

中等专业学校教材

桥 梁 施 工

武汉铁路桥梁学校 陈敏杰 主编
铁道部大桥工程局 胡 仁 主审

中 国 铁 道 出 版 社

1999年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书较系统地介绍了桥梁施工的基本知识、各类基础及各种结构形式的桥梁构筑物的施工技术。全书共分四篇。第一篇混凝土工程,内容包括混凝土材料、钢筋工程、模板设计与制作安装、预应力混凝土和水下混凝土的施工。第二篇基础工程,主要介绍明挖基础、桩基础、管柱基础的施工方法等,第三篇上部结构,主要叙述混凝土梁、钢梁的制作和安装,预应力混凝土梁的拼装方法(包括悬臂法、悬拼法、顶推法),悬索桥、斜拉桥、拱桥的施工。第四篇辅助设备与装吊作业,内容主要有万能杆件与军用梁的资料,龙门吊安装,栈桥、装吊作业知识等。

本书为铁路中等专业学校桥梁专业和其它相关专业的教学用书,也可供桥梁施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工/陈敏杰编著.-北京:中国铁道出版社,1999

中等专业学校教材

ISBN 7-113-03215-X

. 桥... . 陈... . 桥梁工程-工程施工-专业学校-教材 . U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02546 号

书 名:桥梁施工

著作责任者:武汉铁路桥梁学校 陈敏杰

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:李丽娟

封面设计:马 利

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:519 千

版 本:1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000 册

书 号:ISBN 7-113-03215-X U·879

定 价:24.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

本教材是根据铁道部中等专业学校建筑工程专业教学指导委员会建议,经铁道部科教司批准编写的桥梁工程专业的统编教材。

根据教学计划,在编写过程中,尽量吸取和结合国内外桥梁施工的实践经验和最新成果。但作为教材,本书主要介绍了桥梁施工的基本知识和各类基础、各种结构形式的桥梁构筑物的施工技术。本教材的特点之一是桥梁施工的基本知识较为全面,全书系统性较强,但在教学时还应注意尽量结合施工实例。

本教材由武汉铁路桥梁学校陈敏杰主编,铁道部大桥工程局胡仁主审。参加编写工作的有:葛缘泽(第一~六、十一章),陈礼华(第七~九章),陈敏杰(第十、十七~十九章),涂兵(第十二、十六章),邓本松(第十三章),向前(第十四、十五章),蔡文斌(第二十、二十一章)。

在编写过程中,得到了铁道部大桥工程局有关部门及同仁们的大力帮助和支持,在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1998 .10

目 录

第一篇 混凝土工程.....	1
第一章 混凝土施工.....	1
第一节 混凝土材料.....	1
第二节 钢筋工程.....	7
第三节 混凝土施工	13
第二章 模板工程	29
第一节 概 述	29
第二节 模板设计	31
第三节 模板制作与安装	35
第四节 组合钢模板	37
第五节 滑升与爬升模板	42
第三章 预应力混凝土施工	52
第一节 预应力钢筋	52
第二节 锚具和张拉设备	54
第三节 预应力张拉	59
第四章 水下混凝土施工	66
第一节 水下混凝土施工方法	66
第二节 水下混凝土的技术要求	67
第三节 导管法灌注工艺	68
第二篇 基础工程	73
第五章 明挖基础	73
第一节 基坑开挖	73
第二节 基坑排水	80
第三节 围堰工程	88
第四节 基底检验及处理	93
第六章 预制桩基础	95
第一节 桩的类型	95
第二节 沉桩设备	97
第三节 沉桩施工.....	105
第七章 就地灌注桩.....	114
第一节 钻 孔 桩	114

第二节	挖孔桩	128
第八章	筑岛沉井.....	130
第一节	地基加固.....	130
第二节	底节施工.....	131
第三节	沉井接高与下沉.....	134
第四节	沉井清基及封底.....	142
第九章	浮运沉井.....	145
第一节	浮运沉井的构造.....	145
第二节	水上施工的主要辅助设施.....	148
第三节	浮运沉井的施工步骤.....	154
第十章	管柱基础.....	159
第一节	管柱构造与管柱基础类型.....	159
第二节	管柱制造.....	161
第三节	管柱基础施工的辅助设备.....	163
第四节	管柱下沉.....	167
第五节	管柱内钻岩、清孔及灌注水下混凝土	171
第十一章	墩台施工.....	173
第一节	承台施工.....	173
第二节	墩台施工.....	174
第三节	墩台顶帽施工.....	176
第三篇	上部结构工程.....	178
第十二章	混凝土简支梁的制造与架设.....	178
第一节	混凝土梁的现场制造.....	178
第二节	混凝土简支梁的架设方法.....	183
第十三章	钢梁安装.....	189
第一节	安装方法及选择.....	189
第二节	施工准备工作.....	191
第三节	悬臂法安装钢梁.....	195
第四节	其它钢梁安装方法.....	213
第十四章	预应力混凝土梁悬臂法施工.....	221
第一节	支座设置.....	221
第二节	挂篮种类与施工.....	224
第三节	现浇梁段施工.....	227
第四节	合龙梁段施工.....	229
第十五章	预应力混凝土梁悬拼法施工.....	232
第一节	施工场地布置及机具设备.....	232
第二节	梁段预制、存放及运输	233
第三节	梁段拼装.....	235
第十六章	预应力混凝土梁顶推法施工.....	241

第一节	梁段制造.....	241
第二节	顶推设备.....	242
第三节	顶推施工.....	244
第十七章	斜拉桥施工.....	250
第一节	斜拉桥构造.....	250
第二节	斜拉桥施工.....	252
第十八章	悬索桥施工.....	261
第一节	悬索桥构造与布置.....	261
第二节	悬索桥施工.....	263
第十九章	拱桥施工.....	266
第一节	拱桥构造.....	266
第二节	拱 架.....	267
第三节	拱桥施工.....	271
第四篇	辅助设备与装吊作业.....	279
第二十章	辅助设备设计与施工.....	279
第一节	万能杆件与军用梁.....	279
第二节	龙门吊机设计与施工.....	290
第三节	栈 桥.....	296
第四节	其它辅助结构.....	298
第二十一章	装吊作业.....	302
第一节	滑 车 组.....	302
第二节	地 垄.....	306
第三节	把 杆.....	310
第四节	起重机具.....	316
参考文献	323

第一篇 混凝土工程

混凝土作为建筑材料在铁路桥梁工程中有着广泛的用途,它具有耐久、耐火、可模性强,材料来源广,价格低等优点。随着混凝土理论的日臻完善,混凝土结构由普通混凝土发展到预应力混凝土,结构强度不断提高,并减轻了结构自重,节省了材料,降低了造价,符合现代工程结构的需要,成为大跨度桥梁的最主要材料。

第一章 混凝土施工

第一节 混凝土材料

一、水泥

水泥是混凝土的胶凝材料,它与水拌合后形成浆体,经一系列的物理、化学作用后逐渐凝结硬化,将砂石料等粘结成为一个坚硬的整体。桥梁工程中,拌制混凝土所用的水泥通常有硅酸盐水泥(又名纯熟料水泥)、普通硅酸盐水泥(简称普通水泥)、矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥)、火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥),以及在特殊条件下使用的快硬硅酸盐水泥、低热水泥、膨胀水泥等。

1. 水泥的选用

为了满足不同工程的需要,生产了不同品种和标号的水泥。这些水泥的性能各不相同,如硅酸盐水泥早期强度高、低温性能好、水化热高等;矿渣水泥后期强度增进率大、水化热低、抗酸蚀性好,但早期强度低等;粉煤灰水泥干缩小、流动性好等。因此在配制混凝土时,应根据混凝土的使用要求,选择适合的水泥品种和标号。各种常用水泥的使用范围见表 1—1—1。水泥的标号则应根据设计要求的混凝土标号进行选择。配制混凝土最常用的水泥标号为 325、425、525、625 号 4 种。在某些工程中对选用水泥的标号及品种作出如下规定:

- (1) 钢筋混凝土及有耐冻、抗磨、抗渗要求的混凝土,不应采用低于 325 号的水泥;
- (2) 喷射混凝土宜选硅酸盐水泥或普通水泥,其使用标号不得低于 325 号;
- (3) 预应力混凝土应优先采用 325 号以上的快硬水泥,或不低于 425 号的硅酸盐水泥或普通水泥;
- (4) 混凝土冬季施工宜选用标号较高、硬化较快、水化热较高、耐冻性能较好的硅酸盐水泥或普通水泥;
- (5) 特细砂混凝土宜选用高于 425 号的硅酸盐水泥、普通水泥或矿渣水泥;
- (6) 水下混凝土用水泥不得低于 275 号;
- (7) 大体积混凝土如不掺用混合材料时,不宜使用高于 325 号的普通水泥,以免使混凝土超强,造成水泥浪费和过大水化热。

表 1 - 1 - 1 水泥的选用范围

混凝土工程特点或所处环境条件		优先选用	可以使用	不得使用
环境 条件	1. 在普通气候环境中的混凝土	普通水泥 硅酸盐水泥	矿渣水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥	-
	2. 处于干燥环境中的混凝土	普通水泥 硅酸盐水泥	矿渣水泥	火山灰水泥 粉煤灰水泥
	3. 在潮湿环境中或处在水下的混凝土	矿渣水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥	硅酸盐水泥 普通水泥	-
	4. 严寒地区的露天混凝土及水下混凝土	硅酸盐水泥 普通水泥 快硬水泥(标号大于或等于 325 号)	矿渣水泥	火山灰水泥 粉煤灰水泥
	5. 受侵蚀性环境水或气体作用的混凝土	根据侵蚀性介质的种类、浓度等具体条件按专门规定或通过试验选用		
混凝土 工程特点	1. 厚大体积的混凝土	矿渣水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥	普通水泥	硅酸盐水泥 快硬水泥
	2. 要求快硬高强的混凝土	硅酸盐水泥 快硬水泥	普通水泥	矿渣水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥
	3. 有抗渗性要求的混凝土	普通水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥	硅酸盐水泥 快硬水泥	矿渣水泥
	4. 有耐磨性要求的混凝土	硅酸盐水泥 普通水泥 快硬水泥	矿渣水泥(标号大于或等于 325 号)	火山灰水泥 粉煤灰水泥

2. 水泥的运输和保管

水泥的运输有两种方式:袋装和散装。袋装水泥是指采用纸袋或纤维袋包装的水泥,在运输过程中纸袋或纤维袋比较容易破损,水泥容易受潮。散装水泥一般采用密闭压力容器车装运,运至工地后用压力空气传送至工地储备容器中,这样传送的水泥不易受潮和损失。

袋装水泥应按品种、标号、批号等分堆存放,防止混杂使用。贮存水泥的仓库,应设在地势较高处,周围应设排水沟。袋装水泥堆放高度一般不超过 10 包,堆宽以 5~10 袋为限。堆垛应架离地面 20cm 以上,距墙壁亦应有 20~30cm 的间隔。装卸、搬移过程中严禁抛掷。袋装水泥不得露天堆放,如临时隔夜堆放,亦应上盖下垫。

二、细 骨 料

桥涵工程混凝土用细骨料,应采用粒径在 5mm 以下,级配良好,质地坚硬,颗粒洁净的天然砂或机制砂。

1. 砂的分类

按砂的来源可分为:天然砂和机制砂。天然砂即开采的自然砂,经清筛后即可使用;机制砂则是由硬质岩经爆破开采,机械轧制而形成的砂,使用时需筛分去除石粉等有害杂质。

天然砂可分为河砂、海砂和山砂。河砂一般较为洁净,含杂质较少,使用广泛;山砂中含泥量大,不易清除;海砂中常含有贝壳类、盐分等有害杂质。

按砂的粒径可分为:粗砂、中砂、细砂和特细砂 4 种。表 1—1—2 为砂的分类标准。

表 1—1—2 砂的分类

砂 类	粗 砂	中 砂	细 砂	特细砂
细度模数	3.7 ~ 3.1	3.0 ~ 2.3	2.2 ~ 1.6	1.5 ~ 0.7
平均粒径 (mm)	>0.5	0.5 ~ 0.35	0.35 ~ 0.25	0.25 ~ 0.15

2 颗粒级配

对混凝土骨料进行级配,可以减少骨料间的空隙率,使骨料总表面积小,达到节约水泥的目的。天然砂的级配划分为三个区段,工程中采用的砂的级配应符合表 1—1—3 的规定。

表 1 - 1 - 3 天然砂的级配范围与分类

分 类	筛 孔 净 孔 (mm)						
	10.0	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16
	累 计 筛 余 百 分 率 (%)						
区砂	0	0 ~ 10	5 ~ 35	35 ~ 65	71 ~ 85	80 ~ 95	90 ~ 100
区砂	0	0 ~ 10	0 ~ 25	10 ~ 50	41 ~ 70	70 ~ 92	90 ~ 100
区砂	0	0 ~ 10	0 ~ 15	0 ~ 25	16 ~ 40	55 ~ 85	90 ~ 100

配制混凝土一般以粗砂或中砂为主,细砂亦可使用,但比同等条件下的粗砂配制的混凝土强度降低 10%,但在粗砂中掺入 20% 细砂可改变混凝土的和易性。

运抵工地的粗、细砂,应按不同的产地、规格、品种等分批堆放,并应进行外观检查及取样试验。

三、粗骨料

粗骨料一般采用石子,在混凝土中起主要的骨架作用。应采用石质坚硬耐久的石料,其粒径为 5mm 以上。

1. 石子的分类

石子按其最大粒径分为细(最大粒径 5 ~ 20mm)、中(最大粒径 20 ~ 40mm)、粗(最大粒径 40 ~ 100mm)三类。

按生产情况不同,可分为碎石和卵石。碎石是用硬质岩石经人工破碎而成的。其中含有大量石粉,应筛分后使用。卵石又分为河卵石、海卵石和山卵石。河卵石比较洁净,海卵石中常混有贝壳类,山卵石常有较多的杂质。卵石表面光滑,制成的混凝土和易性好,易振捣密实。但卵石的坚硬程度不一,片状、针状颗粒较多,含杂质多,需筛分清洗后使用。

2. 石子的最大粒径限制

石子的最大粒径应按混凝土结构情况和施工方法选取:

(1) 石子最大粒径不得超过 100mm。

(2) 一般混凝土用粗骨料,其最大颗粒粒径不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$,且不得超过钢筋间最小净距的 $3/4$ 。对于混凝土实心薄板,骨料的粒径不宜超过板厚的 $1/2$,且不得超过 50mm。

(3) 泵送混凝土其骨料的粒径与输送管内径之比,碎石不宜大于 $1/1.3$,卵石不宜大于 $1/2.5$ 。

(4) 水下混凝土用的粗骨料最大粒径,不应大于导管的 $1/4$ 或钢筋净距的 $1/4$ (仅有单层钢筋时,最大粒径可等于钢筋净距的 $1/3$),也不宜大于 60mm。

3. 颗粒级配

粗骨料与细骨料一样,应有良好的级配。级配越好,其空隙率与表面积越小,不仅能节约水泥用量,而且配制的混凝土和易性、密实性和强度也越高。粗骨料颗粒级配应符合表 1 - 1 - 4。对于 C28 以上的混凝土或有耐冻、抗渗等特殊要求的混凝土,以及混凝土数量较大的工程,除按连续级配外,为保证级配的稳定性,宜将粗骨料按不同的颗粒尺寸适当分成 2 ~ 3 级,施工时按级配要求分别计量拌制混凝土。

表 1 - 1 - 4 粗骨料颗粒级配范围

级配情况	累计筛余 (%) 筛孔尺寸 (mm) 公称粒径 (mm)	2.50	5.00	10.0	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	50.0	63.0	80.00	100
		连续级	5 ~ 10	95 ~ 100	80 ~ 100	0 ~ 15	0	—	—	—	—	—	—
	5 ~ 16	95 ~ 100	90 ~ 100	30 ~ 60	0 ~ 10	0	—	—	—	—	—	—	—
	5 ~ 20	95 ~ 100	90 ~ 100	40 ~ 70	—	0 ~ 10	0	—	—	—	—	—	—
	5 ~ 25	95 ~ 100	90 ~ 100	—	30 ~ 70	—	0 ~ 5	0	—	—	—	—	—
	5 ~ 31.5	95 ~ 100	90 ~ 100	70 ~ 90	—	15 ~ 45	—	0 ~ 5	0	—	—	—	—
	5 ~ 40	—	95 ~ 100	75 ~ 90	—	30 ~ 60	—	—	0 ~ 5	0	—	—	—
	5 ~ 63	95 ~ 100	95 ~ 100	85 ~ 95	60 ~ 80	45 ~ 70	—	30 ~ 40	15 ~ 20	—	0 ~ 5	0	—
	5 ~ 80	95 ~ 100	95 ~ 100	80 ~ 95	—	60 ~ 80	—	—	30 ~ 60	~	15 ~ 20	0 ~ 5	0
单粒级	10 ~ 20	—	95 ~ 100	85 ~ 100	—	0 ~ 15	0	—	—	—	—	—	—
	16 ~ 31.5	—	95 ~ 100	—	85 ~ 100	—	—	0 ~ 10	0	—	—	—	—
	20 ~ 40	—	—	95 ~ 100	—	80 ~ 100	—	—	0 ~ 10	0	—	—	—
	31.5 ~ 63	—	—	—	95 ~ 100	—	—	75 ~ 100	45 ~ 75	—	0 ~ 10	—	—
	40 ~ 80	—	—	—	—	95 ~ 100	—	—	70 ~ 100	—	30 ~ 60	0 ~ 10	0

四、水

拌制混凝土用水,可分为饮用水、地表水、地下水、海水,以及经过适当处理后的工业废水。通常符合国家饮用水标准的水,可以拌制和养护各种混凝土。若采用地表水和地下水进行拌制和养护,应在使用前对水进行检验。在靠海边地区用淡水困难时,可用海水拌制素混凝土,但不得用于拌制和养护钢筋混凝土、预应力混凝土。因为海水中含有大量钠、镁氯化物,它能加速混凝土的硬化,增大早期强度,并且减低混凝土后期强度及耐久性。海水中大量的氯离子能与混凝土中和,对钢筋有腐蚀作用。对有饰面要求的素混凝土亦不得用海水拌制。

拌制和养护混凝土用的水,应符合一定的质量标准。因为水中若含有有害物质,将影响水泥的正常凝结与硬化,亦可能影响外加剂的性能和诱发混凝土中的钢筋锈蚀。

(1)拌合用水中所含物质不应产生以下有害作用: 影响混凝土的和易性及凝结; 有损于混凝土强度发展; 降低混凝土的耐久性,加快钢筋腐蚀及导致预应力钢筋脆断; 污染混凝土表面。

(2)用待检验水和蒸馏水试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30min。其初凝和终凝时间尚应符合国家标准的规定。

(3)用待检验水配制的水泥砂浆或混凝土的 28d 抗压强度不得低于用蒸馏水拌制的相应

砂浆或混凝土抗压强度的 90%。

(4)水的 pH 值、不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐、硫化物的含量应符合表 1—1—5 规定。

表 1 - 1 - 5 拌合水物质含量限值(TB10210 - 97)

项 目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	> 4	> 4	> 4
不可溶物(mg/L)	< 2 000	< 2 000	< 5 000
可溶物(mg/L)	< 2 000	< 5 000	< 10 000
氯化物(Cl ⁻)(mg/L)	< 500	< 1 200	< 3 500
硫酸盐(SO ₄ ²⁻)(mg/L)	< 600	< 2 700	< 2 700
硫化物(S ²⁻)(mg/L)	< 100	—	—

五、外加剂

在混凝土中,除了骨料、胶凝材料、混合材料和水之外,为了改善或增加混凝土或砂浆的技术性能而掺入的少量有机或无机化合物,称为混凝土外加剂或添加剂。

由于混凝土中掺入适量的外加剂,能有效改善混凝土的工艺性,加快工程进度和节约水泥,近年来,外加剂在国际上有着非常广泛的应用,公认为混凝土的第五种材料。我国外加剂发展迅速,品种已达数十种,常用的有早强剂、引气剂、速凝剂、缓凝剂、防水剂、抗冻剂、防锈剂等。目前,国内以使用和研制各种新型高效能及多功能型的外加剂为主。这里仅介绍常用外加剂的性能及使用。

1. 早强剂

早强剂又称为促硬剂。它能提高混凝土早期强度,加速混凝土凝结硬化过程,并对后期强度无显著影响,它能改善混凝土拌合物的工艺性能和混凝土的力学性能,对缩短模板的使用周期和缩短工期有较好的效果。

早强剂易溶于水,能与水泥水化产生不溶性复盐,加速水泥水化,因而提高水泥的早期强度。高效能的早强剂一般是几种外加剂的复合物,以发挥各种外加剂的不同作用。最常用的早强剂有氯盐、硫酸盐、三乙醇胺等。

2. 减水剂

减水剂能在保持混凝土工作性能相同的情况下,显著降低混凝土的水灰比。它在用水量不变的情况下,能大幅度提高混凝土的流动性,也可在强度不变的情况下,减少水泥用量。一般情况下,含水量低的混凝土其强度、抗渗性、耐久性等性能都较好,但却因含水量少而使混凝土的流动性差,混合料干涩,难于拌和均匀和成型密实,易形成空洞和表面粗糙。若在这样的混凝土中掺入减水剂,就能够很好地解决这一难题。减水剂掺量一般为水泥重量的 0.2% ~ 1%,可减水 5% ~ 25%,同时提高混凝土强度 5% ~ 30% 或节约水泥 5% ~ 20%,并可改善混凝土的抗冻性、抗渗性和抗裂性等。因此,在混凝土工程中得到广泛运用。

减水剂种类很多,按对混凝土凝结时间的影响,可分为标准型、缓凝型和促凝型三种。按对混凝土含气量的影响,可分为加气型和非加气型两种。按化学主要成分来分,可分为木质素磺酸盐类(如木质素磺酸钙、木质素磺酸钠)、多环芳香族磺酸盐类(如萘和萘的同系磺化物与甲醛缩合的盐类)、水溶性树脂磺酸盐类(如磺化三聚氰胺树脂、磺化古玛隆树脂)和其它如腐植酸等。

3. 引气剂

引气剂是指在混凝土中掺入的能引发均匀微小气泡,但不显著改变水泥凝结硬化速度的外加剂。混凝土中加入适量引气剂后,可减少拌合水量,增加混合料的粘性,减少泌水性,提高混凝土的抗渗性、抗裂性和抗冲击性。混凝土中的气孔能缓冲结冰膨胀的破坏作用,因而可提高抗冻性。但混凝土中空气含量增加将使强度下降,因此必须严格掌握掺用量。常用引气剂有松香热聚物加气剂(RH)、松香皂加气剂(松香酸钠)、铝粉加气剂。松香热聚物加气剂的掺量约为水泥重量的0.005%~0.015%之间;松香皂加气剂的掺量约为0.007%~0.01%;铝粉加气剂的掺量为水泥用量的0.05%~8%。实际掺量均应经过试验确定。

4. 调凝剂

调凝剂是调节水泥凝结时间的外加剂,有速凝剂和缓凝剂两种。

(1)速凝剂。混凝土中掺入速凝剂能使其快速凝结硬化,并有较高的早期强度。速凝剂与水泥在加水拌和时立即反应,使水泥中的石膏丧失其缓凝作用,促成铝酸三钙迅速水化,并在溶液中析出其水化物,导致水泥浆迅速凝固。常用的速凝剂有711型。它是一种灰色粉末,掺量为水泥重量的2.5%~3%,水灰比以0.4左右为宜,掺入后可使水泥在5min内初凝,10min内终凝。红星1型掺量为水泥重量的2.5%~4%,水灰比0.4左右,掺入后水泥初凝为1~5min,终凝约2~10min。

(2)缓凝剂。用以延缓混凝土凝结与硬化过程的外加剂,称为缓凝剂。缓凝剂在高温季节用以调节混凝土的凝结时间,并能延缓水化作用,减少发热量,防止早期因温度引起混凝土收缩裂缝。还可以使混凝土经长期距离运输后仍可保持一定的和易性。常用的有木质素磺酸钙、酒石酸、柠檬酸、己糖二酸钙、硼酸盐等。掺量一般为水泥重量的0.1%~0.5%,可节约水泥6%~10%。28d的抗压强度可提高10%左右。使用时对易溶于水的缓凝剂可配制成浓度为20%~30%的水溶液,加入拌合水中使用,含有难溶载体的复合缓凝剂,可与水泥一起加入搅拌机中。

5. 防水剂

防水剂包括抗渗剂和防潮剂。抗渗剂能减少孔隙和堵塞细通道,用以降低混凝土在静水压力下的透水性。常用抗渗剂有氢氧化铝、明矾、重铬酸钾、粉煤灰、石灰石等。防潮剂能堵塞浅层毛细孔,在混凝土表面形成憎水层,从而降低混凝土毛细孔透水性。如皂类的金属盐、硬蜡酸悬浮液,以及某些石油产品。

6. 防冻剂

防冻剂又名缓冻剂。掺入混凝土中,可以在一定负温度范围内,显著降低混凝土的液相冰点,使混凝土不冻结或部分冻结,保证水化继续进行。常用的防冻剂有氯化钠、氯化钙和醇类等。近年来也用亚硝酸钠与硫酸钠复合剂作抗冻剂,它在负温下有较好的促硬作用,对钢筋无锈蚀。

7. 防锈剂

防锈剂又称为阻锈剂。主要用于防止钢筋的生锈。常用防锈剂有亚硝酸钠、铬酸钾、草酸钠等。在使用氯盐作早强剂的同时,应在混凝土加入防锈剂以取得较好的效果。

8. 膨胀剂

在混凝土中掺入膨胀剂,主要用于补偿混凝土收缩,常与减水剂在一起配制,国内常用的膨胀剂有VEA型和明矾石型两大类。

不同的外加剂,除在主要用途上有明确的作用外,都会对混凝土的其它性能产生不同程度

的影响,因此要综合考虑其效果。不论以何种形式掺入,在用量上都要进行严格的控制,其计量误差不得超过掺量的 2%,过量或不足都不会达到预期效果。在使用中,应按使用说明进行操作,掺入后需搅拌均匀。不同批号或不同厂家的产品禁止混用。不同的外加剂要分类分批进行存放,防止变质。外加剂要标明其名称、用途和有效物质含量,并附产品鉴定合格证书,不合格者不得使用。

六、混合材料

为节约水泥,改善部分混凝土技术性能,在拌制混凝土时,应根据施工实际需要,掺入具有胶凝性的或无胶凝性的混合材料。常用的混合材料有粒化高炉矿渣、粉煤灰等。

混合材料在使用前应进行材质鉴定和掺入量试验,测定混合材料在不同掺入量时对混凝土性质的影响,以确定最大掺入量。

第二节 钢筋工程

一、钢筋的品种、规格和机械性能

在钢筋混凝土及预应力混凝土结构中,使用的钢筋种类很多。通常按生产工艺、化学成分、机械性能等来分类。

1. 按生产工艺分类

(1) 热轧钢筋。钢锭在高温时用轧机轧制,并经自然冷却的成品钢筋。

(2) 冷拉钢筋。将热轧钢筋在常温下拉到屈服点以上,极限强度以下的某一强度值,从而提高钢筋强度和硬度。

(3) 冷拔低碳钢丝。将 6~10mm 的Ⅰ级热轧钢丝,多次冷拉,通过直径小于钢筋直径的模具孔,以提高钢筋的强度和降低塑性。

(4) 碳素钢丝。由含碳量在 0.25%~0.60%,含磷及硫量小于 0.05% 的优质碳素钢制成。

(5) 刻痕钢丝。由碳素钢丝经压痕机辗轧而成。

(6) 热处理钢筋。将热轧钢筋经净火和固火调质热处理而成,以提高抗拉强度和改善钢筋性能。

(7) 钢绞线。一般由 7 根 2.5~5mm 的碳素钢丝编绞而成,每股直径为 9~15mm。

2. 按化学成分分类

(1) 碳素钢钢筋。碳素钢钢筋是以铁为基体的铁碳合金。钢筋强度随含碳量的增加而提高,可焊性下降,硬度提高,脆性增加。根据含碳量可分为低碳钢(含碳量小于 0.25%)、中碳钢(含碳量 0.25%~0.60%)和高碳钢(含碳量大于 0.60%)。

(2) 普通低合金钢钢筋。普通低合金钢钢筋是在低、中碳钢的成分中加入少量的合金元素。它的强度和综合性能较低、中碳钢好。合金元素包括硅、锰、钒、钛、硼等,所加合金元素一般不超过 3%。

3. 按使用性能和力学性能分类

(1) 普通钢筋。用于非预应力结构的受力钢筋、骨架钢筋及连接钢筋。主要有各种型号的热轧普通钢筋。

(2) 预应力用钢材。用于预应力结构的受力钢筋主要有热处理钢筋、冷拔钢丝、刻痕钢丝、钢绞线等。

4. 按钢筋外形分类。

光面钢筋、螺纹钢、刻痕钢筋、精轧螺旋钢筋。

5. 按供应形式分类

可分为圆盘钢筋(直径为 6 ~ 10mm)和直条钢筋(直径 16 ~ 30mm)两种。

6. 按直径分类

可分为钢丝(直径 3 ~ 5mm)、细钢筋(直径 6 ~ 10mm)、中粗钢筋(直径 12 ~ 20mm)和粗钢筋(直径大于 20mm)。

本节重点介绍非预应力筋,预应力筋将在后续章节中介绍。非预应力筋以热轧钢筋为主,按强度分为四级,其外形、钢号及机械性能见表 1—1—6。

表 1—1—6 热轧钢筋的机械性能及外形标志

等级	牌号	公称直径 (mm)	屈服点 s (MPa)	抗拉强度 b (N mm ²)	伸长率 s (%)	冷弯 $d =$ 弯心直径 $=$ 钢筋直径	涂色 标记	钢筋外形
	Q235	8 ~ 20	235	370	25	180° $d =$	红	光圆
	20MnSi 20MnNb	8 ~ 25 28 ~ 40	335	510 490	16	180° $d = 3$ 180° $d = 4$	—	月牙肋
	20MnSiV 20MnTi 25MnSi	8 ~ 25 28 ~ 40	400	570	14	90° $d = 3$ 90° $d = 4$		月牙肋
	20MnSi	8 ~ 25 28 ~ 40	440	600	14	90° $d = 3$ 90° $d = 4$		月牙肋
	40Si ₂ MnV 45SiMnV 45Si ₂ MnTi	10 ~ 25 28 ~ 32	540	835	10	90° $d = 5$ 90° $d = 6$	黄	等高肋

二、钢筋的保管及验收

钢筋的质量是影响钢筋混凝土结构的质量和使用安全的重要因素,施工中必须加强对钢筋的管理、检查和验收,以确保使用合格的钢筋。

1. 钢筋保管

钢筋在装卸搬运过程中,应采用机械或人工将钢筋抬起运送至指定地点,严禁抛掷和长距离拖拉。在工地存放时,应严格按厂名、级别、规格分批挂牌堆放,并注明数量,不得混淆。钢筋应尽量堆入仓库或料棚内,在条件不具备时,应选择地势较高、土质坚实、较为平坦的露天场地堆放。在仓库、料棚或场地四周,要有一定排水坡度以利排水。钢筋堆放时距地面要有一定高度(不宜小于 20cm),并应防止与酸、盐及油料等物品存放一处,且不要和产生有害气体的车间接近,以免污染腐蚀钢筋。

2. 钢筋验收

钢筋进场时应具有出厂质量证明书或试验报告单,每捆(盘)钢筋上均应有标牌,并按批号及直径分批验收。验收时应查对标牌与实物是否相符,检查外观是否合格,按规定抽取试样进行机械性能试验,合格的方可使用。钢筋在加工过程中发现脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常等现象时,应进行化学成分检验或其它专项检查。

三、钢筋加工

钢筋加工是指对所用钢筋进行除锈、调查、切断弯曲和接长等工序。

1. 钢筋除锈

钢筋因表面未作处理容易生锈,影响混凝土的粘结及削弱钢筋截面积和降低强度。钢筋在使用前应清除浮皮、铁锈和油污。钢筋的除锈一般有以下几种方法:

- (1)人工除锈。即用钢丝刷、砂盘等工具除锈。
- (2)钢筋冷拉时自动除锈。
- (3)机械方法除锈。如采用电动除锈机等。
- (4)用喷砂或酸洗除锈等。

2. 钢筋调直

钢筋应平直无局部弯折。对于成盘的钢筋或发生弯曲的钢筋均应调直后方可使用。

钢筋调直分人工调直和机械调直。人工调直常用绞盘拉伸、横口扳手和大锤敲击等方法。机械调直常用的有钢筋调直机和卷扬机拉伸调直。当采用卷扬机冷拉方法调直钢筋时,Ⅰ级钢筋的冷拉率不宜大于2%,Ⅱ、Ⅲ级钢筋不得大于1%。钢筋加工后,其表面上不应有削弱钢筋截面积的伤痕。

3. 钢筋切断

钢筋的切断应采用常温切断,不得用加热切断。钢筋切断时,有机械切断和人工切断两种。人工切16mm以下钢筋,可用手动切断器;切32mm以上的钢筋可用大锤和剁子或用钢锯锯断。断口与轴线垂直,不得有劈裂、缩头或严重的弯头现象,操作时应特别注意安全。切断钢筋时力求长度准确,偏差限制在5mm以内。断料前要复核配料单,然后根据配料单下料。要长短搭配,统筹排料,先下长料后下短料,尽量减少接头,降低损耗。

4. 钢筋弯曲

钢筋的弯曲应在常温下进行,不允许加热弯曲,也不得采用锤击弯折。钢筋弯折点不得有裂缝,弯曲形状不应在平面上发生翘曲现象。

钢筋弯曲亦有手工弯制和机械弯制两种方法。手工弯制适用于少量及小直径钢筋的弯制,其余情况均宜采用机械弯制。钢筋因弯曲或弯钩会使其长度变化,因此配料时,要考虑其长度的增减,使加工的钢筋符合受力要求和满足保护层的要求。对于常用钢筋下料长度计算如下:

- (1)直钢筋下料长度为结构长度减保护层厚度加弯钩增加长度。
- (2)弯起钢筋下料长度为直段长度加斜段长度加弯钩增加的长度减弯曲调整值。
- (3)箍筋下料长度为箍筋周长加弯钩增加长度加或减弯曲调整值。

弯钩增加长度与弯钩的内径大小及钩形有关。弯钩有三种形式,即半圆钩、直弯钩和斜弯钩。通常取弯钩内径为 $2.5d$ (钢筋直径 d),则半圆弯钩增加长度为 $6.25d$,直弯钩增加长度为 $3.5d$,斜弯钩增加长度 $4.9d$ 。

弯起钢筋增加长度与弯起角度、曲率半径有关。通常光圆钢筋的弯曲半径为10倍的钢筋直径,螺纹钢为12倍的钢筋直径。当弯折角为 30° 角时,钢筋弯曲调整值为 $0.35d$; 45° 、 60° 、 90° 、 135° 时,钢筋弯曲调整值分别为 $0.5d$ 、 $0.85d$ 、 $2.00d$ 、 $2.50d$ 。用圆钢筋弯制的箍筋末端的弯钩长度见表1—1—7。

表 1—1—7 箍筋末端弯钩长度表(mm)

弯钩长度 箍筋直径	受力钢筋直径	
	25	28 ~ 40
5 ~ 6	50 ~ 60	65
6.5 ~ 10	70 ~ 75	75 ~ 90
11 ~ 12	90	105

弯制钢筋时宜以中部开始逐步弯曲两端,弯钩必须一次弯成,不得反复弯折。加工完毕后的钢筋,应放置在棚内的架垫上,避免锈蚀及污染。

四、钢筋的接头

热轧钢筋除了 12mm 以下的钢筋采用圆盘缠绕外,其余钢筋的单根长度为 9m、8m 和 6m 等。而实际结构的制造长度不可能限于这些长度,这就需采用接头的方法延长。钢筋接头的类型主要有绑扎接头、焊接接头、冷压接头、锥形螺纹接头等。

1. 绑扎接头

绑扎接头是指接头钢筋相互搭接,在搭接部分的中心及两端位置用铁丝绑扎结实。绑扎接头操作方便,但不够结实且钢筋接头搭接较长。除在没有焊接设备或操作极为不利的情况下,一般不应采用绑扎接头。绑扎钢筋接头其搭接长度的末端距钢筋弯折处,不得小于 $10d$;受拉区域内,Ⅰ级钢筋的绑扎接头末端应做弯钩,其余情况可不做弯钩。钢筋绑扎接头的最小搭接长度见表 1—1—8。

表 1—1—8 钢筋绑扎最小搭接长度

序号	钢筋级别	受拉区	受压区
1	Ⅰ级钢筋	$30d$	$20d$
2	Ⅱ级钢筋	$35d$	$25d$

2. 电焊接头

电焊接头是最主要的接头方式,具有操作简单,可靠度高,费用低等优点。

(1)闪光对焊(图 1—1—1)。将需焊接的钢筋端头固定于两电极上,通电后,使对焊钢筋的端面轻微接触,在高电流作用下,端头金属很快熔化,熔化的金属微粒从钢筋面间喷射出来,形成喷火花。等钢筋烧完规定留量后,钢筋端部已加热至熔点温度(形成一定宽度的温度区),施加顶锻压力,液压金属被排挤在焊口之外,工件焊合,挤出的金属在焊口周围形成较小的凸起,整个焊接过程完成。

图 1—1—1 闪光对焊接头

(2)电阻点焊。利用机械挤压将需焊合的钢筋夹紧,钢筋之间形成物理接触点,通电后固态金属加热而膨胀,在焊接压力作用下,产生塑性变形,并挤向工件间隙中,继续加热而熔化,切断电流后开始冷却凝固,形成焊接接点。电阻点焊适用于焊接骨架和焊接网片。

(3)电弧焊。电弧焊是利用电弧机使焊条与被焊钢筋间产生高温电弧,将钢筋局部熔化成溶池,焊条金属熔化进入溶池,冷却后熔化的焊条将钢筋焊接在一起,形成焊接接头。电弧焊接头形式可分为帮条焊和搭接焊等。其形式见图 1—1—2。

(4)接触电渣压力焊。利用电流产生电弧热量,使电弧周围的焊剂熔化变成液态,通过液态熔渣所产生的电阻热作为热源来熔化钢筋端头,然后施加压力使钢筋接在一起。

(5)埋弧压力焊。埋弧压力焊是利用焊剂层下的电弧热将两焊件焊接部位熔化,然后加压顶锻使两焊件焊合。埋弧压力焊分为手工埋弧压力焊和自动埋弧压力焊。采用手工埋弧压力焊时,先将焊剂填满施焊接头处,接通焊接电源后,立即将钢筋上提 $2.5 \sim 3.5\text{mm}$,引燃电弧,随后按照钢筋直径大小,适当延时,或者继续提升 $3 \sim 4\text{mm}$,再渐渐下送,保持钢筋燃烧熔化,待钢板形成熔化池后,迅速加压、断电形成接头。采用自动埋弧压力焊时,在引弧后,须根据钢筋直径大小,延续一定时间进行熔化,随后及时顶压。埋弧压力焊适用于钢筋与钢板作T形接头焊接,其操作简单,钢板不变形。

图 1—1—2 电弧焊接头

(6)气压焊接。气压焊接就是利用氧乙炔火焰燃烧产生的高温,将钢筋端头局部加热至塑性状态,在一定的顶锻压力下,使钢筋端部产生塑性变形,紧密接触后两端面的金属原子互相扩散再结晶成为一个整体接头。其优点是使用的设备简单,操作方便,适于现场施工,不需要电力,质量较好,费用较低。

3. 冷压接头

冷压接头是一种机械连接方式,适用于 $18 \sim 40\text{mm}$ 螺纹钢筋的连接。它是用预制的钢套管,套在连接钢筋的两端,然后采用液压钳,进行横向挤压,使钢套管与螺纹钢筋产生机械咬合。如图 1—1—3 所示。

冷压接头特点为:接头强度高,质量稳定可靠,现场连接速度快。每个接头所需挤压时间仅 $1 \sim 3\text{min}$,而且所需设备简单,不受气候影响,接头耗钢量比搭接省。冷压套管接头适用于塔、柱、墩等钢筋

图 1—1—3 钢套管挤压接头

较粗、间距较大的螺纹钢筋的连接,对梁体等钢筋过于密集的地方不宜采用。

4. 锥形螺纹钢筋接头

锥形螺纹钢筋接头是一种机械连接方式。它是将钢筋接头用锥形螺纹削切机制成锥形螺纹,通过锥形螺纹连接器连接,形成钢接头。如图 1—1—4 所示。

该接头可以承受拉力、压力、弹塑性范围的交变荷载,用于连接 $16 \sim 40\text{mm}$ 的 \sim 级相同直径或不相同直径的钢筋,不受钢筋表面花纹的限制。连接速度快,质量稳定可靠,其操作过程简单,不受气候的影响。

图 1—1—4 锥形螺纹钢筋接头

5. 钢筋与钢板的搭接接头

在钢筋与钢板间进行搭接焊时,搭接长度应等于或大于被焊钢筋直径的4倍(\sim 级钢筋)或5倍(\sim 级钢筋)。

焊缝高度 h 应等于或大于被焊钢筋直径的 0.35 倍,并不得小于 4mm ,焊缝宽度 b 应等于或大于被焊钢筋直径的 0.5 倍,并不得小于 6mm ,见图 1—1—5。