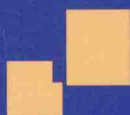


GANGJIN GONGCHENG
SHOUGONG SUANLIANG
YU SHILI JIEXI



钢筋工程

手工算量与实例解析

张军 主编



化学工业出版社

钢筋工程

手工算量与实例解析

张军 主编

GANGJIN GONGCHENG
SHOUGONG SUANLIANG
YU SHILI JIEXI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书依据现行规范、标准和制图规则进行编写,结合工程实际应用,全面介绍了钢筋工程量计算的相关知识,并列举了相关实例,内容丰富、实用性强。本书主要内容包括:钢筋工程量计算概述、基础钢筋工程量计算、柱钢筋工程量计算、剪力墙钢筋工程量计算、梁钢筋工程量计算、板钢筋工程量计算、楼梯钢筋工程量计算。

本书可供工程设计人员、施工技术人员、工程造价人员阅读使用,也可供其他对平法钢筋技术有兴趣的人士学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋工程手工算量与实例解析/张军主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-122-19872-3

I. ①钢… II. ①张… III. ①配筋工程-工程计算
IV. ①TU755. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 035048 号

责任编辑:彭明兰 李 健
责任校对:宋 夏

装帧设计:韩 飞



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京市振南印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张16 字数418千字 2014年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究



在工程造价中，钢筋工程计算内容多、数量大、造价高，其工程量计算准确程度对工程总造价影响较大。因此，钢筋工程量的计算是造价人员在算量工作中的重点与难点，它所耗用的工时及占工程造价的比重举足轻重。

尽管当前钢筋工程中大多采用软件算量，但是软件算量是建立在较强的识图能力和熟练掌握手工算量基本方法的基础之上，否则就很难保证计算结果的完整性与准确性。所以说，钢筋工程手工算量是软件算量、核对工程量的基本前提。鉴于此，我们组织相关人员编写了本书。

本书结合《房屋建筑与装饰工程工程量计算规范》(GB 50854—2013)和最新版平法图集《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)》(11G101—1)、《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(现浇混凝土板式楼梯)》(11G101—2)、《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(独立基础、条形基础、筏形基础及桩基础)》(11G101—3)等进行编写，内容包括基础钢筋工程量计算、柱钢筋工程量计算、剪力墙钢筋工程量计算、梁钢筋工程量计算、板钢筋工程量计算、楼梯钢筋工程量计算等内容。本书以钢筋通用构造、钢筋工程量计算规则为基础，分别针对不同结构构件，介绍了构件钢筋的平法标注与构造做法，给出了各类构件钢筋工程量计算的基本方法与计算公式，并附以计算实例进行讲解说明。

本书由张军主编，张超、李晓丹、李云艳、李慧婷、王静、王慧、白天辉、罗利华、姜媛、张健、刘琳琳、刘倩菲、白雅君共同参与编写完成。

由于编者水平有限，尽管尽心尽力编写，但内容难免有疏漏、不妥之处，敬请广大专家、学者批评指正。

编 者
2014. 1

1	1 钢筋工程量计算概述	1
1.1	常用钢筋的分类	1
1.1.1	热轧钢筋	1
1.1.2	冷加工钢筋	2
1.1.3	预应力钢绞线及钢丝	4
1.2	钢筋通用构造与计算	5
1.2.1	混凝土结构的环境类别	5
1.2.2	受力钢筋的混凝土保护层厚度	6
1.2.3	钢筋的锚固	7
1.2.4	钢筋的连接	10
1.2.5	钢筋弯曲调整值与下料长度计算	13
1.2.6	钢筋代换	15
1.2.7	箍筋及拉筋弯钩构造	16
1.2.8	钢筋长度计算	16
1.2.9	钢筋根数计算	20
1.2.10	施工措施用钢筋计算	21
1.3	钢筋工程工程量计算规则与应用	22
1.3.1	钢筋工程定额工程量计算	22
1.3.2	钢筋工程清单项目工程量计算	26
1.3.3	钢筋工程工程量计算实例	28
2	2 基础钢筋工程量计算	35
2.1	独立基础	35
2.1.1	独立基础概述	35
2.1.2	独立基础平法标注	36
2.1.3	独立基础钢筋构造	41
2.1.4	独立基础钢筋工程量计算与实例	48
2.2	条形基础	52
2.2.1	条形基础概述	52
2.2.2	条形基础平法标注	52
2.2.3	条形基础钢筋构造	56
2.2.4	条形基础钢筋工程量计算与实例	65

2.3	筏形基础	69
2.3.1	筏形基础的类型	69
2.3.2	筏形基础平法标注	70
2.3.3	筏形基础钢筋构造	74
⇒	3 柱钢筋工程量计算	84
3.1	框架柱钢筋构造	84
3.1.1	框架柱的平法标注	84
3.1.2	框架柱钢筋的构造	87
3.2	柱钢筋工程量计算	94
3.2.1	抗震框架柱纵筋工程量计算	94
3.2.2	抗震框架柱变截面纵筋工程量计算	100
3.2.3	抗震剪力墙上柱、梁上柱纵向钢筋长度计算	103
3.2.4	框架柱箍筋工程量计算	103
3.3	柱钢筋工程量计算实例	109
⇒	4 剪力墙钢筋工程量计算	127
4.1	剪力墙钢筋构造	127
4.1.1	剪力墙平法标注	127
4.1.2	剪力墙钢筋的构造	132
4.2	剪力墙钢筋工程量计算	147
4.2.1	剪力墙暗柱钢筋计算	147
4.2.2	剪力墙墙梁钢筋计算	151
4.2.3	剪力墙竖向钢筋计算	155
4.2.4	剪力墙水平钢筋计算	157
4.2.5	剪力墙拉筋计算	158
4.3	剪力墙钢筋工程量计算实例	159
⇒	5 梁钢筋工程量计算	170
5.1	框架梁钢筋构造	170
5.1.1	框架梁的平法标注	170
5.1.2	梁支座上部纵筋的长度的相关规定	175
5.1.3	不伸入支座的梁下部纵筋的长度的相关规定	175
5.1.4	框架梁钢筋的构造	176
5.2	梁钢筋工程量计算	186
5.2.1	楼层框架梁钢筋工程量计算	186
5.2.2	屋面框架梁钢筋工程量计算	189
5.2.3	框支梁钢筋工程量计算	191
5.2.4	非框架梁钢筋工程量计算	192
5.2.5	悬挑梁钢筋计算	193
5.2.6	圈梁钢筋计算	195

5.3	梁钢筋工程量计算实例	196
⇒	6 板钢筋工程量计算	206
6.1	楼板钢筋构造	206
6.1.1	有梁楼盖板的平法标注	206
6.1.2	无梁楼盖板的平法标注	208
6.1.3	楼板相关构造类型及直接引注	209
6.1.4	楼板钢筋的构造	214
6.2	板钢筋工程量计算	218
6.2.1	底筋计算	218
6.2.2	面筋计算	220
6.3	悬挑板钢筋计算	224
6.3.1	纯悬挑板钢筋计算	224
6.3.2	延伸悬挑板钢筋计算	224
6.4	板钢筋工程量计算实例	226
⇒	7 楼梯钢筋工程量计算	238
7.1	楼梯钢筋构造	238
7.1.1	现浇混凝土板式楼梯的类型	238
7.1.2	现浇混凝土板式楼梯的平法标注	238
7.1.3	钢筋混凝土板式楼梯钢筋的构造	241
7.2	楼梯钢筋工程量计算与实例	244
⇒	参考文献	247

1 钢筋工程量计算概述

1.1 常用钢筋的分类

钢筋混凝土结构用的普通钢筋分为热轧钢筋、冷加工钢筋、预应力钢筋三类，如图 1-1 所示。



图 1-1 钢筋分类图

1.1.1 热轧钢筋

热轧钢筋是低碳钢、普通低合金钢在高温状态下轧制而成。钢筋强度提高，其塑性降低。

(1) **热轧光圆钢筋** 热轧光圆钢筋表面形状为光圆形。钢筋的等级为 HPB300，公称直径为 6~22mm，屈服点强度为 300MPa，钢筋符号为 ϕ 。

(2) **热轧带肋钢筋** 热轧带肋钢筋表面形状为月牙形。钢筋的等级包括 HRB335、HRB400、HRB500、HRBF335、HRBF400、HRBF500，公称直径为 6~50mm，屈服点强度包括 335MPa、400MPa、500MPa。钢筋符号：HRB335 为 ϕ 、HRB400 为 Φ 、HRB500 为 Ψ 、HRBF335 为 ϕ^F 、HRBF400 为 Φ^F 、HRBF500 为 Ψ^F 。

(3) **余热处理钢筋** 余热处理钢筋是热轧带肋钢筋经热轧后立即穿水，进行表面控制冷却，然后利用芯部余热自身完成回火处理所得到的成品钢筋。

余热处理钢筋表面形状为月牙形。钢筋的等级为 RRB400，公称直径为 6~50mm，屈

服点强度为 400MPa。钢筋符号为 Φ^R 。

余热处理钢筋力学性能见表 1-1。

表 1-1 余热处理钢筋力学性能

表面形状	等级	公称直径 d/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	冷弯		符号
						弯曲角度	弯心直径 D/mm	
月牙(带肋)	RRB400	6~50	400	600	14	90°	3d	Φ^R
						90°	4d	

(4) 热轧钢筋力学性能 热轧钢筋力学性能见表 1-2。

表 1-2 热轧钢筋力学性能

表面形状	等级	公称直径 d/mm	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%	冷弯		符号
						弯曲角度	弯心直径 D/mm	
月牙 (带肋)	HPB300	6~22	300	420	25	180°	d	Φ
	HRB335						3d	Φ
	HRBF335	335	455	17	4d		Φ^F	
					5d		Φ^F	
	HRB400	6~50	400	540	16		4d	Φ
	HRBF400						5d	Φ^F
							6d	Φ^F
	HRB500						6d	Φ
HRBF500	7d					Φ^F		
	8d					Φ^F		
		500	630	15				

1.1.2 冷加工钢筋

冷加工钢筋包括冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔螺旋钢筋、冷拉钢筋和低碳冷拔丝等，冷拉钢筋和低碳冷拔丝已逐渐淘汰。

(1) 冷轧带肋钢筋 冷轧带肋钢筋是热轧圆盘条经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成三面或两面有肋的钢筋，如图 1-2 所示。

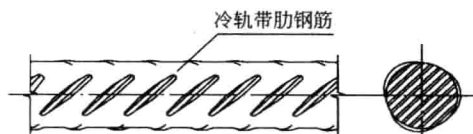


图 1-2 冷轧带肋钢筋示意图

冷轧带肋钢筋可分为四个牌号：CRB550、CRB650、CRB800 和 CRB970。其中，CRB550 为普通钢筋混凝土用钢筋，其他牌号为预应力混凝土用钢筋。

冷轧带肋钢筋的力学性能见表 1-3。

表 1-3 冷轧带肋钢筋力学性能

公称直径 d/mm	等级	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率不小于/%		冷弯		符号
				δ_{10}	δ_{100}	弯曲角度	弯心直径 D/mm	
4~12	CRB550	500	550	8.0	—	180°	3d	Φ^R
	CRB650	585	650	—	4.0		4d	
	CRB800	720	800	—	4.0		5d	
	CRB970	875	970	—	4.0		—	

(2) 冷轧扭钢筋 冷轧扭钢筋是用低碳钢钢筋（含碳量低于 0.25%）经过冷轧扭工艺制作，其表面呈现连续螺旋形。它具有较高的强度且有足够的塑性，与混凝土黏结性能优异，代替 HPB235 级钢筋可节约钢材约 30%。冷轧扭钢筋主要用低碳钢扁钢或低碳钢菱形钢经过冷轧扭工艺制作而成，如图 1-3 所示。

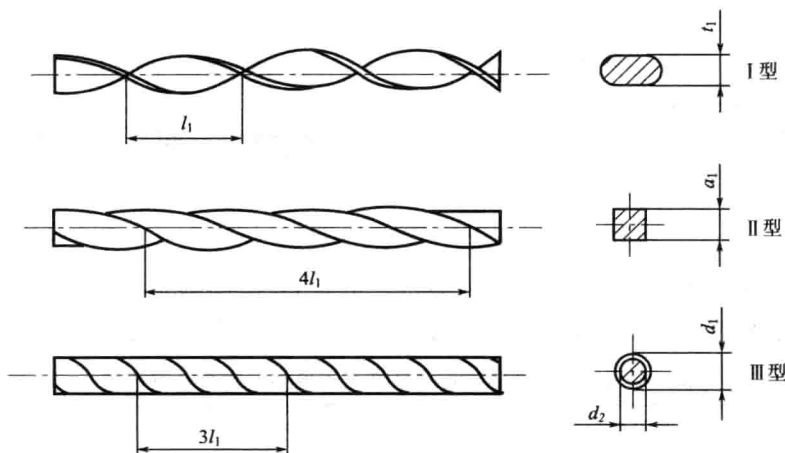


图 1-3 冷轧扭钢筋

l_1 —节距； t_1 —轧扁宽度； a_1 —正边形边长； d_1 —外圆直径； d_2 —内圆直径

冷轧扭钢筋一般用于现浇钢筋混凝土楼板，以及预制钢筋混凝土圆孔板、叠合板中的预制薄板等。冷轧扭钢筋的力学性能见表 1-4。

表 1-4 冷轧扭钢筋力学性能

公称直径 d/mm	抗拉强度/MPa	伸长率/%	冷弯		符号
	不小于		弯曲角度	弯心直径 D/mm	
6.5~14	580	4.5	180°	3d	ϕ'

(3) 冷拔螺旋钢筋 冷拔螺旋钢筋是热轧圆盘条经过冷拔后在表面形成连续螺旋槽的钢筋，如图 1-4 所示。冷拔螺旋钢筋具有握裹力强、塑性好、成本低等优点，可用于钢筋混凝土构件中的受力钢筋，节约钢材。冷拔螺旋钢筋的力学性能见表 1-5。

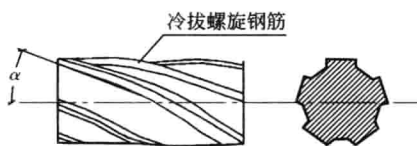


图 1-4 冷拔螺旋钢筋

α —螺旋角

表 1-5 冷拔螺旋钢筋力学性能

公称直径 d/mm	等级	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率不小于/%		冷弯		符号
				δ_{10}	δ_{100}	弯曲角度	弯心直径 D/mm	
4~12	LX550	≥ 500	≥ 550	8	—	180°	3d	ϕ
	LX650	≥ 520	≥ 650	—	4		4d	
	LX800	≥ 640	≥ 800	—	4		5d	

1.1.3 预应力钢绞线及钢丝

(1) **预应力钢绞线** 预应力钢绞线是由多根冷拉钢丝在绞线机上成螺旋形绞合，并经过消除应力回火处理而成。钢绞线的整根破断力大，柔性好，施工方便。预应力钢绞线有1×2钢绞线、1×3钢绞线、1×7钢绞线等，如图1-5所示。

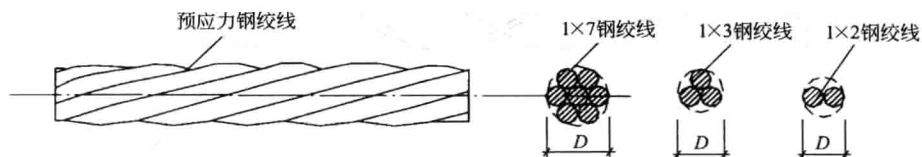


图 1-5 预应力钢绞线

符号为 Φ^s 。例如1×3 Φ^s 4(或1-3 Φ^s 4)表示：由4mm粗的钢丝3根绞合而成的钢绞线。图1-5中D为公称直径。钢绞线尺寸及允许偏差、每米参考质量见表1-6和表1-7。

表 1-6 1×3 结构钢绞线尺寸及允许偏差、每米参考质量

钢绞线结构	公称直径		钢绞线测量尺寸 A/mm	测量尺寸 A 允许偏差/mm	钢绞线参考截面积 S_n /mm ²	每米钢绞线参考质量/(g/m)
	钢绞线直径 D/mm	钢丝直径 d/mm				
1×3	6.20	2.90	5.41	+0.15	19.8	155
	6.50	3.00	5.60	-0.05	21.2	166
	8.60	4.00	7.46	+0.20 -0.10	37.7	296
	8.74	4.05	7.56		38.6	303
	10.80	5.00	9.33		58.9	462
	12.90	6.00	11.20		84.8	666
(1×3)I	8.74	4.05	7.56	38.6	303	

注：I——刻痕钢绞线。

表 1-7 1×7 结构钢绞线的尺寸及允许偏差、每米参考质量

钢绞线结构	钢绞线直径 D/mm	直径允许偏差/mm	钢绞线参考截面积 S_n /mm ²	每米钢绞线参考质量/(g/m)	中心钢丝直径 d_0 加大范围/% 不小于
1×7	9.50	+0.30	54.8	430	2.5
	11.10	-0.15	74.2	582	
	12.70	+0.40 -0.20	98.7	775	
	15.20		140	1101	
	15.70		150	1178	
	17.80		191	1500	
(1×7)C	12.70	+0.40	112	890	
	15.20	-0.20	165	1295	
	18.00		223	1750	

注：C——拔模钢绞线。

(2) **预应力钢丝** 预应力钢丝是用优质高碳素钢盘条经过索氏体化处理、酸洗、镀铜或磷化后冷拔而成的钢丝的总称。其分类如图1-6所示。

① **冷拔钢丝**。冷拉钢丝是经冷拔后直接用于预应力混凝土的钢丝。这种钢丝一般用于铁路轨枕、压力水管以及电杆等。

② **消除应力钢丝（普通松弛钢丝）**。消除应力钢丝（普通松弛钢丝）是经冷拔后经高速旋转的矫直滚筒矫直，并经回火（300~500℃）处理的钢丝。

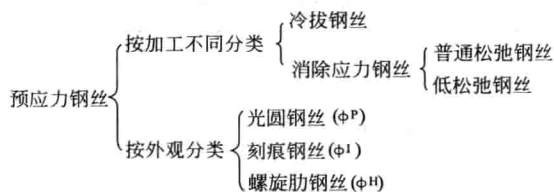


图 1-6 预应力钢丝分类图

③ 消除应力钢丝（低松弛钢丝）。消除应力钢丝（低松弛钢丝）是经冷拔后在张力状态下经回火处理的钢丝。这种钢丝主要用于房屋、桥梁、市政以及水利等大型工程。

④ 光圆钢丝。光圆钢丝一般适用于预应力混凝土桥梁、预应力混凝土轨枕、预应力混凝土管道等。预应力混凝土制品，同时适用于大跨度桥梁斜拉索。

⑤ 刻痕钢丝。刻痕钢丝是用冷轧或冷拔方法使钢丝表面产生周期性变化的凹痕或凸纹的钢丝。钢丝表面凹痕或凸纹可增加混凝土的握裹力，如图 1-7 所示。这种钢丝主要用于先张法预应力混凝土构件。

⑥ 螺旋肋钢丝。螺旋肋钢丝是通过专用拔丝模冷拔方法使钢丝表面沿长度方向上产生规则间隔的肋条的钢丝，钢丝表面的螺旋肋可增加混凝土的握裹力，如图 1-8 所示。这种钢丝主要用于先张法预应力混凝土构件。



图 1-7 三面刻痕钢丝外形图

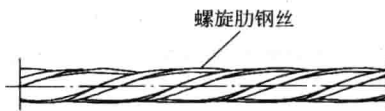


图 1-8 螺旋肋钢丝外形图

⑦ 钢丝的单位理论质量。光圆钢丝、刻痕钢丝、螺旋肋钢丝单位理论质量见表 1-8。

表 1-8 光圆钢丝、刻痕钢丝、螺旋肋钢丝单位理论质量表

公称直径 d/mm	直径允许偏差/ mm	公称横截面积 S_n/mm^2	每米参考质量/ (g/m)
3.00	±0.04	7.07	55.5
4.00		12.57	98.6
5.00	±0.05	19.63	154
6.00		28.27	222
6.25		30.68	241
7.00	±0.06	38.48	302
8.00		50.26	394
9.00		63.62	499
10.00		78.54	616
12.00		113.1	888

1.2 钢筋通用构造与计算

1.2.1 混凝土结构的环境类别

影响混凝土结构耐久性最重要的因素就是环境，环境分类应根据其对混凝土结构耐久性的影响而确定。混凝土结构环境类别的划分主要适用于混凝土结构正常使用极限状态的验算和耐久性设计，环境类别的划分应符合表 1-9 的要求。

表 1-9 混凝土结构的环境类别

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
二 b	干湿交替环境 水位频繁变动环境 严寒和寒冷地区的露天环境 严寒和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	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境 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—1993)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 and 工程经验确定；

4. 受除冰盐影响环境是指受到除冰盐盐雾影响的环境；受除冰盐作用环境是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。

1.2.2 受力钢筋的混凝土保护层厚度

1.2.2.1 混凝土保护层的作用

混凝土结构中，钢筋被包裹在混凝土内，由受力钢筋外边缘到混凝土构件表面的最小距离称为保护层厚度。混凝土保护层有如下作用。

① 保证混凝土与钢筋共同工作，确保结构力性能混凝土与钢筋共同工作，是保证结构构件承载能力和结构性能的基本条件。混凝土是抗压性能较好的脆性材料，钢筋是抗拉性能较好的延性材料。这两种材料各以其抗压、抗拉性能优势相结合，就构成了具有抗压抗弯抗剪抗扭等结构性能的各种结构形式的建筑物或结构物。混凝土与钢筋共同工作的保证条件，是依靠混凝土与钢筋之间有足够的握裹力。握裹力主要有三种力构成。

a. 黏结力（黏着力）。它是混凝土与钢筋表面的黏结力。

b. 摩擦力。当结构处于受力状态时混凝土与钢筋表面产生一种摩擦力。

c. 机械咬合力。它是由于钢筋表面凸凹不平与混凝土接触面产生一种咬合力。由黏结力、摩擦力、咬合力这三种力构成的握裹力，直接关系到钢筋混凝土结构的性能和承载能力。保证混凝土与钢筋之间的握裹力，就要求保护层要有一定的厚度。如果保护层厚度过小，则混凝土与钢筋之间不能发挥握裹力的作用。因此规范规定混凝土保护层厚度的最小尺寸，不应小于受力钢筋的一个直径。

② 保护钢筋不锈蚀，确保结构安全和耐久性。影响钢筋混凝土结构耐久性，造成其结

构破坏的因素很多,如氯离子侵蚀、冻融破坏;混凝土不密实,裂缝;混凝土碳化,碱-集料反应,在一定环境条件下都能造成钢筋锈蚀引起结构破坏。钢筋锈蚀后,铁锈体积膨胀,体积一般增加到2~4倍,致使混凝土保护层开裂,潮气或水分渗入,加快和加重钢筋继续锈蚀,使钢筋锈短,导致建筑物破坏。混凝土保护层对防止钢筋锈蚀具有保护作用。这种保护作用在无害物质侵蚀下才能有效。但是,保护层混凝土的碳化,给钢筋锈蚀提供了外部条件。因此,混凝土碳化对钢筋锈蚀有很大影响,关系到结构耐久性和安全性。

③ 保护钢筋不应受高温(火灾)影响。高温能使结构急剧丧失承载力,保护层具有一定厚度,可以使建筑物的结构在高温条件下或遇有火灾时,保护钢筋不因受到高温影响,使结构急剧丧失承载力而倒塌。因此保护层的厚度与建筑物耐火性有关。混凝土和钢筋均属非燃烧体,以砂石为骨料的混凝土一般可耐高温700℃。钢筋混凝土结构都不能直接接触明火或火源,应避免高温辐射,由于施工原因造成保护层过小,一旦建筑物发生火灾,会造成对建筑物耐火等级或耐火极限的影响。这些因素在设计时均应考虑,混凝土保护层按建筑物耐火等级要求规定的厚度设计时,遇有火灾可保护结构或延缓结构倒塌时间,可为人口疏散和物资转移提供一定的缓冲时间。如保护层过小,可能会失去这个缓冲时间,造成生命、财产的更大损失。

1.2.2.2 混凝土保护层最小厚度的规定

11G101图集规定纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度应符合表1-10的要求。

表 1-10 混凝土保护层的最小厚度

单位: mm

环境类别	板、墙	梁、柱
一类	15	20
二 a 类	20	25
二 b 类	25	35
三 a 类	30	40
三 b 类	40	50

注: 1. 表中混凝土保护层厚度指最外层钢筋外边缘至混凝土表面的距离,适用于设计使用年限为50年的混凝土结构。

2. 构建中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径。

3. 设计使用年限为100年的混凝土结构,一类环境中,最外层钢筋的保护层厚度不应小于表中数值的1.4倍;二、三类环境中,应采取专门的有效措施。

4. 混凝土强度等级不大于C25时,表中保护层厚度数值应增加5mm。

5. 基础地面钢筋的保护层厚度,由混凝土垫层时应从垫层顶面算起,且不应小于40mm;无垫层时不应小于70mm。

1.2.3 钢筋的锚固

1.2.3.1 钢筋的锚固形式

受力钢筋的机械锚固形式,如图1-9所示。

1.2.3.2 受拉钢筋锚固长度的计算

钢筋锚固长度(l_{aE} 、 l_a)是指钢筋伸入支座内的长度,如图1-10所示。

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时,受拉钢筋的锚固应符合下列要求。

基本锚固长度应按下列公式计算。

(1) 普通钢筋

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (1-1)$$

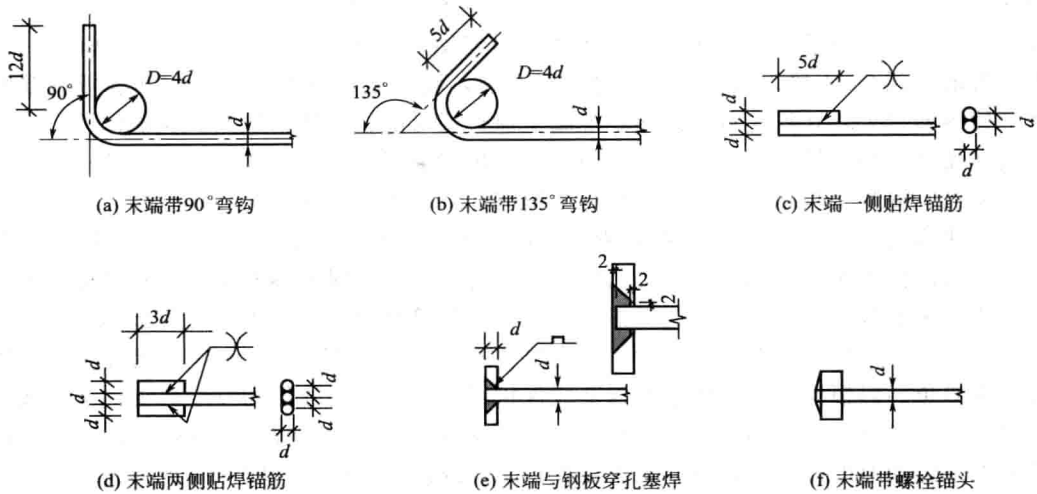


图 1-9 受力钢筋的机械锚固形式

注：1. 当纵向受拉普通钢筋末端采用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的 60%。

2. 焊缝和螺纹长度应满足承载力的要求；螺栓锚头的规格应符合相关标准的要求。
3. 螺栓锚头和焊接钢板的承压面积不应小于锚固钢筋截面积的 4 倍。
4. 螺栓锚头和焊接锚板的钢筋净距小于 4d 时应考虑群锚效应的不利影响。
5. 截面角部的弯钩和一侧贴焊钢筋的布筋方向宜向截面内侧偏置。
6. 受压钢筋不应采用末端弯钩和一侧贴焊的锚固形式。

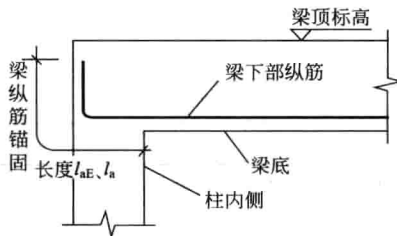


图 1-10 钢筋锚固长度示意图

(2) 预应力筋

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_{py}}{f_t} d \tag{1-2}$$

上两式中 l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度，mm；

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力筋的抗拉强度设计值，MPa；

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

d ——锚固钢筋的直径，mm；

α ——锚固钢筋的外形系数，按表 1-11 取用。

表 1-11 锚固钢筋的外形系数 α

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
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。

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：

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (1-3)$$

抗震锚固长度的计算公式为：

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \quad (1-4)$$

式中 l_a ——受拉钢筋的锚固长度，mm；

ζ_a ——锚固长度修正系数，按表 1-12 的规定取用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6；

ζ_{aE} ——抗震锚固长度修正系数，对一、二级抗震等级取 1.15，对三级抗震等级取 1.05，对四级抗震取 1.00。

表 1-12 受拉钢筋锚固长度修正系数 ζ_a

锚固条件		ζ_a
带肋钢筋的公称直径大于 25mm		1.10
环氧树脂涂层带肋钢筋		1.25
施工过程中易受扰动的钢筋		1.10
锚固区保护层厚度	3d	0.80
	5d	0.70

注：1. 锚固区保护层厚度中间时按内插值， d 为锚固钢筋直径；

2. 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固钢筋长度范围内应设置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ (d 为锚固钢筋的最大直径)；对梁、柱等构件间距不应小于 $5d$ ，对板、墙构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 $100mm$ (d 为锚固钢筋的最小直径)。

当锚固钢筋保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ ；对梁、柱等杆状构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等平面构件间距不大于 $10d$ ，且均不应小于 $100mm$ ，此处 d 为锚固钢筋的直径。

为了方便施工人员查用，G101 图集将混凝土结构中常用的钢筋和各级混凝土强度等级组合，将受拉钢筋锚固长度值计算得钢筋直径的整倍数形式，编制成表格；见表 1-13。

表 1-13 受拉钢筋基本锚固长度 l_{ab} 、 l_{abE}

钢筋种类	抗震等级	混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
HPB300	一、二级 (l_{abE})	45d	39d	35d	32d	29d	28d	26d	25d	24d
	三级 (l_{abE})	41d	36d	32d	29d	26d	25d	24d	23d	22d
	四级 (l_{abE})	39d	34d	30d	28d	25d	24d	23d	22d	21d
	非抗震 (l_{ab})									
HRB335 HRBF335	一、二级 (l_{abE})	44d	38d	33d	31d	29d	26d	25d	24d	24d
	三级 (l_{abE})	40d	35d	31d	28d	26d	24d	23d	22d	22d
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	38d	33d	29d	27d	25d	23d	22d	21d	21d
HRB400 HRBF400 RRB400	一、二级 (l_{abE})	—	46d	40d	37d	33d	32d	31d	30d	29d
	三级 (l_{abE})	—	42d	37d	34d	30d	29d	28d	27d	26d
	四级 (l_{abE})	—	40d	35d	32d	29d	28d	27d	26d	25d
	非抗震 (l_{ab})									
HRB500 HRBF500	一、二级 (l_{abE})	—	55d	49d	45d	41d	39d	37d	36d	35d
	三级 (l_{abE})	—	50d	45d	41d	38d	36d	34d	33d	32d
	四级 (l_{abE}) 非抗震 (l_{ab})	—	48d	43d	39d	36d	34d	32d	31d	30d

注： d 为锚固钢筋的直径。

1.2.4 钢筋的连接

为了便于钢筋的运输、保管以及施工操作，钢筋是按一定长度（定尺长度）生产出厂的，例如 6m、8m、12m 等，所以在实际施工时必须进行连接。

1.2.4.1 绑扎搭接

纵向钢筋的绑扎搭接是纵向钢筋连接最常见的连接方式之一。搭接连接施工比较方便，但也有其适用范围和限制条件。《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）中做出如下规定。

轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接；其他构件中的钢筋采用绑扎搭接时，受拉钢筋直径不宜大于 25mm，受压钢筋直径不宜大于 28mm。

(1) 纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度 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钢筋搭接接头面积百分率按下列公式计算，且不应小于 300mm。

$$l_l = \zeta_l l_a \quad (1-5)$$

抗震绑扎搭接长度的计算公式为：

$$l_{lE} = \zeta_l l_{aE} \quad (1-6)$$

式中 l_l ——纵向受拉钢筋的搭接长度，mm；

l_a ——受拉钢筋的锚固长度，mm；

l_{lE} ——纵向抗震受拉钢筋的搭接长度，mm；

l_{aE} ——抗震锚固长度，mm；

ζ_l ——纵向受拉钢筋搭接长度的修正系数，按表 1-14 取用。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。

表 1-14 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

纵向搭接钢筋接头面积百分率/%	≤25	50	100
ζ_l	1.2	1.4	1.6

(2) 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜互相错开 钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度，凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段（图 1-11）。同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该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的比值。当直径不同的钢筋搭接时，按直径较小的钢筋计算。

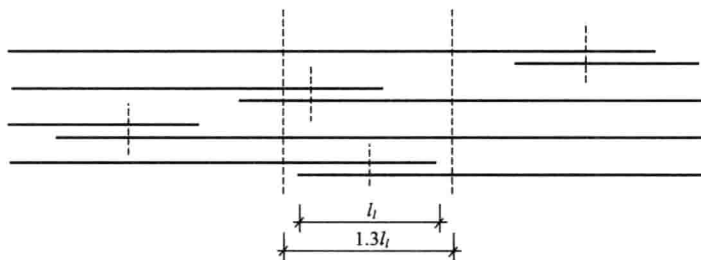


图 1-11 同一连接区段内纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头

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%。