



吴成材 杨熊川 王金平 尹松 吴文飞 编

钢筋连接技术手册

中国
建筑
工业
出版
社

TC/755.3

W-213B

钢筋连接技术手册

吴成材 杨熊川 王金平 编
尹松 吴文飞

中国建筑工业出版社

885790

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

钢筋连接技术手册/吴成材等编. -北京: 中国建筑工业出版社, 1999

ISBN 7-112-03855-3

I. 钢… II. 吴… III. ①钢筋-焊接-技术手册②钢筋-连接技术-技术手册

IV. TU755.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 01011 号

本手册分上、下两篇, 上篇介绍钢筋焊接, 下篇介绍钢筋机械连接。

钢筋焊接篇内容有: 钢筋的焊接性和一般规定; 钢筋电阻点焊; 钢筋闪光对焊; 钢筋电弧焊; 钢筋电渣压力焊; 钢筋气压焊; 预埋件钢筋埋弧压力焊; 接头质量检查与验收; 焊工操作技能考试和安全技术; 钢筋焊接接头试验方法。

钢筋机械连接篇内容有: 钢筋机械连接通用技术规定; 钢筋径向挤压连接; 钢筋轴向挤压连接; 钢筋锥螺纹接头连接。

两篇内容均根据相关的技术标准, 总结实践经验, 针对每一种钢筋连接方法, 阐述其基本原理、工艺特点、适用范围、材料、机具设备、质量验收和工程应用等, 内容简明扼要, 具有很强的实用性。

本手册可供建筑设计、施工、监理、生产厂等单位工程技术人员、大专院校相关专业师生和操作工人使用。

责任编辑 胡永旭

钢筋连接技术手册

吴成材 杨熊川 王金平 编
尹松 吴文飞

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 $\frac{3}{4}$ 字数: 440 千字

1999 年 5 月第一版 1999 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-03855-3

TU·2994 (9148)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

改革开放以来，随着国民经济的快速、持久发展，各种钢筋混凝土建筑结构大量建造，钢筋连接技术得到很大的发展。因此，推广应用先进的钢筋连接技术，对于提高工程质量、加快施工速度、提高劳动生产率、降低成本，具有十分重要的意义。

钢筋连接技术可分为钢筋焊接和钢筋机械连接两大类。钢筋焊接有6种焊接方法，有的适用于预制厂，有的适用于现场施工，有的两者都适用。钢筋机械连接也有多种类型，主要适用于现场施工。已制订技术标准的有2种，有的正在制订中。各种方法有其自身特点和不同的适用范围，并在不断发展和改进。在生产中，应根据具体的工作条件、工作环境和技术要求，选用合适的方法，以期达到最佳的综合效益。

为了给设计、施工、监理、教学提供方便，根据相关的技术标准，总结生产实践经验，编写了本手册。针对每一种连接方法，阐述其基本原理、工艺特点、适用范围、材料、机具设备、质量验收和工程应用等，内容简明扼要，具有很大实用性。

本手册第1章至第11章由吴成材、吴文飞执笔，第12章和第13章由杨熊川、尹松执笔，第14章和第15章由王金平执笔；此外，王爱军参加了第12章的编写，钱冠龙、刘世民、郝志强、关培人、蒋燕等参加了第13章的编写；全书由吴成材汇总整理。

书中错误和不当之处，恳请批评指正。

目 录

1 绪 论

1.1 钢筋连接技术的发展与应用	1
1.1.1 钢筋连接技术在我国的发展与应用	1
1.1.2 钢筋连接技术在国外的发展与应用	1
1.2 钢筋的种类、力学性能和化学成分	2
1.2.1 钢材的分类	2
1.2.2 钢号表示方法	3
1.2.3 钢筋的种类、级别和力学性能	3
1.2.4 钢丝、钢筋的公称横截面面积与公称质量	4
1.2.5 钢筋的化学成分	5
1.2.6 合金元素的作用和影响	5

上篇 钢筋焊接

2 钢筋的焊接性和一般规定

2.1 钢筋的焊接性	9
2.1.1 钢材的焊接性	9
2.1.2 钢筋的焊接性	9
2.2 钢筋焊接一般规定	10
2.2.1 各种焊接方法的适用范围	10
2.2.2 电渣压力焊的适用范围	11
2.2.3 冷拉钢筋焊接	11
2.2.4 焊接工艺试验	11
2.2.5 焊前准备	11

2.2.6 电源电压	11
2.2.7 焊机检修	12
2.2.8 安全操作	12
2.2.9 负温焊接	12
2.2.10 雨天、雪天焊接	12
2.2.11 风速影响	12

3 钢筋电阻点焊

3.1 基本原理	14
3.1.1 名词解释	14
3.1.2 电阻热	14
3.1.3 电阻	14
3.2 特点和适用范围	15
3.2.1 特点	15
3.2.2 适用范围	15
3.2.3 焊接骨架大小钢筋直径之比	15
3.2.4 焊接网的纵横向钢筋	15
3.3 电阻点焊设备	16
3.3.1 对点焊机的要求	16
3.3.2 点焊机的构造	16
3.4 电阻点焊工艺	18
3.4.1 电阻点焊过程	18
3.4.2 点焊参数	18
3.4.3 压入深度	20
3.4.4 表面准备与分流	20
3.4.5 钢筋多点焊	21
3.4.6 电极直径	21
3.4.7 钢筋焊点缺陷及消除措施	21
3.5 双钢筋自动交叉平焊	22
3.5.1 双钢筋	22
3.5.2 双钢筋平焊机	22
3.5.3 双钢筋平焊工艺	23
3.6 生产应用实例	23
3.6.1 悬挂式点焊机的应用	23

3.6.2	钢筋多点焊生产	24	5.1.3	焊接电弧的引燃	40
3.6.3	双钢筋平焊生产	24	5.1.4	焊接电弧的结构和伏安特性	41
4 钢筋闪光对焊					
4.1	基本原理	26	5.1.5	交流电弧	42
4.1.1	名词解释	26	5.1.6	焊接热循环	42
4.1.2	闪光对焊的加热	26	5.1.7	影响焊接热循环的因素	43
4.1.3	闪光阶段	26	5.2	特点和适用范围	44
4.1.4	预热阶段	28	5.2.1	特点	44
4.1.5	顶锻阶段	28	5.2.2	接头形式	44
4.1.6	获得优质接头的条件	28	5.3	交流弧焊电源	44
4.2	特点和适用范围	29	5.3.1	对弧焊电源的基本要求	45
4.2.1	特点	29	5.3.2	BX1-300型弧焊变压器	46
4.2.2	适用范围	29	5.3.3	BX2-1000型弧焊变压器	47
4.2.3	闪光对焊工艺方法的选用	29	5.3.4	BX3-300/500-2型弧焊变压器	48
4.2.4	连续闪光焊的钢筋上限直径	29	5.3.5	BX3-630、BX3-630B型弧焊变 压器	50
4.2.5	不同级别、不同直径钢筋的 焊接	30	5.3.6	交流弧焊电源常见故障及消除 方法	52
4.3	闪光对焊设备	30	5.3.7	辅助设备和工具	52
4.3.1	钢筋对焊机型号表示方法	30	5.4	直流弧焊电源	53
4.3.2	技术要求	30	5.4.1	直流弧焊发电机	53
4.3.3	对焊机的构造	31	5.4.2	硅弧焊整流器	54
4.4	闪光对焊工艺	34	5.4.3	ZX5-400型晶闸管弧焊整流器	54
4.4.1	闪光对焊三种工艺方法	34	5.4.4	逆变弧焊整流器	54
4.4.2	对焊工艺参数	35	5.4.5	直流弧焊电源常见故障及消除 方法	55
4.4.3	余热处理Ⅲ级钢筋焊接工艺	36	5.5	焊条	56
4.4.4	Ⅳ级钢筋焊接	36	5.5.1	焊条的组成材料及其作用	56
4.4.5	螺丝端杆焊接	37	5.5.2	焊条分类	57
4.4.6	大直径钢筋焊接	37	5.5.3	焊条的选用	60
4.4.7	负温闪光对焊	37	5.5.4	焊条的保管与使用	60
4.4.8	焊接异常现象、缺陷及消除 措施	37	5.5.5	焊条的质量检验	61
4.5	生产应用实例	38	5.6	电弧焊工艺	61
4.5.1	UN150-2型钢筋半自动对焊机 的应用	38	5.6.1	电弧焊机的使用和维护	61
4.5.2	Ⅳ级钢筋闪光对焊的应用	39	5.6.2	手工电弧焊操作技术	61
5 钢筋电弧焊					
5.1	基本原理	40	5.6.3	手工电弧焊工艺参数	63
5.1.1	名词解释	40	5.6.4	钢筋电弧焊工艺要求	63
5.1.2	焊接电弧的物理本质	40	5.6.5	帮条焊	64
			5.6.6	搭接焊	64
			5.6.7	焊缝尺寸	64
			5.6.8	帮条焊、搭接焊时的装配焊接 要求	64

5.6.9 熔槽帮条焊	65	6.6.1 212m 四筒烟囱工程中的应用	82
5.6.10 窄间隙焊	65	6.6.2 某建筑总公司的应用	82
5.6.11 预埋件 T 形接头	65	6.6.3 20MnSiV 钢筋电渣压力焊的 应用	83
5.6.12 钢筋与钢板搭接焊	67	6.6.4 某建筑公司的应用	83
5.6.13 装配式框架安装焊接	67	6.6.5 电厂泵房工程中 I、II 级钢筋自 动电渣压力焊焊工培训与应用 ...	84
5.6.14 坡口焊准备工作	67		
5.6.15 坡口焊工艺要求	68		
5.6.16 负温电弧焊	68		
5.7 生产应用实例	69		
5.7.1 钢筋坡口焊在电厂工程中的 应用	69		
5.7.2 钢筋窄间隙电弧焊在某医疗楼 地下室工程中的应用	69		
6 钢筋电渣压力焊			
6.1 基本原理	71	7.1 基本原理	85
6.1.1 名词解释	71	7.1.1 名词解释	85
6.1.2 焊接过程	71	7.1.2 气压焊种类	85
6.1.3 焊接接头特征	72	7.1.3 氧炔焰火焰	85
6.2 特点和适用范围	72	7.1.4 火焰的温度	86
6.2.1 特点	73	7.2 特点和适用范围	87
6.2.2 适用范围	73	7.2.1 特点	87
6.3 电渣压力焊设备	73	7.2.2 适用范围	87
6.3.1 钢筋电渣压力焊机分类	73	7.2.3 应用范围扩大	87
6.3.2 钢筋电渣压力焊机基本技术 要求	74	7.3 气压焊设备	87
6.3.3 焊接电源	74	7.3.1 气压焊设备组成	87
6.3.4 焊接夹具	75	7.3.2 钢筋气压焊机型号表示方法	88
6.3.5 电气监控装置	76	7.3.3 氧气瓶	88
6.3.6 辅助设施	76	7.3.4 乙炔气瓶	88
6.4 焊剂	77	7.3.5 减压器	89
6.4.1 焊剂的作用	77	7.3.6 回火防止器	89
6.4.2 焊剂的分类和牌号编制方法	77	7.3.7 乙炔发生器	89
6.4.3 几种常用焊剂	77	7.3.8 多嘴环管加热器	90
6.4.4 国家标准焊剂型号	78	7.3.9 加压器	92
6.4.5 YD40-II 型钢筋电渣压力焊 专用焊剂	79	7.3.10 焊接夹具	93
6.5 电渣压力焊工艺	80	7.3.11 辅助设备	94
6.5.1 操作要求	80	7.3.12 几种钢筋气压焊机和辅助 设备	94
6.5.2 电渣压力焊参数	80	7.4 氧气、电石和乙炔	95
6.5.3 焊接缺陷及消除措施	81	7.4.1 氧气	95
6.6 生产应用实例	82	7.4.2 电石	96
		7.4.3 乙炔气	96
		7.5 气压焊工艺	98
		7.5.1 焊前准备	98
		7.5.2 夹装钢筋	98
		7.5.3 焊接工艺过程	98
		7.5.4 集中加热	98

9.7.2	外观检查质量要求	125	11.2.3	试验设备	135
9.7.3	拉伸试验质量要求	125	11.2.4	试验方法	136
9.7.4	弯曲试验质量要求	126	11.2.5	试验报告	137
9.8	预埋件钢筋 T 形接头	126	11.3	弯曲试验	137
9.8.1	接头质量检查	126	11.3.1	适用范围	137
9.8.2	手工电弧焊接头外观检查质量 要求	127	11.3.2	试件	137
9.8.3	埋弧压力焊接头外观检查质量 要求	127	11.3.3	试验设备	138
9.8.4	逐个外观检查	127	11.3.4	试验方法	138
9.8.5	拉伸试验质量要求	127	11.3.5	试验报告	139
10 焊工操作技能考试和安全技术			11.4	冲击试验	139
10.1	焊工操作技能考试	128	11.4.1	适用范围	139
10.1.1	参加考试焊工	128	11.4.2	试样	139
10.1.2	考试单位	128	11.4.3	试验设备	141
10.1.3	操作技能考试的材料和设备	128	11.4.4	试验条件和试验方法	141
10.1.4	操作技能考试评定标准	128	11.4.5	试验报告	142
10.1.5	补试	129	11.5	疲劳试验	142
10.1.6	取消合格资格	130	11.5.1	适用范围	142
10.1.7	复试	130	11.5.2	试件	142
10.1.8	免试	130	11.5.3	试验设备和试验条件	143
10.1.9	抽查验证	130	11.5.4	试验方法	143
10.2	安全技术	130	11.5.5	算式	144
10.2.1	预防触电	130	11.5.6	试验报告	145
10.2.2	防止烧伤和中毒	130	11.6	硬度试验	145
10.2.3	防止爆炸	131	11.6.1	适用范围	145
10.2.4	防止火灾	131	11.6.2	试样	145
10.2.5	防止烧坏机器	131	11.6.3	试验设备	146
11 钢筋焊接接头试验方法			11.6.4	试验方法	146
11.1	拉伸试验	132	11.6.5	试验报告	147
11.1.1	适用范围	132	11.7	金相试验	147
11.1.2	试件	132	11.7.1	适用范围	147
11.1.3	试验设备	134	11.7.2	试样	147
11.1.4	试验方法	134	11.7.3	试验设备	148
11.1.5	试验结果计算和试验报告	135	11.7.4	试验方法	148
11.2	抗剪试验	135	11.7.5	试验报告	149
11.2.1	适用范围	135	附录 A	常用焊机技术数据	150
11.2.2	试件	135	附录 B	钢筋焊工考试合格证 (式样)	157
			附录 C	钢筋焊接接头试验报告 (式样)	159
			主要参考文献		160

下篇 钢筋机械连接

12 钢筋机械连接通用技术规定	
12.1 钢筋机械连接的类型和特点	163
12.1.1 挤压套筒接头	163
12.1.2 锥螺纹套筒接头	163
12.1.3 直螺纹套筒接头	163
12.1.4 熔融金属充填套筒接头	164
12.1.5 水泥灌浆充填套筒接头	164
12.1.6 受压钢筋端面平接头	164
12.1.7 钢筋机械连接技术的特点	164
12.2 术语和符号	164
12.2.1 术语	164
12.2.2 主要符号	165
12.3 接头的设计原则和性能等级	165
12.3.1 接头的设计原则	165
12.3.2 机械连接接头的性能	166
12.3.3 机械连接接头的性能等级	166
12.4 接头的应用	170
12.4.1 接头性能等级的选定	170
12.4.2 混凝土保护层厚度	170
12.4.3 接头的位置和接头受力钢筋的截面面积的百分率	170
12.4.4 接头的应用范围	170
12.5 接头的型式检验	170
12.5.1 型式检验的应用场合	170
12.5.2 用于型式检验的钢筋	171
12.5.3 试件尺寸	171
12.5.4 试件数量	171
12.5.5 加载制度和合格条件	171
12.5.6 型式检验单位和试验报告	173
12.6 接头的施工现场检验与验收	173
12.6.1 有效的型式检验报告	173
12.6.2 接头工艺检验	173
12.6.3 现场检验内容	174
12.6.4 验收批	174
12.6.5 单向拉伸试验	174
12.6.6 验收批接头数量的扩大	174
12.6.7 外观质量检验	174
13 钢筋径向挤压连接	
13.1 基本原理、特点和适用范围	175
13.1.1 基本原理	175
13.1.2 特点	175
13.1.3 适用范围	176
13.1.4 性能等级与应用范围	176
13.2 钢筋挤压连接的材料	177
13.2.1 钢筋	177
13.2.2 钢套筒	177
13.3 钢筋挤压连接设备	178
13.3.1 组成和主要技术参数	178
13.3.2 主要元件工作原理	183
13.3.3 钢筋挤压连接设备系统工作原理	184
13.4 钢筋挤压连接工艺参数及施工方法	186
13.4.1 工艺参数	186
13.4.2 施工方法	187
13.5 设备维护及保养	191
13.5.1 设备操作注意事项及维护保养	191
13.5.2 常见故障及排除方法	192
13.6 工程管理	194
13.6.1 人员配备	194
13.6.2 设备配备	194
13.6.3 施工组织	194
13.6.4 质量自检	194
13.7 挤压接头的施工现场检验与验收	194
13.7.1 有效的型式检验报告	194
13.7.2 接头工艺检验	194
13.7.3 现场检验内容	195
13.7.4 验收批	195
13.7.5 单向拉伸试验	195
13.7.6 外观质量检验	195

13.7.7 外观质量检验的抽检数量和合格评定	196	14.5 钢筋挤压连接工艺	204
13.7.8 验收批接头数量的扩大	197	14.5.1 挤压连接钢筋半接头工艺	204
13.8 操作工考试	197	14.5.2 挤压连接竖向钢筋接头工艺	205
13.8.1 操作工考试条件	197	14.5.3 挤压连接水平钢筋接头工艺	205
13.8.2 技术培训单位	197	14.6 挤压接头的施工现场检验与验收	205
13.8.3 考试单位	197	14.6.1 有效的型式检验报告	205
13.8.4 考试内容	197	14.6.2 接头工艺检验	206
13.8.5 基础知识考试范围	197	14.6.3 现场检验内容	206
13.8.6 操作技能考试	197	14.6.4 验收批	207
13.8.7 钢筋挤压连接操作工合格证	197	14.6.5 单向拉伸试验	207
13.9 工程应用实例	198	14.6.6 外观质量检验要求	207
13.9.1 北京西客站工程	198	14.6.7 外观质量检验的抽检数量和合格评定	207
13.9.2 湖北黄石长江公路大桥	199	14.6.8 验收批接头数量的扩大	207
13.9.3 北京恒基中心	199	14.6.9 外观检验不合格接头的补救方法	207
13.9.4 汕头妈湾电厂烟囱	199	14.7 工程应用	207
14 钢筋轴向挤压连接		15 钢筋锥螺纹接头连接	
14.1 基本原理、特点和适用范围	201	15.1 基本原理、特点和适用范围	209
14.1.1 基本原理	201	15.1.1 基本原理	209
14.1.2 特点	201	15.1.2 特点	209
14.1.3 适用范围	201	15.1.3 适用范围	209
14.2 钢筋轴向挤压连接设备	201	15.2 接头性能等级	209
14.2.1 超高压液压泵站	201	15.2.1 接头性能分级	209
14.2.2 半挤压机	202	15.2.2 接头型式检验	209
14.2.3 挤压机	202	15.2.3 A级接头适用范围	209
14.2.4 压模	202	15.2.4 B级接头适用范围	210
14.2.5 手拉葫芦	202	15.3 接头的应用	210
14.2.6 划线尺	202	15.3.1 提供有效的型式检验报告	210
14.2.7 卡规	202	15.3.2 接头工艺检验	210
14.3 套筒	203	15.3.3 接头位置	210
14.3.1 套筒材料	203	15.4 钢筋锥螺纹套丝机及使用	210
14.3.2 套筒设计	203	15.4.1 套丝机分类	211
14.3.3 套筒规格尺寸及公差	203	15.4.2 套丝机规格型号	212
14.3.4 套筒的合格证和储存	204	15.4.3 钢筋锥螺纹丝头的锥度和螺距	213
14.4 施工准备、劳动组织和安全	204	15.4.4 SZ-50A型钢筋套丝机及使用	
14.4.1 施工准备	204		
14.4.2 劳动组织	204		
14.4.3 安全注意事项	204		

.....	214	226
15.4.5 GZL-40B 型钢筋套丝机及使用	216	15.8.3 力矩扳手抽检	226
.....	216	15.8.4 验收批	226
15.4.6 XZL-40 型钢筋套丝机及使用	218	15.8.5 单向拉伸试验	226
.....	218	15.8.6 验收批数量的扩大	227
15.5 力矩扳手、量规和保护帽	219	15.8.7 外观检查不合格接头的处理	227
15.5.1 力矩扳手	219	方法	227
15.5.2 量规	221	15.9 工程应用及实例	227
15.5.3 保护帽	221	15.9.1 工程应用	227
15.6 连接套和可调连接器	221	15.9.2 北京精品大厦工程中的应用	228
15.6.1 连接套	221	228
15.6.2 连接套质量检验	222	附录一 钢筋机械连接技术	
15.6.3 可调接头	222	规程 JGJ 107—96	229
15.6.4 可调连接器	223	附录二 带肋钢筋套筒挤压连接	
15.7 施工	223	技术规程 JGJ 108—96	238
15.7.1 施工准备	223	附录三 带肋钢筋挤压连接技术及	
15.7.2 加工钢筋锥螺纹丝头	223	验收规程 YB 9250—93	247
15.7.3 钢筋连接	224	附录四 钢筋锥螺纹接头技术	
15.8 接头施工现场检验与验收	226	规程 JGJ 109—96	260
15.8.1 检查连接套合格证和钢筋		主要参考文献	271
锥螺纹加工检验记录	226		
15.8.2 外观检查抽检数和质量要求			

1 绪 论

1.1 钢筋连接技术的发展与应用

1.1.1 钢筋连接技术在我国的发展与应用

随着国民经济和建设事业的迅速发展, 各式各样的钢筋混凝土建筑物、构筑物大量建造, 促使钢筋连接技术得到很快发展, 新的科技成果得到推广应用, 对保证工程质量和提高经济效益起到积极作用。

自 50 年代开始, 钢筋焊接技术就开始推广应用。近十年来, 焊接应用的新材料、新方法、新设备不断涌现, 工艺参数和质量验收逐步完善和修正。1996 年 12 月, 建设部批准发布新修订的行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—96, 自 1997 年 6 月 1 日起施行。在该项标准中, 钢筋电阻点焊、钢筋闪光对焊、钢筋电弧焊、钢筋电渣压力焊、钢筋气压焊和预埋件钢筋埋弧压力焊等 6 种方法, 在生产中得到广泛应用。

80 年代末, 钢筋机械连接技术也在我国迅速发展, 先后开发研究出多种型式的机械连接接头, 如径向挤压套筒接头、轴向挤压套筒接头、锥螺纹套筒接头、直螺纹套筒接头等, 其中挤压套筒接头、锥螺纹套筒接头在生产中推广应用, 受到建设、设计和施工单位的欢迎, 并制定了相关标准。

1993 年 12 月, 冶金工业部批准发布行业标准《带肋钢筋挤压连接技术及验收规程》YB 9250—93, 自 1994 年 5 月 1 日起实施。1993 年 5 月北京市城乡建设委员会和北京市城乡规划委员会联合批准发布北京市标准《锥螺纹钢筋接头设计施工及验收规程》DBJ 01—15—93, 自 1993 年 10 月 1 日起施行。1994 年 3 月, 上海市建设委员会批准发布上海市标准《钢筋锥螺纹连接技术规程》DBJ 08—209—93, 自 1994 年 4 月 1 日起施行。1996 年 12 月, 建设部批准发布三个行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107—96、《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》JGJ 108—96 和《钢筋锥螺纹接头技术规程》JGJ 109—96, 均自 1997 年 4 月 1 日起施行。

上列标准的发布实施, 极大地推动我国钢筋连接技术的发展与应用。

近年来, 我国又研究开发出与钢筋母材实际强度相等的钢筋等强螺纹接头, 并开始应用。钢筋等强螺纹接头包括镦粗直螺纹接头、滚压直螺纹接头、冷压锥螺纹接头、热强化螺纹接头等新型接头。这些新技术的推广应用对进一步提高工程质量、节约钢材、方便施工起到积极作用。

1.1.2 钢筋连接技术在国外的发展与应用

在国外, 钢筋焊接和钢筋机械连接均得到广泛应用。

在钢筋焊接方面, 美国制订的国家标准《钢筋焊接标准》ANSI/AWS D1.4-92. 中, 应用最多的是手工电弧焊。从 70 年代开始, 增加了半自动气体保护电弧焊、粉芯焊丝电弧焊。接头形式有 V 形坡口、X 形坡口对接焊、搭接焊、帮条焊等。

在原苏联国家标准《钢筋混凝土结构钢筋和预埋件焊接接头全部技术条件》ГОСТ 10922—90中，规定的焊接方法甚多，有电阻点焊、闪光对焊及各种电弧焊等。

在德国国家标准《混凝土钢筋的焊接施工与试验》DIN 4099—1985中，规定的焊接方法有：电弧焊、闪光对焊、气压焊、电阻点焊等。

在钢筋焊接网方面，英国、日本、国际标准化组织（ISO）均制订有专门技术标准。

在机械连接方面，从70年代开始，欧美和日本等国研究开发了各种钢筋机械连接方法，并制订相应的技术标准。在美国有《钢筋混凝土房屋建筑规范》ACI 318—89，《混凝土反应堆容器和安全壳规范》ACI 359—89及ASME《锅炉和压力容器规范》ACI 349—89，对机械接头的试验方法、力学性能要求及使用要求均作了规定。在美国也广泛采用熔融金属充填套筒接头（即Cadweld法），它是用铝热反应的钢水注入带有内螺纹套筒和带肋钢筋的缝隙中，钢筋端面基本不熔化，或微熔。质量检验时，要求接头强度不得小于钢筋屈服强度标准值的1.25倍。

在英国1985年英国标准协会编制的《混凝土结构设计和施工规程》，其中对各种钢筋接头均有相应规定。

在日本，有1982年建筑中心（RPCJ）委员会发布的《钢筋接头性能评定标准》，对各种钢筋接头制定了试验方法。同时，日本还将钢筋挤压连接广泛用于高层建筑、桥梁、高速公路、原子能电站等，最典型的是用于本州-四国的跨海大桥工程。

此外，水泥灌浆充填套筒接头在日本、欧美等国家的预制构件装配中已广泛应用。

1.2 钢筋的种类、力学性能和化学成分

1.2.1 钢材的分类

钢材可按其化学成分、品质、冶炼方法、组织和用途等进行不同分类。常用的分类方法见表1.1。根据需要，几种分类方法可以混合使用。

钢 材 分 类 表

表 1.1

按化学成分分类	碳素钢 <ul style="list-style-type: none"> 工业纯铁（碳含量$\leq 0.04\%$） 低碳钢（碳含量$\leq 0.25\%$） 中碳钢（碳含量$0.25\% \sim 0.60\%$） 高碳钢（碳含量$> 0.60\%$） 合金钢 <ul style="list-style-type: none"> 低合金钢（合金元素总含量$\leq 5\%$） 中合金钢（合金元素总含量$> 5\% \sim 10\%$） 高合金钢（合金元素总含量$> 10\%$）
按品质分类	普通钢（磷含量 $\leq 0.045\%$ ，硫含量 $\leq 0.055\%$ ，或磷、硫含量均 $\leq 0.050\%$ ） 优质钢（磷、硫含量均 $\leq 0.040\%$ ） 高级优质钢（磷含量 $\leq 0.035\%$ ，硫含量 $\leq 0.030\%$ ）
按冶炼方法分类	按炉别分 <ul style="list-style-type: none"> 平炉钢 转炉钢 电炉钢 按脱氧程度和浇注制度分 <ul style="list-style-type: none"> 沸腾钢 镇静钢 半镇静钢

续表

按用途和组织分类	低碳钢和低合金高强度钢 耐热钢 低温钢 不锈钢	铁素体-珠光体型钢
		低碳贝氏体型钢 马氏体型调质高强度钢
按供应条件分类 (普通碳素钢)	甲类钢 (A) — 保证力学性能	乙类钢 (B) — 保证化学成分
	特类钢 (C) — 保证力学性能和化学成分	

1.2.2 钢号表示方法

我国钢号表示方法是汉字和汉语拼音字母同时并用。汉字钢号易于识别记忆，汉语拼音字母钢号便于书写和标记。表示方法的原则：钢号中化学元素采用汉字或国际化学符号表示；产品用途、冶炼方法和浇注方法，其汉字钢号和汉语拼音字母钢号的表示方法，一般采用缩写，见表 1.2。

常用符号表

表 1.2

产品名称	采用的汉字及拼音		采用的符号
	汉字	拼音	
甲类钢	甲		A
平炉钢	平	Ping	P
沸腾钢	沸	Fei	F
半镇静钢	半	Ban	b
焊条用钢	焊	Han	H

1.2.3 钢筋的种类、级别和力学性能

由钢厂直接生产的钢筋可分为 5 种：

1. 热轧光圆钢筋

I 级，强度等级代号为 R235，R 表示热轧；屈服点 235MPa，抗拉强度 370MPa。

2. 热轧带肋钢筋

月牙肋，I 级，强度等级代号 RL335；L 表示带肋，屈服点 335MPa，抗拉强度 $\phi 8 \sim 25$ ，510MPa， $\phi 28 \sim 40$ ，490MPa。

■ 级，强度等级代号 RL400，屈服点 400MPa，抗拉强度 570MPa。

等高肋，IV 级，强度等级代号 RL540，屈服点 540MPa，抗拉强度 835MPa。

3. 余热处理钢筋

月牙肋，■ 级，强度等级代号 KL400，K 表示控温轧制，屈服点 440MPa，抗拉强度 600MPa。

4. 冷轧带肋钢筋

月牙肋，级别代号有 3 个：

LL550 屈服强度 500MPa，抗拉强度 550MPa；

LL650 屈服强度 520MPa, 抗拉强度 650MPa;

LL800 屈服强度 640MPa, 抗拉强度 800MPa。

第 1 个 L 表示冷轧, 第 2 个 L 表示带肋。

5. 热处理钢筋, 屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 1325MPa, 抗拉强度 1479MPa。

以上 5 类钢筋中, 前 4 类可以进行焊接; 后一类热处理钢筋成盘供货, 作预应力筋使用, 不进行焊接。

热轧钢筋和余热处理钢筋的力学性能和工艺性能见表 1.3。

此外, 还有经过冷加工 (冷处理) 后的各种钢筋, 例如: 冷拉钢筋、冷扭钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔低碳钢丝等等。

钢筋的力学性能及工艺性能

表 1.3

项次	表面形状	钢筋级别	强度等级代号	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s	抗拉强度	伸长率	冷弯 d —弯芯直径 a —钢筋公称直径	备注
					(MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)		
1	光圆	I	R235	8~20	235	370	25	180° $d=a$	摘自 GB 13013—91《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》
2	月牙肋	I	RL335	$\frac{8\sim 25}{28\sim 40}$	335	$\frac{510}{490}$	16	$\frac{180^\circ}{180^\circ}$ $\frac{d=3a}{d=4a}$	摘自 GB 1499—91《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》
		II	RL400	$\frac{8\sim 25}{28\sim 40}$	400	570	14	$\frac{90^\circ}{90^\circ}$ $\frac{d=3a}{d=4a}$	
	IV	RL540	$\frac{10\sim 25}{28\sim 32}$	540	835	10	$\frac{90^\circ}{90^\circ}$ $\frac{d=5a}{d=6a}$		
3	月牙肋	III	KL400	$\frac{8\sim 25}{28\sim 40}$	440	600	14	$\frac{90^\circ}{90^\circ}$ $\frac{d=3a}{d=4a}$	摘自 GB 13014—91《钢筋混凝土用余热处理钢筋》

1.2.4 钢丝、钢筋的公称横截面面积与公称质量

钢丝、钢筋的公称横截面面积与公称质量见表 1.4。

钢丝及钢筋公称横截面面积与公称质量

表 1.4

公称直径 (mm)	公称横截面面积 (mm ²)	公称质量 (kg/m)	公称直径 (mm)	公称横截面面积 (mm ²)	公称质量 (kg/m)
3	7.07	0.056	14	153.9	1.21
4	12.57	0.099	16	201.1	1.58
5	19.64	0.154	18	254.5	2.00
5.5	23.76	0.187	20	314.2	2.47
6	28.27	0.222	22	380.1	2.98
6.5	33.18	0.261	25	490.9	3.85
7	38.48	0.302	28	615.8	4.83
8	50.27	0.395	32	804.2	6.31
9	63.62	0.499	36	1018	7.99
10	78.54	0.617	40	1257	9.87
12	113.1	0.888	50	1964	15.42

注: 表中公称质量按钢材密度为 7.85g/cm³ 计算。

1.2.5 钢筋的化学成分

在钢中，除绝大部分为铁元素外，还存在很多其他元素；在钢筋中，这些元素有：碳、硅、锰、钒、钛、氮、硫、磷等。

钢筋的化学成分见表 1.5。

钢筋的化学成分（熔炼分析）

表 1.5

项次	表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌 号	化 学 成 分 (%)							备 注	碳当量 C_{eq} (%)	
					C	Si	Mn	V	Ti	Nb	P			S
										不 大 于				
1	光圆	I	R235	Q235	0.14~0.22	0.12~0.30	0.30~0.65	—	—	—	0.045	0.050	摘自 GB 13013—91《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》	0.33
2	月牙肋	I	RL335	20MnSi	0.17~0.25	0.40~0.80	1.20~1.60	—	—	—	0.045	0.045		0.52
				20MnNbb	0.17~0.25	≤0.17	1.00~1.50	—	—	0.05	0.045	0.045		0.50
				20MnSiV	0.17~0.25	0.20~0.80	1.20~1.60	0.04~0.12	—	0.045	0.045	0.54		
				20MnTi	0.17~0.25	0.20~0.37	1.20~1.60	—	0.02~0.05	—	0.045	0.045		摘自 GB 1499—91《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》
		IV	RL540	40Si ₂	0.36~0.46	1.40~1.80	0.70~1.00	0.08~0.15	—	—	0.045	0.045		0.63
				45SiMnV	0.40~0.50	1.10~1.50	1.00~1.40	0.05~0.12	—	—	0.045	0.045		0.75
				45Si ₂	0.40~0.48	1.40~1.80	0.80~1.20	—	0.02~0.08	—	0.045	0.045		0.68
				MnTi	0.48	1.80	1.20	—	0.08	—	0.045	0.045		0.68
3	月牙肋	III	KL400	20MnSi	0.17~0.25	0.40~0.80	1.20~1.60	—	—	—	0.045	0.045	摘自 GB 13014—91《钢筋混凝土用余热处理钢筋》	0.52

1.2.6 合金元素的作用和影响

在钢筋中，各合金元素的作用和影响如下：

碳 (C)：碳与铁形成化合物渗碳体，分子式 Fe_3C ，性硬而脆，随着钢中含碳量的增加，钢中渗碳体的量也增多，钢的硬度、强度也提高，而塑性、韧性则下降，性能变脆，焊接性能也随之变坏。

硅 (Si)：硅是强脱氧剂，在含量小于 1% 时，能使钢的强度和硬度增加；但含量超过 2% 时，会降低钢的塑性和韧性，并使焊接性能变差。

锰 (Mn)：锰是一种良好的脱氧剂，又是一种很好脱硫剂，锰能提高钢的强度和硬度；但如果含量过高，会降低钢的塑性和韧性。

钒 (V)：钒是良好的脱氧剂，能除去钢中的氧，钒能形成碳化钒，可提高钢的强度和淬透性。