

从入门到精通

系列丛书

混凝土结构与 砌体结构施工

■ 徐占发 王志云 主编

- 概念清晰
- 要点突出
- 文字通俗
- 图例直观

新手轻松入门

高手快速提升



014011666

TU755
16-2

从入门到精通

系列丛书

混凝土结构与砌体 结构施工

■ 徐占发 王志云 主编

第二版



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



北航 C1698961

TU755
16-2

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构与砌体结构施工 / 徐占发, 王志云主编. —2 版. —武汉: 华中科技大学出版社, 2014. 1

(从入门到精通系列丛书)

ISBN 978-7-5609-9387-4

I. ①混… II. ①徐… ②王… III. ①混凝土结构-工程施工 ②砌体结构-工程施工 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 225502 号

从入门到精通系列丛书

混凝土结构与砌体结构施工 (第二版)

徐占发 王志云 主编

出版发行: 华中科技大学出版社 (中国·武汉)

地 址: 武汉市武昌珞喻路 1037 号 (邮编: 430074)

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 刘之南

责任校对: 李 雪

责任监印: 秦 英

装帧设计: 王亚平

录 排: 北京泽尔文化
印 刷: 北京中印联印务有限公司
开 本: 787 mm×1092 mm 1/16
印 张: 13.75
印 数: 352 千字
版 次: 2014 年 1 月第 2 版第 4 次印刷
定 价: 34.00 元



投稿热线: (010) 64155588-8038 hjzgh@163.com

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究



北航

C1698961

0140110010

《混凝土结构与砌体结构施工（第二版）》

编委会

主 编 徐占发 王志云

参 编 马丹竹 王雨华 王 娜 吴广鑫

李凤雄 李宏厚 辛国铎 罗 会

陈倩倩 岳 颖 姜 波 赵青华

刘珊珊 齐丽娜 白雅君

编主 云志王 冀古翁 圖

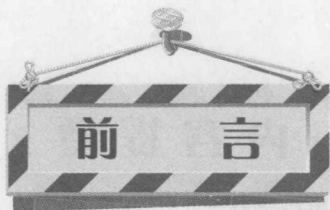




内容提要

本书主要内容有混凝土结构工程施工和砌体结构工程施工两大部分。其中包括钢材、混凝土与砌体材料，模板工程，钢筋工程，混凝土工程，特殊用途混凝土施工，砖砌体施工，中小型砌块砌体施工，石砌体施工，季节性施工，单位工程施工组织设计，以及相关的工程质量要求和安全技术等内容。

本书特别适合作为初为施工人员的大学毕业生和从业人员的培训教材与自学的参考书，也可作高等教育土建类专业本科、高职高专等各类学校的教材。



混凝土结构与砌体结构施工是土木工程中最重要、最主要和应用最广泛的施工内容，是高等和中等教育土建类专业设置的主干课程之一。学生对该项工程技术缺乏感性认识和实际体验，实践教学环节又很薄弱，学生不能真正掌握课程内容，毕业后难于胜任工作，为了实现毕业与上岗“零距离”接口而编写本书。

本书从内容编写上充分考虑初为施工人员的知识需求，讲清基本概念，大量使用图例，结合典型工程实例，形象具体地阐明施工要点和基本方法，以使读者系统地掌握施工关键点，满足施工现场所应具备的技术、管理和操作的基本要求。

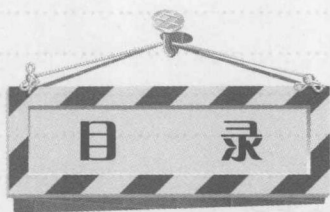
本书主要内容有钢材、混凝土与砌体材料，模板工程，钢筋工程，混凝土工程，特殊用途混凝土施工，砖砌体施工，中小型砌块砌体施工，石砌体施工，季节性施工，单位工程施工组织设计，以及相关的工程质量和安全技术等。

本书可作为高等教育土建类专业本科、高职高专等各类学校的教材，特别适用于初为施工人员的大学毕业生、从业人员的培训教材和自学与应用的参考书。

本书在编写过程中，参考并引用了已公开发表的文献资料和相关教材，并得到许多专家和朋友的帮助，值此深表谢意！

编者

2013年10月



第1章 钢材、混凝土与砌体材料	1
1.1 建筑钢材	1
入门要点 钢材的成分、品种和级别	1
精通要点1 建筑钢材的主要技术性能	2
精通要点2 建筑钢材的标准和应用	6
1.2 混凝土	11
入门要点1 概述	11
入门要点2 混凝土的组成材料	12
精通要点1 混凝土的主要技术性质	18
精通要点2 混凝土外加剂	25
1.3 砌体材料	29
入门要点1 砌体材料	29
入门要点2 砌体种类	33
精通要点 砌体力学性能	36
复习思考题	40
第2章 模板工程	41
2.1 模板类型及其配套材料	41
入门要点1 组合钢模板	41
入门要点2 胶合板模板与支撑	43
入门要点3 大模板	44
入门要点4 液压滑升模板	47
入门要点5 其他模板	51
2.2 主要构件模板的构造要点及图示	52
精通要点1 基础模板	53
精通要点2 柱模板	53
精通要点3 梁、楼板模板	53
精通要点4 楼梯模板	54
2.3 主要构件模板安装	54
精通要点 安装顺序及注意事项	54
2.4 早拆模板体系	54
入门要点 早拆原理	54
精通要点 施工图示	55

2.5	模板的验算与实例	55
	精通要点1 模板验算	55
	精通要点2 验算实例	58
2.6	模板拆除	60
	精通要点1 拆除要求	60
	精通要点2 拆除顺序及注意事项	60
2.7	模板的质量要求和安全措施	61
	精通要点1 质量要求	61
	精通要点2 安全注意事项	62
	复习思考题	64
第3章	钢筋工程	65
3.1	钢筋的检验与验收	65
	精通要点1 钢筋的检验	65
	精通要点2 钢筋工程验收	66
3.2	钢筋工程的施工工序	67
	精通要点 钢筋工程施工工序	67
3.3	钢筋的配料计算、代换与示例	68
	精通要点1 钢筋的配料计算	68
	精通要点2 钢筋的代换	72
3.4	钢筋现场加工与安装	73
	精通要点1 钢筋的现场加工	73
	精通要点2 钢筋的安装	74
3.5	钢筋的连接	75
	精通要点1 焊接连接	75
	精通要点2 绑扎连接	79
	精通要点3 机械连接	80
	复习思考题	82
第4章	混凝土工程	83
4.1	混凝土结构工程施工	83
	入门要点 混凝土结构工程的施工方法	83
	精通要点 混凝土结构工程施工工艺	83
4.2	混凝土的制备	84
	精通要点1 混凝土强度的确定	84
	精通要点2 混凝土施工配合比	85
	精通要点3 混凝土搅拌机的选择	86
	精通要点4 搅拌作业	86
4.3	混凝土的运输	87
	入门要点1 对混凝土运输的基本要求	87
	入门要点2 混凝土运输设备	88

入门要点 3 混凝土辅助运输设备	89
4.4 混凝土的浇筑	93
精通要点 1 浇筑前的准备工作	93
精通要点 2 浇筑混凝土的一般规定	93
精通要点 3 后浇带的施工	94
精通要点 4 整体混凝土结构浇筑	94
精通要点 5 大体积混凝土结构浇筑	95
精通要点 6 水下浇筑混凝土	96
精通要点 7 喷射混凝土施工	97
4.5 混凝土振捣	98
精通要点 1 混凝土振捣	98
精通要点 2 影响混凝土振动密实程度的因素	100
4.6 混凝土的养护	103
精通要点 1 自然养护	104
精通要点 2 太阳能养护	104
精通要点 3 湿养护	104
4.7 混凝土工程的质量要求与安全措施	109
精通要点 1 混凝土的检查与验收	109
精通要点 2 混凝土工程的安全措施	110
复习思考题	111
第 5 章 特殊用途混凝土施工	112
5.1 硅灰喷射混凝土	112
精通要点 1 硅灰喷射混凝土性能	112
精通要点 2 硅灰喷射混凝土施工方法	113
5.2 天然沸石混凝土	114
入门要点 沸石普通混凝土拌和物的性能	114
精通要点 1 沸石普通混凝土的强度	115
精通要点 2 沸石普通混凝土的抗渗性	116
精通要点 3 沸石普通混凝土的抗冻融作用	116
精通要点 4 沸石普通混凝土的抗碱-骨料反应	116
5.3 钢纤维混凝土	117
入门要点 1 钢纤维的基本性质	117
入门要点 2 钢纤维混凝土的基本性能	118
精通要点 1 钢纤维混凝土的原材料	118
精通要点 2 钢纤维混凝土配合比	121
精通要点 3 钢纤维混凝土施工质量控制	122
精通要点 4 钢纤维混凝土的应用	126
5.4 大体积混凝土	126
入门要点 1 大体积混凝土简介	126

88	入门要点 2 大体积混凝土不产生贯穿性裂缝的条件	127
89	精通要点 1 大体积混凝土施工准备	128
89	精通要点 2 大体积混凝土施工	129
89	精通要点 3 大体积混凝土施工应注意的问题	131
145	5.5 高强混凝土	132
146	入门要点 高强混凝土的优越性	132
146	精通要点 1 高强混凝土施工	132
146	精通要点 2 高强混凝土施工应注意的问题	133
146	5.6 高性能混凝土	134
146	入门要点 高性能混凝土的概述	134
146	精通要点 粗骨料在配制高性能混凝土中的作用及其检测方法	135
	复习思考题	137
	第 6 章 砖砌体施工	138
146	6.1 砌砖前准备	138
146	精通要点 1 材料准备	138
146	精通要点 2 抄平、放线、制作皮数杆	138
146	6.2 砖砌体组砌形式	139
146	精通要点 1 砖基础组砌形式	139
146	精通要点 2 砖墙组砌形式	139
146	6.3 砖砌体砌筑工艺	140
146	精通要点 1 摆砖(搭底)	140
146	精通要点 2 立皮数杆	140
146	精通要点 3 盘角和挂线	141
146	精通要点 4 砌筑	141
146	精通要点 5 楼层标高控制	141
146	6.4 砖砌体砌筑质量保证措施	141
146	精通要点 1 横平竖直	141
146	精通要点 2 砂浆饱满	141
146	精通要点 3 组砌得当	142
146	精通要点 4 接槎可靠	142
	复习思考题	143
	第 7 章 中小型砌块砌体施工	144
146	7.1 中小型砌块砌体施工准备	144
146	入门要点 1 材料准备	144
146	入门要点 2 机械准备	144
146	精通要点 砌块排列图	145
146	7.2 混凝土空心砌块墙砌筑形式	145
146	精通要点 1 转角砌法	145
146	精通要点 2 T 字交接砌筑	146

7.1 精通要点 3 十字交接砌筑	146
7.3 混凝土空心砌块墙砌筑要点	147
7.3.1 入门要点 1 砌筑前的准备	147
7.3.1 入门要点 2 砂浆配制	147
7.3.1 入门要点 3 砌筑	147
7.3.1 入门要点 4 墙体留槎	148
7.3.1 入门要点 5 留洞与填实	148
7.4 钢筋混凝土构造柱、芯柱的施工	149
7.4.1 精通要点 1 钢筋混凝土构造柱施工	149
7.4.1 精通要点 2 钢筋混凝土芯柱施工	150
7.5 砌筑工程施工质量要求和安全措施	151
7.5.1 精通要点 1 烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、粉煤灰砖等砌体工程的质量要求	151
7.5.1 精通要点 2 混凝土小型空心砌块砌体工程的质量要求	152
7.5.1 精通要点 3 砌体工程安全技术	154
7.5.1 精通要点 4 砌体工程检验批质量验收记录	154
复习思考题	156
第 8 章 石砌体施工	157
8.1 石砌体施工准备	157
8.2 毛石基础施工	157
8.2.1 精通要点 1 砌筑方法	157
8.2.1 精通要点 2 砌筑要求	157
8.3 毛石墙施工	158
8.3.1 精通要点 1 石墙的转角和丁字接头砌筑	158
8.3.1 精通要点 2 墙体砌筑	158
8.4 石砌体的施工质量要求	159
8.4.1 入门要点 一般规定	159
8.4.1 精通要点 1 主控项目	160
8.4.1 精通要点 2 一般项目	160
复习思考题	162
第 9 章 季节性施工	163
9.1 混凝土工程冬期施工	163
9.1.1 入门要点 1 混凝土冬期施工原理	163
9.1.1 入门要点 2 混凝土冬期施工方法的选择	164
9.1.1 入门要点 3 混凝土冬期施工的一般要求	164
9.1.1 入门要点 4 冬期施工方法及热工计算	165
9.1.1 精通要点 1 混凝土工程温度测定	171
9.1.1 精通要点 2 混凝土强度估算	172
9.2 砌体工程冬期施工	172

精通要点 1 对材料的要求	173
精通要点 2 氯盐砂浆法	173
精通要点 3 冻结法	173
9.3 冬期施工安全技术	174
精通要点 冬期施工安全技术要点	174
9.4 雨期施工	174
入门要点 雨期施工的准备工作的	174
精通要点 1 各分部分项工程雨期施工的注意事项	175
精通要点 2 防雷设施	176
复习思考题	177
第 10 章 单位工程施工组织设计	178
10.1 施工组织设计的分类和内容	179
入门要点 1 施工组织设计分类	179
入门要点 2 施工组织设计的内容	180
10.2 编制施工组织设计的依据和原则	180
入门要点 1 编制施工组织设计的依据	180
入门要点 2 编制施工组织设计的基本原则	180
10.3 单位工程施工组织设计的编制要点	182
10.4 某混凝土结构工程单位工程施工组织设计实例	182
入门要点 1 工程概况	182
入门要点 2 施工部署	183
精通要点 1 主要项目施工方法	184
入门要点 3 施工进度计划	187
精通要点 2 施工准备	187
入门要点 4 劳动力及主要机具计划	190
入门要点 5 施工平面布置	191
入门要点 6 各项技术与管理措施	192
10.5 某砌体结构工程单位工程施工组织设计实例	194
入门要点 1 工程概况	194
入门要点 2 施工部署	194
精通要点 1 主要项目施工方法	196
入门要点 3 施工进度计划	200
精通要点 2 施工准备	200
入门要点 4 劳动力及主要机具计划	204
入门要点 5 施工平面布置	205
入门要点 6 各项技术与管理措施	206
复习思考题	208
参考文献	209

第1章 钢材、混凝土与砌体材料



1.1 建筑钢材

钢材是基本建设中的三大材料之一,是现代建筑工程中十分重要的材料。

钢材是由生铁经冶炼、浇铸成钢锭,或直接轧制、锻压等加工工艺制造而成。钢材的品质均匀,强度高,自重轻,有良好的塑性和韧性,且具有承受冲击和振动荷载的能力;可切割、焊接、铆接和螺栓连接,便于安装和拆除。建筑钢材,包括各种型钢(钢管、角钢、槽钢、工字钢、H型钢)、钢板、钢筋和钢丝等,除用于钢筋混凝土结构和钢结构外,还大量用于门窗、五金、模板和脚手架等。钢材的缺点是易锈蚀、不耐火、维修费用高等。

入门要点

钢材的成分、品种和级别

建筑工程中采用的钢材,不仅要强度高,而且要具有良好的塑性和可焊性,同时还要求与混凝土有较好的黏结性能。

我国建筑工程中采用的钢材,按化学成分可分为碳素钢和普通低合金钢两大类。

碳素钢除含铁元素外,还含有少量的碳、锰、硅、磷、硫等元素。其中含碳量愈高,钢筋的强度愈大,但是钢筋的塑性和可焊性就愈差。含碳量小于0.25%的碳素钢称为低碳钢或软钢,含碳量为0.6%~1.4%的碳素钢称为高碳钢或硬钢。

在碳素钢中加入少量的合金元素,就成为普通低合金钢,如20MnSi、20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi等。

我国用于钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构的钢筋和钢丝主要有以下几种。

(1) 普通钢筋

普通钢筋系指热轧钢筋,它是由低碳钢或普通低合金钢在高温下轧制而成。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)规定的普通钢筋有HPB300、HRB335、HRBF335、HRB400、HRBF400、RRB400、HRB500和HRBF500等。

(2) 预应力螺纹钢筋

大直径的预应力螺纹钢筋,直径有18 mm、25 mm、32 mm、40 mm和50 mm。

(3) 钢丝

按制造工艺不同,钢丝有冷拉钢丝(由高碳镇静钢轧制成盘圆后,经多道冷拔制成)、消除应力钢丝(由高碳镇静钢轧制成盘圆后,经多道冷拔,并进行应力消除、矫直、回火处理而制成)。按表面形状不同,钢丝有光面钢丝、刻痕钢丝(在光面钢丝表面进行机械刻痕处理制成)、螺旋肋钢丝等。

(4) 钢绞线

钢绞线是由多根高强钢丝在绞丝机上绞合,再经低温回火制成。按其股数可分为3股



和 7 股两种。



精通要点 1

建筑钢材的主要技术性能

钢材的主要技术性能有化学性能、力学性能和工艺性能等,了解和掌握钢材的性能是选择和应用钢材的依据。

1. 钢材的化学性能

钢材在冶炼过程中加入各种元素,不同元素对钢材的性能产生不同的影响。为了保证钢材的质量,国家标准对各类钢材的化学成分作了严格规定。

化学成分对钢材性能的影响,见表 1-1。

表 1-1 化学成分对钢材性能的影响

名称	在钢材中的作用及含量	对钢材性能的影响
碳(C)	决定钢材强度的主要因素。碳素钢含量在 0.04%~1.7%之间,合金钢含量大于 0.5%~0.7%	含量增高,钢的强度和硬度增高,塑性和冲击韧性下降,脆性增大,冷弯性能、焊接性能变差
硅(Si)	加入少量能提高钢的强度、硬度和弹性,能使钢脱氧,使其具有较好的耐热性、耐酸性。在碳素钢中含量不超过 0.5%,超过限值则成为合金钢的合金元素	含量超过 1%时,则使钢的塑性和冲击韧性下降,冷脆性增大,可焊性、抗腐蚀性变差
锰(Mn)	能提高钢强度和硬度,可使钢脱氧去硫,其含量在 1%以下。合金钢中含量大于 1%时即成为合金元素	少量锰可降低钢的脆性,改善塑性、韧性、热加工性能和焊接性能;锰含量较高时,会使钢塑性和韧性下降,脆性增大,焊接性能变差
磷(P)	有害元素,会降低钢的塑性和韧性,使之出现冷脆性;但也能使钢的强度显著提高,同时提高大气腐蚀稳定性。含量应限制在 0.05%以下	含量提高,在低温下使钢变脆,在高温下使钢缺乏塑性和韧性,焊接及冷弯性能变差。其危害与含碳量有关,在低碳钢中影响较小
硫(S)	极有害元素,会使钢热脆性大,含量应限制在 0.05%以下	含量高时,钢的焊接性能、韧性和抗蚀性将变差,在高温热加工时,容易产生断裂,形成热脆性
钒、铌(V、Nb)	使钢脱氧除气,能显著提高强度。合金钢中含量应小于 0.5%	少量可提钢的高低温韧性,改善可焊性;含量多时,会降低焊接性能
钛(Ti)	钢的强脱氧剂和除气剂,可显著提高钢的强度,能与碳和氮作用生成碳化钛(TiC)和氮化钛(TiN)。低合金钢中含量在 0.06%~0.12%	少量可改善钢的塑性、韧性和焊接性能,降低热敏感性
铜(Cu)	含少量铜对钢的性能无显著影响,可提高钢的抗大气腐蚀性	含量增到 0.25%~0.3%时,钢的焊接性能变差;增到 0.4%时,发生热脆现象

2. 钢材的力学性能

钢材的力学性能,主要包括钢材的拉伸性能、冲击韧性、耐疲劳性能和硬度等。

(1) 拉伸性能

拉伸性能是钢材最主要的力学性能。通过钢材的拉伸试验可测定钢材的屈服点或屈服强度,以及抗拉强度和伸长率(图 1-1)。

将低碳钢(也称软钢)制成的标准试件,在试验机上做拉伸试验,逐级加载直到破坏,分别测得拉力 F_1 和变形 Δl ,按下式计算:

$$\Delta \sigma = F/A \quad (1-1)$$

$$\epsilon = \Delta l/l_0 \quad (1-2)$$

$$\delta = (l_1 - l_0)/l_0 \quad (1-3)$$

式中 $\Delta \sigma$ ——钢材试件应力;

F ——试件承受拉力;

A ——试件受拉截面积;

ϵ ——钢材试件应变;

Δl ——试件被拉伸的长度;

l_0 ——试件被拉伸前的长度。

根据试验数据,计算出应力、应变,并绘出 σ - ϵ 曲线关系图,即可得出试件在拉伸过程中经历的四个阶段,并找出其屈服点或屈服强度(f_y)、抗拉强度(f_u)和伸长率 δ 等主要力学指标。

1) 弹性阶段。OA 段为一直线, $E = \sigma/\epsilon$ 为常数,说明该阶段为弹性,A 点的应力称为弹性极限,以 σ_e 表示。

2) 屈服阶段。AB 段为一曲线,应变增长快于应力增长,B 点可分为 B_{\uparrow} (上屈服点)和 B_{\downarrow} (下屈服点)。 B_{\downarrow} 较稳定易测得。B 点称为屈服点,对应的应力用 σ_y 表示,屈服强度以 f_y 表示。屈服强度是结构设计的一个重要参数,钢材受力达屈服点后出现较大的塑性变形,不能满足使用要求,因此工程设计以 f_y 为依据。

3) 强化阶段。BC 曲线为一上升曲线,表明由于钢材内部组织的畸变,钢材得到强化。其最高点 C 对应的应力值为 σ_b ,其极限抗拉强度以 f_u 表示。抗拉强度 f_u 也是钢材的一个重要的力学参数,是钢材一个标志性指标。

4) 颈缩阶段。CD 曲线为一下降曲线,表明 C 点后,变形迅速发展,应力下降,试件拉长,截面缩小,直到断裂,故称为颈缩阶段。D 点是试件破坏的标志。

屈服强度与抗拉强度之比,称屈强比,是反映钢材的利用率和安全可靠程度的一个重要参数。屈强比过小,说明钢材的强度利用率偏低,造成钢材的浪费;但是,结构的安全储备较高。设计中,要采用合理的屈强比,一般取值为 0.60~0.75。

通过钢材的拉伸试验可以取得另一个重要的力学指标:伸长率 δ 。伸长率 $\delta = (l_1 - l_0)/l_0$, l_0 为试件原标距, $l_0 = 5d_0$ 或 $10d_0$, d_0 为试件直径, l_1 为试件拉断时测定的长度。伸长率是反映钢材塑性的重要指标, δ 越大,塑性越好,偶尔超载也不会发生脆性破坏。

钢材的另一个塑性指标是断面收缩率 φ , $\varphi = (A_1 - A_0)/A_0 \times 100\%$ 。 $A_0 = \pi d_0^2/4$, 为试

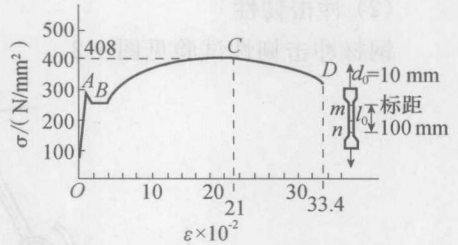


图 1-1 有明显屈服钢筋的应力-应变曲线



件原截面面积; A_1 为试件颈缩后的断面面积。 φ 越大钢材塑性越好。

对于硬钢,在拉伸时, $\sigma\epsilon$ 曲线中无明显屈服点,规范规定以残余应变的 0.2% 时,相应的应力 ($\sigma_{0.2}$) 为屈服强度,记为 $f_{0.2}$ 。

(2) 冲击韧性

钢材冲击韧性试验见图 1-2。

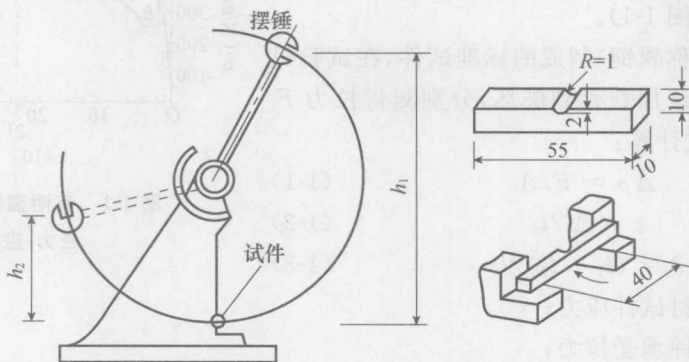


图 1-2 钢材冲击韧性试验示意图

冲击韧性是指钢材抵抗冲击荷载的能力。钢材的冲击韧性指标是通过将带有 V 形或 U 形缺口的标准试件置于摆锤式冲击试验机上,用摆锤在缺口处将试件打断,试件面积上消耗的功来确定,并用冲击韧性值 α_{kv} 表示,单位为 J/cm^2 ,试验遵循《金属夏比冲击断口测定方法》(GB/T 12778—2008) 的相关规定确定。在承受动荷载、低温条件下工作的结构,塑性和冲击韧性下降,应按规范要求检验钢材的冲击韧性。

(3) 耐疲劳性

钢材在交变荷载反复作用下,超过一定的限度,会突然发生脆性破坏,即疲劳破坏。此时的强度称为疲劳极限或疲劳强度。在设计承受反复荷载且需进行疲劳验算的结构时,应当了解钢材的疲劳强度。

(4) 硬度

测定钢材的硬度采用压入法,建筑钢材常用布氏法。该法是用一直径为 D (mm) 的合金钢球,在规定的荷载 P (N) 作用下压入试件表面,持续一段时间后,卸载,测得试件表面压痕的直径 d (mm),计算布氏硬度值 HB (图 1-3)。

$$HB = 0.12 \times 2P / [\pi D^2 (1 - \sqrt{1 - (d/D)^2})] \quad (1-4)$$

硬度是衡量钢材软硬程度的一项力学指标。材料强度越高塑性越小,则硬度值越高,故可根据硬度估算出材料的强度。

3. 钢材的工艺性能

钢材的工艺性能是指钢材的冷弯性能、焊接性能和冷加工成型等工艺性能。

(1) 冷弯性能

钢材的冷弯性能是指在常温下承受弯曲变形的能力。钢材的冷弯性能可通过冷弯试验来检验。钢材冷弯试验如图 1-4 所示。

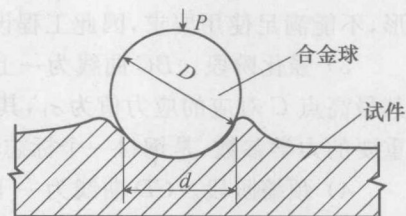


图 1-3 布氏硬度测定示意图

试件的厚度或直径为 t , 弯心直径为 d , $d=nt$, 将试件弯曲至规定的角度 α (90° 或 180°), 若试件弯曲的外表面及侧面无裂缝、断裂或起层则为冷弯合格。钢材冷弯时的弯曲角度 α 越大, d/α 值越小, 表示冷弯性能越好。

冷弯试验能揭示钢材内部组织不均匀、存在内应力及夹杂物的缺陷, 是较拉伸试验更为严格的塑性试验项目。

(2) 焊接性能

钢材在各种钢结构、混凝土结构中的钢筋和预埋件焊接加工过程中要求有良好的焊接性能, 即焊缝处的性能与母材接近, 并且局部变形和硬脆倾向较小, 使焊接牢靠。钢材的含碳量大于 0.25% 时, 焊接性能较差; 硫、磷等杂质含量增加时, 可焊性能会降低, 焊缝变脆。

(3) 钢材的冷加工及时效

冷加工是在常温下通过冷拉、冷拔、冷轧、冷扭和刻痕等加工方式, 使钢材超过弹性范围后产生塑性变形, 从而使钢材强度和硬度提高、塑性和韧性下降的工艺方法。随着时间的延长, 材料强度、硬度提高, 而塑性、韧性下降的现象称为时效。

钢材冷加工后的时效处理有两种方式。将冷加工的钢材在常温下放置 $15\sim 20$ d, 称为自然时效; 将钢材加热到 $100\sim 200^\circ\text{C}$, 保持 $1\sim 2$ h, 称为人工时效。前者适用于较低强度的钢材; 后者适用于较高强度的钢材。

(4) 钢材的热处理

钢材的热处理是将钢材加热至高温并保持一定时间, 这样通过保温、冷却, 改变其组织结构, 从而获得需要性能的加工工艺。热处理的方式有淬火、回火、退火、正火等, 如图 1-5 所示。

1) 淬火。将钢材加热到基本组织转变温度 723°C 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 保温, 然后放入冷却介质盐水、冷水或矿物油中急剧冷却的过程称为淬火。淬火可使钢材硬度、强度、耐磨性提高。淬火适用于含碳量为 0.9% 左右的钢材。

2) 回火。把钢加热到较高温度, 但低于 723°C , 并保持一定时间后在空气中冷却的热处理工艺称为回火。回火处理可消除淬火产生的内应力, 并适当降低淬火工件的硬度, 提高韧性。

3) 退火。将钢材加热至固相转变温度以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 保温后以适当的速度缓慢冷却处理过程称为退火。退火可降低钢材原有的硬度, 改善其塑性和韧性。

4) 正火。将钢材加热至固相转变温度以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 保温后在空气中冷却的处理过程称为正火。正火后的钢材, 硬度较退火处理高, 塑性较差, 韧性也差, 但由于正火后钢的结晶较细且均匀, 故强度有所提高。

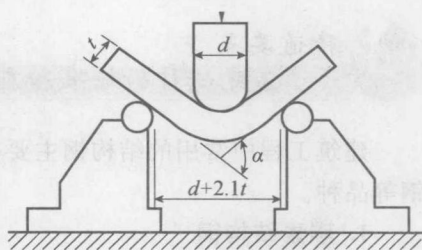


图 1-4 钢材冷弯试验示意图

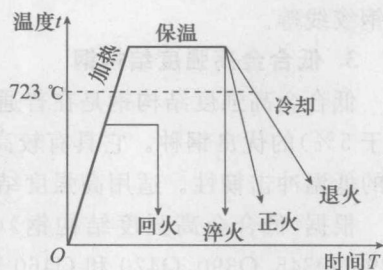


图 1-5 钢材热处理工艺曲线示意图