

一招鲜·

建筑类

GANGJIN GONG
RUMEN

就业技术速成丛书



钢筋工 入门

周松盛 主编

适合培训·便于自学



安徽科学技术出版社



责任编辑：刘三珊



刚进城？才下岗？不怕！只要肯学习，相信自己：
天生我才，必有用。

应聘打工？开厂办店？别愁！只要您精通一门技
术，拥有一项专长，您就会：
一招鲜，吃遍天。

ISBN 978-7-5337-4164-8



9 787533 741648 >

定价：18.00元

一招鲜·就业技术速成丛书

钢筋工入门

周松盛 主编



安徽科学技术出版社

PDG

图书在版编目(CIP)数据

钢筋工入门/周松盛主编. —合肥:安徽科学技术出版社, 2008. 8

(—招鲜·就业技术速成丛书)

ISBN 978-7-5337-4164-8

I. 钢… II. 周… III. 建筑工程-钢筋-工程施工-基本知识 IV. TU755.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第118762号

钢筋工入门

周松盛 主编

出版人:朱智润

责任编辑:刘珊珊 文字编辑:张一帆

封面设计:冯劲

出版发行:安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路1118号
出版传媒广场,邮编:230071)

电 话:(0551)3533330

网 址:www.ahstp.net

E-mail:yougoubu@sina.com

经 销:新华书店

排 版:安徽事达科技贸易有限公司

印 刷:合肥创新印务有限公司

开 本:850×1168 1/32

印 张:10

字 数:250千

版 次:2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

印 数:5 000

定 价:18.00元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

编写委员会

主 编	周松盛			
副主编	周 露	周 菁	陆 震	
委 员	王洪君	李晓光	王兰玲	
	李道友	张循俊	王玉英	
	张振岚	王 红		

前 言

钢筋工是钢筋混凝土结构工程中的关键工种。随着国民经济的迅速发展,建筑业得到了前所未有的发展,钢筋工的数量也急剧增长。为满足钢筋工及初学者所需要掌握的基础知识我们编写了本书。

本书共分八章,第一章至第四章部分为基础知识与相关技术,分别介绍了钢筋的品种、性能和检验,钢筋的锚固、连接和连接检验,钢筋配料与代换,梁、柱和梁柱节点钢筋及墙、板钢筋。第五章至第六章部分为钢筋施工操作技术,分别介绍了钢筋加工制作和钢筋施工工艺。第七章至第八章部分介绍了钢筋设置构造问题与施工质量控制,以确保结构钢筋满足设计构造和施工质量要求。

本书在内容上,力求做到简明实用,便于读者自学和掌握。由于编著者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者指正。

编者

目 录

第一章 钢筋的品种、性能和检验	1
第一节 钢筋的品种、性能	1
一、钢的定义和分类	1
二、钢筋的种类和选用	3
三、钢筋的种类、直径和强度	3
四、常用钢筋说明	8
第二节 钢筋的检验	23
一、钢筋性能检验	23
二、施工现场钢筋检验	24
三、混凝土结构内部钢筋应力测量	28
第二章 钢筋的锚固、连接和连接检验	32
第一节 钢筋的锚固与连接接头	32
一、混凝土中钢筋的锚固	32
二、钢筋的连接接头	34
三、钢筋的最小锚固、搭接长度	36
第二节 钢筋的连接方法	37
一、钢筋焊接连接	37
二、钢筋机械连接	47
第三节 钢筋的焊接连接检验	52
一、钢筋焊接接头的检验	53
二、钢筋焊接接头的试验方法	61
第四节 钢筋的机械连接检验	65
一、钢筋机械连接接头的性能等级及检验	65
二、钢筋机械连接接头的检验、连接方法	71
第三章 钢筋配料与代换	79
第一节 钢筋配料	79
一、钢筋下料长度计算要求	79
二、钢筋的下料长度计算方法	80
三、变截面构件箍筋和圆形、曲线构件钢筋计算	82

第二节	钢筋代换	86
一、	钢筋等强代换	86
二、	构件截面的有效高度影响	89
三、	钢筋代换应办理设计变更文件	93
第四章	梁、柱和梁柱节点钢筋及墙、板钢筋	95
第一节	混凝土梁、柱和梁柱节点钢筋及柱牛腿钢筋	95
一、	混凝土梁钢筋	95
二、	混凝土柱钢筋	98
三、	混凝土梁柱节点钢筋	99
四、	混凝土柱牛腿钢筋	102
第二节	框架梁、柱和梁柱节点钢筋及铰接排架柱钢筋	104
一、	框架梁钢筋	104
二、	框架柱及框支柱钢筋	104
三、	框架梁柱节点钢筋	105
四、	铰接排架柱钢筋	107
第三节	混凝土墙、板钢筋	108
一、	剪力墙钢筋	108
二、	混凝土板钢筋	109
第五章	钢筋加工制作	112
第一节	冷拔钢丝与冷拉钢筋	112
一、	冷拔钢丝	112
二、	冷拉钢筋	116
第二节	钢筋除锈、调直、切断、成型	128
一、	钢筋除锈	128
二、	钢筋调直	129
三、	钢筋切断	131
四、	钢筋弯曲成型	133
第三节	几种钢筋制作方法	142
一、	弯起钢筋简便制作方法	142
二、	四肢箍正确制作方法	143
第六章	钢筋施工工艺	144
第一节	钢筋连接工艺	144
一、	钢筋电渣压力焊	144
二、	钢筋接头直螺纹连接	152

三、带肋钢筋接头径向挤压连接	162
第二节 钢筋绑扎工艺	174
一、基础钢筋绑扎	174
二、剪力墙钢筋绑扎	179
三、框架钢筋绑扎	187
第三节 预应力钢筋施工工艺	198
一、后张法无黏结预应力钢筋施工	198
二、后张法有黏结预应力钢筋施工	212
第七章 钢筋设置构造问题	227
第一节 结构配筋构造问题	227
一、钢筋锚固	227
二、梁、板主筋位置	230
三、柱、梁主筋及箍筋位置	231
四、悬臂梁配筋设置	234
第二节 剪力墙配筋构造问题	237
一、剪力墙内钢筋的作用	237
二、剪力墙中钢筋的位置	237
三、剪力墙内钢筋的锚固	238
四、剪力墙内钢筋的连接	240
第三节 肋形楼盖配筋设置问题	241
一、主梁与次梁相交处配筋	241
二、单、双向板肋梁楼盖配筋	243
三、井式楼盖各梁相交处的配筋排列	244
四、框架结构楼盖的钢筋排列	245
五、梁内纵向钢筋弯入边柱内的布置	246
六、其他应明确的问题	247
第四节 框架节点钢筋施工做法	248
一、梁柱主筋位置	249
二、墙梁节点钢筋	249
三、主梁和次梁节点	250
四、主梁延伸出的悬挑梁与次梁	251
五、钢骨柱主筋和框架梁主筋的锚固长度	251
第五节 框剪结构钢筋构造问题治理	252
一、主筋偏位	252

二、框架柱钢筋接头位置不当	255
三、井式梁绑扎错误	256
四、梁吊筋绑扎混乱	257
五、膨胀螺栓代替同直径Ⅱ级钢筋	258
第六节 框架柱拉结筋	259
一、膨胀螺栓固定拉结筋	259
二、环氧树脂胶粘拉结筋	262
第八章 钢筋施工质量预控	263
第一节 焊接质量问题及其预防	263
一、焊接对钢材的影响	263
二、焊接施工中容易产生的缺陷	265
三、焊接缺陷的预防	266
第二节 钢筋闪光对焊、电弧焊质量预控	269
一、钢筋闪光对焊	269
二、钢筋电弧焊	277
第三节 钢筋电渣压力焊、气压焊质量预控	283
一、电渣压力焊接头质量	283
二、气压焊接头质量	287
第四节 钢筋(剥肋)滚轧直螺纹连接质量控制	291
一、施工之前质量控制	291
二、施工过程中质量控制	292
第五节 钢筋及钢筋加工、安装质量预控	297
一、钢筋质量	297
二、钢筋加工	298
三、钢筋安装	299
第六节 钢筋绑扎和防止移位、污染的措施	301
一、钢筋绑扎质量问题分析	301
二、防止钢筋移位和污染的措施	302
第七节 冷轧扭钢筋的使用问题	304
第八节 框架梁柱节点钢筋质量预控	306
第九节 钢筋混凝土结构箍筋施工质量措施	308
一、箍筋施工难点及质量问题	308
二、箍筋施工方法	309
三、质量保证措施	310

第一章 钢筋的品种、性能和检验

第一节 钢筋的品种、性能

一、钢的定义和分类

按照国家标准《钢分类》(GB/T 13304—1991)给钢的定义是,以铁为主要元素,含碳量一般在2%以下,并含有其他元素的材料(铬钢中含碳量可大于2%,2%通常是钢和铸铁的分界线)。在《大百科全书》(矿冶篇)中对钢的定义为“含碳量一般在2%以下,并含有某些其他元素的可变形的铁碳合金”。这里明确指出钢是“可变形的”。

钢按化学成分分类,有非合金钢、低合金钢和合金钢。除按化学成分分类外,还可按冶炼方法、脱氧程度和金相组织分类。非合金钢、低合金钢和合金钢化学成分划分的界限值见表1-1-1。

表1-1-1 非合金钢、低合金钢和合金钢中各种元素的界限值

元素	元素界限值/%		
	非合金钢	低合金钢	合金钢
铝(Al)	<0.10	—	≥0.10
硼(B)	<0.0005	—	≥0.0005
铋(Bi)	<0.10	—	≥0.10
铬(Cr)	<0.30	0.30~0.50	≥0.50
钴(Co)	<0.10	—	≥0.10
铜(Cu)	<0.10	0.10~0.50	≥0.50
锰(Mn)	<1.00	1.00~1.40	≥1.40
钼(Mo)	<0.05	0.05~0.10	≥0.10

续表

元素	元素界限值/%		
	非合金钢	低合金钢	合金钢
镍(Ni)	<0.30	0.30~0.50	≥0.50
铌(Nb)	<0.02	0.02~0.06	≥0.06
铅(Pb)	<0.40	—	≥0.40
硒(Se)	<0.10	—	≥0.10
硅(Si)	<0.50	0.50~0.90	≥0.90
碲(Te)	<0.10	—	≥0.10
钛(Ti)	<0.05	0.05~0.13	≥0.13
钨(W)	<0.10	—	≥0.10
钒(V)	<0.04	0.04~0.12	≥0.12
锆(Zr)	<0.05	0.05~0.12	≥0.12
镧(La)	<0.02	0.02~0.05	≥0.05
其他(S,P,C,N除外)	<0.05	—	≥0.05

注：低合金钢中的“—”表示不作限值规定，不作为衡量依据。

按照《钢分类》(GB/T 13304—1991)，将过去习惯称作“碳素钢”的改称“非合金钢”。“非合金钢”这个定义更科学、更广泛，它还可包括碳素钢不能包括的电工用纯铁、原料纯铁以及其他专用的具有特殊性能的非合金钢。

碳素钢按含碳量的百分比划分为：低碳钢，一般含碳量低于0.25%；高碳钢，含碳量高于0.60%；中碳钢，含碳量介于低碳钢和高碳钢之间，一般为0.25%~0.60%。

按照《钢分类》(GB/T 13304—1991)，合金元素硅、锰、钒三种元素含量总和大于规定的元素中每种元素最高界限值总和的70%，即使这些元素中每种元素的含量低于规定的最高界限值，也应划入合金钢，如40Si2MnV钢。40Si2MnV钢既不是普通低合金钢，更不是中碳钢，而是名副其实的合金钢，而且是优质合金钢，其强度等级为RL540，原属Ⅳ级钢筋，现已取消RL540(40Si2MnV钢筋)，增加了HRB500钢筋，今后在工程应用中应引起注意。

二、钢筋的种类和选用

1. 普通钢筋种类

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中的非预应力钢筋。

普通钢筋种类有：热轧光圆钢筋(HPB235)、热轧带肋钢筋(HRB335、HRB400、HRB500)、冷轧带肋钢筋(CRB550)、余热处理钢筋(RRB400)、冷轧扭钢筋(LZN580)、乙级低碳冷拔钢丝、I级冷拉钢筋。

2. 预应力钢筋

预应力钢筋系指用于预应力混凝土结构中的预应力钢筋。

预应力钢筋种类有：钢绞线、消除应力钢丝、热处理钢筋(RB150)、冷轧带肋钢筋(CRB650、CRB800、CRB970、CRB1170)、甲级低碳冷拔钢丝、II~IV级冷拉钢筋。

3. 钢筋的选用

1)对钢筋的选用有如下规定：

(1)普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋，也可采用 HRB235 级(原 I 级钢筋)和 RRB400 级(即余热处理钢筋)钢筋；

(2)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。

2)在抗震设防区使用，还应满足下列要求：

(1)钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值(强屈比 σ_b/σ_s)不应小于 1.25；

(2)钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.30。

三、钢筋的种类、直径和强度

常用钢筋种类、直径符号和强度标准值、强度设计值见表 1-1-2 至表 1-1-4；钢筋和钢绞线、钢丝公称直径、截面面积及理论重量，见表 1-1-5 至表 1-1-7。

表 1-1-2 常用钢筋种类、直径符号和强度标准值

名称	标准编号	牌号和强度等级代号	类别	表面形状	直径符号	公称直径范围(mm)	强度标准值(MPa)	
							普通钢筋	预应力钢筋
热轧光圆钢筋	GB 13013—91	HPB 235	Q235	光圆	Φ	8~20	235	
		HRB 335	20 MnSi	月牙肋	Φ	6~50	335	
热轧带肋钢筋	GB 1499—1998	HRB 400	20 MnSiV 20 MnSiNb 20 MnTi	月牙肋	Φ	6~50	400	
		HRB 500		月牙肋	Φ	6~50	500	
余热处理钢筋	GB 13014—91	RRB 400	K20MnSi	月牙肋	Φ ^R	8~40	400	
			1×3			8.6, 10.8		1860, 1720, 1570
钢绞线	GB/T 5224—1995		1×7	麻花状	Φ ^S	9.5, 11.1, 12.7		1720, 1570
						15.2		1860, 1720
消除应力钢丝	GB/T 5223—1995		光面	光面	Φ ^P	3~9		1770, 1670, 1570
			螺旋肋	螺旋肋	Φ ^H	4~8		1770, 1670, 1570
			刻痕	三面刻痕	Φ ^I	5, 7		1570
热处理钢筋	GB 4463—84	RB 150	40Si2Mn 45Si2Mn 45Si2Cr	螺旋纹	Φ ^{HT}	6 8.2 10		1470

续表

名称	标准编号	牌号和强度等级代号	类别	表面形状	直径符号	公称直径范围(mm)	强度标准值(MPa)		
							普通钢筋	预应力钢筋	
冷轧带肋钢筋	GB 13788—2000	CRB 550				4~12	550		
		CRB 650				4,5,6		650	
		CRB 800		月牙肋			4,5,6		800
		CRB 970					4,5,6		970
		CRB 1170					4,5,6		1170
冷轧扭钢筋	JG 3046—1998	LZN 580	I型	螺旋状	Φ'	6.5~14	580		
			II型			12			
低碳冷拔钢丝	GB 50204—92		甲级	光圆	Φ^b	4,5		650, 600(II组)	
			乙级			3~5	550		
冷拉钢筋	GB 50204—92	I级			Φ'	≤ 12	280		
		II级		同母材	Φ'	8~25		450	
		III级			Φ'	28~40		430	
		IV级			Φ'	8~40		500	
					Φ'	10~28		700	

注:普通钢筋强度标准值用 f_{yk} 表示,预应力钢筋强度标准值用 f_{pk} 表示,强度标准值单位为MPa或N/mm²。

表 1-1-3 普通钢筋强度设计值(N/mm²)

种 类		符 号	f_y	f_y'
热轧钢筋	HPB 235(Q235)	Φ	210	210
	HRB 335(20MnSi)	Φ	300	300
	HRB 400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	Φ	360	360
	RRB 400(K20MnSi)	Φ ^R	360	360

注: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大于 300 N/mm² 时,仍应按 300 N/mm² 取用。

表 1-1-4 预应力钢筋强度设计值(N/mm²)

种 类		符 号	f_{pk}	f_{py}	f_{py}'
钢绞线	1×3	Φ ^S	1860	1320	390
			1720	1220	
			1570	1110	
	1×7		1860	1320	390
			1720	1220	
			1570	1110	
消除应力钢丝	光面螺旋肋	Φ ^P	1770	1250	410
		Φ ^H	1670	1180	
		Φ ^L	1570	1110	
	刻痕	Φ ^L	1570	1110	410
热处理钢筋	40Si2Mn	Φ ^{HT}	1470	1040	400
	48Si2Mn				
	45Si2Cr				

注:当预应力钢绞线、钢丝的强度标准值不符合表 1-1-2 的规定时,其强度设计值应进行换算。

表 1-1-5 钢筋的公称直径、计算截面面积及理论重量

公称直径 (mm)	不同根数钢筋的计算截面面积(mm ²)									单根钢筋 理论重量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
8.2	52.8	106	158	211	264	317	370	423	475	0.432

续表

公称直径 (mm)	不同根数钢筋的计算截面面积(mm ²)									单根钢筋 理论重量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1527	1781	2036	2290	2.00
20	314.2	628	942	1256	1570	1884	2199	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87
50	1964	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42

注:表中直径 $d=8.2\text{mm}$ 的计算截面面积及理论重量仅适用于有纵肋的热处理钢筋。

表 1-1-6 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量

种类	公称直径(mm)	公称截面面积(mm ²)	理论重量(kg/m)
1×3	8.6	37.4	0.295
	10.8	59.3	0.465
	12.9	85.4	0.671
1×7 标准型	9.5	54.8	0.432
	11.1	74.2	0.580
	12.7	98.7	0.774
	15.2	139	1.101

表 1-1-7 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量

公称直径(mm)	公称截面面积(mm ²)	理论重量(kg/m)
4.0	12.57	0.099
5.0	19.63	0.154
6.0	28.27	0.222
7.0	38.48	0.302
8.0	50.26	0.394
9.0	63.62	0.499

四、常用钢筋说明

1. 热轧光圆钢筋

热轧光圆钢筋(直条)以前按强度等级划分叫做Ⅰ级钢筋,代号是R235,牌号是Q235,“R”和“Q”分别是热轧的“热”字和“屈服点”的“屈”字的汉语拼音首位字母,“235”是它的屈服点最小值。现在它的强度等级代号改为HPB235,H、P、B分别是“热轧”“光圆”“钢筋”三个词的英文首位字母,“235”是按屈服点采用的强度标准值,单位是MPa或N/mm²。

建筑用低碳钢热轧圆盘条的力学性能和工艺性能:

(1)Q215的屈服点(σ_s)为215 MPa,抗拉强度(σ_b)为375 MPa,伸长率(σ_{10})为27%,弯曲试验冷弯180°,弯心直径(d)=0;

(2)Q235的屈服点为235 MPa,抗拉强度为410 MPa,伸长率为23%,冷弯180°,弯心直径(d)为0.5倍试样直径(a),钢筋弯曲部分表面不产生任何裂纹。

2. 热轧带肋钢筋

带肋钢筋是指横截面通常为圆形,且表面带有两条纵肋和沿长度方向均匀分布横肋的钢筋。月牙肋钢筋是指横肋的纵截面呈月牙形,且与纵肋不相交的钢筋。

热轧带肋钢筋以前按强度等级划分为Ⅱ级、Ⅲ级和Ⅳ级,代号分别为RL335、RL400和RL540,R、L是“热”和“肋”字的汉语拼音首位字母,“335”“400”和“540”分别是它们的屈服点最小值。现在它们的牌号和强度等级代号都采用HRB335、HRB400和HRB500,H、R、B分别是“热轧”“带肋”“钢筋”三个词的英文首位字母,20MnSi(20 锰硅)和20MnSiV(20 锰硅钒)、20MnSiNb(20 锰硅铌)、20MnTi(20 锰钛)分别是HRB335和HRB400按化学成分定的原牌号,HRB500的钢种可以根据实际需要确定。

钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的牌号由HRB和屈服点最小值构成,推荐钢筋公称直径为6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、16 mm、20 mm、

25 mm、32 mm、40 mm 和 50 mm，共 10 种。

钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的化学成分、力学性能和工艺性能：

(1) 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的化学成分有 C(碳)、Si(硅)、Mn(锰)、P(磷)、S(硫)等，碳当量符号为 C_{eq} ，其值应不大于表 1-1-8 规定值。

表 1-1-8 热轧带肋钢筋的化学成分和碳当量

牌号	化学成分(%)					C_{eq}
	C	Si	Mn	P	S	
HRB335	0.25	0.80	1.60	0.045	0.045	0.52
HRB400	0.25	0.80	1.60	0.045	0.045	0.54
HRB500	0.25	0.80	1.60	0.045	0.045	0.55

(2) 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 HRB335 的屈服点(σ_s 或 $\sigma_{p0.2}$)为 335 MPa，抗拉强度(σ_b)为 490 MPa，伸长率(σ_5)为 16%；

钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 HRB400 的屈服点为 400 MPa，抗拉强度为 570 MPa，伸长率为 14%；

钢筋混凝土用热轧带肋钢筋 HRB500 的屈服点为 500 MPa，抗拉强度为 630 MPa，伸长率为 12%。

(3) 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋按表 1-1-9 规定的牌号、公称直径和弯心直径弯曲 180°，钢筋受弯曲部分表面不产生任何裂纹。表中 a 为钢筋公称直径。

表 1-1-9 热轧带肋钢筋的弯曲性能

牌号	公称直径(mm)	弯曲试验弯心直径
HRB335	6~25	3a
	28~50	4a
HRB400	6~25	4a
	28~50	5a
HRB500	6~25	6a
	28~50	7a

3. HRB400(新Ⅲ级)钢筋作为混凝土结构用的主导钢筋

HRB400 级钢筋是指屈服强度为 400 MPa 的热轧带肋钢筋，其

特点是在钢中加入了微量合金元素 V、Ti 或 Nb,使晶粒细化、改善延性,碳含量反而可以降低,钢筋屈服强度提高,并具有良好的可焊性。

HRB400 级钢筋之所以称之为新Ⅲ级钢筋,是因为历史上曾经有过Ⅲ级钢筋。当时的牌号是 25MnSi,因其碳当量偏高且可焊性较差,其屈服强度也由原来 400 MPa 降为 370 MPa。那时仅有少量实际应用,绝大多数工程仍偏爱采用性能好的Ⅱ级热轧带肋钢筋。因此,不再列入 25MnSi 这个牌号了。

HRB400 级钢筋是更新换代的产品,它包含有:20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi 三个牌号,由于它们的化学成分有微量的 V、Nb、Ti,故称 HRB400 为含微合金元素的热轧带肋钢筋。由于它们的力学性能、工艺指标均与国际标准基本接轨,其性能完全能满足钢筋混凝土结构可靠性的要求。国际上几个发达国家的混凝土结构设计规范也均采用这个强度级别的钢筋作为主要受力钢筋。此外,在最大应力下相应的均匀伸长率均达到 10% 以上,达到了欧洲规范《建筑结构抗震设计规定》ENV-8 中对“H”变延性(高延性)设计时采用钢筋的均匀伸长率 9% 的附加要求。

HRB400 级钢筋的强屈比不小于 1.25,满足混凝土结构设计规范中对抗震结构中纵向受力钢筋的要求,可保证强柱弱梁、强剪弱弯设计思想的实现。HRB400 级钢筋在最大力下的总伸长率 σ_{th} 不小于 2.5%,可保证钢筋达到屈服后具有足够的塑性变形能力,避免结构或构件发生脆性破坏。

1) HRB400 级钢筋的材料性能

(1) 主要化学成分和规格

HRB400 级钢筋是对 20MnSi 化学成分做了微调,调整了钢材 C、Si、Mn 元素的含量,添加了 V、Nb、Ti 微合金元素。利用钒、铌、钛在钢中的沉淀强化作用,细化晶粒,改善金相组织,提高了钢材的强度,其主要化学成分如表 1-1-10、表 1-1-11 所示。

表 1-1-10 HRB400 级钢筋的主要化学成分

牌号	化学成分/%(不大于)					C_{eq}
	C	Si	Mn	P	S	
HRB400	0.25	0.80	1.60	0.045	0.045	0.54

表 1-1-11 HRB400 级钢筋的化学成分实物含量(最大值) %

牌号	钢号	C	Si	Mn	P,S	C_{eq}
HRB400	20MnSiV	0.23	0.55	1.43	0.035	0.49
HRB400	20MnSiNb	0.25	0.70	1.45	0.035	0.47

碳当量 $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + V + Mo)/5 + (Cu + Ni)/15$

HRB400 级钢筋产品的直径为 6~50 mm, 标准直径为 6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、16 mm、20 mm、25 mm、32 mm、40 mm、50 mm。实际供货直径与原 II 级 (HRB335) 钢筋相同, 且已超出标准直径范围。小直径 6 mm、8 mm、10 mm 钢筋是用高速线材轧机生产的 (12 mm 钢筋以热轧直条为主), 呈圆盘状, 现场施工前要进行调直。

(2) 主要力学性能和工艺性能

HRB400 级钢筋的主要力学性能不小于表 1-1-12 所示值。同时在最大作用力下的总伸长率 δ_{qt} 不小于 2.5%; 满足钢筋实测抗拉强度与实测屈服点之比不小于 1.25; 钢筋实测屈服点与表 1-1-12 规定的最小屈服点之比不大于 1.30。

表 1-1-12 HRB400 级钢筋的主要力学性能

牌号	公称直径	屈服强度	抗拉强度	延伸率
	/mm	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 /%
HRB400	6~50	400	570	14

HRB400 级钢筋的冷弯和反弯按表 1-1-13 要求的弯心直径弯曲, 钢筋表面不产生任何裂纹, 充分显示了 HRB400 级钢筋的弯曲性能; 小规格 HRB400 级钢筋作为箍筋使用可以等同于原 I 级、II 级钢筋的弯曲性能。

表 1-1-13 HRB400 级钢筋弯曲性能

直径(mm)	冷弯弯心直径 180°	反弯弯心直径
8~16	3d	4d
18~25	4d	5d
≥28	5d	6d

2) 混凝土结构中 HRB400 级钢筋的要求

(1) 混凝土强度等级的选用

①对于采用 HRB400 级钢筋承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20。在预应力结构中作为非预应力钢筋使用时,混凝土强度等级不应低于 C30。

②对于现浇楼盖及屋盖的普通梁板结构,当采用 HRB400 级钢筋时,混凝土强度等级宜选用 C20~C30。

③对于工业与民用建筑中的一般结构,HRB400 级钢筋规格宜采用直径 6~32mm。直径大于 32mm 的 HRB400 级钢筋宜用于水利工程。为避免施工时钢筋的错用和便于钢筋的检查验收,同一施工现场不宜同时采用 II 级钢筋和新 III 级钢筋。

④对于有抗震设防要求的混凝土结构的混凝土强度等级的应用:设计烈度为 9 度时,混凝土强度等级不宜超过 C60;设计烈度为 8 度时,混凝土强度等级不宜超过 C70;当按二、三级抗震等级设计时,混凝土强度等级不宜低于 C20;当按一级抗震等级设计时,混凝土强度等级不应低于 C30。

(2) 最小配筋率要求

混凝土结构中所需配置的纵向受力钢筋和箍筋,除应符合设计计算的要求外,尚应满足最小配筋率要求:对受弯构件、受拉构件的受拉钢筋最小配筋率取为 0.2% 和 $0.45f_t/f_y$ 两者中的较大者;对受压构件的全部纵向钢筋最小配筋率取为 0.6% 和 $0.09f_c/f_y$ 两者中的较大者;对受弯构件的箍筋最小配筋率取为 $0.24f_t/f_{yv}$ 。

最小配筋率与钢筋和混凝土强度有关,钢筋强度高时,其最小配筋率就有所减小。对抗震情况,为了保证结构所需延性要求,最小配

筋率要比上述静力要求有所提高。

(3) 钢筋锚固

当计算中充分利用钢筋的强度时,在混凝土结构中 HRB400 级钢筋纵向受拉锚固长度 l_a :

$$l_a = 0.14 f_y d / f_t$$

式中: f_y ——锚固钢筋的抗拉强度设计值;

d ——锚固钢筋的直径;

f_t ——锚固区混凝土轴心抗拉强度设计值,当混凝土强度等级大于 C40 时按 C40 考虑。

受拉钢筋的锚固长度应考虑下列因素进行修正:

①当 HRB400 级钢筋的直径大于 25 mm(含 25 mm)时,其计算值 l_a 应乘以 1.1 的修正系数;

②环氧树脂涂层的 HRB400 级钢筋,其计算值 l_a 乘以 1.25 的修正系数;

③当 HRB400 级的钢筋在混凝土的施工过程中易受扰动(如滑模施工)时,其计算值 l_a 乘以 1.1 的修正系数;

④当混凝土保护层厚度大于 HRB400 级钢筋直径 3 倍时,其计算值 l_a 可乘以 0.8 的修正系数。

(4) 钢筋连接

钢筋接头连接方式的顺序为机械连接接头、绑扎搭接接头和焊接连接接头。机械连接方式连接质量好;焊接连接方式受电流波动、工艺水平及天气影响等,其质量波动较大;绑扎搭接连接方式在符合搭接要求时,传力的性能是可以满足要求的。机械连接和焊接连接方式中,套筒冷挤压机械连接方法优于其他机械连接方法;闪光对焊方法优于其他焊接连接方法。轴心受拉及小偏心受拉杆件的受力钢筋不得采用绑扎搭接接头,当受拉钢筋直径大于 28 mm 及受压钢筋直径大于 32 mm 时,不宜采用绑扎搭接接头。

三种连接方式接头宜设置在受力较小处,且符合连接接头的设置位置及接头钢筋面积百分率的要求。对 HRB400 级和 HRB335

级钢筋的连接方式及要求完全相同。

(5) 钢筋代换

对于原设计为 I 级钢筋、II 级钢筋的梁、柱,其纵向受力钢筋如要变更为 HRB400 级钢筋,从等强度转换可做以下变更:

①当原设计为 I 级钢筋时:HRB400 级钢筋总面积 = I 级钢筋面积 $\times 210/360$ 。

②当原设计为 II 级钢筋时:HRB400 级钢筋总面积 = II 级钢筋面积 $\times 310/360$ 。但应注意考虑构造要求,满足裂缝宽度和构件挠度的要求,必要时应验算。

③当原设计为 550 级冷轧带肋钢筋、冷拔螺旋钢筋时:可采用等直径、等间距的 HRB400 级钢筋代换,此时偏于安全,同样能满足裂缝宽度要求。

在现浇混凝土板中,只要满足混凝土为 C20 及 C20 以上,钢筋保护层厚度 ≤ 20 mm、钢筋直径 ≤ 10 mm,在满足强度条件下都能满足正常室内环境下的裂缝控制要求。在普通钢筋混凝土楼(屋)面梁板中,原采用 I 级钢筋,又符合以上条件时,只需按强度代换为 HRB400 级钢筋即可。在满足最小配筋率及构造要求的前提下,按表 1-1-14 简捷代换,误差在 15% 以内并偏于安全;按精确法代换可按表 1-1-15 代换。如需对梁、柱的钢箍代换时,HRB400 级钢筋作为箍筋抗拉强度设计值为 310 MPa,应按表 1-1-16 代换。

表 1-1-14 用于普通钢筋混凝土楼(屋)面中

原有 I 级钢筋直径/mm	代换后的 HRB400 级钢筋	
12	直径 10 mm	间距根数不变
10	直径 8 mm	间距根数不变
8	直径 6 mm	间距减少 10 mm

表 1-1-15 板内原 I 级钢筋改为 HRB400 级钢筋代换

钢筋级别	直径 /mm	间距/mm																													
原有 I 级钢筋	6	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	原有 I 级钢筋	8	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
代换后 HRB400 级钢筋	6	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	代换后 HRB400 级钢筋	6	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
																	8	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	
																	10	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
原有 I 级钢筋	8	70	80	90	100	120	130	140	150	160	170	180	190	200	200	原有 I 级钢筋	10	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
代换后 HRB400 级钢筋	10	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	代换后 HRB400 级钢筋	10	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200
																	12	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
原有 I 级钢筋	10	80	90	100	110	130	140	150	160	170	190	200	200	200	200	原有 I 级钢筋	12	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200
代换后 HRB400 级钢筋	12	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	代换后 HRB400 级钢筋	12	120	130	150	170	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200

注:用于普通钢筋混凝土楼(屋)面中。

表 1-1-16 梁内原 I 级钢筋箍改为 HRB400 级钢筋代换

钢筋级别	直径/mm	间距/mm				
原有 I 级钢筋	6	100	125	150	200	250
代换后 HRB400 级钢筋	6	140	180	220	250	250
原有 I 级钢筋	8	100	125	150	200	250
代换后 HRB400 级钢筋	6	80	100	120	160	200
	8	140	180	220	250	250
	10	100	125	150	200	250
原有 I 级钢筋	8	90	110	140	180	230
代换后 HRB400 级钢筋	10	140	180	220	250	250
	12	100	125	150	200	250
原有 I 级钢筋	10	100	125	150	200	250
代换后 HRB400 级钢筋	12	140	180	220	250	250

注:当箍筋为 HRB400 级时,梁中箍筋的最大间距应符合以下要求:150<h≤300 时,最大间距为 150 mm;300<h≤500 时,最大间距为 200 mm;500<h≤800 时,最大间距为 250 mm;h>800 时,最大间距为 300 mm。

4. 余热处理钢筋

余热处理钢筋是指钢筋热轧后立即穿水,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的成品钢筋。

余热处理带肋钢筋以前按强度等级划分定为Ⅲ级钢筋,代号为KL400,K、L分别是“控”字和“肋”字的汉语拼音首位字母,“400”是它的屈服点最小值。现在将余热处理钢筋的强度等级代号改为RRB400,R、R、B分别是“控制”“带肋”“钢筋”三个词的英文首位字母,因为它的性能和HRB400热轧带肋钢筋基本相同,因此直径符号也采用“ Φ ”,但加上标“R”来区别。

余热处理钢筋的公称直径范围为8~40mm,推荐钢筋公称直径为8mm、10mm、12mm、16mm、20mm、25mm、32mm和40mm,共8种。

5. 钢绞线

钢绞线是一种强度高、性能好的预应力钢筋,按捻制结构分为1×2、1×3和1×7结构钢绞线,设计中主要采用1×3和1×7两种捻制结构类型的钢绞线。以前它的直径符号用 Φ^j 来表示,“j”是“绞”字的汉语拼音首位字母,现在改用“绞线”的英文首位字母“S”表示,用 Φ^s 表示钢绞线的公称直径(外接圆直径)。

6. 消除应力钢丝

消除应力钢丝有光面、螺旋肋和刻痕三种,它们的直径符号分别用 Φ^P 、 Φ^H 和 Φ^I 表示,“P”“H”和“I”分别是光面钢丝、螺旋肋钢丝和刻痕钢丝的英文名称第1个单词的首位字母,代替原来用汉语拼音首位字母的表示方法。消除应力钢丝的强度标准值是钢丝的抗拉强度最小值。

预应力混凝土用钢丝按交货状态分为消除应力钢丝和冷拉钢丝两种;按外形分为光面钢丝和刻痕钢丝两种;按松弛性能分为Ⅰ级松弛即普通松弛和Ⅱ级松弛即低松弛两级。

7. 热处理钢筋

热处理钢筋的强度等级代号是RB150,“R”“B”分别是“热”字和“棒”字的汉语拼音首位字母,“150”是以旧用非法定计量单位(K_{q1}/mm^2)计的钢筋抗拉强度最小值。它的直径符号曾用 Φ^{HT} ,现在改用 Φ^{HT} ,“HT”是“热处理”的两个英文单词的首位字母。

8. 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋是指热轧圆盘条经冷轧减径并在其表面形成三面或二面月牙形横肋的钢筋。

冷轧带肋钢筋以前强度等级代号有 LL550、LL650 和 LL800 共 3 个级别,其中“LL”是“冷”字和“肋”字的汉语拼音首位字母,550、650 和 800 分别是它们的抗拉强度最小值。现在将冷轧带肋钢筋定为 5 个牌号(强度等级代号)即:CRB550、CRB650、CRB800、CRB970、CRB1170,C、R、B 分别是“冷轧”“带肋”“钢筋”三个词的英文首位字母,后面 550、650、800、970、1170 的数值是钢筋的抗拉强度最小值,其中 CRB550 是普通钢筋混凝土结构用钢筋,其他牌号是预应力钢筋混凝土结构用钢筋。冷轧带肋钢筋还未有合适的直径符号,暂用 Φ^c 表示。

冷轧带肋钢筋的公称直径范围为 4~12 mm,推荐钢筋公称直径为 5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm 和 10 mm,共 6 种。

9. 冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋是指低碳钢热轧圆盘条经专用钢筋冷轧扭机调直、冷轧并冷扭一次成型,具有规定截面形状和节距的连续螺旋状钢筋。

冷轧扭钢筋的名称代号是 LZN,分别是“冷”“轧”“扭”三个字的汉语拼音首位字母,如果统一采用英文首位字母,其强度等级代号改用 CTB580。冷轧扭钢筋按照截面形状不同分为 I 型和 II 型两类:I 型是矩形截面,II 型是菱形截面。冷轧扭钢筋直径以“标志直径”表示,指的是母材轧制前的公称直径。标志直径符号是 Φ^t ,t 为“扭转”的英文首位字母。

10. 冷加工钢筋

目前 $\Phi 12$ 以下小规格建筑用钢筋主要有 235 MPa 强度级别的热轧光圆盘条(或直条)和相当于 500 MPa 强度级别的冷加工钢筋(冷轧带肋和冷轧扭钢筋)。400 MPa 强度级别以上小规格热轧带肋钢筋(强度牌号有 HRB400、HRB500 等),但其产品质量、生产规模以及实际应用都有待进一步解决和完善。所以,目前小规格建筑用钢

筋仍是热轧低合金和冷加工低碳钢筋并重,而在高强度级别的预应力用钢筋则均通过冷加工工艺获得。事实上,在 400 MPa 级别以上的小规格钢筋,就其伸长率而言,无论是热轧或冷加工钢筋,相差不大(热轧带肋钢筋 $\delta_s = 12\% \sim 16\%$,冷加工钢筋 $\delta_s = 10\% \sim 12\%$)。当然热轧钢筋的可焊性、强屈比都优于冷加工钢筋。但冷加工钢筋能耗低,与混凝土间黏结锚固性能优良、工艺简单、产品商品化以及经济效益明显等优点,使其在适用范围内具有许多优越性。因此,在建筑用钢领域,中等强度小规格冷加工钢筋既不能取代热轧钢筋(光圆或变形),也不会被热轧钢筋所取代,但在应用冷加工钢筋中一些问题应引起重视。

1) 原材料复验

如冷轧带肋钢筋几个不同强度级别所用原材料各不相同,为使伸长率和强度等指标达到标准要求,往往以超径的 Q215 原材料生产 LL650 级或以 Q195 原材料生产 LL550 级甚至 LL650 级冷轧带肋钢筋。不同原材料冷加工时对强度和伸长率的影响是不可避免的,其结果给产品质量带来的隐患是显而易见的。因此,对冷加工钢筋的原材料进行复检是保证产品质量的重要环节。

2) 产品重量检验

在冷加工钢筋的检验中,往往注重对其强度、伸长率和 180° 冷弯的检验,而忽略了重量指标的检验,此问题是目前冷加工钢筋存在的较普遍现象之一。

冷轧带肋钢筋的重量偏差限定在 $\pm 4\%$;冷轧扭钢筋的偏差限定在 -5% 。超过负偏差限值显然对设计来讲是不安全的,而对于超大偏差往往并不引起人们重视,仅仅只认为是多用材料而已,事实上冷加工钢筋超大偏差往往可能意味着强度的降低或不足,因为产品质量检验时抗拉强度指标是以试样拉断时最大拉力除以公称截面面积求得的。可见,对冷加工钢筋来讲,过大的超重并非仅仅是多用材料的问题,还可能存在强度指标不满足要求的隐患,产品重量检验要认真对待。

3) 产品外形几何尺寸检验

由于钢筋冷加工过程装备的一些部件磨损而改变了产品的某些几何尺寸,这是冷加工工艺允许的,但应控制在规定的范围内。对于冷轧扭钢筋,轧辊磨损的结果使轧扁厚度增加,对产品性能提高有利,所以标准中只规定最小轧扁厚度。但冷轧带肋钢筋的成肋轧辊磨损,将使横肋尺寸减小,对与混凝土黏结锚固性能不利,应加以控制。因此,对冷加工钢筋外形几何尺寸的检验是杜绝伪劣产品的一种有效方法。

4) 冷加工钢筋的应变时效

钢筋冷加工后产生硬化,使其强度提高,塑性大幅度下降,为了保证其伸长率达到规定指标,通常在加工过程中设置消除内应力装置(如冷轧带肋钢筋加工工艺的多辊矫直系统)。但是人们往往忽视了钢筋冷加工应变时效,即钢筋在冷加工后自然状态下放置,随时间增加其强度增加、伸长率下降并最终收敛的现象(称为自然时效),这种现象对冷轧带肋钢筋尤为严重,其伸长率下降可达40%,常常可能出现出厂检验时的合格产品,而到工地复检时伸长率不合格。因此,在做冷加工钢筋性能检验时,最好将试样进行人工时效(即将试样加温到100℃约30min,然后空冷至室温)后,再做拉伸试验,便可消除应变时效影响,所测定结果较为可靠。

鉴于冷轧扭钢筋加工工艺是半开式(只有轧扁厚度的限制),所以应变时效影响较小,加工过程也无内应力消除装置。故试样也无须人工时效处理。

5) 冷加工钢筋的适用范围

按一、二级抗震等级设计时框架结构中纵向受力钢筋的选用,其检验所得的强度实测值,尚应符合钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于1.25的要求。目前无论是冷轧带肋钢筋或冷轧扭钢筋的强屈比均达不到这一要求。因此,将其作为剪力墙(抗震构件)的受力主筋使用,要有一定的试验依据。

冷轧带肋钢筋是否可用作箍筋,尤其是作抗震构件(梁、柱)的箍

筋要持慎重态度。因为在抗震梁、柱构件中冷轧带肋钢筋代替Ⅰ级或Ⅱ级钢筋制作箍筋时,并不能采用等强代替原则。但在高层建筑或各抗震等级结构中,水平板类构件始终不属抗震构件,所以冷加工钢筋作为水平板类构件的受力主筋使用。但是,目前冷加工钢筋在水平楼板构件中的应用也存在一些值得探讨的问题。

确定一种钢筋品种是否适用于混凝土结构,并非仅由伸长率一项指标来定论,要从材料的各项指标(如 180° 冷弯)及其他相关性能(如黏结锚固性能)、适用范围、设计、施工、质保体系乃至经济效益等多方面综合评价。实践证明,冷轧扭钢筋在其适用范围内的确是一种综合技术经济指标都较优越的高效钢筋品种之一。

11. 低碳冷拔钢丝

冷拔光面钢筋是指热轧圆盘条经冷拔减径而成的光面圆形钢筋。

低碳冷拔钢丝按照强度等级分为甲级和乙级两种,甲级钢丝可用作小型预应力钢筋混凝土构件的预应力筋,乙级钢丝主要用作焊接网、焊接骨架的配筋以及箍筋和构造钢筋等。低碳冷拔钢丝的直径符号是 Φ^b ,"b"是拔字的汉语拼音首位字母。预应力冷拔低碳钢丝经过机械调直后,强度标准应降低 50 MPa。

12. 冷拉钢筋

冷拉钢筋按照冷拉前母材的强度等级分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个等级。冷拉钢筋的直径符号是在母材的公称直径符号上加上标"l", "l"是"拉"字的汉语拼音首位字母(注"l"为斜体),即与冷拉钢筋四个强度等级相应直径符号为 Φ^l 、 Φ^l 、 Φ^l 、 Φ^l 。冷拉钢筋的强度标准值用的是冷拉钢筋的屈服点(σ_s)或屈服强度($\sigma_{0.2}$)最小值。随着钢筋品种的增多,钢筋通过冷拉来提高强度、节约钢材已失去实际意义了,只能成为钢筋调直和除锈的一种手段。

13. 混凝土结构用钢筋伸长率

钢筋的力学性能是指钢筋在力作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能,其特征或制定的指标最常用的

有抗拉强度、伸长率、180°冷弯以及疲劳强度、冲击韧性。

伸长率是表征钢筋在静力作用下塑性变形发展能力的指标之一。其值为试样在测量范围(通常称标距 l_1)的伸长与试验前该相同测量范围(即原始标距 l_0)的比值,以百分数表示 $A = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\%$ 。因此,该值是一个无量纲的相对值,即单位长度的变形(伸长)量。

由应力—应变曲线可知,钢筋的应变(伸长率)在拉伸试验各不同工作阶段(低碳钢热轧圆盘条钢筋在单向拉力作用下工作分为5个阶段,即弹性、弹塑性、塑性、强化和颈缩破坏)的含义和数值都各不相同。以下叙述两个主要的伸长率表述方式:

1) 钢筋的断后伸长率 A

钢筋伸长率的测定和判据是采用断后伸长率这一指标,其关键是颈缩现象。

颈缩是由于强化阶段末钢材的应变硬化能力不足以补偿试样横截面面积的减少时,以收缩(即颈缩)的形式表现其变形能力。此后,塑性变形主要集中于横截面面积不断减少的颈缩区域。若将试样原始标距作一等分刻度(取 10 mm),可测得试样断后标距范围内各等分刻度的伸长分布如图 1-1-1 所示。

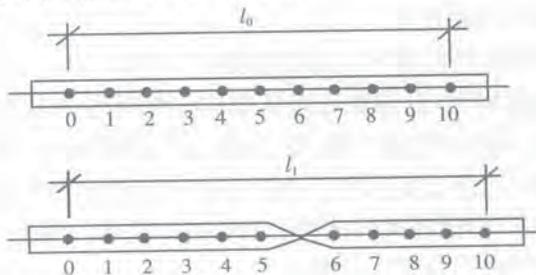


图 1-1-1 颈缩与伸长示意

由图 1-1-1 可知,在标准范围内(10mm)所测定的断后伸长率 A 既不是测量区域内的最大值,也不是最小值,而是将颈缩区域大的

伸长按标距范围计算成平均值。因此,标距范围内颈缩区域以外段的实际伸长率并未达到该平均值,而颈缩区域的伸长率则又高于该平均值。对此,人们认为断后伸长率不能真实表征材料塑性性能,这是一个涉及如何正确理解金属材料的塑性性能及其判据指标的问题。

断后伸长率表达了钢筋在单向拉伸力作用下材料延展能力的大小,其过程包括弹性变形、弹塑性变形、塑性变形、强化及颈缩等全部的变形,因此就钢筋自身塑性性能而言,断后伸长率最完整地反映了变形的全部过程。

颈缩变形在工程应用中具有实际意义。基于钢筋与混凝土共同工作及变形协调等原因,在正截面承载力极限状态计算中规定了受拉钢筋的极限压应变取 0.01(即相当于伸长率 1%);又同时规定了混凝土的极限压应变为 0.0033。显然这些正常使用条件下的变形限值相协调的,亦即在正常使用条件下,钢筋在全长范围任何位置的伸长变形不可能达到颈缩阶段,也不可能达到流幅阶段。伸长变形的大量储备是为偶发事件发生钢筋拉断之前的结构构件变形提供必需的保证,况且实际工作中的混凝土结构构件,尤其是受弯构件的受力主筋在构件的全长范围内应力分布是不相等的,所以其应变在全长范围也不可能相等。

鉴于结构构件的破坏(以钢筋拉断为破坏标志)也总是发生在内力最大的截面附近,且钢筋在破坏截面拉断时也必定要经历颈缩过程,即使是所谓的均匀伸长率,也不是说构件破坏时,钢筋的伸长率处处都达到均匀伸长率水平。由此可见,结构构件的破坏(以钢筋拉断为破坏标志)和钢筋拉伸试验的断裂过程是相一致的,故断后伸长率仍是真实反映工程实际的情况。

结构构件的破坏是否为延性,最关键所形成的混凝土结构是否属延性破坏。通常情况下,钢筋塑性高的,所形成的混凝土结构构件延性也较好,但并非唯一条件。如冷轧扭钢筋的断后伸长率为 $A \geq 4.5\%$,但所形成的混凝土板类受弯构件却表现为典型的延性破

坏特征(即跨中挠度超过 $l/50$)。相反,一些震害调查显示,即使是全钢结构也有倒塌现象(主要是节点部位的脆性破坏导致),证明即使是塑性很好的钢材,在不同受力状态或工作环境下也可能产生两种截然不同的破坏形式,因此对混凝土结构的延性或脆性破坏更不可能以钢筋采用何种伸长率为判别依据。

2) 钢筋在最大力下总伸长率

最大力下的伸长率是指试样拉伸到最大力时标距的伸长与原始标距的百分比。可分为最大力下总伸长率(A_{gt})和非比例伸长率(A_{g1}),其中 A_{g1} 不包括弹性变形,而 A_{gt} 包括了弹性和塑性伸长(即弹性、弹塑性、强化阶段的全部变形伸长)。 A_{gt} 的测定并非不需要考虑标距的长短,还要根据钢筋直径不同分别选取不同标距;同时对不同的钢筋品种,由于其自身塑性要求不同,宜选取不同的标距,不必要求标距的统一。

第二节 钢筋的检验

一、钢筋性能检验

1) 钢筋性能检验是对钢筋的化学成分、力学性能、焊接性能及钢筋表面尺寸等进行综合检验。

(1) 化学成分分析结果:含 C 量(0.16%~0.24%)、碳当量(0.36%~0.49%)、微合金化钢的 V(或 Ti)含量(0.04%~0.09%)及其他成分均符合要求。

(2) 力学性能试验取拉伸试件、冷弯和反弯试件、弹性模量试件,进行屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 σ_5 及弯曲性能试验并计算强屈比 σ_b/σ_s ,其结果符合规定。

(3) 可焊性试验以闪光对焊和搭接电弧焊为试验项目,对闪光对焊接头进行拉力和弯曲试验;对搭接电弧焊接头进行拉力试验。其结果接头拉伸性能和弯曲性能符合 JBJ 18-84 的规定。

(4)钢筋表面尺寸检验,测量钢筋的内外径、横肋高度、横肋间距等,其结果符合规定的尺寸及偏差范围。

2)除检验以上基本性能外,根据钢筋不同使用环境和条件或不同类型结构,尚进行以下的应用性能试验:用于疲劳构件的钢筋疲劳性能;经冷拉提高强度后作预应力钢筋用的钢筋冷拉参数和应力松弛性能;在负温环境下使用的钢筋负温拉伸、焊接、冲击韧性试验等。

二、施工现场钢筋检验

1. 钢筋进场检验

1)钢筋验收

钢筋进场必须按批量检验验收。钢筋进场必须有钢筋出厂证明,标明钢种、牌号、数量、化学成分、力学性能、生产厂家和出厂日期等。

按批检查验收。每批由同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的钢筋组成;每批重量不大于60t,对小于30t的冶炼炉和连续坯轧的钢筋,允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇铸方法和不同炉号组成混合批,但每批不多于6个炉号,每炉号含碳量之差不得大于0.02%,含锰量之差不得大于0.15%。检查包括外观检查和钢筋试验等。

2)钢筋试验

钢筋使用前,必须按规定代表数量和取样方法取样,进行力学性能复验。热轧钢筋在加工过程中如发现脆断、焊接性能不良或机械性能不正常等现象,应进行化学成分分析或其他专项试验,检验是否符合设计规范要求,然后决定是否使用。试验报告和出厂证明要合并装订保存。

3)取样长度

$\geq \Phi 20\text{mm}: l_{\text{拉}} = 10d + 200\text{mm}, l_{\text{弯}} = 5d + 200\text{mm}。$

$< \Phi 20\text{mm}: l_{\text{拉}} = 10d + 250\text{mm}, l_{\text{弯}} = 5d + 200\text{mm}。$

2. 热轧带肋钢筋、热轧光圆钢筋、低碳钢热轧圆盘条、热处理钢筋检验

热轧带肋钢筋、热轧光圆钢筋、低碳钢热轧圆盘条、余热处理钢

筋批量取样;每批 ≤ 60 t,每批取一组试样。

(1)热轧带肋钢筋、热轧光圆钢筋、余热处理钢筋,取样时在该批中任选2根钢筋,每根上截取2段,1个拉件、1个弯件,即2个拉件、2个弯件为一组,用铁丝捆好,并附上写明该钢筋规格的标牌。试件不允许车削加工。

(2)低碳钢热轧圆盘条,取样时任选两盘,去掉端头500mm,各截取1个拉件,与2个弯件合为一组,用铁丝捆好,并附上写明该钢筋规格的标牌送试验室试验。

(3)以上取样试验结果,如有一项不符合要求,应从同一批中另取双倍数量的试样重做各项试验。如仍有一个试样不合格,该批钢筋为不合格品。

(4)每个试验最后要有结论,结论中要写明依据什么规范,符合哪条标准,或不符合哪条标准:

①热轧带肋钢筋,依据《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499-1998)标准,符合HRB335要求;

②热轧光圆钢筋,依据《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB 13013-91)标准,符合I级钢要求;

③低碳钢热轧圆盘条,依据《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T 781-1997)标准,符合Q235A或B等级要求;

④余热处理钢筋,依据《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014-91)标准,符合III级钢要求。

3. 冷轧带肋钢筋检验

冷轧带肋钢筋进场后应按批检查验收,每批由同钢号、同规格和同级别的钢筋组成,重量不大于50t。

钢筋的力学性能应逐捆检验,从每捆取2个试样,分别进行拉伸和冷弯试验。取样长度按钢筋进场检验的取样长度取样,试验结论应符合《冷轧带肋钢筋》(GB 13788-92)标准。

4. 冷轧扭钢筋检验

冷轧扭钢筋进场后应分批进行复验,按同一钢厂、同一牌号、同

一规格钢筋为一批,每批重量不应大于 10 t。当连续检验 10 批均为合格时,检验一批重量可扩大 1 倍。

进行力学性能的复验时,应从每批冷轧扭钢筋中随机抽取 2 根,取样长度按钢筋进场检验的取样长度取样,在一根上取一拉一弯 2 个试样,在另一根上取 1 根拉伸试样,3 根试样两拉一弯为一组,2 根进行拉伸试验,1 根进行冷弯试验。当所有试验都合格时,该批冷轧扭钢筋可定为合格品。当有不合格时,应按《冷轧扭钢筋》(GB 3046—1998)的规定进行复试和判定。

同时进行规格、外观、截面参数和外形尺寸检查。

5. 冷拔钢丝检验

冷拔低碳钢丝应逐盘检验,相同材料盘条冷拔成同直径的钢丝,以 5 t 为一批。做力学性能试验时,甲级钢丝从每盘中任意端先去掉 500 mm,然后取一拉一弯 2 个试样,分别做拉力和 180°反复弯曲试验,按其抗拉强度确定该盘钢丝的级别。

乙级钢丝分批取样,同一直径的钢丝 5 t 为一批,任选 3 盘,每盘截取 2 个试样,分别做拉力和反复弯曲试验。如有 1 个不合格,应在未取过试样的盘中另取双倍数量的试样,再做各项试验,如仍有 1 个试样不合格,应对该批钢丝逐盘取样试验,合格者方可使用。试验结论依据:冷拔低碳钢丝的力学性能不得小于表 1-2-1 的规定。

表 1-2-1 冷拔低碳钢丝的力学性能

钢丝级别	直径(mm)	抗拉强度(N/mm ²)		伸长率 δ_{10g} (%)	180°反复弯曲 (次数)
		I 组	II 组		
甲级	5	650	600	3.0	4
	4	700	650	2.5	
乙级	3~5	550		2.0	4

注:预应力冷拔低碳钢丝经机械调直后,抗拉强度标准值应降低 50 N/mm²。

6. 冷拉钢筋检验

冷拉钢筋应分批验收,每批由不大于 20 t 的同级别、同直径的冷拉钢筋组成。做力学性能试验时,从每批中抽取 2 根钢筋,每根取一拉一弯 2 个试样,4 个试样为一组。取样长度按钢筋进场检验的取

样长度取样,分别进行拉伸和冷弯试验。如有一项结果不合要求,应取双倍数量的试样重做各项试验,如仍有1个试样不合格,该批冷拉钢筋为不合格品。试验结论依据:冷拉钢筋的力学性能应符合表1-2-2的规定。

表 1-2-2 冷拉钢筋力学性能

钢筋级别	钢筋直径 (mm)	屈服强度 (N/mm ²)	抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 δ_{10} (%)	冷弯	
		不小于			弯曲角度	弯曲直径
I级	≤12	280	370	11	180°	3d
II级	≤25	450	510	10	90°	3d
	28~40	430	490	10	90°	4d
III级	8~40	500	570	8	90°	5d
IV级	10~28	700	835	6	90°	5d

注:①冷拉钢筋的屈服强度值,系为冷拉钢筋强度标准值。

②钢筋直径大于25mm的冷拉III、IV级钢筋,冷弯弯曲直径应增加1d,d为钢筋直径(mm)。

钢筋的冷拉方法可采用控制应力法或控制冷拉率:对不能分清炉批号的热轧钢筋不应采取控制冷拉率的方法,应采用控制应力方法,其冷拉控制应力下的最大冷拉率,应符合表1-2-3的规定;冷拉时应检查钢筋的冷拉率,当超过表1-2-3的规定时,应进行力学性能检验。采用控制冷拉率方法,冷拉率必须由试验确定;测定同炉批钢筋冷拉率,其试样不少于4个,并取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率;测定冷拉率时钢筋的冷拉应力,应符合表1-2-4的规定。

表 1-2-3 冷拉控制应力及最大冷拉率

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉控制应力(N/mm ²)	最大冷拉率(%)
I级	≤12	280	10.0
II级	≤25	450	5.5
	28~40	430	
III级	8~40	500	5.0
IV级	10~28	700	4.0

表 1-2-4 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉应力(N/mm ²)
I 级	≤12	310
II 级	≤25	480
	28~40	460
III 级	8~40	530
IV 级	10~28	730

注：当钢筋平均冷拉率低于 1% 时，仍应按 1% 进行冷拉。

7. 钢筋检验应注意抗震要求

对有抗震设防要求的框架结构，其纵向受力钢筋应满足设计要求；当设计无要求时，对一、二级抗震等级，检验所得的强度实测值符合下列规定：

(1) 钢筋抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；

(2) 钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

这样规定的目的是为了保证在地震作用下，结构某些部位出现塑性铰以后，钢筋具有足够的变形能力，以减少地震造成的灾害影响。因此，对一、二级抗震要求的框架结构，除了核查钢筋的质保书及复验报告外，还要对纵向受力钢筋的强屈比及超强比进行计算，符合要求方可使用。

三、混凝土结构内部钢筋应力测量

在混凝土结构的试验或检测中，一般要测量钢筋的应力，以观察钢筋的应力变化，得到结构的受力性能和承载力，通常是用测得的应变通过钢筋的应力-应变关系换算为应力值。假定在钢筋屈服前其应力和应变成正比，即钢筋应力取钢筋应变与弹性模量的乘积： $\sigma = E\epsilon$ ，因此测得钢筋应变就可以通过钢筋的弹性模量得到钢筋的应力。

应变一般用电阻应变片进行测量，将电阻应变片粘贴于构件表面，通过应变测量系统测出其应变值。要求应变片与试件粘贴牢固，

保证两者同步变形、共同工作。由于混凝土结构中的钢筋在混凝土内部,其应变测量比一般构件表面应变测量复杂得多。列举在实际中使用的几种测量方法如下:

1. 预留孔洞贴应变片

浇筑混凝土时,在测点处预留孔洞,待混凝土达到一定强度后再粘贴应变片进行试验和检测,其操作步骤:

(1)打磨处理贴片处的钢筋表面,为防止生锈,宜在贴片处涂黄油;

(2)用开槽的木块绑在贴片处,其厚度与混凝土保护层厚度相同;

(3)绑扎钢筋,浇筑混凝土;

(4)待混凝土达到一定强度后撬出木块,将贴片处清洗干净后粘贴应变片;

(5)连接导线后进行相应的防潮处理,注意导线应固定,以免扯断应变片的引出线。

在构件测量处预留孔洞后贴片,可以保证应变片的粘贴质量;若应变片粘贴不合格,可刮掉重新粘贴。由于在构件表面预留孔洞(测点较多时预留孔洞也多),对构件截面刚度会产生一定影响,如弯矩最大处的孔洞截面会首先开裂,影响结构受力性能,使试验结果与实际产生差异。

2. 先贴应变片后浇筑混凝土

预留孔洞会削弱构件截面的刚度而影响结构受力性能,可采用先在钢筋上粘贴应变片后浇筑混凝土的方法。

1) 贴应变片

打磨处理贴应变片处的钢筋表面,由于要采取防潮措施,打磨面积应比正常贴片略大。贴应变片后应在其引线下贴绝缘胶带,以防引线与钢筋接触而造成短路。

2) 防潮处理

钢筋表面所贴应变片要经历混凝土浇筑及养护过程,故对防潮

处理要求较高。通常的做法是粘贴应变片的绝缘电阻达到要求后,将应变片及引线接头用密封胶封闭。待密封胶固化后,用浸环氧树脂的绸布或纱布包裹贴片处(特别要注意包裹处的两头应密封,该处可补加环氧树脂涂抹)。

3) 注意事项

(1)为增加包裹处环氧树脂与混凝土的黏结力,可在包裹后的环氧树脂面上撒一层黏砂,以增加表面粗糙度,使之与混凝土完好黏结。

(2)为检查绝缘效果,待环氧树脂固化后,可将贴应变片的钢筋泡在水中约 1d,若各项性能达到要求,说明粘贴质量较好。

(3)浇筑混凝土前将导线沿钢筋骨架绑扎牢固,从适当地方引出。振捣混凝土时,应防止振捣器损伤所贴应变片或震断导线。

(4)振捣过程中若遇尖锐石头挤压,易造成导线割断或割破,使应变片或试件短路。对此可用细塑料胶管套住导线,然后固定在钢筋骨架上,以防导线受损。

3. 钢筋开槽贴应变片

先在钢筋上贴应变片,后浇筑混凝土,是测量钢筋应力的较好方法,目前采用较多。若一根钢筋上贴片数量较多而造成钢筋表面多处需用环氧树脂包裹,必将改变钢筋原表面形状和特点,影响钢筋与混凝土的黏结性能。为保证钢筋与混凝土之间的黏结完好,使测量结果反映混凝土结构的实际状态,可采用钢筋开槽贴应变片。

1) 钢筋开槽

沿钢筋纵向开槽,槽口宽度以方便应变片粘贴为宜,槽深 3~5 mm,使所有导线均能在槽中铺设。要求开槽尺寸标准,钢筋截面积以开槽后的实际面积计算。

2) 贴应变片

在槽中贴应变片,导线按一个方向从钢筋端部引出,注意各应变片应编号并在导线端部做标记,以免造成混乱。

3) 防潮

用环氧树脂将槽道封闭并撒粗砂,使开槽处钢筋与混凝土能较

好黏结。

钢筋应力是混凝土结构试验中一项基本的测量参数,由于钢筋在混凝土内部,采用电测法时,其布点、应变片安装及测量均比测量构件表面应变要求高,故作如下处理:

(1)粘贴应变片采用 502 胶水,黏结强度高、固化时间短、操作方便。但 502 胶水具有一定的腐蚀作用,虽对短期试验影响不大,但若要进行长期试验,其腐蚀作用将影响应变片与试件的黏结效果,严重者将导致黏结失效,故进行长期试验宜选用腐蚀性小的黏结剂。

(2)混凝土构件刚度较大,预留孔洞对构件受力性能影响不大时,可采用预留孔洞贴应变片的方法,贴应变片后用环氧砂浆将孔洞补平,以减少预留孔洞对结构的影响。

(3)钢筋开槽后贴应变片的方法开槽费用较高,除试验要求、测量精度要求较高或研究钢筋与混凝土黏结性能外,采用先在钢筋上贴片后浇筑混凝土的方法。

第二章 钢筋的锚固、连接和连接检验

第一节 钢筋的锚固与连接接头

一、混凝土中钢筋的锚固

(1)为充分利用混凝土中钢筋的抗拉强度,混凝土中受拉钢筋的锚固长度 l_a :

$$\text{对普通钢筋: } l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d;$$

$$\text{对预应力钢筋: } l_a = \alpha \frac{f_{pv}}{f_t} d_0.$$

基本锚固长度 l_a 取决于普通钢筋或预应力钢筋抗拉强度 f_y 、 f_{pv} 及混凝土轴心抗拉强度 f_t ,并与钢筋外形有关,外形影响反映在外形系数 α 中。钢筋的外形系数按表2-1-1取用。

表 2-1-1 钢筋的外形系数

钢筋类型	光面钢筋	带肋钢筋	刻痕钢丝	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	七股钢绞线
α	0.16	0.14	0.19	0.13	0.16	0.17

注:光面钢筋系指 HPB235 级钢筋,其末端应做 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;带肋钢筋系指 HRB335 级、HRB400 级钢筋及 RRB400 级余热处理钢筋。

①当混凝土强度等级高于 C40 时,仍按 C40 取值,以控制高强混凝土中锚固长度不至于过短。

②为反映 HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋直径较大时相对肋高减小对锚固作用降低的影响,应对直径大于 25 mm 的钢筋的锚固长度适度加大,乘以修正系数 1.1。

③为反映 HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级的环氧树脂涂层钢筋对锚固的不利影响,其锚固长度应乘以修正系数 1.25。

④当钢筋在混凝土施工中易受扰动(如滑模施工)时,为消除对锚固的不利影响,其锚固长度应乘以修正系数 1.1。

⑤当混凝土保护层厚度或钢筋间距较大时,握裹作用加强,HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋锚固长度可适当缩短。当保护层厚度大于锚固钢筋直径的 3 倍且有箍筋约束时,HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋锚固长度可乘以修正系数 0.8。

上述各项修正系数可以连乘,但出于构造要求,修正后的受拉钢筋锚固长度不能小于最低限值,即基本锚固长度 l_a 的 0.7 倍,且不应小于 250 mm。

(2)当 HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级纵向钢筋末端采用机械锚固措施时,包括附加锚固端头在内的锚固长度可取基本锚固长度 l_a 的 0.7 倍。

加弯钩、焊锚板及贴焊锚筋三种机械锚固的形式及构造要求宜按图 2-1-1 采用。

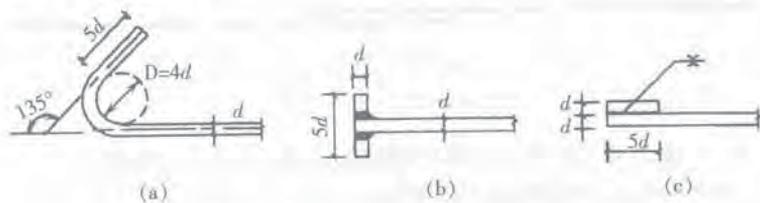


图 2-1-1 钢筋机械锚固的形式及构造要求

(a) 末端带 135°弯钩;(b) 末端与钢板穿孔塞焊;(c) 末端与短钢筋双面贴焊

采用机械锚固措施时,锚固长度范围内的箍筋不应少于 3 个,其直径不应小于纵向钢筋直径的 0.25 倍,其间距不应大于纵向钢筋直径的 5 倍。当纵向钢筋的混凝土保护层厚度不小于钢筋公称直径的 5 倍时,因保护层厚度很厚,锚固约束作用较强,可不配置上述箍筋。

(3)受压钢筋的锚固长度为相应受拉锚固长度的 0.7 倍。

二、钢筋的连接接头

由于钢筋通过连接接头传力的性能不如整根钢筋,设置钢筋连接接头的原则:接头应设置在受力较小处;同一根钢筋上应少设接头。

1) 绑扎搭接接头

(1) 钢筋绑扎搭接接头的应用范围:轴心及小偏心受拉构件不应采用绑扎搭接接头;直径大于 28 mm 的受拉钢筋及直径大于 32 mm 的受压钢筋不宜采用绑扎搭接接头。

(2) 纵向受力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的长度为 1.3 倍搭接长度 l_l , 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(见图 2-1-2)。

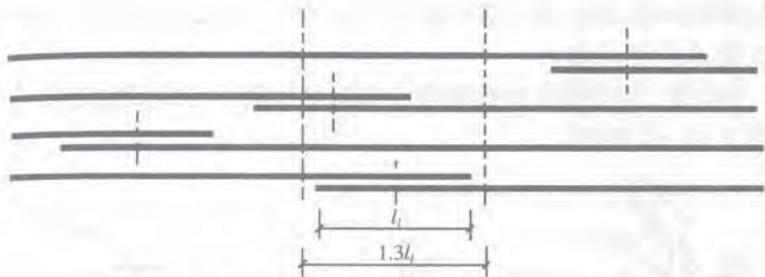


图 2-1-2 同一连接区内的纵向受拉钢筋绑扎搭接接头

注:图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为 2 根,当钢筋直径相同时,钢筋搭接接头面积百分率为 50%

(3) 位于同一连接区段内的受拉钢筋绑扎搭接接头面积百分率,对梁类、板类及墙类构件不宜大于 25%;对柱类构件不宜大于 50%。

(4) 纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度 $l_l = \zeta l_a$, 式中纵向受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ 按表 2-1-2 取用。

表 2-1-2 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

纵向钢筋搭接接头面积百分率(%)	≤25	50	100
ζ	1.2	1.4	1.6

在任何情况下,纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度均不应小于 300 mm。

(5)纵向受压钢筋绑扎搭接接头的搭接长度不应小于纵向受拉钢筋搭接长度的 0.7 倍,且在任何情况下不应小于 200 mm。

(6)在纵向受力钢筋搭接长度内应配置箍筋,其直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍。当钢筋受拉时,箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍,且不应大于 100 mm;当钢筋受压时,箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍,且不应大于 200 mm。当钢筋直径大于 25 mm 时,尚应在搭接接头两个端面外 100 mm 范围内各设置 2 个箍筋,其间距宜为 50 mm。

2) 焊接接头

(1)纵向受力钢筋焊接接头应相互错开。钢筋焊接接头连接区段的长度为 $35d$ (d 为钢筋的较大直径)且不小于 500 mm;吊车梁、屋面梁及屋架下弦的纵向受拉钢筋焊接(必须采用闪光对焊)接头连接区段的长度为 $45d$ (d 为钢筋的较大直径)。凡接头中点位于该连接区段长度内的焊接接头均属于同一连接区段。

(2)位于同一连接区段内受力钢筋的焊接接头面积百分率,对纵向受拉钢筋接头不应大于 50%;对吊车梁、屋面梁及屋架下弦的纵向受拉钢筋接头不应大于 25%;对纵向受压钢筋接头面积百分率不受限制。

(3)承受均布荷载作用的屋面板、楼板、檩条等简支受弯构件,如在受拉区内配置的纵向受力钢筋少于 3 根时,可在跨度两端各 $1/4$ 跨度范围内设置 1 个焊接接头。

3) 机械连接接头

(1)纵向受力钢筋机械连接接头宜相互错开。钢筋机械连接接头连接区段的长度为 $35d$ (d 为钢筋较大直径),凡接头中点位于该

连接区段长度内的机械连接接头均属于同一连接区段。

(2)在受力较大处设置机械连接接头时,位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于50%,纵向受压钢筋接头面积百分率不受限制。

(3)承受动力荷载的构件中的机械连接接头,除应满足抗疲劳性能外,位于同一连接区段内的纵向受力钢筋接头面积百分率不应大于50%。

三、钢筋的最小锚固、搭接长度

纵向受拉钢筋最小锚固长度 l_a 和最小搭接长度 l_l ,应符合表2-1-3的要求。

表 2-1-3 钢筋锚固长度 l_a 、搭接长度 l_l

混凝土强度等级	HRB235(Φ) $f_y=210$ $\alpha f_y=0.16 \times 210=33.6$			HRB335(Φ) $f_y=300$ $\alpha f_y=0.14 \times 300=42.0$			HRB400(Φ) $f_y=360$ $\alpha f_y=0.14 \times 360=50.4$					
	l_a	l_l			l_a	l_l			l_a	l_l		
		25%	50%	100%		25%	50%	100%		25%	50%	100%
		$\zeta=1.2$	$\zeta=1.4$	$\zeta=1.6$		$\zeta=1.2$	$\zeta=1.4$	$\zeta=1.6$		$\zeta=1.2$	$\zeta=1.4$	$\zeta=1.6$
C20 $f_t=1.10$	31d	37d	43d	49d	39d	46d	54d	62d	46d	55d	65d	74d
C25 $f_t=1.27$	27d	32d	38d	43d	34d	40d	47d	53d	40d	48d	56d	64d
C30 $f_t=1.43$	24d	29d	33d	38d	30d	36d	42d	47d	36d	43d	50d	57d
C35 $f_t=1.57$	22d	26d	30d	35d	27d	33d	38d	43d	33d	39d	45d	52d
\geq C40 $f_t=1.71$	20d	24d	28d	32d	25d	30d	35d	40d	30d	36d	42d	48d

注:① f_y 为普通钢筋的抗拉强度设计值; f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值,当混凝土强度大于等于C40时,按C40取值; α 为钢筋的外形系数,光面钢筋 $\alpha=0.16$,带肋钢筋 $\alpha=0.14$; ζ 为纵向受拉钢筋搭接长度修正系数,当纵向钢筋搭接接头面积百分率为25%时 $\zeta=1.2$,为50%时 $\zeta=1.4$,为100%时 $\zeta=1.6$ 。

②钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} :一、二级抗震等级 $l_{aE}=1.15l_a$,三级抗震等级 $l_{aE}=1.05l_a$,四级抗震等级 $l_{aE}=l_a$ 。

③钢筋的抗震搭接长度 $l_{lE}=\zeta l_{lE}$;两根直径不同钢筋的搭接长度,以较粗钢筋的直径计算; d 为钢筋的公称直径。

第二节 钢筋的连接方法

钢筋的接头连接方式的顺序为机械连接、绑扎搭接连接和焊接连接。机械连接方式连接质量好；焊接连接方式受电流波动、工艺水平及天气影响等，其质量波动较大；绑扎搭接连接方式在符合搭接要求时，传力的性能是可以满足要求的。机械连接和焊接连接方式中，套筒冷挤压机械连接方法优于其他机械连接法；闪光对焊方法优于其他焊接连接方法。

一、钢筋焊接连接

1) 钢筋闪光对焊

钢筋闪光对焊是将两钢筋安放成对接形式，利用焊接电流通过两钢筋接触点产生的电阻热，使金属熔化，产生强烈飞溅，形成闪光，使钢筋端部产生塑性区及均匀的液体金属层，迅速施加顶锻力完成的一种压焊方法。

(1) 根据工艺方法可分成连续闪光焊、预热闪光焊和闪光-预热闪光焊三种：

① 当钢筋直径较小，钢筋级别较低，在表 2-2-1 的范围内，可采用连续闪光焊：

表 2-2-1 连续闪光焊钢筋上限直径

焊机容量(kV·A)	钢筋级别	钢筋直径(mm)
160	I 级	25
	II 级	22
	III 级	20
100	I 级	20
	II 级	18
	III 级	16
80	I 级	16
	II 级	14
	III 级	12

②当超过表 2-2-1 中的范围,即钢筋较粗,且钢筋端面较平整,宜采用预热闪光焊;

③当钢筋端面不平整,应采用闪光-预热闪光焊。

(2)闪光对焊时,应选择调伸长度、烧化留量、顶锻留量以及变压器级数等焊接参数:

①调伸长度应随着钢筋级别的提高和钢筋直径的加大而增长。当焊接Ⅲ、Ⅳ级钢筋时,调伸长度宜在 40~60 mm。

②烧化留量应根据焊接工艺方法确定,连续闪光焊时的烧化过程应较长;预热闪光焊时的烧化留量不应小于 10 mm,预热留量应为 1~2 mm。烧化留量应等于两根钢筋在断料时切断机刀口严重压伤部分(包括端面的不平整度),再加 8 mm。

③顶锻留量应为 4~10 mm,并应随钢筋直径的增大和钢筋级别的提高而增加(其中有电顶锻留量约占 1/3)。焊接Ⅳ级钢筋时,顶锻留量宜增大 30%。

④变压器级数应根据钢筋级别、直径、焊机容量以及焊接工艺方法等具体情况选择。

(3)余热处理Ⅲ级钢筋闪光对焊时,与热轧钢筋比较,应减小调伸长度,提高焊接变压器级数,缩短加热时间,快速顶锻,形成快热快冷条件,使热影响区长度控制在钢筋直径 0.6 倍范围之内。

(4)Ⅳ级钢筋应采用预热闪光焊或闪光-预热闪光焊。当接头拉伸试验结果发生脆性断裂或弯曲试验达不到规定要求时,尚应在焊机上进行焊后热处理。焊后热处理温度应在 750~850℃,随后在环境温度下自然冷却。

2) 钢筋电弧焊

钢筋电弧焊是以焊条作为一极,钢筋为另一极,利用焊接电流通过电弧热进行焊接的一种熔焊方法。

(1)电弧焊所采用的焊条,其性能应符合《碳钢焊条》(GB 5117)或《低合金钢焊条》(GB 5118)的规定,其型号应根据设计要求;若设计无要求时,可按表 2-2-2 选用。

表 2-2-2 钢筋电弧焊条型号

钢筋级别	电弧焊接头形式			
	帮条焊 搭接焊	坡口焊 熔槽帮条焊 预埋件穿孔塞焊	窄间隙焊	钢筋与钢板搭接焊 预埋件 T 型角焊
I 级	E4303	E4303	E4316、E4315	E4303
II 级	E4303	E5003	E5016、E5015	E4303
III 级	E5003	E5503	E6016、E6015	—

注：窄间隙焊不适用于余热处理 III 级钢筋。

(2) 钢筋电弧焊包括帮条焊、搭接焊、坡口焊、窄间隙焊和熔槽帮条焊五种接头形式。焊接时应符合下列要求：

① 应根据钢筋级别、直径、接头形式和焊接位置，选择焊条、焊接工艺和焊接参数；

② 焊接时，引弧应在垫板、帮条或形成焊缝的部位进行，不得烧伤主筋；

③ 焊接地线与钢筋应接触紧密；

④ 焊接过程中应及时清渣，焊缝表面应光滑，焊缝余高应平缓过渡，弧坑应填满。

(3) 帮条焊或搭接焊时，宜采用双面焊[图 2-2-1(a)、图 2-2-2(a)]。当不能进行双面焊时，可采用单面焊[图 2-2-1(b)、图 2-2-2(b)]。

帮条长度或搭接长度应符合表 2-2-3 的规定。当帮条级别与主筋相同时，帮条直径可比主筋小一个规格；当帮条直径与主筋相同时，帮条级别可比主筋低一个级别。

表 2-2-3 帮条长度或搭接长度

钢筋级别	焊缝形式	帮条长度、搭接长度
I 级	单面焊	$\geq 8d$
	双面焊	$\geq 4d$
II、III 级	单面焊	$\geq 10d$
	双面焊	$\geq 5d$

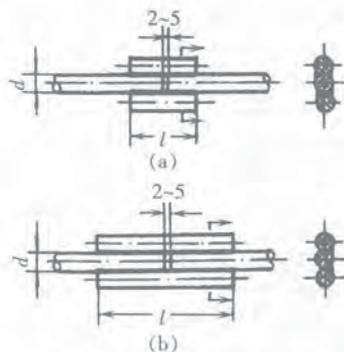


图 2-2-1 钢筋帮条焊接头

(a) 双面焊; (b) 单面焊

d —钢筋直径; l —帮条长度

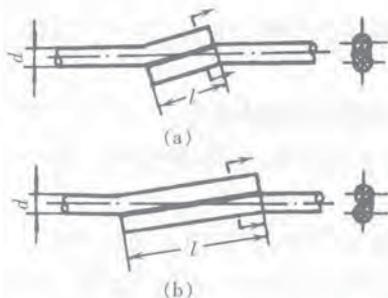


图 2-2-2 钢筋搭接焊接头

(a) 双面焊; (b) 单面焊

d —钢筋直径; l —搭接长度

帮条焊接头或搭接焊接头的焊缝厚度不应小于主筋直径的 0.3 倍; 焊缝宽度不应小于主筋直径的 0.7 倍。

(4) 帮条焊或搭接焊时, 钢筋的装配和焊接应符合下列要求:

- ① 帮条焊时, 两主筋端面的间隙应为 2~5 mm;
- ② 搭接焊时, 焊接端钢筋应预弯, 并应使两钢筋的轴线在一直线上;

③ 帮条焊时, 帮条与主筋之间应用四点定位焊固定; 搭接焊时,

应用两点固定；定位焊缝与帮条端部或搭接端部的距离应大于或等于 20 mm；

④焊接时，应在帮条焊或搭接焊形成焊缝中引弧；在端头收弧前应填满弧坑，并应使主焊缝与定位焊缝的始端和终端熔合。

(5)预埋件钢筋电弧焊 T 型接头可分为角焊和穿孔塞焊两种(图 2-2-3)。装配和焊接时，应符合下列要求：

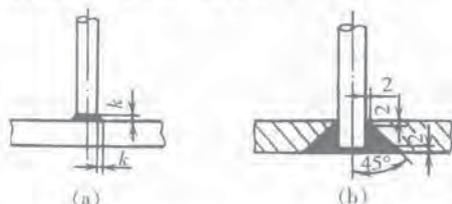


图 2-2-3 预埋件钢筋电弧焊 T 型接头

(a)角焊；(b)穿孔塞焊

k—焊脚

①钢板厚度 δ 不宜小于钢筋直径的 0.6 倍，且不应小于 6 mm；

②钢筋应采用 I、II 级；受力锚固钢筋的直径不宜小于 8 mm；构造锚固钢筋直径不宜小于 6 mm；

③当采用 I 级钢筋时，角焊缝焊脚 k 不得小于钢筋直径的 0.5 倍；采用 II 级钢筋时，焊脚 k 不得小于钢筋直径的 0.6 倍；

④施焊中，不得使钢筋咬边和烧伤。

3) 钢筋电渣压力焊

钢筋电渣压力焊是将两钢筋安放成竖向对接形式，利用电流通过两钢筋端间隙，在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程，产生电弧热和电阻热，熔化钢筋并加压完成的一种压焊方法。

(1)常用焊剂为 HT431，即高锰高硅低氟熔炼型焊剂，也可采用 YD40-III 专用焊剂。

焊剂应存放在干燥的库房内，当受潮时，在使用前应经 250~300℃ 烘焙 2h。

(2)电渣压力焊工艺过程应符合下列要求：



图 2-2-4 钢筋电渣压力焊接头

①焊接夹具的上、下钳口应夹紧于上、下钢筋上；钢筋一经夹紧，不得晃动；

②引弧宜采用铁丝圈或焊条头引弧法，亦可采用直接引弧法；

③引燃电弧后，应先进行电弧过程，然后加快上钢筋下送速度，使钢筋端面与液态渣池接触，转变为电渣过程，最后在断电的同时，迅速下压上钢筋，挤出熔化金属和熔渣；

④接头焊毕，应停歇后，方可回收焊剂和卸下焊接夹具，并敲去渣壳；四周焊包应均匀，凸出钢筋表面的高度应大于或等于 4 mm(图 2-2-4)。

(3)电渣压力焊可采用交流或直流焊接电源，焊机容量应根据所焊钢筋直径选定。

电渣压力焊焊接参数应包括焊接电流、电压和通电时间，并应符合表 2-2-4 的规定。不同直径钢筋焊接时，应按较小直径钢筋选择参数，焊接通电时间可延长。

表 2-2-4 电渣压力焊焊接参数

钢筋直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压(V)		焊接通电时间(s)	
		电弧过程 $u_{2.1}$	电渣过程 $u_{2.2}$	电弧过程 t_1	电渣过程 t_2
14	200~220	35~45	22~27	12	3
16	200~250			14	4
18	250~300			15	5
20	300~350			17	5
22	350~400			18	6
25	400~450			21	6
28	500~550			24	6
32	600~650			27	7
36	700~750			30	8
40	850~900			33	9

4) 钢筋气压焊

钢筋气压焊是采用氧燃烧火焰将钢筋对接处进行加热,使其达到塑性温度(约 125℃),或者达到熔化温度,加压完成的一种压焊方法。

达到塑性温度称为固态气压焊,即闭式气压焊;达到熔化温度称为熔化气压焊,即开式气压焊。采用固态气压焊时,可采用一次加压法、二次加压法和三次加压法,其中三次加压法最常用。采用熔化气压焊时,将钢筋端面预留间隙 3~5 mm,采用中性焰,在焊口处集中加热,消除端面附着物,同时将钢筋端面熔化,调整至碳化焰加压完成。

(1) 气压焊可用于钢筋在垂直位置、水平位置或倾斜位置的对接焊接。当两钢筋直径不同时,其两直径之差不得大于 7 mm。

(2) 气压焊时除供气装置外,还需要多嘴环管加热器、加压器和焊接夹具三部件,这些部件的规格尺寸随焊接钢筋直径大小选用。

(3) 气压焊施焊前,钢筋端面应切平,并宜与钢筋轴线相垂直;在钢筋端部两倍直径长度范围内若有水泥等附着物,应予清除。其钢筋边角毛刺及面上铁锈、油污和氧化膜应清除干净,并经打磨,使其露出金属光泽,不得有氧化现象。

(4) 安装焊接夹具和钢筋时,应将两根钢筋分别夹紧,并使两根钢筋的轴线在同一直线上。钢筋安装后应加压顶紧,两根钢筋之间的局部缝隙不得大于 3 mm。

(5) 气压焊时,应根据钢筋直径和焊接设备等具体条件选用等压法、二次加压和三次加压法焊接工艺。在两根钢筋缝隙密合和墩粗过程中,对钢筋施加轴向压力,按钢筋横截面积计算应为 30~40 MPa。

(6) 气压焊的开始阶段应采用碳化焰,对准两根钢筋接缝处集中加热,并应使其内焰包住缝隙,防止钢筋端面产生氧化。

在确认两根钢筋缝隙完全密合后,应改用中性焰,以压焊面为中心,在两侧各 1 倍钢筋直径长度范围内往复宽幅加热。

钢筋端面的加热温度应为 $115\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；钢筋端部表面的加热温度应稍高于该温度，并应随钢筋直径大小而产生的温度梯差确定。

(7)气压焊施焊中，通过最终的加热加压，应使接头的镢粗区形成规定的形状；然后，应停止加热，略为延时，卸除压力，拆下焊接夹具。

(8)在加热过程中，当在钢筋端面缝隙完全密合之前发生灭火中断现象时，应将钢筋取下重新打磨、安装，然后点燃火焰进行焊接。当发生在钢筋端面缝隙完全密合之后，可继续加热加压。

5) 钢筋电阻点焊

将两钢筋安放成交叉叠接形式，压紧于两电极之间，利用电阻热熔化母材金属，加压形成焊点的一种压焊方法。

(1)混凝土结构中的钢筋焊接骨架和钢筋焊接网，宜采用电阻点焊制作：

①在焊接骨架中，较小钢筋直径小于或等于 10 mm 时，大、小钢筋直径之比不宜大于 3；较小钢筋直径为 12 mm 或 14 mm 时，大、小钢筋直径之比不宜大于 2。较小钢筋系指焊接骨架、焊接网两根不同直径钢筋焊点中直径较小的钢筋。

②焊接网的纵向钢筋可采用单根钢筋或双根钢筋；横向钢筋应采用单根钢筋(图 2-2-5)。

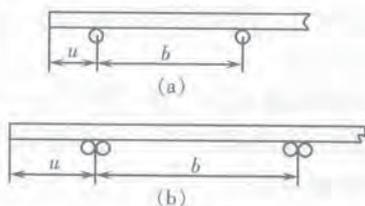


图 2-2-5 焊接网纵向钢筋和横向钢筋

(a)纵向单根钢筋；(b)纵向双根钢筋

u —伸出长度； b —钢筋间距

焊接网的纵、横向钢筋均为单根钢筋时，较小钢筋直径不应小于较大钢筋直径的 0.6 倍。

焊接网的纵向钢筋采用双根钢筋时,横向钢筋直径不应大于纵向双根钢筋之一直径的 1.25 倍,也不应小于纵向双根钢筋之一直径的 0.7 倍。

(2)电阻点焊的工艺流程应包括预压、通电、锻压三个阶段。

(3)电阻点焊应根据钢筋级别、直径及焊机性能等具体情况,选择变压器级数、焊接通电时间和电极压力。

(4)焊点的压入深度:

①热轧及热轧带肋钢筋点焊时,压入深度应为较小钢筋直径的 25%~45%;

②冷拔低碳钢丝、冷轧带肋钢筋点焊时,压入深度应为较小钢筋(丝)直径的 25%~40%。

(5)钢筋点焊时,电极的直径应根据较小钢筋直径选用,并应符合表 2-2-5 的规定。

表 2-2-5 电极直径

较小钢筋直径(mm)	电极直径(mm)
3~10	30
12~14	40

6)预埋件钢筋埋弧压力焊

(1)预埋件钢筋 T 型接头宜采用埋弧压力焊。埋弧压力焊设备应符合下列要求:

①可根据钢筋直径大小,选用 500 型或 1000 型弧焊变压器作为焊接电源。

②焊机应操作方便、灵活;宜装有高频引弧装置;焊接地线宜采取对称接地法,以减少电弧偏移;操作台面上应装有电压表和电流表。

③控制箱的控制系统应灵敏、准确;并应配备时间显示装置或时间继电器,以控制焊接通电时间。

(2)埋弧压力焊工艺流程应符合下列要求:

①钢板应放平,并与铜板电极接触紧密。

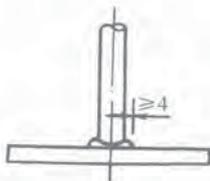


图 2-2-6 预埋件钢筋
埋弧压力焊接头

②将锚固钢筋夹于夹钳内,应夹牢;并应放心挡圈,注满焊剂。

③接通高频引弧装置和焊接电源后,应立即将钢筋上提 2.5~4.0 mm,并引燃电弧。当钢筋直径较小时,宜继续延时,使电弧稳定燃烧;当钢筋直径较大时,宜继续缓慢提升 3~4 mm,再

渐渐下送。

④应迅速顶压,但不得用力过猛。

⑤敲去渣壳,四周焊包应较均匀,凸出钢筋表面的高度应大于或等于 4 mm(图 2-2-6)。

(3)埋弧压力焊的焊接参数应包括引弧提升高度、电弧电压、焊接电流、焊接通电时间等。当采用 500 型焊接变压器时,焊接参数应符合表 2-2-6 的规定;当采用 1000 型焊接变压器时,亦可选用大电流、短时间的强参数焊接法。

(4)在埋弧压力焊生产中,引弧、燃弧(钢筋维持原位或缓慢下送)和顶压等环节应密切配合;焊接地线应与铜板电极接触紧密;并应及时消除电极钳口的铁锈和污物,修理电极钳口的形状。

表 2-2-6 埋弧压力焊焊接参数

钢筋级别	钢筋直径 (mm)	引弧提升高度 (mm)	电弧电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)
I 级	6	2.5	30~35	400~450	2
	8	2.5	30~35	500~600	3
II 级	10	2.5	30~35	500~650	5
	12	3.0	30~35	500~650	8
	14	3.5	30~35	500~650	15
	16	3.5	30~40	500~650	22
	18	3.5	30~40	500~650	30
	20	3.5	30~40	500~650	33
	22	4.0	30~40	500~650	36
	25	4.0	30~40	500~650	40

二、钢筋机械连接

1. 钢筋冷挤压连接

1) 原理

钢筋冷挤压连接是将一个钢套筒套在两根带肋钢筋的端部,用超高压液压设备(挤压钳),沿钢套筒径向挤压钢套筒,在挤压力作用下,使钢套筒产生一定的塑性变形,与钢筋紧密结合。通过钢套筒与钢筋横肋的咬合,将两根钢筋牢固连接在一起。

2) 套筒材质

把好套筒的原材料关,防止发生套筒的纵向劈裂。

合适的强度、延伸率是挤压连接钢套筒选择设计的关键。由于挤压连接时,钢套筒要有较大的塑性变形,所以套筒材质要保证有好的延性,即较高延伸率(一般要求 $\delta_5 \geq 20\%$)。对于强度,由于挤压连接时,要保证套筒变形而钢筋不变形、横肋不能受到损伤,故套筒屈服强度要与钢筋屈服强度有一个较合适的匹配(一般钢套筒的屈服强度比 HRB400 级钢筋的屈服强度低 100 MPa 左右时最为理想)。

在选择合适强度、延伸率的基础上,再从保证满足承载力要求设计钢套筒的截面和长度。

3) 特点

(1) 钢套筒的屈服强度低于钢筋,但承载能力高于钢筋。

(2) 钢筋本身不发生任何物理的和化学的变化,只是靠钢套筒的变形来进行连接。钢套筒的材质尺寸和挤压变形参数决定了连接接头的性能。因此,只要钢套筒设计选择合适,挤压连接可以连接带横肋的任何强度级别和规格的钢筋,并达到等强。

(3) 接头强度高、性能可靠,能够承受高应力反复拉压载荷及疲劳载荷。

(4) 操作简单,工人经培训后可上岗操作。

(5) 连接时无明火,操作不受环境影响,在水中和可燃气体环境中均可作业。

(6)节约能源,每台设备功率仅为1.5~2.2kW。

(7)接头检验方便,通过外观检查挤压道数和测量压痕处可直接判断接头质量,现场机械性能抽样数量仅为0.6%,节省试验费用以及质量控制管理费用。

(8)施工速度快,连接 Φ 32钢筋接头仅需2~3min,且无须对钢筋端部进行特别处理。

4)适用范围

用冷挤压方法可连接国产Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级,直径为18~50mm的各种带肋钢筋,包括焊接性差的钢筋,以及与Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级国产钢筋相当的进口钢筋。同直径钢筋连接、不同直径钢筋连接均可进行。

用冷挤压连接技术是一种质量好、速度快、易掌握、易操作、节约能源和经济效益好的先进方法。但其钢套筒成本较高,适合要求高的结构和部位。

2. 钢筋锥螺纹连接

1)原理

钢筋锥螺纹连接是利用锥螺纹能同时承受轴向力和水平力及自锁性、密封性好的原理,将钢筋的连接端加工成特定锥度螺纹的两根钢筋,对拧在带有同锥度内锥螺纹的连接套筒两端内,用力矩扳手,将两根钢筋与连接套筒旋转、拧紧至规定的力矩值,把两根钢筋连成一体。

2)特点

(1)工效显著提高,连接特别方便,每个锥螺纹丝头加工时间约0.5min,连接一个接头需要1min。连接时仅需1把力矩扳手,无须其他大型设备。

(2)锥螺纹连接是通过螺纹之间啮合传递机械力来完成钢筋连接,质量检验直观、方便。

(3)减少供电设备,大量节约能源。无污染、失火、爆炸危险,利于安全施工。

(4)节约原材料,与45d绑扎接头比较,可节约钢筋5~8倍;与

焊接比较,可节省电力及焊条、焊药、乙炔、氧气等。

(5)连接的钢筋对中性好。这是由于套筒两端的同轴度是以微米为计算单位的,也就是说,是以机械行业的精度等级来保证建筑行业的精度等级,因此可以忽略锥螺纹钢筋接头的对中性。

(6)对施工现场,工人素质和连接工艺要求不高,可用于现浇构件、预制构件及钢骨架混凝土中钢筋与预埋钢筋的连接。

3)适用范围

(1)锥螺纹钢筋接头能承受拉、压两种作用力,适用于工业与民用建筑钢筋混凝土结构的梁、柱、板、墙及基础钢筋直径为16~40mm的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋的现场连接,可连接同径和异径、竖向或水平钢筋,也可用作预埋钢筋接头,有利于实现预制装配施工、滑模施工和逆作法施工。

但锥螺纹连接的致命弱点是:耐腐蚀能力差,早于钢筋破坏;耐火能力能否与钢筋相当也很难说。

(2)锥螺纹连接速度快,价格低,但施工管理要求高,工艺较复杂,影响其质量的主要方面是螺纹精度和连接时的拧紧力值。虽然锥螺纹丝头检查直观,但接头连接时拧紧力值不用力矩扳手检查无法判定,力矩扳手检查又不能达到100%,因此接头质量受人为因素影响程度较大,工程实际中接头达到要求的比例可达100%,但难度较大。因此,要求不很高的结构部位才用锥螺纹连接;要求A级接头的部位,质量检查人员要严格管理,有效控制,方可使接头质量100%合格。

由于HRB400级钢筋的强度高于HRB335级钢筋,其锥螺纹丝头螺纹牙的强度比HRB335级钢筋高;由于其塑性下降,拉伸时螺纹径向收缩较小,螺纹牙受剪面积没有过多减少,螺纹牙受力状况较HRB335级钢筋有较大改善。基于以上两个原因,HRB400级钢筋螺纹丝头螺纹牙的抗倒伏、抗剪切能力有较大提高。

3. GK型等强钢筋锥螺纹连接

GK接头区别于一般锥螺纹连接之处是在钢筋端头切削锥螺纹

前,先对钢筋端头沿径向通过压模施加很大的压力,使其产生塑性变形,形成一圆锥体之后,再按一般锥螺纹接头工艺加工。

GK 接头具备一般锥螺纹接头的全部优点,操作简便,施工方便,可以预制,连接速度快,实现文明施工;能连接多种钢筋,不受钢筋含碳量及可焊性的限制,连接时对中性好;连接工艺适应性强,可连接基础、梁、柱、板、墙等现浇混凝土构件的各向钢筋以及预制装配构件的钢筋;无爆炸着火隐患,施工安全,不污染环境,可全天候施工;节约大量能源;由于可以大量预制,因此设备利用率高而投入量小。

4. 钢筋镦粗等强直螺纹连接

1) 原理

钢筋直螺纹连接技术是继锥螺纹连接技术之后的一种连接技术。它首先将两根待连接钢筋的两端用专用冷镦粗设备进行镦粗,再用钢筋套丝机在钢筋镦粗部分加工直螺纹,然后将其插入具有相应内直螺纹的专用连接套筒内,用扳手将连接套筒旋转、拧紧至规定程度,从而将两根钢筋连接。

2) 主要工序

将钢筋端部镦粗,在镦粗段套丝,用连接套筒对接钢筋。

3) 特点

(1) 钢筋端部经冷镦后不仅直径增大,使套丝后丝扣底部横截面积不小于钢筋原截面积,而且由于冷镦后钢材强度的提高,致使接头部位有很高的强度,断裂均发生于钢筋母材。

(2) 克服了锥螺纹削弱钢筋截面而造成接头处钢筋强度下降、拧紧力矩质量难以检控、接头质量不稳定的缺点,能充分发挥母材的强度,比锥螺纹容易达到 A 级标准。

(3) 连接速度快,直螺纹和锥螺纹接头的施工速度基本相当,比冷挤压接头快 2.5~3.5 倍。由于提前做好钢筋套丝的准备作业,一旦插入钢筋安装工序即可铺开作业,大大提高了钢筋安装速度。

(4) 由于连接直螺纹外径加大,承载能力超过锥螺纹,连接套筒的长度得以大大缩短。直螺纹套筒壁厚 5 mm 左右,长约 $2d$;锥螺纹

套筒壁厚 $0.21d$, 长约 $3.9d$; 冷挤压套筒壁厚 $0.3d$, 长约 $6.5d$; 其中 d 为钢筋直径, 显然直螺纹套筒用料最省。

4) 适用范围

(1) 钢筋等强直螺纹连接, 适用于国产 II、III 级钢筋及同类进口钢筋, 不受材质的可焊性影响及钢筋规格限制, 不仅适用于竖向钢筋连接, 还适用于梁、板等水平向的钢筋连接, 也适用于超长密集、排列层次多、大量、大面积的通常粗直径及不允许断开的多种形状构件的钢筋连接。

但是, 由于增加了镦粗工序, 设备投资较大, 致使接头总的成本较高; 锥螺纹和冷挤压接头无特殊要求, 直螺纹接头必须用砂轮机切割下料, 会增加每个接头成本。

(2) 镦粗直螺纹钢筋接头的脆断现象, 一般发生在屈服点附近钢筋的镦粗部分, 断口为平齐的脆断裂口。这种脆断与镦粗有关(镦粗的总变形量、镦粗部分变形不均匀性、镦粗的工序设备等)。镦粗变形量控制不当会造成钢筋变形超过其强化阶段, 其塑性变形能力损失殆尽, 或由于镦粗不当产生微细裂纹。

HRB400 级钢筋由于镦粗不当造成脆断的倾向性比 HRB335 级钢筋大得多。因此, 镦粗直螺纹钢筋接头标准应对脆断给予关注, 若发生脆断应加倍复检, 复检不合格者应补做型式检验等。

5. 钢筋剥肋滚轧等强直螺纹连接

1) 原理

钢筋剥肋滚轧直螺纹连接技术是钢筋直螺纹连接技术的一种新形式, 采用剥切钢筋横纵肋后滚轧直螺纹工艺对钢筋端部进行加工丝头, 然后用带内螺纹的套筒将预制丝头的待连接钢筋旋拧在一起, 达到钢筋连接一体, 实现等强度连接。剥肋滚轧直螺纹连接技术的等强度连接, 是利用滚轧螺纹能使螺纹综合机械性能大幅度提高的特性, 同时利用螺纹连接传力不均率与螺杆横截面积变化率相协调对应能够降低螺杆抗拉应力、改变连接过渡段内力曲线形状、降低变截面应力集中影响的特性来弥补钢筋剥肋和螺纹小径对钢筋横截面

积的削弱影响,达到钢筋等强度连接。

2)特点

(1)接头强度高,连接质量稳定可靠。接头性能达到《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107—2003)中Ⅰ、Ⅱ级规定,实现与钢筋母材等强度连接。

(2)钢筋丝头螺纹加工精度高,工厂加工的套筒与施工现场加工的钢筋丝头配合性好,保证了钢筋的连接质量。

(3)由于钢筋端部的丝头是对钢筋柱体表面金属强化后形成的螺纹,钢筋芯部材质和机械性能不发生任何变形,因此接头的综合机械性能高,特别是接头的抗疲劳性能好,与钢筋化学成分无关。

(4)钢筋丝头加工过程中钢筋搬动次数少,操作简单,加工速度快,一次装卡即可完成钢筋剥肋、滚压螺纹两道工序。

(5)钢筋丝头加工设备投入小,易损件损耗低。

(6)接头连接施工方便,质量容易控制。连接简单,钢筋丝头用手即可旋入套筒,仅最后2~3扣时用管钳或力矩扳手旋紧,只要钢筋外露螺纹不超过1.5扣,即可保证接头的等强连接。

3)适用范围

钢筋剥肋滚轧直螺纹连接不仅适用于直径16~50mm的Ⅱ、Ⅲ级钢筋在各个方向和位置的同、异径可旋转钢筋连接,还适用于不可旋转或轴向不能移动钢筋的连接,如拐铁钢筋、环形钢筋、后浇带处钢筋等。

该连接技术可广泛应用于要求充分发挥钢筋强度、对接头延性要求高、对抗疲劳性能要求高、在低温条件下施工的各种钢筋混凝土结构,如机场、桥梁、隧道、电视塔、核电站、水电站等。HRB400级钢筋接头均满足以上要求。

第三节 钢筋的焊接连接检验

在工业与民用建筑的混凝土结构中经常会遇到钢筋需要焊接,

为了确保钢筋焊接接头的质量,应符合标准《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—1996)、《钢筋焊接接头试验方法标准》(JGJ/T 27—2001)的规定。

一、钢筋焊接接头的检验

1. 钢筋闪光对焊接头

(1)闪光对焊接头的质量检验,应分批进行外观检查和力学性能试验,并按下列规定抽取试件:

①在同一台班内,由同一焊工完成的 300 个同级别、同直径钢筋焊接接头应作为一批。当同一台班内焊接的接头数量较少,可在 1 周之内累计计算,累计仍不足 300 个接头,应按一批计算。

②外观检查的接头数量,应从每批中抽查 10%,且不得少于 10 个。

③力学性能试验时,应从每批接头中随机切取 6 个试件,其中 3 个做拉伸试验,3 个做弯曲试验。

(2)闪光对焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①接头处不得有横向裂纹;

②与电极接触处的钢筋表面,不得有烧伤或不得有明显烧伤;

③接头处的弯折角不得大于 4° ;

④接头处的轴线偏移,不得大于钢筋直径的 0.1 倍,且不得大于 2mm。

外观检查结果,当有 1 个接头不符合要求时,应对全部接头进行检查,剔出不合格接头,切除热影响后重新焊接。

(3)闪光对焊接头拉伸试验结果,应符合下列要求:

①3 个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于该级别钢筋规定抗拉强度;余热处理Ⅲ级钢筋接头试件的抗拉强度不得小于热轧Ⅲ级钢筋抗拉强度。

②应至少有 2 个试件断于焊缝之外,并呈延性断裂。

当拉伸试验结果有 1 个试件的抗拉强度小于上述规定,或 2 个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,应取 6 个试件进行复验。

复验结果,当仍有 1 个试件的抗拉强度小于规定时,或有 3 个试件断于焊缝或热影响区,呈脆性断裂,应确认该批接头为不合格品。

(4) 预应力钢筋与螺丝端杆闪光对焊接头拉伸试验结果,3 个试件应全部断于焊缝之外,呈延性断裂。

当拉伸试验结果,有 1 个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,应从成品中再切取 3 个试件进行复验。复验结果,当仍有 1 个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,应确认该批接头为不合格品。

(5) 闪光对焊接头弯曲试验时,应将受压面的金属毛刺和墩粗变形部分消除,且与母材的外表齐平。

焊缝应处于弯曲中心点,弯心直径和弯曲角应符合表 2-3-1 的规定,当弯至 90° ,至少有 2 个试件不得发生破断。

表 2-3-1 闪光对焊接头弯曲试验指标

钢筋级别	弯心直径	弯曲角($^\circ$)
I 级	$2d$	90
II 级	$4d$	90
III 级	$5d$	90
IV 级	$7d$	90

注:① d 为钢筋直径(mm);

②直径大于 25 mm 的钢筋对焊接头,弯曲试验时弯心直径应增加 1 倍钢筋直径。

当弯曲试验结果,有 2 个试件发生破断时,应再取 6 个试件进行复验。复检结果,当仍有 3 个试件发生破断,应确认该批接头为不合格品。

2. 钢筋电弧焊接头

(1) 电弧焊接头外观检查时,应在清渣后逐个进行目测或量测。当进行力学性能试验时,应按下列规定抽取试件:

①在一般构筑物中,应从成品中每批随机切取 3 个接头进行拉伸试验;

②在工厂焊接条件下,以 300 个同接头形式、同钢筋级别的接头作为一批;

③在现场安装条件下,每一至二楼层中以 300 个同接头形式、同

钢筋级别的接头作为一批；不足 300 个时，仍作为一批。

(2) 钢筋电弧焊接头外观检查结果，应符合下列要求：

① 焊缝表面应平整，不得有凹陷或焊瘤；

② 焊接接头区域不得有裂纹；

③ 咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸的允许偏差，应符合表 2-3-2 的规定；

④ 坡口焊、熔槽帮条焊和窄间隙焊接头的焊缝余高不得大于 3 mm。

外观检查不合格的接头，经修整或补强后可提交二次验收。

表 2-3-2 钢筋电弧焊接头尺寸偏差及缺陷允许值

名称	单位	接头型式		
		帮条焊	搭接焊	坡口焊 窄间隙焊 熔槽帮条焊
帮条沿接头中心线的纵向偏移	mm	0.5d	—	—
接头处弯折角	(°)	4	4	4
接头处钢筋轴线的偏移	mm	0.1d	0.1d	0.1d
		3	3	3
焊缝厚度	mm	+0.05d 0	+0.05d 0	—
焊缝宽度	mm	+0.1d 0	+0.1d 0	—
焊缝长度	mm	-0.5d	-0.5d	—
横向咬边深度	mm	0.5	0.5	0.5
在长 2d 焊缝表面上的 气孔及夹渣	数量	个	2	2
	面积	mm ²	6	6
在全部焊缝表面上的 气孔及夹渣	数量	个	—	—
	面积	mm ²	—	—

注：① d 为钢筋直径(mm)；

② 负温电弧焊接头咬边深度不得大于 0.2 mm。

(3) 钢筋电弧焊接头拉伸试验结果应符合下列要求：

①3个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于该级别钢筋规定的抗拉强度；余热处理Ⅲ级钢筋接头试件的抗拉强度不得小于热轧Ⅲ级钢筋规定的抗拉强度。

②3个接头试件均应断于焊缝之外，并应至少有2个试件呈延性断裂。

当拉伸试验结果，有1个试件的抗拉强度小于规定值，或有1个试件断于焊缝，或有2个试件发生脆性断裂时，应再取6个试件进行复验。复验结果当有1个试件抗拉强度小于规定值，或有1个试件断于焊缝，或有3个试件呈脆性断裂时，应确认该批接头为不合格品。

3. 钢筋电渣压力焊接头

(1)电渣压力焊接头应逐个进行外观检查。当进行力学性能试验时，应从每批接头中随机切取3个试件做拉伸试验，且应按下列规定抽取试件：

①在一般构筑物中，应以300个同级别钢筋接头作为一批；

②在现浇钢筋混凝土多层结构中，应以每一楼层或施工区段中300个同级别钢筋接头作为一批，不足300个接头仍应作为一批。

(2)电渣压力焊接头外观检查结果应符合下列要求：

①四周焊包应均匀，凸出钢筋表面的高度应大于或等于4mm；

②钢筋与电极接触处，应无烧伤缺陷；

③接头处的弯折角不得大于 4° ；

④接头的轴线偏移不得大于钢筋直径0.1倍，且不得大于2mm。

外观检查不合格的接头应切除重焊，或采取补强焊接措施。

(3)电渣压力焊接头拉伸试验结果，3个试件的抗拉强度值不得小于该级别钢筋规定的抗拉强度。

当拉伸试验结果有1个试件的抗拉强度低于规定值，应取6个试件进行复验。复验结果，当仍有1个试件的抗拉强度小于规定值，应确认该批接头为不合格品。

4. 钢筋气压焊接头

(1) 气压焊接头应逐个进行外观检查。当进行力学性能试验时，应从每批接头中随机切取 3 个接头做拉伸试验；在梁、板的水平钢筋连接中，应另切取 3 个接头做弯曲试验，且应按下列规定抽取试件：

① 在一般构筑物中，以 300 个接头作为一批；

② 在现浇钢筋混凝土房屋结构中，同一楼层中应以 300 个接头作为一批；不足 300 个接头仍应作为一批。

(2) 气压焊接头外观检查结果应符合下列要求：

① 两钢筋轴线弯折角不得大于 4° ，当大于时应加热矫正。

② 偏心量 e 不得大于钢筋直径的 0.15 倍，且不得大于 4 mm [图 2-3-1(a)]。当不同直径钢筋焊接时，应按较小直径计算，当大于规定值时，应切除重焊。

③ 镦粗直径 d_c 不得小于钢筋直径的 1.4 倍 [图 2-3-1(b)]。当小于此规定值时，应重新加热镦粗。

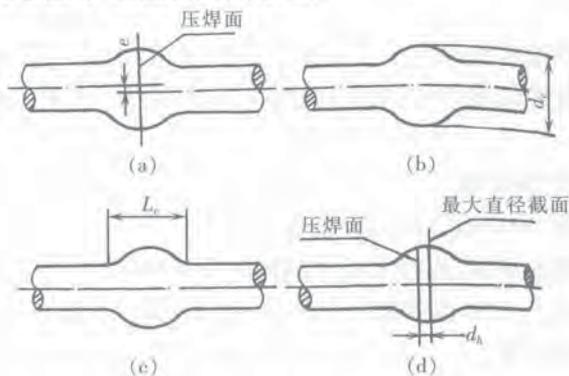


图 2-3-1 钢筋气压焊接头外观质量图解

(a) 偏心量；(b) 镦粗直径；(c) 镦粗长度；(d) 压焊面偏移

④ 镦粗长度 L_c 不得小于钢筋直径的 1.2 倍，且凸起部分平缓圆滑 [图 2-3-1(c)]。当小于此规定值时，应重新加热镦长。

⑤ 压焊面偏移 d_h 不得大于钢筋直径的 0.2 倍 [图 2-3-1(d)]。

(3)气压焊接头拉伸试验结果,3个试件的抗拉强度均不得小于该级别钢筋规定的抗拉强度,并应断于压焊面之外,呈延性断裂。当有1个试件不符合要求时,应切取6个试件进行复验;复验结果,当仍有1个试件不符合要求,应确认该批接头为不合格品。

(4)气压焊接头进行弯曲试验时,应将试件受压面的凸起部分消除,并应与钢筋外表面齐平。弯心直径应符合表2-3-3的规定。

表 2-3-3 气压焊接头弯曲试验弯心直径

钢筋等级	弯心直径	
	$d \leq 25 \text{ mm}$	$d > 25 \text{ mm}$
I	$2d$	$3d$
II	$4d$	$5d$
III	$5d$	$6d$

注: d 为钢筋直径(mm)。

压焊面应处在弯曲中心点,弯至 90° ,3个试件均不得在压焊面发生破断。

当弯曲试验结果有1个试件不符合要求,应再切取6个试件进行复验。复验结果,当仍有1个试件不符合要求,应确认该批接头为不合格品。

5. 钢筋焊接网

(1)焊接网应按下列规定抽取试件:

①凡钢筋级别、直径及尺寸相同的焊接网应视为同一类型制品,每批不应大于30t,或者每200件为一批;1周内不足30t或200件,亦应按一批计算。

②形状尺寸检查和外观质量检查应每批抽查5%,且不得少于3件。

③力学性能试验的试件,应从成品中切取。切取过试件的制品,应补焊同级别、同直径钢筋,其每边搭接的长度不应小于2个孔格的长度。

④试件的交叉点不得开焊。

⑤冷轧带肋钢筋焊点试件可在 100°C 的温度下保温1h,然后在

空气中冷却至室温,进行试验。

(2)焊接网形状尺寸检查和外观检查结果,应符合下列要求:

①焊接网的长度、宽度及网格尺寸的允许偏差均为 $\pm 10\text{ mm}$;网片两对角线之差不得大于 10 mm 。

②焊接网交叉点开焊数量不得大于整个网片交叉点总数的 1% ,并且任1根钢筋上开焊点数不得大于该根钢筋交叉点总数的 $1/2$;焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

③焊接网组成的钢筋表面不得有裂纹、折叠、结疤、凹坑、油污及其他影响使用的缺陷;但焊点处可有不大的毛刺和表面浮锈。

(3)拉伸试验应符合下列规定:

①冷轧带肋钢筋或低碳冷拔钢丝的焊点应作拉伸试验;拉伸试验时,两尖头之间的距离不应小于20倍试件受拉钢筋的直径,且不小于 180 mm ;对于双根钢筋,非受拉钢筋应在离交叉焊点约 20 mm 处切断。

②试件数量应为纵向钢筋1个,横向钢筋1个。

拉伸试验结果,不得小于CRB550级冷轧带肋钢筋规定的抗拉强度或低碳冷拔钢丝乙级规定的抗拉强度。当焊接网的拉伸试验结果不合格时,应从该批焊接网中再切取双倍数量试件进行不合格项目的检验;复验结果合格时,应确认该批焊接网为合格品。

(4)弯曲试验应符合下列要求:

①冷轧带肋钢筋焊点应作弯曲试验;弯曲试件,在单根钢筋焊接网中,应取钢筋直径较大的1根;在双根钢筋焊接网中,应取双根钢筋中的1根;试件长度应大于或等于 200 mm ;弯曲试件的受弯曲部位与交叉点的距离应大于或等于 25 mm 。

②试件数量应为纵向钢筋1个,横向钢筋1个。

弯曲至 180° 时,其外侧不得出现横向裂纹。当焊接网的弯曲试验结果不合格时,应从该批焊接网中再切取双倍数量试件进行不合格项目的检验;复验结果合格时,应确认该批焊接网为合格品。

(5)抗剪试验应符合下列要求:

①热轧钢筋、冷轧带肋钢筋、低碳冷拔钢丝的焊点应作抗剪试验,抗剪试件应沿同一横向钢筋随机切取,其受拉钢筋为纵向钢筋;对于双根钢筋,非受拉钢筋应在焊点外切断,且不应损伤受拉钢筋焊点。

②试件数量应为 3 个。

③抗剪试验结果,3 个试件抗剪力的平均值应符合下式计算的抗剪力 F :

$$F \geq 0.3 \times A_0 \times \sigma_s$$

式中: A_0 ——较大钢筋的横截面积(mm^2);

σ_s ——该级别钢筋(丝)规定的屈服强度(MPa);冷轧带肋钢筋的屈服强度按 CRB550 级钢筋的屈服强度 500 MPa 计算;低碳冷拔钢丝的屈服强度按 0.65×550 计算,取 360 MPa。

焊接网的抗剪试验结果,按平均值计算。当不合格时,应在取样的同一横向钢筋上所有交叉焊点取样检查;当全部试件平均值合格时,应确认该批焊接网为合格品。

6. 预埋件钢筋 T 型接头

(1)预埋件钢筋 T 型接头的外观检查,应从同一台班内完成的同一类型预埋件抽查 10%,且不得少于 10 件。

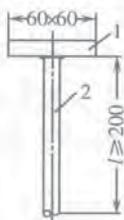


图 2-3-2 预埋件 T 型接头拉伸试件
1—钢板;2—钢筋

(2)当进行力学性能试验时,应以 300 件同类型预埋件作为一批。1 周内连续焊接时,可累计计算。当不足 300 件时亦应按一批计算。应从每批预埋件中随机切取 3 个试件进行拉伸试验;试件的钢筋长度应大于或等于 200 mm,钢板的长度和宽度均应大于或等于 60 mm(图 2-3-2)。

(3)预埋件钢筋手工电弧焊接头外观检查结果应符合下列要求:

①当采用Ⅰ级钢筋时,角焊缝焊脚 k 不得小于钢筋直径的0.5倍;采用Ⅱ级钢筋时,角焊缝焊脚 k 不得小于钢筋直径的0.6倍。

②穿孔塞焊缝表面平顺,局部下凹不得大于1mm。

③焊缝不得有裂纹。

④焊缝表面不得有3个直径大于1.5mm的气孔。

⑤钢筋咬边深度不得超过0.5mm。

⑥钢筋相对钢板的直角偏差不得大于 4° 。

⑦钢筋间距偏差不应大于10mm。

(4)预埋件钢筋埋弧压力焊接头外观检查结果应符合下列要求:

①敲去渣壳,四周焊包应较均匀,凸出钢筋表面的高度应大于或等于4mm;

②钢筋咬边深度不得超过0.5mm;

③与钳口接触处钢筋表面应无明显烧伤;

④钢板应无焊穿,根部应无凹陷现象;

⑤钢筋相对钢板的直角偏差不得大于 4° ;

⑥钢筋间距偏差不应大于10mm。

(5)预埋件外观检查结果,当有1个接头不符合上述要求时,应逐个进行检查,并剔出不合格品。不合格接头应重新补焊。

(6)预埋件钢筋T型接头3个试件拉伸试验结果,其抗拉强度:Ⅰ级钢筋接头不得小于350MPa;Ⅱ级钢筋接头不得小于490MPa。

当拉伸试验结果有1个试件的抗拉强度小于规定值时,应再取6个试件进行复验。复验结果,当仍有1个试件的抗拉强度小于规定值时,应确认该批接头为不合格品。对于不合格品,进行补强焊接后,提交二次验收。

二、钢筋焊接接头的试验方法

规定钢筋焊接接头的拉伸、剪切、弯曲、冲击和疲劳等试验方法,以正确评价焊接接头的性能。

1. 拉伸试验方法

该法适用于闪光对焊、电弧焊(包括窄间隙焊)、电渣压力焊、气压焊、电阻点焊和预埋件埋弧压力焊的焊接头,试样的尺寸按表2-3-4规定取用。

表 2-3-4 拉伸试样的尺寸

焊接方法	接头型式	焊接方法	接头型式
电阻点焊		电 弧 焊	熔槽带条焊
闪光对焊			坡口焊
双面带条焊			窄间隙焊
电 弧 焊	单面带条焊 	电渣压力焊 	气压焊
	双面搭接焊 	预埋件电弧焊 	
	单面搭接焊 	预埋件埋弧压力焊 	

注: l_2 为受试长度,电阻点焊、预埋件焊试样受试长度无规定;闪光对焊、坡口焊、窄间隙焊、电渣压力焊、气压焊试样受试长度均为 $8d$,双面的带条焊搭接焊、双面的熔槽带条焊试样受试长度均为 $8d + l_h$;单面的带条焊、单面的搭接焊试样受试长度均为 $5d + l_h$ 。 l_h 为焊缝(或微粗)长度。 l_1 为夹持长度(100~200mm)。 L 为试样长度, $L \geq l_2 + 2l_1$ 。 d 为钢筋直径(mm)。

试验前应采用游标卡尺复核钢筋的直径或钢板的厚度。试验时采用合适的夹紧装置,以防试样在拉伸过程中与其产生相对滑移。预埋件的焊接试样采用特别的吊架,其中垫板中心孔采用 $\Phi 22$ mm时,适用试验钢筋直径不小于20 mm;中心孔为 $\Phi 28$ mm时,适用钢筋直径不小于22 mm。试验宜以10~30 MPa/s加荷速率将试样拉

至断裂(或出现缩颈),测出拉伸过程中的最大拉力,并计算出抗拉强度 σ_b 值(该值须修约到5 MPa)。试验的记录应包括:焊接方法、试样断裂(或缩颈)时的最大拉力、断裂(或缩颈)位置及离焊缝口的距离、断口特征(包括在断口发现的各种焊接缺陷等)。

2. 剪切试验方法

该法适用于钢筋焊接骨架和钢筋焊接网焊点的剪切试验,以测定焊点在断裂前能承受的抗剪力,见图2-3-3、图2-3-4。

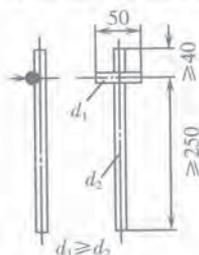


图2-3-3 钢筋焊接骨架试样

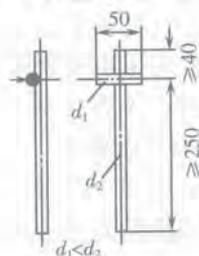


图2-3-4 钢筋焊接网试样

试样安放在悬挂式或吊架式夹具、量程不大于300 kN的拉伸试验机上,以10~30 MPa/s速率连续平稳加载,直至试样破坏,测出其最大抗剪力。试验记录中应记录试样的断裂位置。

3. 弯曲试验方法

该法适用于闪光对焊、窄间隙焊、气压焊接头的弯曲试验,以检验该种焊接接头承受规定弯曲角度的变形能力和显示可能存在的焊接缺陷。试样长度可为弯曲弯心直径加2.5倍钢筋直径,再加150 mm。弯曲前应将试样焊口受压面部分的金属毛刺和翘粗变形部分去除至与母材表面齐平。对试样缓慢施加弯曲力直到规定的弯曲角度或出现裂纹、破断为止。压头弯心直径和弯曲角度按表2-3-5规定执行。

表 2-3-5 压头弯心直径和弯曲角度

钢筋级别	弯心直径 D		弯曲角
	$d \leq 25$	$d > 25$	
I	$2d$	$3d$	90°
II	$4d$	$5d$	90°
III	$5d$	$6d$	90°
IV	$7d$	$8d$	90°

注： d 为钢筋公称直径。

试样应采取安全措施，防止试样突然断裂伤人。记录应包括试样受拉面有无裂纹、断裂时的弯曲角度和断口位置及特征等。

4. 冲击试验法

该法适用于闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊、气压焊等的焊接接头。采用横断面尺寸为 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 、长度 55 mm ，在长度方向的正中间开有 45° 的 V 形缺口的试样，根据试验的需要，V 形缺口可加工在焊接、熔合线或热影响区上。试验按实际要求可在室温 ($10 \sim 35^\circ\text{C}$) 或负温 ($0 \sim 40^\circ\text{C}$) 环境下，在冲击试验机上进行，测得焊接接头试样的冲击韧性 a_k (单位： J/cm^2)。

5. 疲劳试验方法

该法适用于测定钢筋焊接接头在室温下，于 2×10^6 次应力循环时轴向拉伸的条件疲劳极限，试样长度不小于 500 mm 。试验在低频 $5 \sim 15\text{ Hz}$ 或高频 $100 \sim 150\text{ Hz}$ 的疲劳试验机上进行。在确定应力比 (ρ) 的情况下，从高应力 (σ_{\max}) 水平开始，分五级逐渐下降进行试验，每级试验 $1 \sim 3$ 个试样。将试验结果绘制成应力-疲劳寿命 ($S-N$) 曲线，求出条件疲劳极限。

除以上试验方法外，钢筋焊接网焊点除作拉伸和抗剪试验外，对冷轧带肋钢筋焊点还有做弯曲试验的要求。弯曲试样取长度不小于 200 mm 的纵向和横向钢筋各 1 根，试样受弯曲部位与交叉点的距离要不小于 25 mm 。以弯曲到 180° 时，试样外侧不出现横向裂纹为合格。冷轧带肋钢筋焊点试样在 100°C 温度下保温 1 h 后，在空气中冷

却至室温后进行试验。

当焊接接头试验项目有不合格时,允许对该焊接接头在同批焊件中另行取样复验。当复验合格时,可确认该批接头为合格品。

第四节 钢筋的机械连接检验

一、钢筋机械连接接头的性能等级及检验

1. 接头的性能等级

接头应满足强度及变形性能的要求,并以此划分性能等级。接头连接件的屈服承载力标准值(套筒横截面面积乘套筒材料的屈服强度标准值)和抗拉承载力标准值(套筒截面面积乘套筒材料的抗拉强度标准值)应不小于被连接钢筋的屈服承载力标准值和抗拉承载力标准值的 1.10 倍。根据抗拉强度以及高应力和大变形条件下反复拉压性能的差异,接头分为下列 3 个等级:

I 级:接头抗拉强度不小于被连接钢筋实际抗拉强度或 1.10 倍钢筋抗拉强度标准值,并具有高延性及反复拉压性能。

II 级:接头抗拉强度不小于被连接钢筋抗拉强度标准值,并具有高延性及反复抗压性能。

III 级:接头抗拉强度不小于被连接钢筋屈服强度标准值的 1.35 倍,并具有一定的延性及反复拉压性能。

钢筋机械连接接头的型式较多,受力性能也有差异,根据接头的受力性能将其分级,有利于按结构的重要性、受力特点及接头在结构中所处位置等不同的应用场合合理选用接头类型。分级后有利于施工现场抽检不合格时,可按不同等级接头的应用部位和接头百分率限制确定是否降级处理。

2. 接头等级的选定

(1)混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对接头延性要求较高的部位,应采用 I 级或 II 级接头;钢筋应力较高、对接头延性要求

不高的部位,可采用Ⅲ级接头。

I级接头允许在混凝土结构中任何部位使用,且接头百分率可不受限制(有抗震设防要求的框架梁端、柱端箍筋加密区除外)。为某些特殊场合需要在同一截面实施100%钢筋连接创造了条件,如地下连续墙与水平钢筋的连接;滑模或提模施工中垂直构件与水平钢筋的连接;装配式结构接头处的钢筋连接;钢筋笼的对接;分段施工或新旧结构连接处的钢筋连接等。

I级和Ⅱ级接头均属于高质量接头,在混凝土结构中的使用部位均可不受限制,但允许的接头百分率有差异。对重要的房屋结构,如无特殊需要,选用Ⅱ级接头并控制接头百分率不大于50%是合适的。

(2)结构构件中纵向受力钢筋的接头宜相互错开,钢筋机械连接的连接区段长度应按 $35d$ 计算(d 为被连接钢筋中的较大直径)。在同一连接区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率(简称接头百分率):

①接头宜设置在结构构件受拉钢筋应力较小部位。当需要在高应力部位设置接头时,在同一连接区段内Ⅲ级接头的接头百分率不应大于25%;Ⅱ级接头的接头百分率不应大于50%;I级接头的接头百分率可不受限制。

②接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区;当无法避开时,应采用I级接头或Ⅱ级接头,且接头百分率不应大于50%。

③受拉钢筋应力较小部位或纵向受压钢筋,接头百分率可不受限制。

④对直接承受动力荷载的结构构件,接头百分率不应大于50%。

纵向受力钢筋机械连接接头宜相互错开和接头连接区段长度为 $35d$ 的规定,放宽了接头使用部位和接头百分率限制,在保证结构安全的前提下,既方便了施工又可取得一定的经济效益,对某些特殊场合解决在同一截面100%钢筋连接创造了条件。只要接头百分率不

大于50%，Ⅱ级接头可以在抗震结构中的任何部位使用。因此，即使重要建筑，一般情况下选用Ⅱ级接头就可以。接头等级的选用并非愈高愈好，Ⅰ级接头的强度指标很高，在现场大批量抽检时容易出现不合格接头，如无特殊需要，盲目提高接头等级容易给施工和验收带来不必要的麻烦。

3. 接头的型式检验

(1)接头的型式检验的应用场合，其主要作用是对各类接头按性能分级。经型式检验确定其等级后，工地现场只需进行现场检验。但当接头质量有严重问题且原因不明，对定型检验结论有重大怀疑时，上级主管部门或质检部门可以提出重新进行型式检验要求。

(2)接头单向拉伸时的强度和变形是接头的基本性能。高应力反复拉压性能反映接头在风荷载及小地震情况下承受高应力反复抗压的能力。大变形反复拉压性能则反映结构在强烈地震情况下钢筋进入塑性变形阶段接头的受力性能。

上述三项性能是进行接头型式检验时必须进行的检验项目。而抗疲劳和抗低温性能则是根据接头应用场合有选择性的试验项目。

(3)型式检验的变形测量标距应符合下列规定(图2-4-1)：

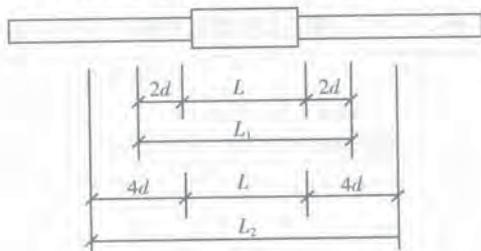


图2-4-1 接头试件变形测量标距

$$L_1 = L + 4d$$

$$L_2 = L + 8d$$

式中： L_1 ——非弹性变形、残余变形测量标距；

L_2 ——总伸长率测量标距；

L ——机械接头长度；

d ——钢筋公称直径。

接头型式检验时变形的测量标距与测量项目有关。图 2-4-1 中的机械接头长度 L ，对带肋钢筋套筒挤压接头，其接头长度即为套筒长度；对锥螺纹或滚轧直螺纹接头，接头长度则为套筒长度加两端外露丝扣长度；对镦粗直螺纹接头，接头长度则为套筒长度加两端粗过渡段长度。

上述各类钢筋机械连接接头长度，为接头试件断于钢筋母材或断于接头提供了判别依据。

(4)对每种型式、级别、规格、材料、工艺的钢筋机械连接接头，型式检验试件不应少于 9 个；其中单向拉伸试件不应少于 3 个，高应力反复拉压试件不应少于 3 个，大变形反复拉压试件不应少于 3 个。同时应另取 3 根钢筋试件做抗拉强度试验。全部试件均应在同一根钢筋上截取。接头试件与钢筋母材试件均应在同一根钢筋上截取，以便当接头试件断于接头部位时，可以将接头强度与钢筋实际强度做比较。

(5)型式检验的加载制度应按表 2-4-1 进行，其合格条件为：

表 2-4-1 接头试件型式检验的加载制度

试验项目		加载制度
单向拉伸		$0 \rightarrow 0.6f_{yk} \rightarrow 0.02f_{yk} \rightarrow 0.6f_{yk} \rightarrow 0.02f_{yk} \rightarrow 0.6f_{yk}$ (测量非弹性变形) \rightarrow 最大拉力 $\rightarrow 0$ (测定总伸长率)
高应力反复拉压		$0 \rightarrow (0.9f_{yk} \rightarrow -0.5f_{yk}) \rightarrow$ 破坏 (反复 20 次)
大变形反复拉压	I 级	$0 \rightarrow (2\epsilon_{yk} \rightarrow -0.5f_{yk}) \rightarrow (5\epsilon_{yk} \rightarrow -0.5f_{yk}) \rightarrow$ 破坏
	II 级	(反复 4 次) (反复 4 次)
	III 级	$0 \rightarrow (2\epsilon_{yk} \rightarrow -0.5f_{yk}) \rightarrow$ 破坏 (反复 4 次)

①强度检验：每个接头试件的强度实测均应符合表 2-4-2 的规定。

表 2-4-2 接头的抗拉强度

接头等级	I 级	II 级	III 级
抗拉强度	$f_{mst}^0 \geq f_{st}^0 \geq 1.10 f_{uk}$	$f_{mst}^0 \geq f_{uk}$	$f_{mst}^0 \geq 1.35 f_{yk}$

注： f_{mst}^0 ——接头试件实际抗拉强度；

f_{st}^0 ——接头试件中钢筋抗拉强度实测值；

f_{uk} ——钢筋抗拉强度标准值；

f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值。

对 II 级和 III 级接头，无论试件断于钢筋母材或接头长度区段，只要试件抗拉强度满足表 2-4-2 中 II 级、III 级接头的强度要求即为合格。对 I 级接头，当试件断于钢筋母材时，表明已满足条件 $f_{mst}^0 \geq f_{st}^0$ ，试件合格；当试件断于接头长度区段时，则应满足 $f_{mst}^0 \geq 1.10 f_{uk}$ 才能判为合格。

当钢筋抗拉强度实测值大于抗拉强度标准值的 1.10 倍时，I 级接头试件的抗拉强度尚不应小于钢筋抗拉强度实测值 f_{st}^0 的 0.95 倍；II 级接头试件的抗拉强度尚不应小于钢筋抗拉强度实测值 f_{st}^0 的 0.90 倍。

I 级、II 级、III 级接头经受规定的高应力和大变形反复拉压循环，且在经历拉压循环后，其抗拉强度仍满足表 2-4-2 的规定，这是结构延性得以发挥的重要保证。

②变形检验：对非弹性变形、总伸长率和残余变形，3 个试件的平均实测值应符合表 2-4-3 的规定。

表 2-4-3 接头的变形性能

接头等级		I 级、II 级	III 级
单向拉伸	非弹性变形 (mm)	$u \leq 0.10 (d \leq 32)$ $u \leq 0.15 (d > 32)$	$u \leq 0.10 (d \leq 32)$ $u \leq 0.15 (d > 32)$
	总伸长率 (%)	$\delta_{sgt} \geq 4.0$	$\delta_{sgt} \geq 2.0$
高应力 反复拉压	残余变形 (mm)	$u_{20} \leq 0.3$	$u_{20} \leq 0.3$
大变形 反复拉压	残余变形 (mm)	$u_4 \leq 0.3$ $u_0 \leq 0.6$	$u_4 \leq 0.6$

注： u ——接头的非弹性变形；

u_{20} ——接头经高应力反复拉压 20 次后的残余变形；

u_4 ——接头经大变形反复拉压 4 次后的残余变形；

u_8 ——接头经大变形反复拉压 8 次后的残余变形；

δ_{gt} ——接头试件总伸长率。

钢筋机械连接接头在拉伸和反复拉压时会产生附加的塑性变形，因此有必要控制接头的变形性能。

高应力与大变形条件下的反复拉压试验是对应于风荷载、小地震和强地震时钢筋接头的受力情况提出的检验要求。在风荷载或小地震下，钢筋尚未屈服时，应能承受 20 次以上高应力反复拉压，并满足强度和变形要求。在接近或超过设防烈度时，钢筋通常都进入塑性阶段并产生较大塑性变形，从而能吸收和消耗地震能量。因此要求钢筋接头在承受 2~5 倍钢筋屈服应变的大变形情况下，经受 4~8 次反复拉压，满足强度和变形要求。

(6)接头的疲劳性能是选择性试验项目，只有当接头用于直接承受动力荷载的结构构件(如铁路桥梁)时，才需要检验其疲劳性能。对连接 HRB335 级钢筋的接头，其疲劳性能应能经受应力幅为 100 N/mm^2 、最大应力为 180 N/mm^2 的 200 万次循环加载。对连接 HRB400 级钢筋的接头，其疲劳性能应能经受应力幅为 100 N/mm^2 、最大应力为 190 N/mm^2 的 200 万次循环加载。

4. 接头施工现场检验

(1)钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对每批钢筋进行接头工艺检验，工艺检验应符合下列要求：

①每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根。

②钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根，且应取自接头试件的同一根钢筋。

③3 根接头试件的抗拉强度均应符合表 2-4-2 的规定。对于 I 级接头，试件抗拉强度尚应大于等于钢筋抗拉强度实测值的 0.95 倍；对 II 级接头，应大于等于 0.90 倍。

接头工艺检验，主要是检验接头技术提供单位所确定的工艺参

数是否与本工程中的进场钢筋相适应,并可提高实际工程中抽样试件的合格率,减少在工程应用后再发现问题造成的经济损失。

(2)接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同型式、同规格接头,以 500 个为一个验收批进行检验与验收,不足 500 个也作为一个验收批。

(3)对接头的每一验收批随机截取 3 个接头试件作抗拉强度检验即单向拉伸试验,按要求的接头等级进行评定:

①当 3 个接头试件的抗拉强度均符合表 2-4-2 中相应等级的要求时,该验收批评为合格。

②如有 1 个试件的强度不符合要求时,应再取 6 个试件进行复检。复检中如仍有 1 个试件的强度不符合要求,则该验收批评为不合格。

钢筋机械接头的破坏形状有三种:钢筋拉断、接头连接件破坏、钢筋从连接件中拔出。对Ⅱ级、Ⅲ级接头,无论试件属于哪种破坏形状,只要试件抗拉强度满足表 2-4-2 中Ⅱ级和Ⅲ级接头的强度要求即为合格。对Ⅰ级接头,当试件断于钢筋母材时,即满足条件 $f_{mst}^0 \geq f_{st}^0$,试件合格;当试件断于接头长度区段时,则应满足 $f_{mst}^0 \geq 1.10 f_{tk}^0$ 才能判为合格。

(4)现场检验连续 10 个验收批、抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100%时,表明其施工质量处于优良且稳定的状态。故检验批接头数量可扩大 1 倍,即按不大于 1000 个接头为一批。

二、钢筋机械连接接头的检验、连接方法

1. 钢筋冷挤压接头

1) 基本要求

(1)带肋钢筋套筒挤压接头,挤压连接的两根钢筋可为同直径钢筋,也可为不同直径钢筋。当连接的两根钢筋直径差为 5 mm,可采用表 2-4-4 所示的钢套筒;直径差大于 5 mm,应采用变截面钢套筒。

表 2-4-4 钢套筒的规格和尺寸

钢套筒型号	钢套筒尺寸(mm)			理论重量(kg)
	外径	壁厚	长度	
G40	70	12	250	4.37
G36	63.5	11	220	3.14
G32	57	10	200	2.31
G28	50	8	190	1.58
G25	45	7.5	170	1.18
G22	40	6.45	140	0.75
G20	36	6	130	0.58
G18	34	5.5	125	0.47

(2) 钢筋与钢套筒试套,如钢有马蹄、飞边、弯折或纵肋尺寸超大者,应先矫正或用手砂轮修磨。

(3) 钢筋端头应有定位标志和检查标志。定位标志距钢筋端部的距离为钢套筒长度的 1/2。按标记检查钢筋插入套筒内深度,钢筋端头离套筒长度中点不宜超过 10 mm。

2) 接头检验方法

接头的外观质量检验应在每一验收批中随机抽取 10% 接头。接头不得有肉眼可见裂纹、折叠或影响性能的压痕,不得有凹陷、劈裂;接头处弯折不得大于 4° ;钢筋插入钢套筒长度应为钢套筒长度的 1/2,允许 ± 10 mm;挤压后套筒长度应为原套筒长的 1.10~1.15 倍,或压痕套筒的外径为原套筒外径的 0.8~0.9 倍。

3) 接头连接方法

钢筋应按标记要求插入钢套筒内,钢筋端头离钢套筒长度中点不宜超过 10 mm。当钢筋纵肋过高影响插入时,允许进行打磨,但钢筋横肋严禁打磨。被连接钢筋的轴心与钢套筒轴心应保持同一轴线,防止偏心和弯折。

在压接接头处挂好平衡器与压钳(压钳的性能试验、可靠性和耐久性试验应符合规定),接好进、回油油管,启动超高压泵,调节好压接力所需的油压力,然后将下压模卡板打开,取出下模,把挤压机机

架的开口插入被挤压的带肋钢筋的连接套中,插回下模,锁紧卡板,压钳在平衡器的平衡力作用下,对准钢套筒所需压接的标记处,控制挤压机换向阀进行挤压。压接结束后将紧锁的卡板打开,取出下模,退出挤压机,则完成挤压。

挤压时,压钳的压接应对准套筒压痕标志,并垂直于被压钢筋的横肋。挤压应从套筒中央逐道向端部压接,不应由端部向中部挤压或隔标记来回挤压。压痕道数应符合型式检验确定的道数,最小直径及压痕总宽度须符合要求,见图 2-4-2。

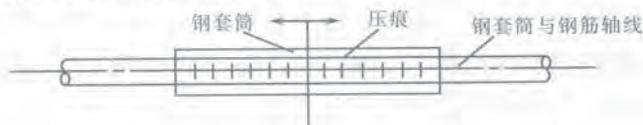


图 2-4-2 钢筋最小直径及压痕总宽度

为了减少高处作业和加快施工进度,可选在地面来压接接头,在施工作业区把钢套筒另一端插入预留钢筋,按工艺要求挤压另一端。

2. 钢筋锥螺纹接头

1) 基本要求

(1)加工钢筋锥螺纹时,应采用水溶性切削润滑液;当气温低于 0°C 时,应掺入 $15\%\sim 20\%$ 亚硝酸钠。不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。

(2)加工的钢筋锥螺纹丝头的锥度、牙型、螺距等必须与连接套的锥度、牙型、螺距一致,且经配套的量规检测合格。已检验合格的丝头应加以保护。钢筋一端丝头应戴上保护帽,另一端可按表 2-4-5 规定的力矩值拧紧连接套,并按规格分类堆放整齐待用。

表 2-4-5 接头拧紧力矩值

钢筋直径(mm)	16	18	20	22	25~28	32	36~40
拧紧力矩(N·m)	118	145	177	216	275	314	343

(3)连接钢筋时,钢筋规格和连接套的规格应一致,并确保钢筋和连接套的丝扣干净完好无损。连接钢筋时,应对正轴线将钢筋拧

入连接套,然后用力矩扳手(力矩扳手的精度为 $\pm 5\%$,每半年用扭力仪检定一次)拧紧。接头拧紧值应满足表 2-4-5 规定的力矩值,不得超拧。拧紧后的接头应做上标记。

2) 接头检验方法

经自检合格的钢筋丝头,对每种规格加工批量随机抽 10%,且不少于 10 个进行检验。如有 1 个丝头不合格,即应对该加工批全数检查,不合格丝头应重新加工经再次检验合格方可使用。

(1) 锥螺纹丝头牙型检验:牙型饱满,无断牙、秃牙缺陷,且与牙型规的牙型吻合,牙齿表面光洁的为合格品(见图 2-4-3)。

(2) 锥螺纹丝头锥度与小端直径检验:丝头锥度与卡规或环规吻合,小端径在卡规或环规的允许误差之内为合格(见图 2-4-4)。



图 2-4-3 锥螺纹丝头

图 2-4-4 锥螺纹丝头锥度与小端直径

(3) 连接套质量检验:锥螺纹塞规拧入连接套后,连接套的大端边缘在锥螺纹塞规大端的缺口范围内为合格(见图 2-4-5)。

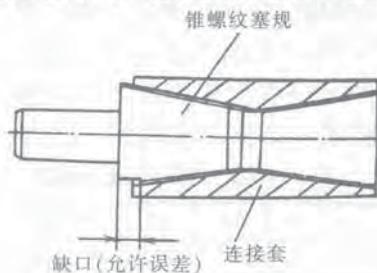


图 2-4-5 连接套

3) 接头连接方法

(1) 同径或异径普通接头: 分别用力矩扳手将①与②、②与③拧到规定的力矩值(见图 2-4-6)。

(2) 单向可调接头: 分别用力矩扳手将①与②、③与④拧到规定的力矩值, 再把⑤与②拧紧(见图 2-4-7)。

(3) 双向可调接头: 分别用力矩扳手将①与②、③与④拧到规定的力矩值, 且保持②、③的外露丝扣数相等, 然后分别夹住②与③, 把⑤拧紧(见图 2-4-8)。

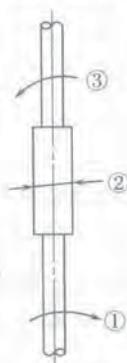


图 2-4-6 同径或
异径普通接头

①、③钢筋;
②连接套

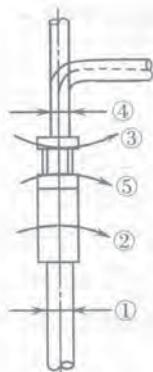


图 2-4-7 单向
可调接头

①、④钢筋; ③可调连接器;
②连接套; ⑤锁母

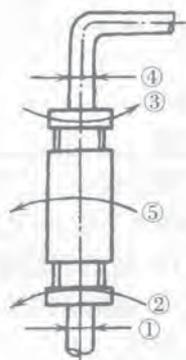


图 2-4-8 双向
可调接头

①、④钢筋; ②、③可调连
接器; ⑤连接套

3. 钢筋直螺纹接头

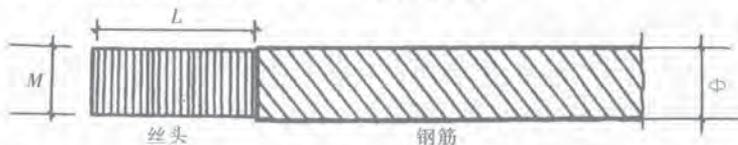
直螺纹接头包括镦粗直螺纹、滚轧直螺纹接头及剥肋滚轧直螺纹接头三种。其中滚轧直螺纹接头基本要求和检验、连接方法如下:

1) 滚轧直螺纹接头基本要求

(1) 钢筋应先调直再下料, 并用切断机和砂轮片切断, 切口端面应与钢筋轴线垂直, 不得有马蹄形或挠曲。

(2) 钢筋滚轧直螺纹, 是采用专门的滚轧机床对钢筋端部进行滚轧, 螺纹一次成型, 见图 2-4-9。

钢筋通过滚轧螺纹,螺纹底部的材料没有被切削掉,而是被挤出来,加大了原有的直径。加工后的直径见表 2-4-6。



M ——丝头大径; Φ ——钢筋直径; L ——螺纹长度

图 2-4-9 钢筋滚轧直螺纹

表 2-4-6 钢筋经过滚轧螺纹后的直径

代号	$\Phi 20$	$\Phi 22$	$\Phi 25$	$\Phi 28$	$\Phi 32$	$\Phi 36$	$\Phi 40$
大径	19.6	21.6	24.6	27.6	31.6	35.6	39.6
中径	18.623	20.623	23.623	26.623	30.623	34.623	38.623
小径	17.2	19.2	22.2	25.2	29.2	33.2	37.2

螺纹经滚轧后材质发生硬化,强度提高 6%~8%,使螺纹对母材的削弱大为减少,其抗拉强度是母材实际抗拉强度的 97%~100%。

(3)加工钢筋螺纹时,应采用水溶性切削润滑液;当气温低于 0℃时,应掺入 15%~20%亚硝酸钠,不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。

(4)加工钢筋螺纹的丝头、牙型、螺距等必须与连接套牙型、螺距一致,且经配套的量规检验合格。

2) 滚轧直螺纹接头检验方法

经自检合格的钢筋丝头,应对每种规格加工批量随机抽检 10%,且不少于 10 个,如有 1 个丝头不合格,即应对该加工批全数检查,不合格丝头应重加工,经再次检验合格方可使用。已检验合格的丝头应戴上保护帽,并按规格分类堆放整齐待用。

(1)螺纹丝头牙型检验:牙型饱满,无断牙、秃牙缺陷,且与牙型规的牙型吻合,牙型表面光洁的为合格品。

(2)套筒用专用塞规检验。

3) 滚轧直螺纹接头连接方法

连接钢筋时,钢筋规格和连接套的规格应一致,钢筋螺纹的型

式、螺距、螺纹外径应与连接套匹配。并确保钢筋和连接套的丝扣干净、完好无损,对准轴线将钢筋拧入连接套。

接头拼接完成后,应使两个丝头在套筒中央位置互相顶紧,套筒每端不得有 1 扣以上的完整丝扣外露,加长型接头的外露丝扣数不受限制,但应有明显标记,以检查进入套筒的丝头长度是否满足要求。

接头按使用条件分类,见图 2-4-10 至图 2-4-13。

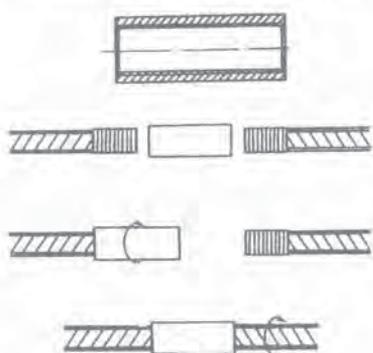


图 2-4-10 标准型接头

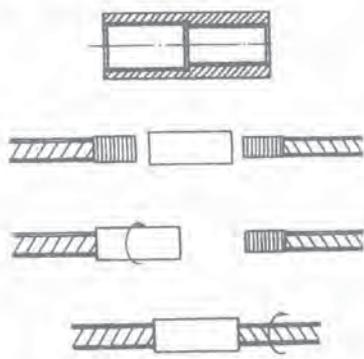


图 2-4-11 异径型接头

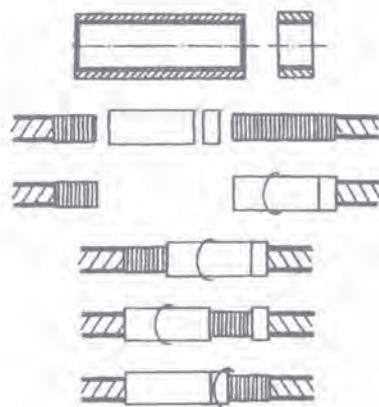


图 2-4-12 加锁母型接头

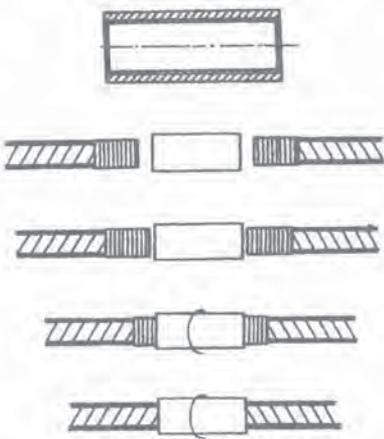


图 2-4-13 正反丝扣型接头

4) 剥肋滚轧直螺纹接头

剥肋滚轧直螺纹接头与滚轧直螺纹接头基本要求和检验、连接方法基本相同,唯一区别是剥肋滚轧直螺纹接头增加了钢筋剥肋工序。



第三章 钢筋配料与代换

第一节 钢筋配料

一、钢筋下料长度计算要求

钢筋因弯曲或弯钩会使其长度变化,在配料中不能直接根据图纸中尺寸下料;必须了解对混凝土保护层、钢筋弯钩和弯折规定,再根据图中尺寸计算其下料长度。

1. 混凝土保护层厚度

(1)纵向受力的普通钢筋及预应力钢筋,其混凝土保护层厚度(钢筋外边缘至混凝土表面的距离)不应小于钢筋的公称直径,且应符合表 3-1-1 的规定。

表 3-1-1 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度(mm)

环境类别	板、墙、壳			梁			柱		
	≤C20	C25~C45	≥C50	≤C20	C25~C45	≥C50	≤C20	C25~C45	≥C50
—	20	15	15	30	25	25	30	30	30
二	a	—	20	—	30	30	—	30	30
	b	—	25	—	35	30	—	35	30
三	—	30	25	—	40	35	—	40	35

注:基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40 mm;当无垫层时不应小于 70 mm。

(2)处于一类环境且由工厂生产的预制构件,当混凝土强度等级不低于 C20 时,其保护层厚度可按表 3-1-1 中规定减少 5 mm,但预应力钢筋的保护层厚度不应小于 15 mm;处于二类环境且由工厂生产的预制构件,当表面采取有效保护措施时,保护层厚度可按表

3-1-1中一类环境数值取用。

预制受弯构件钢筋端头的保护层厚度不应小于10mm。

(3)板、墙、壳中分布钢筋的保护层厚度不应小于表3-1-1中相应数值减10mm,且不应小于10mm;梁、柱中箍筋和构造钢筋的保护层厚度不应小于15mm。

2. 受力钢筋的弯钩和弯折

(1)HRB235级钢筋末端应作180°弯钩,其弯弧内直径不应小于钢筋直径的2.5倍,弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的3倍;

(2)当设计要求钢筋末端需作135°弯钩时,HRB335级、HRB400级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的4倍,弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求;

(3)钢筋作不大于90°的弯折时,弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的5倍。

3. 箍筋弯钩形式

(1)箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足上述受力钢筋的弯钩和弯折的规定外,尚应不小于受力钢筋直径。

(2)箍筋弯钩的弯折角度:对一般结构,不应小于90°;对有抗震等要求的结构,应为135°。

(3)箍筋弯后平直部分长度:对一般结构,不宜小于箍筋直径的5倍;对有抗震等要求的结构,不应小于箍筋直径的10倍。

二、钢筋的下料长度计算方法

钢筋下料长度=外包尺寸-量度差+端部弯钩增值。钢筋的外包尺寸相当复杂。所谓外包尺寸是指钢筋的外皮尺寸,即钢筋弯曲成型后受拉边与直线段的累加长度。在钢筋形状由多段凹凸相反的折线组成时,必须判断受拉边、确定分段的起点与终点。在无法精确计算的情况下只能采用近似计算,如梁的弯起筋斜段的外包尺寸一般用 $h/\sin\alpha$ 来计算。外包尺寸总误差有时不亚于量度差的影响。

由于钢筋弯曲成型时,外皮伸长,内皮缩短,只有中线(轴线)尺寸不变,因此钢筋的标注尺寸采用中线标志尺寸。

1. 中线标志尺寸

钢筋的直线段:中线标志尺寸就是钢筋的轴线长度。

钢筋中部弯曲段:如图 3-1-1 所示,弯曲段钢筋的中线标志尺寸为 ABC 的长度,即中线标志尺寸 $= AB + BC = (D+d) \tan \frac{\alpha}{2}$ 。图中 D 为钢筋的弯曲直径, d 为钢筋的直径, α 为钢筋的弯折角度。图中 A 、 C 为弧的切点。

钢筋末端弯钩段:如图 3-1-2 所示,末端弯钩段钢筋的中线标志尺寸为线段 AB 的长度,即中线标志尺寸 $= D/2 + d$ 。图中 $BE \perp AB$, E 为弧的切点。

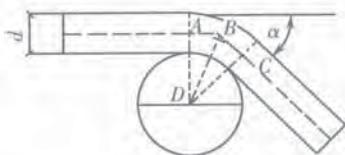


图 3-1-1 钢筋中部弯曲

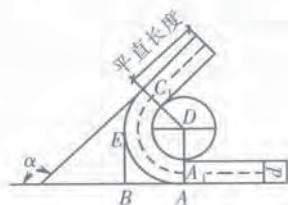


图 3-1-2 钢筋端部弯曲

2. 量度差、端部弯钩增值

根据图 3-1-1 可得:量度差 $=$ 中线标志尺寸 $-$ 弧 $\widehat{AC} = (D+d) \left(\tan \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha\pi}{360^\circ} \right)$

根据图 3-1-2 可得:端部弯钩增值 $=$ 弧 $\widehat{A_1C_1} -$ 中线标志尺寸 $AB +$ 平直长度 $= (D+d) \frac{\alpha\pi}{360^\circ} - (D/2+d) +$ 平直长度

取常用的 α 、 D 值代入量度差、端部弯钩增值公式,计算得出的量度差、端部弯钩增值列于表 3-1-2 和表 3-1-3 中。

表 3-1-2 钢筋中部弯曲量度差值表

	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=90^\circ$
$D=2.5d$	$0.022d$	$0.075d$	$0.188d$	$0.75d$
$D=4d$	$0.031d$	$0.108d$	$0.269d$	$1.07d$
$D=5d$	$0.037d$	$0.129d$	$0.323d$	$1.29d$

表 3-1-3 端部弯钩增值表

	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=135^\circ$	$\alpha=180^\circ$
$D=2.5d$	$0.50d+L$	$1.87d+L$	$3.25d+L$
$D=4d$	$0.93d+L$	$2.89d+L$	$4.85d+L$
$D=5d$	$1.21d+L$	$3.57d+L$	$5.92d+L$

3. 下料长度=中线标志尺寸-量度差+端部弯钩增值

例:钢筋外形如图 3-1-3 所示,图中标注的长度尺寸为钢筋的中线标志尺寸,其中 $h=500\text{ mm}$,为上、下水平段钢筋轴线间垂直距离。钢筋的弯曲直径 $D=2.5d$,钢筋直径 $d=28\text{ mm}$,平直长度= $3d$,末端弯钩 180° ,计算该钢筋下料长度。

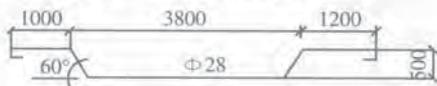


图 3-1-3 钢筋外形简图

解:(1)中线标志尺寸= $1000+3800-2\times 500\text{ctg}60^\circ+2\times \frac{500}{\sin 60^\circ}+1200=6577(\text{mm})$

(2)量度差= $0.188d\times 4=21(\text{mm})$

端部弯钩增值= $(3.25d+3d)\times 2=350(\text{mm})$

(3)下料长度= $6577-21+350=6906(\text{mm})$

三、变截面构件箍筋和圆形、曲线构件钢筋计算

1. 变截面构件箍筋计算(如图 3-1-4 所示)

每根箍筋的长短差数 $\Delta = \frac{l_c - l_d}{n - 1}$

式中: l_c ——箍筋的最大高度;

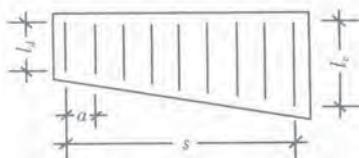


图 3-1-4 变截面构件箍筋计算

l_a ——箍筋的最小高度；

n ——箍筋个数, $n = S/a - 1$ (S 为最长箍筋和最短箍筋之间的总距离, a 为箍筋间距)

2. 圆形构件钢筋计算(如图 3-1-5、图 3-1-6 所示)

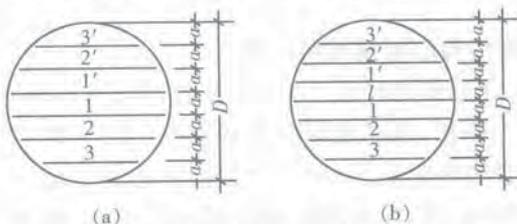


图 3-1-5 圆形构件钢筋计算(按弦长布置)

(a) 单数间距; (b) 双数间距

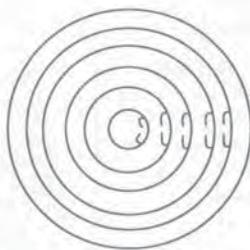


图 3-1-6 圆形构件钢筋计算(按圆形布置)

1) 按弦长布置

先按下式算出钢筋所在处弦长, 再减去两端保护层厚度, 就得到钢筋长度。

当配筋为单数间距时[图 3-1-5(a)]:

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i-1)^2}$$

当配筋为双数间距时[图 3-1-5(b)]:

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i)^2}$$

式中: l_i ——第 i 根(从圆心向两边计数)钢筋所在处弦长;

a ——钢筋间距;

n ——钢筋根数, $n = D/a - 1$;

i ——从圆心向两边计数的序号数。

2) 按圆形布置

先求出每根钢筋的圆直径,再乘圆周率算得钢筋长度(图 3-1-6)。

3. 圆形构件向心钢筋配料计算

圆形构件布筋有两种形式:一种是由相互垂直的径向直钢筋组成,钢筋长度为变长,各组钢筋按圆的弦长计算而得,如图 3-1-7 所示,构件直径较小时采用;另一种是由向心直钢筋与环筋组成,直钢筋可能有多种长度,在相同根数范围内其间距向内变小,环筋无论是直径还是周长,均按等差级数变化,如图 3-1-8 所示,构件直径较大时采用。圆形构件向心钢筋宜采用计算的方法配料。

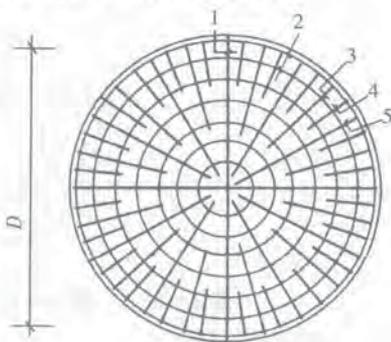
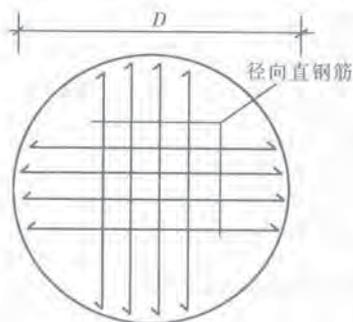


图 3-1-7 圆形构件径向布筋示意 图 3-1-8 圆形构件向心布筋示意

1—0 号直钢筋; 2—环筋; 3—2 号直钢筋;
4—1 号直钢筋; 5—1 号直钢筋

一般施工图纸只标明如下已知条件： D 为圆形构件直径， a_1 为直钢筋最大间距， a_2 为环筋间距， c 为钢筋保护层厚度，直钢筋分段示意，钢筋规格和品种等。钢筋长度均应通过计算确定，方可下料成型。

1) 直钢筋计算

最外圈环筋周长按构件直径扣除钢筋保护层厚度后应为：

$$L = \pi(D - 2c)$$

最内圈环筋周长应为：

$$L_1 = 2\pi a_2$$

根据外圈环筋周长估算直钢筋根数 $N = \frac{L}{a_1}$ 。 N 值取整数，如为偶数就取该数；如为奇数应加 1 变为偶数。此根数在内圈环筋上的间距 $a = \frac{L_1}{N}$ ，应不小于配筋的最小间距（最小间距一般取为 70 mm），如果 $a \geq 70$ mm，这个圆形构件的直钢筋为一种，根数即 N ；如果 $a < 70$ mm，就使直钢筋截止于另一圈环筋上，务必使得它们的间距处于 70 mm 至 a_1 。

根据计算结果，便可画出向心钢筋布置（图 3-1-8），直钢筋的根数和长度便容易算出来了。

2) 环筋计算

由已知条件，确定环筋根数 n ：

$$n = \frac{D - 2c - d}{2a_2}$$

式中： d ——环筋直径。 n 取整数值（如 $n = 8.35$ ，取 9 根）。

实际间距 a'_2 ：

$$a'_2 = \frac{D - 2c - d}{2n'}$$

式中： n' ——实际根数。

按环状布置，可算出各环筋的长度。

用以上方法计算的圆形构件向心钢筋配料的直钢筋、环筋为基

本长度,在下料时,还要考虑下列因素:光面钢筋端部增加弯钩长度,直钢筋、环筋较长时还应增加搭接长度,位于直径处的4根直筋改为2根直通筋(图3-1-8中的0号筋);直钢筋要适当加上交搭环筋的长度;钢筋下料成型后,应编号,以便于绑扎时对号入座。

4. 曲线构件钢筋

抛物线钢筋的长度 L 计算

(图3-1-9):

$$L = \left(1 + \frac{8h^2}{3l^2}\right)l$$

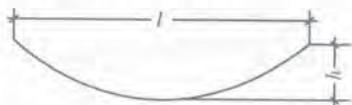


图3-1-9 抛物线钢筋长度计算

式中: l ——抛物线的水平投影长度;

h ——抛物线的矢高。

第二节 钢筋代换

钢筋代换原则:当构件受强度控制时,钢筋可按强度相等原则进行代换。当构件按最小配筋率配筋时,钢筋可按面积相等原则进行代换。当构件受裂缝宽度或挠度控制时,代换后应进行裂缝宽度或挠度验算。

一、钢筋等强代换

1. 算法

$$n_2 \geq \frac{n_1 d_1^2 f_{y1}}{d_2^2 f_{y2}}$$

式中: n_2 和 n_1 ——代换钢筋根数和原设计钢筋根数;

d_2 和 d_1 ——代换钢筋直径和原设计钢筋直径;

f_{y2} 和 f_{y1} ——代换钢筋设计强度和原设计钢筋设计强度。

上式有两种特例:

(1)设计强度相同、直径不同的钢筋代换:

$$n_2 \geq n_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

(2) 直径相同、设计强度不同的钢筋代换:

$$n_2 \geq n_1 \frac{f_{y1}}{f_{y2}}$$

2. 查表法

表 3-2-1 有 HRB235(Ⅰ)级、HRB335(Ⅱ)级、HRB400(Ⅲ)级钢筋直径和根数的钢筋拉力($A_s f_y$)值。查表时,首先根据原设计钢筋的类别、直径及根数,查得钢筋拉力;然后根据代换钢筋的类别、直径,在相同拉力条件下,查得代换钢筋根数。

表 3-2-1 钢筋拉力($A_s f_y$)值

钢筋级别直径 (mm)	根 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
当 $f_y = 210 \text{ N/mm}^2$ 时,钢筋拉力 $A_s f_y$ (kN)								
Φ8	10.56	21.13	31.69	42.25	52.82	63.38	73.94	84.50
Φ10	16.49	32.97	49.47	65.94	82.41	98.89	115.37	131.85
Φ12	23.75	47.50	71.25	95.00	118.75	142.50	166.25	190.00
Φ14	32.32	64.64	96.96	129.28	161.60	193.92	226.24	258.56
Φ16	42.23	84.46	126.69	168.92	211.15	253.38	295.61	337.85
Φ18	53.45	106.89	160.35	213.78	267.25	320.70	374.15	427.56
Φ20	65.98	131.96	197.94	263.93	329.90	395.88	461.86	527.86
当 $f_y = 300 \text{ N/mm}^2$ 时,钢筋拉力 $A_s f_y$ (kN)								
Φ6	8.49	16.98	25.47	33.96	42.45	50.94	59.43	67.92
Φ8	15.09	30.18	45.27	60.36	75.45	90.54	105.63	120.72
Φ10	23.55	47.10	70.65	94.20	117.75	141.30	164.85	188.40
Φ12	33.93	67.86	101.79	135.72	169.65	203.58	237.51	271.44
Φ16	60.33	120.66	180.99	241.32	301.65	361.98	422.31	482.64
Φ18	76.32	152.64	228.96	305.28	381.60	457.92	534.24	610.56
Φ20	94.26	188.52	282.78	377.04	471.30	565.56	659.82	754.08
Φ22	114.03	228.06	342.09	456.12	570.15	684.18	798.21	912.24
Φ25	147.27	294.54	441.81	589.08	736.35	883.62	1030.89	1178.16
Φ32	241.26	482.52	723.78	965.04	1206.30	1447.56	1688.82	1930.08
Φ40	376.98	753.96	1130.94	1507.92	1884.90	2261.88	2638.86	3015.84
Φ50	589.20	1178.40	1767.60	2356.80	2946.00	3535.20	4124.40	4713.60

续表

钢筋级别直径 (mm)	根 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
当 $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$ 时, 钢筋拉力 $A_s f_y$ (kN)								
Φ6	10.19	20.38	30.56	40.75	50.94	61.13	71.32	81.50
Φ8	18.11	36.22	54.32	72.43	90.54	108.65	126.76	144.86
Φ10	28.26	56.52	84.78	113.04	141.30	169.56	197.82	226.08
Φ12	40.72	81.43	122.15	162.58	203.58	244.30	285.01	325.73
Φ16	72.40	144.79	217.19	289.58	361.98	434.38	506.77	579.17
Φ18	91.58	183.17	274.75	366.34	457.92	549.50	641.09	732.67
Φ20	113.11	226.22	339.34	452.45	565.56	678.67	791.78	904.90
Φ22	136.84	273.67	410.51	547.34	684.18	821.02	957.85	1094.69
Φ25	176.72	353.45	530.17	706.90	883.62	1062.34	1237.07	1413.79
Φ32	289.51	579.02	868.05	1158.05	1447.56	1737.07	2026.58	2316.10
Φ40	452.38	904.75	1357.13	1809.50	2261.88	2714.76	3166.63	3619.01
Φ50	707.04	1414.08	2121.12	2828.16	3535.20	4242.24	4949.28	5658.32

3. 钢筋等强代换后抗裂验算

钢筋在等强代换后如果没有进行裂缝宽度的验算, 构件产生的裂缝有可能超出规范要求, 从而满足不了正常的使用要求。

某钢筋混凝土简支梁, $M_0 = 190 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 截面尺寸高 \times 宽 = $700 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$, 混凝土强度等级为 C20, 原设计受力钢筋 II 级, $2 \Phi 22 + 2 \Phi 20 (628 \text{ mm}^2 + 760 \text{ mm}^2)$ 。

按受拉承载力设计值相等的原则, 采用等强代换法 ($A_{s1} f_{y1} = A_{s2} f_{y2}$), 取 II 级钢筋 $3 \Phi 25$, $A_{s2} = 1473 \text{ mm}^2 \geq A_{s1} = 1388 \text{ mm}^2$, 满足承载力及最小配筋率 (0.2% 和 $45 f_t / f_y = 0.165\%$ 中的较大值) 要求, 但按规范规定, 构件最大裂缝宽度 w_{\max} 不应超过规定的允许值, 其计算结果 $w_{\max} = 0.306 \text{ mm} > [w_{\max}] = 0.300 \text{ mm}$, 经验算可知, 用 $3 \Phi 25$ 钢筋代换后得最大裂缝宽度超过规范规定的允许值, 因裂缝超宽, 保证不了构件的正常使用。

如果取 II 级钢筋 $4 \Phi 22$, $A_{s2} = 1520 \text{ mm}^2 \geq A_{s1} = 1388 \text{ mm}^2$, 经验算得 $w_{\max} = 0.294 \text{ mm} < [w_{\max}] = 0.300 \text{ mm}$, 这样既满足了构件的承

载力的要求,又保证了构件的正常使用要求。

二、构件截面的有效高度影响

钢筋代换后,有时由于受力钢筋直径加大或根数增多而需要增加排数,则构件截面的有效高度 h_0 相应减小,截面强度降低,不能满足受弯构件原设计抗弯强度要求和含有弯起钢筋的受弯构件的抗剪承载力(强度)要求。

1. 钢筋代换抗弯承载力验算

钢筋代换抗弯承载力不能满足要求,应稍加配筋,予以弥补,使与原设计抗弯强度相当。对常用矩形截面的受弯构件,可按以下方法复核截面强度。

矩形截面的受弯构件所能承受的设计弯矩 M_u 为:

$$M_u = A_s f_y (h_0 - \frac{A_s f_y}{2 f_c b})$$

钢筋代换后应满足下式要求:

$$A_{s2} f_{y2} (h_{02} - \frac{A_{s2} f_{y2}}{2 f_c b}) \geq A_{s1} f_{y1} (h_{01} - \frac{A_{s1} f_{y1}}{2 f_c b})$$

式中: A_{s1} 、 A_{s2} ——原设计钢筋和代换钢筋的计算截面面积 (mm^2);

f_{y1} 、 f_{y2} ——原设计钢筋和代换钢筋的抗拉强度设计值 (N/mm^2);

h_{01} 、 h_{02} ——原设计钢筋和代换钢筋合力作用点至构件截面受压边缘的距离 (mm);

f_c ——混凝土的抗压强度设计值:对 C20 混凝土为 $9.6 \text{ N}/\text{mm}^2$, C25 混凝土为 $11.9 \text{ N}/\text{mm}^2$, C30 混凝土为 $14.3 \text{ N}/\text{mm}^2$, C35 混凝土为 $16.7 \text{ N}/\text{mm}^2$, C40 混凝土为 $19.1 \text{ N}/\text{mm}^2$, C45 混凝土为 $21.1 \text{ N}/\text{mm}^2$, C50 混凝土为 $23.1 \text{ N}/\text{mm}^2$;

b ——构件截面宽度。

例:某受弯构件的截面如图 3-2-1(a)所示,混凝土为 C30,原

设计主筋为 $4\Phi 22$, 现用 $\Phi 22$ 筋代换, 求所需钢筋的根数。

解: 直径相同、设计强度不同的钢筋代换:

$$n_2 \geq n_1 \frac{f_{y1}}{f_{y2}} = 4 \times \frac{360}{300} = 4.8 \text{ 根} \quad \text{取 } n_2 = 5 \text{ 根}$$

原设计主筋 $4\Phi 22$ 的 $A_{s1} = 1520.4 \text{ mm}^2$, 现用 $5\Phi 22$ 代换的 $A_{s2} = 1900.5 \text{ mm}^2$ 。由于代换后钢筋根数增加, 须复核钢筋间净距 t 。截面下部纵向钢筋水平的净间距不应小于 25 mm 和 d (d 为钢筋的最大直径); 排与排钢筋之间的净间距不应小于 25 mm 。

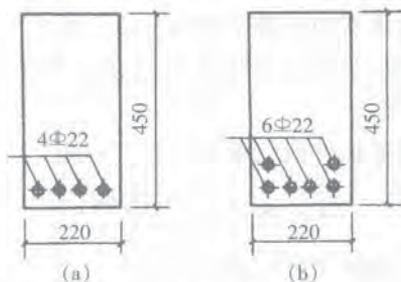


图 3-2-1 矩形截面受弯构件的钢筋代换

(a) 原设计钢筋布置; (b) 代换后钢筋布置

钢筋间净距 t 为:

$$t = \frac{b - 2c - n_2 d_2}{n_2 - 1} = \frac{220 - 2 \times 25 - 5 \times 22}{4} = 15 (\text{mm}) < 25 (\text{mm})$$

因此, 需将钢筋排成两排, 下排 3 根筋、上排 2 根筋, 则

$$\begin{aligned} a_q &= \frac{3 \times (c + \frac{d_2}{2}) + 2 \times (c + d_2 + 25 + \frac{d_2}{2})}{n_2} = \\ &= \frac{3 \times (25 + \frac{22}{2}) + 2 \times (25 + 22 + 25 + \frac{22}{2})}{5} = \\ &= \frac{3 \times 36 + 2 \times 83}{5} = 54.8 (\text{mm}), \text{ 取 } a_g = 55 (\text{mm}) \end{aligned}$$

代换钢筋合力作用点至构件截面受压边缘的距离:

$$h_{02} = h - a_g = 450 - 55 = 395 \text{ (mm)}, [h_{01} = h - (c + \frac{d_1}{2}) = 414 \text{ (mm)}]$$

由计算得知,代换后钢筋截面虽比原设计增加,但有效高度 h_0 减小。因此,需复核受弯构件截面强度。

$$A_{s1} f_{y1} (h_{01} - \frac{A_{s1} f_{y1}}{2 f_c b}) = 1520.4 \times 360 \times (414 - \frac{1520.4 \times 360}{2 \times 14.3 \times 220})$$

$$= 178981000 \text{ (N} \cdot \text{mm)} \approx 179 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$A_{s2} f_{y2} (h_{02} - \frac{A_{s2} f_{y2}}{2 f_c b}) = 19000.5 \times 300 \times (395 - \frac{19000.5 \times 300}{2 \times 14.3 \times 220})$$

$$= 173545000 \text{ (N} \cdot \text{mm)} \approx 173.5 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

由计算可知,受弯构件截面强度降低,必须再增加钢筋,改用 $6 \Phi 22, A'_{s2} = 2280.6 \text{ mm}^2, h'_{02} = 395 \text{ mm}$ (下排 4 根筋、上排 2 根筋), 见图 3-2-1(b), 则:

$$A'_{s2} f_{y2} (h'_{02} - \frac{A'_{s2} f_{y2}}{2 f_c b}) = 2280.6 \times 300 \times (395 - \frac{2280.6 \times 300}{2 \times 14.3 \times 220})$$

$$= 195850000 \text{ (N} \cdot \text{mm)} \approx 196 \text{ (kN} \cdot \text{m)} > 179 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

故,可满足抗弯强度要求。

2. 钢筋代换抗剪承载力验算

含有弯起钢筋的受弯构件如图 3-2-2 所示,当钢筋代换后使截面 1-1、2-2 和 3-3 的纵向受力钢筋均符合与原设计等强的要求,但弯起钢筋的钢筋抗剪承载力有所降低时,宜以适当增强箍筋的方法补强。

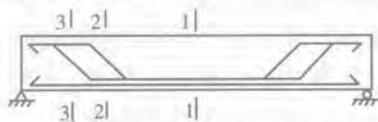


图 3-2-2 矩形截面受弯构件
钢筋代换抗剪承载力验算简图

弯起钢筋影响斜截面抗剪承载力(强度)的降低值 V_j :

$$V_j = 0.8(A_{s1} f_{y1} - A_{s2} f_{y2}) \sin \alpha_s$$

式中: f_{y1} 、 f_{y2} ——原设计钢筋和代换钢筋的抗拉强度设计值 (N/mm^2);

A_{s1} 、 A_{s2} ——同一弯起平面内原设计钢筋和代换钢筋的截面积

积(mm^2);

α_s ——斜截面上弯起钢筋与构件纵向轴线的夹角($^\circ$)。

代换箍筋量按下式计算:

$$\frac{A_{sv2} f_{yv2}}{S_2} \geq \frac{A_{sv1} f_{yv1}}{S_1} + \frac{2V_j}{3h_0}$$

式中: f_{yv1} 、 f_{yv2} ——原设计箍筋和代换箍筋的抗拉强度设计值(N/mm^2);

A_{sv1} 、 A_{sv2} ——原设计箍筋和代换双肢箍筋的截面面积(mm^2);

S_1 、 S_2 ——原设计箍筋和代换箍筋沿构件长度方向上的间距(mm);

h_0 ——构件截面的有效高度(mm)。

例:某矩形截面受弯构件截面宽 250 mm、高 600 mm(图 3-2-3),原设计纵向配筋为 $4\Phi 20$;箍筋为 $\Phi 6@200$ mm,现①号筋用 $2\Phi 22$ 钢筋代换,②号筋用 $2\Phi 18$ 钢筋代换,验算其抗剪承载力(强度)。

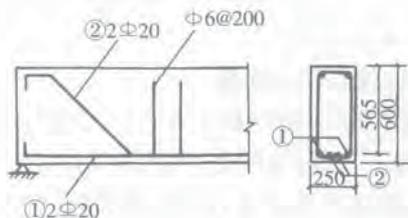


图 3-2-3 矩形截面受弯构件截面及配筋

解:用 $2\Phi 22$ 代换原 $2\Phi 20$ 伸入支座的钢筋,所具有的钢筋等强面积大于原设计,故可满足要求;而②号筋用 $2\Phi 18$ 钢筋代换,其等强面积值小于原设计 $2\Phi 20$ 的等强面积,应验算并适当增强箍筋。

原设计 $2\Phi 20$ 钢筋的截面积 $A_{s1} = 628.4 \text{ mm}^2$,代换 $2\Phi 18$ 钢筋的截面积 $A_{s2} = 508.9 \text{ mm}^2$,弯起钢筋影响斜截面抗剪强度降低值 V_j 为:

$$V_j = 0.8(A_{s1}f_{y1} - A_{s2}f_{y2})\sin\alpha = 0.8 \times (628.4 \times 300 - 508.9 \times 300)\sin 45^\circ = 20276.8(\text{N})$$

已知原设计箍筋的截面积 $A_{s1} = 2 \times 28.3 = 56.6(\text{mm}^2)$ ，代换箍筋量为：

$$\frac{A_{s2}f_{y2}}{S_2} = \frac{A_{s1}f_{y1}}{S_1} + \frac{2V_j}{3h_0} = \frac{56.6 \times 210}{200} + \frac{2 \times 20276.8}{3 \times 565} = 83.4(\text{N/mm})$$

如仍采用双肢 $\Phi 6$ 箍筋，则：

$$S = \frac{56.6 \times 210}{83.4} = 142.5(\text{mm})，\text{用 } 140\text{mm}。$$

故代换后为满足原设计抗剪强度要求，应在弯起钢筋的部位将原箍筋间距由 200 mm 加密为 140 mm。

三、钢筋代换应办理设计变更文件

在施工过程中，当施工单位缺乏设计所要求的钢筋品种、级别或规格时，可以进行钢筋代换。但为了保证对设计意图的理解不产生偏差，维持原设计意图和结构计算模式，在需要作钢筋代换时，通过原设计单位进行结构验算，办理设计变更文件，设计单位必须为所作出的设计变更文件负责，即钢筋代换由设计单位负责。

钢筋分项工程是隐蔽验收工程，是地基与基础分部工程、主体结构分部工程的重要分项工程之一，其检查验收的各子项目在施工和验收时，必须符合设计文件的要求。“钢筋安装时，受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求”。因此，只有将钢筋代换通过设计单位办理设计变更文件，才能作为施工和验收的依据。

钢筋代换无论是采用“等强度代换”还是采用“等面积代换”，都必须满足结构设计的要求，符合《建筑结构可靠性设计统一标准》《混凝土结构设计规范》《建筑抗震设计规范》的规定。如一根承受均布荷载的简支梁，跨中最大设计弯矩为 $260 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，截面尺寸为 $b \times h = 250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ，混凝土强度等级设计为 C20，钢筋采用 HRB335

级,计算受力钢筋需配筋面积为 1960 mm^2 ,实配 $4\Phi 25$ 其面积为 1962.5 mm^2 ,满足计算和构造要求。若用 HRB335 级钢筋 $4\Phi 22+2\Phi 18$ 代换,则代换面积为 2028.44 mm^2 。若保持原设计计算截面有效高度,按一排配筋,则钢筋间净距为 $15.2\text{ mm}<25\text{ mm}$ 和 d ;若按两排配筋,改变了原设计计算的有效高度 h_0 ,则需重新设计,才能保证结构安全,否则就可能产生超配筋,在承载力极限荷载作用下,受压区混凝土被压坏而受拉钢筋尚未屈服,导致构件发生脆性破坏。因此,在施工过程中,需要进行钢筋代换时,必须通过原设计单位验算,办理设计变更文件后才能实施。

第四章 梁、柱和梁柱节点钢筋及墙、板钢筋

第一节 混凝土梁、柱和梁柱节点钢筋及柱牛腿钢筋

一、混凝土梁钢筋

(1) 钢筋混凝土梁纵向受力钢筋的直径,当梁高 $h \geq 300$ mm 时,不应小于 10 mm;当梁高 $h < 300$ mm 时,不应小于 8 mm。梁上部纵向钢筋水平方向的净间距(钢筋外边缘之间的最小距离)不应小于 30 mm 和 $1.5d$ (d 为钢筋的最大直径);下部纵向钢筋水平方向的净间距不应小于 25 mm 和 d 。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时,两层以上钢筋水平方向的中距应比下面两层的中距增大 1 倍。各层钢筋之间的净间距不应小于 25 mm 和 d 。

伸长梁支座范围内的纵向受力钢筋根数,当梁宽 $b \geq 100$ mm 时,不宜少于 2 根;当梁宽 $b < 100$ mm 时,可为 1 根。

(2) 钢筋混凝土简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋,其伸入梁支座范围内的锚固长度 l_{a_s} (图 4-1-1) 应符合要求(当 $V > 0.7f_t b h_0$ 时):带肋钢筋 $l_{a_s} \geq 12d$;光面钢筋 $l_{a_s} \geq 15d$,此处 d 为纵向受力钢筋的直径。

如纵向受力钢筋伸入梁支座范围内的锚固长度不符合要求时,应采取在钢筋上加焊锚固钢板或将钢筋端部焊接在梁端预埋件上等有效锚固措施。

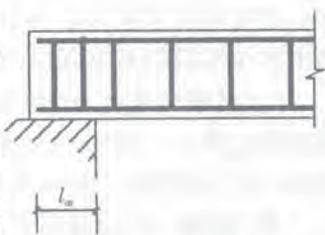


图 4-1-1 纵向受力钢筋伸入梁简支支座的锚固

支承在砌体结构上的钢筋混凝土独立梁,在纵向受力钢筋的锚固长度 l_{aE} 范围内应配置不少于两个箍筋,其直径不宜小于纵向受力钢筋最大直径的 0.25 倍,间距不宜大于纵向受力钢筋最小直径的 10 倍;当采取机械锚固措施时,箍筋间距不宜大于纵向受力钢筋最小直径的 5 倍。

(3)在钢筋混凝土悬臂梁中,应有不少于两根上部钢筋伸至悬臂梁外端,并向下弯折不小于 $12d$;其余钢筋不应在梁的上部截断,而应按弯起点位置向下弯折,并在梁的下边锚固。

(4)梁内受扭纵向钢筋沿梁截面周边布置的间距不应大于 200 mm 和梁截面短边长度;除应在周截面四角设置受扭纵向钢筋外,其余受扭纵向钢筋宜沿梁截面周边均匀对称布置。受扭纵向钢筋应按受拉钢筋锚固在支座内。受扭箍筋应做成封闭式,且应沿梁截面周边布置;受扭箍筋的末端应做成 135° 弯钩,弯钩端头平直段长度不应小于 $10d$ (d 为箍筋直径)。

(5)在混凝土梁中,宜采用箍筋作为承受剪力的钢筋。

当采用弯起钢筋时,其弯起角宜取 45° 或 60° ;在弯起钢筋的弯终点外应留有平行于梁轴线方向的锚固长度,在受拉区不应小于 $20d$,在受压区不应小于 $10d$,此处, d 为弯起钢筋的直径;梁底层钢筋中的角部钢筋不应弯起,顶层钢筋中的角部钢筋不应弯下。

(6)对截面高度 $h > 800$ mm 的梁,其箍筋直径不宜小于 8 mm;对截面高度 $h \leq 800$ mm 的梁,其箍筋直径不宜小于 6 mm。梁中配有纵向受压钢筋时,箍筋直径不应小于纵向受压钢筋最大直径的 0.25 倍,箍筋应做成封闭式,箍筋间距不应大于 $15d$ (d 为纵向受压钢筋的最小直径)同时不应大于 400 mm;当一层的纵向受压钢筋多于 5 根且直径大于 18 mm 时,箍筋间距不应大于 $10d$;当梁的宽度大于 400 mm 且一层的纵向受压钢筋多于 3 根时,或当梁的宽度不大于 400 mm 但一层的纵向受压钢筋多于 4 根时,应设置复合箍筋。

(7)位于梁下部或梁截面高度范围内的集中荷载,应全部由附加横向钢筋(箍筋、吊筋)承担,附加横向钢筋宜采用箍筋。箍筋应布置

在长度为 s 的范围内, 此处, $s = 2h_1 + 3b$ (图 4-1-2)。当采用吊筋时, 其弯起段应伸至梁上边缘, 且末端水平段长度不应小于 $10d$ (d 为吊筋直径)。

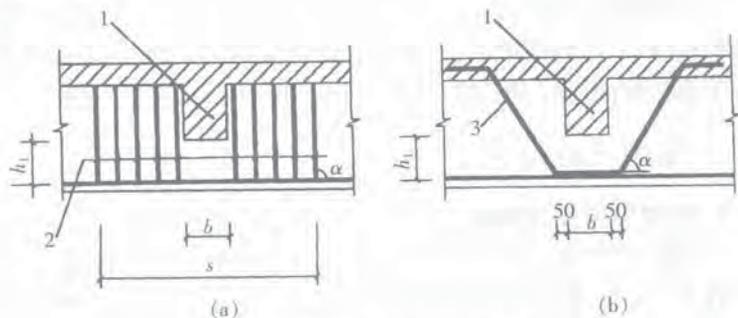


图 4-1-2 梁截面高度范围内有集中荷载作用时附加横向钢筋的布置

(a) 附加箍筋; (b) 附加吊筋

注: 图中尺寸单位 mm。

1—传递集中荷载的位置; 2—附加箍筋; 3—附加吊筋

当梁内折角处于受拉区时, 应增设箍筋 (图 4-1-3)。箍筋应设置在长度 s 范围内, 此处, $s = h \tan(3\alpha/8)$ 。该箍筋应能承受未在受压区锚固的纵向受拉钢筋的, 且在任何情况下不应小于全部纵向钢筋合力的 35%。

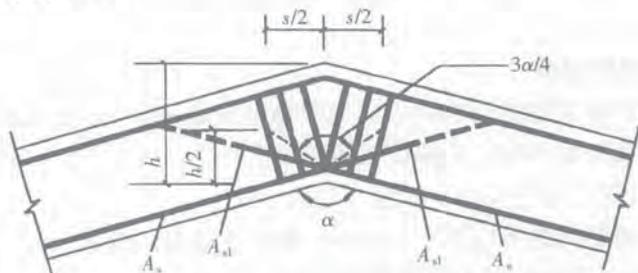


图 4-1-3 钢筋混凝土梁内折角处配筋

(8)梁内架立钢筋的直径,当梁的跨度小于4 m时,不宜小于8 mm;当梁的跨度为4~6 m时,不宜小于10 mm;当梁的跨度大于6 m时,不宜小于12 mm。

当梁的腹板高度 $h_w \geq 450$ mm时,在梁的两个侧面应沿高度配置纵向构造钢筋(不包括梁上、下部受力钢筋及架立钢筋)的截面面积不应小于腹板截面面积 bh_w 的0.1%,且其间距不宜大于200 mm。

二、混凝土柱钢筋

1. 柱中纵向受力钢筋

(1)纵向受力钢筋的直径不宜小于12 mm,全部纵向钢筋的配筋率不宜大于5%;圆柱中纵向钢筋宜沿周边均匀布置,根数不宜少于8根,且不应少于6根。

(2)当偏心受压柱的截面高度 $h \geq 600$ mm时,在柱的侧面上应设置直径为10~16 mm的纵向构造钢筋,并相应设置复合箍筋或拉筋。

(3)柱中纵向受力钢筋的净间距不应小于50 mm;对水平浇筑的预制柱,其纵向钢筋的最小净间距不应小于30 mm和 $1.5d$ (d 为纵向钢筋的最大直径)。

(4)在偏心受压柱中,垂直于弯矩作用平面的侧面上的纵向受力钢筋以及轴心受压柱中各边的纵向受力筋,其中距不宜大于300 mm。

2. 柱中箍筋

(1)柱及其他受压构件中的周边箍筋应做成封闭式;对圆柱中的箍筋,搭接长度不应小于锚固长度 l_a ,且末端应做成 135° 弯钩,弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的5倍。

(2)箍筋间距不应大于400 mm及构件截面的短边尺寸,且不应大于 $15d$ (d 为纵向受力钢筋的最小直径)。

(3)箍筋直径不应小于 $d/4$,且不应小于6 mm, d 为纵向钢筋的最大直径。

(4)当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率大于3%时,箍筋直径不应小于8mm,间距不应大于纵向受力钢筋最小直径的10倍,且不应大于200mm;箍筋末端应做成135°弯钩且弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的10倍;箍筋也可焊成封闭环式。

(5)当柱截面短边尺寸大于400mm且各边纵向钢筋多于3根时,或当柱截面短边尺寸不大于400mm但各边纵向钢筋多于4根时,应设置复合箍筋。

(6)柱中纵向受力钢筋搭接长度范围内的箍筋间距,当钢筋受拉时,箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的5倍,且不应大于100mm;当钢筋受压时,箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的10倍,且不应大于200mm。当受压钢筋直径 $d > 25$ mm时,尚应在搭接接头两个端面外100mm范围内各设置2个箍筋。

三、混凝土梁柱节点钢筋

(1)框架梁上部纵向钢筋伸入中间层端节点的锚固长度,当采用直线锚固形式时,不应小于 l_a ,且伸过柱中心线不宜小于 $5d$ (d 为梁上部纵向钢筋的直径)。当柱截面尺寸不足时,梁上部纵向钢筋应伸至节点对边并向下弯折,其包含弯弧在内的水平投影长度不应小于 $0.4l_a$ (l_a 为受拉钢筋锚固长度),包含弯弧在内的竖直投影长度应取为 $15d$ (图4-1-4)。

框架梁下部纵向钢筋在端节点处的锚固要求与中间节点处梁下部纵向钢筋的锚固要求相同。

(2)框架梁或连续梁的上部纵向钢筋应贯穿中间节点或中间支座范围(图4-1-5)。

框架梁或连续梁下部纵向钢筋在中间节点或中间支座处应满足下列锚固要求:

①当不利用该钢筋强度时,其伸入节点或支座的锚固长度:带肋钢筋不应小于 $12d$,光面钢筋不应小于 $15d$ 。

②当充分利用钢筋的抗拉强度时,下部纵向钢筋应锚固在节点

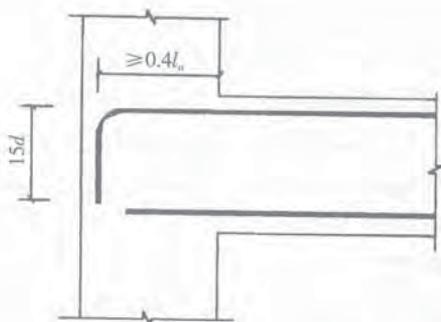


图 4-1-4 梁上部纵向钢筋
在框架中间层端节点内的锚固

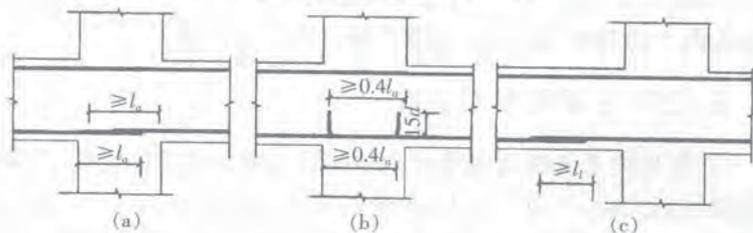


图 4-1-5 梁下部纵向钢筋在中间节点
或中间支座范围的锚固与搭接

(a)节点中的直线锚固；(b)节点中的弯折锚固；(c)节点或支座范围外的搭接或支座内，可采用直线锚固形式〔图 4-1-5(a)〕；下部纵向钢筋也可采用带 90° 弯折的锚固形式〔图 4-1-5(b)〕；下部纵向钢筋也可伸过节点或支座范围，并在梁中弯矩较小处设置搭接接头〔图 4-1-5(c)〕。

③当充分利用钢筋的抗压强度时，下部纵向钢筋应按受压钢筋锚固在中间节点或中间支座内，此时，其直线锚固长度不应小于 $0.7l_a$ ；下部纵向钢筋也可伸过节点或支座范围，并在梁中弯矩较小处设置搭接接头。

(3)框架柱的纵向钢筋应贯穿中间层中间节点和中间层端节点，

柱纵向钢筋接头应设在节点区以外。

顶层中间节点的柱纵向钢筋及顶层端节点的内侧柱纵向钢筋可用直线方式锚入顶层节点,其自梁底标高算起的锚固长度不应小于 l_a ,且柱纵向钢筋必须伸至柱顶。当顶层节点处梁截面高度不足时,柱纵向钢筋应伸至柱顶并向节点内水平弯折。当充分利用柱纵向钢筋的抗拉强度时,柱纵向钢筋锚固段弯折前的竖直投影长度不应小于 $0.5l_a$,弯折后的水平投影长度不宜小于 $12d$,当柱顶有现浇板且板厚不小于 80mm 、混凝土强度等级不低于C20时,柱纵向钢筋也可向外弯折,弯折后的水平投影长度不宜小于 $12d$ (d 为纵向钢筋的直径)。

(4)框架顶层端节点处,可将柱外侧纵向钢筋的相应部分弯入梁内作梁上部纵向钢筋使用,也可将梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋在顶层端节点及其附近部位搭接。搭接可采用下列方式:

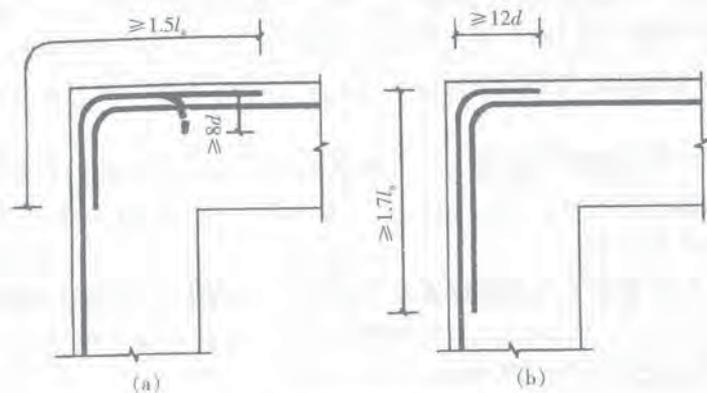


图 4-1-6 梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋在顶层端节点的搭接

- (a)位于节点外侧和梁端顶部的弯折搭接接头;
(b)位于柱顶部外侧的直线搭接接头

①搭接接头可沿顶层端节点外侧及梁端部布置〔图 4-1-6 (a)],搭接不应小于 $1.5l_a$ 。其中,伸入梁内的外侧柱纵向钢筋截面

面积不宜小于外侧柱纵向钢筋全部截面面积的 65%；梁宽范围以外的外侧柱纵向钢筋宜沿节点顶部伸至柱内边，当柱纵向钢筋位于柱顶第一层时，至柱内边后宜向下弯折不小于 $8d$ 后截断；当柱纵向钢筋位于柱顶第二层时，可不向下弯折。当有现浇板且板厚不小于 80mm 、混凝土强度等级不低于 C20 时，梁宽范围以外的外侧柱纵向钢筋可伸入现浇板内，其长度与伸入梁内的柱纵向钢筋相同。当外侧柱纵向钢筋配筋率大于 1.2% 时，伸入梁内的柱纵向钢筋应满足以上规定，且宜分两批截断，其截断点之间的距离不宜小于 $20d$ (d 为柱外侧纵向钢筋的直径)。梁上部纵向钢筋应伸至节点外侧并向下弯至梁下边缘高度后截断。

② 搭接接头也可沿柱顶外侧布置 [图 4-1-6(b)]，此时，搭接长度竖直段不应小于 $1.7l_{aE}$ 。当梁上部纵向钢筋的配筋率大于 1.2% 时，弯入柱外侧的梁上部纵向钢筋应满足以上规定的搭接长度，且宜分两批截断，其截断点之间的距离不宜小于 $20d$ (d 为梁上部纵向钢筋的直径)。柱外侧纵向钢筋伸至柱顶后宜向节点内水平弯折，弯折段的水平投影长度不宜小于 $12d$ (d 为柱外侧纵向钢筋的直径)。

(5) 梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋在节点角部的弯弧内半径，当钢筋直径 $d \leq 25\text{mm}$ 时，不宜小于 $6d$ ；当钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ 时，不宜小于 $8d$ 。

(6) 在框架节点内应设置水平箍筋，该箍筋同柱中箍筋的构造，但间距不宜大于 250mm 。对四边均有梁与之相连的中间节点，节点内可只设置沿周边的矩形箍筋。

四、混凝土柱牛腿钢筋

(1) 柱牛腿 (当 $a \leq h_0$ 时) 的截面尺寸应符合下列要求 (图 4-1-7)：

① 牛腿的外边缘高度 h_1 不应小于 $h/3$ ，且不应小于 200mm 。

② 牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度 $h_0 = h_1 - a_s + c \tan \alpha$ ，

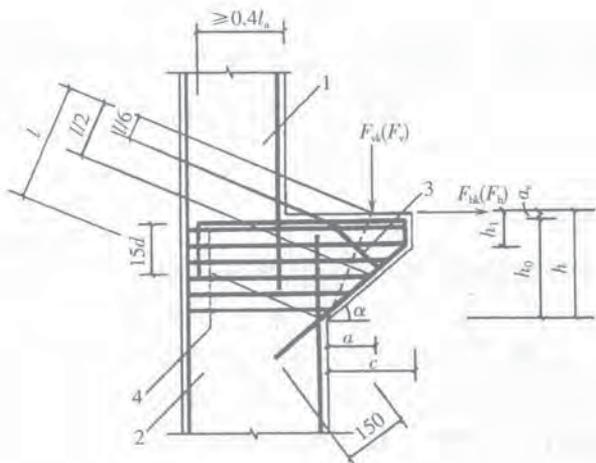


图 4-1-7 牛腿的外形及钢筋配置

注:图中尺寸单位为 mm。

1—上柱;2—下柱;3—弯起钢筋;4—水平箍筋

当 $\alpha > 45^\circ$ 时,取 $\alpha = 45^\circ$, c 为下柱边缘到牛腿外边缘的水平长度。

③在牛腿顶面的受压面上,由竖向力所引起的局部压应力不应超过 $0.75f_c$ 。

(2)沿牛腿顶部配置的纵向受力钢筋,宜采用 HRB335 级或 HRB400 级钢筋。全部纵向受力钢筋及弯起钢筋宜沿牛腿外边缘向下伸入下柱内 150 mm 后截断(图 4-1-7)。

(3)牛腿应设置水平箍筋,水平箍筋的直径宜为 6~12 mm,间距宜为 100~150 mm,且在上部 $2h_0/3$ 范围内的水平箍筋总截面面积不宜小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积的 1/2。

弯起钢筋宜采用 HRB335 级或 HRB400 级钢筋,并宜使其与集中荷载作用点到牛腿斜边下端点连线的交点位于牛腿上部 $l/6 \sim l/2$, l 为该连线的长度(图 4-1-7),其截面面积不宜小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积的 1/2,根数不宜少于 2 根,直径不宜小于 12 mm。纵向受拉钢筋不得兼作弯起钢筋。

第二节 框架梁、柱和梁柱节点钢筋及 铰接排架柱钢筋

一、框架梁钢筋

框架梁端截面的底部和顶部纵向钢筋截面面积的比值,一级抗震等级不应小于 0.5;二、三级抗震等级不应小于 0.3。

沿梁全长顶面和底面至少应各配置两根通长的纵向钢筋,对一、二级抗震等级,钢筋直径不应小于 14 mm,且分别不应少于梁两端顶面和底面纵向受力钢筋中较大截面面积的 1/4;对三、四级抗震等级,钢筋直径不应小于 12 mm。

梁端设置的第一个箍筋应距框架节点边缘不大于 50 mm。梁箍筋加密区长度内的箍筋肢距:一级抗震等级,不宜大于 200 mm 和 20 倍箍筋直径的较大值;二、三级抗震等级,不宜大于 250 mm 和 20 倍箍筋直径的较大值;四级抗震等级,不宜大于 300 mm。非加密区的箍筋间距不宜大于加密区箍筋间距的 2 倍。

二、框架柱及框支柱钢筋

(1) 框架柱和框支柱中全部纵向受力钢筋配筋率不应大于 5%。柱的纵向钢筋宜对称配置。一级抗震等级,且柱的剪跨比 $\lambda \leq 2$ 时,柱每侧纵向钢筋的配筋率不宜大于 1.2%。

(2) 框架柱和框支柱上、下两端箍筋应加密,框支柱和剪跨比 $\lambda \leq 2$ 的框架柱应在柱全高范围内加密箍筋,且箍筋间距不应大于 100 mm。

(3) 框架柱的箍筋加密区长度,应取柱截面长边尺寸(或圆形截面直径)、柱净高的 1/6 和 500 mm 中的最大值。一、二级抗震等级的角柱应沿柱全高加密箍筋。

(4) 加密区箍筋最小直径:一级抗震等级 10 mm,二、三级抗震等

级 8 mm,四级抗震等级 6 mm(柱根 8 mm)。

(5)每隔 1 根纵向钢筋宜在两个方向有箍筋或拉筋约束;当采用拉筋时,拉筋宜紧靠纵向钢筋并钩住封闭箍筋。

(6)框支柱和当剪跨比 $\lambda \leq 2$ 时的一、二、三级抗震等级的柱宜采用复合螺旋箍或井字复合箍。

三、框架梁柱节点钢筋

(1)框架中间层的中间节点处,框架梁的上部纵向钢筋应贯穿中间节点;对一、二级抗震等级,梁的下部纵向钢筋伸入中间节点的锚固长度不应小于 l_{aE} ,且伸过中心线不应小于 $5d$ [图 4-2-1(a)]。梁内贯穿中柱的每根纵向钢筋直径,对一、二级抗震等级,不宜大于柱在该方向截面尺寸的 $1/20$;对圆柱截面,不宜大于纵向钢筋所在位置柱截面弦长 $1/20$ 。

(2)框架中间层的端节点处,当框架梁上部纵向钢筋用直线锚固方式锚入端节点时,其锚固长度除不应小于 l_{aE} 外,尚应伸过柱中心线不小于 $5d$ (d 为梁上部纵向钢筋的直径)。当水平直线段锚固长度不足时,梁上部纵向钢筋应伸至柱外边并向下弯折。弯折前的水平投影长度不应小于 $0.4l_{aE}$,弯折后的竖直投影长度取 $15d$ [图 4-2-1(b)]。梁下部纵向钢筋在中间层端节点中的锚固措施与梁上部纵向钢筋相同,但竖直段应向上弯入节点。

(3)框架顶层中间节点处,柱纵向钢筋应伸至柱顶。当采用直线锚固方式时,其自梁底边算起的锚固长度应不小于 l_{aE} ,当直线段锚固长度不足时,该纵向钢筋伸到柱顶后可向内弯折,弯折前的锚固段竖向投影长度不应小于 $0.5l_{aE}$,弯折后的水平投影长度取 $12d$;当楼盖为现浇混凝土,且板的混凝土强度不低于 C20、板厚不小于 80 mm 时,也可向外弯折,弯折后的水平投影长度取 $12d$ [图 4-2-1(c)]。对一、二级抗震等级,贯穿顶层中间节点的梁上部纵向钢筋的直径,不宜大于柱在该方向截面尺寸的 $1/25$ 。梁下部纵向钢筋在顶层中间节点中的锚固措施与梁下部纵向钢筋在中间层中间节点处的锚固

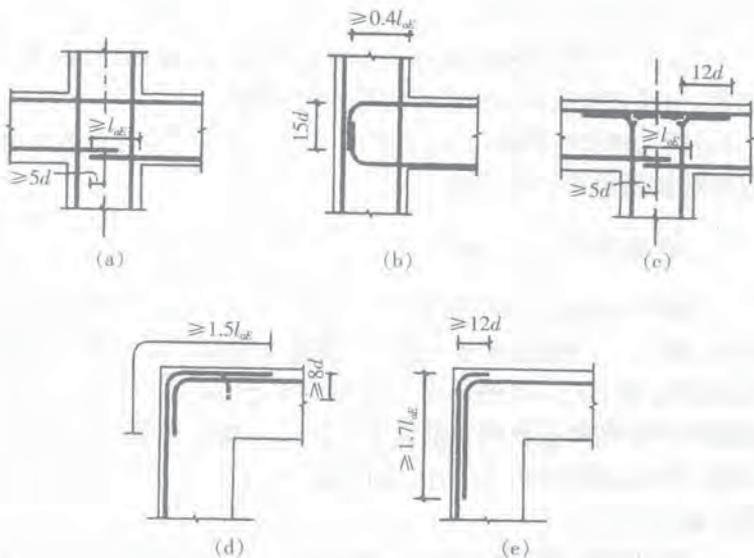


图 4-2-1 框架梁和框架柱的纵向受力
钢筋在节点区的锚固和搭接

(a)中间层中间节点;(b)中间层端节点;(c)顶层中间节点;
(d)顶层端节点(一);(e)顶层端节点(二)

措施相同。

(4)框架顶层端节点处,柱外侧纵向钢筋可沿节点外边和梁上边与梁上部纵向钢筋搭接连接〔图 4-2-1(d)〕,搭接长度不应小于 $1.5l_{aE}$,且伸入梁内的柱外侧纵向钢筋截面面积不宜少于柱外侧全部柱纵向钢筋截面面积的 65%,其中不能伸入梁内的外侧柱纵向钢筋,沿柱顶伸至柱内边;当该柱筋位于顶部第一层时,伸至柱内后,宜向下弯折不小于 $8d$ (d 为外侧柱纵向钢筋直径)后截断;当该柱筋位于顶部第二层时,可伸至柱内边后截断;当有现浇板时,且板的混凝土强度等级不低于 C20、板厚不小于 80mm 时,梁宽范围外的柱纵向钢筋可伸入板内,其伸入长度与伸入梁内的柱纵向钢筋相同。梁上部纵向钢筋应伸至柱外边并向下弯折到梁底标高。

顶层端节点处的梁上部纵向钢筋和柱外侧纵向钢筋的搭接连接

也可沿柱外边设置[图 4-2-1(e)], 搭接长度不应小于 $1.7l_{aE}$ 。其中, 柱外侧纵向钢筋应伸至柱顶, 并向下弯折, 弯折段的水平投影长度不宜小于 $12d$ 。

梁上部纵向钢筋及柱外侧纵向钢筋在顶层端节点上角处的弯弧内半径, 当钢筋直径 $d \leq 25 \text{ mm}$ 时, 不宜小于 $6d$; 当钢筋直径 $d > 25 \text{ mm}$ 时, 不宜小于 $8d$ 。弯入柱外侧的梁上部纵向钢筋或伸入梁内的柱纵向钢筋除应满足搭接长度外, 且宜分两批截断, 其截断点之间的距离不宜小于 $20d$ (d 为梁上部纵向钢筋直径)。

梁下部纵向钢筋在顶层端节点中的锚固措施与中间层端节点处梁上部纵向钢筋的措施相同。柱内侧纵向钢筋在顶层端节点中的锚固措施与顶层中间节点处柱纵向钢筋的锚固措施相同。

(5) 柱纵向钢筋不应在中间各层节点内截断。

(6) 框架节点核心区箍筋最小直径: 一级抗震等级 10 mm, 二、三级抗震等级 8 mm, 四级抗震等级 6 mm (柱根 8 mm)。

四、铰接排架柱钢筋

(1) 有抗震设防要求的铰接排架柱, 其箍筋加密区应符合下列要求:

① 箍筋加密区长度: 对柱顶区段, 取柱顶以下 500 mm, 且不小于柱顶截面高度; 对吊车梁区段, 取上柱根部至吊车梁顶面以上 300 mm; 对柱根区段, 取基础顶面至室内地坪以上 500 mm; 对牛腿区段, 取牛腿全高; 对柱间支撑与柱连接的节点和柱变位受约束的部位, 取节点上、下各 300 mm。

② 箍筋加密区的箍筋最大间距为 100 mm; 箍筋最小直径: 对一、二级抗震等级和三级抗震等级 III、IV 类场地为 10 mm, 三级抗震等级 I、II 类场地和四级抗震等级为 8 mm。

(2) 支承不等高厂房低跨屋面梁、屋架等屋盖结构的柱牛腿, 应符合基本要求外, 尚应符合下列要求:

① 承受水平拉力的锚筋: 一级抗震等级不应少于 2 根直径为

16 mm的钢筋；二级抗震等级不应少于 2 根直径为 14 mm 的钢筋；三、四级抗震等级不应少于 2 根直径为 12 mm 的钢筋。

②牛腿中的纵向受拉钢筋和锚筋的锚固长度 l_{aE} 应符合要求。

③牛腿水平箍筋最小直径为 8 mm，最大间距为 100 mm。

第三节 混凝土墙、板钢筋

一、剪力墙钢筋

(1)剪力墙墙肢两端应配置竖向受力钢筋，每端的竖向受力钢筋不宜少于 4 根直径为 12 mm 的钢筋或 2 根直径为 16 mm 的钢筋；沿竖向钢筋方向宜配置直径不小于 6 mm、间距为 250 mm 的拉筋。

剪力墙洞口上、下两边的水平纵向钢筋不应少于 2 根直径不小于 12 mm 的钢筋；钢筋截面面积分别不宜少于洞口截断的水平分布钢筋总截面面积的一半。纵向钢筋自洞口边伸入墙内的长度不应小于受拉钢筋锚固长度。

(2)钢筋混凝土剪力墙水平及竖向分布钢筋的直径不宜大于墙厚的 1/10 且不应小于 8 mm，间距不应大于 300 mm。

(3)厚度大于 160 mm 的剪力墙应配置双排分布钢筋网；结构中重要部位的剪力墙（指框架-剪力墙结构中的剪力墙和框架-核心筒结构中的核心筒墙体），当其厚度不大于 160 mm 时，也应配置双排分布钢筋网。

双排分布钢筋网应沿墙的两个侧面布置，且应采用拉筋连系；拉筋直径不应大于 6 mm，间距不应大于 600 mm。

(4)剪力墙水平分布钢筋应伸至墙端，并向内水平弯折 $10d$ (d 为水平分布钢筋直径)后截断。

当剪力墙端部有叶墙或转角墙时，内墙两侧的水平分布钢筋和外墙内侧的水平分布钢筋应伸至叶墙或转角墙外边，并分别向两侧水平弯折后截断，其水平弯折长度不宜小于 $15d$ 。在转角墙处，外墙

外侧的水平分布钢筋应在墙端外角处弯入叶墙,并与叶墙外侧水平分布钢筋搭接,搭接长度不应小于 $1.2l_a(l_{aE})$ 。

带边框的剪力墙,其水平和竖向分布钢筋分别贯穿柱、梁或锚固在柱、梁内。

(5)剪力墙水平分布钢筋的搭接长度不应小于 $1.2l_a(l_{aE})$ 。同排水平分布钢筋的搭接接头之间以及上、下相邻水平分布钢筋的搭接接头之间沿水平方向的净间距不小于 500 mm。

剪力墙竖向分布钢筋可在同一高度搭接,搭接长度不应小于 $1.2l_a(l_{aE})$ 。

(6)剪力墙洞口连梁应沿全长配置箍筋,箍筋直径不小于 6 mm,间距不大于 150 mm。

在顶层洞口连梁纵向钢筋伸入墙内的锚固长度范围内,应设置间距不大于 150 mm 的箍筋,箍筋直径宜与该连梁跨内箍筋直径相同。同时,门窗洞边的竖向钢筋应按受拉钢筋锚固在顶层连梁高度范围内。

二、混凝土板钢筋

(1)多跨单向板和双向板可采用分离式配筋或弯起式配筋。分离式配筋因施工方便,采用分离式配筋时,跨中正弯矩钢筋宜全部伸入支座;支座负弯矩钢筋向跨内延伸并满足钢筋锚固的要求。

(2)板中受力钢筋的间距,当板厚 $h \leq 150$ mm 时,不宜大于 200 mm;当板厚 $h > 150$ mm 时,不宜大于 $1.5d$,且不宜大于 250 mm。

(3)当现浇混凝土板的受力钢筋与梁平行时,应沿梁长方向配置间距不大于 200 mm 且与梁垂直的上部构造钢筋,其直径不宜小于 8 mm,且单位长度内的总截面面积不宜小于板中单位宽度内受力钢筋截面面积的 $1/3$ 。该构造钢筋伸入板内的长度从梁边算起每边不宜小于板计算跨度 l_0 的 $1/4$ (图 4-3-1)。

(4)对与支承结构整体浇筑或嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板,应沿支承周边配置上部构造钢筋,其直径不宜小于 8 mm,间距

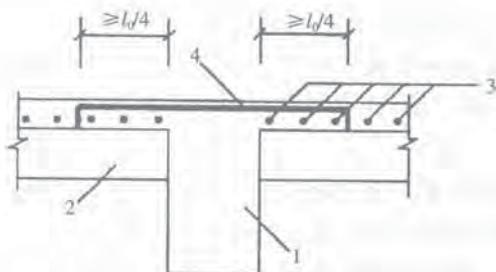


图 4-3-1 现浇板中与梁垂直的构造钢筋

1—主梁；2—次梁；

3—板的受力钢筋；4—上部构造钢筋

不宜大于 200 mm，并应符合下列规定：

①现浇楼盖周边与混凝土梁或混凝土墙整体浇筑的单向板或双向板，应在板边上部设置垂直于板边的构造钢筋，其截面面积不宜小于板跨中相应方向纵向钢筋截面面积的 1/3；该钢筋自梁边或墙边伸入板内的长度，在单向板中不宜小于受力方向板计算跨度的 1/5，在双向板中不宜小于板短跨方向计算跨度的 1/4；在板角处该钢筋应沿两个垂直方向布置或按放射状布置；当柱角或墙的阳角突出到板内且尺寸较大时，亦应沿柱边或墙阳角边布置构造钢筋，该构造钢筋伸入板内的长度应从柱边或墙边算起。上述上部构造钢筋应按受拉钢筋锚固在梁内、墙内或柱内。

②嵌固在砌体墙内的现浇混凝土板，其上部与板边垂直的构造钢筋伸入板内的长度，从墙边算起不宜小于板短边跨度的 1/7；在两边嵌固于墙内的板角部分，应配置双向上部构造钢筋，该钢筋伸入板内的长度从墙边算起不宜小于板短边跨度的 1/4；沿板的受力方向配置的上部构造钢筋，其截面面积不宜小于该方向跨中受力钢筋截面面积的 1/3；沿非受力方向配置的上部构造钢筋，可适当减少。

(5)当按单向板设计时，除沿受力方向布置受力钢筋外，尚应在垂直受力方向布置分布钢筋。单位长度上分布钢筋的截面面积不宜小于单位宽度上受力钢筋截面面积的 15%，且不宜小于该方向板截

面面积的 0.15%；分布钢筋的间距不宜大于 250 mm，直径不宜小于 6 mm；对集中荷载较大的情况，分布钢筋的截面面积应适当增加，其间距不宜大于 200 mm。

(6) 混凝土板中配置抗冲切箍筋或弯起钢筋时，应符合下列构造要求：

① 箍筋及相应的架立钢筋应配置在与 45° 冲切破坏锥面相交的范围内，且从集中荷载作用面或柱截面边缘向外的分布长度不应小于 $1.5h_0$ [图 4-3-2(a)]；箍筋应做成封闭式，直径不应小于 6 mm，间距不应大于 $h_0/3$ 。

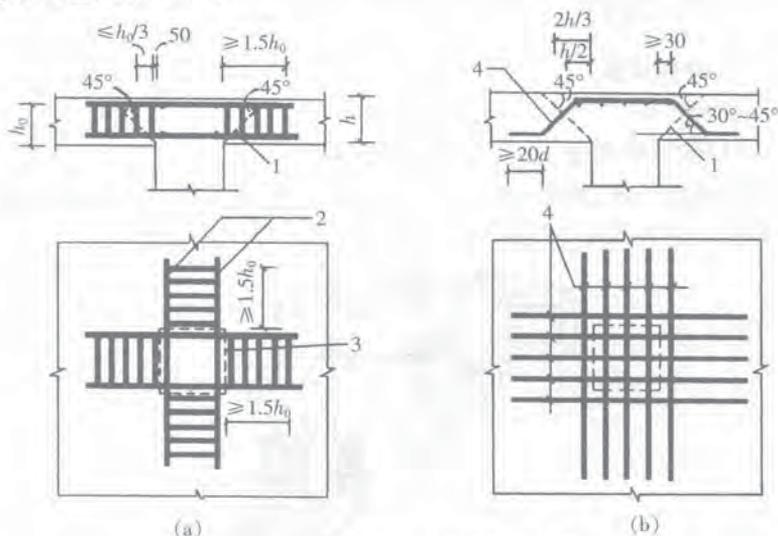


图 4-3-2 板中抗冲切钢筋布置

(a) 用箍筋作抗冲切钢筋；(b) 用弯起钢筋作抗冲切钢筋

注：图中尺寸单位 mm。

1—冲切破坏锥面；2—架立钢筋；3—箍筋；4—弯起钢筋

② 弯起钢筋的弯起角度可根据板的厚度在 30°~45° 选取；弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏锥面相交 [图 4-3-2(b)]，其交点应在集中荷载作用面或柱截面边缘以外 $(1/2 \sim 2/3)h$ 的范围内。弯起钢筋直径不宜小于 12 mm，且每一方向不宜少于 3 根。

第五章 钢筋加工制作

第一节 冷拔钢丝与冷拉钢筋

一、冷拔钢丝

1. 冷拔设备

1) 拔丝机

(1) 拔丝机类型,分为立式与卧式两种。

卧式拔丝机(图 5-1-1),人工卸丝,宜用于建筑工地拔粗丝。这类拔丝机又有单卷筒和双卷筒之分,后者拔丝效率高。

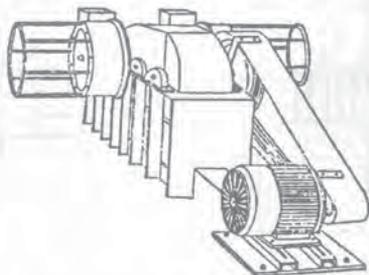


图 5-1-1 卧式双卷筒拔丝机

立式拔丝机(图 5-1-2),机械卸丝,宜用于拔丝厂拔丝。为了提高拔丝效率,可将 3~5 台拔丝机联结成连续拔丝机。

单筒双模拔丝机(图 5-1-3),一次完成两道拔丝工序,提高工效,但电动机负荷相应增大。

(2) 拔丝机规格:卷筒直径 450~600 mm,转速 30~40 r/min,电

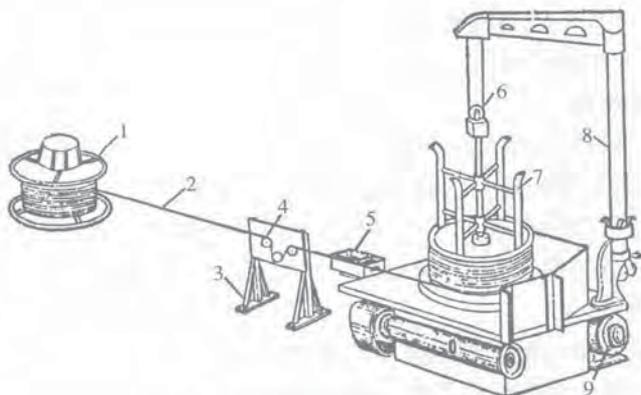


图 5-1-2 立式单卷筒拔丝机

1—盘圆架；2—钢筋；3—剥壳装置；4—槽轮；5—拔丝模；6—滑轮；
7—绕丝筒；8—支架；9—电机

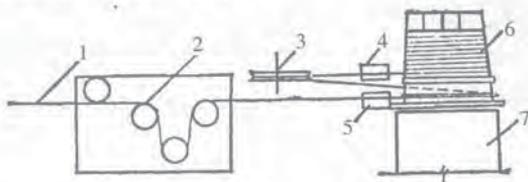


图 5-1-3 立式单卷筒双模拔丝机示意

1—钢筋；2—剥壳槽轮；3—导向轮；4、5—拔丝模；6—绕
丝筒；7—机座

动机功率 14~22 kW, 个别达 30 kW。

电动机功率 N , 可根据拔丝力和拔丝速度, 按下式计算:

$$N = \frac{P \cdot D \cdot n}{19500\eta} (\text{kW})$$

式中: P ——拔丝力(N), 根据实测资料, 一般小于 $0.8f_{tk}A_s [f_{tk}$ 为所拔出的钢丝抗拉强度 (N/mm^2), A_s 为所拔出的钢丝截面面积 (mm^2)];

D ——拔丝机卷筒直径(m);

n ——拔丝机卷筒转速(r/min);

η ——机械传动效率,取 0.88~0.92。

2) 拔丝模

拔丝模用钨钢制成,如图 5-1-4(a)所示。为了减少拔丝力和模子损耗,关键是模孔的磨光度要高和锥度要适当($14^{\circ}\sim 16^{\circ}$)。

模孔的直径有各种规格,根据所拔钢丝每道压缩后的直径选用。拔最后一道的模孔直径,宜选用比成品钢丝直径小 0.1 mm,以利保证钢丝规格。

为了使钢丝便于进入拔丝模并在拔丝过程中排除残渣,宜在拔丝模尾部装设喇叭管并附有排渣孔,如图 5-1-4(b)所示。

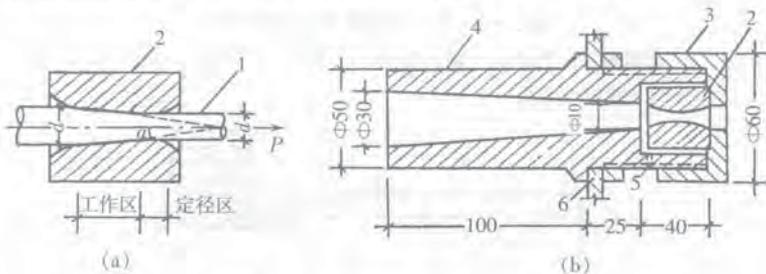


图 5-1-4 拔丝模构造与装法

(a)拔丝模构造;(b)拔丝模装在喇叭管内

1—钢筋;2—拔丝模;3—螺母;4—喇叭管;5—排渣孔;6—存放润滑剂的箱壁

3) 剥壳装置

钢筋表面常有一层氧化铁锈,硬度高,易磨损模孔,增大消耗能量和造成断丝,因此拔丝前需进行除锈,俗称剥壳。

剥壳装置一般采用 2~3 个槽轮,单向错开布置(图 5-1-3)。槽轮的直径宜为钢筋直径的 15~20 倍,钢筋在槽轮上的抱角宜大于 135° 。剥壳与拔丝同时进行,不会增加拔丝力。如果槽轮相互垂直布置,则由于钢筋上下左右都受到弯曲,铁锈剥得更干净。

4) 轧头机

钢筋轧头机的轧滚直径 100~120 mm,长度 140~180 mm,表面

硬度 HRC=59~62,轧滚凹槽的直径 2~7 mm,每隔 0.5~1.0 mm 一道;轧滚的转速 35~45 r/min,电动机功率 1.5~2.2 kW。

此外,还需要配备对焊机(接长盘圆钢筋)、旋转架(放置钢丝用)、夹具及链条(钢丝固定在卷筒上用)。

2. 冷拔工艺

一般采用强迫拔丝工艺,其工艺流程为:轧头、剥壳及拔丝。在拔丝过程中不用酸洗,并不得退火。影响冷拔丝强度的主要因素是原材料的强度和拔丝工艺的总压缩率。

1) 对原材料要求

甲级冷拔丝必须采用符合 I 级钢筋的盘条拔制。

对钢号不明或无出厂证明书的钢筋,应在拔丝前取样检验。只有同钢厂、同钢号、同直径的钢筋才可以进行对焊后拔丝。

遇到扁圆的、带刺的、太硬的、潮湿的钢筋,不能勉强拔制;否则不但钢丝质量不好,而且容易损坏拔丝模。

2) 冷拔总压缩率

冷拔总压缩率 β ,即盘条拔至成品钢丝的横截面总压缩率,可按公式计算:

$$\beta = \frac{d_0^2 - d^2}{d_0^2} \times 100\%$$

式中: d_0 ——盘条钢筋直径(mm);

d ——成品钢丝直径(mm)。

冷拔总压缩率越大,钢丝的抗拉强度越高,但塑性也越差。

为了保证甲级冷拔丝的强度和塑性相对比较稳定,必须控制总压缩率。在一般情况下, $\Phi 5$ 钢丝宜用 $\Phi 8$ 盘条拔制, $\Phi 4$ 和 $\Phi 3$ 钢丝宜用 $\Phi 6.5$ 盘条拔制。

3) 冷拔次数

冷拔次数对冷拔丝强度的影响不大。冷拔次数不宜过多,一是影响生产效率,二是钢丝要发脆,对伸长率有影响;但冷拔次数过少,每道压缩量过大,也易发生断丝和设备安全事故。

冷拔次数与每道压缩量之间的关系,可按下式计算,并列成参考表 5-1-1,根据生产设备与原材料情况选择合适的参数。

后道钢丝直径 d_2 (mm) = (0.85~0.9) 前道钢丝直径 d_1

表 5-1-1 钢丝冷拔次数参考表

项次	钢丝直径	盘条直径	冷拔总压缩率 (%)	冷拔次数和拔后直径(mm)					
				第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
1	Φ ^b 5	Φ8	61	6.5	5.7	5.0			
				7.0	6.3	5.7	5.0		
2	Φ ^b 4	Φ6.5	62.2	5.5	4.6	4.0			
				5.7	5.0	4.5	4.0		
3	Φ ^b 3	Φ6.5	78.7	5.5	4.6	4.0	3.5	3.0	
				5.7	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

4) 润滑剂

拔丝工艺中,润滑剂选用较为重要。对润滑剂的要求是:

(1) 润滑效果好,以减少拔丝力和模子损耗;

(2) 成品钢丝表面不应有油污或皂渍,以免影响钢丝点焊及钢丝与混凝土黏结。

常用的润滑剂配方:生石灰 100 kg,动物油 20 kg,肥皂 5~8 条,水 200 kg,石蜡不掺或少掺。配制方法:先将动物油、肥皂加热化开,倒入水中,再将石灰块逐步投入,利用石灰熟化过程中释放的热量化匀,然后烘干或晒干、碾碎过筛而成。干燥标准是以含水量为 10%~15% 为宜,太潮,使用时钢丝会发毛;太干,会破坏油脂作用。

润滑剂还可采用肥皂切片、晒干、掺二次回收的铁末粉碾成,或采用三级硬脂酸敲碎,与石灰粉按 1:2 混合而成。

二、冷拉钢筋

1. 冷拉设备

1) 用卷扬机冷拉

(1) 设备布置方案,可参考图 5-1-5 灵活选用。

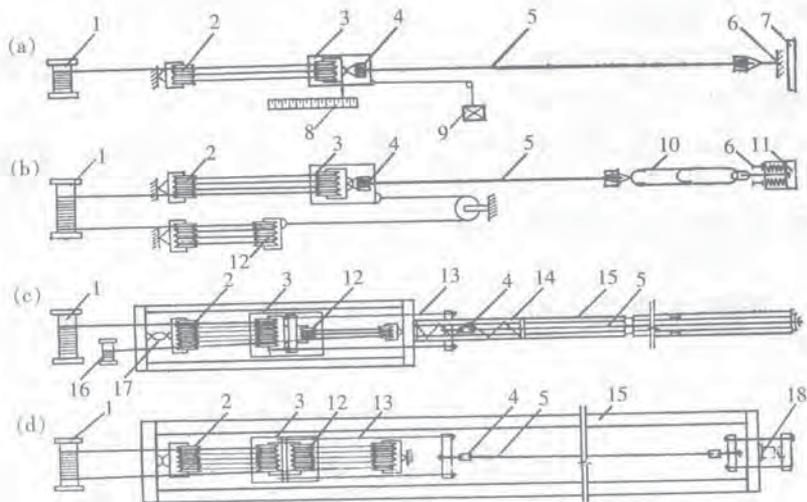


图 5-1-5 用卷扬机冷拉钢筋设备布置方案

(a)、(b)方案；(c)、(d)方案

1—卷扬机；2—滑轮组；3—冷拉小车；4—钢筋夹具；5—钢筋；6—地锚；7—防护壁；8—标尺；9—回程荷重架；10—连接杆；11—弹簧测力器；12—回程滑轮组；13—传力架；14—钢压柱；15—槽式台座；16—回程卷扬机；17—电子秤；18—液压千斤顶

方案一：该方案设备简单，两端采用地锚承力。方案(a)用冷拉滑轮组、回程荷重架、标尺测伸长。方案(b)回程装置采用与冷拉相同的滑轮组，弹簧测力计测力；宜用于施工现场或构件厂冷拉细钢筋和中粗钢筋。

方案二：该方案宜用于构件厂冷拉粗钢筋。方案(c)是采用单压柱式台座承力，回程滑轮组的门数小于冷拉滑轮组(用另一台卷扬机牵引)，电子秤测力。方案(d)是采用双压柱式台座承力，回程滑轮组与冷拉滑轮组相同，液压千斤顶测力。

以上除方案(a)采用冷拉率控制外，其余方案可采用应力控制。

(2) 设备

① 卷扬机与滑轮组

电动卷扬机，采用牵引力为 30~50 kN、卷筒直径为 350~

450 mm、卷筒转速为 6~8 r/min 的慢速卷扬机。

冷拉滑轮组的门数和吨位,采用 3~8 门、150~500 kN(拉直细钢筋用的门数与吨位可适当减小)。

回程滑轮组的门数和吨位:当采用另一台卷扬机牵引时,采用 2~3 门、30~50 kN;当采用同一台卷扬机卷筒以正反转原理工作时,其门数应与冷拉滑轮组相同。

②钢筋夹具

钢筋冷拉夹具具有:楔块式夹具、月牙式夹具、偏心式夹具、槽式夹具等。

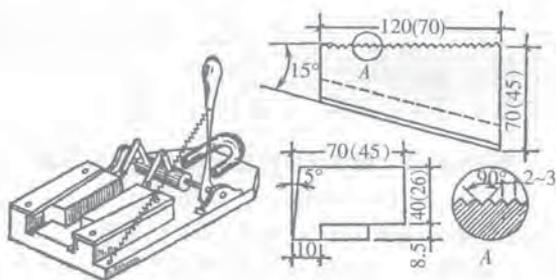


图 5-1-6 楔块式夹具

楔块式夹具的构造与尺寸,如图 5-1-6 所示。楔块宜采用优质碳素工具钢,加工后应进行热处理,经淬火后硬度 HRC=50~55。楔块的倾斜角宜控制在 14° ~ 20° 。这种夹具的夹紧力强,使用方便, I~IV 级粗细钢筋都适用。

月牙式夹具的构造与尺寸,如图 5-1-7 所示。月牙式夹具宜用优质钢制作,经热处理后的硬度 HRC=40~45。钢筋的夹持点宜在夹片的中下部位。这种夹具主要靠杠杆力和偏心力夹紧,使用方便,适用于 I~III 级粗细钢筋。

偏心式夹具的构造与尺寸,如图 5-1-8 所示。偏心块及偏心块下的齿条宜采用优质钢制作,经热处理后的硬度 HRC=35~40。这种夹具轻巧灵活,适合 I 级盘圆钢筋冷拉,特别是当每盘最后不足

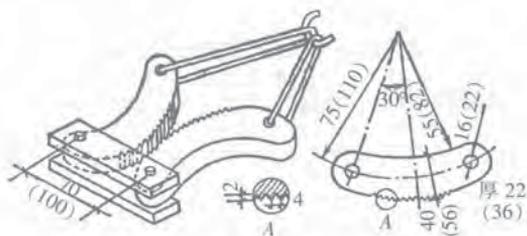


图 5-1-7 月牙式夹具

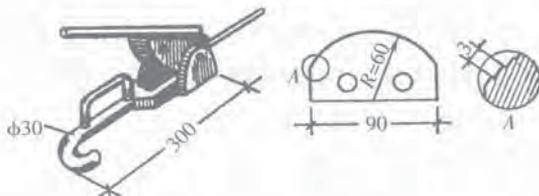


图 5-1-8 偏心块夹具

定尺长度时,可将其钩在挂链上,使用方便。

槽式夹具,如图 5-1-9 所示,实质上是一种连接器。使用时,将两端焊有螺杆或镦粗头的钢筋放在夹具的槽口中,利用插片固定。这种夹具没有一定的形式与规格,可根据实际情况自行确定。凡两端有螺杆或镦粗头的冷拉钢筋,都采用这类夹具。

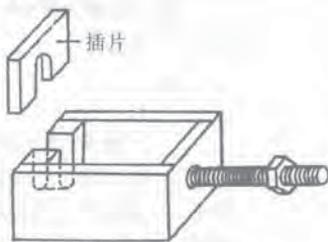


图 5-1-9 槽式夹具

③测力器

控制钢筋冷拉应力用的测力器,可采用弹簧测力器、液压千斤顶、电子秤等。

弹簧测力器,如图 5-1-10 所示。测力弹簧,一般采用火车缓冲弹簧;一台测力器装 2~5 个,测力吨位可达 50~200 kN。为了提高测力精度,可用测力表盘来放大测力数据。为了使钢筋冷拉到控制应力时卷扬机能自动停车,在弹簧测力器上装设限位开关。

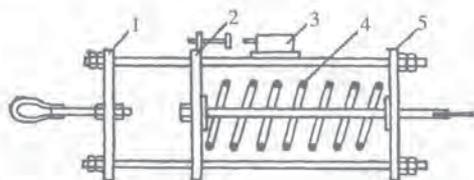


图 5-1-10 弹簧测力器

1—端板；2—滑动板；3—限位开关；4—弹簧；
5—后挡板

液压千斤顶，可采用 300 kN、500 kN、1 000 kN，并装有压力表。钢筋冷拉力系通过传力架的槽梁传给千斤顶，如图 5-1-11 所示。为了防止千斤顶漏油，千斤顶宜用专用的卧式千斤顶。为了防止钢筋拉断时压力表受冲击损坏，在油路上装设稳压连接器。



图 5-1-11 用液压千斤顶控制应力

(a) 液压千斤顶装设方法(平面)；(b) 稳压连接器

1—台座；2—横梁；3—千斤顶；4—传力架；5—钢筋；6—压力表；7—开关；
8—球阀

电子秤是由传感器和示力表仪组成(图 5-1-12)。钢筋冷拉用的电子秤可选用 DCZ-1/01；测力吨位可选用 500 kN、700 kN 和 1 000 kN。传感器可选用 BLR-1 型拉压式。示力仪上有限位指针，可按冷拉力大小加以调整；当钢筋冷拉到控制应力时，卷扬机就自动停车。传感器可装在台座前端定滑轮处(图 5-1-5)或台座尾端。传感器装在台座尾端时，为了防止钢筋拉断时传感器受冲击，需要装设缓冲装置(图 5-1-13)。

④槽式台座

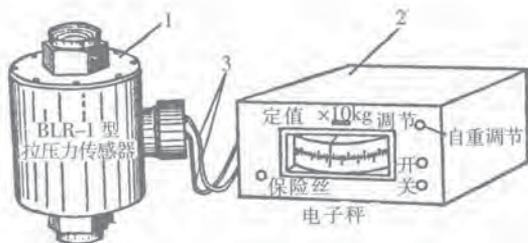


图 5-1-12 电子秤

1—传感器；2—示力仪；3—导线

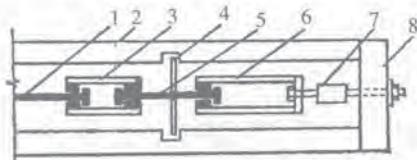


图 5-1-13 电子秤装在台座尾部的缓冲装置(平面)

1—钢筋；2—台座侧壁；3—连接器；4—缓冲挡板；5—连接杆；6—缓冲用的滑槽连接器；7—电子秤传感器；8—台座横梁

钢筋冷拉用的槽式台座，宜采用压柱式。槽式台座的截面形式、尺寸与配筋，如图 5-1-14 所示。

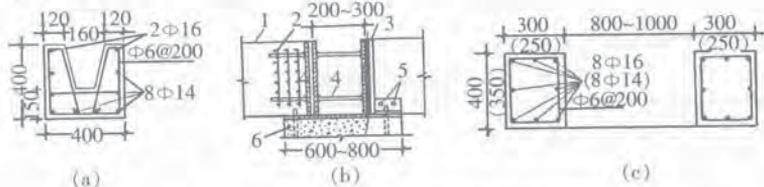


图 5-1-14 冷拉槽断面形式、尺寸与配筋

(a)单压柱式；(b)压柱纵向连接；(c)双压柱式

1—压柱；2—钢筋网片；3—压柱端头预埋钢板；4—短钢柱；5—连接用角钢与螺栓；6—基础

单柱冷拉槽用料省,且便于转移。压柱的长度不大于 6 m,每段之间相隔 200~300 mm 用短钢柱连接。压柱端部利用角钢与螺栓锚固在基础上。钢筋冷拉时,无须钢横梁,只要利用 U 形插片就能固定冷拉钢筋。

双柱式冷拉槽的宽度大,便于操作,对细钢筋一次多根张拉。压柱每段的长度不大于 9 m,连接方法同上。根据冷拉钢筋不同长度需要,可在适当位置拆去短钢柱,换上钢横梁。

(3)有关计算

①设备拉力

卷扬机冷拉设备的拉力 Q ,可按下式计算(图 5-1-15):

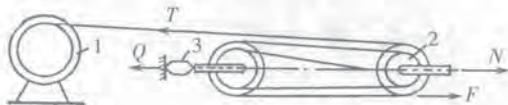


图 5-1-15 冷拉设备受力计算简图

1—卷扬机;2—滑轮组;3—电子秤传感器

$$Q = T \cdot m \cdot \eta - F$$

式中: T ——卷扬机牵引力;

m ——滑轮组工作线数;

η ——滑轮组总效率,查表 5-1-2;

F ——设备阻力,由冷拉小车与地面摩擦力及回程装置阻力组成,一般取 5~10 kN。

表 5-1-2 滑轮组总效率 η 和系数 α 值

滑轮组门数	3	4	5	6	7	8
工作线数 m	7	9	11	13	15	17
总效率 η	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74
$1/m\eta$	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
$\alpha = 1 - \frac{1}{m\eta}$	0.84	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92

注:本表根据单个滑轮效率 0.96 及图 5-1-15 的滑轮组绕法计算。

设备拉力 $Q \geq (1.2 \sim 1.5)$ 钢筋冷拉力 N , 才能满足要求。

②冷拉速度

钢筋的冷拉速度 v , 可按下式计算:

$$v = \frac{\pi D n}{m}$$

式中: D ——卷扬机卷筒直径(m);

n ——卷扬机卷筒转速(r/min);

m ——滑轮组工作线数。

钢筋冷拉速度 v , 根据实践经验不大于 1.0 m/min 为宜(拉直细钢筋可不受此限)。

③测力器负荷

测力器负荷 P , 可按下列两式计算:

a. 当测力器装在冷拉线尾端时,

$$P = N - F$$

式中: N ——钢筋冷拉力, $N = f_{yk} \cdot A_s$ (f_{yk} 为冷拉应力, A_s 为钢筋面积);

F ——设备阻力, 由尾端连接器及测力装置等产生, 根据实践经验采用弹簧测力器及放大表盘时, 可取 5 kN 。

b. 当测力器装在冷拉线前端时,

$$P = N + F - T = (N + F) - \frac{1}{m\eta} (N + F) = (1 - \frac{1}{m\eta}) (N + F)$$

令 $1 - \frac{1}{m\eta} = \alpha$, 则 $P = \alpha(N + F)$

式中: N, F 同上式;

α 由表 5-1-2 查得。

2) 用液压千斤顶冷拉

用长冲程液压千斤顶进行钢筋冷拉, 其布置方案可参考图 5-1-16, 主要根据液压千斤顶性能及工作条件等灵活选用。

方案一: 其特点是采用 1 台长冲程液压千斤顶通过传力架传力, 千斤顶上装有压力表直接控制冷拉应力, 千斤顶回程采用荷重架, 双

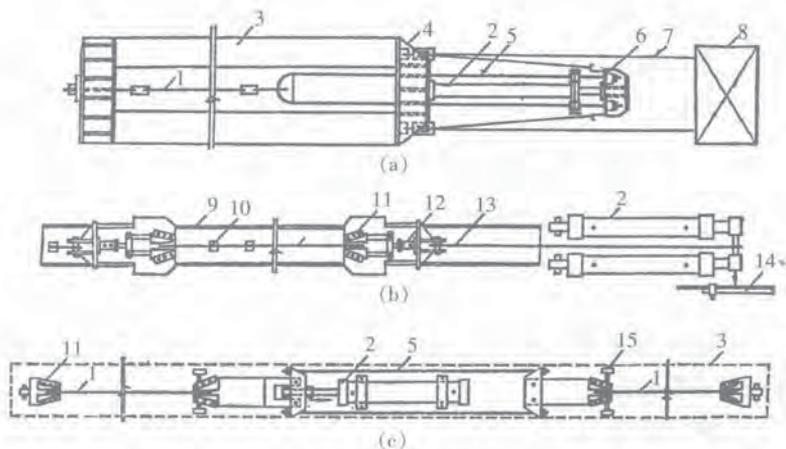


图 5-1-16 用液压千斤顶冷拉钢筋设备布置方案

(a)方案一;(b)方案二;(c)方案三

1—钢筋;2—千斤顶;3—台座;4—横梁;5—传力架;6—活动横梁;7—钢丝绳;8—荷重架;9—工字钢轨道;10—孔洞;11—冷拉夹具;12—油缸;13—拉杆;14—光电计数装置;15—冷拉小车

压柱式台座承力。该千斤顶的规格:拉力 600 kN,活塞行程 1.0 m,活塞直径 180 mm,液缸长度 1.8 m。

方案二:其特点是采用 2 台长冲程千斤顶固定在冷拉线的一端,共同拉一根钢筋,千斤顶末端装有光电计数装置。冷拉时发出延伸长度脉冲信号送到控制台,由子存储器计算延伸长度,通过信号控制冷拉长度。该千斤顶的规格:液缸长度 1.94 m,外径 180 mm,内径 150 mm,活塞行程 1.45 m;最大冷拉长度为 24 m。冷拉夹具的夹紧动作,也是用液压驱动,在夹具上设光电信号器,当钢筋落入夹具中间时,液缸动作,夹具夹紧。

在该方案的基础上将液压千斤顶的活塞增至 1.9 m(液缸长度 2.52 m,外径 121 mm,内径 100 mm,活塞杆直径 65 mm,每台拉力 250 kN),并将其倒转来冷拉,即利用活塞回缩时拉钢筋,变活塞杆受压为受拉。

方案三:其特点是采用一台长冲程液压千斤顶固定在埋于地下的单压柱式台座的顶面上,千斤顶活塞来回行程均可冷拉,其中一端直接拉钢筋,另一端通过传力架拉钢筋。该千斤顶的规格:拉力 320 kN、1 000 kN,活塞行程 0.6 m,冷拉速度 2.4~3.0 m/min。

2. 冷拉工艺

从钢筋应力-应变图(图 5-1-17)中可以看出,将钢筋冷拉至其应力超过屈服点,例如 k 点,然后卸去外力,由钢筋产生塑性变形,卸荷过程中应力-应变曲线沿直线 ko_2 降至 o_1 点。如立即重新加荷,应力-应变曲线将沿着 o_1kde 变化,屈服点进一步提高到 k' ,塑性再次降低。由于设计中不利用时效后提高的屈服点,因此施工中不作时效处理。

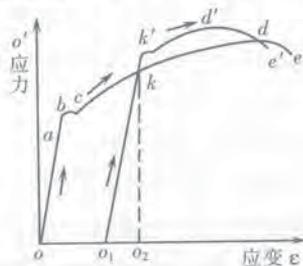


图 5-1-17 冷拉钢筋应力-应变图

图 5-1-17 中的 k 点即为冷拉钢筋控制应力, oo_2 即为相应的冷拉率, o_1o_2 为弹性回缩率。

钢筋的冷拉方法,可采用控制应力和控制冷拉率法。

1) 控制应力法

采用控制应力法冷拉钢筋时,其冷拉控制应力及最大冷拉率应符合表 5-1-3 的规定。表中的冷拉控制应力就是冷拉钢筋的屈服点;冷拉率大于表中最大冷拉率,就有可能抗拉强度不合格的钢筋,

表 5-1-3 冷拉控制应力及最大冷拉率

项次	钢筋级别	冷拉控制应力 (N/mm ²)	最大冷拉率 (%)
1	I 级	280	10
2	II 级	450	5.5
3	III 级	500	5
4	IV 级	700	4

应剔除。

采用控制应力法,其冷拉力 N ,可按式计算:

$$N = \sigma_{yk} A_s$$

式中: σ_{yk} ——钢筋冷拉控制应力(N/mm²);

A_s ——钢筋冷拉前的截面面积(mm²)。

同时,其冷拉率也需要预先作抽样试验,以便初步确定钢筋下料长度。

钢筋冷拉至控制应力后,如个别钢筋的冷拉率超过最大冷拉率,应予以剔除;如发现较多钢筋的冷拉率超过最大冷拉率,则应对冷拉后的钢筋进行抗拉强度试验,符合规定者仍可使用。

多根串联的钢筋冷拉到控制应力后,除检查按总长控制的冷拉率不超过最大冷拉率外,还应分别检查各根钢筋的冷拉率,如发现超过最大冷拉率,按上法同样处理。

控制应力法的优点是钢筋冷拉后的屈服点较为稳定,不合格的钢筋易于发现;对主要的预应力混凝土构件,优先采用此法。但由于控制应力取定值,则必然会带来伸长不一致。这样,对要求等长(同时张拉)或定长(带锚具)的预应力筋,就难以满足要求。为解决这一矛盾,可采取以下办法:

(1)以一定幅度同时控制应力与伸长。此法控制应力的幅度宜取-3%~+5%,控制伸长的幅度可根据伸长允许调整值确定。如钢筋冷拉应力已达上限,而长度还不够,或钢筋长度已达上限,而冷拉应力还不足,则应将钢筋卸下,不论其偏短或偏长,均应截去一段,易焊一段,再予冷拉。

(2)对有锚具的预应力筋采用加长螺杆(比规定放长 50 mm)或后焊帮条锚具。

2)控制冷拉率法

采用控制冷拉率法冷拉钢筋时,冷拉率必须由试验确定。测定同炉批钢筋冷拉率的冷拉应力,应符合表 5-1-4 的规定,其试样不应少于 4 个,并取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率。

表 5-1-4 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力

项次	钢筋级别	冷拉应力 (N/mm ²)
1	I 级	320
2	II 级	470
3	III 级	530
4	IV 级	750

对于测定的冷拉率不足 1%，考虑到这类钢筋抗拉强度必然很高，拉到 1% 不会影响冷拉钢筋材质。同时，通过冷拉 1% 还可以起到调直作用，所以对不足 1% 时仍按 1% 冷拉。

采用控制冷拉率法时，其冷拉伸长值 ΔL 可按下式计算。冷拉后钢筋的实际伸长，还应扣除弹性压缩值。

$$\Delta L = rL$$

式中： r ——钢筋的冷拉率(%)；

L ——钢筋冷拉前的长度。

多根串联的钢筋冷拉到伸长值后，如其中单根钢筋的伸长超过最大冷拉率(表 5-1-3)，则应予以剔除。

控制冷拉率法的优点是设备简单，并能做到等长或定长要求；但对材质不均匀或混炉批的钢筋，冷拉率波动大，不易保证冷拉应力，为此可采用逐根取样法。

逐根取样方法，就是在钢筋逐根取样试验后，将冷拉率相差在 0.25%(IV 级钢筋)~0.5%(II 级钢筋)的钢筋归类对焊，然后按类确定冷拉率进行冷拉。

3) 冷拉注意事项

(1) 钢筋冷拉前应对测力器和各项冷拉数据进行校验与复核，以确保冷拉钢筋质量；在冷拉过程中要做好记录。

(2) 钢筋冷拉速度不宜过快，待到规定长度或控制应力后，应稍停，然后再进行放松。

(3) 钢筋伸长值的测量起点，以卷扬机或千斤顶拉紧钢筋(约为冷拉应力的 10%)时为准。

(4) 预应力钢筋应先对焊后冷拉, 以免因焊接而降低冷拉后的强度并可检验对焊接头质量。

(5) 钢筋冷拉时, 如焊接接头被拉断, 可重新焊接后再拉, 但不超过两次。

(6) 冷拉线两端必须有防护。冷拉时严禁在冷拉或两端站人或跨越、触动正在冷拉的钢筋。

(7) 钢筋冷拉后, 宜放置一段时间(7~15 d)后使用。

第二节 钢筋除锈、调直、切断、成型

一、钢筋除锈

钢筋的表面应洁净。油渍、漆污和用锤敲击时能剥落的浮皮、铁锈等应在使用前清除干净。在焊接前, 焊点处的水锈应清除干净。

钢筋除锈, 一般要通过以下途径: 一是在钢筋冷拉或钢丝调直过程中除锈; 二是用机械方法除锈, 如采用电动除锈机除锈, 对钢筋的局部除锈较为方便。此外, 还可以用手工除锈(用钢丝刷、砂盘)、喷砂和酸洗除锈等。

电动除锈, 如图 5-2-1 所示。该机的圆盘钢丝刷成品供应, 也可用废钢丝绳头拆开编成, 其直径为 200~300 mm, 厚度为 50~150 mm, 转速为 1000 r/min 左右, 电动机功率为 1.0~1.5 kW。为了减少除锈时灰尘飞扬, 应装设排尘罩和排尘管道。

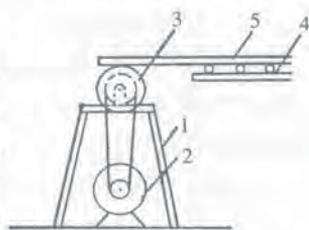


图 5-2-1 电动除锈机

在除锈过程中发现钢筋表面的氧化铁皮鳞落现象严重并已损伤钢筋截面, 或在除锈后表面有严重麻坑、斑点伤蚀截面时, 应降级使用或剔除不用。

二、钢筋调直

1. 机具设备

1) 钢筋调直机(图 5-2-2、表 5-2-1)

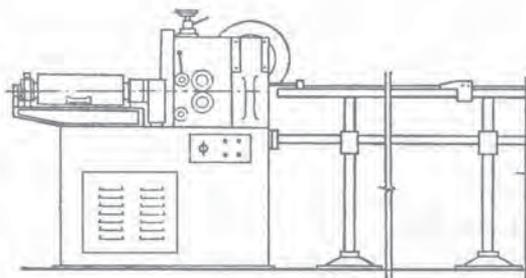


图 5-2-2 GJ6-4/8 型钢筋调直机

表 5-2-1 钢筋调直机技术性能

机械型号	钢筋直径 (mm)	调直速度 (m/min)	断料长度 (mm)	电功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	机重 (kg)
GJ6-4/8(TQ4-8)	4~8	40	300~600.0	5.5	7250×550×1150	720
GJ4-4/14(TQ4-14)	4~14	30.54	300~700.0	2×4.5	8860×1010×1365	1500

2) 数控钢筋调直切断机

数控钢筋调直切断机是在原有调直机的基础上应用电子控制仪,准确控制钢筋断料长度,并自动计数。该机的工作原理,如图 5-2-3 所示。在该机摩擦轮(周长 100 mm)的同轴上装有一个穿孔光电盘(分为 100 等份),光电盘的一侧装有一只小灯泡,另一侧装有一只光电管。当钢筋通过摩擦轮带动光电盘时,灯泡光线通过每个小孔照射光电管,就被光电管接收而产生脉冲讯号(每次讯号为钢筋长 1 mm),控制仪长度部位数字上立即显示出相应读数。当信号积累到给定数字(即钢筋调直到所指定长度)时,控制仪立即发出指令,使切断装置切断钢筋。与此同时长度部位数字回到零,根数部位数字示出根数,这样连续作业,当根数信号积累至给定数字时,即自动切断电源,停止运转。

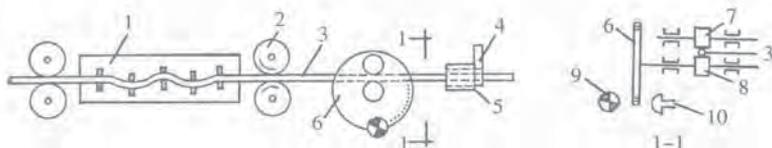


图 5-2-3 数控钢筋调直切断机工作简图

1—调直装置；2—牵引轮；3—钢筋；4—上刀口；5—下刀口；6—光电盘；7—压轮；

8—摩擦轮；9—灯泡；10—光电管

钢筋数控调直切断机，断料精度高(偏差仅 1~2 mm)；钢丝表面光洁，断面均匀。

3) 卷扬机拉直设备

详见钢筋冷拉设备，用卷扬机拉部分。

2. 调直工艺

(1) 采用钢筋调直机调直低碳冷拔钢丝和细钢筋时，要根据钢筋的直径选用调直模和传递压辊，并要正确掌握调直模的偏移量和压辊的压紧程度。

调直模的偏移量(图 5-2-4)，根据其磨损程度及钢筋品种通过试验确定；调直筒两端的调直模一定要在调直前后导孔的轴心线上，这是钢筋能否调直的一个关键。如果发现钢筋调得不直就要从以上两方面检查原因，并及时调整调直模的偏移量。

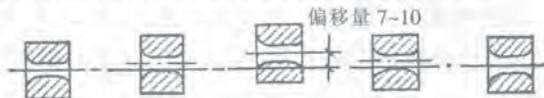


图 5-2-4 调直模的安装

压辊槽宽，一般在钢筋穿入压辊之后，保证上下压辊间有 3 mm 以内的间隙，才是适宜的。压辊的压紧程度要做到既保证钢筋能顺利地牵引前进，看不出钢筋有明显的转动，而压辊被切断的一瞬钢筋和压辊间又能允许发生打滑。

(2) 采用卷扬机拉直钢筋时，其调直冷拉率：I 级钢筋不宜大于

4%，Ⅱ、Ⅲ级钢筋不宜大于1%。如所使用的钢筋无弯钩弯折要求时，调直冷拉率可适当放宽，Ⅰ级钢筋不大于6%；Ⅱ、Ⅲ级钢筋不大于2%。

3. 质量要求

(1)钢筋应平直，无局部曲折；

(2)冷拔低碳钢丝在调直机上调直后，其表面不得有明显擦伤，抗拉强度不得低于设计要求。

冷拔低碳钢丝经调直机调直后，其抗拉强度一般要降低10%~15%。使用前应加强检验，按调直后的抗拉强度选用。如果抗拉强度降低过大，则可适当降低调直筒的转速和调直块的压紧程度。

三、钢筋切断

1. 机具设备

1)钢筋切断机(图5-2-5、图5-2-6、表5-2-2、表5-2-3)

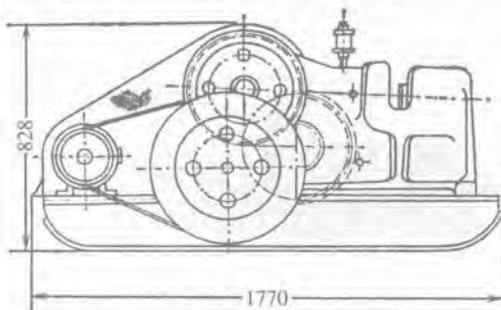


图 5-2-5 GJ5-40 型钢筋切断机

表 5-2-2 钢筋切断机技术性能

机械型号	钢筋直径 (mm)	每分钟切 断次数	切断力 (kN)	工作压力 (N/mm ²)	电机功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	重量 (kg)
GJ5-40	6~40	32	—	—	7.5	1770×695×828	950
QJ40-1	6~40	32	—	—	5.5	1400×600×780	450
GJ5y-32	8~32	—	320	45.5	3.0	889×396×398	145

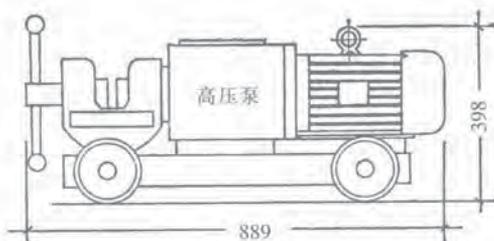


图 5-2-6 GJ5y-32 电动液压切断机

表 5-2-3 GJ5-40 型钢筋切断机每次切断根数

钢筋直径(mm)	6~8	10~12	14~16	18~20	22~40	备注
每次切断根数	12~8	6~4	3	2	1	I级钢筋

2) 手动液压切断器

手动液压切断器,如图 5-2-7。切断力 80 kN,活塞行程为 30 mm,压柄作用力为 220 N,总重量为 6.5 kg,能切断直径 16 mm 以下的钢筋。这种机具体积小,重量轻,操作简单,便于携带。

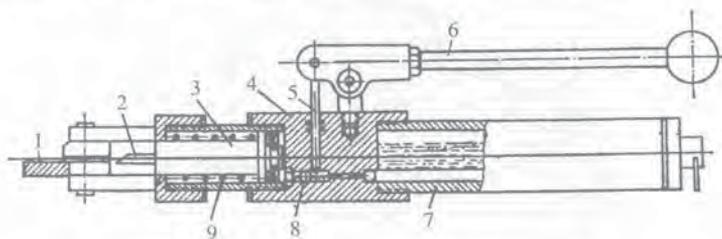


图 5-2-7 GJ5y-16 型手动液压切断器

1—滑轨;2—刀片;3—活塞;4—缸体;5—柱塞;6—压杆;7—贮油筒;8—吸油阀;9—回位弹簧

2. 切断工艺

(1) 将同规格钢筋根据不同长度长短搭配,统筹排料;一般应先断长料,后断短料,减少短头,减少损耗。

(2) 断料时应避免用短尺量长料,防止在量料中产生累计误差。为此,宜在工作台上标出尺寸刻度线并设置控制断料尺寸用的挡板。

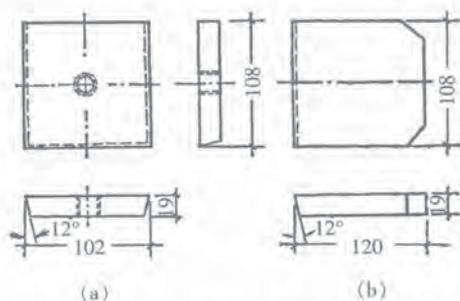


图 5-2-8 钢筋切断机的刀片形状

(a) 冲切刀片; (b) 固定刀片

(3) 钢筋切断机的刀片, 应由工具钢热处理制成。刀片的形状可参考图 5-2-8。安装刀片时, 螺丝要紧固, 刀口要密合 (间隙不大于 0.5 mm); 固定刀片与冲切刀片刀口的距离; 对直径 ≤ 20 mm 的钢筋宜重叠 1~2 mm, 对直径 > 20 mm 的钢筋宜为 5 mm 左右。

(4) 在切断过程中, 如发现钢筋有劈裂、缩头或严重的弯头等必须切除; 如发现钢筋的硬度与该钢种有较大的出入, 应及时向有关人员反映, 查明情况。

3. 质量要求

(1) 钢筋的断口不得有马蹄形或起弯等现象。

(2) 钢筋的长度应力求准确, 其允许偏差 ± 10 mm。

四、钢筋弯曲成型

1. 钢筋弯钩弯折有关规定

(1) I 级钢筋末端应作 180° 弯钩, 其圆弧弯曲直径 (D) 不应小于钢筋直径的 2.5 倍, 弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径 (d) 的 3 倍 (图 5-2-9);

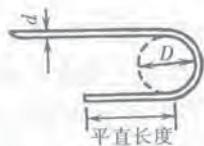


图 5-2-9 钢筋末端弯钩

(2) 当设计要求钢筋末端需作 135° 弯钩时, II、III 级钢筋的弯曲直径 (D) 不应小于钢筋直径 (d) 的 4 倍, 弯

钩的弯后平直部分长度应符合设计要求[图 5-2-10(a)、(b)];

(3) 钢筋作不大于 90° 的弯折时, 弯折处的弯曲直径(D)不应小于钢筋直径(d)的 5 倍[图 5-2-10(c)]。

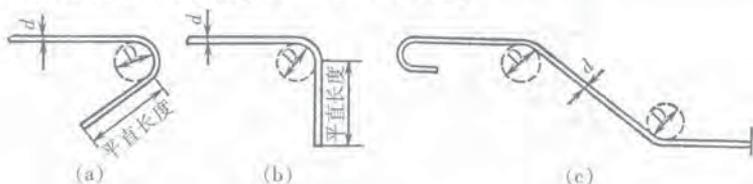


图 5-2-10 钢筋弯钩弯折

(a)、(b) 钢筋末端弯钩弯折; (c) 弯起钢筋弯折

2. 机具设备

1) 钢筋弯曲机(图 5-2-11, 表 5-2-4、表 5-2-5)

表 5-2-4 钢筋弯曲机技术性能

弯曲机类型	钢筋直径 (mm)	工作盘转速 (r/min)	电机功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	重量 (kg)
GJ7-40	6~40	3, 6, 11	2.8	1360×865×746	662
GJ7-40(WJ40-1)	6~40	3, 7, 14	2.8	855×780×670	435

注: 工作盘转速, 钢筋直径 $d < 18$ mm 时, 取高速; $d = 18 \sim 22$ mm 时, 取中速; $d > 22$ mm 时, 取低速。

表 5-2-5 GJ7-40 型钢筋弯曲机每次弯曲根数

钢筋直径(mm)	10~12	14~16	18~20	22~40
每次弯曲根数	4~6	3~4	2~3	1

2) 四头弯筋机

四头弯筋机(图 5-2-12)是由一台电动机通过三级变速带动圆盘, 再通过圆盘上的偏心铰带动连杆与齿条, 使四个工作盘转动。每个工作盘上装有心轴与成型轴, 但与钢筋弯曲机不同的是: 工作盘不停地往复运动, 且转动角度一定(事先可调整)。

四头弯筋机主要技术参数是: 电机功率为 3 kW, 转速为 960 r/min, 工作盘反复动作次数为 31 r/min。该机能弯曲 4~12 mm 钢筋, 弯曲角度可在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 变动。

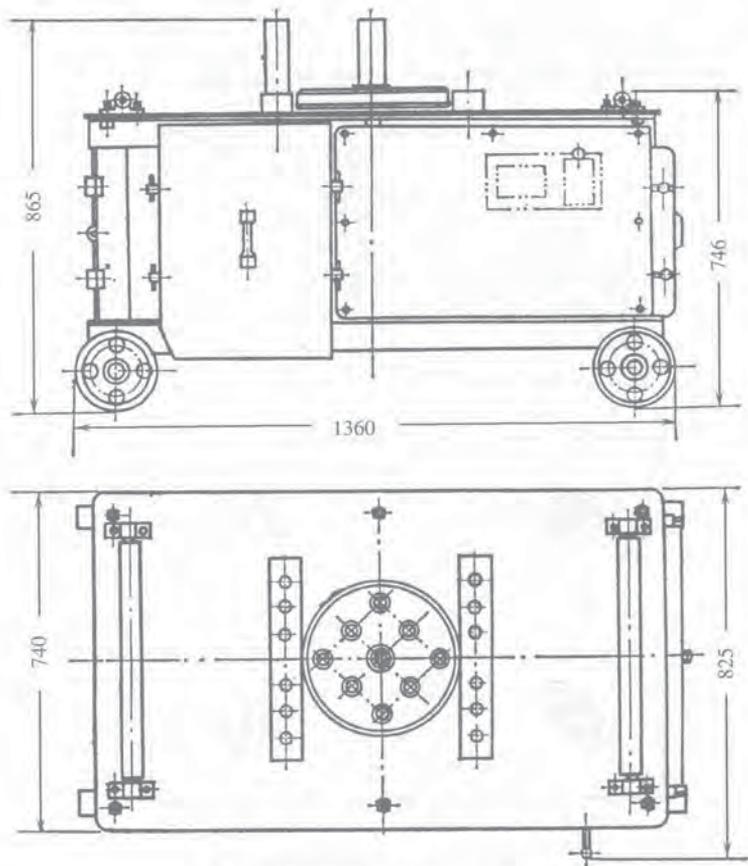


图 5-2-11 GJ7-40 型钢筋弯曲机

该机主要是用来弯制钢筋箍；其工效比手工操作提高约 7 倍，加工质量稳定。

3) 钢筋弯箍机

钢筋弯箍机有立式和卧式两种。立式弯箍机由储料、喂料及成型部分组成，见图 5-2-13。

储料部分位于弯箍机上方。储料槽的宽度仅略大于钢筋直径，以便落入槽内的钢筋依次排列。出料采用拨料轮（即带缺口的旋转

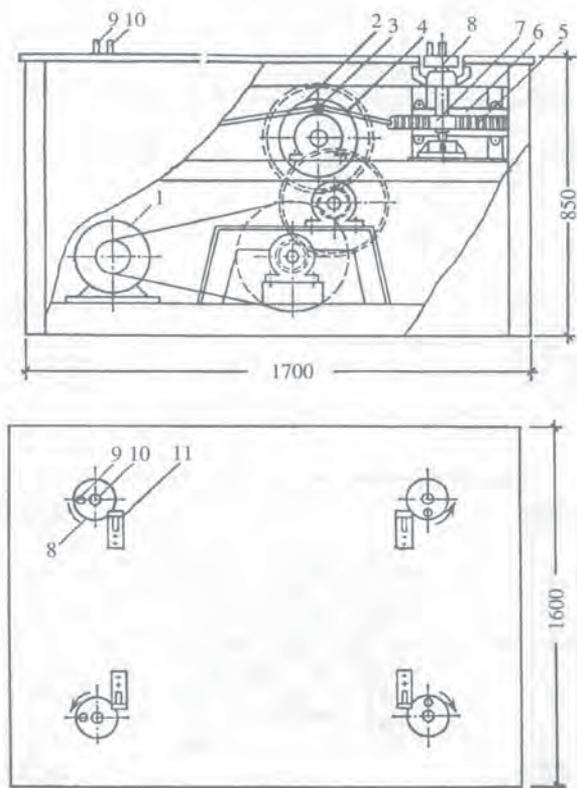


图 5-2-12 四头弯筋机

1—电动机；2—偏心圆盘；3—偏心铰；4—连杆；5—齿条；6—滑道；7—正齿轮；8—工作盘；9—成型轴；10—心轴；11—挡铁

轮)，拨料轮沿储料槽纵向布置，由链条传动，每转 1 周，出料 1 根。

钢筋从储料槽出料后，即由喂料机构将其推至工作盘上，喂料机构的推杆由装在拨料轴一端的凸轮带动。喂料机构的动作，见图 5-2-14，每出料 1 次，推杆工作 1 次。

成型部分装有 5 个工作盘。工作盘的位置，可利用手摇丝杆来调整；为了使工作盘能单个调整，在丝杆上装有开合螺母（由电磁铁

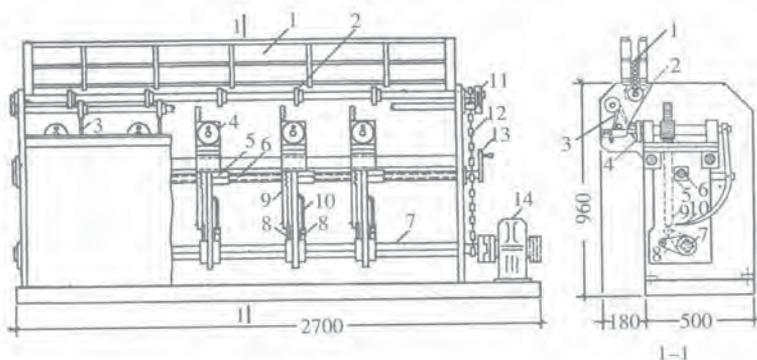


图 5-2-13 钢筋弯箍机的构造示意

1—储料槽；2—拨料轮；3—喂料用的推杆；4—工作盘；5—开合螺母；6—丝杠；7—传动轴；8—凸轮；9—齿条；10—拨心轴用的连杆；11—凸轮；12—链条；13—手摇轮；14—减速器



图 5-2-14 喂料机构的工作简图

(a) 初始状态；(b) 喂进状态

1—拨料轴；2—凸轮；3—推杆；4—复位弹簧；5—工作盘；6—心轴；7—成型轴；8—钢筋

带动)。工作盘的旋转，是利用传动轴上的凸轮顶动齿条来实现；调整每个凸轮的角度，可获得 5 个工作盘的异步动作。工作盘心轴的伸缩是利用传动轴上的另一凸轮顶动连杆来实现，箍筋的成型步骤，见图 5-2-15。

钢筋弯箍机用一台 2.2 kW 电动机，通过减速器传动。该机加工的箍筋尺寸任意可调，但箍筋展开长度限制在 0.4~1.96 m，每小

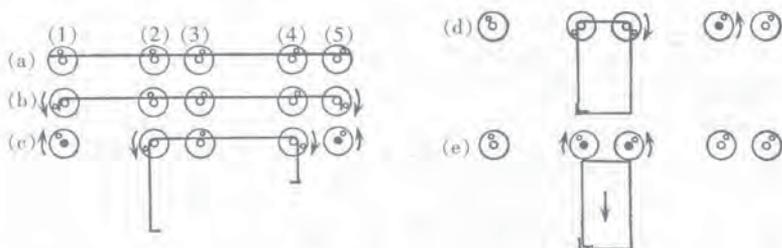


图 5-2-15 钢筋弯箍机弯制箍筋的成型步骤

(a) 钢筋就位; (b) (1)(5) 弯折; (c) (1)(5) 心轴缩进、复位, (2)(4) 弯折; (d) (4) 心轴缩进、复位, (5) 弯折; (e) (2)(3) 心轴缩进、复位, 箍筋落下

图中(1)、(2)、(3)、(4)、(5)为工作盘编号

时加工能力可达 720 个, 比手工操作效率提高 15 倍。

钢筋弯箍机宜配合拔丝机和调直机组成冷拔、调直、切断及弯箍生产联动线。

4) 手工弯曲工具

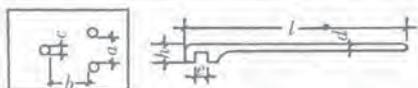
在缺乏机具设备条件下, 可采用手摇扳手弯制钢筋, 手摇扳手主要尺寸见表 5-2-6; 卡盘与扳手弯制钢筋, 卡盘与扳手主要尺寸见表 5-2-7。

表 5-2-6 手摇扳手主要尺寸(mm)



项次	钢筋直径	a	b	c	d
1	Φ6	500	18	16	16
2	Φ8~10	600	22	18	20

表 5-2-7 卡盘与扳头(横口扳手)主要尺寸(mm)



项次	钢筋直径	卡盘			扳头			
		a	b	c	d	e	h	l
1	Φ12~16	50	80	20	22	18	40	1200
2	Φ18~22	65	90	25	28	24	50	1350
3	Φ25~32	80	100	30	38	34	76	2100

3. 弯曲成型工艺

1) 划线

钢筋弯曲前,对形状复杂的钢筋(如弯起钢筋),根据钢筋配料单上标明的尺寸,用石笔将各弯曲点位置划出。划线时应注意:

(1)根据不同的弯曲角度扣除弯曲量度差(见表 3-1-2),其扣法是从相邻两段长度中各扣一半;

(2)钢筋端部弯钩时,该段长度划线应增加,即弯钩增值(表 3-1-3);

(3)划线工作宜从钢筋中线开始向两边进行;两边不对称的钢筋,可从钢筋一端开始划线,如划另一端有出入时,则应重新调整,或增或减。

2)钢筋在弯曲机上成型(图 5-2-16),心轴直径应是钢筋直径的 2.5 倍,成型轴宜加偏心轴套,以便适应不同直径的钢筋弯曲需要。弯曲细钢筋时,为了使弯弧一侧的钢筋保持平直,挡铁轴宜做成可变挡架或固定挡架(加钢板调整)。

钢筋弯曲点线和心轴的关系,如图 5-2-17 所示。由于成型轴和心轴在同时转动,就会带动钢筋向前滑移。因此,钢筋弯 90°时,弯曲点线约与心轴内边缘齐;弯 180°时,弯曲点线距心轴边缘 1.0~1.5d(钢筋硬时取大值)。

3) 曲线形钢筋成型

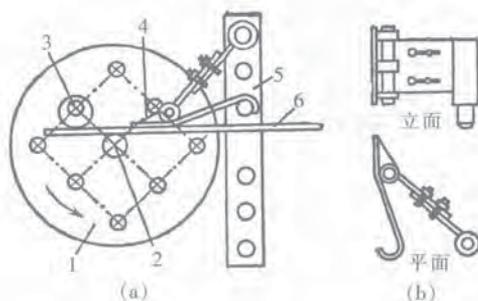


图 5-2-16 钢筋弯曲成型

(a)工作简图;(b)可变挡架构造

1—工作盘;2—心轴;3—成型轴;4—可变挡架;
5—插座;6—钢筋

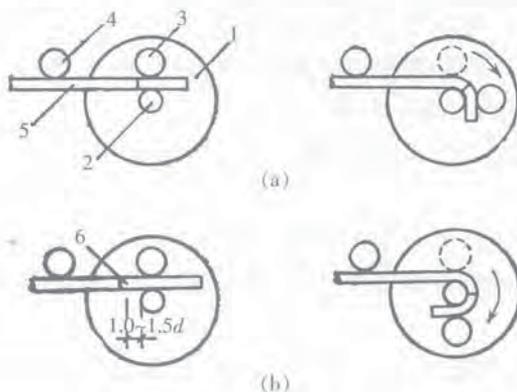


图 5-2-17 弯曲点线与心轴关系

(a)弯 90° ;(b)弯 180°

1—工作盘;2—心轴;3—成型轴;4—固定挡铁;5—钢筋;
6—弯曲点线

弯制曲线形钢筋(图 5-2-18),可在原有钢筋弯曲机的工作盘中央,放置一个十字撑钢套;另外在工作盘 4 个孔内插上短轴和成型钢套(和中央钢套相切)。插座板上的挡轴钢套尺寸,可根据钢筋曲线形状选用。钢筋成型过程中,成型钢套起顶弯作用,十字撑只协助

推进。

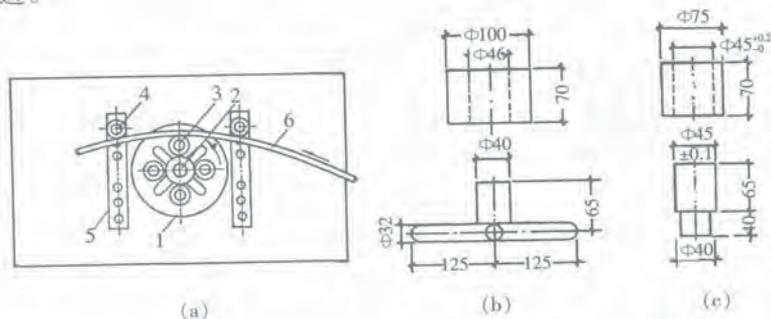


图 5-2-18 曲线形钢筋成型

(a)工作简图;(b)十字撑及圆套详图;(c)桩柱及圆套详图

1—工作盘;2—十字撑及圆套;3—桩柱及圆套;4—挡轴圆套;5—插座板;6—钢筋

4)螺旋形钢筋成型

螺旋形钢筋,除小直径的螺旋筋用专门机械生产外,一般可用滚筒成型(图 5-2-19)。由于钢筋有弹性,滚筒直径应比螺旋筋内径略小,可参考表 5-2-8。

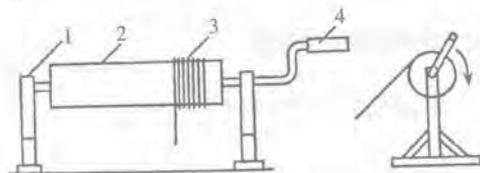


图 5-2-19 螺旋形钢筋成型

1—支架;2—卷筒;3—钢筋;4—摇把

表 5-2-8 滚筒直径与螺旋筋直径关系

螺旋筋内径 (mm)	Φ 6	288	360	418	485	575	630	700	760	845	—	—	—
	Φ 8	270	325	390	440	500	565	640	690	765	820	885	965
滚筒外径(mm)		260	310	365	410	460	510	555	600	660	710	760	810

4. 质量要求

1)钢筋形状正确,平面上没有翘曲水平现象;

2) 钢筋末端弯钩的净空直径不小于钢筋直径的 2.5 倍;

3) 钢筋弯曲点处不得有裂纹, 为此, 对 II 级及 II 级以上的钢筋不能弯过头再弯回来;

4) 钢筋弯曲成型后允许偏差: 全长 $\pm 10\text{mm}$, 弯起钢筋起弯点位移 20mm , 弯起钢筋的弯起高度 $\pm 5\text{mm}$, 箍筋边长 $\pm 5\text{mm}$ 。

第三节 几种钢筋制作方法

一、弯起钢筋简便制作方法

1) 按图 5-3-1 所示, 沿工作台长画一条直线, 然后用一块长

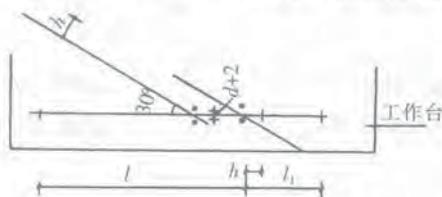


图 5-3-1 画弯起钢筋角度线

1 m、宽 h 为现浇板厚减保护层(即钢筋弯好后的高度)的木板, 放在直线上, 并使它与直线的交角为 30° (弯起角度), 沿木板两侧在工作台上画两条斜线。

2) 在两条斜线与直线的交点两边固定 4 根钢筋桩。两桩之间的距离为 $d+2\text{mm}$ (d 为弯起钢筋的直径)。

3) 按图纸计算每种规格钢筋的下料长度并画出简图。

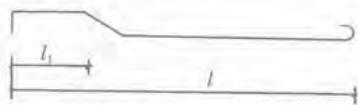


图 5-3-2 钢筋下料简图

4) 在右边钢筋桩的右侧, 用粉笔在工作台上标出 h 、 l_1 的长度(图 5-3-2), 往左量出 l 的尺寸

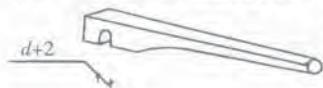


图 5-3-3 开口扳手

并用粉笔画出标志, 而 h 、 l_1 、 l 的尺寸必须考虑弯曲量度差。

5) 由两人配合操作, 右侧一人在 4 个桩间放入下好料的钢筋并根据 h 的标

志弯出直角弯钩,然后将钢筋右移到 l_1 的标记处,两人同时用开口扳手(图 5-3-3)左侧向前、右侧向后,将钢筋弯起至工作台上的斜线处,并与斜线重合;将钢筋调头,根据 l 的尺寸,弯最后一个半圆形弯钩,见图 5-3-4。

6)左侧一人将钢筋拿走,右侧一人开始下一根钢筋的操作。

用这种方法批量制作小直径弯起钢筋,不仅对操作者的技术要求不高,制作的钢筋形状准确,而且能提高工效数倍。

二、四肢箍正确制作方法

梁宽大于或等于 350 mm 时,按照构造要求,箍筋应设计为四肢箍,如图 5-3-5(a)所示。但在实际工程中,往往把钢筋制作成一个大箍筋,再加两根直筋,将两根直筋焊在大箍筋上,如图 5-3-5(b)所示。

其实,这种箍筋的制作方法是不正确的。正确的制作方法如图 5-3-5(c)所示形状,不用焊接,采用绑扎方法,方便可靠。

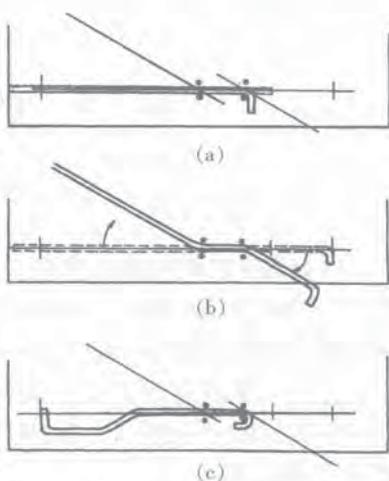
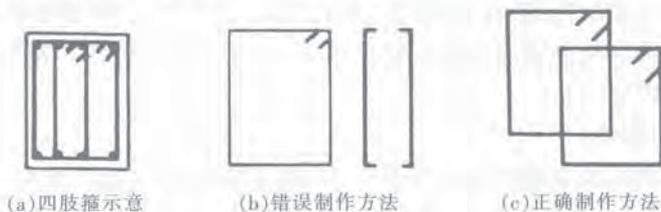


图 5-3-4 弯制顺序示意

(a)弯直角弯钩;(b)钢筋弯起与角度线重合;(c)弯半圆形弯钩



(a)四肢箍示意

(b)错误制作方法

(c)正确制作方法

图 5-3-5 四肢箍

第六章 钢筋施工工艺

第一节 钢筋连接工艺

一、钢筋电渣压力焊

将钢筋安装成竖向对接形式,利用焊接电流通过两钢筋端面间隙,在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程,产生电弧热和电阻热,熔化钢筋并加压完成的一种压焊方法。

适用于现浇钢筋混凝土结构中直径 14~40 mm 的 HPB235、HRP335、HRB400 级(I、II、III级)竖向或斜向(倾斜度 4:1 范围内)钢筋的连接。

1. 施工准备

1) 技术准备

编写焊接工艺,通过焊接试验选定焊接系数,对焊工进行技术、安全交底。

2) 材料要求

(1) 钢筋

钢筋的级别、直径必须符合设计要求,有出厂证明及质量检验报告单。进口钢筋还应有化学复试单,其化学成分应满足焊接要求,并应有可焊接试验。

(2) 焊剂

①焊剂的性能应符合 GB 5293 碳素钢埋弧焊剂的规定。焊剂型号 HJ401,常用的为熔炼型高锰高硅低氟焊剂或中锰高硅低氟焊剂。

②焊剂应存放在干燥的库房内,防止受潮。如受潮,使用前须经250~300℃烘焙2h。

③使用中回收的焊剂,应除去焊渣和杂物,并应与新焊剂混合均匀后使用。

④焊剂应有出厂合格证。

3) 主要机具

(1)手工电渣压力焊设备包括:焊接电源、控制箱、焊接夹具、焊剂罐等。

(2)自动电渣压力焊设备(应优先采用)包括:焊接电流、控制箱、操作箱、焊接机头等。

(3)焊接电源:钢筋电渣压力焊宜采用次级空载电压较高(TSV以上)的交流或直流焊接电源。一般32mm直径及以下的钢筋焊接时,可采用容量为600A的焊接电源;32mm直径以上的钢筋焊接时,应采用容量为1000A的焊接电源。当焊机容量较小时,也可以采用较小容量的同型号、同性能的两台焊机并联使用。

4) 作业条件

(1)焊工必须持有有效的焊工考试合格证。

(2)设备应符合要求。焊接夹具应有足够的刚度,在最大允许荷载下应移动灵活,操作方便。焊剂罐的直径与所焊钢筋直径相适应,避免在焊接过程中烧坏。电压表、时间显示器应配备齐全,以便操作者掌握各项焊接参数。

(3)电源应符合要求。当电源电压下降大于5%时,则不宜进行焊接。

(4)作业场地应有安全防护措施,制订和执行安全技术措施,加强焊工的劳动保护,防止发生烧伤、触电、火灾、爆炸以及烧坏机器等事故。

(5)注意接头位置,注意同一连接区段内,纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求。当设计无具体要求时,应符合在受拉区不宜大于50%的规定,要调整好接头位置后才能施焊。

2. 关键要求

1) 材料要求

焊剂的性能应符合 GB 5293 碳素钢埋弧焊用焊剂的规定。焊剂型号为 HJ401,常用的为熔炼型高锰高硅低氯焊剂或中锰高硅低氟焊剂。焊剂应存放在干燥的库房内,当受潮时在使用前应经 250~300℃ 烘焙 2 h,使用中回收的焊剂应清除熔渣和杂物,并应与新焊剂混合均匀后使用。

施焊的各种钢筋应有材质证明书或质量报告单。焊剂应有合格证。

2) 技术要求

电渣压力焊焊前应针对不同的直径钢筋确定焊接参数(焊接参数包括焊接电流、电压和通电时间),不同直径钢筋焊接时,应按较小直径钢筋选择参数,焊接时间可延长。对焊工要进行焊接参数的详细交底。

3) 质量要求

电渣压力焊接头不得出现偏心、弯折、烧伤等焊接缺陷,四周焊包应均匀,焊包凸出钢筋表面的高度应大于或等于 4 mm;钢筋与电极接触处应无烧伤缺陷,接头处的弯折角不得大于 4°;接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 0.1 倍,且不得大于 2 mm;外观检查不合格的接头应切除重焊或采取补强焊接措施。

4) 安全要求

(1) 焊工操作时应穿电焊工作服、绝缘鞋,戴电焊手套、防护面罩等安全防护用品,高处作业时系安全带。

(2) 电焊作业现场周围 10 m 范围内不得堆放易燃、易爆物品。

(3) 操作前应首先检查焊机和工具,如焊钳和焊接电缆的绝缘、焊机外壳保护接地和焊机的各接线点等,确认安全合格方可作业。

3. 施工工艺

1) 工艺流程

(1) 工艺流程



(2) 电渣压力焊的施焊过程



2) 操作工艺

(1) 检查设备、电源

确保随时处于正常状态,严禁超负荷作业。

(2) 钢筋端头制备

钢筋安装之前,焊接部位和电极钳口接触的(150 mm 区段内)钢筋表面上的锈斑、油污、杂物等应清理干净。钢筋端部若有弯折、扭曲,应予以矫直或切除,但不得用锤击矫直。

(3) 选择焊接参数

钢筋电渣压力焊的焊接参数主要包括:焊接电流、焊接电压和焊接通电时间,参见表 6-1-1。采用专用焊剂或自动电渣压力焊机时,应根据焊剂或焊机使用说明书中推荐数据,通过试验确定。

不同直径钢筋焊接时,上下两钢筋轴线应在同一线上。

表 6-1-1 钢筋电渣压力焊焊接参数

钢筋直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压(V)		焊接通电时间(s)	
		电弧过程 $U_{z,1}$	电渣过程 $U_{z,2}$	电弧过程 t_1	电渣过程 t_2
14	200~220	35~45	18~22	12	3
16	200~250			14	4
18	250~300			15	5
20	300~350			17	5
22	350~400			18	6
25	400~450			21	6
28	500~550			24	6
32	600~650			27	7

(4) 安装焊接夹具和钢筋

夹具的下钳口应夹紧于下钢筋端部的适当位置,一般为 $1/2$ 焊剂罐高度偏下 $5\sim 10\text{ mm}$,以确保焊接处的焊剂有足够的掩埋深度。

上钢筋放入夹具钳口后,调准动夹头的起始点,使上下钢筋的焊接部位位于同轴状态,方可夹紧钢筋。

钢筋一经夹紧,严防晃动,以免上下钢筋错位和夹具变形。

(5) 安放引弧用的钢丝球(也可省去)

安放焊剂罐,填装焊剂。

(6) 试焊、作试件、确定焊接参数

在正式进行钢筋电渣压力焊之前,必须按照选择的焊接参数进行试焊并作试件试验,以便确定合理的焊接参数。合格后方可正式生产。当采用半自动、自动控制焊接设计时,应按照确定的参数设定好设备的各项控制数据,以确保焊接接头质量可靠。

(7) 施焊操作要点

① 闭合电路、引弧:通过操纵杆或操纵盒上的开关,先后接通焊机的焊接电流回路和电源的输入回路,在钢筋端面之间引燃电弧,开始焊接。

② 电弧过程:引燃电弧后,应控制电压值。借助操纵杆使上下钢筋端面之间保持一定的间距,进行电弧过程的延时,使焊剂不断熔化而形成必要深度的渣池。

③ 电渣过程:随后逐渐下送钢筋,使上钢筋端部插入渣池,电弧熄灭,进入电渣过程的延时,使钢筋全断面加速熔化。

④ 挤压断电:电渣过程结束,迅速下送钢筋,使其端面与下钢筋端面相互接触,趁热排除熔渣和熔化金属。同时切断焊接电源。

⑤ 接头焊毕:应停歇 $20\sim 30\text{ s}$ 后(在寒冷地区施焊时,停歇时间应适当延长),才可回收焊剂和卸下焊接夹具。

(8) 质量检查

在钢筋电渣压力焊的焊接生产中,焊工应认真自检,若发现偏心、弯折、烧伤、焊包不饱满等焊接缺陷,应切除接头重焊,并查找原

因,及时消除。切除接头时,应切除热影响区的钢筋,即离焊缝中心约为 1.1 倍钢筋直径的长度范围内的部分应切除。

3) 质量预控

在钢筋电渣压力焊生产中,应重视焊接全过程中的任何一个环节。接头部位应清理干净;钢筋安装应上下同心;夹具紧固,严防晃动;引弧过程,力求可靠;电弧过程延时充分;电渣过程,短而稳定;挤压过程,压力适当。若出现异常现象如图 6-1-1 所示,应参照表 6-1-2 查找原因,及时清除。

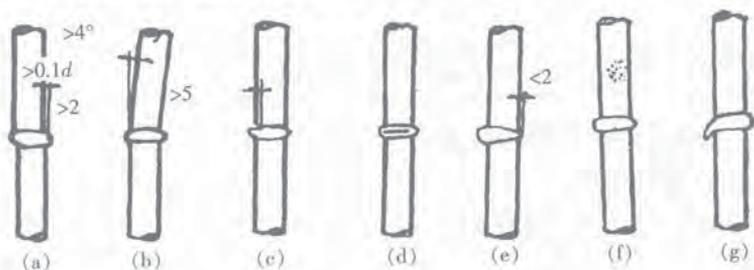


图 6-1-1 电渣压力焊接头缺陷

表 6-1-2 钢筋电渣压力焊接头焊接缺陷与防止措施

焊接缺陷	措 施
(a) 轴线偏移	<ol style="list-style-type: none"> 1. 矫直钢筋端部; 2. 正确安装夹具和钢筋; 3. 避免过大的顶压力; 4. 及时修理或更换夹具
(b) 弯折	<ol style="list-style-type: none"> 1. 矫直钢筋端部; 2. 注意安装和扶持上钢筋; 3. 避免焊后过快卸夹具; 4. 修理或更换夹具
(c) 咬边	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小焊接电流; 2. 缩短焊接时间; 3. 注意上钳口的起点和止点,确保上钢筋顶压到位

续表

焊接缺陷	措 施
(d)未焊合	1. 增大焊接电流; 2. 避免焊接时间过短; 3. 检修夹具,确保上钢筋下送自如
(e)焊包不匀	1. 钢筋端面力求平整; 2. 填装焊剂尽量均匀; 3. 延长电渣过程时间,适当增加熔化量
(f)烧伤	1. 钢筋导电部位除净铁锈; 2. 尽量夹紧钢筋
(g)焊包下淌	1. 彻底封堵焊剂筒的漏孔; 2. 避免焊后过快回收焊剂

电渣压力焊可在负温条件下进行,但当环境温度低于 -20°C 时,不宜进行施焊。

雨天、雪天不宜进行施焊,必须进行施焊时,应采取有效的遮蔽措施。焊后未冷却的接头,应避免碰到冰雪。

4. 质量标准

1) 主控项目

(1) 钢筋的牌号和规格,必须符合设计要求和有关标准的规定。

进口钢筋需先经过化学成分检验和焊接试验,符合有关规定后方可焊接。

检验方法: 检验出厂质量证明书和试验报告单。

(2) 钢筋的规格、焊接接头位置、同一区段内有接头钢筋面积的百分比,必须符合设计要求和规定的要求。

检验方法: 观察或尺量检查。

(3) 电渣压力焊接头质量检验,应分批进行外观检查和力学性能检验,并按下列规定作为一个检验批。

在现浇混凝土结构中,应以 300 个同牌号钢筋接头作为一批;在房屋结构中,应在不超过二楼层中的 300 个同牌号钢筋接头作为一批;当不足 300 个接头时,仍应作为一批。每批随机切取 3 个接头做

拉伸试验,其结果应符合下列要求:

①3个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于该钢筋规定的抗拉强度;

②至少应有2个试件断于焊缝之外,并应呈延性断裂;

③当达到上述2项要求时,应评定该批接头为抗拉强度合格。

当试验结果有2个试件抗拉强度小于钢筋规定的抗拉强度,或3个试件均在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,则一次判定该批接头为不合格品。

当试验结果有一个试件的抗拉强度小于规定值,或2个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂,其抗拉强度均小于该钢筋规定抗拉强度的1.10倍时,应进行复验。

复验时应切取6个试件。复验结果,当仍有一个试件的抗拉强度小于规定值,或有3个试件断于焊缝或热影响区,呈脆性断裂,其抗拉强度小于钢筋规定抗拉强度的1.10倍时,应判定该批接头为不合格品。

检验方法:检查焊接试件试验报告单。

2) 一般项目

钢筋电渣压力焊接头应逐个进行外观检查,结果应符合下列要求:

(1)四周焊包,凸头钢筋表面的高度不得小于4mm。

(2)钢筋与电极接触处,应无烧伤缺陷。

(3)接头处的弯折角不大于 3° 。

(4)接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的0.1倍,且不得大于2mm。

检验方法:目测或量测。

5. 成品保护

接头焊毕,应停歇20~30s后才能卸下夹具,以免接头弯折。

6. 安全措施

(1)焊工操作时应穿电焊工作服、绝缘鞋,戴电焊手套、防护面罩

等安全防护用品,高处作业时系安全带。

(2)电焊作业现场周围 10 m 范围内不得堆放易燃易爆物品。

(3)首先检查焊机和工具,如焊钳和焊接电缆的绝缘、焊机外壳保护接地和各接线点等,确认安全合格方可作业。

(4)焊接时二次线必须双线到位,严禁借用金属管道、钢筋作回路地线。

(5)雨、雪、风力六级及六级以上天气不得露天作业。

(6)严禁在易燃易爆气体或液体扩散区内进行焊接作业。

二、钢筋接头直螺纹连接

钢筋接头直螺纹连接包括钢筋冷镦直螺纹连接、钢筋滚压直螺纹连接以及钢筋剥肋滚压直螺纹连接三种。

钢筋滚压螺纹是根据钢筋规格选取相应的滚丝轮,装在专用的滚丝机上,将已压圆端头的钢筋由尾端卡盘的通孔中插入至滚丝轮的引导部分并夹紧钢筋,然后开动电动机,在电动机旋转的驱动下,钢筋轴向自动旋进,即可滚压出螺纹来。钢筋剥肋滚压螺纹是使用钢筋剥肋滚压直螺纹机将待连接钢筋的端头加工成螺纹。把钢筋端部加工好的螺纹套上塑料保护套,以免损坏螺纹或被污物污染。

钢筋直螺纹连接适用于承受动荷作用及各抗震等级的钢筋混凝土结构直径为 20~50 mm 的 HRB335、HRB400 级(Ⅱ、Ⅲ级)钢筋的连接,尤其适用于要求发挥钢筋强度和延性的重要结构。

1. 基本要求

(1)采用螺纹套筒连接的钢筋接头,其设置在同一构件中纵向受力钢筋的接头相互错开。钢筋机械连接区段长度应按 $35d$ 计算(d 为被连接钢筋中的较大直径)。在同一连接区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率,应符合下列规定:

①接头宜设置在结构构件受拉钢筋应力较小部位,当需要在高应力部位设置接头时,在同一连接区段内Ⅱ级接头的百分率不应大于 50%;Ⅰ级接头的接头百分率可不受限制。

②接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区；当无法避开时，应采用Ⅰ级或Ⅱ级接头，且接头百分率不应大于50%。

③受拉钢筋应力较小部位或纵向受力钢筋，接头百分率可不受限制。

④对直接承受动力荷载的结构构件，接头百分率不应大于50%。

(2)接头端头距钢筋弯曲点不得小于钢筋直径的10倍。

(3)不同直径钢筋连接时，一次连接钢筋直径规格不宜超过二级。

2. 施工准备

1) 技术准备

(1)凡参与接头施工的操作人员必须参加技术培训，经考核合格后持证上岗。

(2)核对有编号的布筋图纸加工单与成品数量。

(3)做好技术交底。

2) 材料要求

(1)材料的品种规格

套筒的规格、型号以及钢筋的品种、规格必须符合设计要求。

(2)钢筋质量要求

①钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014)的要求，有原材质、复试报告和出厂合格证；

②钢筋应先调直再下料，并宜用切断机和砂轮片切断，切口端面应与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形或挠曲，不得用气割下料。

(3)套筒与销母材料质量要求

①套筒与销母材料应采用优质碳素结构钢或合金结构钢，其材质应符合GB 699规定。

②成品螺纹连接套应有产品合格证；两端螺纹应有保护盖，套筒表面应有规格标记。

3)主要机具

切割机、钢筋滚压直螺纹成型机、普通扳手及量规(牙型规、环规、塞规)。

4)作业条件

(1)钢筋端头螺纹已加工完毕,检查合格,且已具备现场钢筋连接条件;

(2)钢筋连接用套筒已检查合格,进入现场挂牌整齐码放;

(3)布筋图及施工穿筋顺序等已进行技术交底。

3. 关键要求

1)材料要求

(1)钢筋应符合国家标准的要求,复验合格;

(2)套筒与销母材质应符合规定。

2)技术要求

(1)钢筋直螺纹接头套丝及连接操作人员必须经过培训、考核、持证上岗;

(2)钢筋端头螺纹加工按照标准规定,且牙型要逐个进行量规检查。

3)质量要求

(1)钢筋套丝后的螺牙应符合质量标准;

(2)钢筋切口端面及丝头锥度、牙型、螺距等应符合质量标准,并与连接筒螺纹规格相匹配。

4)安全要求

(1)参加施工的作业人员必须经过考核合格,并经“三级”安全教育后方能上岗;

(2)用电设备均应设三级保护,严格按用电安全规程操作;

(3)设备检验及试运转合格后方准作业;

(4)设备运行中严禁抢拽压圆机油管或砸压油管,油管反弹方向应予以遮挡;

(5)严格按各种机械使用说明书与相关标准操作;

(6)高处作业或带电作业,应遵守《建筑安装工程安全技术规程》。

5)环境要求

- (1)按规程操作,避免发生噪声;
- (2)夜间施工严禁敲打钢筋以防扰民;
- (3)施工应用低角度照明防光污染;
- (4)机械润滑油流入专设油池集中处理,不准直接排入下水道;
- (5)铁屑杂物回收处理。

4. 施工工艺

钢筋(钢筋剥肋)滚压直螺纹连接工艺流程



1)钢筋滚压直螺纹连接操作工艺

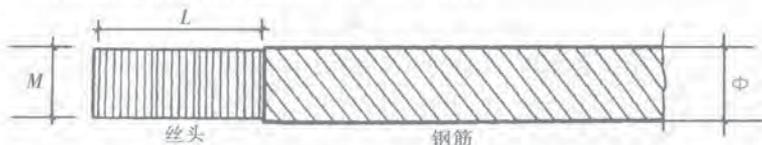
钢筋滚压直螺纹连接,是采用专门的滚压机床对钢筋端部进行滚压,螺纹一次成型。

钢筋通过滚压螺纹,螺纹底部的材料没有被切割削掉,而是被挤出来,加大了原有的直径。

螺纹经滚压后材质发生硬化,强度提高6%~8%,使螺纹对母材的削弱大为减少,其抗拉强度是母材实际抗拉强度的97%~100%,强度性能十分稳定。

(1)钢筋螺纹加工要求

钢筋螺纹示意图,如图6-1-2所示。



M —丝头大径; Φ —钢筋直径; L —螺纹长度

图6-1-2 钢筋螺纹示意图

钢筋同径连接的加工要求,见表 6-1-3。

表 6-1-3 钢筋同径连接的加工要求

代号	A20R-J	A22R-J	A25R-J	A28R-J	A32R-J	A36R-J	A40R-J
Φ (mm)	20	22	25	28	32	36	40
$M \times t$	19.6 * 3	21.6 * 3	24.6 * 3	27.6 * 3	31.6 * 3	35.6 * 3	39.6 * 3
L(mm)	30	32	35	38	42	46	50

钢筋同径连接左右旋加工要求,见表 6-1-4。

表 6-1-4 钢筋同径连接左右旋加工要求

代号	Φ (mm)	$M \times t$ (左)	$M \times t$ (右)	L(mm)
A20RLR-G	20	19.6 * 3	19.6 * 3	34
A22RLR-G	22	21.6 * 3	21.6 * 3	36
A25RLR-G	25	24.6 * 3	24.6 * 3	39
A28RLR-G	28	27.6 * 3	27.6 * 3	42
A32RLR-G	32	31.6 * 3	31.6 * 3	46
A36RLR-G	36	35.6 * 3	35.6 * 3	50
A40RLR-G	40	39.6 * 3	39.6 * 3	54

钢筋滚压螺纹加工的基本尺寸,见表 6-1-5。

表 6-1-5 钢筋滚压螺纹加工的基本尺寸

代号	$\Phi 20$	$\Phi 22$	$\Phi 25$	$\Phi 28$	$\Phi 32$	$\Phi 36$	$\Phi 40$
大径	19.6	21.6	24.6	27.6	31.6	35.6	39.6
中径	18.623	20.623	23.623	26.623	30.623	34.623	38.623
小径	17.2	19.2	22.2	25.2	29.2	33.2	37.2

同径及同径左右旋加工要求,见表 6-1-6 及表 6-1-7。

表 6-1-6 同径加工要求

	A20R-G	A22R-G	A25R-G	A28R-G	A32R-G	A36R-G	A40R-G
D(mm)	30±0.5	32±0.5	38±0.5	42±0.5	48±0.5	54±0.5	59±0.5
$M \times t$	19.6 * 3	21.6 * 3	24.6 * 3	27.6 * 3	31.6 * 3	35.6 * 3	39.6 * 3
L(mm)	44	48	54	60	68	76	84

表 6-1-7 同径左右旋加工要求

代号	D_1 (mm)	D_2 (mm)	$M \times l$	L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)
A20RLR-G	32	21	19.6×3	49	20	9
A22RLR-G	35	23	21.6×3	53	22	9
A25RLR-G	41	26	24.6×3	59	25	9
A28RLR-G	45	29	27.6×3	65	28	9
A32RLR-G	51	33	31.6×3	73	32	9
A36RLR-G	57	37	35.6×3	81	36	9
A40RLR-G	62	41	39.6×3	89	40	9

(2) 套筒质量要求

- ①连接套筒表面无裂纹,螺牙饱满,无其他缺陷。
- ②牙型规检查合格,用直螺纹塞规检查其尺寸精度。
- ③各种型号和规格的连接套外表面,必须有明显的钢筋级别及规格标记。若连接套为异径的,则应在两端分别作出相应的钢筋级别和直径。
- ④连接套两端头的孔必须用塑料盖封上,以保持内部洁净、干燥防锈。

(3) 直螺线程量规技术要求

牙型规、螺纹卡和直螺纹塞规,采用工具钢 T9(GB 1298—86)制成,其化学成分和硬度见表 6-1-8。

表 6-1-8 化学成分和硬度

化学成分					淬火后硬度 HRC
C	Mn	Si	S	P	62
0.85~0.94	≤0.40	≤0.35	≤0.30	≤0.035	

(4) 钢筋螺纹加工操作要点

- ①加工钢筋螺纹的丝头、牙型、螺距等必须与连接牙型、螺距一致,且经配套的量规检验合格。
- ②加工钢筋螺纹时,应采用水溶性切削润滑液;当气温低于 0℃

时,应掺入 15%~20%的亚硝酸钠,不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。

③操作人员应逐个检查钢筋丝头的外观质量并做出操作者标记。

④经自检合格的钢筋丝头,应对每种规格加工批量随机抽检 10%,且不少于 10 个,并参照表 6-1-9 填写钢筋螺纹加工检验记录。如有 1 个丝头不合格,即应对该加工批全数检查,不合格丝头应重加工,经再次检验合格方可使用。

表 6-1-9 钢筋直螺纹加工检验记录

工程名称				结构所在层数	
接头数量		抽检数量		构件种类	
序号	钢筋规格	螺纹牙型检验	公差尺寸合格	检验结论	

注:1. 按每批加工钢筋直螺纹丝头数的 10%检验;

2. 牙型合格、公差尺寸合格的打“√”否则打“×”。

检查单位: 检查人员:

日 期: 负责人:

⑤已检验合格的丝头,应戴上保护帽加以保护,并按规格分类堆放整齐采用。

(5)钢筋连接操作要点

①连接钢筋时,钢筋规格和连接套的规格应一致,钢筋螺纹的型式、螺距、螺纹外径应与连接套匹配,并确保钢筋和连接套的丝扣干净,完好无损。

②连接钢筋时,应对准轴线将钢筋拧入连接套。

③接头拼装完成后,应使两个丝头在套筒中央位置互相顶紧,套筒每端不得有一扣以上的完整丝扣外露。加长型接头的外露丝扣数不受限制,但应有明显标记,以便检查进入套筒的丝头长度是否满足

要求。

2) 钢筋剥肋滚压直螺纹连接操作工艺

钢筋剥肋连接与钢筋滚压直螺纹连接操作工艺基本相同,唯一区别是钢筋剥肋滚压直螺纹连接增加了钢筋剥肋工序。

5. 质量标准

1) 主控项目

(1) 钢筋的品种、规格必须符合设计要求,质量符合国家《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014)标准的要求。

(2) 套筒与锁母材质应符合 GB 699 规定,且应有质量检验单和合格证,规格尺寸要符合要求。

(3) 连接钢筋时,应检查螺纹加工检验记录。

(4) 钢筋接头形式检验:

钢筋螺纹接头形式的检验应符合作业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)中的各项规定。

(5) 钢筋连接工程开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋和接头进行工艺检验:

① 每种规格钢筋接头试件不应少于 3 根;

② 钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根,且应取自接头试件的同一根钢筋;

③ 接头试件应达到行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)中相应等级的强度要求,计算钢筋实际抗拉强度时,应采用钢筋的实际横截面积计算。

(6) 钢筋接头强度必须达到同类型钢材强度值,接头的现场检验按验收批进行,同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同形式、同规格接头,以 500 个为一个验收批进行检验与验收,不足 500 个也作为一个验收批。

2) 一般项目

(1) 加工质量检验

①螺纹丝头牙型检验：牙型饱满，无断牙、秃牙缺陷，且与牙型规的牙型吻合，牙型表面光洁的为合格品。

②套筒用专用塞规检验。

(2)随机抽取同规格接头数的 10% 进行外观检查，应与钢筋连接套筒的规格相匹配，接头丝扣无完整丝扣外露。

(3)现场外观质检抽验数量：梁、柱构件按接头数的 15% 且每个构件的接头数抽验数不得少于 1 个接头；基础墙板构件按各自接头数，每 100 个或不足 100 个接头作为一个验收批。每批检验 3 个接头，抽检的接头应全部合格，如有 1 个接头不合格，则应再检验 3 个接头，如全部合格，则该批接头为合格；若还有 1 个不合格，则该验收批接头应逐个检查，对查出的不合格接头应进行补强，如无法补强应弃置不用，并按表 6-1-10 填写质量检查记录。

表 6-1-10 钢筋直螺纹接头质量检查记录

工程名称							
结构所在层数						构件种类	
钢筋规格	接头位置	数量	拧紧到位	无完整丝扣外露	检验结论	检验日期	

注：1. 检验结论：合格的打“√”，不合格的打“×”。

检查单位： 检查人员：

日 期： 负责人：

(4)对接头的抗拉强度试验每一验收批应在工程结构中随机截取 3 个接头试件做抗拉强度试验。按设计要求的接头等级进行评定，如有 1 个试件的强度不符合要求，应再取 6 个试件进行复检，复检如仍有 1 个试件的强度不符合要求，则该验收批评定为不合格。填写接头拉伸试验报告单，见表 6-1-11。

表 6-1-11 钢筋直螺纹接头拉伸试验报告单

工程名称	钢筋规格	横截面积	结构层数		构件名称		接头等级	
试件编号	D (mm)	A (mm ²)	屈服强度标准值 f_{yk} (N/mm ²)	抗拉强度实测值 f_{tk} (N/mm ²)	极限拉力实测值 P(kN)	抗拉强度实测值 $f_{msl} = P/A$ (N/mm ²)	评定结果	试验日期
评定结论								

备注:

试验单位: 负责人: 试验员: 填表日期:

(5)在现场连续 10 个验收批抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100%时,验收批数量可扩大 1 倍。

6. 成品保护

(1)各种规格和型号的套筒外表面,必须有明显的钢筋级别及规格标记。

(2)钢筋螺纹保护帽要堆放整齐,不准随意乱扔。

(3)连接钢筋的钢套筒必须用塑料盖封上,以保持内部洁净、干燥、防锈。

(4)钢筋直螺纹加工经检验合格后,应戴上保护帽或拧上套筒,以防碰伤和生锈。

(5)已连接好套筒的钢筋接头不得任意抛砸。

7. 安全措施

(1)不准硬拉电线或高压油管。高压油管不得打死弯。

(2)参加钢筋直螺纹连接施工的人员必须经过培训、考核,持上

岗证上岗。

8. 质量记录

- (1) 钢筋原材料及复试报告；
- (2) 套筒和锁母原材料及复试报告；
- (3) 钢筋直螺纹加工检验记录；
- (4) 钢筋直螺纹接头质量检查记录；
- (5) 钢筋直螺纹接头拉伸试验报告。

三、带肋钢筋接头径向挤压连接

带肋钢筋接头径向挤压连接是将两根需连接的钢筋插入钢套筒，利用压钳沿径向压缩钢套筒，使之产生塑性变形，靠变形后的钢套筒与被连接的钢筋紧密结合为整体的连接方法。

带肋钢筋径向挤压接头适用于在建(构)筑物的钢筋混凝土结构中直径为 16~40mm 的带肋 HRB335、HRB400 级(Ⅱ、Ⅲ级)钢筋以及上述国产钢筋相当的进口钢筋接头径向挤压连接施工。挤压接头抗拉强度及高应力和大变形条件下反复拉压性能的差异划分为Ⅰ、Ⅱ级两个性能等级。挤压接头Ⅰ级，接头抗拉强度不小于被连接钢筋实际抗拉强度或 1.10 倍钢筋抗拉强度标准值并具有高延性及反反复抗压性能。挤压接头Ⅱ级，接头抗拉强度不小于被连接钢筋抗拉强度标准值，并具有高延性及反反复抗压性能。

1. 基本要求

(1) 工程中应用带肋钢筋套筒挤压接头时，应由该技术提供单位提交有效的形式检验报告。

钢筋套筒技术条件

① 适用范围

钢套筒型号分别适用于《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499—98)、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014—91)中直径为 16~40mm 的 HRB335、HRB400 级(Ⅱ、Ⅲ级)钢筋的挤压连接。

② 钢套筒性能要求

钢套筒性能应符合表 6-1-12 的要求。

表 6-1-12 钢套筒材料的力学性能

性能项目	力学性能指标
屈服强度(N/mm ²)	225~350
抗拉强度(N/mm ²)	375~500
延伸率 δ_5 (%)	≥ 20
硬度(HRB)	60~80
或 HB	102~133

③钢套筒规格和尺寸

钢套筒规格和尺寸应符合表 6-1-13 的要求。

表 6-1-13 钢套筒的规格和尺寸

钢套筒型号	钢套筒尺寸(mm)			理论重量(kg)
	外径	壁厚	长度	
G40	70	12	250	4.37
G36	63.5	11	220	3.14
G32	57	10	200	2.31
G28	50	8	190	1.58
G25	45	7.5	170	1.18
G22	40	6.45	140	0.75
G20	36	6	130	0.58
G18	34	5.5	125	0.47

④钢套筒尺寸允许偏差

钢套筒尺寸允许偏差应符合表 6-1-14 的要求。

表 6-1-14 钢套筒尺寸允许偏差(mm)

套筒外径 D	外径允许偏差	壁厚(t)允许偏差	长度允许偏差
≤ 50	± 0.5	$+0.12t$ $-0.10t$	± 2
> 50	$\pm 0.01d$	$+0.12t$ $-0.10t$	± 2

⑤钢套筒表面应标有清晰均匀的挤压标志,中部两条标志的距离应不小于 20 mm。

⑥检查和验收

a. 钢套筒原材料应有质保书,检查和验收应分批进行。取同牌号、同炉号原材料制作的同一型号的钢套筒作为一批,每批抽取 5% 作外观检查。如有 1 个不合格,应加倍检验,仍有 1 个不合格,再逐个进行检验,合格后方可使用。必要时取试件作拉伸试验。

b. 钢套筒表面不得有裂纹、折叠或影响性能的其他缺陷。

c. 钢套筒拉伸试验的结果、钢套筒的尺寸及允许偏差应符合表 6-1-12、表 6-1-13 及表 6-1-14 的规定。

d. 每批钢套筒经检查验收合格后,应填写质量合格证明书,作为用户使用的依据。

(2)钢筋挤压连接可用于钢筋混凝土结构中垂直、水平或倾斜位置的相互连接。挤压连接的两根钢筋可为同直径钢筋,也可为不同直径钢筋。当连接的两根钢筋直径差为 5 mm,可采用表 6-1-13 所示的钢套筒;直径差大于 5 mm 时应采用变截面钢套筒。

(3)钢筋连接开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋进行挤压连续工艺检验,工艺检验应符合下列要求:

①每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根。

②钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根,且应取有接头试件的同一直径钢筋。

③3 根接头试件的抗拉强度均应符合标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)中规定的强度要求;对于Ⅰ级接头,试件抗拉强度尚应大于等于钢筋抗拉强度实际值的 0.95 倍;对Ⅱ级接头,应大于 0.90 倍。

④现场检验应对挤压接头进行外观质量检查和单向拉伸试验。对挤压接头有特殊要求的结构,应在设计图纸中另行注明相应的检验项目。

⑤接头的外观质量检验应在每一验收批中随机抽取 10% 的接

头。接头不得有肉眼可见裂纹,折叠或影响性能的压液,不得有凹陷、劈裂,接头处弯折不得大于 4° ,钢筋插入钢套筒长度必须符合规定。若不符合规定,应切除该接头重新压接。当不合格的接头超过检查数量的10%时,应对全部接头逐个进行检查,并对不合格接头采取相应的补救措施后,在这些接头中增加一组(6个)拉伸性能试验,检查结果若有1个试件的抗拉强度低于规定值,则该批外观不合格接头应切除重新连接。

2. 施工准备

1) 技术准备

- (1) 操作人员必须持证上岗;
- (2) 准备工程所需的图纸、规范、标准等技术资料,并确定其是否有效;
- (3) 做好施工技术交底。

2) 材料要求

- (1) HRB335、HRB400级(Ⅱ、Ⅲ级)带肋钢筋挤压接头所用套筒材料,其实测力学性能应符合表6-1-17的要求;
- (2) 挤压接头所用套筒必须由定点工厂严格按设计要求进行生产,规格和尺寸应符合表6-1-18的要求;
- (3) 套筒应有形式检验报告和出厂合格证,运输和储存时应防止锈蚀和污染,分批验收,按不同规格分别堆放;
- (4) 用于挤压连接的钢筋必须具有质量证明书,其表面形状尺寸和性能等应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499—91)或《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014—91)标准的要求。

3) 主要机具

高压油泵、油管、压钳、钢筋挤压压模、吊挂小车、平衡器、角向砂轮、划标志工具及检查压痕卡板卡尺等工具。

(1) 压钳的性能试验、可靠性和耐久性试验应符合《超高机具用液压缸试验方法》(JB/JQ 2030—90)的有关规定。

(2) 超高压油泵与超高压油管应符合有关标准的规定。

(3)具有下列情况之一时,应对挤压机的挤压力进行标定:

- ①新挤压设备使用前;
- ②旧挤压设备维修后;
- ③油压表受损或强烈振动后;
- ④套筒压痕异常且查不出其他原因时;
- ⑤挤压设备使用超过1年;
- ⑥挤压油接头数超过5000个。

(4)超高压泵站检修后,应重新标定压力,确保压接精度。

(5)超高压油管严禁硬性弯折和重物砸压。

(6)检测卡尺的测量精度应达到0.1mm。

4)挤压条件

(1)挤压作业前,检查挤压设备是否正常,并试压,符合要求后方可作业。

(2)按连接钢筋规格和钢套筒型号选配压模,不同直径钢筋的套筒不得相互串用。连接相同直径钢筋的压模型号应符合表6-1-15的规定,连接不同直径的压模型号应按表6-1-16的规定采用。

表6-1-15 相同规格钢筋连接时的钢套筒型号、压模型号、压痕最小直径和压痕总宽度

连接钢筋规格	钢套筒型号	压模型号	压痕最小直径 允许范围(mm)	压痕总宽度 (mm)
Φ40~Φ40	G40	M40	60~63	≥80
Φ36~Φ36	G36	M36	54~57	≥70
Φ32~Φ32	G32	M32	48~51	≥60
Φ28~Φ28	G28	M28	41~44	≥55
Φ25~Φ25	G25	M25	37~39	≥50
Φ22~Φ22	G22	M22	32~34	≥45
Φ20~Φ20	G20	M20	29~31	≥45
Φ18~Φ18	G18	M18	27~29	≥40

表 6-1-16 不同规格钢筋连接时的钢套筒型号、压模
型号、压痕最小直径和压痕总宽度

连接钢筋规格	钢套筒型号	压模型号	压痕最小直径 允许范围(mm)	压痕总宽度 (mm)
Φ40~Φ36	G40	Φ40 端 M40	60~63	≥80
		Φ36 端 M36	57~60	≥80
Φ36~Φ32	G36	Φ36 端 M36	54~57	≥70
		Φ32 端 M32	51~54	≥70
Φ32~Φ28	G32	Φ32 端 M32	48~51	≥60
		Φ28 端 M28	45~48	≥60
Φ28~Φ25	G28	Φ28 端 M28	41~44	≥55
		Φ25 端 M25	38~41	≥55
Φ25~Φ22	G25	Φ25 端 M25	37~39	≥50
		Φ22 端 M22	35~37	≥50
Φ25~Φ20	G25	Φ25 端 M25	37~39	≥50
		Φ20 端 M20	33~35	≥50
Φ22~Φ20	G22	Φ22 端 M22	32~34	≥45
		Φ20 端 M20	31~33	≥45
Φ22~Φ18	G22	Φ22 端 M22	32~34	≥45
		Φ18 端 M18	29~31	≥45
Φ20~Φ18	G20	Φ20 端 M20	29~31	≥45
		Φ18 端 M18	28~30	≥45

(3) 钢套筒表面沿长度方向标有清晰均匀的压接标志,中部两条标志的距离应不小于 20 mm。

(4) 连接相同直径钢筋的钢套筒的型号应符合表 6-1-15 的规定;连接不同直径钢筋的钢套筒的型号应符合表 6-1-16 的规定。所连接钢筋直径之差不应超过 9 mm,不宜超过 4 mm。

(5) 液压油中严禁混入杂质。施工中油箱应遮盖好,防止雨水、灰尘混入油箱。在连接拆卸超高压软管时,其端部要保护好,不能粘有灰尘、沙土。

3. 关键要求

1) 材料要求

(1) 钢筋的级别、直径(16~40 mm)必须符合设计要求及标准规定,应有出厂质量证明及复试报告。进口钢筋需对挤压连接进行型式检验,符合性能要求后方可使用。

(2) 钢套筒的材质为低碳素镇静钢,其机械性能应满足要求。

2) 技术要求

(1) 挤压接头的人员必须经过培训,并经考核合格后持证上岗。

(2) 钢筋接头的锈皮、泥沙、油污等杂物应清理干净。

(3) 应对套筒作外观尺寸检查,对不同直径的套筒不得相互串用。

(4) 钢筋与钢套筒试套,如钢筋有马蹄、飞边、弯折或纵肋尺寸超大者,应先矫正或用手砂轮修磨,超大部分禁止用电气焊切割。

(5) 钢筋端头应有定位标志和检查标志,以确保钢筋伸入套筒的长度。定位标志距钢筋端部的距离为钢套筒长度的1/2。

(6) 按标记检查钢筋插入套筒内深度,钢筋端头离套筒长度中心不宜超过10 mm。

3) 质量要求

(1) 要认真检查钢套筒的质量,材质不符合要求、无出厂质量证明书以及外观质量不合格的钢套筒,不得使用。

(2) 注意检查钢筋插入钢套筒标定的长度、钢筋的标记线、挤压接头的压痕道次、接头弯折度、套筒裂缝是否符合规定,并填写施工现场挤压接头外观检查记录表6-1-17。

表 6-1-17 施工现场挤压接头外观检查记录

工程名称		楼层号		构件类型	
验收批号		验收批数量		抽检数量	
连接钢筋直径(mm)				套筒外径(或长度)(mm)	

续表

外观检查内容		压痕处套筒外径 (或挤压后套筒长度)		规定挤压道次		接头弯折 $\leq 3^\circ$		套筒无肉眼 可见裂缝	
		合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
外观检查不合格接头之编号	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
评定结论									

备注:1. 接头外观检查抽检数量应不少于验收批接头数量的 10%。

2. 外观检查内容共四项,其中压痕处套筒外径(或挤压后套筒长度)、挤压道次,两项的合格标准由产品供应单位根据型式检验结果提供。接头弯折 $\leq 4^\circ$ 为合格,套筒表面有无裂缝以无肉眼可见裂缝为合格。

3. 仅要求对外观检查不合格接头做记录,四项外观检查内容中,任一项不合格即为不合格,记录时可在合格与不合格栏中打 \checkmark 。

4. 外观检查不合格接头数超过抽检数的 10%时,该验收批外观质量评为不合格。

检查人:_____负责人:_____日期:_____

4)安全要求

(1)进行钢筋接头施工时,应正确佩戴和使用防护用品。

(2)在高空进行挤压操作,必须遵守《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80)标准的规定。

(3)施工现场用电必须符合《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46)标准的规定。

(4)高压胶管应防止负重拖拉、弯折和尖利物体的刻划。操作人员应尽可能避开高压胶管反弹方向,以防伤人。

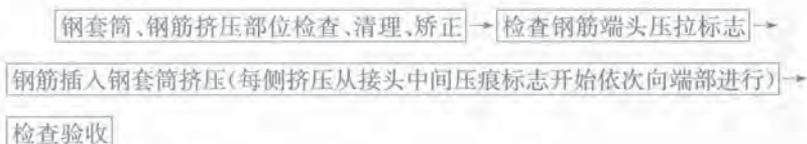
5) 环境要求

(1)废旧钢筋头应及时收集清理,保持工完场清;

(2)高压油泵使用或更换液压油时,防止污染钢筋。

4. 施工工艺

1) 工艺流程



2) 操作工艺

(1)钢筋应按标记要求插入钢套筒内,钢筋端头离钢套筒中点不宜超过 10 mm。当钢筋纵肋过高影响插入时,允许进行打磨,但钢筋横肋严禁打磨。被连接钢筋的轴心与钢套筒轴心应保持同一轴线,防止偏心和弯折。

(2)在压接接头处挂好平衡器与压钳,接好进、回油管,启动超高压泵,调节好压接力所需的油压力,然后将下压模卡板打开,取出下模,把挤压机机架的开口插入被挤压的带肋钢筋的连接套中,插回下模,锁紧卡板,压钳在平衡器的平衡力作用下,对准钢套筒所需压接的标记处,控制挤压机换向阀进行挤压。压接结束后将紧锁的卡板打开,取出下模,退出挤压机,完成挤压施工。

(3)挤压时,压钳的压接应对准钢套筒压痕标志,并垂直于被压钢筋的横肋。挤压应以钢套筒中央逐道向端部压接,不应由端部向中部挤压或隔标记来回挤压。最小直径及压痕总宽度须符合规定,如图 6-1-3 所示。

(4)为减少高处作业并加快施工进度,可先在地面压接半个压接

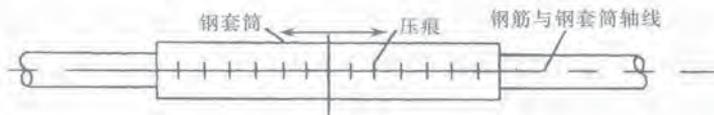


图 6-1-3 钢筋最小直径及压痕总宽度

接头,在施工作业区把钢套筒另一端插入预留钢筋,按工艺要求挤压另一端。

3) 质量预控

(1) 接头钢筋宜用砂轮切割机切断料。

(2) 接头的压痕道数应符合钢筋规格要求的挤压道数,认真检查压痕深度,深度不够的要补压,超深的要切除接头重新连接。

(3) 挤压连接操作过程中,遇有异常现象时,应停止操作,检查原因,排除故障后可继续进行。

(4) 挤压连接施工必须严格遵守操作规程,工作油压不得超过额定压力。

(5) 钢筋连接件的混凝土保护层厚度满足标准《混凝土结构设计规范》中受力钢筋混凝土保护层最小厚度的要求,且不得小于 15 mm。连接件之间的横向净距不宜小于 25 mm。

5. 质量标准

1) 主控项目

(1) 钢筋的品种和质量必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2) 钢套筒的材质、机械性能必须符合钢套筒标准的规定,表面不得有裂纹、折叠等缺陷。

(3) 在正式施工前应进行现场条件下的挤压连接工艺检验。检验接头的数量应不少于 3 个。检验接头按质量验收规定检验合格后,方可进行施工。

(4) 挤压接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同型式、同规格接头,以 500 个为 1 个验收批,进行检验与验收,不足 500 个也作为 1 个验收批。

(5)对每一个验收批,均应按设计要求的接头性能等级,在工程中随机抽取3个接头试件做抗拉强度试验。按表6-1-18填写记录,并作出评定,其抗拉强度均不得低于被压接钢筋抗拉强度标准值的1.05倍,若其中有一个试件不符合要求时,应再抽取6个试件进行复验,复验中仍有1个试件的强度不符合要求,则该批判为不合格。

表6-1-18 挤压接头单向拉伸性能试验报告

工程名称			楼层号			构件类型			
设计要求接头性能等级			A级		B级	检验批接头数量			
试件编号	钢筋公称直径 D (mm)	实测钢筋横截面积 A_n^o (mm ²)	钢筋母材屈服强度标准值 f_{yk} (N/mm ²)	钢筋母材抗拉强度标准值 f_{tk} (N/mm ²)	钢筋母材抗拉强度实测值 f_{st} (N/mm ²)	接头试件极限拉力 P (kN)	接头试件抗拉强度实测值 $f_{mst}^o = P/A_n^o$ (N/mm ²)	接头破坏形态	评定结果
评定结论									
备注			1. $f_{mst}^o \geq f_{tk}$ 为 A 级接头; $f_{mst}^o \geq 1.35 f_{yk}$ 为 B 级接头; 2. 实测钢筋横截面面积 A_n^o 用称重法确定。 3. 破坏形态仅做记录备查,不作为评定依据。						

试验单位_____ (盖章) 负责_____ 校核_____

日期_____ 抽样_____ 试验_____

2)一般项目

(1)钢筋接头压痕深度不够时应补压。超压者应切除重新挤压。钢套筒压痕的最小直径和总宽度,应符合钢套筒供应厂家提供的技术要求。

(2)挤压接头的外观质量检验

①外形尺寸:挤压后套筒长度应为原套筒长度的 1.10~1.15 倍;或压痕处套筒的外径波动范围为原套筒外径的 0.8~0.9 倍。

②挤压接头的压痕道数应符合型式检验确定的道数。

③接头处弯折不得大于 3° 。

④挤压后的套筒不得有肉眼可见裂缝。

(3)每一验收批中应随机抽取 10%的挤压接头作外观质量检验,如外观质量不合格数超过抽验数的 10%时,应对该批挤压接头逐个进行复验,对外观不合格的接头采取补救措施;不能补救的挤压接头应作标记。在外观不合格的接头中抽取 6 个试件作抗拉强度试验,若有 1 个试件的抗拉强度低于规定值,则该批外观不合格的挤压接头,会同设计单位商定处理,并记录存档。

(4)在现场连续检验 10 个验收批,抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100%时,验收批接头数量可扩大 1 倍。

6. 成品保护

(1)在地面预制好的接头要用垫木垫好,分规格码放整齐。

(2)套筒内不得有砂杂等杂物,套筒在运输和储存中,应按不同规格分别堆放整齐,不得露天堆放,防止锈蚀和沾污。

(3)在高处挤压接头时,要搭好临时架子,不得蹬踩接头。

7. 安全措施

(1)对从事钢筋挤压连接施工的有关人员应经常进行安全教育,防止发生人身和设备安全事故。

(2)在高处进行挤压操作,必须遵守《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80—91)标准的规定。

(3)高压泵应采用液压油。油液应过滤,保持清洁,油箱应密封,防止渗漏,防止雨水、灰尘混入油箱。

(4)高压胶管应防止负重拖拉、弯折和尖利物体刻划,操作人员应尽可能避开高压胶管反弹方向,以防伤人。

(5)油泵与挤压机应用应严格按操作规程进行。

(6)施工现场用电必须符合《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46—88)标准的规定。

(7)高压胶管是挤压设备中易损部件,由于油压高,油管损坏还易引起喷油伤人,故应妥善使用。

8. 质量记录

(1)钢筋出厂质量证明书和钢套筒出厂合格证;

(2)钢筋机械性能试验报告;

(3)钢套筒型式检验报告;

(4)施工现场的单向拉伸检验记录和挤压接头单向拉伸性能试验报告;

(5)施工现场挤压接头外观检查记录;

(6)钢筋挤压连接操作工合格证。

第二节 钢筋绑扎工艺

一、基础钢筋绑扎

1. 施工准备

1) 技术准备

(1)熟悉图纸、钢筋下料完成。

(2)在垫层上弹出钢筋位置线。

(3)做好技术交底。

2) 材料要求

(1)工程所用钢筋种类、规格必须符合设计要求,并经检验合格。

(2)钢筋半成品符合设计要求。

(3)钢筋绑扎用的铁丝(镀锌铁丝)可采用 20~22 号铁丝,其中

22号铁丝只用于绑扎直径12mm以下的钢筋。钢筋绑扎长度参考表6-2-1。

表 6-2-1 钢筋绑扎铁丝长度参考值(mm)

钢筋直径(mm)	6~8	10~12	14~16	18~20	22	25	28	32
6~8	150	170	190	220	250	270	290	320
10~12		190	220	250	270	290	310	340
14~16			250	270	290	310	330	360
18~20				290	310	330	350	380
22					330	350	370	400

3)作业条件

(1)基础垫层完成,并符合设计要求,垫层上钢筋位置线已弹好。

(2)检查钢筋的出厂合格证,按规定进行复试,并检验合格后方可使用。钢筋无老锈及油污,成型钢筋经现场检查合格。

(3)钢筋应按现场施工平面图中指定位置堆放,钢筋外表面如有铁锈时,应在绑扎前清理干净,锈蚀严重的钢筋不得使用。

(4)绑扎钢筋地点已清理干净。

2. 关键要求

1)材料要求

施工现场所用材料的材质、规格应和设计图纸相一致,材料代用应征得设计、监理、建设方的同意。

2)技术要求

基础钢筋的绑扎一定要牢固,脱扣、松扣数量不得超过规范要求;钢筋绑前要先弹出钢筋位置线,确保钢筋位置准确。

3)质量要求

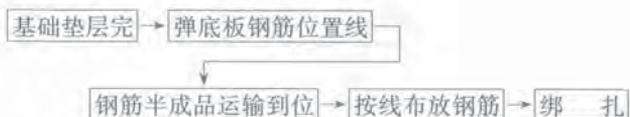
(1)施工中要保证钢筋保护层厚度准确,若采用双排筋时要保证上下两排筋的距离。

(2)钢筋的接头位置及接头面积百分率应符合设计及施工规范要求。

(3)钢筋的布放位置要准确,绑扎要牢固。

3. 施工工艺

1) 工艺流程



2) 操作工艺

(1) 将基础垫层清扫干净,用石笔和墨斗在上面弹放钢筋位置线。

(2) 按钢筋位置线布放基础钢筋。

(3) 绑扎钢筋:四周两行钢筋交叉点应每点绑扎牢。中间部分交叉点可相隔交错扎牢,但必须保证受力钢筋不位移。双向主筋的钢筋网,则需将全部钢筋相交点扎牢。相邻绑扎点的钢丝扣呈八字形,以免网片歪斜变形。

(4) 基础底板采用双层钢筋网时,在上层钢筋网下面应设置钢筋撑脚或混凝土撑脚,以保证钢筋位置正确,钢筋应垫在下片钢筋网上,如图 6-2-1 所示。

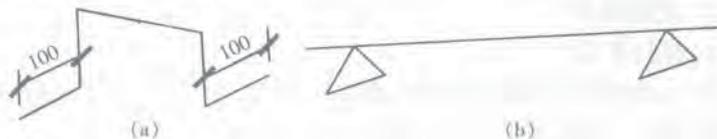


图 6-2-1 钢筋撑脚图

钢筋撑脚的形式和尺寸如图 6-2-1 所示。图 6-2-1(a)所示类型撑脚每隔 1 m 放置 1 个,其直径选用:当板厚 $h \leq 300$ mm 时为 8~10 mm;当板厚 $300 \text{ mm} \leq h \leq 500$ mm 时为 12~14 mm;当板厚 $h > 500$ mm 时选用图 6-2-1(b)所示撑脚,钢筋直径为 16~18 mm。沿短向通长布置,间距以能保证钢筋位置为准。

(5) 钢筋的弯钩应朝上,不要倒向一边;双层钢筋网的上层钢筋弯钩应朝下。

(6) 独立柱基础为双向弯曲,其底面短向的钢筋应放在长向钢筋

的上面。

(7)现浇注与基础连用的插筋,其箍筋应比柱的箍筋小一个柱筋直径,以便连接。箍筋的位置一定要绑扎固定牢靠,以免造成柱轴线偏移。

(8)基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40 mm,当无整层时不应小于 70 mm。

(9)钢筋的连接

①受力钢筋的接头宜设置在受力较小处。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

②若采用绑扎搭接接头,则接头相邻纵向受力钢筋的绑扎接头宜相互错开。钢筋绑扎接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度(l_l)。凡搭接接头中位于该区段的搭接接头均属于同一连接区段。位于同一区段内的受拉钢筋接头面积百分率为 25%。

③当钢筋的直径 $d > 16$ mm 时,不宜采用绑扎接头。

④纵向受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时,连接区段的长度为 $35d$ (d 为纵向受力钢筋的较大值)且不小于 500 mm。同一连接区段内,纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求,当设计无要求时,应符合下列要求:在受拉区不宜大于 50%。直接承受动力荷载的基础中,不宜采用焊接接头;当采用机械连接接头时,不应大于 50%。

(10)基础钢筋的若干要求

①当条形基础的宽度 ≥ 1600 mm 时,横向受力钢筋的长度可减至 $0.9B$,交错布置;

②当单独基础的宽度 ≥ 3000 mm(除基础支承在桩上外)时,受力钢筋的长度可减至 $0.9B$ 交错布置。

(11)基础浇筑完毕后,把基础上预留墙柱插筋扶正理顺,保证插筋位置准确。

(12)承台钢筋绑扎前,一定要保证桩基伸出钢筋到承台的锚固长度。

4. 质量标准

1) 主控项目

基础钢筋绑扎时,受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、钢尺检查

2) 一般项目

基础钢筋绑扎的允许偏差和检验方法应符合表 6-2-2 的要求。

检查数量:在同一检验批内,独立基础应抽查构件数量的 10%,且不少于 3 件;筏板基础可按纵、横轴线分检查面,抽查 10%且少于 3 面。

表 6-2-2 构件绑扎的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	±10	钢尺检查
	网眼的尺寸	±20	钢尺量连续 3 档,取最大值
绑扎钢筋骨架	长	±10	钢尺检查
	宽、高	±5	钢尺检查
受力钢筋	间距	±10	钢尺量两端、中间各一点,取最大值
	排距	±5	
	保护层厚度	±10	钢尺检查
绑扎箍筋、横向钢筋间距		±20	钢尺量连续 3 档,取最大值
钢筋弯起点位置		20	钢尺检查
预埋件	中心线位置	5	钢尺检查
预埋件	水平高差	+3,-0	钢尺和塞尺检查
绑扎缺扣、松扣数量		不超过扣数的 10% 且不应集中	观察和手扳检查

续表

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
弯钩和绑扎接头	弯钩朝向应正确。任一绑扎接头的搭接长度均不应小于规定值,且不应大于规定值的5%	观察和尺量检查
箍筋	数量符合设计要求,弯钩角度和平直长度符合规定	观察和尺量检查

5. 成品保护

- (1) 钢筋绑扎完后,应采取保护措施,防止钢筋变形、位移。
- (2) 浇筑混凝土时,应搭设上人和运输通道,禁止直接踩压钢筋。
- (3) 浇筑混凝土时,严禁碰撞预埋件,如动碰后应按设计位置重新固定牢靠。

二、剪力墙钢筋绑扎

1. 施工准备

1) 技术准备

- (1) 熟悉图纸。钢筋下料、成型完毕并经检验合格。
- (2) 标出钢筋位置线。
- (3) 做好技术交底。

2) 材料要求

- (1) 工程所用钢筋种类、规格必须符合设计要求,并经检验合格。
- (2) 钢筋及半成品符合设计及规范要求。
- (3) 钢筋绑扎用的铁丝采用 20~22 号铁丝(火烧丝)或镀锌铁丝,其中 22 号铁丝只用于绑扎直径 12 mm 以下的钢筋。钢筋绑扎长度参考本节表 6-2-1。

3) 作业条件

- (1) 检查钢筋的出厂合格证,按规定进行复试,并经检验合格后

方能使用；网片应有加工合格证并经检验合格；加工成型钢筋应符合设计及规范要求，钢筋无老锈及油污。

(2) 钢筋或点焊网片应按现场施工平面布置图中指定位置堆放，网片立放时应有支架，平放时应垫平，垫木应上下对正，吊装时应使用网片等。

(3) 钢筋外表面如有铁锈时，应在绑扎前清除干净，锈蚀严重的钢筋不得使用。

(4) 外砖内模必须先砌完外墙。

(5) 绑扎钢筋地点已清理干净。

(6) 墙身、洞口位置已弹好，预留钢筋处的松散混凝土已剔凿干净。

2. 关键要求

1) 材料要求

(1) 施工现场所用材料的材质、规格应和设计图纸相一致，材料代用应征得设计、监理、建设单位的同意。

(2) 关键焊接网宜采用 LL550 级冷轧带肋钢筋制作，也可采用 LG510 级冷拔光面钢筋制作。

2) 技术要求

(1) 剪力墙钢筋绑扎应注意先后顺序，特别是剪力墙里有暗梁、暗柱时。

(2) 剪力墙钢筋的搭接长度应符合设计及本节表 6-2-4 的要求。

3) 质量要求

施工中应注意下列质量问题，妥善解决，达到质量要求。

(1) 水平筋的位置、间距不符合要求：墙体绑扎钢筋时应搭设高凳或简易脚手架，确保水平筋位置准确。

(2) 下层伸出的墙体钢筋和竖向钢筋绑扎不符合要求：绑扎时应先将下层伸出钢筋调直理顺，然后再绑扎或焊接。若下层伸出的钢筋位移较大时，应征得设计单位同意进行处理。

(3)门窗洞口加强筋位置尺寸不符合要求,应在绑扎前根据洞口边线将加强筋位置调整,绑扎加强筋时应吊线找正。

(4)剪力墙水平筋锚固长度不符合要求:认真对照图纸和规范。在拐角、十字结点、墙端、连梁等部位钢筋的锚固应符合设计要求。

3. 施工工艺

1) 钢筋绑扎

(1) 工艺流程



(2) 操作工艺

①将预留钢筋调直理顺,并将表面砂浆等杂物清理干净。先立2~4根纵向筋,并划好横筋分档标志,然后于下部及齐胸处绑两根定位水平筋,并在横筋上划好分档标志,然后绑其余纵向筋,最后绑其余横筋。如剪力墙中有暗梁、暗柱时,应先绑周围横筋。

②剪力墙的纵向钢筋每段钢筋长度不宜超过4m(钢筋的直径 ≤ 12 mm)或6m(钢筋的直径 > 12 mm),水平段每段长度不宜超过8m,以利绑扎。

③剪力墙的钢筋网绑扎。全部钢筋的相交点都要扎牢,绑扎时相邻绑扎点的铁丝扣成八字形,以免网片歪斜变形。

④剪力墙钢筋绑扎完后,把整块或垫圈固定好确保钢筋保护层的厚度。为控制墙体钢筋保护层厚度,宜采用比墙体竖向钢筋大一型号钢筋梯子凳措施,在原位替代墙体钢筋,间距1500mm左右。梯子凳如图6-2-2所示。

⑤剪力墙水平分布钢筋的搭接长度不应小于 $1.2l_a$ (l_a 为钢筋锚固长度)。同排水平分布钢筋的搭接接头之间及上、下相邻水平分布钢筋的搭接接头之间沿水平方向的净间距离不宜小于500mm。若搭接采用焊接时应符合焊接的规定。

⑥剪力墙竖向分布钢筋可在同一高度搭接,搭接长度不应小于

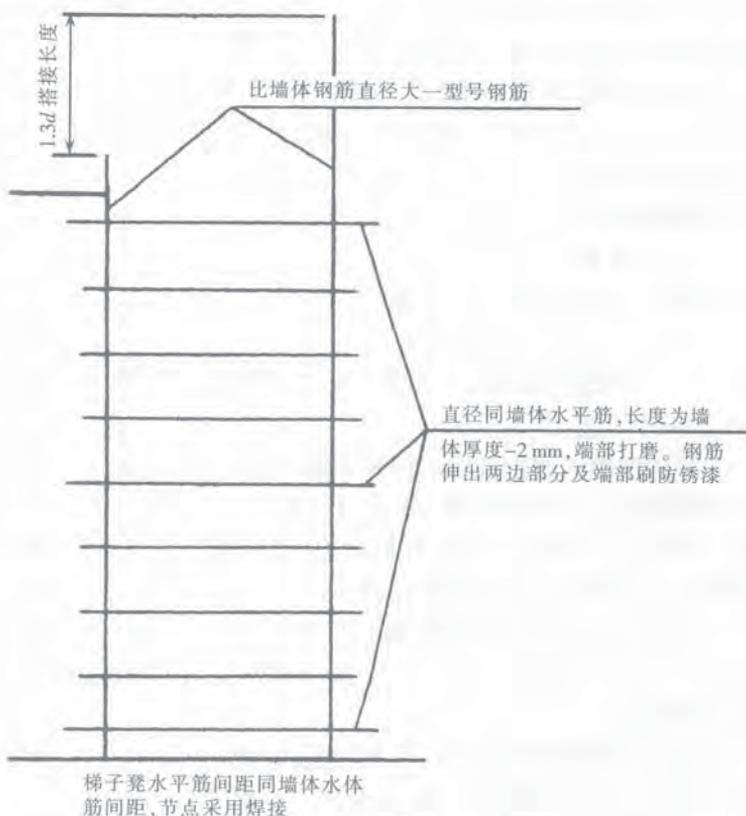


图 6-2-2 梯子凳详图

1. $2l_a$ 。

⑦剪力墙分布钢筋的锚固:剪力墙水平分布钢筋应伸至墙端,并向内水平弯折 $10d$ (d 为水平分布钢筋直径)后截断。

当剪力墙端部有翼墙或转角墙,内墙两侧的水平分布钢筋和外墙内侧的水平分布钢筋应伸至翼墙或转角外边,并分别向两侧水平弯折后截断,其水平弯折长度不小于 $15d$ 。在转角墙处,外墙外侧的水平分布钢筋应在墙端外角处弯入翼墙,并与翼墙外侧水平分布钢

筋搭接,搭接长度为 $1.2l_a$ 。

带边框的剪力墙,其水平和竖向分布钢筋宜分别贯穿柱、梁或锚固在柱、梁内。

③剪力墙洞口连梁应沿全长配置箍筋,箍筋直径不宜小于 6 mm,间距不宜大于 150 mm。

在顶层洞口连梁纵向钢筋伸入墙内的锚固长度范围内,应设置间距不大于 150 mm 的箍筋,箍筋直径与该连梁跨内箍筋直径相同。同时,门窗洞边的竖向钢筋应按受拉钢筋锚固在顶层连梁高度范围内。

④混凝土浇筑前,对伸出的墙体钢筋进行修整,并绑一道临时横向筋固定伸出筋的间距(甩筋的间距)。墙体混凝土浇筑时派专人看管钢筋,浇筑完后,立即对伸出的钢筋(甩筋)进行修整。

⑩外砖内模剪力墙结构,剪力墙钢筋与外砖墙连接:绑内墙钢筋时,先将外墙预留的拉结筋理顺,然后再与内墙钢筋搭绑牢。

2) 焊接网片绑扎

(1) 工艺流程



(2) 操作工艺

①将墙身处预留钢筋调直理顺,并将其表面杂物清理干净。按图纸要求将网片就位,网片立起后用木方临时固定支牢。然后逐根绑扎根部搭接钢筋,在搭接部分和两端共绑 3 个扣。同时将门窗洞口处加固筋也绑扎,要求位置准确。洞口处的偏移预留筋应作成灯插弯(1:6)弯折到正确位置并理顺,使门窗洞口处的加筋位置符合设计图纸的要求。若预留筋偏移过大或影响门窗洞口时,应在根部切除并在正确位置采用化学注浆法植筋。

②剪力墙中用焊接网片作分布钢筋时可按一楼层为一竖向单元。其竖向搭接可设在楼层面之上,搭接长度不应小于 $1.2l_a$,且不应小于 400 mm。在搭接的范围内,下层焊接网片不设水平分布筋

筋,搭接时应将下层网的竖向钢筋与上层网的钢筋绑扎固定如图 6-2-3 所示。

③剪力墙结构的分布钢筋采用的焊接网,对一级抗震等级应采用冷轧带肋钢筋焊接网,对二级抗震等级宜采用冷轧带肋钢筋焊接网。

④当采用冷拔光面钢筋焊接网作剪力墙分布筋时,其竖向分布钢筋未焊水平筋的上端应有垂直于墙面的 90° 弯钩,直钩长度为 $5\sim 10d$ (d 为竖向分布钢筋直径),且不应小于 50mm 。

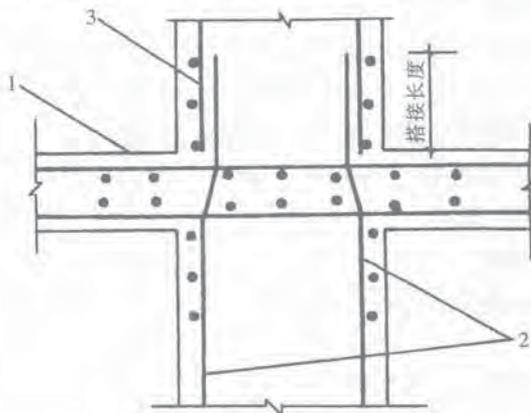


图 6-2-3 钢筋焊接网的竖向搭接图

1—楼板;2—下层网;3—上层网

⑤墙体中钢筋焊接网在水平方向的搭接可采用平接法或附加钢筋扣接法,搭接长度应符合设计要求,若设计无要求,则应符合《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》(JGJ/T 114—97)的规定。

⑥钢筋焊接网在墙体端部的构造:

当墙体无暗柱或端柱时,可用绑扎的附加钢筋连接。附加钢筋(宜优先选用冷轧带肋钢筋)的间距宜与钢筋焊接网的水平钢筋的间距相同,其直径可按等强度设计原则确定,附加钢筋的锚固长度如图 6-2-4 所示。

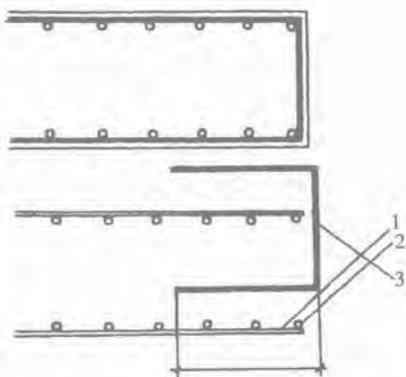


图 6-2-4 钢筋焊接网在墙体端部(无暗柱)的构造图

1—焊接网水平钢筋;2—焊接网竖向钢筋;3—附加连接钢筋

当墙体端部没有暗柱或端柱时,焊接网的水平钢筋可插入柱内锚固,该插入部分可不焊接竖向钢筋,其锚固长度,对冷轧带肋钢筋应符合设计及规范要求;对冷拔光面钢筋宜在端头设置弯钩或焊接短筋,其锚固长度不应小于 $40d$ (对 C20 混凝土)或 $30d$ (对 C30 混凝土),且不应小于 250 mm,并应采用铁丝与柱的纵向钢筋绑扎牢固。当钢筋焊接网设置在暗柱或端柱钢筋外侧时,应与暗柱或端柱钢筋有可靠的连接措施。

4. 质量标准

1) 主控项目

(1) 钢筋、焊条的品种和性能以及接头中使用的钢板和型钢,必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2) 钢筋带有颗粒状和片状老锈,经除锈后仍留有麻点的钢筋,严禁原规格使用。钢筋表面应保持清洁。

(3) 钢筋的规格、形状、尺寸、数量、锚固长度、接头位置,必须符合设计要求和规范的规定。

2) 一般项目

(1) 钢筋网片和骨架绑扎缺扣、松扣数量不得超过绑扣数的

10%，且不应集中。

(2) 钢筋焊接网片钢筋交叉点开焊数量不得超过整个网片交叉点总数的 10%，且任一根钢筋上开焊点数不得超过该根钢筋上交叉点总数的 5%。焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

(3) 弯钩的朝向应正确。绑扎接头应符合规范的规定，其中每个接头的搭接长度不小于规定值。

(4) 箍筋数量、弯钩角度和平直长度，应符合设计要求和规范的规定。

(5) 钢筋点焊焊点处熔化金属均匀，无裂纹、气孔及烧伤等缺陷。焊点压入深度应符合钢筋焊接规程的规定。

对接焊头：无横向裂纹和烧伤，焊包均匀，接头弯折不大于 4° ，轴线位移不大于 $0.1d$ 且不大于 2mm。

电弧接头：焊缝表面平整，无凹陷、焊瘤、气孔、夹渣及咬边，接头弯折不大于 4° ，轴线位移不大于 $0.1d$ 且不大于 3mm，焊接宽度不小于 $0.1d$ ，长度不小于 $0.5d$ 。

(6) 钢筋绑扎允许偏差及检验方法应符合表 6-2-3 的要求。

表 6-2-3 钢筋及预埋件的允许偏差

项次	项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	网的长度、宽度		± 10	尺量检查
2	网眼尺寸	焊接	± 10	尺量连续三档，取其最大值
		绑扎	± 20	
3	受力钢筋	间距	± 10	尺量两端、中间各一点，取其最大值
		排距	± 5	
4	箍筋、构造筋间距	焊接	± 10	尺量连续三档，取其最大值
		绑扎	± 20	
5	焊接预埋件	中心线位移	5	尺量检查
		水平高差	+3 -0	
6	受力筋保护层		± 3	尺量检查

5. 成品保护

(1)绑扎箍筋时严禁碰撞预埋件,如碰撞应按设计位置重新固定牢靠。

(2)应保证预埋电线管等位置准确,如发生冲突时,可将竖向钢筋沿平面左右弯曲,横向钢筋上下弯曲,绕开预埋管。但一定要保证保护层厚度,严禁任意切割钢筋。

(3)模板板面刷隔离剂时,严禁污染钢筋。

6. 质量记录

(1)钢筋出厂质量证明或质量报告单。

(2)钢筋化学性能试验报告。

(3)进口钢筋应有化学成分检验报告和可焊性试验报告。国产钢筋在加工过程中,发生脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常的,应有化学成分检验报告。

(4)钢筋焊接试验报告。

(5)焊条、焊剂合格证,焊工操作证。

(6)成型片出厂合格证及复试报告。

(7)钢筋隐蔽验收记录。

(8)钢筋分项工程质量检验评定资料。

三、框架钢筋绑扎

1. 基本要求

(1)当钢筋的品种、级别或规格需作变更时,应办理设计变更文件。

(2)在浇筑混凝土前,应进行钢筋隐蔽工程验收,其内容包括:

①纵向受力钢筋的品种、规格、数量、位置等。

②钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率等。

③箍筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等。

④预埋钢筋的规格、数量、位置等。

(3)纵向受力钢筋的最小锚固和搭接长度。

①普通受拉钢筋的锚固长度

$$l_a = d \frac{f_y}{f_t}$$

式中： α ——钢筋的外形系数，光面钢筋 $\alpha=0.16$ ，带肋钢筋 $\alpha=0.14$ ；

f_y ——普通钢筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度等级高于 C40 时，按 C40 取值；

d ——钢筋的公称直径。

②纵向受拉钢筋的搭接长度

$$l_l = \zeta l_a \geq 300 \text{ mm}$$

式中： ζ ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数。当纵向钢筋搭接接头百分率为 25% 时， $\zeta=1.2$ ；为 50% 时， $\zeta=1.4$ ；为 100% 时， $\zeta=1.6$ 。

受压钢筋的搭接长度为受拉钢筋的搭接长度的 0.7 倍且 $\geq 200 \text{ mm}$ 。

③纵向受拉钢筋最小锚固长度(l_a)和最小搭接长度(l_l)，应符合表 6-2-4 的要求。

表 6-2-4 钢筋的最小锚固长度 l_a 和最小搭接长度 l_l

混凝土强度等级	HRB235(Φ) $f_y=210$ $\alpha f_y=0.16 \times 210=33.6$				HRB335(Φ) $f_y=300$ $\alpha f_y=0.14 \times 300=42.0$				HRB400(Φ) $f_y=360$ $\alpha f_y=0.14 \times 360=50.4$			
	l_a	l_l			l_a	l_l			l_a	l_l		
		25% $\zeta=1.2$	50% $\zeta=1.4$	100% $\zeta=1.6$		25% $\zeta=1.2$	50% $\zeta=1.4$	100% $\zeta=1.6$		25% $\zeta=1.2$	50% $\zeta=1.4$	100% $\zeta=1.6$
C20 $f_t=1.10$	31d	37d	43d	49d	39d	46d	54d	62d	46d	55d	65d	74d
C25 $f_t=1.27$	27d	32d	38d	43d	34d	40d	47d	53d	40d	48d	56d	64d
C30 $f_t=1.43$	24d	29d	33d	38d	30d	36d	42d	47d	36d	43d	50d	57d
C35 $f_t=1.57$	22d	26d	30d	35d	27d	33d	38d	43d	33d	39d	45d	52d
$\geq C40$ $f_t=1.71$	20d	24d	28d	32d	25d	30d	35d	40d	30d	36d	42d	48d

a. 当带肋钢筋的直径大于 25 mm 时，其最小搭接长度(l_l)应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 1.1 取用；

b. 对环氧树脂涂层的带肋钢筋，其最小搭接长度(l_l)应按表 6-

2-4 中相应数值乘以系数 1.25 取用；

c. 当在混凝土凝固过程受力钢筋易受扰动时(如滑模施工),其最小搭接长度(l_l)应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 1.1 取用；

d. 对末端采用机械锚固措施的带肋钢筋,其最小搭接长度(l_l)应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 0.7 取用；

e. 当带肋钢筋的混凝土保护层厚度大于搭接钢筋直径 3 倍且配有箍筋时,其最小搭接长度(l_l)应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 0.8 取用；

f. 对抗震设防要求的结构构件,其受力钢筋的最小搭接长度(l_l),一、二级抗震等级应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 1.15 采用,三级抗震等级应按表 6-2-4 中相应数值乘以系数 1.05 采用。

2. 施工准备

1) 技术准备

(1) 准备工程所需的图纸、规格、标准等技术资料,并确定其是否有效。

(2) 按图纸和操作工艺标准向施工人员进行安全、技术交底,对钢筋绑扎安装顺序予以明确规定；

- ① 钢筋的翻样、加工；
- ② 钢筋的验收；
- ③ 钢筋绑扎的工具；
- ④ 钢筋绑扎的操作要点；
- ⑤ 钢筋绑扎的质量通病防治。

2) 材料要求

(1) 成型钢筋:必须符合配料单的规格、尺寸、形状、数量,并应有加工厂出厂合格证。

(2) 铁丝:可采用 20~22 号铁丝(火烧丝)或镀锌铁丝。铁丝切断长度要满足使用要求。

(3) 垫块:宜用与结构等强度的细石混凝土制成,50 mm 见方,厚度同保护层,垫块内预留 20~22 号火烧丝或用塑料卡、拉筋、支

撑筋。

3) 作业条件

(1) 钢筋进场后应检查是否有出厂证明、复试报告,并按施工平面布置图指定的位置,按规格、使用部位、编号分别加垫土堆放。

(2) 做好抄平放线工作,弹好水平标高线,墙、柱、梁部位外皮尺寸线。

(3) 根据弹好的外皮尺寸线,检查下层预留搭接钢筋的位置、数量、长度,如不符合要求时,应进行处理。绑扎前先整理调直下层伸出的搭接筋,并将锈蚀、水泥砂浆等污垢清理干净。

(4) 根据标高检查下层伸出搭接钢筋处的混凝土表面标高(柱顶、墙顶)是否符合图纸要求,如有松散不实之处,剔除并清理干净。

3. 关键要求

1) 材料要求

(1) 钢筋应有出厂合格证、出厂检验报告和按规定做力学性能复试。当加工过程中发生脆断等特殊情况,还需做化学成分检验。

(2) 对有抗震设防要求的钢筋工程,其纵向受力钢筋的强度要满足设计要求,当设计无具体要求时,对一、二级抗震等级,检验所得的强度实测值:钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25;钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

2) 技术要求

(1) 认真熟悉施工图,了解设计意图和要求,编制钢筋绑扎技术交底。

(2) 根据设计图纸及操作工艺要求,向施工人员进行技术交底。

3) 质量要求

(1) 钢筋绑扎前,应检查有无锈蚀,如有锈蚀除锈之后再运至绑扎部位。

(2) 熟悉图纸,按设计要求检查已加工好的钢筋规格、形状、数量是否正确。

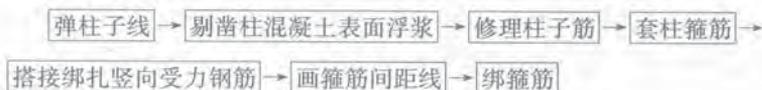
(3) 做好抄平放线工作,根据弹好的外皮尺寸线,检查下层预留

搭接钢筋的位置、数量、长度。绑扎前先整理调直下层伸出的搭接钢筋,并将锈蚀、水泥砂浆等污垢清理干净。

4. 施工工艺

1) 绑柱子钢筋

(1) 工艺流程



(2) 套柱箍筋

按图纸要求间距,计算好每根箍筋数量,先将箍筋套在上层伸出的搭接钢筋上,然后立柱子钢筋,在搭接长度内,绑扣不少于3个,绑扣要向柱中心。如梁柱主筋采用光圆钢筋搭接时,角部弯钩应与模板成 45° ,中间钢筋的弯钩应与模板成 90° 角。

(3) 搭接绑扎竖向受力钢筋

柱子主筋立起后,绑扎接头的搭接长度、接头面积百分率应符合设计要求,如设计无要求时应符合表6-2-3的要求。

(4) 箍筋绑扎

箍筋间距线:在立好的柱子竖向钢筋上,按图纸要求用粉笔划箍筋间距线。

(5) 柱箍筋绑扎

①按已划好的箍筋位置线,将已套好的箍筋往上移动,由上往下绑扎,宜采用缠扣绑扎,如图6-2-5所示。

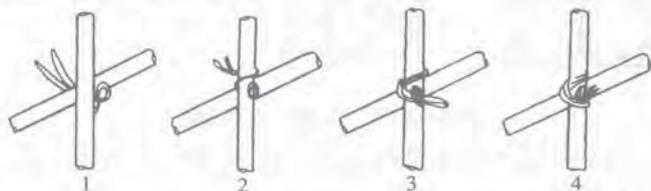


图 6-2-5 缠扣绑扎示意图

1、2、3、4—绑扎顺序

②箍筋与主筋要垂直,箍筋转角处与主筋交点均要绑扎,主筋与箍筋非转角部分的相交点呈梅花交错绑扎。

③箍筋的弯钩叠合处应沿柱子竖筋交错布置,并绑扎牢固,如图 6-2-6 所示。

④有抗震要求的地区,柱箍筋端头应弯成 135° ,平直部分长度不小于 $10d$ (d 为箍筋直径),如图 6-2-7。如箍筋采用 90° 搭接,搭接处应焊接,焊接长度单面焊缝不小于 $10d$ 。

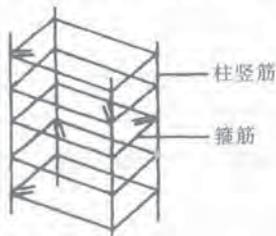


图 6-2-6 柱箍筋交错布置示意图

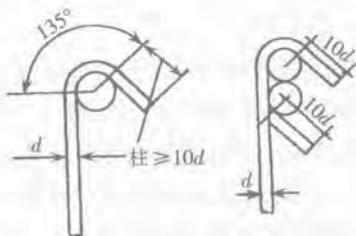


图 6-2-7 箍筋抗震要求示意图

⑤柱基、柱顶、梁柱交接处箍筋间距应按设计要求加密。柱上下两端箍筋应加密,加密区长及加密区内箍筋间距应符合设计图纸要求。如设计要求箍筋设拉筋时,拉筋应钩住箍筋,如图 6-2-8 所示。

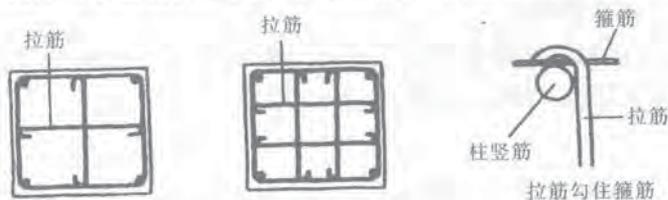


图 6-2-8 拉筋布置示意图

⑥柱筋保护层厚度应符合规范要求,主筋外皮为 25 mm 厚的垫块应绑在柱竖筋外皮上,间距一般 1 000 mm,或用塑料卡卡在外竖筋上,以保证主筋保护层厚度准确。当柱截面尺寸有变化时,柱应在板内弯折,弯后的尺寸要符合设计要求。

2) 绑剪力墙钢筋

(1) 工艺流程

立 2~4 根主筋 → 画水平筋间距 → 绑定位横筋 → 绑其余横主筋

(2) 立 2~4 根主筋: 将主筋与下层伸出的搭接钢筋绑扎, 在主筋上划好水平筋分档标志, 在下部及齐胸处绑 2 根横筋定位, 并在横筋上划好主筋分档标志, 接着绑其余主筋, 最后再绑其余横筋。横筋在主筋里面或外面应符合设计要求。

(3) 主筋与伸出搭接筋的搭接处需绑 3 根水平筋, 其搭接长度及位置均应符合设计要求, 设计无要求时应符合本节“2. 施工准备”中“3) 作业条件”的规定。

(4) 剪力墙筋应逐点绑扎, 双排钢筋之间应绑拉筋或支撑筋, 其纵横间距不大于 600 mm, 钢筋外皮绑扎垫块或用塑料卡(也可采用梯子筋来保证钢筋保护层厚度)。

(5) 剪力墙与框架柱连接处, 剪力墙的水平横筋应锚固在框架柱内, 其锚固长度要符合设计要求或本节“1. 基本要求”中“(3) 纵向受力钢筋的最小锚固和搭接长度”的规定。如先浇筑柱混凝土后绑扎剪力墙筋时, 柱内要预留连接筋或柱内预埋钢件, 待柱拆模绑墙筋时作为连接用。其预留长度应按设计或规范的规定。

(6) 剪力墙水平筋在两端头、转角、十字节点、连梁等部位的锚固长度及洞口周围加固筋等, 均应符合设计抗震要求。

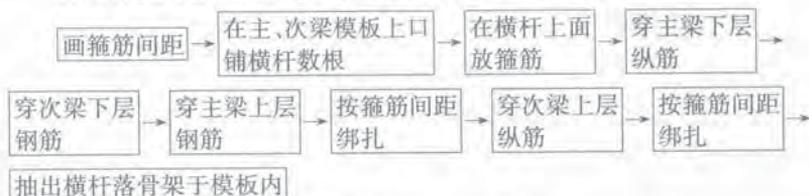
(7) 合模后对伸出的主向钢筋应进行修整, 宜在搭接处绑一道横筋定位, 浇筑混凝土时有专人看管, 浇筑后再次调整以保证钢筋位置的准确。

3) 梁钢筋绑扎

(1) 工艺流程

模内绑扎: 划主、次梁箍筋间距 → 放主梁、次梁箍筋 → 穿主梁底层纵筋及弯起筋 → 穿次梁底层纵筋并与箍筋固定 → 穿主梁上层纵向架立筋 → 按箍筋间距绑扎 → 穿次梁上层纵向钢筋 → 按箍筋间距绑扎

模外绑扎(先在梁模板上口绑扎成型后再入模内):



(2)在梁侧模板上划出箍筋间距,摆放箍筋。

(3)先穿主梁的下部纵向受力钢筋及弯起钢筋,将箍筋按已划好的间距逐个分开;穿次梁的下部纵向受力钢筋及弯起钢筋,并套好箍筋;放主、次梁的架主筋;隔一定间距将架立筋与箍筋绑扎牢固;调整箍筋间距使箍筋间距符合设计要求,绑架立筋,再绑主筋,主次梁同时配合进行。

(4)框架梁上部纵向钢筋应贯穿中间节点,梁下部纵向钢筋伸入中间节点锚固长度及伸过中心线的长度要符合设计要求。框架梁纵向钢筋在端节点内的锚固长度也要符合设计要求。

(5)绑梁上部纵向筋的箍筋,宜用套扣法绑扎,如图 6-2-9 所示。

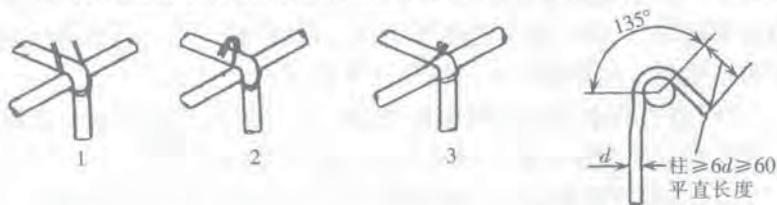


图 6-2-9 梁钢筋套扣法绑扎

1,2,3—绑扎顺序

(6)箍筋在叠合处的弯钩,在梁中应交错绑扎,箍筋弯钩为 135° ,平直部分长度为 $10d$,如做成封闭箍时,单面焊缝长度为 $5d$ 。

(7)梁端第一个箍筋应设置在距离柱节点边缘 50mm 处。梁端与柱交接处箍筋应加密,其间距与加密区长度均要符合设计要求。

(8)在主、次梁受力筋下均应垫垫块或塑料卡,保证保护层的厚

度。受力筋为双排时,可用短钢筋垫在两层钢筋之间,钢筋排距应符合设计要求。

(9)梁筋的搭接:梁的受力钢筋直径等于或大于 22mm 时,宜采用焊接接头;小于 22mm 时,可采用绑扎接头,搭接长度要符合规定要求。搭接长度末端与钢筋弯折处的距离,不得小于钢筋直径的 10 倍。接头不宜位于构件的最大弯矩处,受拉压域内 HPB235 级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩(HRB335 级钢筋可不作弯钩),搭接处应在中心和两端扎牢。接头位置应相互错开,当采用绑扎搭接接头时,在规定搭接长度的任一区域内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋截面面积百分率,受拉区不大于 50%。

4)板钢筋绑扎

(1)工艺流程



(2)清理模板上面的杂物,用粉笔在模板上划好主筋、分布筋间距。

(3)按划好的间距,先摆放受力主筋,后放分布筋。预埋件、电线管、预留孔等及时配合安装。

(4)在现浇板中有板带梁时,应先绑板带梁钢筋,再摆放板钢筋。

(5)如图 6-2-10 所示楼板钢筋绑扎一般用顺扣或八字扣,除外围两根钢筋的相交点应全部绑扎外,其余各点可交错绑扎(双向板相交点需全部绑扎)。如板为双层钢筋,两层钢筋之间须加钢筋马凳,以确保上部钢筋的位置。负弯矩钢筋每个相交点均要绑扎。

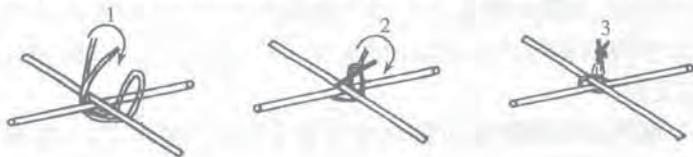


图 6-2-10 楼板钢筋绑扎

1、2、3—绑扎顺序

(6)在钢筋的下面垫好砂浆垫块,间距 1.5 m。垫块的厚度等于保护层厚度,应满足设计要求;如设计无要求时,板的保护层厚度应为 15 mm。钢筋搭接长度与搭接位置的要求与梁相同。

5) 楼梯钢筋绑扎

(1) 工艺流程



(2)在楼梯底板上划主筋和分布筋位置线。

(3)根据设计图纸中主筋、分布筋的方向,先绑扎主筋后绑扎分布筋,每个交点均应绑扎。如有楼梯梁时,先绑扎梁筋后绑扎板筋。板筋要锚固到梁内。

(4)底板筋绑完,待踏步模板吊绑支好后,再绑扎踏步钢筋。主筋接头数量和位置均要符合设计和规范的规定。

5. 质量标准

1) 主控项目

(1)钢筋的品种和质量必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2)钢筋的表面必须清洁。带有颗粒状或片状老锈,经除锈后仍留有麻点的钢筋,严禁按原规格使用。

(3)钢筋规格、形状、尺寸、数量、锚固长度、接头位置,必须符合设计要求和规定的要求。

(4)钢筋焊接或机械连接接头的机械性能结果,必须符合钢筋焊接及机械连接验收的专门规定。

2) 一般项目

(1)缺扣、松扣的数量不超过绑扣数的 10%,且不集中。

(2)弯钩的朝向正确,绑扎接头应符合规定的要求,搭接长度不小于规定值。

(3)箍筋的间距数量应符合设计要求,有抗震要求时,弯钩角度为 135° ,弯钩平直长度为 $10d$ 。

(4)绑扎钢筋禁止碰动预埋件及洞口模板。

(5)允许偏差及检验方法应符合表 6-2-5 的要求。

表 6-2-5 现浇框架钢筋绑扎允许偏差

项次	项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	网的长度、宽度		±10	尺量检查
2	网眼尺寸		±20	尺量连续三档,取其最大值
3	钢筋骨架的宽度、高度		±5	尺量检查
4	钢筋骨架的长度		±10	
5	受力钢筋	间距	±10	尺量两端、中间各一点,取其最大值
6		排距	±5	
7	绑扎箍筋、构造筋间距		±20	尺量连续三档,取其最大值
8	钢筋弯起点位移		20	尺量检查
9	预埋件	中心线位置	5	
		水平高差	+3,0	
10	受力钢筋	梁、柱	±5	尺量检查
	保护层	墙、板	±3	

6. 成品保护

- (1) 柱子钢筋绑扎后,不准踩踏。
- (2) 楼板的弯起钢筋、负弯矩钢筋绑好后,不准在上面踩踏行走。浇筑混凝土时应派钢筋工专门负责修理,保证负弯矩筋位置的正确性。
- (3) 钢模板内面涂隔离剂不要污染钢筋。
- (4) 安装电线管、暖卫管线或其他设施时,不得任意切断和移动钢筋。

7. 质量记录

- (1) 钢筋出厂质量证明或实验报告单;
- (2) 钢筋机械性能实验报告;

(3)进口钢筋应有化学成分检验报告,国产钢筋在加工过程中发生脆断、焊接性能不良和机械性能显著不正常的,应有化学成分检验报告;

(4)技术交底、钢筋隐蔽验收记录。

第三节 预应力钢筋施工工艺

一、后张法无黏结预应力钢筋施工

1. 施工准备

1) 技术准备

(1)预应力结构施工前,施工单位应根据设计图纸,编制详细的适合于工程的预应力施工方案。

(2)根据设计及施工方案的要求,选定预应力钢丝、钢绞线、锚具、承压板等。

(3)预应力筋、锚具等的验收及复验。

(4)预应力施工设备的检修、标定。

2) 材料要求

(1) 无黏结预应力筋

①无黏结预应力筋是带有专用防腐油脂涂层和外包层的预应力筋,有钢绞线和钢丝束两种,其构造见图 6-3-1。常用无黏结筋的规格及技术性能见表 6-3-1(本工艺标准提倡采用无黏结预应力钢绞线,不宜采用平行线钢丝束无黏结筋)。

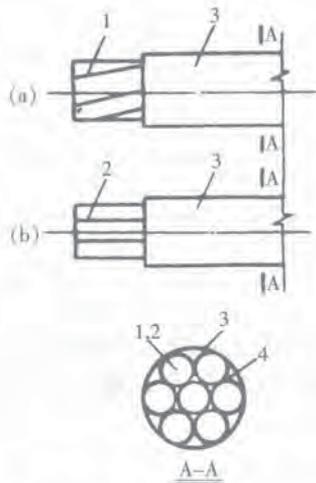


图 6-3-1 无黏结预应力筋的构造

- (a) 无黏结钢绞线; (b) 无黏结钢丝束
1—钢绞线; 2—平行钢丝;
3—塑料护套; 4—油脂

表 6-3-1 常用无黏结筋规格及主要技术性能

预 应 力 筋		钢 绞 线				钢丝束
钢 材	公称直径(mm)	Φ15.24	Φ15.0	Φ12.7	Φ12.9	7-Φ5
	抗拉强度(N/mm ²)	1860	1570	1860	1860	1570
	截面积(mm ²)	140.0	139.98	98.71	100	137.4
	公称重量(kg/m)	1.102	1.091	0.775	0.785	1.08
	延伸率≥(%)	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0
	弹性模量(N/mm ²)	1.8×10 ⁵	1.8×10 ⁵	1.8×10 ⁵	1.8×10 ⁵	2.0×10 ⁵
	松弛率≤(%)	2.5	8.0	2.5	2.5	8.0
护 套	塑料厚度(mm)	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2
	油脂含量(g/m)	50	50	43	43	50

②制作无黏结预应力筋用的钢丝束、钢绞线必须符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的规定。

检查数量:每 60 t 为一批,每批抽取 1 组试件做力学性能试验。

检验方法:出厂合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

③无黏结预应力筋的涂料层采用专用防腐油脂,其性能应符合《无黏结预应力筋专用防腐润滑脂》(JG 3007—1993)的规定,其塑料外套宜采用高密度聚乙烯,护套厚度应均匀,不得过松或过紧、破损。

检查数量:每 60 t 为一批,每批抽取 1 组试件。

检验方法:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:当有工程经验时,并经观察认为质量有保证时,可不作油脂用量和护套厚度的进场复验。

④无黏结预应力筋所用的钢绞线和钢丝不应有死弯,如有死弯时必须切断。

(2) 锚具、夹具、连接器

张拉端锚具:安装在预应力筋端部且可用以张拉的锚具。

固定端锚具:安装在预应力筋端部,通常埋入混凝土中且不用于张拉的锚具。

夹具:在张拉千斤顶或设备上夹持预应力筋的临时性锚固装置(又称工具锚)。

连接器:用于连接预应力筋的装置。

①锚具:无黏结预应力筋锚具的选用,应根据无黏结预应力筋的品种、设计要求确定。对常用直径为12mm、15mm的单根钢绞线和7 Φ 5钢丝束无黏结预应力筋,宜采用单孔锚具,也可采用不同规格的群锚锚具,固定端采用挤压锚或镦头锚板。常用无黏结预应力筋用锚具见表6-3-2。

表6-3-2 常用无黏结预应力筋锚具

无黏结预应力品种	张拉端	固定端
钢绞线	夹片锚具	挤压锚
7 Φ 5钢丝束	镦头锚具 夹片锚具	镦头锚

②无黏结预应力筋所使用的锚具、夹具、连接器按设计规定采用。其性能和应用应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T 14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》(JGJ 85)的规定。

外观检验:每检验批抽取10%,且不少于10套。如表面无裂缝,尺寸符合设计要求。

硬度检查:抽取5%,每个零件测试三点。

静载锚固能力检验:每检验批中抽取3套试件用的锚具、夹具、连接器。

检查数量:每检验批锚具不得超过1000套。

检验方法:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。对材料、加工尺寸,按出厂检验报告中所列指标进行核对。

注:对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报

告,可不作静载锚固性能试验。

3)主要机具

主要机具见表 6-3-3。

表 6-3-3 主要机具规格、性能

序号	名称	型号	性能
1	高压电动油泵	ZB4/500	与千斤顶、墩头器、压花机、挤压机配套使用
2	张拉千斤顶	YCW 系列	用于夹片锚
3	钢绞线挤压机	JY45	用于 Φ^112 、 Φ^115 挤压锚
4	钢绞线压花机	YH30	用于 Φ^112 、 Φ^115 压花

预应力筋成型制作用普通机具:

- (1)380V 电焊机、焊把线等;
- (2)380V/220V 二级配电箱、电线若干;
- (3) $\Phi 400$ 砂轮切割机;
- (4)常用工具:绑钩、卷尺若干,扳手等;
- (5)50 m 尺。

4)作业条件

(1)预应力筋下料、铺设

- ①预应力筋及锚具合格并有进场复验报告;
- ②螺旋筋、承压板、锚板等配套件合格;
- ③确认施工技术资料齐备;
- ④施工现场已具备铺设条件。

(2)预应力张拉的作业条件

- ①张拉设备已经过配套标定并有标定报告;
- ②具备预应力筋的张拉顺序、初始拉力、超张拉控制拉力及其对应的施工油压值、预应力筋相对张拉伸长值允许范围的通知;
- ③操作人员经过培训、持证上岗;
- ④通知监理工程师进行质量现场监督检查。

2. 关键要求

1)材料要求

(1)制作无黏结预应力筋用的钢丝束、钢绞线必须符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(BG/T 5223)和《预应力混凝土用钢绞线》(BG/T 5224)的规定。

(2)无黏结预应力筋的涂料层采用专用防腐油脂,其性能应符合《无黏结预应力筋专用防腐润滑脂》(JG 3007)的规定。

(3)锚具、夹具、连接器性能和应用应分别符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T 14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》(JGJ 85)的规定。

2)技术要求

(1)无黏结预应力筋所用的钢绞线和钢丝不应有死弯,如有死弯必须将其切除。

(2)无黏结预应力筋的张拉控制应力不应大于钢绞线抗拉强度的80%。

(3)无黏结预应力筋的张拉顺序按设计、规范及施工方案要求进行。

3)质量要求

(1)预应力筋、锚具、夹具、连接器等符合有关要求,并经检验合格。

(2)预应力筋张拉机具及仪表,应定期维护和校验。张拉设备应配套标定,并配套使用。

(3)张拉时,预应力筋、锚具、千斤顶应符合三心一线(变角张拉应符合其特定要求)。

(4)保护无黏结预应力筋在混凝土中的矢高,敷设的各种管线不得抬高或压低其高度。

(5)无黏结预应力筋固定端埋入式锚具,安装后应认真检查。

(6)无黏结预应力筋锚固端,必须保证承压板、螺旋筋、网片筋等可靠固定。

4)安全要求

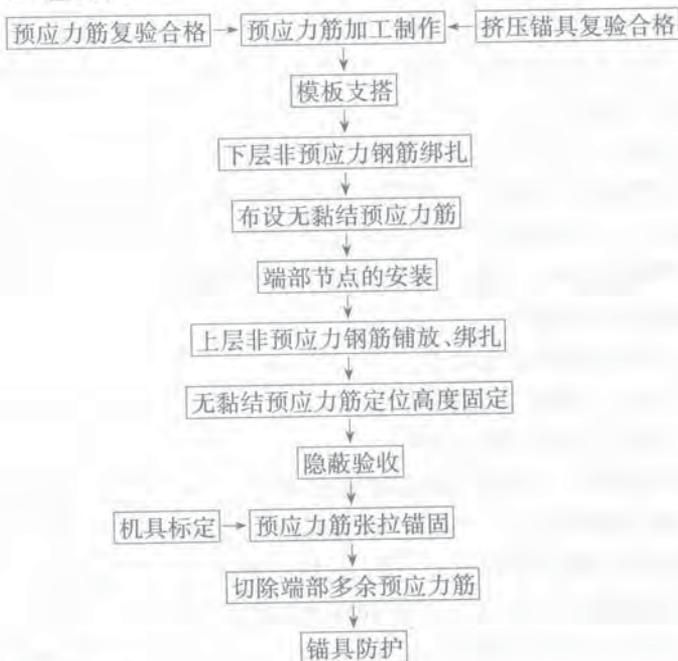
(1)张拉施工人员必须持证上岗。

(2)张拉过程中,操作人员应精神集中,细心操作,给油、回油要平稳。

(3)张拉作业时,应站在两侧操作,严禁站在千斤顶作用力方向。

3. 施工工艺

1) 工艺流程



2) 操作工艺

(1) 预应力筋的加工制作

①所加工的预应力筋必须具有产品合格证,经过复验合格并具有报告或具有施工现场会同监理抽取的力学性能试验报告。

②无黏结筋塑料外套目测合格。

③具备书面下料单。

④预应力筋的吊运应运用软起吊,吊点应衬软垫层。

⑤下料过程中应随时检查无黏结筋外套管有无破裂,如有应立

即用水密性胶带缠绕修补。胶带搭接宽度不小于带宽的一半,缠绕长度应超过破裂长度;严重破损者,切除不用。

⑥挤压锚的制作:剥去套管,套上弹簧圈,端头与钢绞线齐平并不得乱圈、重叠。套上挤压套,钢绞线端头外露 10 mm 左右。利用挤压机挤压成型,每次挤压均需清理挤压模并涂以润滑剂。挤压成型的挤压锚、钢绞线端头露出挤压套的长度不应小于 1 mm,在挤压套全长内均应有弹簧圈均布。每工作班应抽取 3 套挤压锚做挤压前、挤压后的外径、内径、全长以及外观检查记录。

⑦钢丝镦头:采用 LD-10 型镦头器镦制 $\phi 5$ 钢丝,控制油压为 32~36 MPa 先行试镦,外形稳定后,取 6 个镦头作强度试验,试验合格后再批量生产。批量生产中,目测外观,外形不良者应随时切除重镦。

⑧制成的预应力筋应分类码放,设置标牌,标注明显。应有防雨、防潮、防污染措施。

⑨下料宜用砂轮锯切割。

(2)下层非预应力钢筋绑扎

(3)布设无黏结预应力筋

①梁结构可采用钢筋井字架固定,板结构可采用铁马凳固定,定位点必须用钢丝绑扎。马凳高度根据设计要求确定,在最高点和最低点处可直接绑扎在非预应力筋上,但必须与设计高度相符。

②定位支撑点:支撑平板中单根无黏结预应力筋的支撑钢筋,间距不宜大于 2 m;对于支撑 2~4 根无黏结预应力束,支撑钢筋直径不宜小于 10 mm,间距不宜大于 1.5 m;对于更多束的预应力集束,支撑直径不宜小于 12 mm,支撑间距不宜大于 1.2 m。

③多根无黏结预应力筋集束的铺设应相互平行、走向平顺,不得互相扭绞。铺设时可单根顺次铺设,最后以间距为 1~1.5 m 铁丝绑扎、并束。

④为保证无黏结预应力筋曲线矢高的要求,无黏结筋应和同方向非预应力筋配置在同一水平位置(跨中或最高点处)。

⑤双向配置时,还应注意筋的铺放顺序。施工前进行人工或电

算编序,以确定预应力的铺放顺序。铺放时,按号顺次交错铺设,以免相互穿插造成施工困难。

⑥平板结构上如有洞口,其预应力筋避让见图 6-3-2。

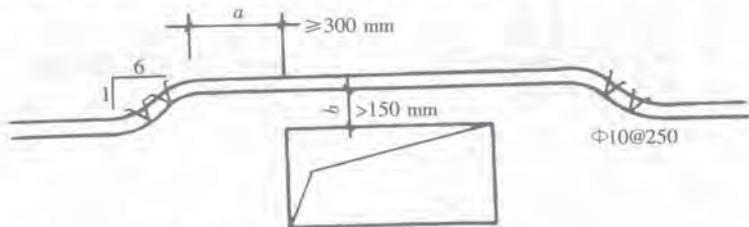


图 6-3-2 开洞处预应力筋避让布置

如不能满足上述布置要求时,可与设计单位协商解决。措施办法有:

- a. 无黏结预应力筋平面布置改变以避让洞口,如并束等。
- b. 将洞口无黏结筋断开,各设张拉端和固定端。但对于梁板内的管线,安装预留孔等预应力筋不得避让。

(4) 端部节点安装

①张拉端的安装:安装时将无黏结预应力筋以承压板的预留孔中穿出,其与承压板垂直段用钢丝绑实。当安装锚具凹进混凝土的张拉端时,应安装穴模,同时在浇筑混凝土前,宜在承压板内表面位置将预应力筋外包塑料管沿周边切断,张拉时再将穴模拿掉。

②固定端的安装:按设计要求固定在模板内,并配置螺旋筋,固定端示意图见 6-3-3(挤压锚)、图 6-3-4(墩头锚具)。

(5) 上层非预应力钢筋绑扎。

(6)无黏结预应力筋的定位高度绑扎。根据设计要求,对无黏结预应力筋各定位高度进行检查,并用钢丝进行固定,同时对预应力筋进行调直,并修补局部外皮破损。

(7)隐蔽验收。会同监理进行隐蔽验收工作。需提供自检,预应力筋及其组装件的原材料合格证及复验报告。检验合格后,方可进

行混凝土浇筑。

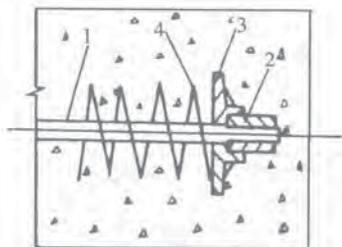


图 6-3-3 固定端挤压锚
安装示意图

1—无黏结预应力筋；2—挤压锚；
3—承压板；4—螺旋筋

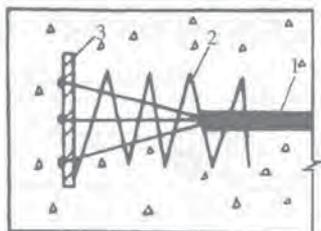


图 6-3-4 固定端锚头
锚具安装示意图

1—无黏结预应力筋；2—螺旋筋；
3—锚头锚板

(8) 预应力筋张拉

① 作业条件具备。

② 逐根测量无黏结预应力筋的外露长度，记录下来作为张拉的原始长度，并作好顺序记录。

注：测量时，应注意预应力钢绞线的端头不一定很整齐，所以应以最长或最短根为准，并在张拉完成后测量时遵循同一标准。

③ 接通油泵加压至控制张拉力，而后进行锚固。当千斤顶行程不能满足张拉所需伸长时，中途可停止张拉，做临时锚固，再进行第二次张拉。

④ 当预应力筋规定为两端张拉，两端同时张拉时，宜先在一端锚固后，再在另一端补足张拉力再行锚固。也可一端先张拉并锚固，再在另一端张拉后锚固。

⑤ 预应力筋的锚固：应在规定油压下锚固。当采用液压顶压时，宜对夹片施加 10%~20% 的顶压力，预应力筋回缩值不得大于 5 mm。若采用夹片限位器，可不对夹片顶压，但预应力筋回缩值不得大于 8 mm。

⑥ 张拉后再次测量无黏结预应力筋的外露长度，减去张拉前的长度，所得之差为实际伸长值。实际伸长值与理论伸长值的误差为

±6%，如不符，须查明原因，作出调整之后重新张拉。

⑦控制油压正确。当油表指针摆动时，必须停止油泵供油，以指针稳定时的读数为准。

⑧张拉过程中如发现以下情况必须重新标定张拉设备。

- a. 张拉过程中千斤顶漏油；
- b. 张拉伸长跳动不均匀；
- c. 油压表无压时，指针不回零；
- d. 多束相对伸长值超过限制或预应力筋出现颈缩破坏时。

⑨变角张拉：当张拉空间受到限制或特殊工程（如隧道、环向筋）时，可采用变角张拉。由于变角张拉会产生较大的应力损失，故一定要经设计同意。

⑩张拉完成后，应认真填写施加应力表格，由施工人员签名备查。

(9) 切除端部多余预应力筋

①核查张拉时预应力筋的实际伸长值，在会同甲方、监理确认在规定范围内后，才能进行多余预应力筋的切除。

②切除预应力筋在锚具外的多余部分。预应力筋切断后，其露出锚具外的长度不宜小于 30 mm。宜采用砂轮锯切割，严禁使用电弧切割。

(10) 锚具防护

锚固区的防护必须有充分的防锈和防火的保护措施，严防水气进入、锈蚀锚具或预应力筋。锚具防护应按设计要求，如无要求，通常有以下两种形式：

①将锚固区设置在后浇的混凝土圈梁内；

②设有后浇带的防护见图 6-3-5。在锚固区先用穴模留出防护空间，在预应力筋张拉后，切去多余钢丝，在金属部位涂防腐材料，在混凝土表面涂黏结剂，然后进行封闭。

4. 质量标准

1) 主控项目

(1)制作无黏结钢筋的钢丝、钢绞线应符合国家标准《预应力混

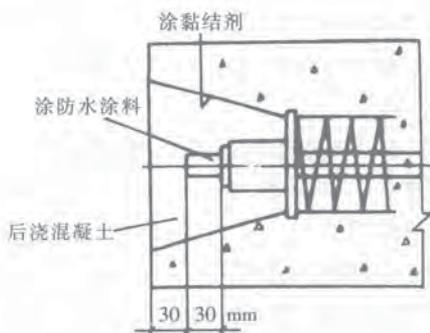


图 6-3-5 锚固区锚具防护示意

混凝土用钢丝》(GB/T 5223)和《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的规定。

(2)无黏结筋的涂料层、包裹层的材料质量必须符合无黏结预应力钢绞线标准的规定。

(3)预应力筋用锚具、夹具、连接器性能必须符合国家现行标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)等的规定。

(4)预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

(5)施工过程中,应避免电火花损伤预应力筋,受损伤的预应力筋必须予以更换。

(6)预应力筋张拉时,混凝土强度应符合设计要求;当设计无具体要求时,不应低于 75%的设计强度。

(7)预应力筋的张拉力、张拉或放张顺序及张拉工艺应符合设计及施工方案的要求,并应符合下列规定:

①张拉设备配套标定并配套使用。张拉设备的标定期限不得超过半年。

②当施工需要超张拉时,最大张拉力不应大于现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定。

③张拉工艺应能保证同一束中预应力筋的应力均匀一致。

④预应力筋逐束或逐根张拉时,应保证各阶段不出现对结构不利的应力状态。

⑤采用控制应力张拉时,应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

(8)张拉过程中,应避免预应力筋断裂或滑脱。如发生断裂或滑脱时,其断裂或滑脱丝的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的 3% ,且每束钢丝不得超过1根。对多跨双向连续板同一截面应按每跨计算。

(9)锚具的封闭保护应符合设计要求;当设计无要求时,应符合下列规定:

①应采用防止锚具腐蚀和遭受机械损伤的有效措施;

②凸出式锚固端锚具的保护层厚度不小于 50mm ;

③外露预应力筋的保护层厚度:处于正常环境时,不小于 20mm ;处于易受腐蚀的环境时,不小于 50mm 。

2)一般项目

(1)无黏结预应力筋护套应光滑、无裂缝、无明显褶皱。如有轻微破损者,应外包塑料防水胶带修补。严重破损者不得使用。

(2)预应力筋用锚具、夹具和连接器在使用前其表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹。

(3)无黏结预应力筋应采用机械方法切割,不得采用电弧切割。

(4)无黏结预应力筋布设质量标准见表6-3-4和表6-3-5。

表6-3-4 无黏结预应力筋安装质量要求及施工允许偏差

顺次	检查项目	要求	检查方法
1	张拉端预应力筋轴线与承压板外表及平直段长度	轴线与承压板垂直及平直段 $\geq 300\text{mm}$	观察及抽测
2	布筋后,预应力筋走向	走向平顺、无扭绞	观察
3	无黏结筋塑料外套破损	有破损处允许修补合格	观察
4	锚下螺旋筋或网片	螺旋筋长度及圈数符合设计要求并紧贴承压板固定	观察

续表

顺次	检查项目	要求	检查方法
5	埋入固定端、承压板、锚具	锚具紧贴承压板 埋入固定端锚具不相互重叠。锚具的保护层： (简支梁 ≥ 70 mm、连续梁 ≥ 60 mm)(简支板 ≥ 60 mm、连续梁 ≥ 40 mm)	观察 抽测
6	平板开洞避让	符合图纸、施工方案或变更措施要求	检查资料
7	钢丝、钢绞线	不得作为导线 布筋期间或布筋以后如要进行电焊作业，必须对预应力筋进行防护	观察
8	预应力筋定位与设计位置偏差(纵向预应力筋交叉点空间冲突不受此限制)	见表 6-3-5 束形控制点竖向位置偏差合格率 $\geq 90\%$ ，且不得超过表中数值 1.5 倍尺寸偏差	抽测
9	施工记录	完整、有签署	检查资料

表 6-3-5 束形控制点竖向位允许偏差

截面高(厚)度(mm)	$h \leq 300$	$h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差(mm)	± 5	± 10	± 15

(5)后张无黏结预应力张拉操作一般项质量标准见表 6-3-6。

表 6-3-6 后张无黏结预应力张拉质量要求

顺次	检查项目	要求	检查方法	数量
1	锚具下承压板	平整、无残渣、预应力筋与承压板外表面垂直	观察	全部
2	千斤顶安装	符合三心一线(变角张拉除外)	观察	全部

续表

顺次	检查项目	要 求	检查方法	数量
3	预应力构件混凝土质量	锚具承压板后混凝土密实	观 察	全部
4	张拉顺序及程序	符合设计、方案要求	检查资料	全部
5	夹片锚预应力筋内缩值	有顶压, ≤ 5 mm 无顶压, ≤ 8 mm	测 量	抽查
6	锚外筋切断	≥ 30 mm	测 量	抽查
7	施工记录	完整、齐全并有签署	检查记录	全部

5. 安全措施

1) 预应力筋加工布设、施工安全

- (1) 成盘预应力筋开盘时应采取措施防止尾端弹出伤人;
- (2) 严禁与电源搭接, 电源不准裸露;
- (3) 高处作业时, 应有安全防护。

2) 无黏结预应力筋张拉施工安全

(1) 在预应力筋张拉轴线的前方和高处作业时, 结构边缘与设备之间不得站人。

(2) 油泵使用前应进行常规检查, 重点是安全阀在设定油压下不能自动开通。

(3) 输油路做到“三不用”, 即输油管破损不用, 接口损伤不用, 接口螺母不扭紧、不到位不用。不准带压检修油路。

(4) 使用油泵不得超过额定油压, 千斤顶不得超过规定张拉最大行程。油泵和千斤顶的连接必须到位。

(5) 电气应做到: 接地良好、电源不裸露, 不带电检修, 检修工作由电工操作。

(6) 切筋时, 应防止断筋飞出伤人。

二、后张法有黏结预应力钢筋施工

1. 施工准备

1) 技术准备

(1) 预应力施工前,按设计提供的施工图纸要求编制详细的预应力施工方案。

(2) 根据设计及施工方案要求,选定预应力筋、锚具、夹片、连接器、承压板等。

(3) 预应力筋、锚具、螺旋管、水泥等主材的验收及复验。

(4) 预应力设备标定。

2) 材料要求

(1) 预应力筋

预应力筋应按设计要求采用,应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)等的规定。

外观要求:成品钢丝、钢绞线的表面不得带有润滑剂;允许有浮锈,但不得锈蚀成目视可见的麻坑;表面不应有裂纹、小刺、机械损伤。Ⅱ级松弛钢丝的伸直性:取弦长 1 m 的钢丝,其弧与弦的最大自然矢高不大于 25 mm。

力学性能:在每检验批中任意抽取 3 盘,每盘抽取 1 根试件进行检验。检验项目包括屈服强度、抗拉强度、伸长率。如有一项检验不合格时,对应盘报废。再从未试验过的盘中抽取双倍数量试样进行该不合格项的复验,若仍不合格,此批报废。

检查数量:每 60 t 为一批。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

常用预应力筋的规格、性能见表 6-3-7 至表 6-3-10。

表 6-3-7 钢丝尺寸及允许偏差

钢丝公称直径(mm)	直径允许偏差(mm)	横截面积(mm ²)	理论质量(kg/m)
3.00	±0.04	7.07	0.058
4.00		12.57	0.099
5.00	±0.05	19.63	0.154
6.00		28.27	0.222
7.00	0.05	38.47	0.302
8.00		50.24	0.394
9.00		63.62	0.499

表 6-3-8 钢丝(Φ^s)的力学性能

公称直径 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸长率 (%) $L=100$	弯曲次数		松 弛 率			
				次数 (180°)	弯曲 半径 (mm)	初始应力 相当于公称 抗拉强度的 百分数(%)	1000 h 应力 损失大于(%)		
							I 级 松弛	II 级 松弛	
4.00	1470	1250	4	3	10	60	4.5	1.0	
	1570	1330							
5.00	1670	1420		4	4	15	70	8.0	2.5
	1770	1500							
6.00	1570	1330		4	4	20	80	12.0	4.5
	1670	1420							
7.00	1470	1250		4	4	25	80	12.0	4.5
8.00									
9.00	1570	1330	4	4	25	80	12.0	4.5	

表 6-3-9 1×7 结构钢绞线尺寸及偏差

钢绞线结构	公称直径 (mm)	直径允许 偏差 (mm)	钢绞线公称 截面积 (mm ²)	理论质量 (kg/m)	中心钢丝直径 加大不小于 (%)
1×7 标准型	9.50	+0.30	54.8	0.432	2.0
	11.10	-0.15	74.2	0.580	
	12.70	+0.40 -0.20	98.7	0.774	
	15.20		139	1.101	
1×7 模拔型	12.70	+0.40 -0.20	112	0.890	
	15.20		165	1.295	

表 6-3-10 预应力钢绞线(Φ¹)的力学性能

钢绞线 结构	钢绞线 公称 直径 (mm)	强度 等级 (MPa)	整根钢绞线 的最大负荷 (kN)	屈服 负荷 (kN)	伸长率 (%)	1000 h 松弛率,不大于(%)			
						I 级松弛		II 级松弛	
						初 始 负 荷			
			不 小 于			70% 公称最大 负荷	80% 公称最大 负荷	70% 公称最大 负荷	80% 公称最大 负荷
1×7 标准型	9.50	1860	102	86.6	3.5	8.0	12	2.5	4.5
	11.10	1860	138	117					
	12.70	1860	184	156					
	15.20	1720	239	203					
		1860	259	220					
1×7 模拔型	12.70	1860	209	178					
	15.20	1820	300	255					

(2) 预应力筋的锚具、夹具和连接器

应按设计要求采用,其性能应符合国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)等的规定。

外观检验:每检验批抽取 10%,且不少于 10 套。如表面无裂

缝,尺寸符合设计要求。

硬度检查:每检验批抽取 5%,每个零件测试三点。

静载锚固能力检验:每检验批中抽取 3 套试件用的锚具、夹具、连接器。

检查数量:每检验批锚具不得超过 1000 套。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。对材料及加工尺寸按出厂检验报告中所列指标进行核对。

注:对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报告,可不作静载锚固性能试验。

常用预应力锚具、夹具、连接器见表 6-3-11。

表 6-3-11 常用预应力锚具、夹具、连接器

预应力筋	锚具	张拉端	锚固端
钢丝	夹具 连接器	墩头锚、夹片锚、锥形锚 墩头螺杆锚	墩头锚板、锥形锚 墩头螺杆锚
钢绞线	锚具 夹具 连接器	夹片锚 夹片锚 夹片锚	压花锚、挤压锚、夹片锚 夹片锚、挤压锚

(3) 灌浆用水泥及外加剂

应采用普通硅酸盐水泥,不宜低于 32.5 等级。外加剂中严禁含有氯化物。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:对孔道灌浆用水泥和外加剂用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作材料性能的进场复验。

(4) 预应力用螺旋管

其规格应按设计图纸要求采用,其尺寸和性能应符合国家现行标准《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG/T 3013)等的规定。

外观检查:其内外表面应清洁、无锈蚀,不应有油污、孔洞和不规则的褶皱,咬口不应有开裂或脱扣。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

3)主要机具

主要机具见表 6-3-12。

表 6-3-12 主要机具规格、性能

序号	名称	型号	性能
1	高压电动油泵	ZB4/500	与千斤顶、镦头器、压花机、挤压机 配套使用
2	张拉千斤顶	YCWB 系列 YC-60 YZ-38 YZ-85	用于夹片锚 用于螺杆镦头锚 用于 Φ^5 锥形锚 用于18~24 Φ^5 锥形锚
3	钢丝镦头器	LD10 LD20	用于 Φ^5 镦粗头 用于 Φ^7 镦粗头
4	钢绞线挤压机	JY45	用于 Φ^12 、 Φ^15 挤压锚
5	钢绞线压花机	YH30	用于 Φ^12 、 Φ^15 压花机

(1)预应力成型制作用普通机具

- ①380V 电焊机、焊把线等;
- ②380V/220V 二级配电箱、电线若干;
- ③ $\Phi 400$ 砂轮切割机;
- ④0.5 t 手动葫芦;
- ⑤常用工具:绑钩、卷尺若干,铁皮剪、扳手等;
- ⑥50 m 尺。

(2)张拉灌浆设备

- ①UB3 型灌浆泵、搅拌机、储浆桶;
- ②螺杆式灌浆泵、压力灌浆管;
- ③ $\Phi 100$ 手提切割机。

4)作业条件

(1)预应力筋下料、铺设

- ①预应力筋、螺旋管、压花锚、镦头锚制作;

- ②预应力筋及挤压锚组装完毕;
- ③现场安全防护到位;
- ④监理工程师、质检员、安全员已到位。

(2)张拉灌浆

①张拉前应检查张拉设备是否正常运行,千斤顶与压力表是否已配套标定;

- ②锚夹具、连接器准备齐全,并经检查验收;
- ③灌浆用水泥浆以及封端混凝土的配合比已经试验确定;
- ④张拉畅通,搭设张拉操作平台,张拉端应有安全防护措施;

- ⑤制备好预应力张拉锚固记录表;
- ⑥监理工程师、质检员、安全员已到位。

2. 关键要求

1)材料要求

(1)高强度钢丝、钢绞丝必须符合《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223)及《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的规定。

(2)锚具、夹具、连接器必须符合《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T 14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》(JGT 85)的规定。锚具静载锚固性能应同时满足下列两项要求:

$$\eta_a \geq 0.95; \epsilon_{apu} \geq 2.0\%$$

在张拉预应力后永久留在混凝土结构或构件中的连接器,必须符合锚具的性能要求;如在张拉后还需放张和拆卸的连接器,则必须符合夹具的性能要求。

2)技术要求

(1)下料长度误差:一束内各根筋之间不大于50mm;两端均镦头的预应力筋长度 ≤ 6 m时,各根筋之间下料长度误差不大于2mm;筋长大于6m时,误差不大于 $L/5000$ 且不大于5mm。

(2)定位筋宜采用螺纹钢筋,间距0.8~1.0m。定位筋与孔道成型材料可采用绑丝十字交叉绑扎,宜采用电焊井字钢筋固定。

(3) 预应力筋张拉顺序应符合设计要求;当设计无具体要求时,可采用分层、分批、分阶段对称张拉。先拉楼板,后拉次梁,再拉主梁。

(4) 计算预应力筋的伸长值 ΔL : 计算伸长值时,要估计锚口下损失、孔道摩擦系数及弹性模量。

3) 质量要求

(1) 预应力孔道尺寸应符合设计要求,螺旋管束形重点控制最低点、最高点、反弯点,竖向平滑,水平向顺直。

(2) 预应力曲线筋末端的切线应与承压板相垂直,曲线段的起始点至张拉锚固点应有不小于 300 mm 的直线段。

(3) 灌浆孔、排气孔、泌水孔制作:灌浆孔间距不宜大于 30 m,不应大于 45 m。真空灌浆不受此限制。排气兼泌水孔应设置在波峰部位。对于梁面变角张拉曲线束,宜在最低点设排水孔。灌浆孔及泌水管的孔径应能保证浆液畅通。

(4) 预应力筋下料用砂轮锯切割,不得用电弧切割;挤压锚制作时压力表油压应符合操作说明书的规定,挤压后预应力筋外露挤出挤压套筒 1~5 mm。锚头尺寸符合要求,纵向无贯通裂缝,头型圆整不歪斜,锚头强度 $\geq 98\%$ 母材时为合格。

(5) 预应力筋应理顺,捆扎成束,不得紊乱。

(6) 在框架梁中,预留孔道在竖直方向的净距不应小于孔道外径,水平方向的净距不应小于 1.5 倍孔道外径;从孔壁算起的混凝土保护层厚度,梁底不宜小于 50 mm,梁侧不宜小于 40 mm。

(7) 钢丝、钢绞线在储存、运输、安装过程中,应采取防止锈蚀及损坏的措施。

(8) 张拉前,检查构件及张拉端锚垫板后混凝土质量,有空洞时,应补灌混凝土或环氧砂浆。

(9) 张拉时,张拉力的作用线应与孔道末端中心点的切线重合。

(10) 预应力筋张拉完后应尽早进行灌浆,以减少预应力损失及锈蚀。

4) 安全要求

(1) 张拉人员必须持证上岗；

(2) 张拉操作平台牢固可靠。张拉作业时，应在两侧操作，严禁站在千斤顶作用方向。

3. 施工工艺

1) 工艺流程



2) 操作工艺

(1) 预应力筋下料编束

① 由工长、技术负责人签发下料任务单。

② 钢绞线不能自由弹出时，须有专人放钢绞线。不要用猛力拉钢绞线，以防形成死弯。钢绞线每隔 1~2 m 宜用木方做垫。

③ 下料时应遵循先下长筋、后下短筋的原则。逐根对钢绞线进行编号，长度相同统一编号。

④ 应按编号成束绑扎，每 2 m 用钢丝绑扎一道，绑扎头扣向束里。

⑤ 下料长度控制：钢绞线放线过程中应保证顺直，不与别的钢绞

线重叠；钢丝可采用穿入钢管内下料。

⑥ 镦头锚镦粗头 Φ^5 钢丝用 LD10 型钢丝液压冷镦机制作， Φ^7 钢丝用 LD20 型钢丝液压冷镦机制作。正式镦头前，先用 10~20 cm 的短钢丝 4~6 根进行试镦，头型合格后，确定油压。正式镦头过程中随时检查，发现不合格者及时剪除重镦。常用镦头压力与头型见表 6-3-13。

表 6-3-13 常用镦头压力与头型

钢丝直径(mm)	镦头压力(N/mm ²)	头型直径(mm)	头型高度(mm)
Φ^5	32~36	7~7.5	4.7~5.2
Φ^7	40~43	10~11	6.7~7.3

⑦ 钢绞线压花锚，用 YH 型钢绞线压花机成型。正式压花前先截取 1 m 长钢绞线 4~6 根试压，确定花型合格后，正式压花。花型如灯泡型。各根钢丝散开，弯曲没有断筋现象为合格，钢绞线压花头型尺寸见表 6-3-14。

表 6-3-14 钢绞线压花头型

钢丝直径(mm)	头型直径(mm)	长度(mm)
Φ^12	70~80	130
Φ^15	85~95	150

⑧ 钢绞线挤压锚用 JY-45 型挤压成型。操作挤压时，挤压模内应保持整洁。用异形钢丝衬套时，各卷钢丝并拢，其一端与钢绞线断面平齐。

(2) 预应力筋孔道成型

用螺旋管成型时，孔道直径比预应力筋(束)直径大 5~15 mm。孔道布置、孔道端部排列按设计要求。孔道成型在钢筋骨架成型以后进行。应预先焊架立钢筋，焊端部锚垫板。连接螺旋管的接头长 200~300 mm，用大一号直径螺旋管，并且接头处及与锚垫板的接触处均应采用胶带密封。最后安装灌浆孔、排气孔(泌水孔)。灌浆孔与泌水(排气)孔可以通用。

(3) 预应力筋穿束

预应力筋穿入孔道分先穿束或后穿束(孔道成型前穿束或混凝土浇筑后穿束)、单根穿束或整束穿束、人工穿束或机械穿束等。

①先穿束。对埋入混凝土中的固定锚端锚束,如压花锚、挤压锚、镦头锚,必须先穿束。

按穿束与预埋螺旋管之间的配合又分为:

a. 先穿束后装管,即预应力筋先放入钢筋骨架内,然后逐节套入螺旋管及接头。

b. 先装管后穿束,即孔道成型后混凝土浇筑前,将预应力束穿入。

②混凝土浇筑后穿束。浇筑混凝土后,在养护期内穿入预应力筋,混凝土达到规定强度即可张拉。此方法穿束可不占工期。

③单根穿束和整束穿束。钢绞线束可以单根穿,亦可采取整束穿束。

④人工穿束。工人站在脚手架上,将预应力筋逐束穿入孔道内。束前端部用胶布包好裹成子弹头形。对于较长($>60\text{m}$)曲线束宜制作牵引头,前拉后推进行。

⑤机械穿束。当超长、特重、多波曲线束整束穿束时,需用特制网套或牵引头连接钢丝绳与预应力束,用卷扬机牵引穿束。

预应力束穿入后应采取措施,防止雨水锈蚀,防止电伤及机械损伤。

(4) 预应力张拉锚固

①张拉前的准备工作

a. 搭设张拉操作平台、吊架,平台尺寸 $1.5\sim 2\text{m}$ 。平台应低于锚垫板 0.8m ,锚垫板两侧各有 $0.75\sim 1\text{m}$ 的空间。利用结构外脚手架时,特别要求垫板周围 1m 范围内不能有立杆和水平杆。

b. 制备好张拉锚固记录表。

c. 锚具、夹具、连接器已检验、进场。

d. 机具标定进场,并有张拉力与油压的对应关系图。

e. 制订出具体保证张拉锚固、保证质量的安全措施和应急计划,进行安全质量技术交底。

f. 混凝土强度达到设计规定要求并有强度试验报告单。

g. 张拉前检查锚垫板下混凝土的密实情况,有不密实处(如孔洞、蜂窝等)用混凝土或环氧砂浆修补;消除锚垫板上的混凝土,安装锚具。

② 预应力筋张拉锚固

张拉顺序按设计要求或施工方案,如无具体要求时,一般分楼层、分部位、分段张拉。各楼层、部位应遵循对称、均匀原则,并尽量使设备少搬动。同时张拉两端宜分先后锚固。

可采取分级张拉和分级锚固、分批张拉、分期张拉和补偿张拉。当设计无具体要求时,一次张拉锚固程序可采用:

$0 \rightarrow 10\% \sigma_{con} \rightarrow 105\% \sigma_{con}$ (持荷 2 min) $\rightarrow \sigma_{con} \rightarrow$ 锚固或

$0 \rightarrow 10\% \sigma_{con} \rightarrow 103\% \sigma_{con} \rightarrow$ 锚固

张拉时测量预应力筋伸长:测量方法可采用量千斤顶缸体伸长或量外露预应力筋长度变化。

实测预应力筋伸长与计算伸长值比较:误差在 $\pm 6\%$ 以内为正常,否则应暂停张拉,查明原因,采取措施后方可继续张拉。

a. 变角张拉:当遇到张拉作业受到空间限制或特殊情况时,可在张拉端锚具外安装变角块,使预应力筋改变一定角度后进行张拉作业。变角张拉一定要根据设计要求或设计同意后才能进行。

预应力筋连接、搭接张拉:当遇到预应力筋超长时,需采取互相搭接张拉或用连接器连续张拉工艺。连接张拉或搭接张拉要有施工方案,并经设计同意。填写预应力张拉记录;钢绞线切割,封堵锚头。

b. 孔道灌浆及封锚:预应力筋张拉锚固后及时灌水泥浆并做好锚具封堵工作。

灌浆水泥宜用不低于 32.5 等级的普通硅酸盐水泥,水灰比不大于 0.4,可适当掺加提高水泥浆性能的外加剂。

灌浆设备有搅拌机、灌浆泵、贮浆桶、过滤器、胶管、接头及控

制阀等。

检查灌浆孔、排气孔是否与预应力筋孔道连通,否则,应事先处理。

制备灌浆料投料顺序:水→外加剂(搅拌)→水泥(搅拌)。

灌浆顺序应先下层,后上层。每根构件宜连续灌浆,每个孔道必须一次连续灌满,否则用水冲洗后,重新浇灌。从灌浆孔由近到远逐个检查出浆口(排气孔、泌水孔),待出浓浆后逐一封闭。待最后一个出浆孔出浓浆后,封闭出浆孔,继续加压(0.4~0.6 MPa),保压2 min,封闭进浆孔,每工作班留置一组边长为70.7 mm的立方体试件。

4. 质量标准

1) 主控项目

(1) 预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

(2) 施工过程中

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(3) 预应力筋张拉时,混凝土强度应符合设计要求;当设计无具体要求时,不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的75%。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查同条件养护试件试验报告。

(4) 预应力筋的张拉力、张拉顺序及张拉工序应符合设计及施工方案的要求,并应符合下列规定:

① 当施工需要超张拉时,最大张拉力不应大于国家现行标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的规定;

② 张拉工艺应能保证同一束中各根预应力筋的应力均匀一致;

③ 当预应力筋是逐根或逐束张拉时,应保证各阶段不出现对结

构不利的应力状态；

④当采用应力控制张拉方法时，应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算理论伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查张拉记录。

(5)张拉过程中应避免预应力筋断裂或滑脱。当发生断裂或滑脱时，必须符合下列规定：断裂或滑脱的数量严禁超过同一截面(轴线)预应力筋总根数的 3% ，且每束钢丝不得超过1根。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查张拉记录。

(6)预应力筋张拉后应尽早进行孔道灌浆，孔道内水泥浆应饱满、密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查灌浆记录。

(7)锚具的封闭保护应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

①应采取防止锚具腐蚀和遭受机械损伤的有效措施；

②凸出式锚固端锚具的保护层厚度不应小于 50mm ；

③外露预应力筋保护层厚度：处于正常环境时，不应小于 20mm ；处于易受腐蚀的环境时，不应小于 50mm 。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

2) 一般项目

(1)预应力筋应采用砂轮锯或切割机切断，不得采用电弧切割。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

(2)挤压锚具、镦粗头锚、压花锚制作时，压力油表油压应符合操作说明书的规定，挤压后预应力筋外露应外露出挤压套筒 $1\sim 5\text{mm}$ 。

检查数量：每工作班抽查 50% 。

检验方法:观察,钢尺、卡尺检查。

(3)预应力筋预留孔道的规格、数量、位置和形状应符合设计要求及有关规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

(4)安装误差:预应力筋位置的垂直偏差 10 mm,水平偏差 30 mm。锚垫板与预应力束末端轴线垂直偏差 10 mm。

检查数量:全数检查。

检验方法:钢尺检查。

注:束形控制点的束向位置偏差合格点率应达到 92%以上,且不得有超过 15 mm 的偏差;水平方向合格点率宜达到 80%以上。

(5)浇筑混凝土前穿入孔道的预应力筋应采取防止锈蚀的措施。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(6)锚固阶段张拉端预应力筋内缩量应符合设计要求;当设计无具体要求时,镦头螺杆锚为 1 mm,锥形锚及夹片式锚具有顶压时不大于 5 mm,无顶压时为 6~8 mm。

检查数量:全数检查。

检验方法:钢尺检查,张拉锚固记录。

(7)钢绞线锚固后的外露部分应用机械方法切割,其外露长度不宜小于其直径的 1.5 倍,且不宜小于 30 mm。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

(8)灌浆用水泥砂浆的水灰比不应大于 0.4,搅拌后 3 h 泌水率不应大于 3%。

检查数量:同一配合比检查一次。

检验方法:检查水泥浆性能试验报告。

(9)灌浆用水泥砂浆强度按设计要求进行;若设计无具体要求时,浆体强度不宜低于构件混凝土立方体抗压强度标准值。

检查数量:每工作班组留置一组边长 70.7 mm 的立方体试块。

检验方法:检查水泥浆试块强度试验报告。

(10)封锚混凝土强度应按设计要求进行;当设计无具体要求时,宜采用比构件设计强度高一等级的细石混凝土封堵。

检查数量:同一配合比检查一次。

检验方法:检查试块强度试验报告。

5. 安全措施

(1)牢固树立“没有安全,没有质量,就没有工期”的意识,坚决贯彻“安全第一,预防为主”的方针,严格执行国家、上级主管部门有关安全生产的规定;成立安全管理小组检查安全设施,建立健全安全生产责任制,做到管理到位、责任到岗,认真做好安全教育和安全交底工作。

(2)配备符合规定的设备,并随时注意检查,及时更换不符合安全要求的设备。

对电工、焊工、张拉工等特种作业人员必须经过培训考核合格,持证上岗。操作机械设备要严格遵守各机械的规程,严格按使用说明书操作,并按规定配备防护用具。

(3)预应力筋下料盘切割时防止钢丝、钢绞线弹出伤人,砂轮锯片破碎伤人。

(4)对张拉平台、脚手架、安全网、张拉设备等,现场施工负责人应组织技术人员、安全人员及施工班组共同检查,合格后方可使用。

(5)采用锥锚式千斤顶张拉钢丝束时,先使千斤顶张拉缸进油,压力表针启动时再打楔块。

(6)墩头锚固体在张拉过程中随时拧上螺母。

(7)两端张拉的预应力筋:两端正对预应力筋部位应采取防护措施进行防护。

(8)预应力筋张拉时,操作人员应站在张拉设备的作用力方向的两侧,严禁站在建筑物边缘与张拉设备之间,以防在张拉过程中,有可能来不及躲避偶然发生的事故而造成伤亡。

第七章 钢筋设置构造问题

第一节 结构配筋构造问题

一、钢筋锚固

(1)钢筋锚固涉及的主要问题是计算锚固长度。从结构耐久性考虑,钢筋伸入到支座核心区的部分才能作为钢筋锚固长度进行计算,按图7-1-1(a)所示的做法是错误的,虽然伸入了支座核心区,但减少了有效高度,使板的承载力降低;如图7-1-1(b)所示伸入支座核心区的垂直段可作为钢筋锚固长度计算。

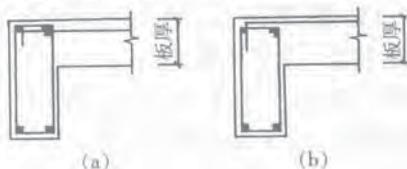


图7-1-1 钢筋锚固位置示例

(a)错误做法;(b)正确做法

如图7-1-2(a)和图7-1-2(b)所示的负弯矩钢筋未伸入到支座核心区,仅位于保护层内,其锚固是不可靠的;图7-1-2(c)中部分锚固在保护层内,这种做法是欠妥的。原因是当结构在地震作用下受扭,保护层脱落后,或保护层因钢筋锈蚀胀裂脱落后,都会使锚固失效。在实际施工中,保护层厚度变异很大,有的保护层只有设计值的几分之一,甚至钢筋外露,这对钢筋的锚固和保护都非常不利,它会直接影响结构的耐久性。可靠的做法是将负弯矩钢筋下弯

段锚固在支座核心区内,并在下弯前有一水平段。若水平段位于支座核心区内,可作为锚固长度计算。

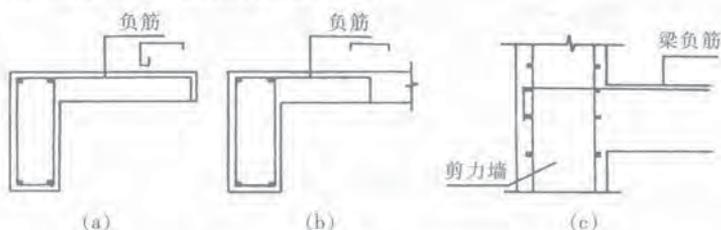


图 7-1-2 钢筋锚固在保护层内

(a)悬臂构件;(b)端部固定构件;(c)梁负筋在剪力墙内锚固

(2)地震区和非地震区框架梁纵向钢筋的受力状态是不相同的,因此纵向钢筋的锚固也不相同。

非地震区框架梁节点附近上部纵向钢筋(负弯矩钢筋)受拉,应按受拉钢筋锚固。钢筋在端部节点内的水平锚固长度 L_a 不够时,在核心内的远侧向下弯曲,如图7-1-3(a)所示,下弯长度不小于200mm;在中部节点处,框架梁上部纵向钢筋应全部贯通;框架梁下部纵向钢筋(正弯矩钢筋)在支座附近位于受压区,应按受压钢筋锚固,伸入支座的锚固长度不小于1/2支座宽度,且不小于 $15d$ (I级钢筋)和 $12d$ (II级钢筋),对I级钢筋应另加弯钩。

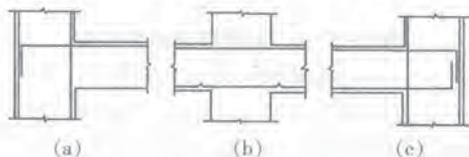


图 7-1-3 框架梁钢筋锚固

(a)非地震区;(b)地震区中节点;(c)地震区边节点

地震区框架梁两端下部、上部纵向钢筋都可能受拉,因此框架梁上部纵向钢筋应全部贯通中间节点;下部纵向钢筋伸入中间支座的锚固长度不小于 L_{aE} ,且伸过中间支座中心不小于 $5d$,如图7-1-3(b)所示。这里 $L_{aE} = L_a + \Delta L_a$, L_a 为锚固长度, ΔL_a 为附加锚固长

度。抗震等级为一、二级的结构, ΔL_a 分别为 $10d$ 和 $5d$; 抗震等级为三、四级的结构, ΔL_a 取零。抗震等级为一级时, 宜对纵向钢筋在轴线附近另加设锚固措施。框架梁纵向钢筋在端节点的锚固长度应满足 L_{aE} , 并应伸过支座中心。纵向钢筋在支座内的水平锚固长度不够时, 应在核心区内沿柱外边下弯, 但下弯前的水平段不应小于 $0.45L_{aE}$, 下弯段长度不应小于 $15d$, 也不宜大于 $22d$, 如图 7-1-3(c)。

应该指出, 把锚固下弯段置于箍筋之外的做法显然是不对的。

(3) 受弯构件正弯矩钢筋不允许在跨中搭接, 受拉构件不允许采用搭接接头, 但施工中常因忽视此问题而付出惨重代价。受弯构件正弯矩钢筋不允许在跨中 $1/3$ 跨度内焊接接头, 框架柱和剪力墙的纵向钢筋搭接位置应按要求错开, 这是施工中必须严格遵守的。

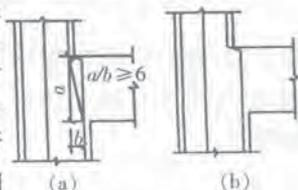


图 7-1-4 变截面构件纵向钢筋内收

变截面柱和变截面剪力墙纵向钢筋, 应按图 7-1-4(a) 所示方法内收, 而不能采用图 7-1-4(b) 所示的 90° 或接近 90° 的方法内收。

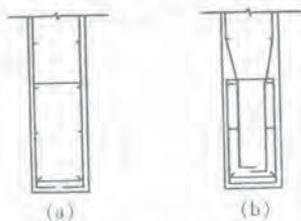


图 7-1-5 剪力墙钢筋锚固
(a) 错误做法; (b) 正确做法

(4) 剪力墙水平钢筋既起拉结墙肢两端暗柱(或柱)的作用, 也抵抗水平剪力, 应当可靠锚固。稳妥的做法是把水平钢筋两端锚固在暗柱内, 如图 7-1-5(b) 所示。图 7-1-5(a) 的做法是错误的, 水平钢筋两端锚固在墙的保护层内, 若保护层脱落, 水平钢筋在两端失去锚固, 墙肢两端的暗柱(或柱)因失去拉结而变成两个独立柱, 这样就完全改变了剪力墙的受力状态, 对抵抗水平地震力极为不利。

(5) 剪力墙联系梁在地震时, 不但要承受很大的内力, 而且对保证剪力墙的整体性和结构的延性有重要作用, 因此剪力墙联系梁钢筋锚固必

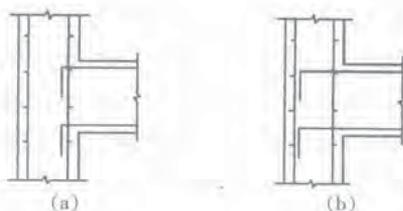


图 7-1-6 剪力墙联系梁钢筋锚固

(a)错误做法;(b)正确做法

须稳妥可靠。如图 7-1-6(a)所示做法是错误的,而按图 7-1-6(b)所示做法是正确的,若纵向钢筋下弯前的水平段不满足 $0.45L_{aE}$ 要求时,则应采取其他措施。

(6)虽然短期内钢筋锚固不可靠对工程的危害不一定表现出来,但从有些使用不长的混凝土构件即遭破坏,可以看出问题是相当严重的。尤其是对地震区的结构,处于恶劣环境中的结构,露天结构和水工结构更是如此,必须引起重视。

二、梁、板主筋位置

(1)为了保证钢筋锚固,把板的负弯矩钢筋从梁的负弯矩钢筋或梁的架立钢筋之下穿过,如图 7-1-1(a)所示,这种做法的错误在于减小了构件的有效高度,使构件的承载力降低;正确做法如图 7-1-1(b)所示,其锚固长度的下弯段符合要求。

一般工业与民用建筑板厚都不大,负弯矩钢筋直径也较小,施工中用小垫块或用负弯矩钢筋两端直钩支于模板之上。由于浇筑混凝土时踩踏或材料、工具挤压,负弯矩钢筋很难保证应有的高度,甚至负弯矩钢筋和正弯矩钢筋紧贴在一起(等于没有负弯矩钢筋)。在支座上部出现超过规定允许值十几倍的裂缝,为避免发生这种情况,施工时应采取可靠措施,如设置负弯矩钢筋支架,浇筑混凝土时架设操作台,派专人看护负弯矩钢筋等,以保证负弯矩钢筋位置和高度准确。

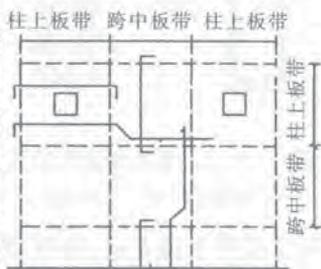


图 7-1-7 无梁楼板主筋位置颠倒

(2)将无梁楼板跨中板带的正弯矩

矩钢筋置于柱上板带的正弯矩钢筋之下,如图 7-1-7 所示。这是不了解无梁楼板的柱上板带与跨中板带的主次关系,应置于柱上板带之上。

(3) 主次梁截面尺寸虽然相等,但主、次关系仍然存在。如果将次梁纵向钢筋置于主梁纵向钢筋之下,那是错误的,如图 7-1-8(a) 所示。正确的做法,如图 7-1-8(b) 所示。

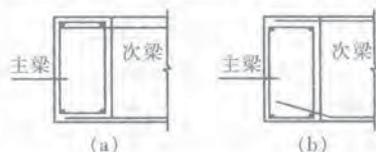


图 7-1-8 主梁次梁主筋位置颠倒

(a) 错误做法; (b) 正确做法

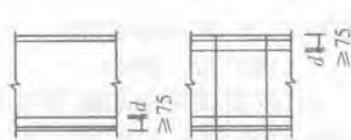


图 7-1-9 第二排钢筋位置

(4) 上排正弯矩钢筋放置位置过高,或下排负弯矩钢筋放置位置过低,如图 7-1-9 所示,导致梁的抗弯性能降低。两排钢筋之间的正确距离应在 75 mm 以内,其净距离不应小于 25 mm 或钢筋最大直径。

三、柱、梁主筋及箍筋位置

(1) 柱、梁主筋的位置互相重合,导致梁纵向钢筋的净距不满足要求。如图 7-1-10 所示,柱纵向钢筋的位置是固定的,梁上皮的中间两根钢筋不是置于柱子中间两根纵向钢筋内侧,而是置于柱子中间两根纵向钢筋外侧。若置于内侧,则梁中间两根钢筋的净距为 20 mm;若置于外侧,则梁外侧两根钢筋的净距为 15 mm。钢筋的净距均不满足 $1.5d$ 的要求,如图 7-1-11 所示,梁外侧两根钢筋不可能在柱中间两根纵向钢筋的内侧位置。若置于其外侧,不能满足保护层的最小要求。此类问题若能将柱子纵向钢筋的位置稍作改变,是很容易解决的。若柱子已施工,解决起来就麻烦了。

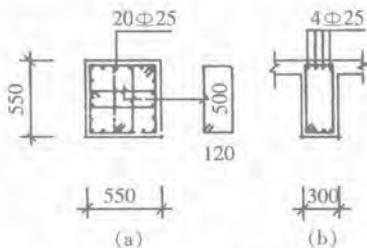


图 7-1-10 柱、梁配筋图(一)

(a)柱配筋;(b)梁配筋

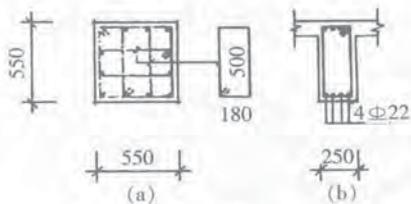


图 7-1-11 柱、梁配筋图(二)

(a)柱配筋;(b)梁配筋

(2)抗震墙中暗梁配筋未考虑与墙中纵、横钢筋的相互关系,造成暗梁主筋的净距不满足要求。如图 7-1-12 所示,暗梁外侧两根纵向钢筋只能布置在抗震墙纵向钢筋内侧,暗梁三根纵向钢筋的净距不满足 25 mm 的要求。而箍筋也由于宽度较实际尺寸大,没有紧密地箍牢纵向钢筋,直接影响了该构件的强度。

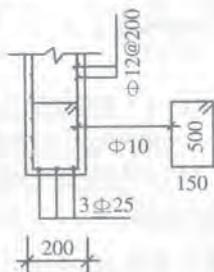


图 7-1-12 暗梁主筋布置示意图

(3)抗震墙中暗柱与暗梁的纵向钢筋相撞,如图 7-1-13(a)表示暗梁、图 7-1-13(b)表示同一抗震墙洞口处的暗柱。由于梁的纵向钢筋只能置于柱纵向钢筋的内侧,所以其箍筋配得很不合适。

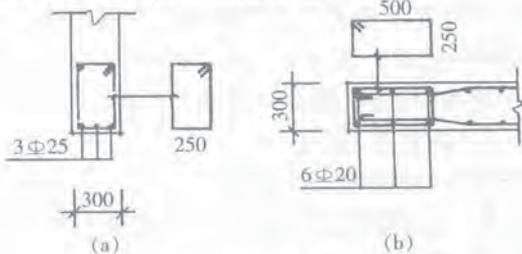


图 7-1-13 不合适的箍筋配置示意图

(a)暗梁;(b)暗柱

(4) 如果将楼层标高处的抗震墙暗梁要求与墙同宽(图 7-1-14), 由于墙中纵向钢筋与梁中纵向钢筋“撞车”, 只得将其置于梁两侧钢筋的内侧, 其结果不但使梅花形布置的拉结筋失去作用, 也降低了抗震墙的力度。

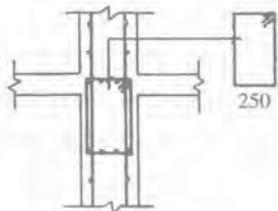


图 7-1-14 与墙同宽的暗梁

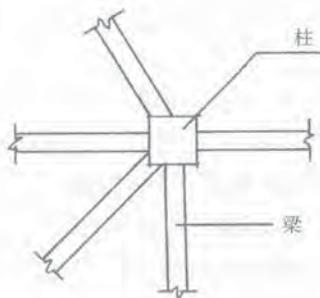


图 7-1-15 梁柱汇交问题示意图

(5) 如图 7-1-15 所示, 共有五根梁在同一柱处汇交, 从而带来两个比较突出的问题: 一是梁的钢筋不好锚固, 即使勉强布置钢筋, 混凝土的浇捣也很困难; 二是梁的有效高度将大大降低。由于多向交叉, 最少也有一根梁的上皮钢筋要降下其他两根梁纵向钢筋直径外加一个保护层的厚度。没有考虑纵向受力钢筋有效高度降低的影响, 而使该梁偏于不安全。

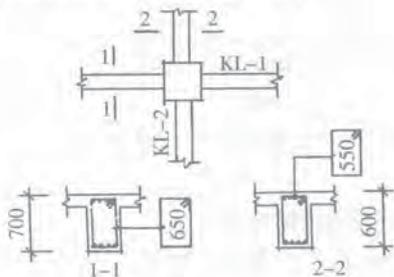


图 7-1-16 梁中箍筋设置不当示意图

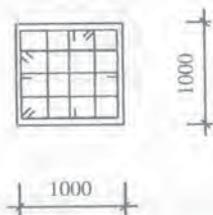


图 7-1-17 箍筋设置不当示意图

(6) 如图 7-1-16 所示, KJ-1 与 KJ-2 的上皮标高相同。KJ

-1 与 KJ-2 的下皮钢筋无矛盾,但上皮钢筋一个在上、一个在下,而未考虑这种关系,致使其中一根梁的箍筋不能很好地约束纵向钢筋。从抗震角度来看,梁根部是需要加强的部位,而箍筋在这一区段失去了应有的作用,对抗震很不利。

(7) 选用较高配筋率的出发点是为了提高柱的延性,但有时往往事与愿违。如图 7-1-17 所示,这种箍筋的布置相互叠置五层,箍筋直径为 14 mm、间距为 100 mm,五层的高度 70 mm,箍筋最小处的净距仅 30 mm,形成了一个钢筋很密的笼子。柱混凝土强度等级为 C55,高强度混凝土比较黏稠,浇筑时易将细骨料与水泥的拌和物挂在箍筋上,落到柱底部的多为石子,若振捣不充分,易形成较大的空洞,对混凝土的质量影响很大。

四、悬臂梁配筋设置

1) 纵向钢筋的锚固

如图 7-1-18 所示,是较常见的悬臂梁的配筋图。由于支座处存在较大的负弯矩,为此在梁顶配置通长钢筋的同时,还应在支座处增设附加钢筋,这两部分钢筋共同承受支座弯矩;附加钢筋伸进梁跨内的长度一般取 $l_{n1}/4$ 。

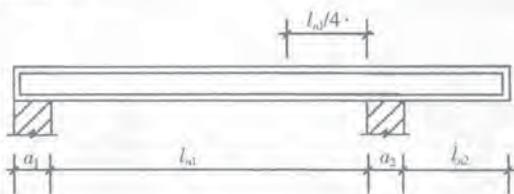


图 7-1-18 悬臂梁的配筋图

梁向纵向受拉钢筋截断必须满足 2 个条件,如图 7-1-19 所示。悬臂梁支座两边为钢筋强度充分利用点,支座负弯矩钢筋在支座两侧的延伸长度至少应为 $1.2l_n + h_0$ 或 $1.2l_n$;若点 A 为不需要附加钢筋的弯矩点,附加钢筋的截断点还应满足从点 A 向左 $20d$ 的

要求。

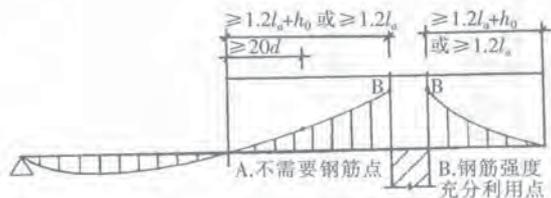


图 7-1-19 梁向纵向受拉钢筋截断必须满足的条件

悬臂端上部纵向钢筋也应遵守 $1.2l_a + h_0$ 的延伸长度,如梁悬臂跨较短,则应采取措施满足要求。

2) 弯起筋的设置

悬臂梁悬臂长度大于 1.5 m 时,不论计算是否需要,均应设置一排弯起筋,如图 7-1-20 所示;如果悬臂端有集中荷载作用时,还需设置第二排弯起筋。

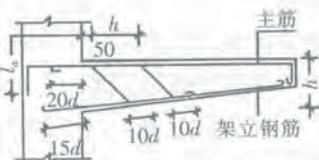


图 7-1-20 弯起筋的设置

弯起筋作为抗剪钢筋的缺陷越来越突出,因为它不能对混凝土提供有效的约束,也不能承受反向剪力,同时又不容许放在梁边缘上。为此,抗剪钢筋应优先选用箍筋,仅当箍筋不足以承受全部剪力时,才设置部分弯起筋以承受剪力。

3) 梁端设置小柱

梁端小柱可能有效地将悬臂梁在竖直方向上连接在一起,增强结构的整体性,将梁端变形协调一致,同时也有利于围护墙的锚拉,增强围护墙稳定性是一种较好的结构措施。但如果小柱是构造柱,在结构整体设计中未予考虑,这样一方面由于未考虑梁端变形协调,导致一部分梁承载力富余,而另一部分梁承载力不足;另一方面小柱按构造柱配筋,而且梁底也未按计算配筋,这样有可能导致水平荷载作用下承载力不足。

如图 7-1-21 所示,是一榀框架在水平荷载作用下悬臂跨的弯矩图。由于小柱的存在,实际上悬臂梁下部也可能受拉,小柱实际上

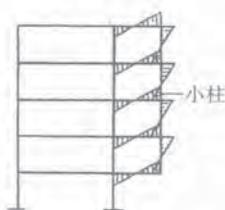


图 7-1-21 悬臂跨的弯矩图

是一个偏心受压构件，小柱与梁端交接处类似于框架梁柱节点，这就要求小柱要作为竖向杆件参与结构整体分析，小柱、悬臂梁(底部)应按整体分析结果配筋，小柱与梁端交接处可类似框架梁柱节点处理。

4) 梁端有集中荷载
梁端有集中力作用，实际上就是间接加载问题。其构造处理方法如图 7-1-22(a) 所示，钢筋的形状过于复杂，施工质量很难保证；如图 7-1-22(b) 梁端上部钢筋弯下，用于抵抗集中荷载，另一部分钢筋伸至梁端后弯下，与弯起筋搭接 $40d$ 。

承担的集中荷载 $F(\text{kN}) \leq (f_y A_{s1} + f_{yv} A_{sv}) / 100$

式中： f_y, A_{s1} ——弯起筋抗拉强度设计值(MPa)和弯起筋截面面积(mm^2)；

f_{yv}, A_{sv} ——箍筋抗拉强度设计值(MPa)和箍筋截面面积(mm^2)。

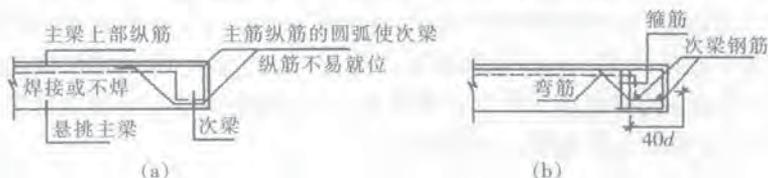


图 7-1-22 梁端有集中荷载配筋

当次梁位于主梁下部或中部时，附加吊筋或箍筋，其作用是防止梁的下部在推力作用下混凝土拉裂；弥补由于间接加载导致梁受剪承载力下降。同理，悬臂梁端有集中荷载时，与主次梁相交处一样，采用附加箍筋或吊筋来承受集中力，以防止梁底部混凝土拉脱和弥补抗剪承载力不足。

如图 7-1-22(b) 所示，梁上部钢筋一部分弯下与其他钢筋搭接，其弯下部分可以有效抵抗次梁推力，不足部分可以通过附加箍筋承担。另外，由于两部分钢筋互相搭接，也可弥补梁上部纵向钢筋延

伸长度的不足。

第二节 剪力墙配筋构造问题

一、剪力墙内钢筋的作用

(1) 竖向分布钢筋在剪力墙内主要起抗弯作用,限制水平裂缝的开展。按正截面强度计算确定,并应满足构造要求。另外,在结构使用阶段也可限制斜裂缝的开展。

(2) 水平分布钢筋在剪力墙内主要起抗剪作用,限制斜裂缝的开展。防止剪力墙脆性破坏。按斜截面强度计算确定,并应满足构件要求。

(3) 暗柱(或明柱)内竖向钢筋起抗剪作用,它与竖向分布钢筋一起按正截面强度计算确定,且在保证剪力墙有足够抗弯分布钢筋的前提下,尽量将大部分抗弯钢筋布置在墙截面的端部,并满足构造要求。同时为加强对剪力墙混凝土的约束及保证墙体的稳定,提高延性,增大抗弯承载力,对墙两侧的竖向钢筋按构造配置箍筋,形成暗柱(或明柱)。

(4) 暗梁(或横梁)设置在各层楼板处,它不承受弯矩,在剪力墙的截面强度计算也无作用,但从构造上它有两个作用:一是若楼板中有次梁压在其上可起到梁垫的作用;二是与暗柱(或明柱)一起对剪力墙混凝土起套箍作用,共同约束剪力墙混凝土,限制裂缝开展。暗梁配筋按构造要求设置。

(5) 当剪力墙上开有较宽洞口时,其上设有延性连梁,此时连梁承受弯矩、剪力和轴力的共同作用,但轴力一般较小,常常忽略而按受弯构件计算,并满足强墙弱梁要求。

二、剪力墙中钢筋的位置

(1) 竖向分布钢筋穿过楼板处的暗梁(或横梁)时,一般情况下应

置于暗梁(或横梁)纵向钢筋的内侧。只有当剪力墙厚度及暗梁纵向钢筋净距均较小时(剪力墙内为双排分布钢筋),为便于混凝土浇筑,这时竖向分布钢筋可以从暗梁纵向钢筋的外侧通过,但在暗梁段应设置拉结筋,拉结筋呈梅花形布置,间距应小于 300 mm,以此加强暗梁对竖向分布钢筋及混凝土的约束作用。

双排分布钢筋之间应设置不小于 6 mm 拉结筋,其间距,对一般部位不应大于 700 mm;对底部加强部位不应大于 600 mm。

(2)水平分布钢筋应位于竖向分布钢筋的外侧,这种布置方式有利于抵抗温度裂缝,特别是对于面积大而薄的剪力墙显得更为重要。这种布置方式与暗梁共同作用对防止泵送混凝土剪力墙因温度应力及混凝土收缩出现裂缝更为有利。

(3)暗梁纵向钢筋应锚固于其两端的暗柱内,并位于暗柱纵向钢筋的内侧。

(4)连梁的纵向钢筋应置于其两端剪力墙竖向分布钢筋之内。

三、剪力墙内钢筋的锚固

1) 钢筋的最小锚固长度

非抗震剪力墙中受力钢筋的最小锚固长度 l_a 。

抗震剪力墙中受力钢筋的最小锚固长度 l_{aE} :一、二级抗震等级 $l_{aE} = l_a + 5d$;三、四级抗震等级 $l_{aE} = l_a$ 。

2) 水平分布钢筋的锚固

剪力墙水平分布钢筋可按图 7-2-1 和图 7-2-2 所示的构造,在剪力墙端部进行锚固。

当水平分布钢筋伸入暗柱的水平段长度 $< l_a$ 或 l_{aE} 时应水平弯折 90° ,弯折后的直线段长度 $\geq 10d$ 。

3) 竖向分布钢筋的锚固

(1)剪力墙竖向分布钢筋与箱形基础的墙体或地下室的墙体连接,当上下墙板等厚时,按竖向分布钢筋连接构造要求连接;当上下墙板不等厚时,剪力墙竖向分布钢筋应向下伸入箱形基础或地下室

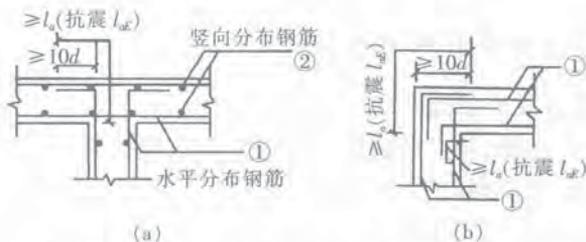


图 7-2-1 剪力墙端部无暗柱时水平分布钢筋锚固

(a)丁字节点;(b)转角节点

的墙中锚固,其最小锚固长度按最小搭接长度取值。

(2)剪力墙竖向分布钢筋在框支梁内的锚固长度:一、二级抗震等级为 $l_a + 5d$;三、四级抗震等级及非抗震等级为 l_a 。

(3)剪力墙竖向分布钢筋在屋盖处应锚固于屋盖处的暗梁或横梁内,其锚固长度:一、二级抗震等级为 $l_a + 5d$;三、四级抗震等级及非抗震等级为 l_a 。

(4)暗柱纵向钢筋的锚固与框架相同。

(5)暗梁的纵向钢筋可按图 7-2-3 所示构造,在暗柱中锚固。

(6)连梁的纵向钢筋可按图 7-2-4 所示构造锚固。

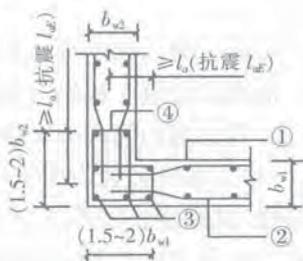


图 7-2-2 转角节点处水平分布钢筋的锚固

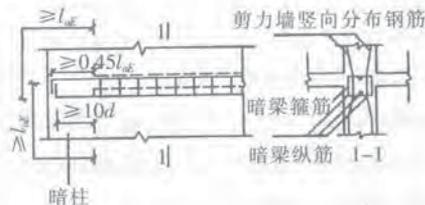


图 7-2-3 暗梁锚固构造

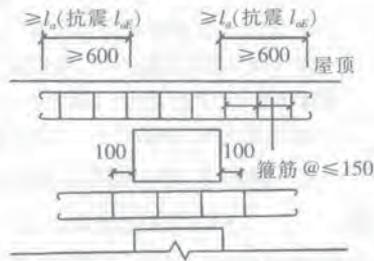


图 7-2-4 连梁构造

四、剪力墙内钢筋的连接

1) 钢筋的最小搭接长度

(1) 对非抗震结构,当钢筋采用绑扎搭接接头时,其最小搭接长度 l_l 的取值:受拉钢筋不应小于 $1.2l_a$,且不应小于 300mm ;受压钢筋不应小于 $0.85l_a$,且不应小于 200mm 。

(2) 对抗震结构,当钢筋采用绑扎搭接接头时,其搭接长度 l_{lE} 的取值:一、二级抗震等级 $l_{lE} = 1.2l_a + 5d$;三、四级抗震等级 $l_{lE} = 1.2l_a$ 。

2) 剪力墙内水平分布钢筋

沿高度每隔 1 根错开搭接。

3) 剪力墙内竖向分布钢筋

(1) 对非抗震剪力墙竖向分布钢筋宜错开搭接,但也可在同一截面搭接,其搭接长度不应小于 $1.2l_a$,且不应小于 300mm 。当分布钢筋直径大于 22mm 时,宜采用焊接或机械连接(图 7-2-5)。

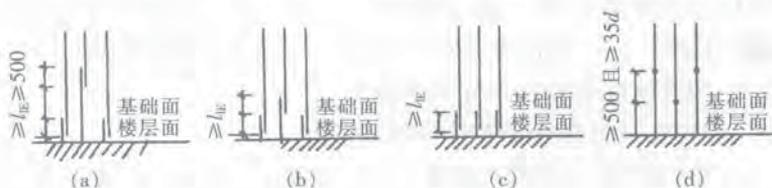


图 7-2-5 竖向分布钢筋连接构造

- (a) 一级抗震等级的所有部位及二级抗震等级底部加强部位纵向钢筋(直径 $\leq 22\text{mm}$ 时)搭接构造;(b) 二级抗震等级非加强部位纵向钢筋(直径 $\leq 22\text{mm}$ 时)搭接构造;(c) 非抗震及三、四级抗震等级纵向钢筋(直径 $\leq 22\text{mm}$ 时)搭接构造;(d) 加强部位纵向钢筋直径 $> 22\text{mm}$ 时应优先采用焊接或机械连接

(2) 对抗震剪力墙竖向分布钢筋的连接,当上下层墙板等厚时按图 7-2-5 所示构造连接;当上下层墙板不等厚时,上层墙板的竖向分布钢筋应向下伸入下层墙板连接,伸入长度不应小于 l_{lE} 。

对于图 7-2-5(a)、(b)、(c),当用于一级抗震等级的所有部位

或二级抗震等级底层加强部位时,竖向分布钢筋在端部应加直钩,长度为 $6d$,钩的方向与墙面垂直并指向墙内,其他情况可不设直钩。

4)其他构造

当框架梁的延伸与剪力墙的暗梁重叠时,可将两者综合考虑进行钢筋下料,原则上既要满足框架梁的构造要求,又要满足暗梁的构造要求。在满足暗梁要求的情况下,可将框架梁纵向钢筋延伸取代暗梁的纵向钢筋,以减少暗柱处的钢筋锚固接头,增强剪力墙与框架梁的连接。

剪力墙内双排分布钢筋之间应设置拉结筋,拉结筋直径不应小于 6mm 。间距:一般部位不应大于 700mm ,底部加强部位不应大于 600mm 。

第三节 肋形楼盖配筋设置问题

一、主梁与次梁相交处配筋

1. 主梁与次梁相交节点的配筋

一般均要求次梁的上部纵向主筋置于主梁的纵向主筋上面。主梁上部的混凝土保护层厚度为 25mm ,减去次梁的纵向主筋直径($20\sim 25\text{mm}$)后,次梁上部的混凝土保护层厚度就小于 25mm 了。为使次梁上部有足够厚的保护层,就必须将主梁的上部保护层厚度由 25mm 增加到 50mm 后才能满足施工的需要。但这样处理的同时带来两个弊端:一是增加了结构自重,二是减少了室内净高或增加建筑物的总高度。为此当主次梁相交时,主梁的上部纵向主筋放在上边,次梁上部纵向主筋放在主梁纵向主筋的下边。若此处主梁的抗剪力不足可加设弯起筋或箍筋。次梁的箍筋尺寸不变,次梁的外形高度可增加 25mm 。但并不影响室内净高,建筑物的总高度也不增加,见图7-3-1。

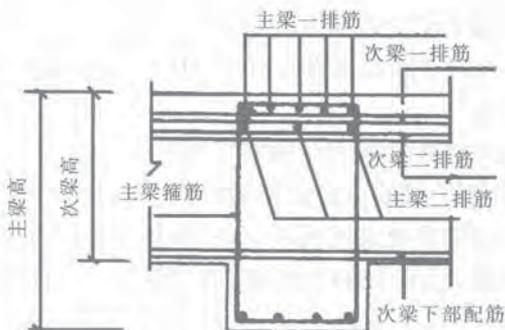


图 7-3-1 主次梁相交节点配筋布置图

2. 三根梁交于一点的配筋

三根梁相交于一点往往多在柱顶相交, 三根梁可按梁高分为大、中、小 3 种。具体做法是大梁高度不变, 主筋放在柱中的最上层, 中梁的主筋放在第二层, 小梁的主筋放在最下层。柱节点梁的上部是受拉区, 多数情况下要配置受拉筋。设大梁与中梁按 2 排主筋考虑, 主筋直径 d 按 25 mm 估计, 主筋排距(净距)也按 25 mm 计算, 其排列顺序及方案见图 7-3-2。这样排列的结果是大梁外形高度没有改变, 但中梁及小梁的高度需要调整。

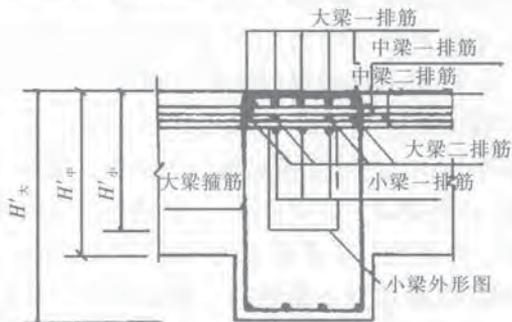


图 7-3-2 三根梁相交一点的配筋示意图

图 7-3-2 中: H' 为调整后梁高, $H'_大 = H_大$, $H'_中 = H_中 +$

25mm, $H'_小 = H_小 + 100\text{mm}$ 。

这种排列方案除了不减少室内净高外,还能节省混凝土用量。一般情况下,大梁的截面宽,小梁的截面窄,增加相同的高度时混凝土增加量不同,小梁增加的混凝土量小,重量也轻。在高层建筑中其重量差也相当可观。

二、单、双向板肋梁楼盖配筋

1. 单向板肋梁楼盖

主、次梁交接处,次梁负筋在主梁负筋之上,梁筋保护层最小厚度按室内正常环境且梁受力钢筋直径 $\leq 25\text{mm}$ 、板面钢筋直径及箍筋直径 $\leq 10\text{mm}$ 选取。保护层厚度和箍筋肢高的取值见图7-3-3。为使上层板筋保护层不致加大(即板有效高度不致减小)在主梁上加2根直径为6mm或8mm的垫筋。图中对有附加箍的主梁,其正常箍筋的位置做了标注。

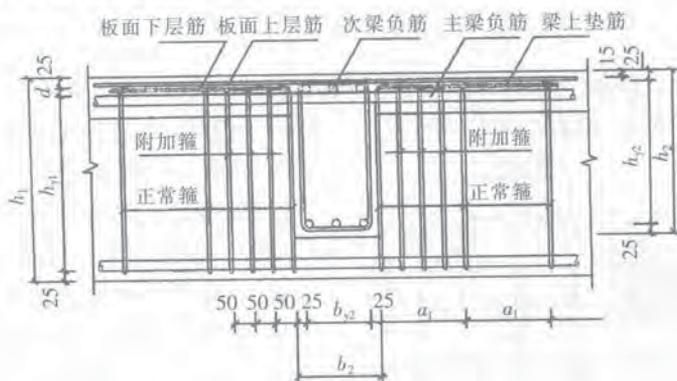


图 7-3-3 单向板肋梁楼盖主梁次梁交接处

2. 双向板肋梁楼盖

支承梁交接在柱上,无论 $h_1 > h_2$ 还是 $h_1 \leq h_2$,梁筋保护层厚度和箍筋肢高均可按图7-3-4取值。

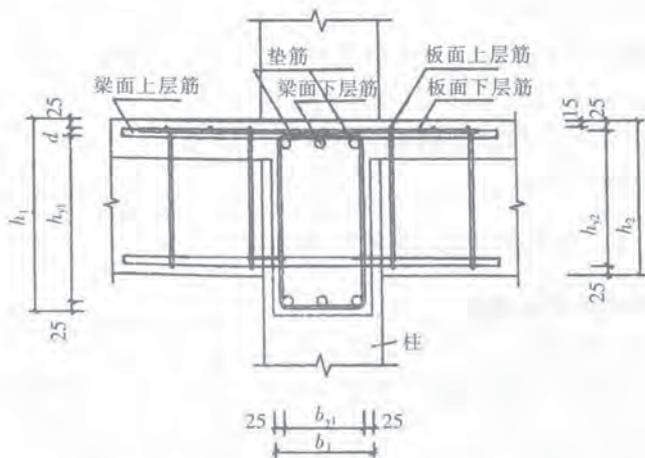


图 7-3-4 双向板肋梁楼盖支承梁交接处

注: $h_1 > h_2$ 或 $h_1 \leq h_2$

三、井式楼盖各梁相交处的配筋排列

井式楼盖一般有主梁与主梁相交(柱上)、次梁与主梁相交、次梁与次梁相交的情况,见图 7-3-5。为便于叙述,将横向主梁叫主梁 A,纵向主梁叫主梁 B;将横向次梁叫次梁 A,纵向次梁叫次梁 B。主梁与主梁相交时,主梁 A 的第一排主筋放置在上边,主梁 B 的第一排主筋放在第二排,为保证两根主梁的高度相等,主梁 A 及主梁 B 的高度都增加 25 mm,也可将主梁 B 单独增高 25 mm。次梁与主梁相交时分两种情况,当

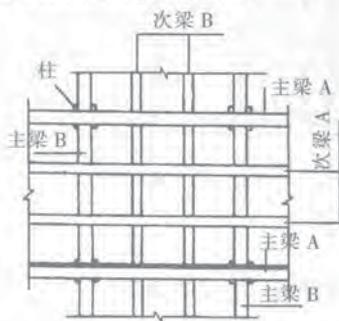


图 7-3-5 井式楼盖主次梁排列示意图

次梁 A 与主梁 B 相交时,次梁 A 的主筋放在上边,主梁 B 的主筋放

在下边；当次梁 B 与主梁 A 相交时，主梁 A 的主筋放在上边，次梁 B 的主筋放在下边。次梁与次梁相交时，次梁 A 的主筋放在上边，次梁 B 的主筋放在下边。若要求主次梁均等高，则全部主次梁都要增高 25 mm；若不考虑主梁与主梁等高、次梁与次梁等高，则主梁 A 与次梁 A 的高度不变，仅需将主梁 B 与次梁 B 的高度增加 25 mm。

次梁与次梁交接处，长跨梁筋在上，短跨梁筋在下，见图 7-3-6；当短跨梁连续梁时，也可与图 7-3-6 的标注相反，即短跨梁筋在上，长跨梁筋在下。为使次梁箍筋肢高一致，次梁的上下纵向钢筋 d_1 、 d_2 宜一致或接近。

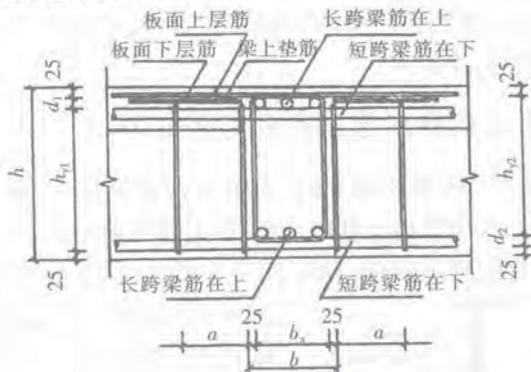


图 7-3-6 井式楼盖次梁与次梁交接处

四、框架结构楼盖的钢筋排列

这种楼盖常发生次梁主梁、次梁次梁、次梁小梁、主梁主梁的交叉，梁面板面上层钢筋的上下排列顺序就像规定汽车一律靠右行驶那样，采用以下原则：

(1) 先确定板筋，板的负筋交叉处，如 x 方向在上， y 方向在下，全楼层统一，则梁的上层筋， y 方向一律在上， x 方向一律在下。无论是次梁还是主梁或小梁，对 h_0 取值均按此考虑。总之所有板面上层筋搁在梁面上层筋上，板面下层筋搁在梁面下层筋上。

(2)或先确定梁筋,若梁的上层筋, y 方向一律在上, x 方向一律在下,则板的负筋交叉处, x 方向一律在上, y 方向一律在下。无论板的长短向,对 h_0 取值亦按此考虑。

(3)当楼盖结构较复杂时,考虑钢筋上下排列,要统筹兼顾,抓主要矛盾。

(4)梁钢筋的保护层取值常有2个或3个,根据钢筋直径及交叉情况,通常分别取25 mm、45 mm、50 mm,用以计算梁的有效高度、箍筋的肢高、肢宽及弯起钢筋高度。

(5)为减少梁的负筋交叉并便于在楼盖中穿电线管(特别是有动力管线时),应尽可能不用单向板肋梁楼盖,而采用双向板肋梁楼盖,不用或少用次梁、小梁。

五、梁内纵向钢筋弯入边柱内的布置

当梁与边柱、转角柱相交时,对梁而言就是端点,梁上部的纵向主筋都要弯折 90° 向下埋入柱内,梁下部主筋则要弯折 90° 向上锚固到柱内,使梁柱之间形成固结,防止两者在外力作用下产生相对变形。

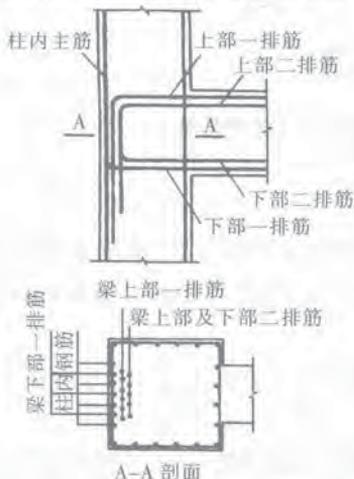


图 7-3-7 梁柱相交节点示意图

此时节点处柱内钢筋密集重叠,如果不事先进行安排,绑扎时就会发生相互争位,使绑扎施工陷入被动局面。

为了解决上述矛盾,可采用如下方案。图 7-3-7 为梁柱相交节点配筋立面, A-A 剖面图是柱子节点处水平剖面图。在梁内主筋制作时,就要对梁内主筋弯折后的部位进行布置。设梁中配置上、下部纵向主筋都是两排筋。钢筋加工制作时作如下安排,梁下部第一排弯折筋与柱子主筋占用

一个竖向排列；梁上部第一排弯折筋数量较多，单独占用第二排竖向排列；梁上部和下部第二排弯折筋合用第三排竖向排列。竖向排列中心距取 50 mm。这样布置后，梁筋在柱中的位置矛盾基本解决，梁筋在柱内相互碰磕的现象也就消失了。

六、其他应明确的问题

1. 梁内纵向受力钢筋排距尺寸

当梁中受力钢筋为双排时，上、下两排钢筋之间的净距 S ， $S \geq 25 \text{ mm}$ ， $S \geq d$ (d 为主筋直径)，见图 7-3-8。

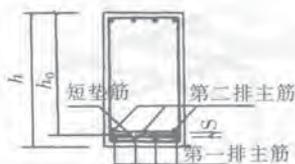


图 7-3-8 梁内双排筋示意图

在施工实践中，主筋排距在梁下部配筋中能够得到保证，在梁上部配筋中却难于保证。在施工中有一个不成文的规定，就是在上、下两排钢筋中间设置一根横向短钢筋。它有两个作用，一是固定于两排筋的距离；二是使梁上部第二排筋有固定的绑扎点。施工如不设短钢筋，第二排筋会因自重而下沉，使两排筋互相接触。

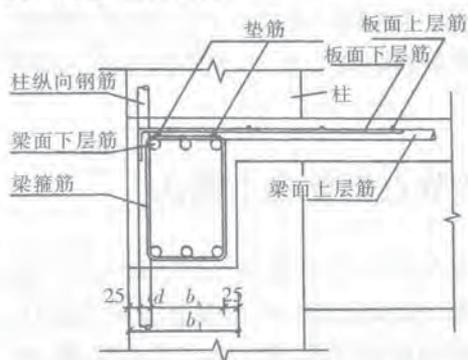


图 7-3-9 梁侧面与柱侧面平接处

注：梁板钢筋排列顺序也可相反

2. 梁侧面与柱侧面平接

房屋四周常有梁侧面与柱面平接的情况，内部也有时发生此情况，梁筋保护层厚度和箍筋肢宽的取值见图 7-3-9。

3. 板中配负弯矩筋直钩长度

板在梁上负弯矩筋(压梁筋)为支撑于模板面上而两端弯成 90° 直钩，直钩的长度为板厚减去一个保护层

厚度。

4. 板在梁上负弯矩筋(压梁筋)的支撑

楼板支撑于梁上,如果是连续板,在梁上部就产生负弯矩,板上就要配置负弯矩筋。负弯矩筋要由板的这一侧跨越梁伸展到梁的另一侧。

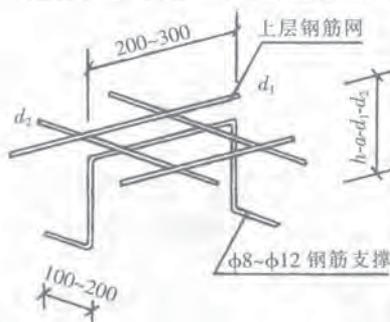


图 7-3-10 钢筋支撑安装

a—板筋最小保护层厚度

此筋利用两端的 90° 直钩支撑在模板上,形状类似 Π 字,中间的直线段离开模板而悬置在空间。钢筋本身的刚度很小,如果是 10 mm 直径以下钢筋,在施工人员的踩踏下容易弯曲下陷,变成了 M 形,相对减少了板的计算高度,严重削弱了板的承载能力。由于施工过程中很难做到不许人在钢筋上行走活动,因此对直径小于 10 mm 的

负弯矩筋必须支撑。当板厚 80~300 mm 时,钢筋支撑可用 $\Phi 8 \sim \Phi 12$ @0.8~1 m 布置,支撑直接支放在模板或垫层上,见图 7-3-10。

5. 带形基础的配筋

钢筋混凝土带形基础或带肋梁的整片基础,可视为倒置的楼盖,其梁板钢筋排列可采用肋梁楼盖的原则去处理,所不同的只是保护层最小厚度取值不一样。

第四节 框架节点钢筋施工做法

在地震荷载作用下,框架结构破坏主要表现在框架柱的压弯破坏、剪切破坏、弯曲裂缝;框架梁的斜截面破坏、正截面破坏、锚固破坏;板四角的斜裂缝和平行于梁的通长裂缝;框架节点核心区脆性破坏。由于目前施工图中没有明确框架结构的节点要求,也没有施工资料阐述过,造成某些结构的节点情况与构造措施不能满足抗震要求,出现框架梁的斜截面破坏、锚固破坏和框架节点核心区的脆性破

坏等情况,应引起足够重视。

一、梁柱主筋位置

当框架梁的截面宽度等于框架柱的边长或框架梁的一边与框架柱重合,框架柱的主筋和框架梁主筋位置发生撞车。

1. 节点要求

原则是“强剪弱弯、强柱弱梁”,首先应保证框架柱主筋的位置。

2. 施工做法

(1) 框架梁主筋在框架柱主筋内侧通过。

(2) 为保证框架梁的截面尺寸,在框架梁靠近柱侧角部各增加一根钢筋作为架立钢筋(图 7-4-1)。

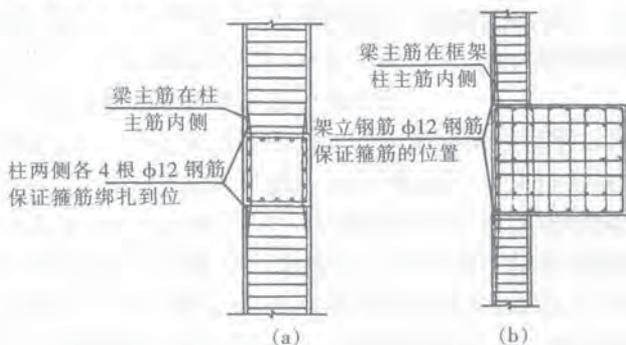


图 7-4-1 梁柱主筋关系及施工做法

(a) 梁柱同宽; (b) 梁一边与柱重合

二、墙梁节点钢筋

在框架-剪力墙结构中,框架梁或者次梁直接搁置在核心筒墙体暗梁或过梁上,若框架梁的截面和暗梁或过梁的截面高度相等,将造成框架梁主筋和核心筒暗梁或过梁主筋位置互相矛盾。

1. 节点要求

根据固定端框架梁的弯矩形式,框架梁在支座位置上层钢筋受

拉,下层钢筋受压;墙体暗梁或过梁受扭端支座为负弯矩。在施工中应尽量保证暗梁或连梁箍筋的完整性。

2. 施工做法

(1)暗梁或过梁下层钢筋设置不超过 6 根主筋,4/2 两排布置,框架梁下层钢筋接头设置在靠近暗梁或过梁端,接头按照 50%的比例错开,框架梁下层钢筋布置在第一排和第二排钢筋之间。若暗梁或过梁下层钢筋为 8 根,需布置 6/2/2,否则框架梁下层钢筋无法正常施工(图 7-4-2)。



图 7-4-2 核心筒过梁与框架梁钢筋位置

(2)框架梁上层钢筋直接搁置在过梁上层钢筋上,保证框架梁主筋的锚固长度满足要求,框架梁箍筋的尺寸取正误差,从而保证过梁和框架梁保护层厚度。

(3)将过梁或暗梁标高降低或截面高度减小 50 mm,框架梁上层钢筋直接锚固在过梁上,保证框架梁及楼板钢筋的保护层厚度。

通过调整框架梁下层钢筋受力主筋接头位置,确保了暗梁或过梁侧面钢筋和箍筋不被破坏。在规定许可范围内,将过梁或暗梁标高降低 50 mm,同时应用正负误差原理,可避免出现核心筒墙体根部混凝土超高的问题。在节约混凝土的同时也为精装修提供了条件。

三、主梁和次梁节点

在框架剪力墙结构中,主次梁节点按常规做法,次梁上层钢筋在主梁钢筋之上,板筋在次梁上层钢筋之上,而在施工过程中为保证钢筋保护层厚度,常出现混凝土板面标高局部超标,导致梁截面产生应力集中,在楼面装饰过程中无法处理局部的凸出部位。

解决楼板局部标高超高有两种办法,一是在主次梁相交部位减小主梁箍筋截面,保证板筋上层钢筋保护层厚度;另外就是降低主梁标高,保证梁截面大小和板筋上层钢筋保护层厚度。

四、主梁延伸出的悬挑梁与次梁

次梁的上层钢筋在主梁钢筋的上侧,由主梁延伸出的悬挑梁上层钢筋自然就在次梁的下侧,从而造成悬挑梁钢筋保护层厚度过大,这对悬挑构件的受力显然不合理。悬挑构件钢筋保护层厚度是施工控制的关键,但存在一定困难,故在结构上需要考虑悬挑梁保护层厚度过大的不利因素,在施工上需密切注意悬挑梁的上层钢筋保护层,尽量做到误差最小。

五、钢骨柱主筋和框架梁主筋的锚固长度

受施工条件限制,现场施工中某些部位的钢筋锚固长度无法满足规范要求的锚固长度,故必须根据现场实际情况进行节点处理。如框架梁通过框架端柱,其锚固长度不能满足规范要求的最小值锚固长度,现场施工须进行弯锚或采取机械锚固措施,但由于框架梁上层钢筋的接头在弯中部位,弯锚端钢筋总长度过长造成上层钢筋无法进行弯锚。

现场施工可采取两种解决办法,一是采取焊接同直径钢筋[图7-4-3(a)],二是在钢筋端部增设直螺纹连接套筒[图7-4-3(b)],增加钢筋的握裹能力,以满足规范要求,且施工方便。

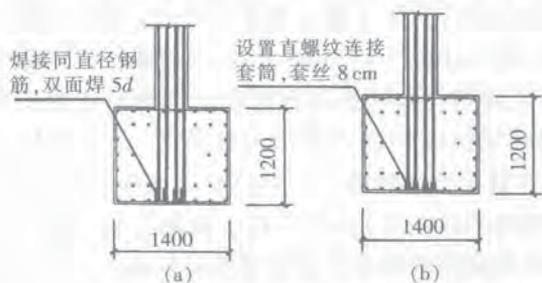


图 7-4-3 机械锚固措施

(a)焊接同直径钢筋;(b)设置直螺纹连接套筒

第五节 框剪结构钢筋构造问题治理

近年钢筋混凝土结构施工方面对钢筋材质、钢筋连接、钢筋加工已有不少进步,但由于钢筋构造不当致使偏差超出规范规定的情况仍经常发生,有些地方影响结构受力并影响验收。

一、主筋偏位

1. 现象

在一层剪力墙、柱定位线中发现框架柱和剪力墙暗柱的主筋大量偏位,剪力墙竖向筋压边线,保护层厚度不能保证。

2. 原因

(1)结构施工图只画结构平面图和梁配筋图,一般不画节点大样图,节点处构造不明示,施工存在任意性。

(2)结构总说明只规定保护层厚度,即板和墙为 15 mm,梁和柱为 25 mm,没有相互关系说明。

(3)施工将剪力墙竖向钢筋放在外侧(图 7-5-1),即在剪力墙横向钢筋的外侧与梁箍筋平行,暗梁的主筋保护层厚度似乎得到了满足,墙的竖向钢筋保护层厚度 15 mm 也得到了满足,但是遇到剪力墙的暗柱和门口却发生了难以解决的矛盾,要求墙筋包柱筋,但墙的水平筋保护层 $15\text{ mm} + 10\text{ mm} = 25\text{ mm}$ 与暗柱纵向钢筋同位时只能向里走,不能外包。暗柱纵向钢筋向上遇到暗梁纵向钢筋也不能通过,被挤向暗梁纵向钢筋内侧而改变位置,使保护层厚度加大到 50~75 mm,尤其是当墙较薄时,暗柱内、外两排纵向钢筋间距很小,严重削弱了暗柱的强度和延性,不利于抗侧力的加强。同时由于穿梁纵向钢筋脱离箍筋的约束而造成楼面暗柱纵向钢筋严重偏位。由于墙的水平钢筋被迫弯入暗柱,而又使部分竖向钢筋无法与水平钢筋绑扎,造成偏位和压线(图 7-5-1、图 7-5-2。)

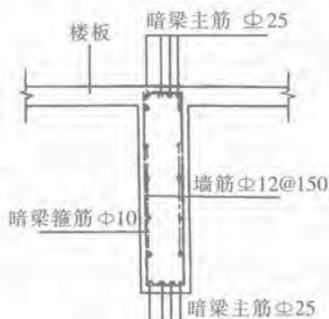


图 7-5-1 暗梁与墙配筋构造示意图

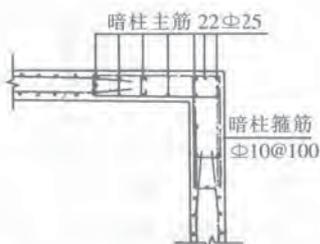


图 7-5-2 暗柱与墙配筋构造示意图

(4)施工只知按图绑扎,未按强柱弱梁、强剪弱弯、强化节点的原则调整构造,而是认为钢筋未少、直径未错时位置问题责任与施工无关。

3. 治理

(1)因框剪结构剪力墙实为两个钢筋混凝土筒,里面是电梯、楼梯和管道井,宽高比 >2 ,每层均有暗梁与外框架现浇在一体,楼面荷载不大,主要是抗侧力结构,因此保证剪力墙有足够的抗剪强度比剪力墙受压正截面强度更为重要。为改善剪力墙的延性和刚度,采取以下对策:

①在保证剪力墙截面尺寸和配筋率的条件下,调整钢筋位置为水平分布筋在外、竖向分布筋在内;

②在保证剪力墙暗柱纵向钢筋的前提下将暗梁钢筋进入暗柱端部局部弯折内收;

③剪力墙门洞暗柱与暗梁钢筋,暗梁钢筋入暗柱端部局部弯折内收;

④框架梁纵向钢筋与暗梁纵向钢筋上、下交互锚固并保证框架梁纵向钢筋在墙内的锚固长度,从而理顺了钢筋包柱筋,柱筋包梁筋,而在梁筋内收入柱的交接处由于有墙筋的包裹,克服了弱点,且有利于

墙面的抗收缩变形,见图 7-5-3 至图 7-5-5。

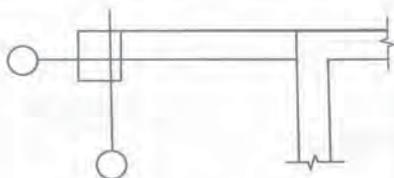


图 7-5-3 柱、梁、墙节点示意图

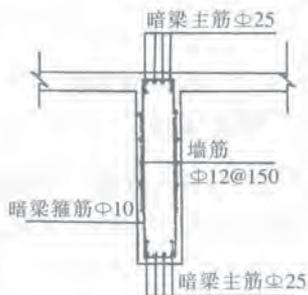


图 7-5-4 暗梁与墙筋修改图

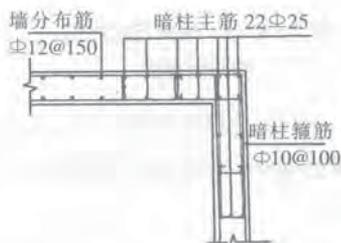


图 7-5-5 暗柱与墙筋构造修改图

(2)施工要认真进行技术交底,调整绑扎顺序。先进行框架柱、暗柱纵向钢筋的竖向连接,后绑扎箍筋。柱的箍筋要绑扎至楼面上 5 道,节点核心区,箍筋要切实按数备足绑牢。然后绑扎保护层垫块,连接剪力墙竖向钢筋。最后绑扎剪力墙水平钢筋包裹暗柱纵向钢筋。水平钢筋也要在暗梁部位认真绑扎,绑好保护层垫块,而后安装模板,模板安装加固后,进行柱纵向钢筋和墙竖向钢筋定位加固,最后浇筑混凝土。

在绑扎梁板钢筋时,也要先将柱纵向钢筋和墙竖向钢筋正位,而后穿入暗梁纵向钢筋(其箍筋穿入可暂不绑),再穿入框架梁纵向钢筋绑扎箍筋,最后绑扎楼面钢筋,垫好保护层垫块后,再将楼面以上 5 道柱箍筋和 3 道水平钢筋认真绑扎,才能浇筑梁、板混凝土。

在框架梁与框架柱或墙面齐平时(图 7-5-3),由于纵向钢筋又粗又密,很难局部弯折伸入柱节点或墙角,而造成节点附近梁纵向

钢筋保护层局部偏大,形成素混凝土角时,则沿框架梁箍筋角部加扎 $\Phi 12$ 构造筋作为过渡(图 7-5-6)。

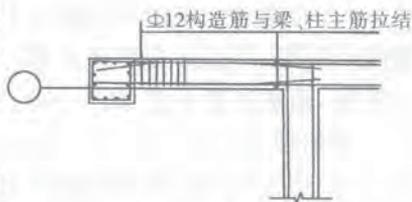


图 7-5-6 柱、梁、墙钢筋构造图

(3)浇筑混凝土时,不得摇动竖向钢筋,也不得用振动棒激振钢筋以达到下料目的。梁面钢筋过密时,可在梁的中部临时解扣下料,送入节点和梁下部以后再复位绑扎,完成浇筑混凝土工作。

二、框架柱钢筋接头位置不当

1. 现象

一层柱高 9.75 m,配筋为 $22\Phi 22$,在 5.49 m 处接 $22\Phi 28$,在 7.45 m 处接 $26\Phi 32$ (图 7-5-7)。使用钢套筒冷挤压接头作柱钢筋竖向连接时,用地面工艺压接试验代替现场外观检验和抽样作单向拉伸试验,不符合带肋钢筋套筒挤压连接技术要求。

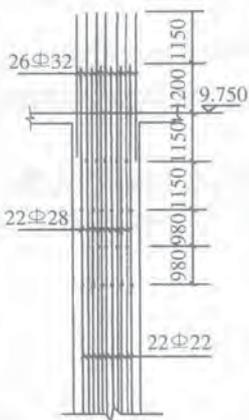


图 7-5-7 Z-12 钢筋连接图

2. 原因

(1)对钢套筒冷挤压连接的机制和规定了解不够,不知规定被连接钢筋的直径相差不应大于 5 mm。

(2)认为钢套筒冷挤压接头质量容易保证,柱子纵向钢筋接头位置可以不受限制。

(3)采用钢套筒冷挤压连接工艺时,没有确定性能等级,导致施工的任意性。

(4)承担套筒冷挤压施工的对图中存在的问题,认为不是压接专业的过失,不予提出。

(5) 土建施工不能为压接专业提供良好条件,而是先绑柱的竖向钢筋和箍筋,然后才交压接专业,因此钢筋间隙难于调整,压接器难以对正,造成压肋不正、压痕间距不匀,甚至接头弯折超出规范要求。

3. 治理

(1) 首先明确接头性能等级,并按性能等级要求压接专业施工提出型式检验,严格材质检验和套筒进行检验制度,增加现场外观检验并按验收批随机抽样进行单向拉伸试验,验证合格后方准进入下道工序施工。

(2) 只有认真执行规定才能保证工程质量。被连接钢筋的直径相差不应大于 5 mm,如需突然规定应有可靠的试验、研究和鉴定资料。针对框架柱一层较高而钢筋直径不大的情况下提出两个方案:一是 $26\Phi 32$ 下插方案,则 $22\Phi 22$ 锚入节点;二是逐次过渡方案,即 $22\Phi 22 \rightarrow 22\Phi 25 \rightarrow 22\Phi 28$,中间增加一次接头,经研究决定采用第二方案施工。

(3) 由于接头的保证率不同于原材,接头错开按规范执行。

(4) 土建施工应为专业施工留出压接施工检验时间,应先挤压后绑扎,按顺序施工。

(5) 专业施工应严格执行规定,对挤压设备按期标定、检修、定岗计数,不得漏油污染钢筋。对挤压、钢筋接头应磨平、标记、保持洁净。

三、井式梁绑扎错误

1. 现象

楼盖为等截面井式梁,在钢筋开始绑扎时,施工按主次梁进行绑扎。若不及时处理,势必影响部分梁的截面有效高度,不符合交梁楼盖同一交点双向挠度相等的原则。

2. 原因

(1) 结构施工图缺少节点大样,也没有附注说明;同时也未对井式楼盖的特点作出说明或提出要求。

(2) 施工人员对井式楼盖的结构形式及受力特点不熟悉, 经验不丰富, 交底不详细。

3. 治理

(1) 向施工人员解释井式楼盖的结构抗力特点, 提出井式楼盖钢筋的绑扎原则。

(2) 根据钢筋保护层厚度规定又不小于钢筋直径的原则, 将较粗的纵向钢筋置于内侧, 而另一方面较细的纵向钢筋置于外侧, 逐排穿插, 使纵横梁钢筋的有效截面高度相近, 内力矩也就相近(图 7-5-8), 而且纵向钢筋的排距也能得到控制和保证。

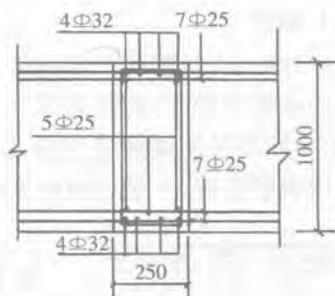


图 7-5-8 井式梁节点构造示意图

(3) 若纵横梁的纵向受力钢筋直径相同, 则排数多的居外。在尽量使两个方向梁的下部纵向钢筋的几何中心至梁顶的距离保持一致的前提下(跨中)进行协调, 若保持一致有困难, 则优先保证梁跨少的有效截面高度及位于中部梁的有效截面高度相对取大值。

四、梁吊筋绑扎混乱

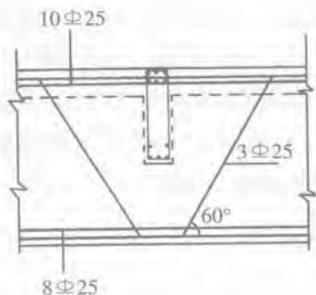


图 7-5-9 梁原吊筋布置图

1. 现象

在梁板钢筋隐检中发现梁中吊筋斜置错位、挤占通长负弯矩钢筋或挤占下部纵向钢筋, 造成密排无净距(图 7-5-9)。

2. 原因

(1) 钢筋翻样时用梁截面高度减去上下保护层厚度取吊筋外包尺寸, 而没有顾及主梁节点纵向钢筋第一排的数

量,甚至节点下部最下排钢筋的数量,而钢筋绑扎总是先布穿纵向钢筋,后穿吊筋的,因此吊筋排不下而斜置或挤出净距,甚至顶起箍筋或改变角度硬塞。

(2)施工人员不熟悉吊筋的作用,分不清主要受力钢筋与附加受力钢筋的受力特点,因此未很好安排。

3. 治理

(1)施工人员解释吊筋的作用。在集中荷载作用于梁截面高度范围内或梁下部时,荷载至梁下表面间高度太小,抵抗冲剪的能力削弱,而必须加吊筋或箍筋加强,所以其数量截面由计算确定,而不是随意用钢筋兜着,不是可有可无或胡乱放几根的。

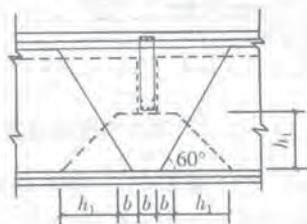


图 7-5-10 吊筋位置示意图

(2)明确吊筋各段的功能。其上半段为锚固段,长度与末端构造是结构上的重要内容,锚固不良将影响吊筋抗切能力的发挥。钢筋的锚固力除与钢筋的表面形状、末端构造、混凝土强度、配筋情况、锚固长度和截面尺寸有关外,还与钢筋周边混凝土厚度及约束程度有关,尤其在压锚区,如与正截面受力

钢筋位置有冲突时,宜优先满足主梁纵向钢筋的位置,而将吊筋锚固段置于第二排是适宜的。这样既可保证主梁的有效截面高度又节约吊筋用钢,既方便穿插和绑扎又有利于锚固。吊筋的斜段为计算承载段,其位置、高度、起弯点必须符合要求,且力求准确。下半段为弯拉段,为保证弯起部分工作的可靠性,一定要位于次梁下面正中部位,其高度视次梁下主梁的有效高度而定,只要高度允许即可将吊筋的下半段置于第二排,不与底部下排纵向钢筋争位(图 7-5-10)。

五、膨胀螺栓代替同直径 II 级钢筋

1. 现象

由于电梯订货滞后,电梯井墙预埋件在钢筋混凝土井筒施工时

难以确定而未埋入,事先根据电梯厂家要求在砖砌电梯井道墙上增设钢筋混凝土圈梁及电梯轨道预埋件。

2. 原因

(1)在砖砌井道墙上圈梁截面 $240\text{ mm} \times 300\text{ mm}$,配筋为上下各 $2\Phi 12$,箍筋为 $\Phi 6@200$,圈梁与剪力墙(钢筋混凝土井筒)可用 $\Phi 12 \times 120$ 膨胀螺栓连接。该措施失当,因为 $\Phi 12 \times 120$ 的膨胀螺栓总长度为 120 mm ,其埋入深度为 80 mm ,露出长度仅有 40 mm ,是不足以与 $\Phi 12$ 圈梁主筋连接的(按规范双面电弧焊长度 $l > 5d = 60\text{ mm}$)。

(2)膨胀螺栓的螺母、垫圈及螺栓的材质为 A3,是普通碳素结构钢,屈服强度为 240 MPa 。而 $\Phi 12$ (钢筋混凝土用热轧带肋钢筋)的标准强度代表值为 335 MPa ,两者不等强度,膨胀螺栓 YG3-M12 \times 120的抗拉强度设计值为 $12\,970\text{ N}$,而 $\Phi 12$ 的抗拉强度设计值为 $113.1 \times 310 = 35061\text{ N}$,两者设计值相差近 3 倍。

3. 治理

改变连接方式。用 $6\Phi 12 \times 120$ 膨胀螺栓固定 6 mm 厚钢板(与圈梁等宽),圈梁的 $4\Phi 12$ 钢筋焊在连接钢板上。

以上几个钢筋构造问题的处理说明按图施工并不容易,首先施工图设计要有足够的深度,节点宜有大样、交底应把设计意图交代清楚。施工人员要熟知结构理论,有丰富的经验和严谨的作风。

第六节 框架柱拉结筋

一、膨胀螺栓固定拉结筋

1. 施工方法

(1)用直径 6 mm 钢筋制作成如图 7-6-1 所示形状的拉结筋。

(2)在已成型的混凝土框架柱上,按照砌块的模数等参照拉结筋间距做出标记。

- (3)用直径 12 mm 钻头的冲击钻在混凝土柱的标记处钻孔。
 (4)用直径 8 mm 的膨胀螺栓固定拉结筋如图 7-6-2 所示。

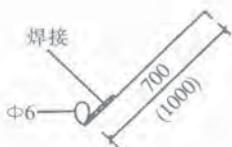


图 7-6-1 用钢筋制作拉结筋

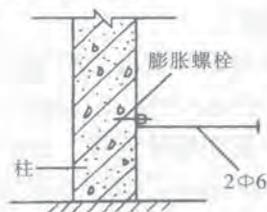


图 7-6-2 用膨胀螺栓固定拉结筋

2. 拉结筋作用与锚固

框架结构中的填充墙,当受到水平地震作用时,容易发生甩出掉落现象。为保证填充墙的稳定,填充墙内必须埋设适量拉结构,与框架柱连接,因此作用在框架结构层间每道填充墙上的水平地震作用由拉结构承担,其受力情况如图 7-6-3 所示。

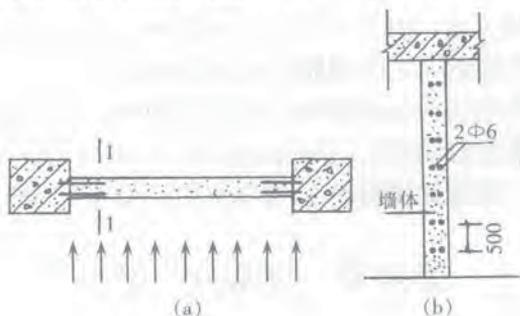


图 7-6-3 层间填充墙受力简图
 (a)水平地震作用;(b)1-1 剖面

1) 拉结筋作用分析

按抗震设防的要求,拉结构锚入柱内长度应不小于 200 mm,按本法设置的拉结筋牢固性标准,见图 7-6-3,依据抗震规范规定,验算在地震作用下,膨胀螺栓的抗剪力能否满足抵抗水平地震作用

的要求,这是本法能否施行的理论依据。

取长为 8 m、高 4 m、厚 250 mm 的加气混凝土墙体(墙体两侧抹水泥砂浆 20 mm 厚)进行验算。

加气混凝土墙体重度为 7 kN/m^3 ,抹水泥砂浆墙面重度为 0.36 kN/m^3 。已知:拉结筋间距为 500 mm,膨胀螺栓抗剪力为 3.3 kN,水平地震作用标准值 F_{EK} :

$$F_{EK} = \alpha_1 G_{ek}, \text{ 其中 } \alpha_1 = 0.32$$

$$G_{ek} = 0.85 \times (4 \times 8 \times 0.25 \times 7 + 4 \times 8 \times 0.36 \times 2) \\ \approx 67 \text{ kN}$$

$$\text{则 } F_{EK} = 0.32 \times 67 \approx 21 \text{ kN}$$

一侧柱面单个螺栓承受的水平地震作用 S' :

$$S' = 27 / (2 \times 7 \times 2) \approx 1 \text{ kN} < 3.3 \text{ kN}$$

能满足抵抗水平地震作用的要求。

2) 锚固条件

为了保证拉结筋与螺栓连接可靠,在地震作用下,拉结筋固定环不发生滑移或脱环,发挥拉结筋作用,拉结筋平直段及固定环应满足下列条件:

- ①拉结筋平直段长度及末端按抗震要求考虑;
- ②按钢结构规范规定,螺杆与孔径相差值宜控制在 $1 \sim 1.5 \text{ mm}$;
- ③拉结筋固定环开口端采用双面焊接(焊接长度 $L \geq 4d$, d 为拉结筋直径)封闭。

按上述要求制作安装的拉结筋,在地震作用下,等同抗震设防要求预埋拉结筋的作用,因此按该方法施工,拉结筋与螺栓连接的可靠性是得到保障的。

3. 该法优点及注意事项

1) 优点

由上述分析验算可知,用膨胀螺栓将拉结筋与柱固定,能满足在地震作用下填充墙的稳定性的,因此可以代替柱内预留拉结筋的方法。

该法优点:

①拉结筋质量可靠。

②可避免因寻找预留拉结筋而使柱面被破坏。

③拉结筋的位置偏差较小。

2) 注意事项

①使用膨胀螺栓的允许剪力应大于或等于 1kN。

②使用的膨胀螺栓应为加长筒($L \geq 60$ mm)。

③拉结筋固定端孔直径宜控制为小于或等于 10 mm,且端头焊接长度大于或等于 40 mm 的双面焊。

④拉结筋间距可按砌块模数做适当调整。

二、环氧树脂胶粘拉结筋

(1)根据已浇筑完毕并拆模的混凝土框架柱净高和 +0.500 m 水平线并结合填充墙砌块材料尺寸,确定需要设置拉结筋的位置,并准确地作出标识,要求拉结筋竖向间距应小于或等于 500 mm,横向间隔符合抗震要求,并避开结构主筋和箍筋。

(2)用直径 8 mm 的冲击钻钻深度大于或等于 120 mm 的孔,孔眼水平度偏差应小于或等于 5 mm,用压缩空气工具等将孔内浮灰、沙子等杂物清理干净。

(3)制备墙体拉结筋,要加上 120 mm 长度。

(4)配制环氧树脂胶。水平钢筋锚固以半干硬性环氧树脂胶体锚固效果最好,将配制好的环氧树脂胶料涂满拉结筋端部,胶料厚 1~2 mm,涂布均匀,然后将拉结筋端部打入框架柱混凝土的钻孔内,一些胶料在挤压作用下溢出孔外,要及时清理干净或涂到另一根拉结筋上。

该方法抗剪、抗拉均满足要求。操作简便快捷,较好地解决了拉结筋漏放。

第八章 钢筋施工质量预控

第一节 焊接质量问题及其预防

一、焊接对钢材的影响

1. 焊接热影响区的组织分布特征

在焊接的高温热循环作用下,焊缝两侧母材实际上是在经受一个快速加热或快速冷却的特殊热处理过程,因而其组织及性能随之发生变化,这部分区域称为焊接热影响区。在热影响区的不同部位,由于经受的焊接热循环不同,其组织和性能也不同。图 8-1-1 为低碳钢焊接热影响区的划分,图中 T_{C2} 为晶粒长大温度, T_C 为熔点。

2. 钢材的焊接性

1) 碳钢的焊接性

一般情况下,当碳钢中 $C < 0.25\%$ 、 $Mn(\text{锰}) < 1.0\%$ 时,采取常用的焊接方法焊接后,接头不会出现淬硬组织或裂纹,只要焊接材料选择适当,便能得到满意的焊接接头。随着含碳量的增加如 $C > 0.30\%$ 时,焊接热影响区开始出现脆硬马氏体。含碳量越高,马氏体的硬度和脆性越大,在接头处便会出现淬火裂纹。如果接头中含有较多的扩散氢时,还易出现冷裂纹。另外, $Mn(\text{锰})$ 、 $Si(\text{硅})$ 等元素对焊接性也有一定影响。随着碳当量 $C_{eq} = C + (Mn + Si)/4$ 的增加,焊接热影响区的硬度和脆性明显增加,焊接接头的塑性变形能力逐渐减小。一般的,当 $C > 0.40\%$ 时,为避免焊接裂纹产生,应采取焊前预热、焊后热处理等措施,并选用杂质含量小的低氢碱性焊条。

2) 高强度钢的焊接性

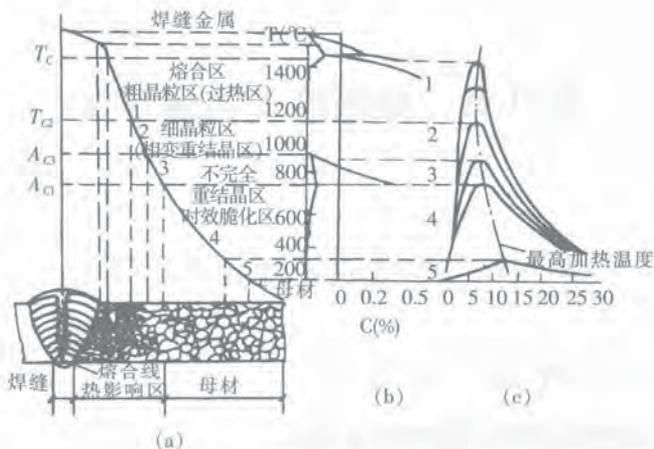


图 8-1-1 低碳钢焊接热影响区划分示意

(a)热影响区组织分布;(b)铁-碳状态图;(c)焊接热循环

高强度钢包括中、高、低合金钢，一般使用状态为热轧状态和正火状态。高强度钢中，由于含有较多合金元素，给焊接性带来不利影响。主要有以下两类问题：

(1)焊接裂纹

合金钢中由于含有较多合金元素，淬硬倾向明显增加，而在高强度钢的焊接裂纹中，焊接冷裂纹要占 50%，所以在焊接过程中要采取适宜的焊接措施和特殊的热处理等方法，防止焊接裂纹的产生。

(2)焊接热影响区性能恶化

主要是过热区脆化问题。热轧钢的脆化与焊接线能量及含碳量有关。含碳较低的热轧钢，仅焊接线能量大时出现魏氏组织脆化。含碳较高的热轧钢，线能量大时易出现魏氏组织脆化，而线能量小时则出现淬硬组织脆化。对于正火钢，线能量大时过热区晶粒明显长大，不均匀。对于调质量钢，线能量大时，过热区晶粒粗大，形成脆硬马氏体，焊后需做调质处理。

二、焊接施工中容易产生的缺陷

焊接过程中,由于种种因素的影响,容易产生各种类型的缺陷:

1. 外部缺陷

焊接接头的外部缺陷即用肉眼能观察到的缺陷,主要有焊瘤、咬边、凹坑、烧伤、余高不足或过大、错边及弧坑处理不良等。

2. 内部缺陷

焊接接头的内部缺陷指必须借助仪器设备测试才能判断出的缺陷,主要有未熔合、未焊透、气孔、夹渣及白点等。内部缺陷因肉眼观察不到,危害更大,必须杜绝。

3. 焊接缺陷

指在焊接过程中或焊后放置一段时间后,在焊接接头范围内产生的局部开裂现象,如焊接裂纹是常见的焊接缺陷。在建筑工程中的钢材焊接中常出现的裂纹主要是热裂纹和裂纹。结晶裂纹是最常见的热裂纹,在金属凝固过程中出现,主要出现在焊缝中,少数出现在热影响区。结晶裂纹的产生是由于焊缝中含有较多的 S(硫)、P(磷)等杂质,在焊缝金属凝固过程中形成了一些低熔点结晶,结晶后在晶界偏析形成液态薄膜,这些液态薄膜成为焊缝中的薄弱环节。在焊接应力的作用下,便沿这个薄弱环节开裂而形成结晶裂纹。在冷裂纹中最常见的是延迟裂纹。在低、中合金钢的热影响区或焊缝中,当焊后一段时间,可能出现各种形态的延迟裂纹。有的出现在接头表面,有的出现在接头内部。焊缝延迟裂纹的出现,是由以下三种因素共同作用的结果。

1) 母材淬硬现象

母材的碳当量(C_{eq})越高,其淬硬倾向就越大,延迟裂纹敏感性也就越大。接头冷却速度对淬硬倾向也有较大影响,随着淬硬倾向的增加,容易形成脆性马氏体。而马氏体使热影响区最高硬度相变增加,从而使延迟裂纹敏感性增大。

2) 扩散氢的含量

焊缝中含氢量越高,延迟裂纹敏感性越大。当接头中扩散氢含量高于临界扩散氢含量时,便出现延迟裂纹。

3)焊接残余应力

焊接接头主要存在3种应力,即热应力、相变应力和约束应力。板厚越大,约束越强,残余应力也越高。焊接残余应力是引起应力腐蚀断裂的原因之一。

三、焊接缺陷的预防

焊接全过程包括原材料、焊接材料、施工人员的焊接技能、焊前准备、焊接和焊后热处理等工序。因此,要预防焊接缺陷,解决焊接过程中存在的问题,抓好焊接质量就必须加强焊接前和焊接中每道工序的质量管理工作。

1.焊接前的质量控制

1)把好原材料质量关

应选购正规大厂生产的产品,检查钢厂提供的材质检验证明,内容包括材料牌号、规格或尺寸、炉批号、检验编号、数量、重量、供货状态、力学性能、化学成分等。同时还要检查材料的表面是否有裂纹、分层及超出标准允许的凹坑和划伤,以及钢印标记是否正确和齐全,并且按照标准进行取样,送检测部门检测。经检验合格后方可正式进入施工现场。为了保证材料的真实性,取样送检应采取由建设方委托的该工程项目取样送检见证人专人负责。如果具有法律效应的检验结果不合格,而已有钢材进入工地,应由质量监督部门通知建设方进行拆除和清场,坚决杜绝使用不合格钢材。另外,按照规定,建设方对工程质量负有法律责任,不能把一切责任推给施工方了事,必须委托具有专业知识的人员或监理工程师监督管理,不定期地对现场材料包括钢材进行抽检,送检测部门复验,以保证钢材的质量。

2)焊接材料的管理

核查焊接材料是否为合格产品;贮存和烘焙制度是否执行;检查发放的焊接材料表面情况,焊丝应清洁、无锈斑,焊条药皮无开裂或

霉变。

3) 焊接区清洁管理

检查焊接区的清洁质量,不得留有水、油、铁锈和氧化膜等有害污物,这是防止一切缺陷的前提,对防止外部缺陷如凹坑、咬边等的产生有重要作用,对防止气孔、夹渣之类的内部缺陷的产生也有积极意义。

4) 焊工技能资格管理

焊工的技能水平是保证焊接质量的决定性因素。焊工必须经过专业培训,具有有关基础知识和操作技能,并持有焊工考试合格证。

5) 确定合格的焊接工艺流程

对不同的母材,应选择合适的焊接方法、可靠的焊接线能量和适当的焊接材料。对不同直径或不同厚度的母材都应实行先试焊、后施焊的原则,以保证焊接接头优良、安全。

2. 焊接中的质量控制

(1) 焊接过程包括焊接、预热和焊后热处理。焊接前的质量控制和焊接中的质量控制是保证最终焊接质量、预防废品和返工的保证条件,是整个焊接质量控制过程中的重要组成部分。

(2) 焊接质量控制应实行焊工、焊接工长和专职检查员三级管理责任制。焊工应对违反焊接工艺流程及操作不当造成的质量事故承担责任,焊接质量检查员应对漏检、误检造成的质量事故承担责任。

(3) 在焊接过程中,对施工过程进行监督和检查。

① 确认焊接方法是否与规定一致,检查焊接设备是否完好和着装是否符合工艺流程规定。

② 根据焊接工艺规程复核焊接材料牌号与规格是否正确,以防错用而造成焊接质量事故。抽检焊条、焊剂是否烘干,药皮是否受潮变质。

③ 对焊接预热温度和预热方式进行严格控制和检查。焊接预热是防止焊接裂纹产生的重要工艺措施。

④ 对焊接环境进行监督。当焊接环境出现下列情况时应采取措

施后才能进行焊接：温度低于 0°C ；相对湿度大于 90%；风速大于 10m/s 或存在穿堂风以及雨、雪、雾气候的露天操作。

⑤对焊后热处理实施监督检查。焊后热处理的目的是促进焊缝中扩散氢逸出、防止焊接裂纹产生、消除焊接残余应力和改善接头力学性能。如果焊后热处理不当或出现差错，不仅不能达到目的，有时反而会造成不良后果。因此，必须按照预先规定的程序对焊后热处理进行严格的管理，并做好记录。

(4)焊工的技术水平是影响焊接质量的直接因素之一。要做到思想上重视，具体操作上细心。现场最好使用便携式焊条保温筒，随用随取，以防焊条受潮、含氢量增加。在焊接过程中，接头处最易产生气孔、未熔合、弧坑和裂纹等缺陷，因此在手工电弧焊焊接过程中频繁地用到引弧的动作，引弧技术的好坏关系到焊接质量，必须认真对待。选择合适的焊接电流非常重要，电流过大，易发生烧穿和焊瘤现象；电流过小，易出现未焊透、未熔合等缺陷。另外，采用合适的运条方法及角度也很重要，配合适当的焊速，可以预防咬边、凹坑、气孔、未熔合等缺陷。比如，对于薄钢板的对接焊，可采用直线运条法；对于中厚钢板的焊接，适合采用锯齿形运条法。又如平焊时，焊条与焊件成 $65^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 夹角，控制好弧长和移运速度，能获得满意的焊接质量。对于某些焊接母材如中碳钢和合金结构钢、厚板材，防止结晶裂纹产生的重要措施是限制焊缝中 S(硫)、P(磷)、C(碳)、N(氮)、Si(硅)等元素含量。为此，应严格限制焊接材料中的杂质，并设法通过冶金反应纯净焊缝；在焊接工艺上宜采用中等或偏低的焊接线能量；在制订焊接工艺方案时采取焊前预热、焊后缓冷的处理方式；同时安排好焊接顺序，使大多数焊缝处在较小的刚度下焊接，减小约束应力。这些措施都能很好地改善钢材的抗裂纹能力，防止热裂纹的产生。此外，为了达到预防焊缝延迟裂纹、控制热影响区的硬度和马氏体量的目的，在焊接工艺上可采取低氢或超低氢焊接材料，使焊缝中的氢含量减小到最低，并实行焊前预热、增大焊接线能量、焊后热处理及缓冷等措施，以防止马氏体变态而引起硬化，还能起到释放焊缝

中的氢、减小焊接应力的作用。

第二节 钢筋闪光对焊、电弧焊质量预控

一、钢筋闪光对焊

1. 未焊透

焊口局部区域未能相互结晶,焊合不良,接头粗糙变形量很小,挤出的金属毛刺极不均匀,多集中于上口,并产生严重胀开现象;从断口上可看到如同有氧化膜的黏合面存在。

1) 未焊透原因

(1) 焊接工艺方法应用不当。断面较大的钢筋应采取预热闪光焊工艺施焊,却采用了连续闪光焊工艺。

(2) 焊接参数选择不合适。特别是烧化留量太小,变压器级数过高以及烧化速度太快等,造成焊件端面加热不足,也不均匀,未能形成比较均匀的熔化金属层,致使顶锻过程生硬,焊合不完整。

2) 质量预控

(1) 适当限制连续闪光焊工艺的使用范围。根据焊机型号和钢筋级别,连续闪光焊使用范围宜按表 8-2-1 选择。

表 8-2-1 连续闪光焊的使用范围

焊机型号	钢筋级别	钢筋直径 (mm)	焊机型号	钢筋级别	钢筋直径 (mm)	焊机型号	钢筋级别	钢筋直径 (mm)
UN ₁ -75	I	≤16	UN ₁ -100	I	≤20	UN ₂ -150 UN ₁₇ -150	I	≤25
	II	≤14		II	≤18		II	≤22
	III	≤12		III	≤16		III	≤20

(2) 重视预热作用,力求扩大沿焊件纵向的加热区域,减小温度梯度。其操作要领:

① 根据钢筋级别采取相应的预热方式。随着钢筋级别的提高预

热频率应逐渐降低。每次预热接触时间可在 0.5~2 s/次选择。

②预热间歇时间宜稍大于接触时间,以便通过热传导使温度趋于一致。

③预热压紧力应不小于 3 N/mm^2 。当具有足够的压紧力时,焊件端部面上的凸出处会逐渐被压平,更多的部位则发生接触,于是,沿焊件截面上的电流分布就比较均匀,使加热比较均匀。

(3)采取正常的烧化过程,使焊件获得符合要求的温度分布,尽可能平整的端面,以及比较均匀的熔化金属层,为提高接头质量创造良好的条件。其具体做法:

①选择合适的烧化留量,保证烧化过程有足够的延续时间。当采取闪光—预热—闪光焊工艺时,一次烧化留量宜等于钢筋端部不平度加上断料时刀口严重压伤区段,二次烧化留量宜不小于 8 mm;当采取连续闪光焊工艺时,其烧化留量宜相当于上述两次烧化留量之和。

②采取变化的烧化速度,保证烧化过程具有“慢→快→更快”的非线性加速度方式。平均烧化速度一般可取为 2 mm/s 。当钢筋直径大于 25 mm 时,因沿焊件截面加热的均衡性减慢,烧化速度应略降低。

(4)避免采用过高的变压器级数施焊。

2. 氧化

焊口局部区域为氧化膜所覆盖,呈光滑面状态;焊口四周或大片区域遭受强烈氧化,失去金属光泽,呈发黑状态。

1) 氧化原因

(1)烧化过程太弱或不稳定,使液体金属过梁的爆破频率降低,产生的金属蒸气较少,从数量上和压力上都不足以保护焊缝金属免受氧化。

(2)从烧化过程结束到顶锻开始之间的过渡不够急速,或有停顿空气侵入焊口。

(3)顶锻速度太慢或带电顶锻不足,焊口中熔化金属冷却,致使

挤破和去除氧化膜发生困难。

焊口遭受强烈氧化的原因,是由于顶锻留量过大,顶锻压力不足,致使焊口封闭太慢或根本不能真正密合。

2) 质量预控

(1) 确保烧化过程的连续性,并且有必要的强烈程度。其做法:

① 选择合适的变压器级数,使之具有足够的焊接电流,以利液体金属过梁破坏。

② 焊件瞬时的接近速度应相当于触点一过梁爆破所造成的焊件实际缩短的速度,即瞬时的烧化速度。烧化过程初期,因焊件处于冷的状态,触点一过梁存在的时间较长,故烧化速度应慢一些,随着加热的进行,烧化速度需逐渐加快,特别是紧接顶锻前的烧化阶段,则应采取尽可能快的烧化速度,以便产生足够的金属蒸气,提高防止氧化的效果。

(2) 适当的顶锻留量,使其既能保证接头处获得不小于钢筋截面的结合面积,又能有效地排除焊口中的氧化物,纯洁焊缝金属。随着钢筋直径的增大,顶锻留量需相应增加,其中带电顶锻留量应等于或略大于 $1/3$,以利焊口的良好封闭,可按表8-2-2选择。

表8-2-2 钢筋对焊时的顶锻留量

钢筋直径 (mm)	带电顶锻留量 (mm)	无电顶锻留量 (mm)	总顶锻留量 (mm)
12~16	1.5	3.0	4.5
18~22	2.0	3.0	5.0
25~28	2.0	3.5	5.5
30~32	2.5	3.5	6.0
36~40	2.5	4.0	6.5
50	3.0	4.5	7.0

(3) 采取尽可能快的顶锻速度。因为烧化过程一旦结束,防止氧化的自保护作用随即消失,空气将立即侵入焊口。如果顶锻速度很快,焊口闭合的延续时间很短,就能够免遭氧化;同时,顶锻速度加快之后,也利于趁热挤破和排除焊口中的氧化物。因此,顶锻速度越快

越好。一般低碳钢对焊时不得小于 20~30 mm/s。随着钢筋级别的提高,顶锻速度需相应增大。

(4)保证接头处具有适当的塑性变形。因为接头处的塑性变形特征对于破坏和去除氧化膜的效果起着巨大的影响,当焊件加热,温度分布比较适当,顶锻过程的塑性变形多集中于接头区时见图 8-2-1(a)所示,有利于去除氧化物。反之,如果加热区过宽,变形量被分配到更宽的区域时见图 8-2-1(b)所示,接头处塑性变形就会减小到不足以彻底去除氧化物的程度。

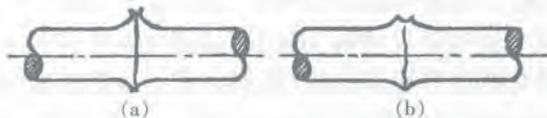


图 8-2-1 不同塑性变形的接头
(a)正常;(b)不正常

3. 过热

从焊缝或近缝区断口上可看到粗晶状态。

1) 过热原因

(1)预热过分,焊口及其焊缝区金属强烈受热。

(2)预热时接触太轻,间歇时间太短,热量过分集中于焊口。

(3)沿焊件纵向的加热区域过宽,顶锻留量偏小,顶锻过程不足以使焊缝区产生适当的塑性变形,未能将过热金属排除于焊口之外。

(4)为了顶锻省力,带电顶锻延续较长,或顶锻不得法,致使金属过热。

2) 质量预控

(1)根据钢筋级别、品种、规格确定其预热程度。为了便于掌握,宜采取预热留量与预热次数相结合的办法。通过预热留量,借助焊机上的标尺和指针,准确控制预热起始时间,通过计数可适时控制预热停止时间。

(2)采取低频热方式,适当控制预热的接触时间、间歇时间以及

压紧力,使接头处既能获得较宽的低温加热区,改善接头的性能,不致产生大的过热区。

(3)严格控制顶锻时温度和留量。当预热温度偏高时,可加快整个烧化过程的速度,必要时可重新夹持钢筋再次进行快速烧化过程,同时需确保其顶锻留量,以便顶锻过程能够在有力的情况下完成,从而有效地排除掉热金属。

(4)严格控制带电顶锻过程。在焊接断面较大的钢筋时,切忌采用延长带电顶锻过程的有害做法。

4. 脆断

在低应力状态下,接头处发生无预兆的突然断裂。脆断分为淬硬脆断、过热脆断和烧伤脆断。淬硬脆断对接头强度和塑性都有明显影响,其断口以齐平、晶粒很细为特征。

1) 脆断原因

(1)焊接工艺方法不当,致使温度梯度陡降,冷却速度加快,因而产生淬硬缺陷。

(2)对于某些焊接性能较差的钢筋,焊后虽然采取了热处理措施,但因温度过低,还是不能得到应有效果。

2) 质量预控

(1)针对钢筋的焊接性,采取相应的焊接工艺。通过以碳当量(C_{eq})来估计钢材的焊接性。碳当量与焊接性的关系,因焊接方法而不同。就钢筋闪光对焊来说: $C_{eq} \leq 0.55\%$,焊接性“好”; $0.55\% < C_{eq} \leq 0.65\%$,焊接性“有限制”; $C_{eq} > 0.65\%$,焊接性“差”。对于焊接性“有限制”的钢筋,不论其直径大小,均宜采取闪光—预热—闪光焊;对于焊接性“差”的钢筋,预热频率尽量低些,以利减缓焊接时的加热速度和随后冷却速度,从而避免淬硬缺陷的发生。

(2)正确控制热处理程度。对于难焊的Ⅳ级钢筋,焊后进行热处理时,一要避免快速加热和快速冷却;二要正确控制加热温度。如需改善接头的金相组织,热处理温度应不低于 800°C ,为了消除焊接应力或减缓冷却速度,热处理温度略超过 600°C 即可。

5. 烧伤

烧伤系指钢筋与电极接触处在焊接时产生的熔化状态。对于有淬硬倾向较敏感的钢筋来说,这是一种不可忽视的危险缺陷。因为它会引起局部区域的强烈淬硬,导致同截面上的硬度很不均匀。这种接头抗拉时,应力集中现象特别突出,因而接头的承载力明显降低,并发生脆性断裂,其断口齐平,呈放射性条纹状态。

1) 烧伤原因

(1) 钢筋与电极接触处洁净程度不一致,夹紧力不足,局部区域电阻过大,因而产生了不允许的电阻热。

(2) 电极变形,导电面积不足,致使局部区域电流密度过大。

(3) 热处理时电极太脏,变压器级数过高。

2) 质量预控

(1) 钢筋端部约 130 mm 的长度范围内,焊前应清除锈斑、污物,电极表面应保持干净,确保导电良好。

(2) 电极宜做成带三角形槽口的外形,长度应不小于 55 mm,使用期间应经常修整,保证与钢筋有足够的接触面积。

(3) 焊接或热处理时,应夹紧钢筋。热处理时,变压器级数宜采用 I、II 级,并且电极表面应经常保持良好状态。

6. 塑性不良

接头冷弯试验时,于受拉区(即外侧)横肋产生大于 0.15 mm 的裂纹。

1) 塑性不良原因

(1) 由于调伸长度过小,焊接时向电极散热加剧;或变压器级数过高,烧化过程过分强烈,温度沿焊件纵向扩散的距离减小,形成陡降的温度梯度,冷却速度加快,致使接头处产生硬化倾向,引起塑性降低。

(2) 烧化量过小,接头处可能残留钢筋断时刀口压伤痕迹,产生了一些不良后果。因为刀口压伤部位相当于进行了冷加工,在焊接热量影响下,会在超过再结晶温度(500℃左右)的区段,产生晶粒长

大现象;在达到时效温度(300℃左右)的区段产生时效现象,会使接头塑性降低。

(3)顶锻留量过大,致使顶锻过分,引起接头区金属纤维弯曲,对接头塑性产生不利影响。

2)质量预控

(1)在不致发生旁弯的前提下,尽可能加大调伸长度(见表8-2-3)。以消除钢筋断料时产生的刀口压伤和不平整,为实现均匀加热、改善接头性能创造必要的条件。

表 8-2-3 钢筋对焊时推荐的调伸长度

钢筋级别		调伸长度(d 为钢筋直径)	
左夹具(固定)	右夹具(活动)	左夹具	右夹具
I	I	1.0	1.0
II、III	II、III	1.5	1.5
IV	IV	2.0	2.0

(2)根据钢筋端部的具体情况,采取相应的烧化留量,力求将刀口压伤区段在烧化过程中予以彻底排除。

(3)在采取适当的顶锻留量的前提下,快速有力地完成顶锻过程,保证接头具有匀称、美观的外形。

7. 接头弯折或偏心

接头处产生弯折,折角超过图8-2-2(a),或接头处偏心大于图8-2-2(b),轴线偏移大于 $0.1d$ 或2mm。

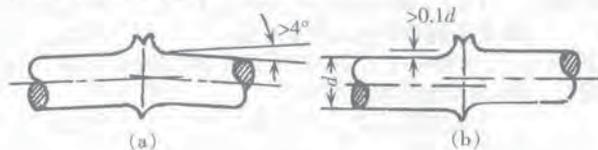


图 8-2-2 接头弯折和偏心

(a)弯折;(b)偏心

1)弯折或偏心原因

(1)钢筋端头歪斜。

(2)电极变形太大或安装不准确。

(3)焊机夹具晃动太大。

(4)操作不注意。

2)质量预控

(1)钢筋端头弯曲时,焊前应予以矫直或切除。

(2)保持电极的正常外形,变形较大应及时修理或更新,安装应力求位置准确。

(3)夹具如因磨损晃动较大,应及时维修。

(4)接头焊毕,稍冷却后再小心地移动钢筋。

附:钢筋闪光对焊接头质量要求

项次	项 目	质量要求	检验方法
1	外观检查	(1)接头处应密闭完好,并有适当而均匀的镦粗变形 (2)接头处钢筋表面应没有横向裂纹 (3)与电极接触处的钢筋表面,对于Ⅰ~Ⅲ级钢筋应无明显烧伤,对于Ⅳ级钢筋应没有烧伤 (4)接头处如发生弯折,其角度不得大于 4° (5)接头处如发生偏心,其轴线偏移不得大于 $0.1d$ (d 为钢筋直径),并不得大于2mm	检验人员,从焊工自检认为合格的成品中分批抽查10%的接头 当外观检查不符合要求时,应逐个检查,剔出不合格品
2	力学性能试验 (1)抗拉试验	(1)三个试件的抗拉强度均不得低于该钢筋级别的规定数值 (2)有两个试件应断于焊缝以外,并呈塑性断裂特征 当检验结果有一个试件的抗压强度低于规定指标,或有两个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,应取双倍数量的试件进行复验。复验结果若仍有一个试件的抗压强度低于规定指标,或有三个试件呈脆性断裂,则该批接头即为不合格品	试件应从成品中切取(当焊接定长钢筋时,可按生产条件制作模拟试件) 当试验结果不能满足规定要求时,该批接头则应切除重焊 试件的切取方法和数量与抗拉试验时相同

续表

项次	项 目	质量要求	检验方法
	(2)冷弯试验	<p>在弯心直径为2倍(I级钢)、4倍(II级钢或5号钢)、5倍(III级钢)及7倍(IV级钢)钢筋直径的情况下,冷弯至90°时,接头处或热影响区外侧不得出现大于0.15mm的横向裂纹</p> <p>弯曲试验结果如有两个试件未达到上述要求,应取双倍数量的试件进行复验,复验结果若有三个试件不符合要求,该批接头即为不合格品</p>	<p>冷弯试件的内侧即受压面,应将金属毛刺和翘粗部分去除,外侧保持原状</p> <p>冷弯试验在万能试验机上进行;若因条件所限,在检验人员的参与下,也可在成型机上进行</p> <p>若不合格,该批接头需切除重焊</p>

二、钢筋电弧焊

1. 焊缝成形不良

焊缝表面凹凸不平,宽窄不匀。这种缺陷虽对静载强度影响不大,但容易产生应力集中,对承受动载不利。

1) 不良原因

焊工操作不当;焊接参数选择不合格。

2) 质量预控

选择合适的焊接参数;焊工应精心操作。

2. 焊瘤

焊瘤是指正常焊缝之外多余的金属。焊瘤使焊缝的实际尺寸发生偏差,并在接头处形成应力集中区。

1) 焊瘤原因

(1) 熔池温度过高,凝固较慢,在铁水自重作用下下坠形成焊瘤。

(2) 坡口立焊、帮条立焊或搭接立焊中,焊接电流过大,焊条角度不对,或操作手势不当也易产生这种缺陷。

2) 质量预控

(1) 熔池下部出现“小鼓肚”时,可利用焊条左右摆动和挑弧动作加以控制。

(2)在搭接接头或帮条接头立焊时,焊接电流应比手焊时电流适当减小,焊条左右摆动时在中间部位走快些,两边稍慢些。焊接坡口立焊接头加强焊缝时,应选用直径 3.2 mm 的焊条,并应适当减小焊接电流。

3. 咬边

焊缝与钢筋交界处烧成缺口没有得到熔化金属的补充,特别是直径较小钢筋的焊接及坡口立焊。

1)咬边原因

焊接电流过大,电弧太长。

2)质量预控

选用合适的电流,避免电流过大。操作时电弧不能拉得过长,并控制好焊条的角度和运弧方法。

4. 电弧烧伤钢筋

钢筋表面局部有缺肉或凹坑。电弧烧伤钢筋表面对钢筋有严重的脆化作用,尤其是Ⅱ、Ⅲ级钢筋在低温焊接时表面烧伤,往往是发生脆性破坏的起源点。

1)烧伤原因

焊条、焊把与钢筋非焊接部位接触,短暂地引起电弧后,将钢筋表面局部烧伤,形成缺肉或凹坑,或产生淬硬组织。

2)质量预控

避免带电金属与钢筋相碰引起电弧。不得在非焊接部位随意引燃电弧。地线与钢筋接触要良好紧固。

5. 弧坑过大

收弧时弧坑未填满,在焊缝上有较明显的缺肉,甚至产生龟裂,在接头受力时成为薄弱环节。

1)过大原因

弧坑过大是焊接过程中突然灭弧引起的。

2)质量预控

焊条在收弧处稍多停留一会,或者采用几次断续灭弧补焊,填满

凹坑。碱性直流焊条不宜采用断续灭弧补焊,以防产生气孔。

6. 脆断

焊接接头在承受拉、弯等应力时,在焊缝、热影响区或母材上发生没有塑性变形的突然断裂。断裂面一般从断裂源开始向其他方向呈放射性波纹,见图 8-2-3。断裂面一般比母材有所降低,有时甚至低于屈服强度。这种缺陷大部分发生在碳、锰含量较高的Ⅳ、Ⅲ级(个别有Ⅱ级)钢筋中。

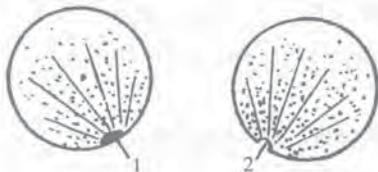


图 8-2-3 脆断断面

1—淬硬区;2—烧伤

1) 脆断原因

(1) 焊接时的咬边缺陷,造成接头局部应力集中。电弧烧伤或交叉钢筋电弧点焊缝太小,使钢筋局部产生淬火组织。

(2) 连续施焊使焊缝和热影响区温度升高,冷却后形成粗大的魏氏组织,降低了接头的塑性。

(3) 负温焊接时,焊接工艺及参数选择不合理。

2) 质量预控

(1) 焊接过程中不得随意在主筋非焊接部位引弧,地线应与钢筋接触良好,避免引起此处电弧。灭弧时弧坑要填满,并应将灭弧点拉向帮条或搭接端部。在坡口立焊应减小焊接电流,采用短弧等措施加强焊缝焊接。

(2) Ⅱ、Ⅲ级钢筋坡口焊接时,应采用几个接头轮流施焊方法,以避免接头过热产生脆性较大的魏氏组织。

(3) 在负温条件下进行帮条或搭接接头平焊时,第一层焊缝应从中间引弧向两端运弧,使接头端部达到顶热目的。Ⅱ、Ⅲ级钢筋多层

施焊时(包括搭接、帮条焊和坡口焊),最后一层焊道比前层焊道两端各短 4~6 mm,以消除或减少前层焊道及其临近区域的淬硬组织,改善接头性能。

7. 裂纹

按裂纹产生的温度和时间不同,分为热裂纹和冷裂纹。

1) 裂纹原因

(1)焊接碳、锰、硫、磷含量较高的钢筋时,或焊条质量低劣,焊芯中碳、硫、磷含量超标,在焊接循环的作用下,近缝区易产生淬硬组织。这种脆性组织加上较大的收缩应力,容易导致在焊缝或近缝区产生裂纹。

(2)焊接次序不合理,容易形成过大的内应力,引起接头裂纹。

(3)焊接环境温度偏低或风速大,焊缝冷却速度过快。

(4)焊接参数选择得不合理,或焊接线能量控制不当。

2) 质量预控

(1)为了防止裂纹产生,除选择质量符合要求的钢筋和焊条,还应选择合理的焊接参数和焊接次序。在框架结构梁柱性节点钢筋焊接点,应该一头焊完之后再焊另一头,不能两头同时焊接,以免形成过大的内应力,造成拉裂。

(2)在低温焊接时,环境温度不应低于 -20°C ,并应采取控温循环施焊,必要时应采取挡风、防雪、焊前预热,焊后缓冷或热处理等措施,刚焊完的接头应防止碰到雨雪。在温度较低时,应尽量避免强行组对后进行定位焊(如框架钢筋接头),定位焊缝长度应适当加大,必要时采用碱性低氢型焊条。定位焊后应尽快焊满整个接头,不得中途停顿。

8. 未焊透

焊缝金属与钢筋之间有局部未熔合,便会形成没有焊透的现象。根据未焊透的部位不同,分为根部未焊透、边缘未焊透和层间未焊透。

1) 未焊透原因

(1)在搭接焊及帮条焊中,电流不适当,将会发生未焊透。

(2)在坡口接头,尤其在坡口立焊接头中,如果焊接电流过小,焊接速度太快,纯力太大,间隙过小,焊条偏于坡口一边均会产生未焊透现象。

2)质量预控

(1)钢筋坡口加工,只许采用锯割或气割,不得采用电弧切割。气割熔渣及氧化铁皮焊前需清除干净,以免夹渣。焊接的接头组对时应严格检查各部尺寸,合格后方可施焊。

(2)焊接时应根据钢筋直径大小,合理选择焊条直径。焊接电流过小,应适当放慢焊接速度,以保证钢筋端面充分熔合。

9. 夹渣

焊缝中存在块状或弥散状非金属夹渣物。

1)夹渣原因

产生夹渣原因主要是由于准备工作未做好或操作技术不熟练引起的。采用焊条不当、焊接电流小、钝边大、坡口角度小、焊条直径较粗等。夹渣也可能来自金属表面铁锈、氧化皮、水泥浆等污物,或焊接熔渣渗入焊缝所致。在多层施焊时,熔渣没有清除干净,也会造成层间夹渣。

2)质量预控

(1)采用焊接工艺性能良好的焊条,正确选择焊接电流,在坡口焊中宜选用直径 3.2 mm 的焊条。焊接时应将焊接区内的脏物清除干净;多层施焊时,应逐层清除熔渣。

(2)在搭接焊和帮条焊时,操作中应注意熔渣流动方向,特别是采用酸性焊条时,必须使熔渣滞留在熔池后面;当熔池中的铁水和熔渣分离不清时,应适当将电弧拉长,利用电弧热量和吹力将熔渣吹到旁边或后边。

(3)焊接过程中发现金属上有污物或焊缝上有熔渣,焊到该处应将电弧适当拉长,并稍加停留,使该处熔化范围扩大,把污物或熔渣再次熔化吹走,直到形成清亮熔池为止。

10. 气孔

焊接熔池中的气体来不及逸出而停留在焊缝中所形成的孔眼。

1) 气孔原因

(1) 碱性低氢型焊条受潮、药皮变质或剥落、钢芯生锈；酸性焊条烘焙温度过高，使药皮变质失效。

(2) 钢筋焊接区域内未清理干净。

(3) 焊条药皮偏心或碰偏吹造成电弧强烈不稳定。

(4) 焊接电流过大，焊条发红使空气侵入，造成保护失效。焊接速度过快，或空气温度太高。

2) 质量预控

(1) 各种焊条均应按说明书要求的温度和时间进行烘焙。药皮开裂、剥落、偏心过大以及焊芯锈蚀的焊条不得使用。

(2) 钢筋焊接区域的水、锈、油、熔渣以及水泥浆等必须清理干净，雨雪天不得焊接。

(3) 引燃电弧后，应将电弧拉长些，以便进行预热和逐渐形成熔池；在焊缝端部收弧时，应将电弧拉长些，使该处适当加热，然后缩短电弧，稍停一会再断弧。

(4) 焊接过程中，可适当加大焊接电流，降低焊接速度，使熔池中的气体完全逸出。

附：电弧焊接头质量要求

(1) 进行强度检验，每批切取三个接头进行抗拉试验，每个试件的抗拉强度均不得低于该级别钢筋的要求，并有两个试件必须呈塑性断裂。

当检验结果有一个试件的抗拉强度低于要求，或有两个试件发生脆性断裂时，应取双倍数量的试件进行复验。复验结果仍有一个试件的抗拉强度低于要求或有三个试件呈脆性断裂时，则该批接头为不合格。

(2) 应逐一对接头进行外观检查，要求焊缝表面平顺，没有裂纹和较大金属焊瘤。焊接缺陷及接头尺寸偏差不得超过表 8-2-4 要

求的数值。

表 8-2-4 焊接缺陷及接头尺寸偏差

项次	名 称	单位	接头形式		
			帮条焊	搭接焊	坡口焊
1	帮条沿接头中心线的纵向偏移	mm	$0.5d$	—	—
2	接头处弯折	度	4	4	4
3	接头处钢筋轴线的偏移	mm	$0.1d$	$0.1d$	$0.1d$
4	焊缝厚度	mm	3	3	3
5	焊缝宽度	mm	$-0.05d$	$-0.05d$	
6	焊缝长度	mm	$-0.1d$	$-0.1d$	
7	横向咬边深度	mm	$-0.5d$	$-0.5d$	
8	焊缝气孔及夹渣的数量及大小 (1)在 $2d$ 长的焊缝表面上	mm	0.5	0.5	0.5
		个	2	2	—
		mm ²	6	6	—
		个	—	—	2
		mm ²	—	—	6

注：①表中允许偏差值在同一项目内如有两个数值时，应按其中较严的数值控制。

②低温焊接接头的咬边深度不得大于 0.2mm 。

③ d 为钢筋直径。

第三节 钢筋电渣压力焊、气压焊质量预控

一、电渣压力焊接头质量

框架柱、剪力墙的竖向钢筋连接采用电渣压力焊连接，施工简单，操作方便，造价低。但是，在施工中受操作方法、电压、电流等多种因素的影响，往往会造成焊接接头质量缺陷，如轴线偏移，接头弯折，焊包薄而大，接头结合不良，焊包有不匀、气孔夹渣、下淌等现象。而钢筋焊接规定：焊包应均匀，突出部分至少高出钢筋表面 4mm ；电极与钢筋接触处，无明显烧伤缺陷；接头处的弯折角度不大于 4° ；接头处的轴线偏移不超过 $0.1d$ (d 为竖向钢筋直径)，同时不大于

2 mm。为避免上述缺陷,应采取相应的预防措施如下:

1. 上下钢筋轴线偏移

1) 产生原因

焊接钢筋端部有扭曲变形现象或夹具安装不正确,没有将钢筋夹好;夹具挤压力过大,造成钢筋错位;焊前晃动已夹好的钢筋,使上下钢筋错位;夹具本身已变形或扭曲。

2) 质量预控

焊前应先仔细检查钢筋端头,不顺直的部分应切除或矫正;安装夹具要正确,待上下钢筋同心后,上下夹钳才能同时均匀夹紧钢筋;夹好钢筋后严禁晃动钢筋,以免上下钢筋错位或夹具变形、扭曲;操作前先检查夹具是否变形及夹钳是否紧固,不能用的夹具、夹钳应及时更新或修理。

2. 接头处弯折

1) 产生原因

焊接后夹具卸得过早,接头处熔融金属没有完全固化,接头的强度和刚度还都很小,不能支撑上部钢筋。焊接时未注意扶持上部钢筋,在焊接或卸夹具时,上部钢筋晃动而接头处弯折。

2) 质量预控

一套电渣压力焊机应配置 5~6 套夹具,目的是保证接头焊接完毕后停歇 30s 以上再拆卸焊接夹具。这不仅便于焊接工具周转,接头降温缓慢,同时也可使接头在拆卸夹具时增加一定强度和刚度,避免上部钢筋向下歪斜。另外,焊接时或卸夹具时应用手扶持好上部钢筋,以免上部钢筋晃动,造成接头处弯折。

3. 焊包薄而大

1) 产生原因

挤压过程中,挤压速度过快且压力过大,把熔融的金属熔体过快地挤向四周。焊接电流过大或挤压过程的时间过长,使钢筋熔融的金属过多,从而造成挤压后焊包薄而大。

2) 质量预控

挤压时应逐渐下送钢筋,使上部钢筋把熔融的金属液体均匀地挤到钢筋周围,形成厚薄均匀、大小适中的焊包。因电渣压力焊的热效率较高,其焊接电流比闪光对焊的电流小一半,宜按钢筋端头的截面积确定焊接电流(一般取 $0.8\sim 0.9\text{ A/mm}^2$)。如果电流过大,会造成钢筋熔化过快,金属熔液过多,所以要选好焊接电流。另外,焊接过程中要控制好时间参数。一般焊接直径 16 mm 的钢筋,焊接时间为 18 s ;钢筋直径每增加 2 mm ,钢筋焊接时间相应延长 2 s 。如果焊接时间太长,也会导致钢筋熔化过量,造成焊包过大。

4. 接头结合不良,焊包过小或无包

1)产生原因

焊接前未能调整好夹头的起始点,使上部钢筋不能完全下送到位,与接头处不能完全结合;下部钢筋伸出钳口的长度过短,使熔融金属液体不能受到焊剂的正常依托;焊剂盒下部堵塞不严,使焊剂部分泄漏,金属液体流失;焊接时间短、焊接电流过小,顶压前过早断电,都会造成钢筋熔融量过小,使钢筋不能完全结合、有效排渣,从而不能形成正常的焊包。

2)质量预控

焊前应调整好夹头的起始点,保证上部钢筋能完全下送到位;安装夹具时,下部钢筋伸出钳口的长度不小于 70 mm ,保证伸出焊剂盒底部不小于 60 mm ,使熔融金属液体有足够的焊剂托裹,使上下钢筋能够正常结合;填装焊剂前焊剂盒底部要用布堵塞严实,以免焊剂从缝隙泄漏;焊前选好焊接电流,并控制好焊接时间,应在挤压过程开始的同时截断电流,保证钢筋足够熔化。

5. 焊包不匀、偏包或无包

1)产生原因

钢筋端面不平整,在挤压时不能把熔融金属液体均匀地向四周排挤;焊剂填装不均匀或焊剂内有杂质,不能形成均匀的渣池;电弧电压过高,产生偏弧现象,使钢筋端面不均匀熔化,没有呈微凸形,钢筋熔液一侧偏少或偏多;焊接时间短,钢筋熔化不完全,部分钢筋端

面熔化量不足;焊剂盒堵塞不严,熔化金属流失,形成焊包不匀、偏包或无包现象。

2)质量预控

施焊前注意检查钢筋端面是否平整,不平的应切除或矫正;安装焊剂盒时应保持钢筋居于焊剂盒中心,钢筋四周均匀填装焊剂,对回收的焊剂应清除净杂质后再用;焊前选择好合适的焊接参数,控制好焊机电压为40~45V,当进入造渣过程时,电压为22~27V;掌握好焊接时间,使钢筋完全熔化;填装焊剂前,要把焊剂盒底部与钢筋之间的缝隙堵严,以免焊剂和金属熔液流失。

6. 焊包有气孔、夹渣

1)产生原因

焊剂受潮,焊接时从焊剂中排出的气体进入金属熔液形成气孔;挤压过程时间长,上部钢筋端面不能呈微凸形,端面上不能形成由液态向固态转化的薄层,挤压过程中不能顺利排渣;焊接过程结束时没有及时进行顶压,造成部分钢筋熔液固化使焊渣不能排出;焊接部位埋入焊剂的深度不够,使焊渣不能通过焊剂顺利排出,并且金属液体与空气接触易形成气孔。

2)质量预控

焊接前应先把焊剂烘干;掌握好焊接断电和挤压时间,断电应与挤压同时开始,此时上部钢筋端面上形成一层介于固态和液态之间的薄层,通过挤压排出焊渣和其他杂质;填装焊剂时应把焊剂盒装满,以使焊接部位埋入焊剂深度满足要求(一般不小于60mm)。

7. 焊包下淌

1)产生原因

焊剂盒底部缝隙堵塞不严,致使钢筋熔液顺缝流下;焊后回收焊剂过早,熔液还未完全固化形成焊包。

2)质量预控

装焊剂前应把焊剂盒底部缝隙堵严;每个接头焊完后应停歇20~30s(寒冷地区可适当延长),待熔液稍微冷却固化后再回收

焊剂。

8. 钢筋(电极钳与钢筋接触处)烧伤

1) 产生原因

电极钳没有夹紧钢筋,接触不良;电极钳与钢筋接触处已锈蚀或有泥污,导电不良。

2) 质量预控

焊接前应检查电极钳是否夹紧钢筋,发现没有夹紧的应夹好,夹电极钳前应先 把钢筋上的锈和泥污除净。

为确保电渣压力焊接头质量,还应注意以下两点,即焊接夹具应有足够的刚度,在最大允许荷载下移动灵活,操作方便;所选焊剂要合格,一般应采用 431 型焊剂,因该焊剂含高锰、高硅与低氟成分,除起隔绝、保温及稳定电弧作用外,还能起补充熔渣、脱氧及添加合金元素的作用,使焊缝金属合金化。

二、气压焊接头质量

气压焊操作工艺合理,简便可行,不需电力,设备轻巧,使用灵活,可用于不同方位焊接,接头质量可靠,但操作不当、工艺参数选择不合理、钢材材质不适宜等,也会产生如图 8-3-1 所示的缺陷。

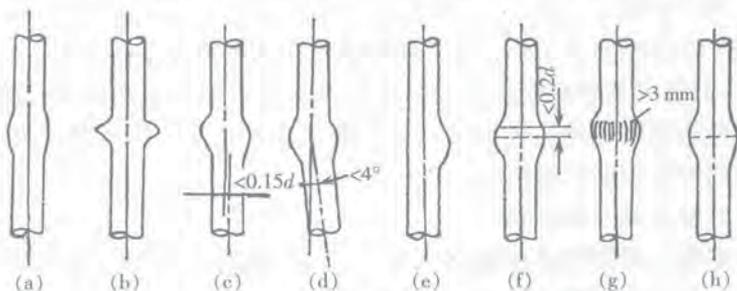


图 8-3-1 气压焊接头缺陷

(a) 焊包太小; (b) 帽檐状; (c) 偏心; (d) 弯折; (e) 偏凸;

(f) 压焊面偏移; (g) 过烧、纵向裂纹; (h) 平破面

1. 接头成型不良

焊接头镦粗区的最大直径小于 $1.4d$, 变形长度小于 $1.2d$, 见图 8-3-1(a); 出现帽檐状, 见图 8-3-1(b)。

1) 成型不良原因

(1) 焊接时加热温度不够, 焊缝区未达到可焊温度, 或者最终顶压力未达到 30 N/mm^2 以上。

(2) 装卡钢筋时, 夹具的顶紧螺丝未顶紧, 造成加压时钢筋打滑, 顶压力施加不上。装卡钢筋时, 夹具的活动夹头没有回到原始位置, 镦粗头尚未压成, 活动夹头已不再往前移动, 造成加压时活动夹头行程不够。

(3) 焊接加热时, 只在压焊面局部加热加压, 容易在压焊面部位出现帽檐状镦粗头。

2) 质量预控

(1) 焊接时焊缝区加热温度要达到可焊温度, 最终顶压力要达到 30 N/mm^2 以上。

(2) 加热时, 焊炬摆幅要达到 $2d$, 并且高温区要集中在焊缝段, 温度分布均匀。加压时, 应使镦粗区直径达到 $1.4d$ 以上, 变形长度达 $1.2\sim 1.5d$, 形状均匀, 平滑。

对于镦粗头直径小、变形长度不够的接头, 可靠上夹具重新加热、加压, 使镦粗头达到合格。帽檐状镦粗头要割掉重新焊接。

(3) 装夹具前要检查夹具的活动夹头是否回到原来位置。施焊前要检查顶紧螺丝是否顶紧。对于抱紧式夹具或凸轮压紧式夹具, 也要求检查钢筋夹紧情况。

2. 接头偏心和倾斜

焊接头两钢筋轴线偏移大于 $0.15d$, 或超过 4 mm , 见图 8-3-1(c); 接头弯折角度大于 4° , 见图 8-3-1(d)。

1) 偏心倾斜原因

(1) 钢筋端面处理不平, 倾斜角或马蹄端面。

(2) 夹具质量差, 两夹头不同轴, 夹具的调向螺丝没有调整好。

(3) 钢筋装卡时, 两钢筋轴线未对正。

2) 质量预控

(1) 钢筋要用砂轮切割机下料, 使钢筋端面与轴线垂直, 端头处理不合理不要焊接。

(2) 焊接前要检查夹具质量, 有无产生偏心和弯折的可能。办法是用两根光圆短筋夹持于夹具内, 检查两夹头是否同轴。

(3) 焊接完成后, 不能立即卸下夹具, 待接头红色消失后, 再卸下夹具, 以免钢筋倾斜。

3. 偏凸、压焊面偏移、过烧、纵向裂纹

焊接镦粗头不均匀, 一侧膨鼓过大, 另一侧没有膨鼓, 见图 8-3-1(e); 镦粗区最大直径处与压焊面偏移量大于 $0.2d$, 见图 8-3-1(f)。

钢筋压焊区表面有严重过烧现象, 镦粗区表面局部纵向裂纹宽度大于 3mm , 见图 8-3-1(g)。

1) 偏移烧裂原因

(1) 加热过程中, 钢筋没有在焊炬环形中央, 使钢筋受热不均匀, 靠近火嘴的一侧加热温度过高, 另一侧加热温度低, 加压后产生偏凸。不同直径钢筋焊接所需热量不同, 容易出现压焊面偏移。

(2) 加热温度过高, 接近熔点温度, 同时由于氧化性气体的渗入, 使晶粒间的物质氧化, 破坏了晶粒间的联系, 造成过烧。加热过程结束, 焊炬已停火, 但仍继续加压力, 使镦粗区表面压出裂纹。

2) 质量预控

(1) 加热、加压必须要符合工艺要求, 出现上述现象, 应切除重焊。

(2) 焊炬功率的选择要与钢筋直径相适应。

4. 平破面(未焊合)

焊接头受力后从压焊面破断, 断面呈平面, 没有焊合现象, 见图 8-3-1(h)。

1) 未焊合原因

(1) 钢筋端头处理不干净。

(2) 钢筋装夹间隙大于 3mm , 或端面毛刺未磨削净, 压焊面产

生间隙。

(3)加热时火焰利用不正确,使压焊面氧化。

2)质量预控

(1)钢筋切断要用砂轮锯,钢筋的压焊面尽可能与轴线成直角切断,剪力钢筋容易产生端头弯曲或端面缺肉。气割使端面凹凸不平,产生氧化膜,磨光机很难磨平。不要用剪切方式或气割切断钢筋,在压焊前必须用磨光机把钢筋的压焊面及周边的锈、油污、水、泥浆等清理干净。

(2)平破面的产生与间隙大小有关,间隙越小,产生平破面的可能性就越小。用磨光机削除钢筋周边的尖角、毛刺,使压焊面不产生间隙。

(3)加热初期特别注意用强碳化焰包围压焊缝隙,火焰不能离开,否则压焊面容易产生氧化膜,导致平破面的产生。

附:气压焊接头质量要求

项次	项目	质量要求	检验方法
1	工艺试验	在正式焊接生产前,采用与生产相同的钢筋,在现场条件下,进行钢筋焊接工艺性能试验,经试验合格,才允许正式生产	每批钢筋取6根试件,3根作拉伸试验,3根作弯曲试验,试验方法和要求与质量验收相同
2	外观检查	(1)墩粗区最大直径为 $1.4\sim 1.6d$,变形长度为 $1.2\sim 1.5d$; (2)压焊区两钢筋轴线的相对偏心量小于 $0.15d$,同时不大于 4mm ; (3)接头处钢筋轴线的曲折角不得大于 4° ; (4)墩粗区最大直径处与压焊面偏移要小于 $0.2d$; (5)压焊区表面不得有严重烧伤,纵向裂纹不得大于 3mm ; (6)压焊区表面不能有横向裂纹	外观检查全部接头,首先由焊工自己负责进行,后由质检人员进行检查,发现不符合质量要求的,要校正或割去重新焊接

续表

项次	项目	质量要求	检验方法
3	强度检验	<p>(1)接头拉伸试验结果,强度应达到该钢筋等级的规定数值;全部试件断于压焊面之外,并呈塑性断裂;</p> <p>(2)没有拉伸试验条件的,可以弯曲试验代替拉伸试验,试件受压面的凸起部分应除去,与钢筋外表面齐平,弯至 90°,试件不得在压焊面发生破断或出现宽度大于 0.5 mm 的裂纹。</p>	以 200 个接头为一批,不足 200 个接头的仍为一批,每批接头切取 3 个试件作强度试验,试验结果若有一个试件不符合要求,应取两倍试样,进行复验,若仍有一个试件不合格,则该批接头判为不合格品

第四节 钢筋(剥肋)滚轧直螺纹连接质量控制

钢筋(剥肋)滚轧直螺纹连接,是采用滚丝机将钢筋两端剥肋后滚轧出螺纹,再用直螺纹套筒使钢筋连接起来。其优点是对钢筋无特殊要求,接头可靠性好,操作简单,施工速度快,可全天候施工,可连接任意方向的钢筋,电机功率小,节能节电,连接简单,降低成本,提高工程质量。本段叙述钢筋(剥肋)滚轧直螺纹接头在施工之前和施工过程中的质量控制方法。

一、施工之前质量控制

1. 对原材料的质量控制

滚轧直螺纹连接的钢筋原材料进场后,要进行验算,检查钢材进场材质证明,钢筋上应有标识牌,钢筋应平直、无损伤,表面不得有裂纹、油污,钢筋上不得有颗粒状或片状老锈。钢筋原材料进场后按规定复验,见证取样和送样组数不应少于试验总数量的 30%,复验合格方准使用。

2. 连接套筒的质量控制

钢筋滚轧直螺纹连接套筒一般在技术提供单位进行加工,其质

量应符合相关标准要求,并按规定程序批准的图样和技术文件制造。

连接套筒采用纸箱包装,包装箱上应印有产品名称、规格、数量、重量,生产厂名及厂址;执行标准编号;合格证上标明出厂日期。

套筒进场时应审查合格证,合格证上需注明强度等级、材质、牙型角、螺距、螺纹精度,外观、规格、数量及出厂日期、质检员等。套筒外观无严重磕碰、划伤、毛刺、油污。

3. 型式检验的质量控制

应审查技术提供单位提交的滚轧直螺纹连接头的有效型式检验报告,该报告必须符合《钢筋机械连接通用技术规程》的规定。对每种级别、规格的滚轧直螺纹接头,型式检验试件不应少于12个,其中单向拉伸试件不应少于6个,高应力反复拉压试件不应少于3个,大变形反复抗压试件不应少于3个。同时尚应取3根同批、同规格钢筋试件做力学性能试验。

型式检验应由国家或省部级主管部门认可的专门检测机构进行,其检验结论才能得到认可。型式检验是产品定型后进行的系统性试验,型式检验报告中须记载送检试件中的各项参数,且检验报告仅适用于符合这些基本参数的接头产品。故型式检验报告中必须详细记载接头试件各项基本参数,以便日后对照查证。

4. 接头工艺检验质量控制

钢筋滚轧直螺纹连接工艺开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋进行工艺检验,目的是检验接头技术提供单位所确定的工艺参数是否与本工程中的进场钢筋相适应。工艺检验应符合下列要求。

- (1) 每种规格钢筋的接头试件不应少于3根;
- (2) 对接头试件的钢筋母材应进行抗拉强度试验;
- (3) 3根接头试件的抗拉强度均应符合《钢筋机械连接通用技术规程》的规定。

二、施工过程中质量控制

滚轧直螺纹钢筋连接技术施工内容及程序包括:原材料钢筋切

断,断头修正;滚丝头长度,安装保护套;滚丝机械的调试、定位;套筒与滚丝头的连接配套,注意根据实际情况选用标准型套筒或者加大型套筒;注意在连接钢筋的过程中,钢筋滚丝头的外露长度、钢筋与套筒结合紧密程度的控制;钢筋丝头的质量检验及刀片的更换。

1. 滚轧直螺纹接头的质量控制要点(见表 8-4-1)

表 8-4-1 滚轧直螺纹接头的质量控制要点

容易出现的质量问题	出现的原因	控制方法
剥肋直径偏小或偏大 钢筋套丝头不平整、 钢筋头弯曲,安装套 筒时费力甚至无法 安装 套丝头的螺纹被破坏	张刀环、压环螺丝位置不准确 ①切断钢筋时,不认真负责; ②钢筋在运输过程中因碰撞 而弯曲 塑料保护套安装不牢固,在 运输过程中脱落造成 ①套筒偏小;②钢筋不直	调整张刀环、压环螺丝位置 ①加强检查,提高操作人 员责任心;②加强钢筋在 吊装、运输过程中的管理, 遇到障碍物时及时避开 ①注意合理使用尺寸大小 合适的保护帽;②套丝钢 筋在吊装、运输过程中小 心慢速进行
套丝头钢筋无法拧进 套筒	原因不明	①换套筒,选用加大套筒; ②调直钢筋,直到顺利拧 进为止
外露丝扣过多	①套丝过长;②套丝钢筋头 没有拧到位	①截除重新套丝,并调整 张刀限位座与剥肋压环之 间的相对位置;②加长力 臂将钢筋拧到位
反丝套筒连接时拧 不紧	旋入的钢筋丝口水平位不对 齐,造成被连接的钢筋在保 证其弯头在同一平面时,钢 筋头不能与套筒有效紧密 对接	①先将直段钢筋连接好后 再进行弯曲加工;②不使 用反丝套筒
异径套筒拧不紧	原因不明	先拧粗钢筋,再拧细钢筋

1) 剥肋直径大小控制不好

将剥肋直径的大小控制在允许偏差范围以内,一旦发现有较大偏差,应立即让操作人员停机检查。经过调整张刀环、压环螺丝的相互位置,进行试加工,合格后再进行批量加工。

2) 钢筋套丝头不平整、钢筋头弯曲

做好钢筋加工、钢筋套丝、钢筋连接的技术交底工作；同时对钢筋套丝头一端钢筋的平直度进行控制。将弯曲度的偏差大小控制在允许范围以内，一旦发现有较大偏差，应立即让加工人员停机，调整钢筋，对无法调直的予以更换。

3) 套丝头的螺纹被破坏

每个钢筋套丝头的保护帽必须完好，一旦发现有掉落、漏戴情况，应立即让操作人员检查其他钢筋并逐一重新佩戴保护帽。

4) 套丝头钢筋无法拧进套筒

对已经套丝的钢筋在安装过程中的质量进行控制，发现有钢筋拧不进去的，立即整改。

5) 外露丝扣过多

对已经套丝的钢筋丝头长度进行控制，发现有钢筋套丝过长的，立即整改。用螺纹环规检查：通常顺利旋入外露0~3扣，止规不能拧进（允许拧进3扣以内）为合格；套筒手拧，钢筋丝头应外露0~3扣。

6) 异径套筒拧不紧

对相接的不同直径的钢筋头连接，发现有钢筋没有拧紧的，取下上部的小直径钢筋，先将大直径钢筋拧紧，再拧紧小直径钢筋。

2. 滚轧直螺纹连接的工艺控制

1) 接头加工工艺控制流程

检查待加工钢筋→滚丝机空车试转→调整滚丝机（滚丝轮、定位盘）→夹装钢筋→滚轧螺纹→拧连接套筒保护帽→堆放待用。

滚轧直螺纹时应注意：

①钢筋接头下料断面应垂直于钢筋轴线，端头不得有翘曲或马蹄形，滚轧丝扣的钢筋端头应平整，必须用无齿锯下料，而且在端部500 mm长度范围内应保证圆直，不允许弯曲，不允许将气割或切断机下料的端头直接加工；

②滚轧丝扣的长度、直径、饱满度应符合要求。

2) 接头连接工艺控制流程

检查滚轧螺纹外观→用专用扳手旋合钢筋→连接好的接头作标记→检查待连接的一端是否有保护帽→自检接头→接头检验批验收。

应注意:旋合接头时,用扳手将连接套筒拧到位,外露有效丝扣少于2扣。

3. 质量检验及具体要求

1) 接头加工

(1) 加强套丝机械定位器具检查,磨损过度的配件及时更换。

(2) 螺纹长度的设定与调整

滚丝机的滚丝调整环台为A、B两种规格,A环覆盖16mm、18mm、20mm、28mm、32mm各种规格,B环覆盖20mm、22mm、25mm、36mm、40mm各种规格。通过旋转滚丝调整环,可连续调节滚轮的径向位置,改变滚轧丝头螺纹的直径尺寸。丝头螺纹尺寸需用丝头螺纹环规检查,符合环规者为合格,否则为不合格。

(3) 全面检验项目

①用游标卡尺检测钢筋剥肋直径,用直尺检查剥肋长度。

②用直尺检查钢筋完整螺纹的长度应符合要求。

③用目测检查该长度内的牙型,不完整扣(低于中径的螺纹)累计长度 ≤ 2 扣为合格。

④用螺纹环规检查——通端顺利旋入外露0~3扣,止规不能拧进(允许拧进3扣以内)为合格;套筒手拧,钢筋丝头应外露0~3扣。

⑤目测检查滚轧的钢筋丝头牙型是否饱满,螺纹是否光洁。

⑥目测检查螺纹牙顶是否偏心,如偏心造成不饱满螺牙 ≤ 2 扣仍为合格。

通过3个丝头检验均合格,方可批量生产。

2) 钢筋连接

从工具的合理使用到施工程序、方法的合理运用上严格制度。具体要求如下:

(1) 使用工具为钢筋螺纹连接专用扳手(不必用力矩扳手);

(2)等直径钢筋连接程序:去掉套丝头塑料保护帽→清洁螺纹丝头→组装接头→先将套筒拧在钢筋其中较为容易操作的一端(外露丝扣1扣左右)→再将另一根钢筋拧进套筒的另一端→2根钢筋在套筒中心相接触→检查有无缺陷→完成;

(3)异径钢筋连接程序与等径钢筋连接程序基本一致,但必须首先拧紧粗钢筋,使之端头紧套筒内台肩,再拧细钢筋;

(4)反丝套筒连接程序:先将正丝扣与正丝扣钢筋头、反丝扣与反丝扣钢筋头轴线对中→顺时针拧套筒,使套筒两端的钢筋同时进入套筒,直到拧不动为止→用两把扳手分别锁紧套筒两端的钢筋,用第3把扳手夹紧套筒并用力拧转,直到拧不动为止。

4. 对滚轧直螺纹连接的验收

1)对丝头的验收

(1)加工的钢筋丝头应逐台自检,对出现不合格丝头者切去重新加工。

(2)自检合格的丝头随机抽样,以一个工作班加工的丝头为检验批,随机抽检10%,若合格率小于95%应加倍抽检,复验中合格率仍小于95%时,应对全部丝头进行逐个检验。

(3)滚轧直螺纹丝头的强度应达到行业标准JGJ 107—2003中相应等级接头的强度要求。

(4)钢筋直螺纹丝头应有保护帽或连接套筒保护丝头。

2)连接套筒的验收

(1)每批随机抽检5%,抽检合格率应大于95%,当抽检合格率小于95%时,应另抽取同样数重新检验。当两次抽检的平均合格率不小于95%时,应判此批为合格;若合格率仍小于95%时则应对该批连接套筒逐个检验,合格者方可使用。

(2)连接套筒应有合格证和料质证明书。

(3)连接套筒一端应有塑料保护帽。塑料保护帽上应有与连接钢筋规格相同的规格标志。

3)直螺纹接头的验收

(1)同一施工条件下,采用同一批材料的同等级、同规格的接头,以 500 个为一个验收批,不足 500 个的也作为一个验收批。

(2)对每一验收批接头,必须在工程结构中随机截取 3 个试件进行单向拉伸试验,当每个试件单向拉伸试验均达到强度要求时,该验收批判为合格;若有一个试件的强度不合格,应再取 6 个试件进行复验,复验中有 1 个试件试验结果不合格,则此验收批判为不合格。

(3)套筒两端拧入连接套的长度应相等,差值不大于 1 个丝扣。

(4)两端钢筋丝头应拧紧,使钢筋丝头端部顶紧。

(5)拧紧的接头应做油漆标记。

第五节 钢筋及钢筋加工、安装质量预控

一、钢筋质量

1. 表面锈蚀

钢筋表面出现黄色浮锈,严重的转为红色,日久后变成暗褐色,甚至发生鱼鳞片剥落现象。

1)表面锈蚀原因

仓库环境潮湿,通风不良,存放期过长。

2)质量预控

应存放在仓库或料棚内,保持地面干燥;垫木垫起,保证离地面 20 cm 以上;仓库存放期限不得过长。

淡黄色轻微浮锈不必处理。红褐色锈斑可用钢丝刷刷锈或麻袋布擦锈,尽可能采用机械方法除锈。盘条细钢筋可通过冷拉或调直过程除锈。对于锈蚀严重的钢筋,应降级使用。

2. 钢筋曲折

1)曲折原因

运输车辆较短,条状钢筋弯折过度;吊车卸车时,挂钩或堆放不慎,压垛过重。

2) 质量预控

采用车架较长的运输车辆或用挂车接长运料;对于较长的钢筋,尽可能采用吊架装卸车,避免用钢丝绳捆绑。

采用矫直台将弯折处矫直。矫直后应检查有无局部细裂纹。对Ⅱ、Ⅲ级钢筋的曲折后果应特别注意。

3. 成形后弯曲处裂缝

钢筋成形后弯曲处外侧产生横向裂缝。

1) 裂缝原因

钢筋冷弯性能不良;成型场所温度过低。

2) 质量预控

成型场所维持环境达到 0°C 以上。

取样复查冷弯性能;取样分析化学成分。

二、钢筋加工

1. 剪断尺寸不准

剪断尺寸不准或被剪断钢筋端头不平。

1) 不准原因

定尺卡板活动;刀片间隙过大。

2) 质量预控

拧紧定尺卡板的紧固螺栓;调整固定刀片与冲切刀片间的水平间隙,冲切刀片作往复水平动作的剪断机间隙以 $0.5\sim 1\text{mm}$ 为宜。

2. 成型尺寸不准、箍筋不规方

钢筋长度和弯曲角度不符合要求。箍筋成型后拐角不成 90° ,或两对角线长度不相等。

1) 不准确、不规方原因

下料不准确;手工弯曲时,扳距选择不当;角度控制没有保证措施。箍筋边长成型尺寸误差过大,没有严格控制弯曲角度;一次弯曲多个箍筋时没有逐根对齐。

2) 质量预控

根据设备情况和操作经验,预先确定各种形状钢筋下料长度调整值;为了画线简单和操作可靠,根据实际成型条件(弯曲类型和相应下料调整值、弯曲处曲率半径、扳距等),制定一套画线方法以及操作时搭扳子的位置规定备用。画线方法:画弯曲钢筋分段尺寸时,将不同角度的下料长度调整值在弯曲操作方向相反一侧长度内扣除,画上分段尺寸线;形状对称的钢筋,画线从钢筋的中心点开始,向两边分画。

扳距大小应根据钢筋弯制角度和钢筋直径(d)确定,见表8-5-1。

表 8-5-1 扳距参考值

弯制角度	45°	90°	135°	180°
扳距	1.5~2d	2.5~3d	3~3.5d	3.5~4d

为了保证弯曲角度符合要求,在设备和工具不能自行达到准确角度情况下,可在成型案上画出角度准线。一次弯曲多个箍筋时,应在弯折处逐根对齐。

3. 螺旋筋直径不准

1) 螺旋直径不准原因

螺旋筋成型所得的直径尺寸与绑扎时拉开的螺距和钢筋的弹性性能有关,直径不准是由于没有很好考虑这两点因素。

2) 质量预控

应根据钢筋性能和所要求的螺距大小预先确定卷筒的直径。当盘缠在卷筒上的钢筋放松时,螺旋筋就会外弹出一些,拉开螺距后又会使直径略微缩小,其间差值应由试验确定。

三、钢筋安装

1. 钢筋骨架外形尺寸不准

1) 外形尺寸不准原因

钢筋骨架外形尺寸不准,这和各号钢筋加工外形是否准确有关,

如果成型工序能确保各部尺寸合格,就应从安装质量上找原因。安装质量影响因素有两点:多根钢筋端部未对齐;绑扎时其号钢筋偏离位置。

2) 质量预控

绑扎时将多根钢筋端部对齐,防止钢筋绑扎偏斜或骨架扭曲。切忌用锤子敲击,以免骨架其他部位变形或松扣。

2. 同截面积接头超标

1) 接头超标原因

钢筋配料时,钢筋的长度。忽略了配置在构件同一截面中的接头数量;忽略了某些杆件不允许采用绑扎接头。

2) 质量预控

(1)纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头区段的长度为 $35d$ (d 为纵向受力钢筋的较大直径),且不小于 500 mm ,由接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。同一连接区段内,纵向受力钢筋的接头面积百分率,在受拉不宜大于 50% ;直接承受动力荷载的构件中,不宜采用焊接接头,当采用机械连接接头时,不应大于 50% 。

配料时按下料单钢筋编号再划出几个分号,注明分号之间的搭配,对采用同一组搭配而各分号是一顺一倒安装的,要加文字说明。

(2)钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 $1.3l_l$ (l_l 为搭接长度),凡搭接接头中心位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段。同一连接区段内,纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率,对梁、板、墙类构件,不宜大于 25% ;对柱类构件不宜大于 50% 。

对轴心受拉和小偏心受拉杆件中的受力钢筋连接,不得采用绑扎接头。

3. 钢筋保护层过小或露筋

1) 过小或露筋原因

保护层垫块过稀或脱落,由于钢筋成型尺寸不准确,或钢筋骨架绑扎不当,造成骨架外形尺寸偏大,局部抵触模板、振捣混凝土时振

动器撞击钢筋,使钢筋移位或引起绑扎松散。

2) 质量预控

垫块垫得适量可靠,竖立钢筋可采用埋有铁丝的垫块,绑在钢筋骨架外侧;同时,为使保护层厚度准确,应用铁丝将钢筋骨架拉向模板,将垫块挤牢;严格检查钢筋的成型尺寸。

第六节 钢筋绑扎和防止移位、污染的措施

一、钢筋绑扎质量问题分析

钢筋绑扎是否规范,直接影响工程质量。常见的钢筋绑扎质量问题分析如下:

(1) 主梁上有次梁作用,常采用吊筋抗剪(图 8-6-1)。常见质量问题:水平锚固长度不足 $20d$ (d 为吊筋直径);吊筋下部只放至次梁底处,应放至主梁底部。

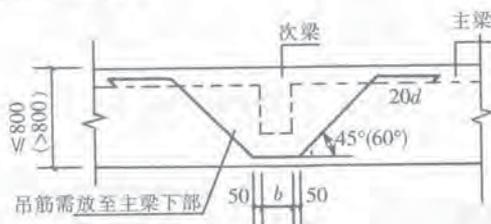


图 8-6-1 吊筋绑扎示意

(2) 主梁上有次梁作用,附加箍筋的构造见图 8-6-2。常见质量问题:箍筋间距过大,通常为 $50\sim 100\text{ mm}$;加密宽度不足。

(3) 受力钢筋接头面积允许百分率,同一截面的概念是指接头区段。对于搭接指至任一接头中心间距 1.3 倍搭接长度范围内;对于焊接指至任一接头中心 $35d$,且不小于 500 mm (图 8-6-3)。

(4) 现浇板钢筋绑扎,单向板,除靠近外围两行钢筋交叉点全部扎牢以外,其余交叉点可间隔交错扎牢;如为双向板,钢筋交叉点应

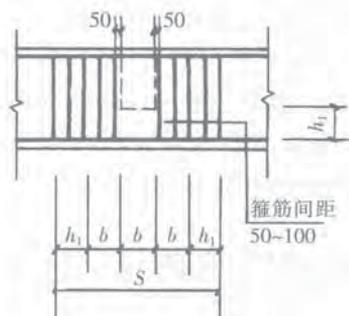


图 8-6-2 附加箍筋示意

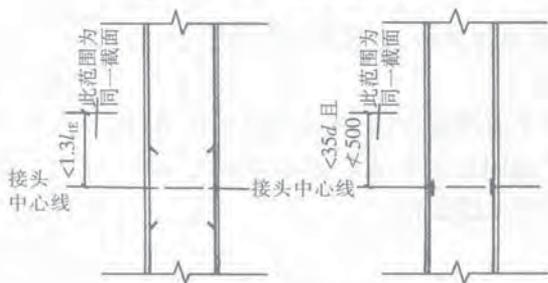


图 8-6-3 受力钢筋接头示意

全部扎牢。

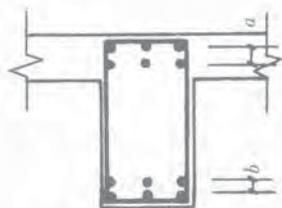


图 8-6-4 梁中双排钢筋示意

(5) 受拉钢筋的锚固长度, 与钢筋的规格、类型、混凝土强度等级及抗震设防烈度有关, 应按规定合理选择锚固长度。

(6) 梁中双排钢筋间距, 如图 8-6-4 所示。上部排钢筋, 主梁间距 a 为 30~70 mm, 次梁间距 a 为 30~50 mm; 下部排钢筋间距 b 为 25~50 mm。

二、防止钢筋移位和污染的措施

在绑扎完剪力墙和柱子钢筋, 墙、柱模板支设完毕, 剪力墙和柱子

钢筋已经固定,墙、柱模板位置便对剪力墙和柱子的竖向钢筋进行加固,防止浇筑混凝土时钢筋产生移位和污染。具体做法如下:

(1)对于剪力墙,利用工地上直径为 12~18 mm 的钢筋废料和下脚料,按剪力墙的横向长度分成几等份,每一等份长度为 2~3 m,用电焊接成水平定位钢筋,以防止剪力墙钢筋的水平位移。首先按剪力墙竖向钢筋的间距(一般为 140~200 mm)在水平定位筋上画线,在线上用粉笔画出竖向钢筋的直径(此时要注意内外侧钢筋直径可能不同),然后在两侧焊上 120~180 mm 长的钢筋(剪力墙厚度一般为 200~300 mm,扣去保护层厚度绑扎在一起,能控制墙体截面),两个短钢筋间距比竖向钢筋直径大 3~5 mm,按照这种方法焊接成 2~3 m 水平定位钢筋,焊好后分出内外侧,分类放置,待剪力墙钢筋绑扎完毕,模板加固后,把水平定位钢筋卡在墙体竖向钢筋上,每两个短钢筋卡住一根竖向钢筋,两个水平的 120~180 mm 的钢筋用绑扎丝绑紧。这样,剪力墙的竖向钢筋就不会沿剪力墙的方向左右移位,而截面尺寸又有 120~180 mm 钢筋和垫块保障。待混凝土浇筑完毕,拆掉水平定位钢筋,分类放置,以备下次再用,见图 8-6-5。

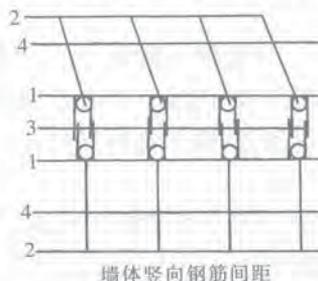


图 8-6-5 剪力墙钢筋加固示意

- 1—水平定位钢筋;2—墙竖向钢筋;
3—短向定位钢筋;4—墙体模板

(2)对于框架柱,在柱子钢筋绑扎完毕,在梁或板上柱子部位多绑一个相同的柱子箍筋,在此箍筋上相应柱子竖向钢筋两侧用废钢筋焊接成 50 mm 长的钢筋,卡住柱子主筋,浇筑完混凝土后不取出,

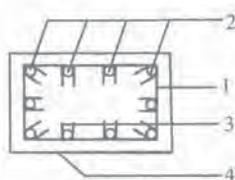


图 8-6-6 框架柱钢筋加工示意

- 1—定位箍筋；2—柱竖向钢筋；
3—短向定位钢筋；4—柱模板

直接在原位置绑扎柱子主筋。这种方法对于防止柱子主筋位移很有效,见图 8-6-6。

(3)剪力墙、柱钢筋上部防止污染,在浇筑混凝土时,由于输送泵的冲击力和振捣棒的振捣,混凝土会污染钢筋。而一般的墙、柱竖向钢筋在 25 mm 以内,可用废旧 PVC 管,其直径比墙、柱立筋稍粗,直接套在墙、柱竖向钢筋上,长度以 800~1 000 mm 为宜。PVC 管下端可直接放在墙、柱水平定位钢筋上,两端用胶带纸缠在钢筋上,待浇筑混凝土时,PVC 管不移动,混凝土不会污染钢筋,还可以在 PVC 管上抄出板的标高控制线,控制混凝土的浇筑高度,待混凝土浇筑完毕,抽出 PVC 管,擦掉 PVC 管上面的混凝土浆后存放,PVC 管可以重复使用。

第七节 冷轧扭钢筋的使用问题

冷轧扭钢筋强度高、与混凝土黏结力好,已被大量用于现浇楼板中,逐渐成为普通光圆筋的替代品。但也发现该产品的一些弊端和施工中难以控制的质量问题,因此在冷轧扭钢筋混凝土现浇楼板施工中,应注意做好以下几点:

(1)避免用于直接承受动力荷载的钢筋混凝土现浇板中

这是由冷轧扭钢筋的力学性能所决定的,冷轧扭钢筋为强冷化无明显屈服点钢材,其拉断伸长率 $\delta_{10} \geq 4.5\%$ 。但不能用于直接承受动力荷载的现浇板钢筋。

(2)做好冷轧扭钢筋的防锈蚀工作

冷轧扭钢筋表面光滑、无氧化膜,如果长时间放置、雨淋或处于潮湿环境,其表面容易锈蚀,不仅会影响钢筋质量及钢筋混凝土构件质量,甚至会造成现浇板钢筋铺设方向的板下裂缝。放置在非潮湿

环境的冷轧扭钢筋基本上能保持 15 d 以上无锈蚀。而处于潮湿或雨淋环境的冷轧扭钢筋 3~5 d 就会锈蚀。施工中对冷轧扭钢筋应采取适当的防雨、防潮措施,保证非雨淋、非潮湿的钢筋加工、制作和放置环境。同时,对有老锈或锈蚀严重的冷轧扭钢筋,要检查钢筋的轧扁厚度是否满足《冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程》(JGJ 115—1997)的要求,在能够保证钢筋质量的条件下,经除锈处理后,方可用于工程。

(3) 保证冷轧扭钢筋混凝土楼板的保护层

冷轧扭钢筋外观呈连续螺旋状,在现浇楼板中钢筋与保护层垫块之间接触面积较小,施工中经混凝土振捣器振捣,很容易导致冷轧扭钢筋在垫块上失稳,影响保护层的厚度,严重的可造成楼板大面积露筋,甚至会产生板下裂缝等质量问题。施工中一定要保证保护层厚度,采用与楼板混凝土同强度等级、带绑扎丝的砂浆垫块,在合理的间距内,与冷轧扭钢筋绑扎牢固。混凝土浇筑中,应边施工边检查,对于保护层厚度不足的,要及时采取适当的措施。

(4) 严格控制冷轧扭钢筋的接头质量

冷轧扭钢筋要尽量避免纵向受拉接头,以充分发挥冷轧扭钢筋的高强度。对于不得不采用接头的冷轧扭钢筋,不得采用焊接接头,而应采用绑扎,其接头位置宜设置在受力较小处并相互错开。纵向受力冷轧扭钢筋搭接长度不应小于最小锚固长度 l_a 的 1.2 倍,且不小于 300 mm。即 C20 混凝土冷轧扭钢筋搭接长度大于或等于 54 倍标志直径,且不小于 300 mm; C25 混凝土冷轧扭钢筋搭接长度大于或等于 48 倍标志直径,且不小于 300 mm; C30 混凝土冷轧扭钢筋搭接长度大于或等于 42 倍标志直径,且不小于 300 mm,并且在规定的搭接长度区段内,有接头的受力钢筋截面面积不应大于总截面面积的 25%。

第八节 框架梁柱节点钢筋质量预控

梁柱节点柱主筋、箍筋,梁主筋位置、数量及梁主筋锚固长度是否正确,直接影响框架结构的质量。消除梁柱节点钢筋施工质量问题,有利于保证和提高主体结构的质量。

1. 柱主筋保护层过厚或过薄,主筋位移或露筋

1) 原因分析

(1)浇筑梁柱节点混凝土时,用手掰开梁柱节点核心区主筋后,用料斗直接将混凝土倒入模中,致使柱主筋位移。

(2)混凝土保护层垫块厚度不符合要求或漏放。

(3)对位移主筋未及时调整到位。

(4)对柱主筋缺少限制位移措施。

(5)混凝土浇筑时主筋被碰或撞斜,未及时纠正。

2) 质量预控

(1)掰开梁柱节点中柱主筋后,应先将料卸在料盘上,后由人工入模。

(2)混凝土垫块按规定放置。保护层厚度必须符合设计或规范要求。

(3)对柱位移主筋应按 1:6 坡度调整到位。柱主筋外伸部分加一道临时箍筋。

(4)在梁柱相接的水平面上,加一道由钢筋制成的卡具固定,最好柱轴线后采取限制位移措施。

(5)振捣棒头或下料斗应避免碰撞钢筋,如果发现撞斜主筋,应及时校核纠正。

2. 梁柱节点箍筋加密区的钢筋加工安装不合要求

梁柱节点箍筋加密区的箍筋少放,绑扎铁丝少扣、漏扣、松扣,箍筋绑扎间距不匀,高低不平,箍筋重叠堆放在纵横交叉的梁受拉钢筋上面,箍筋被电焊从中间割断,箍筋闭合处未错开设置。梁受力筋端

头锚入支座中的长度不足,位置、间距不合要求,梁主筋端头 90° 弯钩平直部分在锚入支座时,用电焊割掉,梁主筋端头有焊接接头放在支座中,当梁主筋为双排钢筋时,叠合在一起或两排钢筋间距太大。

1) 原因分析

(1)梁柱节点处梁主筋纵横交叉,又是箍筋加密区,钢筋安装绑扎不便。

(2)梁柱节点钢筋绑扎中,预先全部绑扎好柱核心区加密箍筋,再安装绑扎梁纵横交叉的受力筋,当受力筋端头为 90° 弯钩时,在不易放进支座的情况下用电焊将部分箍筋从中间割断。

(3)梁受力筋锚入支座中的长度不够,梁主筋端头有焊接接头锚入支座中。

(4)梁受力筋锚入支座中的位置、间距不均,当梁主筋为双排钢筋时,在支座中叠合在一起,或双排钢筋间距拉大。

(5)梁柱节点加密区箍筋弯钩闭合处未相互错开。

2) 质量预控

(1)严格操作工艺,对梁柱节点箍筋加密区,应把梁受拉筋锚入支座,并和核心区箍筋按序密切配合,一道绑扎牢固。

(2)不能随意用电焊割断柱核心区加密箍筋和梁主筋锚入端弯钩平直部分。

(3)梁受拉筋锚入支座中的长度应符合规定。梁受力筋端头有焊接接头时,应按规范要求执行。

(4)梁柱节点中梁受力筋的位置、间距要均匀安放;当梁受力筋为双排筋时,应拉开双排钢筋间距,按规范要求执行。

(5)梁柱节点箍筋加密区弯钩闭合处,应沿受力钢筋方向错开设置。

(6)对梁柱节点核心区钢筋逐根进行隐蔽检查验收,无误后再进行下道工序。

第九节 钢骨混凝土结构箍筋施工质量措施

钢骨混凝土柱箍筋,每组由 3~5 道不同形式的箍筋叠合组成,主要形式为矩形、菱形、六边形、八边形和拉钩(图 8-9-1)。

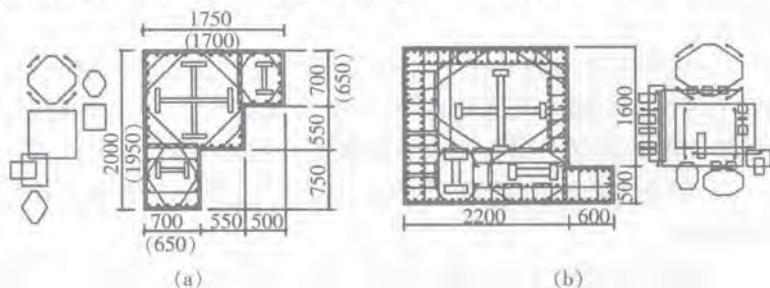


图 8-9-1 箍筋形式示意

(a)矩形、菱形;(b)多边形、拉钩

一、箍筋施工难点及质量问题

(1)钢骨混凝土结构中箍筋的形式少有常规的方形、矩形,多为多边形的异型箍筋,箍筋形式复杂。每组箍筋都由几道不同形式的箍筋叠合而成,箍筋繁密。

(2)箍筋直径大,大多为直径 18 mm,弯曲半径达到 45 mm,且异型箍筋弯折角度变化多,加工的准确性有相当难度。弯钩平直段长度达到 180 mm,极易碰到钢骨,甚至卡住钢骨。

(3)钢柱截面为 H 形、十字形,翼缘表面布满 90 mm 长的 $\Phi 22$ 栓钉,栓钉间距 100~200 mm,耳板伸出腹板 135 mm,连接长度为 645 mm,套箍时不能水平放置,只能斜向套箍。钢柱保护层厚度 120 mm,柱筋保护层厚度 25 mm,纵筋与钢柱的净间距大于 30 mm,箍筋保护层厚度 15 mm,而箍筋直径达到 18 mm,弯角处很难满足保护层要求。

(4)楼层高度高,钢柱固定后,必须搭设高排架来套装箍筋,操作不方便,对安全、质量都有不利影响。

由于钢骨混凝土结构中的异型箍筋形式复杂,施工难度高。如果采用常规的混凝土结构安装方法进行施工(钢骨吊装、焊接、探伤→连接竖向钢筋→箍筋套装、绑扎),箍筋套装与钢骨吊装、柱筋连接交叉作业,会大大增加箍筋套装的难度,必须在施工方法上采用先进、有效的施工技术,方能解决以上问题。

二、箍筋施工方法

采用半装配式箍筋安装方式。施工工艺流程为:套装柱的箍筋→在加工场地预先套装→半箍筋在钢骨上→吊装已套箍筋的钢骨→钢骨焊接、探伤→连接竖向钢筋→柱上堆积的箍筋上提绑扎→钢骨预装箍筋套装绑扎→剩余少量箍筋套装绑扎。

1. 套装柱的箍筋

在上下层柱主筋进行直螺纹连接之前,先将部分箍筋套入,堆积有1m多高,待钢骨柱安装完成、柱主筋连接好后,把堆积的箍筋上提绑扎。

2. 钢骨预套箍筋

在加工场地先将钢骨柱水平放置,并用方木垫高,将一半箍筋套装在钢骨上半段,利用钢骨的穿筋孔,设置 $\phi 32$ 插销临时固定箍筋,将箍筋和钢骨同时吊装。由于部分箍筋在加工场地套箍容易,吊装后不受钢骨焊接、主筋连接的影响,操作简便,质量可靠。

3. 钢骨吊装焊接

钢柱吊装可利用连接板上的螺栓孔,为了便于吊装和防止起吊时连接板变形,采用专用吊具,吊具用高强度螺栓与连接板连接。安装时采取临时固定措施,并进行垂直观测,防止钢骨偏位。

4. 柱主筋连接

直螺纹连接过程中随时调整柱筋,防止钢筋安装偏斜或骨架扭曲。

5. 柱上堆积的箍筋上提绑扎

将柱上堆积的箍筋按规定间距逐根上提到位进行绑扎,注意控制钢筋骨架的垂直度。

6. 钢骨预装箍筋套装绑扎

将钢骨上预套的箍筋按规定间距逐根下套绑扎。

7. 套装余下的箍筋

检查箍筋间距、水平度、保护层,并调校钢筋骨架。

三、质量保证措施

1. 异型箍筋形式复杂,不便于施工

针对异型箍筋形式复杂不便于施工的问题,采取施工前先在现场放样做样箍的方法,将每种类型的箍筋按 1:1 制作实物大样,会同设计技术人员逐个找出不合理之处进行修改。对确定无法套进钢柱的箍筋,在满足最小配筋率的情况下尽量简化箍筋的形式,把部分异型箍改为矩形箍,减少每组箍筋内肢数。由于弯钩平直段长度达到 180 mm,将少量碰到钢骨的箍筋修改为焊接箍筋。

2. 异型箍筋角度变化较多,加工困难

加强对箍筋下料的控制,提高箍筋加工的准确性。由于异形箍筋角度变化较多,且箍筋的直径为 18 mm,弯曲半径大,加工较困难,对制作和加工设备提出了较高要求,必须对现场加工机具进行保费、维修,对弯曲的中心轴统一进行更新,并及时调整不同直径箍筋的弯曲中心,使成型尺寸准确,当一次弯曲多个箍筋时,应在弯折处逐根对齐。

3. 钢骨、柱主筋偏位

在钢骨安装、柱主筋连接时要对钢骨和连接好的主筋进行临时固定,防止偏位或扭曲后无法套箍。对个别偏位的柱筋要在箍筋绑扎前进行调校。

4. 箍筋的制作加工、安装方法及质量要求

在每一工序施工前均由技术人员进行详细技术交底及现场指导。对于复杂部位箍筋的绑扎先做样板,组织现场操作人员现场学习,同时加强质检力度,将质量检查贯穿于施工全过程,使施工工序质量达到内控要求。