

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋连接方法

LIJIE GANGJIN LIANJIE FANGFA

李守巨 徐鑫◎主编



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋连接方法

LIJIE GANGJIN LIANHE FANGFA

李守巨 徐鑫◎主编



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

例解钢筋连接方法 / 李守巨, 徐鑫主编. —北京: 知识产权出版社, 2016.6

(例解钢筋工程实用技术系列)

ISBN 978-7-5130-4190-4

I. ①例… II. ①李… ②徐… III. ①钢筋—连接技术 IV. ①TU755.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 100501 号

内容提要

本书主要介绍了钢筋的连接方法。本书共分为四章, 详细并系统地介绍了钢筋电阻点焊、钢筋闪光对焊、箍筋闪光对焊、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、钢筋绑扎搭接、钢筋套筒挤压连接、钢筋锥螺纹套筒连接、钢筋镦粗直螺纹连接、钢筋滚轧直螺纹连接、带肋钢筋熔融金属充填接头连接、钢筋套筒灌浆连接以及钢筋连接的施工安全技术等内容。

本书内容丰富、语言精练、实用性强。可供施工人员以及相关院校的师生参考使用。

责任编辑: 段红梅 刘 爽

责任校对: 谷 洋

封面设计: 刘 伟

责任出版: 刘译文

例解钢筋工程实用技术系列

例解钢筋连接方法

李守巨 徐 鑫 主编

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

网 址: <http://www.ipph.cn>

社 址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号

邮 编: 100081

责任编辑: 010-82000860 转 8125

责编邮箱: 39919393@qq.com

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

发行传真: 010-82000893/82005070/82000270

印 刷: 北京富生印刷厂

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 11.25

版 次: 2016 年 6 月第 1 版

印 次: 2016 年 6 月第 1 次印刷

字 数: 300 千字

定 价: 38.00 元

ISBN 978-7-5130-4190-4

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

本书编写组

主 编 李守巨 徐 鑫

参 编 于 涛 王丽娟 成育芳 刘艳君

孙丽娜 何 影 李春娜 赵 慧

陶红梅 夏 欣

前 言

钢筋的材料种类、连接方式对建筑的质量有很大的影响。因此,如何选择钢筋的连接方式是提高建筑质量很重要的途径。本书参考了《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—2012)、《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)、《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014—2013)等相关规程。

本书共分为四章,详细并系统地介绍了钢筋的电阻点焊、钢筋闪光对焊、箍筋闪光对焊、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、钢筋绑扎搭接、钢筋套筒挤压连接、钢筋锥螺纹套筒连接、钢筋墩粗直螺纹连接、钢筋滚扎直螺纹连接、带肋钢筋熔融金属充填接头连接、钢筋套筒灌浆连接以及钢筋连接的施工安全技术等内容。

本书可供钢筋工程技术人员参考使用,也可供相关院校的师生参考使用。

由于编者的经验和学识有限,虽尽心尽力,但仍不免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者和有关专家提出宝贵的意见。

编 者

目 录

第 1 章 钢筋材料性能与加工	1
1.1 钢筋的种类	3
1.2 钢筋的物理性能及化学性能	10
1.3 钢筋的力学性能	12
1.4 钢筋的检验	15
1.5 钢筋进场复验与保管	18
1.6 钢筋加工设备	20
第 2 章 钢筋焊接与绑扎搭接	29
2.1 钢筋电阻点焊	31
2.2 钢筋闪光对焊	48
2.3 箍筋闪光对焊	60
2.4 钢筋电弧焊	66
2.5 钢筋电渣压力焊	74
2.6 钢筋气压焊	85
2.7 预埋件钢筋埋弧压力焊	102
2.8 钢筋绑扎搭接	110
第 3 章 钢筋机械连接	117
3.1 钢筋套筒挤压连接	119
3.2 钢筋锥螺纹套筒连接	126
3.3 钢筋镦粗直螺纹连接	135
3.4 钢筋滚扎直螺纹连接	145
3.5 带肋钢筋熔融金属充填接头连接	150
3.6 钢筋套筒灌浆连接	154
第 4 章 钢筋连接施工安全	163
4.1 钢筋焊接安全	165
4.2 钢筋加工机械操作安全技术	166
4.3 钢筋电弧焊操作安全技术	168
4.4 钢筋气压焊操作安全技术	169
参考文献	171

第 1 章

钢筋材料性能与加工

1.1 钢筋的种类

常遇问题

1. 钢筋的种类及特性对钢筋连接都有哪些影响?
2. 如何区分冷拉钢筋、冷轧带肋钢筋以及冷轧扭钢筋?

【要点】

◆钢筋种类概述

1. 钢材按化学成分分类

钢材的种类较多,但混凝土结构中使用的钢筋按化学成分可分为:碳素钢和普通低合金钢两种。

1) 碳素钢。是由碳素钢轧制而成,碳素钢按含碳量多少又分为:低碳钢(含碳量小于0.25%);中碳钢(含碳量0.25%~0.60%);高碳钢(含碳量大于0.60%)。常用的有Q300、Q215等品种。含碳量越高,强度及硬度也越高,但塑性、韧性、冷弯及焊接性能等均降低。

2) 普通低合金钢。是在低碳钢和中碳钢的成分中加入少量元素(硅、锰、钛、稀土金属等)制成的钢筋。普通低合金钢钢筋的主要优点是强度高,综合性能好,用钢量比碳素钢少20%左右。常用的有24MnSi、25MnSi、40SiMnV等品种。

2. 钢筋按生产工艺分类

钢筋按生产工艺可分为热轧钢筋、余热处理钢筋、冷拉钢筋、冷拔钢丝、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋等。

1) 热轧钢筋。是用加热钢坯轧成的条形钢筋。由轧钢厂经过热轧成材供应,钢筋直径一般为5~50mm,分直条和盘条两种。

2) 余热处理钢筋。又称调质钢筋,是经热轧后立即穿水,进行表面控制冷却,然后利用芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋,其外形一般为有肋的月牙肋,属热轧钢筋一类。

3) 冷加工钢筋。有冷拉钢筋和冷拔低碳钢丝两种。冷拉钢筋是将热轧钢筋在常温下进行强力拉伸使其强度提高的一种钢筋。钢丝有低碳钢丝和碳素钢丝两种。冷拔低碳钢丝由直径6~8mm的普通热轧圆盘条经多次冷拔而成,分甲、乙两个等级。冷拉钢筋和冷拔低碳钢丝已逐渐淘汰。

4) 碳素钢丝。是由优质高碳钢盘条经淬火、酸洗、拔制、回火等工艺而制成的。按生产工艺可分为冷拉及矫直回火两个品种。

5) 刻痕钢丝。是把热轧大直径高碳钢加热,并经铅浴淬火,然后冷拔多次,钢丝表面再经过刻痕处理而制得的钢丝。

6) 钢绞线。是把光面碳素钢丝在绞线机上进行捻合而成的。

7) 冷轧带肋钢筋。是用热轧盘条经多道冷轧减轻、一道压肋并经消除内应力后形成的一种带有两面或三面月牙肋的钢筋。

8) 冷轧扭钢筋。是以一级热轧盘条为原料,经专业生产线,先冷轧扁,再冷扭转,从而形成系列螺旋状直条钢筋。

3. 钢筋按其表面形式分类

钢筋按其表面形式可分为光圆钢筋和带肋钢筋。

1) 光圆钢筋。表面为圆滑的钢筋。HPB300 级钢筋均轧制为光圆钢筋。

2) 带肋钢筋。有“螺纹形”“人字形”和“月牙形”三种。一般 HRB335 级、HRB400 级钢筋轧制成“人字形”；RRB400 级钢筋则轧制成“螺纹形”纹及“月牙形”纹。

◆ 热轧钢筋

1. 技术性能

热轧钢筋由于钢厂生产方式不同，供应时有盘圆钢筋及直条钢筋之分。盘圆钢筋（又称盘条），一般以盘圆形式供给，直径在 12mm 以下的细钢筋及钢丝，每盘应由一条钢筋（或钢丝）组成；其要求应符合国家的规定。直条钢筋是以直条形式供应，分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋，一般直径大于或等于 12mm，长度一般为 6~12m，如需特长钢筋，可同厂方协议；其要求应符合国家的相关规定。

(1) 外形与重量

根据国家标准规定，钢筋混凝土结构中使用的钢筋可分为柔性钢筋和劲性钢筋。常用的普通钢筋都是柔性钢筋，其外形有光圆和带肋两类，带肋钢筋又分为等高肋和月牙肋两类，其外形如图 1-1 所示。

热轧光圆钢筋和带肋钢筋的直径、横截面面积与重量，见表 1-1。

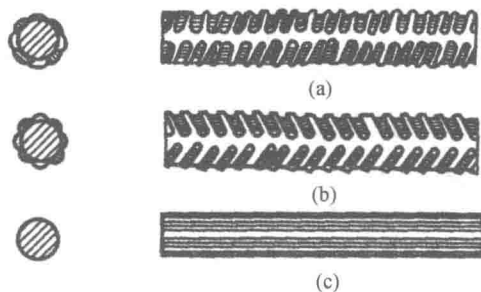


图 1-1 钢筋的外形图

(a) 等高肋；(b) 月牙肋；(c) 光圆形

表 1-1 热轧光圆钢筋和带肋钢筋的直径、横截面面积与重量表

公称直径/mm	公称横截面面积/mm ²	公称重量/(kg/m)
6	28.27	0.222
8	50.27	0.395
10	78.54	0.617
12	113.1	0.888
14	153.9	1.21
16	201.1	1.58
18	254.5	2.00
20	314.2	2.47
22	380.1	2.98
25	490.9	3.85
28	615.8	4.83
30	706.9	5.55
32	804.3	6.31
34	907.9	7.13
36	1017.9	7.99
40	1256.6	9.87
50	1964	15.42

注 重量允许偏差： $\phi 6 \sim 12$ 为 $\pm 7\%$ ， $\phi 14 \sim 20$ 为 $\pm 5\%$ ， $\phi 22 \sim 40$ 为 $\pm 4\%$ 。

(2) 钢筋的化学成分

热轧钢筋的化学成分应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 热轧钢筋的化学成分

表面形状	强度等级 代号	化学成分（%）不大于					
		C	Si	Mn	P	S	C _{eq}
光圆钢筋	HPB300	0.25	0.55	1.50	0.045	0.050	—
月牙肋	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

(3) 钢筋的力学性能与工艺性能

热轧钢筋按屈服强度（MPa）可分为：300、335、400、500 级四个等级。除 300 级钢筋为光圆钢筋外，其他均为变形钢筋。其中 400 级分为热轧钢筋和余热处理钢筋两个种类，详见表 1-3 所示。

表 1-3 热轧钢筋的等级

表 面 形 状	强度等级代号	屈服强度/抗拉强度/MPa
光圆钢筋	HPB300	300/420
变形钢筋	HRB335	335/455
	HRB400	400/540
	RRB400	440/540
	HRB500	500/630

热轧钢筋的力学性能与工艺性能，应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 热轧钢筋的力学性能与工艺性能

品 种		强度等级 代号	公称直径 /mm	屈服点	抗拉强度	伸长率	冷 弯	
表面形状	钢筋级别			R_{el}/MPa	R_m/MPa	$A_5(\%)$	弯曲角度	弯心直径
				不小于				
光圆钢筋	300	HPB300	8~20	300	420	25	180°	d
月牙肋	335	HRB335	6~25	335	455	17	180°	$3d$
			28~50				180°	$4d$
			≥40~50				180°	$5d$
	400	HRB400	6~25	400	540	16	180°	$4d$
			28~40				180°	$5d$
			≥40~50				180°	$6d$
	500	HRB500	6~25	500	630	15	180°	$6d$
			28~40				180°	$7d$
			≥40~50				180°	$8d$

2. 钢筋应用

HPB300 级钢筋为热轧光圆钢筋，强度较低，塑性及焊接性能较好。其盘圆是加工冷拔低碳

钢丝的原材料。HRB335 级钢筋的强度、塑性、焊接等综合使用性均比较好，是应用最广泛的钢筋品种，主要用于普通钢筋混凝土结构和经过冷拉之后作预应力钢筋用。HRB400 级变形钢筋具有较高的强度，可直接在普通钢筋混凝土结构中使用，也可以经冷拉后用作预应力钢筋。HRB500 级钢筋强度较高，屈服强度特征值为 500MPa。

◆余热处理钢筋

余热处理钢筋是采用热轧钢筋热轧后立即蘸水，使钢筋表面温度得到控制，然后利用钢筋芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋。其表面形状同热轧月牙肋钢筋，强度相当于热轧钢筋的Ⅲ级。

余热处理钢筋又称调质钢筋，应符合《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014—2013) 的规定。

1. 力学性能

力学性能试验条件为交货状态或人工时效状态。在有争议时，试验条件按人工时效进行。钢筋的力学性能特性值应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 余热处理钢筋的力学性能

强度等级 代号	R_{el}/MPa	R_m/MPa	$A(\%)$	$A_{gt}(\%)$
	不小于			
RRB400	400	540	14	5.0
RRB500	500	630	13	
RRB400W	430	570	16	7.5

注 时效后检验结果。

直径为 28~40mm 各强度等级代号钢筋的断后伸长率 A 可降低 1%，直径大于 40mm 各强度等级代号钢筋的断后伸长率可降低 2%。

对于没有明显屈服强度的钢，屈服强度特性值 R_{el} 应采用规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。

根据供需双方协议，伸长率类型可从 A 或 A_{gt} 中选定，如伸长率类型未经协议确定，则伸长率采用 A ，仲裁试验时采用 A_{gt} 。

2. 工艺性能

(1) 弯曲性能

按表 1-6 规定的弯芯直径弯曲 180°后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。

表 1-6 余热处理钢筋的弯曲性能 (mm)

强度等级代号	公称直径 d	弯 芯 直 径
RRB400 RRB400W	8~25	$4d$
	28~40	$5d$
RRB500	8~25	$6d$

(2) 反向弯曲性能

根据需方要求，钢筋可进行反向弯曲性能试验。反向弯曲试验的弯芯直径比弯曲试验相应增加一个钢筋直径。

反向弯曲试验：先正向弯曲 90°后再反向弯曲 20°。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表

面不得产生裂纹。

◆冷拉钢筋

冷拉钢筋是对热轧钢筋在常温（20±3）℃下，进行强力拉伸而得的。冷拉 HPB300 级钢筋适用于钢筋混凝土结构中的受拉钢筋，冷拉 HRB335 级、HRB400 级、HRB500 级钢筋均可用作预应力钢筋，而冷拉钢筋在承受冲击及振动荷载的结构中不应使用。冷拉钢筋的力学性能应符合国家的相关规定，见表 1-7。

表 1-7 冷拉钢筋的力学性能

强度等级 代号	公称直径 d/mm	屈服点 $R_{\text{el}}/(\text{N}/\text{mm}^2)$	抗拉强度 $R_{\text{m}}/(\text{N}/\text{mm}^2)$	伸长率 $A_{10}(\%)$	冷 弯	
		不小于			弯曲角度	弯心直径
冷拉 HPB300 级	6~12	300	420	11	180°	3 d
冷拉 HRB335 级	8~25	450	510	10	90°	3 d
	28~40	430	490			4 d
冷拉 HRB400 级	8~40	500	570	8	90°	5 d
冷拉 HRB500 级	10~28	700	835	6	90°	5 d

注 表中 d 代表钢筋直径，直径大于 25mm 的冷拉 HRB335~HRB500 级钢筋，冷弯弯心直径应增加 1 d 。

◆冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋是以普通低碳钢或低合金钢热轧盘圆条为母材，经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成具有三面或二面月牙形横肋的钢筋。这类钢筋同热轧钢筋相比，具有强度高、塑性好、握裹力强等优点，因此被广泛应用于工业与民用建筑中。其性能应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》（GB 13788—2008）的规定。

1. 冷轧带肋钢筋的力学性能和工艺性能

钢筋的力学性能和工艺性能应符合表 1-8 的规定。当进行弯曲试验时，受弯曲部位表面不得产生裂纹。反复弯曲试验的弯曲半径应符合表 1-9 的规定。

表 1-8 力学性能和工艺性能

强度等级 代号	$R_{\text{p0.2}}/\text{MPa}$ 不小于	R_{m}/MPa 不小于	伸长率（%） 不小于		弯曲试验 180°	反复弯曲 次数	应力松弛初始应力应相当于公称 抗拉强度的 70%
			$A_{11.3}$	A_{100}			1000h 松弛率（%）不大于
CRB550	500	550	8.0	—	$D=3d$	—	—
CRB650	585	650	—	4.0	—	3	8
CRB800	720	800	—	4.0	—	3	8
CRB970	875	970	—	4.0	—	3	8

注 表中 D 为弯心直径， d 为钢筋公称直径。

表 1-9 反复弯曲试验的弯曲半径 (单位：mm)

钢筋公称半径	4	5	6
弯曲半径	1	15	15

钢筋的强屈比 $R_m/R_{p0.2}$ 比值应不小于 1.03。经供需双方协议可用 $A_{gt} \geq 2.0\%$ 代替 A 。供方在保证 1000h 松弛率合格基础上，允许使用推算法确定 1000h 松弛率。

2. 冷轧带肋钢筋的尺寸、重量及允许偏差

三面肋和两面肋钢筋的尺寸、重量及允许偏差应符合表 1-10 的规定。

表 1-10 三面肋和两面肋钢筋的尺寸、重量及允许偏差

公称直径 d/mm	公称横截面面积/ mm^2	重 量		横肋中点高		横肋 1/4 处高 $h_{1/4}/\text{mm}$	横肋顶宽 b/mm	横肋间隙		相对肋面积 f_r 不小于
		理论重量/(kg/m)	允许偏差 (%)	h/mm	允许偏差/ mm			l/mm	允许偏差 (%)	
4	12.6	0.099	± 4	0.30	$+0.10$ -0.05	0.24	$\sim 0.2d$	4.0	± 15	0.036
4.5	15.9	0.125		0.32		0.26		4.0		0.039
5	19.6	0.154		0.32		0.26		4.0		0.039
5.5	23.7	0.186		0.40		0.32		5.0		0.039
6	28.3	0.222		0.40		0.32		5.0		0.039
6.5	33.2	0.261		0.46		0.37		5.0		0.045
7	28.6	0.302		0.46		0.37		5.0		0.045
7.5	44.2	0.347		0.55	± 0.10	0.44		6.0		0.045
8	50.3	0.395		0.55		0.44		6.0		0.045
8.5	56.7	0.445		0.55		0.44		7.0		0.045
9	63.6	0.499		0.75		0.60		7.0		0.052
9.5	70.8	0.556		0.75		0.60		7.0		0.052
10	78.5	0.617		0.75		0.60		7.0		0.052
10.5	86.5	0.679		0.75		0.60		7.4		0.052
11	95.0	0.746		0.85		0.68		7.4		0.056
11.5	103.8	0.815		0.95		0.76		8.4		0.056
12	113.1	0.888		0.95		0.76		8.4		0.056

注 1. 横肋 1/4 处高、肋顶宽供孔型设计用。
2. 两面肋钢筋允许有高度不大于 0.5h 的纵肋。

◆冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋是由普通低碳钢热轧盘圆钢筋经冷轧扭工艺制成。其表面形状为连续的螺旋形，故它与混凝土的黏结性能很强，同时具有较高的强度和足够的塑性。如用它代替 HPB300 级钢筋可节约钢材约 30% 左右，可降低工程成本。冷轧扭钢筋应符合行业标准《冷轧扭钢筋》(JG 190—2006) 的规定，其力学性能应符合表 1-11 的规定；其规格及截面参数见表 1-12；冷轧扭钢筋的外形尺寸，详见表 1-13。

表 1-11 冷轧扭钢筋的力学性能

强度等级代号	型 号	抗拉强度 $f_{yk}/(N/mm^2)$	伸长率 $A(\%)$	180°弯曲 (弯心直径=3d)
CTB550	I	≥ 550	$A_{11.3} \geq 4.5$	受弯曲部位钢筋表面不得产生裂纹
	II	≥ 550	$A \geq 10$	
	III	≥ 550	$A \geq 12$	
CTB650	III	≥ 650	$A_{100} \geq 4$	

注 1. d 为冷轧扭钢筋标志直径。
2. A 、 $A_{11.3}$ 分别代表以标距 $5.65 \sqrt{S_0}$ 或 $11.3 \sqrt{S_0}$ (S_0 为试样原始截面面积) 的试样拉伸伸长率, A_{100} 表示标距为 100mm 的试样拉断伸长率。

冷轧扭钢筋一般用于预应力钢筋混凝土楼板和现浇钢筋混凝土楼板等。

表 1-12 冷轧扭钢筋的规格及截面参数

强度等级代号	型 号	标志直径 d/mm	公称截面面积 A_s/mm^2	等效直径 d_0/mm	截面周长 u/mm	理论重量 $G/(kg/m)$
CTB550	I	6.5	29.50	6.1	23.40	0.232
		8	45.30	7.6	30.00	0.356
		10	68.30	9.3	36.40	0.536
		12	96.14	11.1	43.40	0.755
	II	6.5	29.20	6.1	21.60	0.229
		8	42.30	7.3	26.02	0.332
		10	66.10	9.2	32.52	0.519
		12	92.74	10.9	38.52	0.728
CTB550	III	6.5	29.86	6.2	19.48	0.234
		8	45.24	7.6	23.88	0.355
		10	70.69	9.5	29.55	0.555
CTB650	预应力 III	6.5	28.20	6.0	18.82	0.221
		8	42.73	7.4	23.17	0.335
		10	66.76	9.2	28.96	0.524

注 I 型为矩形截面, II 型为方形截面, III 型为圆形截面。

表 1-13 冷轧扭钢筋的外形尺寸 (mm)

强度等级代号	型号	标志直径 d/mm	截面控制尺寸不小于/mm				节距 l_1 不 大于/mm
			轧扁厚度 t_1	方形边长 a_1	外圆直径 d_1	内圆直径 d_2	
CTB550	I	6.5	3.7	—	—	—	75
		8	4.2	—	—	—	95
		10	5.3	—	—	—	110
		12	6.2	—	—	—	150
	II	6.5	—	5.4	—	—	30
		8	—	6.5	—	—	40
		10	—	8.1	—	—	50
		12	—	9.6	—	—	80

续表

强度等级代号	型号	标志直径 d/mm	截面控制尺寸不小于/ mm				节距 l_1 不 大于/ mm
			轧扁厚度 t_1	方形边长 a_1	外圆直径 d_1	内圆直径 d_2	
CTB550	Ⅲ	6.5	—	—	6.17	5.67	40
		8	—	—	7.59	7.09	60
		10	—	—	9.49	8.89	70
CTB650	预应力Ⅲ	6.5	—	—	6.00	5.50	30
		8	—	—	7.38	6.88	50
		10	—	—	9.22	8.67	70

1.2 钢筋的物理性能及化学性能

常遇问题

- 1. 试述钢筋的物理性能及化学性能所包含的内容。
- 2. 钢筋中合金元素对钢有哪些影响？

【要点】

◆物理性能

1. 密度

单位体积钢材的重量（现称质量）为密度，单位为 g/cm^3 。对于不同的钢材，其密度亦稍有不同，钢筋的密度按 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ 计算。

钢丝及钢筋的公称横截面面积与理论重量见表 1-14。

表 1-14 钢丝及钢筋公称横截面面积与理论重量

公称直径/ mm	公称横截面面积/ mm^2	理论重量/ (kg/m)
8	50.27	0.395
10	78.57	0.617
12	113.1	0.888
14	153.9	1.21
16	201.1	1.58
18	254.5	2.00
20	314.2	2.47
22	380.1	2.98
25	490.9	3.85
28	615.8	4.83
32	804.2	6.31
36	1018	7.99
40	1257	9.87
50	1964	15.42

注 理论重量按密度 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ 计算。

2. 可熔性

钢材在常温时为固体，当其温度升高到一定程度，就能熔化成液体，这叫作可熔性。钢材开始熔化的温度叫熔点，纯铁的熔点为 1534°C 。

3. 线 [膨] 胀系数

钢材加热时膨胀的能力，叫热膨胀性。受热膨胀的程度，常用线膨胀系数来表示。钢材温度上升 1°C 时，伸长的长度与原来长度的比值，叫钢材的线 [膨] 胀系数，单位符号为 $\text{mm}/(\text{mm} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

4. 热导率

钢材的导热能力用热导率来表示，工业上用的热导率是以面积热流量除以温度梯度来表示，单位符号为 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{k})$ 。

◆ 化学性能

1. 耐腐蚀性

钢材在介质的侵蚀作用下被破坏的现象，称为腐蚀。钢材抵抗各种介质（大气、水蒸气、酸、碱、盐）侵蚀的能力，称为耐腐蚀性。

2. 抗氧化性

有些钢材在高温下不被氧化而能稳定工作的能力称为抗氧化性。

3. 钢筋中合金元素的影响

在钢中，除绝大部分是铁元素外，还存在很多其他元素。在钢筋中，这些元素有：碳、硅、锰、钒、钛、铌等；此外，还有杂质元素硫、磷，以及可能存在的氧、氢、氮。

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，又是一种很好的脱硫剂。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，钒能形成碳化物碳化钒，提高了钢的强度和淬透性。

钛 (Ti)：钛与碳形成稳定的碳化物，能提高钢的强度和韧性，还能改善钢的焊接性。

铌 (Nb)：铌作为微合金元素，在钢中形成稳定的化合物碳化铌 (NbC)、氮化铌 (NbN)，或它们的固溶体 $\text{Nb}(\text{CN})$ ，弥散析出，可以阻止奥氏体晶粒粗化，从而细化铁素体晶粒，提高钢的强度。

硫 (S)：硫是一种有害杂质。硫几乎不溶于钢，它与铁生成低熔点的硫化铁 (FeS)，导致热脆性。焊接时，容易产生焊缝热裂纹和热影响区出现液化裂纹，使焊接性能变坏，硫以薄膜形式存在于晶界，使钢的塑性和韧性下降。

磷 (P)：磷亦是一种有害杂质。磷使钢的塑性和韧性下降，提高钢的脆性转变温度，引起冷脆性。磷还能恶化钢的焊接性能，使焊缝和热影响区产生冷裂纹。

除此之外，钢中还可能存在氧、氢、氮，部分是从原材料中带来的；部分是在冶炼过程中从空气中吸收的，氧、氮超过溶解度时，多数以氧化物、氮化物形式存在。这些元素的存在均