

4. 当采用本条未列出但符合强度和伸长率要求的冷加工钢筋及其他钢筋时,应符合专门标准的规定。

2. 钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。热轧钢筋的强度标准值系根据屈服强度确定,用 f_{yk} 表示。预应力钢绞线、钢丝和热处理钢筋的强度标准值系根据极限抗拉强度确定,用 f_{ptk} 表示。

3. 普通钢筋的强度标准值(f_{yk})、抗拉强度及抗压强度设计值(f_y 、 f'_y)应按表 1-1-5 采用。

普通钢筋强度标准值、设计值(N/mm²)

表 1-1-5

种 类		符 号	$d(\text{mm})$	f_{yk}	f_y	f'_y
热轧 钢筋	HPB235(Q235)	ϕ	8~20	235	210	210
	HRB335(20MnSi)	Φ	6~50	335	300	300
	HRB400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	Φ	6~50	400	360	360
	RRB400(K20MnSi)	Φ^R	8~40			

注: 1. 在钢筋混凝土结构中, 轴心受拉和小偏心受拉的钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm² 时, 仍应按 300N/mm² 取用;

2. 热轧钢筋直径 d 系指公称直径;

3. 当采用直径大于 40mm 的钢筋时, 应有可靠的工程经验。

4. 预应力钢筋的强度标准值(f_{ptk})、抗拉强度及抗压强度设计值(f_{py} 、 f'_{py})应按表(1-1-6、1-1-7)采用。

预应力钢筋强度标准值(N/mm²)

表 1-1-6

种 类		符 号	$d(\text{mm})$	f_{Pk}
钢 绞 线	1×3	ϕ^S	8.6、10.8	1860、1720、1570
			12.9	1720、1570
	1×7		9.5、11.1、12.7	1860
			15.2	1860、1720
消除应力钢丝	光面 螺旋肋	ϕ^P ϕ^H	4、5	1770、1670、1570
			6	1670、1570
			7、8、9	1570
	刻痕	ϕ^I	5、7	1570
热处理钢筋	40Si2Mn	ϕ^{HT}	6	1470
	48Si2Mn		8.2	
	45Si2Cr		10	

注: 1. 钢绞线直径 d 系指钢绞线外接圆直径, 即现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 中的公称直径 D_g , 钢丝和热处理钢筋的直径 d 均指公称直径;

2. 各种直径钢绞线、钢丝、钢筋的公称截面面积按附录 I 采用;

3. 消除应力光面钢丝直径 d 为 4~9mm, 消除应力螺旋肋钢丝直径 d 为 4~8mm。

预应力钢筋强度设计值(N/mm²)

表 1-1-7

种 类	符 号	f_{ptk}	f_{py}	f'_{py}
钢 绞 线	1×3	1860	1320	390
		1720	1220	
		1570	1110	
	1×7	1860	1320	390
		1720	1220	
消除应力钢丝	光 面 螺旋肋	ϕ^P	1770	410
		ϕ^H	1670	
			1570	

续表

种 类	符 号	f_{ptk}	f_{py}	f'_{py}
消除应力钢丝	ϕ^I	1570	1110	410
热处理钢筋	40Si2Mn	ϕ^{HT}	1470	1040
	48Si2Mn			
	45Si2Cr			

注：当预应力钢绞线、钢丝的强度标准值不符合表 1-1-6 中的规定时，其强度设计值应进行换算。

当构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值。

5. 钢筋弹性模量 E_s 应按表 1-1-8 采用。

钢筋弹性模量 E_s (N/mm²)

表 1-1-8

种 类	E_s
HPB235 级钢筋	2.1×10^5
HRB335 级钢筋、HRB400 级钢筋、RRB400 级钢筋、热处理钢筋	2.0×10^5
消除应力钢丝（光面钢丝、螺旋肋钢丝、刻痕钢丝）	2.05×10^5
钢绞线	1.95×10^5

注：必要时钢绞线可采用实测的弹性模量。

6. 普通钢筋和预应力钢筋的疲劳应力幅限值 Δf_y^f 或 Δf_{py}^f 应由钢筋疲劳应力比值 ρ_s^f 、 ρ_p^f 分别按表 1-1-9 及表 1-1-10 采用。

普通钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm²)

表 1-1-9

疲劳应力比值	Δf_y^f		
	HPB235 级钢筋	HRB335 级钢筋	HRB400 级钢筋
$-1.0 \leq \rho_s^f < -0.6$	160		
$-0.6 \leq \rho_s^f < -0.4$	155		
$-0.4 \leq \rho_s^f < 0$	150		
$0 \leq \rho_s^f < 0.1$	145	165	165
$0.1 \leq \rho_s^f < 0.2$	140	155	155
$0.2 \leq \rho_s^f < 0.3$	130	150	150
$0.3 \leq \rho_s^f < 0.4$	120	135	145
$0.4 \leq \rho_s^f < 0.5$	105	125	130
$0.5 \leq \rho_s^f < 0.6$		105	115
$0.6 \leq \rho_s^f < 0.7$		85	95
$0.7 \leq \rho_s^f < 0.8$		65	70
$0.8 \leq \rho_s^f < 0.9$		40	45

注：1. 当纵向受拉钢筋采用闪光接触对焊接头时，其接头处钢筋疲劳应力幅限值应按表中数值乘以系数 0.8 取用；

2. RRB400 级钢筋应经试验验证后，方可用于需作疲劳验算的构件。

预应力钢筋疲劳应力幅限值(N/mm²)

表 1-1-10

种 类			Δf_{py}^f	
			$0.7 \leq \rho_s^f < 0.8$	$0.8 \leq \rho_s^f < 0.9$
消除应力钢丝	光 面	$f_{ptk} = 1770, 1670$	210	140
		$f_{ptk} = 1570$	200	130
	刻 痕	$f_{ptk} = 1570$	180	120
钢 绞 线			120	105

注: 1. 当 ρ_s^f 不小于 0.9 时, 可不作钢筋疲劳验算。

2. 当有充分依据时, 可对表中规定的疲劳应力幅限值作适当调整。

普通钢筋疲劳应力比值 ρ_s^f 应按下列公式计算:

$$\rho_s^f = \frac{\sigma_{s, \min}^f}{\sigma_{s, \max}^f} \quad (1-1-2)$$

式中 $\sigma_{s, \min}^f, \sigma_{s, \max}^f$ ——构件疲劳验算时, 同一层钢筋的最小应力、最大应力。

预应力钢筋疲劳应力比值 ρ_p^f 应按下列公式计算:

$$\rho_p^f = \frac{\sigma_{p, \min}^f}{\sigma_{p, \max}^f} \quad (1-1-3)$$

式中 $\sigma_{p, \min}^f, \sigma_{p, \max}^f$ ——构件疲劳验算时, 同一层预应力钢筋的最小应力、最大应力。

7. 各国钢筋混凝土用钢筋的对照表见表 1-1-11 及 1-1-12, 供材料代用时参考。

钢筋混凝土用热轧光圆钢筋

表 1-1-11

国 家	标 准 号	牌 号	屈服点 $\sigma_b(\text{MPa}) \geq$	化 学 成 分 (%)
中 国	GB 1301 1991	Q235	235	C 0.14~0.22, Si 0.12~0.30, Mn 0.30~0.65, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.050, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
国际标准化组织	ISO 6935-1 1991(E)	PB240	240	P $\leq$ 0.060, S $\leq$ 0.060(其他成分应提供)
原 苏 联	ГОСТ380 1994	CT3KH	235	C 0.14~0.22, Si $\leq$ 0.05, Mn 0.30~0.60, P $\leq$ 0.040, S $\leq$ 0.050, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
		CT3HC		C 0.14~0.22, Si 0.05~0.15, Mn 0.40~0.65, P $\leq$ 0.040, S $\leq$ 0.050, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
		CT3CH		C 0.14~0.22, Si 0.15~0.35, Mn 0.40~0.65, P $\leq$ 0.040, S $\leq$ 0.050, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
日 本	JIS G3112 1987	SR235	235	P $\leq$ 0.050, S $\leq$ 0.050
法 国	NF A35-015 1996	FeE235	235	化学成分不规定, 但保证 $C_{eq} \leq 0.51\%$

钢筋混凝土用热轧带肋钢筋

表 1-1-12

国 家	标 准 号	牌 号	屈 服 点 $\sigma_b(\text{MPa}) \geq$	化 学 成 分 (%)
中 国	GB 1499 1991	20MnSi	RL335 (8~25mm)	C 0.17~0.25, Si 0.40~0.80, Mn 1.20~1.60, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.045, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
中 国	GB 1499 1991	20MnNb	RL335 (28~40mm)	C 0.17~0.25, Si $\leq$ 0.17, Mn 1.00~1.56, Nb $\leq$ 0.05, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.045, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
中 国	GB 1499 1991	20MnSiV	RL400	C 0.17~0.25, Si 0.20~0.80, Mn 1.20~1.60, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.045, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, V 0.04~0.12, Cu $\leq$ 0.30
中 国	GB 1499 1991	20MnTi	RL400 (8~25mm)	C 0.17~0.25, Si 0.17~0.37, Mn 1.20~1.60, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.045, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Ti 0.02~0.05, Cu $\leq$ 0.30
中 国	GB 1499 1991	25MnSi	RL400 (28~40mm)	C 0.20~0.30, Si 0.60~1.00, Mn 1.20~1.60, P $\leq$ 0.045, S $\leq$ 0.045, Cr $\leq$ 0.30, Ni $\leq$ 0.30, Cu $\leq$ 0.30
日 本	JIS G3112 1987	SD345	345	C $\leq$ 0.27, Si $\leq$ 0.55, Mn $\leq$ 1.60, P $\leq$ 0.040, C + $\frac{\text{Mn}}{6} \leq$ 0.50
国际标准化组织	ISO 6935—2 1991(E)	RB400	400	P $\leq$ 0.060, S $\leq$ 0.060(其他成分应提供)
		RB400W	400	C $\leq$ 0.22, Si $\leq$ 0.60, Mn $\leq$ 1.60, P $\leq$ 0.050, S $\leq$ 0.050, N $\leq$ 0.012, Ceq $\leq$ 0.50
美 国	ASTM A706M 1996b	A706M	400	C $\leq$ 0.25, Si $\leq$ 0.50, Mn $\leq$ 1.50, P $\leq$ 0.035, S $\leq$ 0.035
	ASTM A615M 1996a	A615M	400	P $\leq$ 0.060(其他成分应提供)
日 本	JIS G3112 1987	SD390	390	C $\leq$ 0.29, Si $\leq$ 0.55, Mn $\leq$ 1.80, P $\leq$ 0.040, S $\leq$ 0.04, C + $\frac{\text{Mn}}{6}$ $\leq$ 0.50
德 国	DIN 488—1 1984	BST 420S	420	C $\leq$ 0.22, P $\leq$ 0.050, S $\leq$ 0.050, N $\leq$ 0.012

1.2 混凝土结构设计

1.2.1 基本规定

1. 整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求, 此特定状态称为该功能的极限状态。极限状态可分为下列两类:

(1) 承载能力极限状态: 结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏或不适于继续承载的变形;

(2) 正常使用极限状态: 结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。

2. 结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求, 分别按下列规定进行计算和验算:

(1) 承载力及稳定: 所有结构构件均应进行承载力(包括失稳)计算; 在必要时尚应进行

结构的倾覆、滑移及漂浮验算；

有抗震设防要求的结构尚应进行结构构件抗震的承载力验算；

(2) 疲劳:直接承受吊车的构件应进行疲劳验算;但直接承受安装或检修用吊车荷载的构件,根据使用情况和设计经验可不作疲劳验算;

(3) 变形:对使用上需要控制变形值的结构构件,应进行变形验算;

(4) 抗裂及裂缝宽度:对使用上要求不出现裂缝的构件,应进行混凝土拉应力验算;对使用上允许出现裂缝的构件,应进行裂缝宽度验算;对叠合式受弯构件,尚应进行纵向钢筋拉应力验算。

3. 结构及结构构件的承载力(包括失稳)计算和倾覆、滑移及漂浮验算,均采用荷载设计值;疲劳、变形、抗裂及裂缝宽度验算,均采用相应的荷载代表值;直接承受吊车的结构构件,在计算承载力及验算疲劳、抗裂时,应考虑吊车荷载的动力系数。

预制构件尚应按制作、运输及安装时相应的荷载值进行施工阶段验算。预制构件吊装的验算,应将构件自重乘以动力系数,动力系数可取 1.5,但可根据构件吊装时的受力情况适当增减。

对现浇结构,必要时应进行施工阶段的验算。

当进行结构构件抗震设计时,地震作用及其他荷载值均应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定确定。

4. 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件受力钢筋的配筋率应符合规范有关最小配筋率的规定。

1.2.2 承载能力极限状态计算规定

1. 建筑结构设计时,应根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性,采用不同的安全等级。建筑结构安全等级的划分应符合表 1-2-1 的要求。

建筑结构安全等级

表 1-2-1

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

注:对有特殊要求的建筑物,其安全等级应根据具体情况另行确定。

2. 建筑物中各类结构构件使用阶段的安全等级,宜与整个结构的安全等级相同,对其部分结构构件的安全等级,可根据其重要程度适当调整,但不得低于三级。

3. 对于承载能力极限状态,结构构件应按荷载效应的基本组合或偶然组合,采用下列极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-2-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, \alpha_k, \dots) \quad (1-2-2)$$

式中 γ_0 ——重要性系数:对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件,不应小于 1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件,不应小于 1.0;对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年及以下的结构构件,不应

小于 0.9; 在抗震设计中, 不考虑结构构件的重要性系数;

S ——承载能力极限状态的荷载效应组合的设计值, 按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算;

R ——结构构件的承载力设计值; 在抗震设计时, 应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ;

$R(\cdot)$ ——结构件的承载力函数;

f_c, f_s ——混凝土、钢筋的强度设计值;

α_k ——几何参数的标准值; 当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时, 可另增减一个附加值。

1.2.3 正常使用极限状态验算规定

1. 受弯构件的最大挠度应按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响进行计算, 其计算值应符合表 1-2-2 规定的挠度限值。

受弯构件的挠度限值

表 1-2-2

构件类型	挠度限值
吊车梁: 手动吊车 电动吊车	$l_0/500$ $l_0/600$
屋盖、楼盖及楼梯构件: 当 $l_0 < 7\text{m}$ 时 当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时 当 $l_0 > 9\text{m}$ 时	$l_0/200(l_0/250)$ $l_0/250(l_0/300)$ $l_0/300(l_0/400)$

注: 1. 表中 l_0 为构件的计算跨度;

2. 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件;

3. 如果构件制作时预先起拱, 且使用上也允许, 则在验算挠度时, 可将计算所得的挠度值减去起拱值; 对预应力混凝土构件, 尚可减去预加应力所产生的反拱值;

4. 计算悬臂构件的挠度限值时, 其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

2. 结构构件正截面的裂缝控制等级分为三级。裂缝控制等级的划分应符合下列规定:

一级——严格要求不出现裂缝的构件, 按荷载效应标准组合计算时, 构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力;

二级——一般要求不出现裂缝的构件, 按荷载效应标准组合计算时, 构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值; 按荷载效应准永久组合计算时, 构件受拉边缘混凝土不宜产生拉应力, 当有可靠经验时可适当放松;

三级——允许出现裂缝的构件, 按荷载效应标准组合并考虑长期作用影响计算时, 构件的最大裂缝宽度不应超过表 1-2-3 规定的最大裂缝宽度限值 w_{lim} 。

结构构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值

表 1-2-3

环境类别	钢筋混凝土结构		预应力混凝土结构	
	裂缝控制等级	$w_{lim}(\text{mm})$	裂缝控制等级	$w_{lim}(\text{mm})$
一	三	0.3(0.4)	三	0.2
二	三	0.2	二	—

续表

环境类别	钢筋混凝土结构		预应力混凝土结构	
	裂缝控制等级	$w_{lim}(mm)$	裂缝控制等级	$w_{lim}(mm)$
三	三	0.2	—	—

- 注：1. 表中规定适用于采用热轧钢筋的钢筋混凝土构件和采用预应力钢丝、钢绞线及热处理钢筋的预应力混凝土构件；当采用其他类别的钢丝或钢筋时，其裂缝控制要求可按专门标准确定；
2. 对处于年平均相对湿度小于60%地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值；
3. 在一类环境条件下，对于钢筋混凝土屋架、托架及需作疲劳验算的吊车梁，其最大裂缝宽度限值取为0.2mm；对钢筋混凝土屋面梁和托梁，其最大裂缝宽度限值应取为0.3mm；
4. 在一类环境条件下，对预应力混凝土屋面梁、托梁、屋架、托架、屋面板和楼板，应按二级裂缝控制等级进行验算；在一类和二类环境下，对于需作疲劳验算的预应力混凝土吊车梁，应按一级裂缝控制等级进行验算；
5. 表中规定的预应力混凝土构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值仅适用于正截面的验算；预应力混凝土构件的斜截面控制验算应符合《混凝土结构设计规范》第8章的要求；
6. 对于烟囱、筒仓和处于液体压力下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；
7. 对于处于四、五类环境条件下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；
8. 表中的最大裂缝宽度限值用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

3. 结构构件应根据环境类别和结构类别，按表1-2-3的规定选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值。环境类别的划分见表1-2-4。

混凝土结构的环境类别

表 1-2-4

环境类别	条 件
—	室内正常环境
二	a 室内潮湿环境；非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
	b 严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三	使用除冰盐的环境；严寒及寒冷地区冬季水位变动的环境；滨海室外环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注：严寒和非寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》JGJ 24 的规定。

1.2.4 设计使用年限

设计使用年限是设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期。

结构的设计使用年限可按表1-2-5采用。

设计使用年限分类

表 1-2-5

类 别	设计使用年限(年)	示 例
1	5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

1.2.5 结构布置

1. 钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距应符合表1-2-6的规定。