

— (第二版) —

混凝土结构计算图表

中南建筑设计院股份有限公司 编

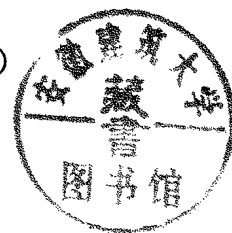
HUNNINGTU JIEGOU JISUAN TUBIAO

中国建筑工业出版社

混凝土结构计算图表

(第二版)

(按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 编制)



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构计算图表/中南建筑设计院股份有限公司编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 10
ISBN 978-7-112-13623-0

I. ①混… II. ①中… III. ①混凝土结构-结构计算-图表 IV. ①TU370.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 195449 号

本书根据新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 编制。内容包括材料及基本规定、受弯及受压构件承载力计算、钢筋混凝土基础计算和结构构件抗震设计等 5 章。对于结构构件, 按荷载效应组合的内力设计值, 可直接从表中得出配筋或配筋值; 对于构造要求亦尽量加以考虑, 十分方便和实用。

本书可用作建筑结构设计人员的工具书, 也可供科研人员、大专院校师生及施工和基建人员参考使用。

责任编辑: 蒋协炳

责任设计: 李志立

责任校对: 党 蕾 王雪竹

混凝土结构计算图表 (第二版)

(按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 编制)

中南建筑设计院股份有限公司 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 横 1/16 印张: 49¼ 字数: 1194 千字

2011 年 12 月第二版 2011 年 12 月第八次印刷

定价: 128.00 元

ISBN 978-7-112-13623-0

(21357)

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)

前 言

本图表是根据新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)编制的。在编排和格式上,保持了我院在2002年出版的《混凝土结构计算图表》的简洁、实用的特点,并作了适当的改进,补充了剪力墙约束边缘构件、构造边缘构件的选用表。图表内容包括常用的建筑结构构件并考虑了这些构件的常用截面尺寸范围。本图表保留了C15混凝土以及HPB235钢筋的相关计算内容,用于对既有建筑结构的复核验算。

本图表特点是,对结构构件按荷载效应组合的内力设计值,可直接从相应表中查出所需的配筋或配筋值。对于构造方面的要求,制表时已尽可能地加以考虑,但仍须与本图表中的使用说明和《混凝土结构设计规范》中有关构造规定配合使用。

本书可作为建筑结构专业设计人员的工具书,也可供科研人员、大专院校师生以及施工和基建人员参考使用。

编制人员:徐厚军(主 编)

陆祖欣(副主编)

孙志诚 郭 璇 郑 瑾

中南建筑设计院股份有限公司

2011年9月

目 录

前言

第一章 材料及基本规定	1
第一节 材料强度	1
一、混凝土强度标准值、设计值、弹性模量及疲劳变形模量	1
二、普通钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量	1
三、预应力钢筋的强度标准值、设计值	1
四、冷轧带肋钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量	2
五、混凝土疲劳强度设计值	2
六、普通钢筋、预应力钢筋的疲劳应力幅限值	3
第二节 计算和构造	3
一、建筑结构的安全等级及重要性系数	3
二、施工和检修荷载及栏杆水平荷载	4
三、混凝土结构的环境类别	4
四、混凝土结构耐久性	5
五、结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值	6
六、受弯构件的挠度限值和钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	6
七、受弯构件受压区有效翼缘计算宽度	7
八、钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	8
九、混凝土保护层厚度	8
十、混凝土结构中纵向受拉钢筋的锚固长度计算	8
十一、同一构件中相邻纵向钢筋的绑扎搭接接头	9
第二章 受弯构件承载力计算	11

第一节 矩形和 T 形截面受弯构件承载力计算 ($A_0-\xi$ 表)	11
第二节 矩形和 T 形截面受弯构件承载力计算 ($A-\rho$ 表)	13
第三节 板弯矩配筋计算	34
第四节 单筋矩形梁弯矩配筋计算	69
第五节 双筋矩形截面梁受弯承载力计算	198
第六节 T 形截面梁受弯承载力计算	208
第七节 矩形和 T 形截面梁受剪承载力计算	235
第八节 矩形截面梁受扭承载力计算	274
第九节 矩形和 T 形截面受弯构件的刚度及裂缝宽度计算	436
第三章 受压构件承载力计算	552
第一节 轴心受压和偏心受压柱计算长度	552
第二节 钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数	552
第三节 偏心受压构件弯矩增大系数	553
第四节 轴心受压柱承载力计算	558
第五节 矩形截面对称配筋单向偏心受压柱承载力计算	573
第六节 圆形截面偏心受压柱承载力计算	631
第七节 圆形截面受弯构件承载力计算	645
第八节 矩形截面对称配筋双向偏心受压柱承载力计算	646
第四章 钢筋混凝土基础计算	672
第一节 墙下钢筋混凝土条形基础计算	672
第二节 轴心受压方形基础计算	676
第三节 单向偏心受压矩形基础计算	696
第五章 混凝土结构构件抗震设计	716
第一节 一般规定	716
一、纵向受拉钢筋的抗震锚固长度的确定	716
二、纵向受拉钢筋的搭接长度的确定	717
三、框架梁纵向受拉钢筋最小配筋率	717
第二节 柱箍筋加密区的体积配箍率	718

第三节	矩形和圆形柱加密区的箍筋的体积配箍率	720	附录 B	一种直径及两种直径钢筋组合时的钢筋面积	778
第四节	框架梁沿梁全长箍筋的配筋率计算	726	附录 C	每米板宽内各种钢筋间距的钢筋截面面积	779
第五节	剪力墙边缘构件阴影区纵向钢筋最小配筋量	731	附录 D	钢筋的计算截面面积、理论重量和排成一行时梁的	
第六节	剪力墙边缘构件体积配箍率	739		最小宽度 b	780
附录 A	梁内选用钢筋组合	777			

第一章 材料及基本规定

第一节 材 料 强 度

一、混凝土强度标准值、设计值、弹性模量及疲劳变形模量

混凝土强度标准值、设计值、弹性模量及疲劳变形模量按表 1-1-1 的规定采用。

混凝土强度标准值、设计值 (N/mm²) 及
弹性模量、疲劳变形模量 (×10⁴ N/mm²) 表 1-1-1

强度与 模量种类	符 号	混凝土强度等级													
		C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
强度 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	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	3.11
强度 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	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	2.22
弹性模量		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	3.80
疲劳变形 模量		E_c^t	—	—	—	1.3	1.4	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85

注：1. 当有可靠试验依据时，弹性模量值也可根据实测数据确定；
2. 当混凝土中掺有大量掺合料时，弹性模量可按规定龄期根据实测值确定。

二、普通钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量

普通钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量按表 1-1-2 采用。

普通钢筋的强度标准值、设计值 (N/mm²)
及弹性模量 (×10⁵ N/mm²)

表 1-1-2

牌 号	符 号	公称直径 d (mm)	强度设计值		屈服强度	极限强度	弹性模量 E_s
			抗拉 f_y	抗压 f'_y	标准值 f_{yk}	标准值 f_{stk}	
HPB300	Φ	6~22	270	270	300	420	2.10
HRB335	Φ	6~50	300	300	335	455	2.00
HRBF335	Φ ^F						
HRB400	Φ	6~50	360	360	400	540	2.05
HRBF400	Φ ^F						
RRB400	Φ ^R						
HRB500	Φ	6~50	435	410	500	630	1.95
HRBF500	Φ ^F						

注：1. 横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表中 f_y 的数值采用；但用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时，其数值大于 360N/mm² 时应取 360N/mm²；
2. 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。

三、预应力钢筋的强度标准值、设计值

预应力钢筋的强度标准值按表 1-1-3 采用。

预应力钢筋的强度设计值按表 1-1-4 采用。

预应力钢筋强度标准值 (N/mm²) 表 1-1-3

种 类		符 号	公称直径 d (mm)	屈服强度 标准值 f_{pyk}	极限强度 标准值 f_{ptk}
中强度预应力 钢丝	光面	ϕ^{PM}	5、7、9	620	800
	螺旋肋	ϕ^{HM}		780	970
				980	1270
预应力螺纹 钢筋	螺纹	ϕ^T	18、25、	785	980
			32、40、	930	1080
			50	1080	1230

续表 1-1-3

种 类		符 号	公称直径 d (mm)	屈服强度 标准值 f_{pyk}	极限强度 标准值 f_{ptk}	
消除应力钢丝	光面	ϕ^P	5	—	1570	
				—	1860	
	螺旋肋	ϕ^H	7	—	1570	
			9	—	1470	
				—	1570	
钢绞线	1×3 (三股)	ϕ^S	8.6、10.8、 12.9	—	1570	
				—	1860	
				—	1960	
	1×7 (七股)		9.5、12.7、 15.2、17.8	—	1720	
				—	1860	
				—	1960	
				21.6	—	1860

注：极限强度标准值为 1960N/mm² 级的钢绞线作后张预应力配筋时，应有可靠的工程经验。

预应力钢筋强度设计值 (N/mm²)

及弹性模量 (×10⁵ N/mm²)

表 1-1-4

种 类	f_{ptk}	抗拉强度设计值 f_{py}	抗压强度设计值 f'_{py}	弹性模量 E_s
中强度预应力 钢丝	800	510	410	2.05
	970	650		
	1270	810		
消除应力钢丝	1470	1040	410	
	1570	1110		
	1860	1320		

续表 1-1-4

种 类	f_{ptk}	抗拉强度设计值 f_{py}	抗压强度设计值 f'_{py}	弹性模量 E_s
钢绞线	1570	1110	390	1.95
	1720	1220		
	1860	1320		
	1960	1390		
预应力螺纹钢筋	980	650	410	2.00
	1080	770		
	1230	900		

注：当预应力钢绞线、钢丝的强度标准值不符合表 1-1-4 规定时，其强度设计值应进行相应的比例换算。

四、冷轧带肋钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量

冷轧带肋钢筋的强度标准值、设计值及弹性模量按表 1-1-5 采用。

冷轧带肋钢筋的强度标准值、设计值 (N/mm²) 及

弹性模量 (×10⁵ N/mm²)

表 1-1-5

钢筋种类	符号	强度设计值		强度标准值	弹性模量
		抗拉 f_y	抗压 f'_y	f_{stk}	E_s
CRB550 ($d=5\sim12$)	ϕ^R	360	360	550	1.9
CRB650 ($d=5、6$)	ϕ^R	430	380	650	
CRB800 ($d=5$)	ϕ^R	530	380	800	

- 注：1. 成盘供应的 550 级冷轧带肋钢筋经机械调直后，抗拉强度设计值应降低 20N/mm²，但抗压强度设计值应不大于相应的抗拉强度设计值；
2. 冷轧带肋钢筋在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值应按 310N/mm² 取用。

五、混凝土疲劳强度设计值

混凝土疲劳强度设计值 (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。混凝土受压或受拉疲劳强度修正系数 γ_p 应根据受压或受拉疲劳应力比值 ρ_c^f 分别按表 1-1-6-1、1-1-6-2 采用；当混凝土承受拉—压疲劳应力作用时，疲劳强度修正系数 γ_p 取 0.60。

混凝土的受压疲劳强度修正系数 γ_p 表 1-1-6-1

ρ_c^f	$0 \leq \rho_c^f < 0.1$	$0.1 \leq \rho_c^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho_c^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho_c^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho_c^f < 0.5$	$\rho_c^f \geq 0.5$
γ_p	0.68	0.74	0.80	0.86	0.93	1.00

混凝土的受拉疲劳强度修正系数 γ_p 表 1-1-6-2

ρ_c^f	$0 < \rho_c^f < 0.1$	$0.1 \leq \rho_c^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho_c^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho_c^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho_c^f < 0.5$
γ_p	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74
ρ_c^f	$0.5 \leq \rho_c^f < 0.6$	$0.6 \leq \rho_c^f < 0.7$	$0.7 \leq \rho_c^f < 0.8$	$\rho_c^f \geq 0.8$	—
γ_p	0.76	0.80	0.90	1.00	—

注：直接承受疲劳荷载的混凝土构件，当采用蒸汽养护时，养护温度不宜高于 60℃。

混凝土疲劳应力比值 ρ_c^f 应按式计算

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

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。

六、普通钢筋、预应力钢筋的疲劳应力幅限值

普通钢筋的疲劳应力幅限值 Δf_y^f 应按表 1-1-7 线性内插取值。

预应力钢筋的疲劳应力幅限值 Δf_{py}^f 应按表 1-1-8 线性内插取值。

普通钢筋疲劳应力比值 ρ_s^f 应按式计算：

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

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及最大应力。

预应力钢筋疲劳应力比值 ρ_p^f 应按式计算：

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

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及最大应力。

普通钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm²) 表 1-1-7

疲劳应力比值 ρ_s^f	疲劳应力幅限值 Δf_y^f	
	HRB335 钢筋	HRB400 钢筋
0	175	175
0.1	162	162
0.2	154	156
0.3	144	149
0.4	131	137
0.5	115	123
0.6	97	106
0.7	77	85
0.8	54	60
0.9	28	31

注：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。

预应力钢筋疲劳应力幅限值 (N/mm²) 表 1-1-8

疲劳应力比值 ρ_p^f	疲劳应力幅限值 Δf_y^f	
	钢绞线 $f_{ptk}=1570$	消除应力钢丝 $f_{ptk}=1570$
0.7	144	240
0.8	118	168
0.9	70	88

注：1. 当 ρ_p^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。

第二节 计算和构造

一、建筑结构的等级及重要性系数

建筑结构的等级及重要性系数 γ_0 按表 1-2-1 采用。

建筑结构的安全等级及重要性系数 γ_0 表 1-2-1

安全等级	破坏后果	建筑物类型	γ_0
一级	很严重	重要的房屋	≥ 1.1
二级	严重	一般的房屋	≥ 1.0
三级	不严重	次要的房屋	≥ 0.9

构件设计使用年限及重要性系数 γ_0 按表 1-2-2 采用。

构件设计使用年限及重要性系数 γ_0 表 1-2-2

类别	设计使用年限	示 例	γ_0
1	1~5 年	临时性结构	≥ 0.9
2	25 年	易于替换的结构构件	
3	50 年	普通房屋和构筑物	≥ 1.0
4	100 年及以上	纪念性建筑或特别重要的建筑结构	≥ 1.1

注：对于设计使用年限为 25 年的结构构件，各种材料结构设计规范可根据各自情况确定结构重要性系数 γ_0 的取值。

荷载分项系数和荷载组合值系数按表 1-2-3 采用。

荷载分项系数和荷载组合值系数 表 1-2-3

荷载类型	组 合 情 况		荷载分项系数
永久荷载 (恒荷载)	当其效应对结构不利时	对由可变荷载效应控制的组合	1.2
		对由永久荷载效应控制的组合	1.35
	当其效应对结构有利时	一般情况下	1.0
		对结构的倾覆、滑移或漂浮验算	0.9
可变荷载 (活荷载)	一般情况下		1.4
	标准值大于 4kN/m^2 的工业房屋楼面结构		1.3

二、施工和检修荷载及栏杆水平荷载

施工和检修荷载及栏杆水平荷载按表 1-2-4 采用。

施工和检修荷载及栏杆水平荷载 表 1-2-4

计算的构件		荷 载	注：①当设计表中所列的构件时，应按施工或检修荷载出现在最不利位置时进行验算； ②当计算挑檐、雨篷承载力时，应沿板宽每隔 1.0m 取一个集中荷载；在验算抗倾覆时，应沿板宽每隔 2.5~3.0m 取一个集中荷载； ③对于轻型构件或较宽构件，当施工荷载超过上述荷载时，应按实际情况验算，或采用加垫板、支撑等临时设施承受； ④当采用荷载准永久组合时，可不考虑施工和检修荷载及栏杆水平荷载。
屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、钢筋混凝土雨篷、预制小梁		1.0kN (集中荷载)	
楼梯、看台、阳台、上人屋面等的栏杆顶部	住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院、托儿所、幼儿园	0.5kN/m (水平均布荷载)	
	学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆、体育馆或体育场	1.0kN/m (水平均布荷载)	

动力系数：

1. 结构的动力计算，在有充分设计依据时，可将设备或重物的自重乘以动力系数后按静力计算设计。

2. 搬运和装卸重物以及车辆启动和刹车的动力系数，可采用 1.1~1.3；其动力作用只传至楼板和梁。

三、混凝土结构的环境类别

混凝土结构的环境类别按表 1-2-5 采用。

混凝土结构的环境类别 表 1-2-5

环境类别	条 件
—	室内干燥环境； 无侵蚀性静水浸没环境
二 a	室内潮湿环境； 非严寒和非寒冷地区的露天环境； 非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或者土壤直接接触的环境； 严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境

续表 1-2-5

环境类别	条 件
二 b	干湿交替的环境; 水位频繁变动环境; 严寒和寒冷地区的露天环境; 严寒与寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三 a	严寒及寒冷地区冬季的水位变动区环境; 受除冰盐影响环境; 海风环境
三 b	盐渍土环境; 受除冰盐作用环境; 海岸环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注: 1. 室内潮湿环境是指构件表面经常处于结露或湿润状态的环境;

2. 严寒和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》GB 50176 的有关规定;
3. 海岸环境和海风环境宜根据当地情况, 考虑主导风向及结构所处迎风、背风部位等因素的影响, 由调查研究和工程经验确定;
4. 受除冰盐影响环境为受到除冰盐盐雾影响的环境; 受除冰盐作用环境指被除冰盐溶液溅射的环境以及使用除冰盐地区的洗车房、停车楼等建筑。
5. 暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

四、混凝土结构耐久性

混凝土结构耐久性应根据表 1-2-5 的环境类别和表 1-2-2 的设计使用年限进行设计。一类、二类和三类环境中, 设计使用年限为 50 年的结构混凝土应符合表 1-2-6 的规定。

设计使用年限为 50 年的结构混凝土材料耐久性的基本要求 表 1-2-6

环境类别	最大水胶比	最低强度等级	最大氯离子含量	最大碱含量 (kg/m ³)
一	0.60	C20	0.30%	不限制
二 a	0.55	C25	0.20%	3.0
二 b	0.50 (0.55)	C30 (C25)	0.15%	
三 a	0.45 (0.50)	C35 (C30)	0.15%	
三 b	0.40	C40	0.10%	

注: 1. 氯离子含量系指其占胶凝材料总量的百分比;

2. 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%; 最低混凝土强度等级宜按表中的规定提高两个等级;
3. 素混凝土的水胶比及最低强度等级的要求可适当放松;
4. 有可靠工程经验时, 二类环境中的最低混凝土强度等级可降低一个等级;
5. 处于严寒和寒冷地区二 b、三 a 类环境中的混凝土应使用引气剂, 并可采用括号中的有关参数;
6. 当使用非碱活性骨料时, 对混凝土中的碱含量可不作限制。

对于设计使用年限为 100 年且处于一类环境中的混凝土结构应符合下列规定:

1. 钢筋混凝土结构的最低强度等级为 C30; 预应力混凝土结构的最低强度等级为 C40;
2. 混凝土中最大氯离子含量为 0.06%;
3. 宜使用非碱活性骨料; 当使用碱活性骨料时, 混凝土中的最大碱含量为 3.0kg/m³;
4. 混凝土保护层厚度按表 1-2-15 增加 40%; 当采取有效的表面防护措施时, 混凝土保护层厚度可适当减小。

对于使用年限为 100 年的且处于二类和三类环境中的混凝土结构应采取专门有效的措施。

五、结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值

结构构件应根据环境类别和结构类别按表 1-2-7 选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值。

结构构件的裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值 (mm) 表 1-2-7

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	ω_{lim}	裂缝控制等级	ω_{lim}
—	三级	0.3 (0.4)	三级	0.2
二 a				0.1
二 b			二级	—
三 a、三 b			一级	—

- 注：1. 对于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；
2. 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应取为 0.2mm；对于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；
3. 在一类环境条件下，对于预应力混凝土屋架、托架和双向板体系，应按二级裂缝控制等级进行验算；对一类环境下的预应力混凝土屋面梁、托梁、单向板，按表中二 a 级环境的要求进行验算；在一类和二类环境条件下需作疲劳验算的预应力混凝土吊车梁，应按裂缝控制等级不低于二级的构件进行验算；
4. 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裂缝控制验算应符合规范的相关要求；
5. 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；
6. 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；
7. 表中的最大裂缝宽度限值为用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

六、受弯构件的挠度限值和钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率

受弯构件的挠度限值按表 1-2-8 采用。

受弯构件的挠度限值 表 1-2-8

构件类型	挠度限值(以计算跨度 l_0 计算)
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 $l_0 < 7m$ 时 当 $7m \leq l_0 \leq 9m$ 时 当 $l_0 > 9m$ 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；计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 是实际悬臂长度的 2 倍取用；
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；预应力混凝土构件，尚可减去预加应力所产生的反拱值；
4. 构件制作时的起拱值和预加力所产生的反拱值，不宜超过构件在相应荷载组合作用下的计算挠度值；

钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率按表 1-2-9 采用。

混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率 ρ_{min} (%) 表 1-2-9

受力类型		最小配筋百分率
受压构件	全部纵向钢筋	强度等级 500N/mm ²
		强度等级 400N/mm ²
		强度等级 300N/mm ² 、335N/mm ²
	一侧纵向钢筋	
受弯构件、偏心受拉、轴心受压构件一侧的受拉钢筋		0.20 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值

- 注：1. 受压构件的全部纵向钢筋最小配筋百分率，当采用 C60 及以上强度等级的混凝土时，应按表中规定增加 0.10；
2. 板类受弯构件（不包括悬臂板）的受拉钢筋，当采用强度等级 400N/mm²、500 N/mm² 的钢筋时，其最小配筋百分率应允许采用 0.15 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值；
3. 偏心受拉构件中的受压钢筋，应按受压构件一侧纵向钢筋考虑；
4. 受压构件的全部纵向钢筋和一侧纵向钢筋的配筋率以及轴心受拉构件和小偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率均应按构件的全截面面积计算；
5. 受弯构件、大偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率应按全截面面积扣除受压翼缘面积 ($b'_t - b$) h'_t 的截面面积计算；
6. 当钢筋沿构件截面周边布置时，“一侧的纵向钢筋”系指沿受力方向两个对边中的一边布置的纵向钢筋。

深梁中钢筋的最小配筋率按表 1-2-10 采用。

深梁中钢筋的最小配筋率 (%) 表 1-2-10

钢筋种类	纵向受拉钢筋	水平分布钢筋	竖向分布钢筋
	ρ	ρ_{sh}	ρ_{sv}
HPB235、HPB300	0.25	0.25	0.20
HRB400、HRBF400、RRB400、HRB335、HRBF335	0.20	0.20	0.15
HRB500、HRBF500	0.15	0.15	0.10

注：1. 当集中荷载作用于连续深梁上部 1/4 高度范围内且 l_0/h 大于 1.5 时，竖向分布钢筋最小配筋百分率应增加 0.05；
2. 表中 $\rho = A_s/bh$ ， $\rho_{sh} = A_{sh}/bS_v$ ， $\rho_{sv} = A_{sv}/bS_h$ 。

对于各种混凝土强度等级的受压构件全部纵向钢筋的最小配筋百分率按表 1-2-11 采用；

受压构件全部纵向钢筋的最小配筋百分率 ρ_{min} (%) 表 1-2-11

钢筋种类	混凝土强度等级															
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80		
HPB235	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6									
HPB300		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6									
HRB335、HRBF335		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
HRB400、HRBF400、RRB400		0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65		
HRB500、HRBF500		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		

对于各种混凝土强度等级的受弯构件纵向受力钢筋的最小配筋百分率按表 1-2-12 采用。

受弯构件纵向受力钢筋的最小配筋百分率 ρ_{min} (%) 表 1-2-12

钢筋种类	混凝土强度等级							
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
HPB235	0.20	0.24	0.27	0.31	0.34	0.37	0.39	—
HPB300	—	0.20	0.21	0.24	0.26	0.29	0.30	—
HRB335、HRBF335	—	0.20	0.20	0.21	0.24	0.26	0.27	0.28
HRB400、HRBF400、RRB400	—	0.20 (0.15)	0.20 (0.16)	0.20 (0.18)	0.20	0.21	0.23	0.24
HRB500、HRBF500	—	0.20 (0.15)	0.20 (0.15)	0.20 (0.15)	0.20 (0.16)	0.20 (0.18)	0.20 (0.19)	0.20

注：括号内的数值适用于板类受弯构件（不包括悬臂板）。

七、受弯构件受压区有效翼缘计算宽度

受弯构件受压区有效翼缘计算宽度按表 1-2-13 所列情况中最小值采用。

受弯构件受压区有效翼缘计算宽度 b'_f 表 1-2-13

情况	T 形、I 形截面		倒 L 形截面	符号规定
	肋形梁 (板)	独立梁	肋形梁 (板)	
1 按计算跨度 l_0 考虑	$l_0/3$	$l_0/3$	$l_0/6$	
2 按梁（肋）净距 S_n 考虑	$b+s_n$	—	$b+s_n/2$	
3 按翼缘高度 h'_f 考虑	$b+12h'_f$	b	$b+5h'_f$	

注：1. 表中 b 为梁的腹板宽度；
2. 如肋形梁跨内设有间距小于纵肋间距的横肋时，则可不遵守表中第 3 种情况的规定；
3. 加腋的 T 形、I 形和倒 L 形截面，当受压区加腋的高度 $h_h \geq h'_f$ ，且加腋的宽度 $b_h \leq 3b$ 时，则其翼缘计算宽度可按表中第 3 种情况的规定分别增加 $2b_h$ （T 形截面）和 b_h （倒 L 形截面）；
4. 独立梁受压区的翼缘板面在荷载作用下，经验算沿纵肋方向可能产生裂缝时，则计算宽度应取用腹板宽度 b 。

八、钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距

钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距按表 1-2-14 采用。

钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距 (m) 表 1-2-14

结构类别		室内或土中	露天
排架结构	装配式	100	70
框架结构	装配式	75	50
	现浇式	55	35
剪力墙结构	装配式	65	40
	现浇式	45	30
挡土墙、地下室 墙壁等类结构	装配式	40	30
	现浇式	30	20

- 注：1. 装配整体式结构房屋的伸缩缝间距，可根据结构的具体情况取表中装配式结构与现浇式结构之间的数值；
2. 框架—剪力墙结构或框架—核心筒结构房屋的伸缩缝间距，可根据结构的具体情况取表中框架结构与剪力墙结构之间的数值；
3. 当屋面无保温或隔热措施时，对框架、剪力墙结构的伸缩缝间距宜按表中露天栏的数值取用；
4. 现浇挑檐、雨罩等外露结构的局部伸缩缝间距不宜大于 12m；
5. 排架结构的柱高（从基础顶面算起）低于 8m 时，宜适当减小伸缩缝间距；
6. 屋内无保温、隔热措施的排架结构，宜适当减小伸缩缝间距；
7. 位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构或经常处于高温作用下的结构，宜按照使用经验适当减小伸缩缝间距；
8. 采用滑模类工艺施工的各类墙体结构，宜适当减小伸缩缝间距；
9. 混凝土材料收缩较大，施工期外露时间较长的结构，宜适当减小伸缩缝间距；
10. 采取减小混凝土收缩与温度变化的措施，可适当增大伸缩缝间距；
11. 采用专门的预加应力或增配构造钢筋的措施，可适当增大伸缩缝间距；
12. 采用低收缩混凝土材料，采取分仓浇筑、后浇带、控制缝等施工方法，并加强养护，可适当增大伸缩缝最大间距。

九、混凝土保护层厚度

设计年限为 50 年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层最小厚度应按表 1-2-15 采用，且不应小于钢筋的公称直径。

混凝土保护层最小厚度 (mm) 表 1-2-15

环境等级	板墙壳	梁柱
一	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

- 注：1. 混凝土强度等级大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5cm；
2. 钢筋混凝土基础宜采用设置混凝土垫层，其受力钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm；
3. 当构件表面有可靠的防护层时，可适当减小混凝土保护层厚度；
4. 采用工厂化生产的预制构件，可适当减小混凝土保护层厚度；
5. 在混凝土中掺加阻锈剂或采用阴极保护处理等防锈措施，可适当减小混凝土保护层厚度；
6. 当对地下室墙体采用可靠的建筑防水做法与防护措施时，与土壤接触一侧钢筋的保护层厚度可适当减少，但不应小于 25mm；
7. 当梁、柱、墙中纵向受力钢筋的保护层厚度大于 50mm 时，宜对保护层采用有效的构造措施。当在保护层内配置防裂、防剥落的焊接钢筋网片，网片钢筋的保护层厚度不应小于 25mm。

十、混凝土结构中纵向受拉钢筋的锚固长度计算

当计算中充分利用钢筋的强度时，混凝土结构中纵向受拉钢筋的基本锚固长度应按式计算：

普通钢筋
$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \tag{1-2-1}$$

式中 l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

f_y ——锚固钢筋的抗拉强度设计值；

f_t ——锚固区混凝土轴心抗拉强度设计值；当混凝土强度等级高于 C60 时，按 C60 取值；

d ——锚固钢筋的直径；

α ——锚固钢筋的外形系数，按表 1-2-16 采用。

锚固钢筋的外形系数 α

表 1-2-16

钢筋类型	光圆钢筋	带肋钢筋	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	七股钢绞线
外形系数 α	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17

注：光圆钢筋末端应做 180°弯钩，弯后平直段长度不应小于 3d，但作受压钢筋时可不作弯钩。

混凝土结构中纵向受拉钢筋的基本锚固长度按表 1-2-17 采用。

混凝土结构中纵向受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab}

表 1-2-17

钢筋种类	混凝土强度等级								
	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
HPB235	31d	26d	23d	21d	20d	19d	18d	17d	16d
HPB300	39d	34d	30d	28d	25d	24d	23d	22d	21d
HRB335、HRBF335	38d	33d	29d	27d	25d	23d	22d	21d	21d
HRB400、HRBF400、RRB400	46d	40d	35d	32d	29d	28d	27d	26d	25d
HRB500、HRBF500	55d	48d	43d	39d	36d	34d	32d	31d	30d

受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按下列公式计算，且不应小于 200mm：

$$l_a = \zeta_a l_{ab}$$

式中： l_a ——受拉钢筋的锚固长度；

ζ_a ——锚固长度修正系数，按以下规定取用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6；

① 当带肋钢筋公称直径大于 25mm 时取 1.10；

② 环氧树脂涂层带肋钢筋取 1.25；

③ 施工过程中易受扰动的钢筋取 1.10；

④ 当纵向受力钢筋的实际配筋面积大于其设计计算面积时，修正系数取设计计算面积与实际配筋面积的比值，但对有抗震设防要求及直接承受动力荷载的结构构件，不应考虑此项修正；

⑤ 锚固区保护层厚度为 3d 时修正系数可取 0.80，保护层厚度为 5d 时修正系数可取 0.70，中间按内插取值，此处 d 为锚固钢筋的直径；

⑥ 当纵向受拉普通钢筋末端采用钢筋弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度（投影长度）可取为基本锚固长度 l_{ab} 的 0.6 倍。

十一、同一构件中相邻纵向钢筋的绑扎搭接接头

同一构件中相邻钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。钢筋绑扎搭接接头连接区段为 1.3 倍搭接长度，见图 1-2-1。

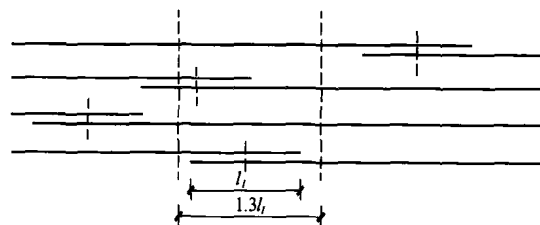


图 1-2-1 同一连接区段内纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头

注：图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根，当钢筋直径相同时，钢筋搭接接头面积百分率为 50%。

纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度应根据位于同一连接区段内的搭接钢筋面积百分率按下式计算，且不应小于 300mm。

$$l_t = \zeta_l l_a$$

式中 l_l ——纵向受拉钢筋的搭接长度；
 ζ_l ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数，按表 1-2-18 采用，当纵向搭接钢筋接头面积百分率为表的中间值时，修正系数可按内插取值。
 受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ_l 按表 1-2-18 采用。

受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ_l 表 1-2-18			
同一连接区段内搭接钢筋面积百分率 (%)	≤25	50	100
搭接长度修正系数 ζ_l	1.2	1.4	1.6

注：同一连接区段内搭接钢筋面积百分率取为在同一连接区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面面积之比。

当机械连接接头位于不大于 $35d$ 的范围内时，应视为处于同一连接区段内。

当钢筋的焊接接头位于不大于 $35d$ 且不大于 500mm 的长度以内时，应视为位于同一连接区段内。

连接区段内受力钢筋接头面积的允许百分率见表 1-2-19。

连接区段内受力钢筋接头面积的允许百分率 表 1-2-19			
接头型式	接头面积允许百分率 (%)		
	受拉区		受压区
绑扎搭接接头	梁、板、墙	柱	宜≤50
	宜≤25	宜≤50	
焊接接头	应≤50		不限制
机械连接接头	宜≤50		不限制

- 注：1. 受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处；在同一根钢筋上宜少设接头；
2. 轴心受拉及小偏心受拉杆件（如桁架和拱的拉杆）的受力钢筋不得采用绑扎搭接；
3. 当受拉钢筋直大于 25mm 及受压钢筋的直径大于 28mm 时，不宜采用绑扎搭接，当受压钢筋直径大于 25mm 时，尚应在搭接接头两个端面外 100mm 的范围内各设置两道箍筋；
4. 当工程中确有必要增大受拉搭接钢筋面积百分率时，对梁类构件，不宜大于 50% ；对板、墙、柱及预制构件的拼接处，可根据实际情况适当放宽；
5. 构件中的纵向受压构件当采用搭接连接时，其受压搭接长度不应小于纵向受拉钢筋搭接长度的 70% ，且不应小于 200mm ；
6. 需要进行疲劳验算的构件，其纵向受拉钢筋不得采用绑扎搭接接头，也不宜采用焊接接头，除端部锚固外不得在钢筋上焊有附件。

第二章 受弯构件承载力计算

第一节 矩形和 T 形截面受弯构件承载力计算 (A_0 — ξ 表)

一、适用条件

1. 混凝土强度等级: C20, C25, C30, C35, C40, 即 $\alpha_1 = 1.0$;
2. 普通钢筋: HPB235, HPB300, HRB335, HRBF335, HRB400, HRBF400, RRB400, HRB500, HRBF500;
3. 对 T 形截面其受压区高度不应大于其受压翼缘高度;
4. A_0 — ξ 表不包括构件的正常使用极限状态验算。

二、使用说明

1. 制表公式

$$A_0 = \frac{M}{bh_0^2 f_c} \quad (2-1-1)$$

$$A_s = \xi b h_0 f_c / f_y \quad (2-1-2)$$

$$x = \xi h_0 \quad (2-1-3)$$

式中 M ——弯矩设计值;

b ——矩形截面宽度或 T 形截面受压翼缘宽度;

h_0 ——截面有效高度;

x ——受压区高度, 对 T 形截面 $x \leq h'_f$;

h'_f ——T 形截面受压翼缘高度。

2. 注意事项

- 1) 按式 (2-1-2) 计算的 A_s 值应满足

$$A_s \geq \rho_{\min} b h \quad (2-1-4)$$

式中 $\rho_{\min}$ ——最小配筋率, 按表 1-2-12 取用,

b ——矩形截面宽度, 对 T 形截面为肋宽。

当 A_s 不满足式 (2-1-4) 时取 $A_s = \rho_{\min} b h$ 。

- 2) 查表 2-1-2 时应满足:

$$\xi \leq \xi_b \quad (2-1-5)$$

或

$$A_0 \leq A_{0\max} \quad (2-1-6)$$

当不满足式 (2-1-5) 或式 (2-1-6) 时, 应修改截面尺寸。

对 HPB235、HPB300、HRB335、HRBF335、HRB400、HRBF400、RRB400、HRB500、HRBF500 钢筋, ξ_b 、 $A_{0\max}$ 值见表 2-1-1。

ξ_b 、 $A_{0\max}$ 值 表 2-1-1

钢筋种类	HPB235	HPB300	HRB335、 HRBF335	HRB400、HRBF400、 RRB400	HRB500、 HRBF500
ξ_b	0.614	0.576	0.550	0.518	0.482
$A_{0\max}$	0.426	0.410	0.399	0.384	0.366

三、应用举例

【例 2-1-1】已知矩形截面梁: $b=200\text{mm}$, $h=450\text{mm}$, 混凝土强度等级 C20, HRB335 钢筋, 弯矩设计值 $M=77.46\text{kN} \cdot \text{m}$, 求钢筋面积。

注: 本章所有例题中, 当未特殊说明时, 其使用环境类别均为一类。

$$\text{【解】 } A_0 = \frac{M}{bh_0^2 f_c} = \frac{77.46 \times 10^6}{200 \times (450 - 43)^2 \times 9.6} = 0.244$$

$$< A_{0\max} = 0.399 \quad (\text{可})$$

查表 2-1-2 可得 $\xi=0.284$

$$A_s = \xi b h_0 f_c / f_y = 0.284 \times 200 \times (450 - 43) \times 9.6 / 300 = 740\text{mm}^2$$

用一排钢筋可。