

程绪贤 王 勇 主编

焊接技术实用手册

石油大学出版社



焊接技术实用手册

程绪贤 主编
王 勇

石油大学出版社

内 容 简 介

本手册较系统全面收集了焊接方面的实用数据资料,并力求简明实用。全书共六章。第一章为常用金属材料成分及性能;第二章为弧焊电源及焊接设备的型号与技术数据;第三、四章介绍常用的焊接标准及焊接材料;第五章阐述石油化工常用金属材料的焊接性及有关数据;第六章列举了压力容器、球罐、金属管和铝及其合金等典型焊接工程实例。

本书主要供石油化工系统从事现场焊接生产的工程技术人员及管理人员查阅,也可供大专院校焊接专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技术实用手册/程绪贤,王勇编. —东营:石油大学出版社,1988.8

ISBN 7-5636-1127-4

I. 焊… II. ①程…②王… III. 焊接-技术手册 N.T
G4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第26059号

焊接技术实用手册

程绪贤 主编
王 勇

出版者:石油大学出版社(山东 东营,邮编 257062)

印刷者:泰安师专印刷厂印刷

发行者:石油大学出版社(电话 0546-8392563)

开 本:787×1092 1/16 23.75印张 608千字

版 次:1999年7月第1版 1999年7月第1次印刷

印 数:1-1000册

定 价:40.00元

前 言

焊接技术是机械制造业中的关键技术之一,在工业生产中起着越来越重要的作用。现代焊接技术飞速发展,要求从事焊接生产人员不断学习和掌握焊接领域的新技术、新材料、新工艺。尤其是某些设备日益向高参数、大型化方向发展,不断提出各种特殊性能和复杂结构的金属材料的焊接问题,这必然对焊接技术人员提出更高的要求,不仅要熟悉国内外钢号与焊接材料型号,还应根据最新标准制定先进合理的焊接工艺。目前,国内外出版的焊接手册都是理论性较强的大部头手册,且将设备、工艺、材料与结构等内容分册编写,不便于查阅。因而现场焊接技术人员迫切要求出版内容新、综合性强、便于现场使用的简明手册。《焊接技术实用手册》正是为了满足这一要求而编写的。

本手册涉及内容比较全面,收集了焊接方面的最新国家标准和资料,精简了一些纯理论方面的内容,重点突出实用性。主要内容包括:常用金属材料的成分及性能;常用的焊接材料;焊接设备的型号与技术数据;典型金属材料的焊接性数据及典型焊接工程实例。

全书共六章,由程绪贤和王勇主编。第一章由龙国文编写;第二、四章由程绪贤编写;第三、五、六章由王勇编写。

本手册经赵正修教授主审,并对原稿提出许多宝贵意见,特此表示感谢。

限于编者水平,书中难免有不足和欠妥之处,希望读者批评指正。

编 者

1997年1月

目 录

第一章 常用金属材料成分及性能 (1)

§ 1.1 黑色金属材料 (1)

1.1.1 碳素钢 (1)

(1) 碳素钢分类(按各碳量分) (1)

(2) 碳素结构钢化学成分及力学性能(GB700—88) (1)

(3) 优质碳素结构钢化学成分及力学性能(GB699—88) (2)

1.1.2 低合金结构钢 (2)

(1) 低合金结构钢的类型 (2)

(2) 热轧和正火钢化学成分及力学性能 (3)

(3) 低碳调质钢化学成分 (5)

(4) 低碳调质钢力学性能 (7)

(5) 中碳调质钢化学成分(%) (8)

(6) 中碳调质钢力学性能 (9)

(7) 珠光体耐热钢化学成分及力学性能 (10)

(8) 低温钢化学成分(%) (GB3531—83) (11)

(9) 低温钢力学性能(GB3531—83) (12)

(10) 耐海水及大气腐蚀用钢的化学成分及力学性能 (12)

(11) 含硫石油耐蚀钢化学成分及力学性能 (14)

(12) 耐硫化氢腐蚀用钢的化学成分及力学性能 (14)

(13) 抗氢腐蚀用钢的化学成分及力学性能 (15)

1.1.3 不锈钢 (15)

(1) 不锈钢化学成分及力学性能 (16)

(2) 不锈钢耐蚀性能与应用 (17)

1.1.4 耐热钢 (18)

(1) 耐热钢化学成分(GB4238—92) (18)

(2) 耐热钢的力学性能及用途(GB4238—92) (19)

1.1.5 耐热合金 (19)

(1) 耐热合金按化学成分和用途分类 (19)

(2) 铁基耐热合金化学成分(%) (20)

(3) 镍基耐热合金化学成分(%) (22)

(4) 钴基耐热合金化学成分(%) (23)

1.1.6 铸铁 (23)

(1) 灰口铸铁化学成分及力学性能(GB9439—88) (23)

(2) 球墨铸铁化学成分及力学性能(GB1348—88) (24)

§ 1.2 有色金属材料 (25)

1.2.1 铝及铝合金化学成分和力学性能 (25)

1.2.2 铜及铜合金 (26)

(1) 紫铜化学成分及用途(GB5231—85) (26)

(2) 紫铜力学性能 (26)

(3) 铜合金化学成分及力学性能 (27)

1.2.3 钛及钛合金 (28)

(1) 钛及钛合金化学成分(GB3620—83) (28)

(2) 钛及钛合金主要力学性能(棒材)(GB3620—83) (28)

§ 1.3 国内外钢号对照 (29)

(1) 碳素钢 (29)

(2) 低合金结构钢 (30)

(3) 不锈钢 (30)

(4) 耐热钢 (31)

(5) 铝及铝合金 (31)

(6) 铜及铜合金 (32)

(7) 钛及钛合金 (33)

第二章 弧焊电源及焊接设备的型号与技术数据 (34)

§ 2.1 弧焊电源与各类焊机名称及代表符号 (34)

2.1.1 弧焊电源与焊机型号含义 (34)

2.1.2 弧焊电源和各类焊机大类、小类名称及其简称、代表符号

.....	(34)	(5) 其他专用自动埋弧焊机主要技术数据	.....	(52)
§ 2.2 弧焊电源的主要技术数据	.....	(6) 通用自动埋弧焊机的故障处理	.....	(52)
.....	(36)	2.4.2 钨极氩弧焊机	.....	(54)
2.2.1 各种弧焊电源的结构类型、特点及用途	.....	(1) 典型通用钨极氩弧焊机主要技术数据	.....	(54)
.....	(36)	.....	.....	(54)
2.2.2 常用弧焊变压器的主要技术数据	.....	(2) 手工钨极氩弧焊枪技术数据	.....	(55)
.....	(38)	(3) 特种钨极氩弧焊机主要技术数据	.....	(55)
2.2.3 常用直流弧焊发电机的主要技术数据	.....	(4) NZA ₄ -250 型管板 TIG 焊机的四种焊枪技术数据	.....	(57)
.....	(39)	2.4.3 熔化极氩弧焊机	.....	(57)
2.2.4 常用硅弧焊整流器技术数据	.....	(1) 常用自动 MIG 焊机主要技术数据	.....	(57)
.....	(40)	.....	.....	(57)
2.2.5 晶闸管式弧焊电源的主要技术数据	.....	(2) 常用的自动 MIG 焊机	.....	(58)
.....	(41)	2.4.4 CO ₂ 弧焊机	.....	(59)
2.2.6 晶体管弧焊电源的主要技术数据	.....	(1) 部分半自动 CO ₂ 弧焊机主要技术数据	.....	(59)
.....	(42)	.....	.....	(59)
2.2.7 弧焊逆变器的主要技术数据	.....	(2) 部分自动及专用 CO ₂ 弧焊机主要技术数据	.....	(60)
.....	(43)	.....	.....	(60)
2.2.8 矩形波交流弧焊电源的主要技术数据	.....	2.4.5 等离子弧焊机和切割机	.....	(61)
.....	(44)	.....	.....	(61)
2.2.9 脉冲弧焊电源的主要技术数据	.....	(1) 大电流等离子弧焊机主要技术数据	.....	(61)
.....	(44)	.....	.....	(61)
§ 2.3 交、直流弧焊电源的优缺点比较、故障处理及各类弧焊电源应用比较	.....	(2) 微束等离子弧焊机主要技术数据	.....	(62)
.....	(45)	(3) 部分特种等离子弧焊机主要技术数据	.....	(63)
2.3.1 交、直流弧焊电源优缺点比较	.....	.....	.....	(63)
.....	(45)	(4) 等离子弧切割机主要技术数据	.....	(65)
2.3.2 常用弧焊电源的故障及消除方法	.....	2.4.6 电阻焊机	.....	(66)
.....	(46)	(1) 典型点焊机和凸焊机主要技术数据	.....	(66)
2.3.3 各类弧焊电源应用范围比较	.....	.....	.....	(66)
.....	(48)	(2) 典型缝焊机主要技术数据	.....	(68)
§ 2.4 焊接设备型号与主要技术数据	.....	(3) 通用缝焊机焊接圆筒的极限尺寸	.....	(69)
.....	(48)	(4) 典型对焊机主要技术数据	.....	(69)
2.4.1 埋弧焊机	.....	(5) 典型控制设备主要技术数据	.....	(70)
(1) 国产半自动埋弧焊机主要技术数据	.....	2.4.7 其他焊接设备	.....	(71)
.....	(48)	(1) 典型电渣焊机主要技术数据	.....	(71)
(2) 国产通用埋弧自动焊机主要技术数据	.....	(2) 摩擦焊机主要技术数据	.....	(72)
.....	(49)	(3) 超声波焊机主要技术数据	.....	(73)
(3) 专用的螺旋管自动埋弧焊机主要技术数据	.....	(4) 冷压焊机主要技术数据	.....	(73)
.....	(50)	(5) 钎焊机主要技术数据	.....	(74)
(4) 焊接大型管道、容器及堆焊的专用自动埋弧焊机主要技术数据	.....	(6) 电子束焊机	.....	(74)
.....	(51)	(7) 激光焊接、切割机主要技术数据	.....	(76)
		(8) 高频焊管机主要技术数据	.....	(76)

(9) 自动振动堆焊机主要技术数据	(77)	(1) 表示焊缝横截面形状的基本符号	(94)
(10) 真空扩散焊机主要技术数据	(77)	(2) 表示焊缝表面特征的辅助符号	(95)
(11) 电容放电螺柱焊机主要技术数据	(78)	(3) 补充说明焊缝的某些特征用的补充符号	(95)
(12) 真空充氩焊机主要技术数据	(78)	3.2.2 焊缝坡口符号表示法	(96)
§ 2.5 气焊、气割、喷涂及喷焊设备	(79)	(1) 焊缝尺寸符号	(96)
2.5.1 气焊与气割设备	(79)	(2) 焊缝坡口的基本形式与尺寸	(96)
(1) 各种焊炬主要技术数据	(79)	(3) 焊缝尺寸标注原则	(100)
(2) 各种割炬主要技术数据	(80)	§ 3.3 焊接接头性能试验方法	(100)
(3) 焊割两用炬主要技术数据	(80)	3.3.1 焊接接头力学试样取样方法	(100)
(4) 瓶体规格	(81)	(1) 熔敷金属拉伸样坯截取方位	(101)
(5) 中压乙炔发生器主要技术数据	(81)	(2) 焊缝金属拉伸样坯取样方位	(101)
(6) 几种常用减压器主要技术数据	(81)	(3) 焊接接头冲击样坯截取方位	(102)
(7) 半自动切割机主要技术数据	(82)	(4) 焊接接头拉伸样坯截取方位	(103)
(8) 典型自动气割机主要技术数据	(83)	(5) 焊接接头弯曲样坯截取方位	(103)
(9) SJ-2500 型数控激光切割机主要技术数据	(84)	(6) 点焊接头抗剪样坯截取位置	(104)
(10) GSS-800 型熔化极深水切割设备主要技术数据	(84)	(7) 管接头压扁的样坯截取位置	(104)
2.5.2 碳弧气刨切割设备与工具主要技术数据	(85)	(8) 焊接接头及堆焊金属硬度样坯截取位置	(104)
2.5.3 喷涂、喷焊设备及工具	(86)	3.3.2 焊接接头冲击试验方法	(104)
(1) 各类常用喷枪主要技术数据	(86)	3.3.3 焊接接头拉伸试验方法	(106)
(2) LPC-1 立式喷涂车主要技术数据	(88)	3.3.4 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法	(108)
(3) 等离子喷涂机主要技术数据	(88)	3.3.5 焊接接头弯曲及压扁试验方法	(109)
(4) LMJ 电火花拉毛机主要技术数据	(88)	(1) 试样及其制备	(109)
第三章 常用的焊接标准及数据	(89)	(2) 圆形压头弯曲(三点弯曲)试验法	(110)
§ 3.1 焊接标准及代号	(89)	(3) 辊筒弯曲(缠绕式异向弯曲)试验法	(111)
3.1.1 焊接基础标准	(89)	(4) 压扁试验	(111)
3.1.2 焊接材料标准	(89)	3.3.6 焊接接头及堆焊金属硬度试验方法	(112)
3.1.3 焊接设备标准	(90)	3.3.7 焊接接头应变时效敏感性试验方法	(112)
3.1.4 焊接方法及工艺标准	(91)	3.3.8 焊缝金属和焊接接头的疲劳试验法	(114)
3.1.5 焊接取样、测量及分析方法标准	(92)	§ 3.4 焊接结构的合理设计	(114)
3.1.6 焊接质量与检验标准	(93)		
§ 3.2 焊缝及坡口的符号表示法	(94)		
3.2.1 焊缝符号表示法	(94)		

3.4.1 结构的许用应力和强度设计值	(115)	3.5.4 磁粉、着色探伤最大允许存在的缺陷尺寸	(128)
(1) 建筑结构用钢	(115)	第四章 常用焊接材料简明表	(129)
(2) 钢制压力容器用钢	(116)	§ 4.1 焊条	(129)
(3) 起重机结构件用钢	(116)	4.1.1 焊条型号	(129)
3.4.2 焊缝的许用应力和强度设计值	(116)	(1) 焊条型号分类及代号	(129)
(1) 一般结构焊缝的许用应力	(116)	(2) 碳钢焊条型号的编制方法(GB5117-85)	(129)
(2) 建筑钢结构焊缝强度设计值	(117)	(3) 低合金钢焊条型号编制方法(GB5118-85)	(130)
(3) 起重机结构焊缝的许用应力	(117)	(4) 不锈钢焊条型号的编制方法(GB983-85)	(134)
3.4.3 金属结构疲劳的许用应力	(118)	(5) 堆焊焊条型号的编制方法(GB984-85)	(137)
(1) 起重机结构疲劳的许用应力	(118)	(6) 铸铁焊条型号的编制方法(GB10044-88)	(137)
(2) 没有行业设计规范规定时疲劳许用应力的计算公式	(118)	(7) 铜和铜合金焊条型号的编制方法(GB3670-83)	(139)
3.4.4 焊接接头的强度计算	(119)	(8) 铝和铝合金焊条型号的编制方法(GB3669-83)	(139)
(1) 电弧焊缝强度计算公式	(119)	4.1.2 焊条牌号	(140)
(2) 电阻点焊接头强度计算公式	(120)	(1) 结构钢焊条	(140)
(3) 各种强度理论计算公式	(121)	(2) 铬和铬钼耐热钢焊条	(140)
§ 3.5 焊接质量检验	(121)	(3) 低温钢焊条	(140)
3.5.1 无损探伤方法	(122)	(4) 不锈钢焊条	(141)
(1) 常用无损探伤检验法的比较	(122)	(5) 堆焊焊条	(141)
(2) 无损探伤方法的选择参考表	(123)	(6) 其他各类焊条	(141)
(3) 常规无损探伤方法的能力和适用范围	(124)	4.1.3 各类焊条技术数据简明表	(142)
(4) 无损探伤系统控制一览表	(124)	(1) 结构钢焊条	(142)
(5) 无损探伤质量控制系統框图	(125)	(2) 铬和铬钼耐热钢焊条	(154)
3.5.2 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级	(125)	(3) 低温钢焊条	(158)
(1) γ 射线和X射线透照厚度范围	(126)	(4) 不锈钢焊条	(158)
(2) 射线照相金属增感器的选用	(126)	(5) 堆焊焊条	(166)
(3) 象质计的选用	(126)	(6) 铸铁焊条	(175)
(4) 焊缝质量的分级	(127)	(7) 镍和镍合金焊条	(178)
(5) 焊接缺陷的评定区	(127)	(8) 铜和铜合金焊条	(179)
(6) 焊接缺陷点数换算表	(127)	(9) 铝和铝合金焊条	(180)
(7) 不计点数的焊接缺陷尺寸	(127)	(10) 特殊用途焊条	(181)
(8) 圆形焊接缺陷的分级	(127)	4.1.4 国内外焊条对照	(182)
(9) 条形夹渣的分级	(127)	(1) 碳钢和低合金钢焊条	(182)
(10) 内凹坑和未焊透的分级	(128)	(2) 不锈钢、耐热钢焊条	(193)
3.5.3 超声波探伤缺陷的等级分类	(128)	(3) 堆焊焊条	(199)

(4) 铸铁及有色金属焊条	(203)	(2) 喷涂用粉末简明表	(273)
§ 4.2 各类焊剂	(205)	4.5.4 等离子喷焊用合金粉末简明表	(274)
4.2.1 埋弧焊及电渣焊用焊剂	(205)	第五章 石油化工常用金属材料的焊接性及有关数据	(276)
(1) 焊剂类型	(205)	§ 5.1 金属焊接性及试验	(276)
(2) 焊剂牌号与国家标准型号	(205)	5.1.1 金属的焊接性	(276)
(3) 国产埋弧焊和电渣焊用焊剂简明表	(208)	(1) 金属焊接性概念	(276)
(4) 部分国外埋弧焊、电渣焊用焊剂简明表	(215)	(2) 金属焊接性试验内容	(276)
4.2.2 气焊熔剂	(220)	(3) 金属焊接性试验方法分类	(277)
4.2.3 钎焊熔剂	(222)	5.1.2 金属的冶金焊接性	(277)
§ 4.3 焊丝	(223)	(1) 金属冶金焊接性概念	(277)
4.3.1 实芯焊丝	(223)	(2) 焊接裂纹的分类	(277)
(1) 碳钢、低合金钢和高合金钢用焊丝	(223)	5.1.3 金属的热焊接性	(278)
(2) 硬质合金堆焊焊丝	(226)	(1) 金属的热焊接性概念	(278)
(3) 铜和铜合金焊丝(GB9640-88)	(227)	(2) 焊接 HAZ 的分布特征	(278)
(4) 铝和铝合金焊丝(GB10858-89)	(228)	(3) 不同焊接方法 HAZ 平均尺寸	(278)
(5) 铸铁气焊丝(GB10044-88)	(229)	(4) 低碳钢 HAZ 的组织分布	(279)
4.3.2 药芯焊丝	(229)	(5) Q235(A3)钢焊接 CCT 图	(279)
(1) 药芯焊丝的类型与特点	(229)	(6) 16MnR 钢焊接 CCT 图	(280)
(2) 碳钢药芯焊丝标准(GB10045-88)	(230)	(7) 14MnMoNbB 钢焊接 CCT 图	(282)
(3) 国产药芯焊丝	(230)	(8) 40CrMnMo 钢焊接 CCT 图	(283)
4.3.3 国外焊丝	(234)	(9) 2¼Cr1Mo 钢焊接 CCT 图	(284)
(1) 国外实芯焊丝	(234)	(10) 102 管钢焊接 CCT 图	(285)
(2) 国外药芯焊丝	(251)	5.1.4 常用的焊接性试验方法	(286)
§ 4.4 焊料	(265)	(1) 斜 Y 形坡口焊接裂纹试验	(286)
4.4.1 焊料牌号编制方法	(265)	(2) 插销冷裂纹试验	(288)
4.4.2 各类焊料简明表	(266)	(3) 刚性固定对接裂纹试验	(290)
§ 4.5 焊粉	(270)	(4) 搭接接头(CTS)焊接裂纹试验	(291)
4.5.1 焊粉牌号编制方法	(270)	(5) 焊接热影响区最高硬度试验	(292)
4.5.2 氧-乙炔火焰喷焊用合金粉末	(270)	(6) 常用碳当量公式	(294)
(1) 粉末类型与性能比较	(270)	(7) 焊接冷却时间计算公式	(294)
(2) 氧-乙炔火焰喷焊用合金粉末简明表	(271)	(8) 焊接加热速度对相变点的影响	(295)
4.5.3 氧-乙炔火焰或等离子喷涂用粉末	(273)	§ 5.2 焊接材料的选择	(295)
(1) 粉末类型与性能比较	(273)	5.2.1 碳钢的焊接	(295)
		(1) 低碳钢手工焊焊材选择	(295)
		(2) 低碳钢自动焊焊材选择	(296)
		(3) 中碳钢手工焊焊材选择	(296)
		5.2.2 低合金钢的焊接	(296)
		(1) 热轧正火钢手工焊焊材选择	(296)
		(2) 热轧正火钢自动焊焊材选择	(297)
		(3) 低碳调质钢焊材选择	(298)

(4) 中碳调质钢焊材选择	(299)	.....	(316)
(5) 珠光体耐热钢焊材选择	(299)	(3) 单面焊双面成形埋弧焊工艺参数(焊剂-铜垫)	(316)
(6) 低温钢焊材选择	(300)	(4) 单面焊双面成形埋弧焊工艺参数(焊剂垫)	(316)
(7) 低合金耐蚀钢手工焊焊材选择	(300)	(5) 无间隙悬空双面埋弧焊工艺参数	(317)
5.2.3 不锈钢的焊接	(300)	(6) 开坡口双面埋弧焊工艺参数	(317)
(1) 奥氏体不锈钢焊材选用	(300)	(7) 角接接头埋弧焊工艺参数	(318)
(2) 铁素体不锈钢焊材选用	(301)	(8) 薄板埋弧焊工艺参数	(318)
(3) 马氏体不锈钢焊材选用	(302)	(9) 紫铜埋弧焊工艺参数	(318)
(4) 焊接不锈钢方法的选择	(302)	5.3.3 CO ₂ 焊工艺参数的选择	(319)
5.2.4 异种钢的焊接	(303)	(1) CO ₂ 焊焊丝直径的选择	(319)
(1) 异种钢的类别	(303)	(2) CO ₂ 焊焊接电流和电弧电压范围	(319)
(2) 不同珠光体钢焊接材料选择	(303)	(3) 细丝 CO ₂ 半自动焊工艺参数	(320)
(3) 不同奥氏体钢焊接材料选择	(304)	(4) 细丝 CO ₂ 自动焊工艺参数	(320)
(4) 珠光体与铁素体钢焊接材料选择	(305)	(5) 粗丝 CO ₂ 焊工艺参数	(321)
(5) 珠光体与奥氏体钢焊接材料选择	(306)	(6) CO ₂ 电弧点焊工艺参数	(322)
(6) 奥氏体与铁素体钢焊接材料选择	(308)	5.3.4 TIG 焊工艺参数选择	(322)
5.2.5 铸铁的焊接	(309)	(1) TIG 焊时喷嘴孔径和保护气流量的选择	(322)
(1) 铸铁焊接材料的选择	(309)	(2) 不锈钢薄板手工 TIG 焊工艺参数	(322)
(2) 铸铁焊接方法的选择	(310)	(3) 不锈钢手工 TIG 焊工艺参数	(323)
5.2.6 铝及铝合金的焊接	(310)	(4) 铝及铝合金手工 TIG 焊工艺参数	(323)
(1) 铝及铝合金焊材的选用	(310)	(5) 自动 TIG 焊工艺参数	(323)
(2) 不同牌号铝及铝合金焊接用焊材	(311)	(6) 管子 TIG 打底焊工艺参数	(324)
5.2.7 铜及铜合金的焊接	(312)	(7) 管子脉冲 TIG 焊工艺参数	(324)
(1) 铜及铜合金手工焊焊材选择	(312)	(8) 不锈钢薄板脉冲 TIG 焊工艺参数	(324)
(2) 铜及铜合金气焊焊材选择	(312)	5.3.5 MIG 焊工艺参数选择	(324)
§ 5.3 焊接工艺参数的选择	(312)	(1) 焊接用保护气体及适用范围	(324)
5.3.1 手工电弧焊工艺参数的选择	(312)	(2) IIW 对熔化极气保焊熔滴过渡形式的分类	(325)
(1) 电焊条直径的选择	(312)	(3) 不锈钢喷射过渡 MIG 焊工艺参数	(325)
(2) 焊接电流的选择	(312)	(4) 不锈钢短路过渡 MIG 焊工艺参数	(326)
(3) 手工电弧焊中推荐的焊条倾角	(313)		
(4) 手工电弧焊工艺参数示例	(313)		
(5) 手工电弧焊定位焊尺寸	(315)		
(6) 手工电弧焊紫铜的规范参数	(315)		
5.3.2 埋弧自动焊工艺参数的选择	(316)		
(1) 埋弧焊焊丝直径与适用的焊接电流范围	(316)		
(2) 埋弧焊电弧电压与焊接电流的配合			

(5) 不锈钢脉冲 MIG 焊工艺参数	(326)	.....	(341)
(6) 不锈钢 MIG 焊对接工艺参数	(326)	(2) 压力容器用钢消除应力热处理的厚度界限	(341)
(7) 不锈钢角焊缝 MIG 焊工艺参数	(327)	(3) 压力容器用钢消除应力热处理温度及保温时间	(341)
(8) 铝及铝合金自动 MIG 焊工艺参数	(328)	(4) 压力容器用钢的正火温度范围	(342)
(9) 自动 MIG 焊工艺参数	(328)	(5) 压力容器用钢的最佳回火温度范围	(342)
5.3.6 焊接预热温度	(329)	§ 6.2 球罐的焊接	(342)
(1) 低碳钢焊接的预热	(329)	6.2.1 球罐的型式及结构特点	(342)
(2) 低碳钢管焊接的预热	(329)	(1) 球罐的型式	(342)
(3) 中碳钢焊接的预热	(329)	(2) 球罐的结构特点	(343)
(4) 低合金钢焊接的预热	(329)	6.2.2 球罐用钢	(343)
(5) 16Mn 钢焊接的预热	(330)	(1) 球罐用钢的化学成分(%)	(343)
(6) 珠光体耐热钢焊接的预热	(330)	(2) 球罐用钢的力学性能	(344)
(7) 马氏体不锈钢焊接的预热	(330)	6.2.3 球罐的焊接	(344)
(8) 铸铁焊补的预热	(330)	(1) 球罐用钢焊前预热温度(℃)	(344)
第六章 典型焊接工程实例	(332)	(2) 球罐焊接工艺卡格式	(345)
§ 6.1 压力容器的焊接	(332)	(3) 球罐分片组焊法检查及控制项目	(345)
6.1.1 压力容器焊接工艺评定	(332)	(4) 球罐环带组焊法施工工艺流程(先按装下温带和极板)	(347)
(1) 焊接工艺评定的重要因素与补加因素	(332)	(5) 球罐焊接记录格式	(348)
(2) 焊接工艺评定的次要因素	(333)	(6) 球罐焊缝返修记录格式	(348)
(3) 钢材焊接工艺评定的分类与分组	(334)	(7) 球罐的焊接程序	(349)
(4) 焊接工艺评定适用厚度的有效范围	(336)	(8) 球罐自动焊	(349)
(5) 焊接工艺评定任务书	(336)	6.2.4 球罐的无损检验	(350)
(6) 焊接工艺评定报告	(337)	(1) 球罐焊缝表面质量规定	(350)
6.1.2 压力容器用钢焊接性试验	(339)	(2) 球罐焊缝无损检验规定	(350)
(1) 压力容器用钢焊接 HAZ 最高硬度	(339)	6.2.5 球罐焊后热处理	(350)
(2) 压力容器用钢 Y 形坡口对接裂纹试验结果	(339)	(1) 球罐焊后整体热处理的规定	(350)
(3) 压力容器用钢插销冷裂试验结果	(340)	(2) 球罐整体热处理温度	(351)
(4) 压力容器用钢可应变变热裂纹试验结果	(340)	§ 6.3 金属管的焊接	(351)
(5) 压力容器用钢再热裂纹试验结果	(340)	6.3.1 管道的加工和组装	(351)
6.1.3 压力容器焊后热处理	(341)	(1) 管道对接接头坡口尺寸	(351)
(1) 焊后消除应力热处理条件的确定		(2) 管道下向焊接管口组对尺寸	(352)
		(3) 管道组装规定	(352)
		6.3.2 金属管的焊接	(352)
		(1) 不同厚度管壁的焊接层数	(352)
		(2) 管材焊接预热条件	(352)
		(3) 纤维素型下向焊条的选择	(353)
		(4) 低氢型下向焊条的选用	(353)

(5) 纤维素型下向焊条焊接工艺参数	(353)	(2) 铝合金钎焊接头设计	(359)
(6) 低氢型下向焊条焊接工艺参数	(354)	6.4.2 铝及铝合金钎焊材料	(359)
(7) 埋弧焊工艺参数	(354)	(1) 铝及铝合金用钎料	(359)
(8) 管子脉冲氩弧焊工艺参数	(354)	(2) 铝用钎剂的组分与特性	(360)
(9) 金属管旋弧对焊工艺参数	(355)	6.4.3 钎焊工艺方法	(360)
(10) 铝合金管对接手工氩弧焊工艺参数	(355)	(1) 各种钎焊工艺方法优缺点的比较	(360)
6.3.3 管道焊缝检验	(356)	(2) 铝及铝合金化学清洗法	(361)
(1) 管道焊缝表面质量规定	(356)	(3) 铝及铝合金钎焊盐浴成分	(361)
(2) 管道焊缝无损检查	(356)	(4) 铝及铝合金钎焊的接头强度	(361)
6.3.4 管道耐压试验	(356)	(5) 钎焊后化学清洗工艺方法比较	(362)
(1) 管道试验压力的规定	(356)	(6) 铝合金换热器钎接后的清洗过程	(362)
(2) 管道耐压试验的压力检查	(356)	6.4.4 钎焊接头的质量检验	(363)
(3) 用水作介质试验要求	(357)	(1) 钎焊接头的缺陷及产生原因	(363)
(4) 用气体介质试验要求	(357)	(2) 钎焊接头缺陷的检验方法及特点	(364)
§ 6.4 铝及铝合金的钎焊	(358)	参考文献	(365)
6.4.1 铝及铝合金的钎焊性及接头设计	(358)		
(1) 典型铝及铝合金的钎焊性	(358)		

第一章 常用金属材料成分及性能

§ 1.1 黑色金属材料

1.1.1 碳素钢

(1) 碳素钢分类(按含碳量分)

类 别	低碳钢	中碳钢	高碳钢
含碳量/%	≤0.25	0.25~0.60	≥0.60

(2) 碳素结构钢化学成分及力学性能(GB700—88)

牌 号	等 级	化 学 成 分 / %					力 学 性 能					脱氧方法	用途举例
		C	Mn	Si	S	P	σ_b	σ_s	δ_5	冲击试验			
				$\leq$	MPa		%	T/°C	A _{KV} /J				
Q195	—	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	0.30	0.050	0.045	315~ 390	(185), (195)	32,33	—	—	F,b,Z	仪表壳,防护罩,通讯线等
Q215	A	0.09 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	0.30	0.050	0.045	335~ 410	165~ 215	26~ 31	— 20	— ≥ 27	F,b,Z	螺旋坯,炉管,地脚螺钉,螺栓等
	B	0.15	0.55		0.045								
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65	0.30	0.050	0.045	375~ 460	185~ 235	21~ 26	—	—	F,b,Z	压力容器,热交换器,锅炉,船舶,桥梁,贮罐,不重要的轴,螺栓,螺母等
	B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.70		0.045					20	≥ 27		
	C	$\leq$ 0.18	0.35 ~ 0.80		0.040					0.040	0	Z	
	D	$\leq$ 0.17			0.035					0.035	-20	TZ	
Q255	A	0.18 ~ 0.28	0.40 ~ 0.70	0.30	0.050	0.045	410~ 510	205~ 255	19~ 24	— 20	— ≥ 27	Z	铆接或栓接结构
	B				0.045								
Q275	—	0.28 ~ 0.38	0.50 ~ 0.80	0.35	0.050	0.045	490~ 610	225~ 275	15~ 20	—	—	Z	轴类,农机具,耐磨零件,轧辊等

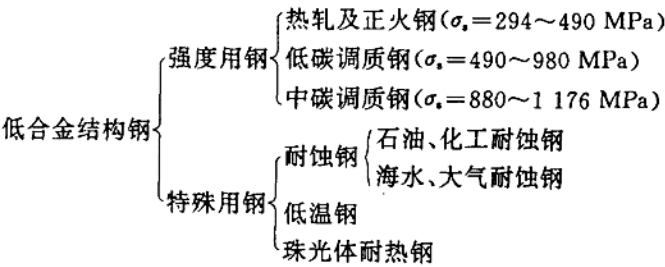
注:① Q195的 σ_s 仅供参考,不作为交货条件。

(3) 优质碳素结构钢化学成分及力学性能(GB699—88)

牌 号	化 学 成 分 / %				力 学 性 能					硬 度 HB		用 途 举 例	
	C	Mn	Si	P	S	σ_b	σ_s	δ_5	ψ	A_K	未热 处理		热 处理
						MPa		%		J			
						≤		≥		≤			
08	0.05 ~ 0.12	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.035	0.035	325	195	33	60	—	131	—	薄板,油桶,电焊条等
10	0.07 ~ 0.14	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37			335	205	31	55	—	137	—	锅炉管,油桶顶盖,钢带,焊 接件等
20	0.17 ~ 0.24	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37			410	245	25	55	—	156	—	中低压设备法兰,管法兰, 换热器管板,轴等
25	0.22 ~ 0.30	0.50 ~ 0.80				450	275	23	50	71	170	—	中低压设备法兰,换热器管 板,轴,螺栓等
30	0.27 ~ 0.35					490	295	21	50	63	179	—	轴,拉杆,套环,汽缸,机架, 飞轮等
35	0.32 ~ 0.40					530	315	20	45	55	197	—	≤450℃的换热器管板,法 兰,高压容器顶盖等
40	0.37 ~ 0.45					570	335	19	45	47	217	187	曲轴,齿轮,活塞杆,连杆等
45	0.42 ~ 0.50	0.70 ~ 1.00	600			355	16	40	39	229	197	曲轴,大齿轮,活塞销等	
20Mn	0.17 ~ 0.24		450			275	24	50	—	197	—	心部力学性能要求较高且 需渗碳的零件	
35Mn	0.32 ~ 0.40		560			335	18	45	55	229	197	螺栓、螺母、螺钉、柱杆等	
45Mn	0.42 ~ 0.50		620	375	15	40	39	241	217	曲轴,连杆,螺钉,螺母等			

1.1.2 低合金结构钢

(1) 低合金结构钢的类型



(2) 热轧和正火钢化学成分及力学性能

牌 号	化 学 成 分 / %											冷裂纹敏 感指数 $P_{cm}/\%$	碳当量 CE/%	热处理 状态	力学性能				备 注	
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	V	Nb	Ti	其 他				σ_s MPa	σ_b MPa	δ %	a_K J/cm ²		
09MnV	≤ 0.12	0.80 ~ 1.20	0.20 ~ 0.60	0.050	0.045	—	—	0.04 ~ 0.12	—	—	—	—	0.191	0.31	热 轧	≥ 294	≥ 431	≥ 22	U 形 ≥ 59	GB1591—88
09MnNb	≤ 0.12	0.80 ~ 1.20	0.20 ~ 0.60	0.050	0.045	—	—	—	0.015 ~ 0.050	—	—	—	—	—	热 轧	≥ 294	≥ 412	≥ 22	U 形 ≥ 59	
09Mn2	≤ 0.12	1.40 ~ 1.80	0.20 ~ 0.55	0.045	0.045	—	—	—	—	—	—	—	0.36	—	热 轧	≥ 295	440~ 590	≥ 22	—	
16Mn	0.12 ~ 0.20	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	0.050	0.045	—	—	—	—	—	—	—	0.243	0.39	热 轧	≥ 343	≥ 490	≥ 21	U 形 ≥ 59	
16MnRe	0.12 ~ 0.20	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	0.050	0.050	—	—	—	—	—	Re ≤ 0.20 Cu ≤ 0.35	—	—	0.39	热 轧	≥ 345	510~ 660	≥ 22	—	GB1591—88
14MnNb	0.12 ~ 0.18	0.80 ~ 1.20	0.20 ~ 0.60	0.050	0.045	—	—	—	0.015 ~ 0.050	—	—	—	0.213	0.31	热 轧	≥ 343	≥ 490	≥ 20	U 形 ≥ 59	
15MnV	0.12 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	0.050	0.045	—	—	0.04 ~ 0.12	—	—	—	—	0.241	0.40	热 轧	≥ 392	≥ 529	≥ 18	U 形 ≥ 59	
12Mn	0.09 ~ 0.16	1.10 ~ 1.50	0.20 ~ 0.55	0.045	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	0.35	热 轧	≥ 295	440~ 590	≥ 22	—	
15MnTi	0.12 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	0.050	0.050	—	—	—	—	0.12 ~ 0.20	—	—	0.233	0.38	正 火	≥ 392	≥ 529	≥ 19	U 形 ≥ 69	美 国
A225A	≤ 0.18	≤ 1.45	0.15 ~ 0.30	0.035	0.040	—	—	0.09 ~ 0.14	—	—	—	—	≤ 0.276	≤ 0.45	正 火	≥ 294	—	—	—	
A737B	≤ 0.20	1.15 ~ 1.50	0.15 ~ 0.50	0.035	0.030	—	—	—	≤ 0.05	—	—	—	≤ 0.292	≤ 0.45	正 火	≥ 343	≥ 480 ~ 618	—	—	
A737C	≤ 0.22	1.15 ~ 1.50	0.15 ~ 0.50	0.035	0.030	—	—	0.04 ~ 0.11	—	—	N ≤ 0.03	—	≤ 0.322	≤ 0.49	正 火	≥ 412	≥ 549 ~ 686	—	—	
15MnVN	0.12 ~ 0.20	1.30 ~ 1.70	0.20 ~ 0.50	0.050	0.050	—	—	0.16 ~ 0.25	—	—	N0.014~ 0.022	—	0.268	0.45	正 火	≥ 441	≥ 588	≥ 17	U 形 ≥ 59	GB1591—88

(续)

牌 号	化 学 成 分 / %										冷裂纹敏 感指数 $P_{cm}/\%$	热处理 状态	力学性能				备 注
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	V	Nb	Ti	其 他		σ_s MPa	σ_b MPa	δ %	a_k J/cm ²	
19Mn5	0.17 ~ 0.23	1.00 ~ 1.30	0.40 ~ 0.60	0.050	0.050	—	—	—	—	—	—	—	≥304	510~ 608	—	U形≥49	
FG-39	≤ 0.18	1.10 ~ 1.60	0.15 ~ 0.50	0.035	0.035	—	—	0.10 ~ 0.16	—	—	N≤0.02	0.272	≥363	500~ 647	≥20	U形≥59	德 国
FG-43	≤ 0.18	1.20 ~ 1.70	0.10 ~ 0.50	0.035	0.035	≤ 0.70	—	0.10 ~ 0.18	—	—	N≤0.02	0.290	≥402	529~ 677	≥19	U形≥59	
A302B	≤ 0.25	1.15 ~ 1.50	0.15 ~ 0.30	0.035	0.040	—	0.45 ~ 0.60	—	—	—	—	0.361	≥343	≥549 ~ 686	—	—	美国
A302C	≤ 0.25	1.15 ~ 1.50	0.15 ~ 0.30	0.035	0.040	0.40 ~ 0.70	0.45 ~ 0.60	—	—	—	—	0.370	≥343	≥549 ~ 686	—	-20℃ ≥52J	
18MnMoNbG	0.17 ~ 0.23	1.35 ~ 1.65	0.17 ~ 0.37	0.035	0.035	—	0.45 ~ 0.65	—	0.025 ~ 0.050	—	—	0.320	≥490	≥637	≥16	U形≥69	GB713-86
14MnMoVg	0.10 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.50	0.035	0.035	—	0.40 ~ 0.65	0.05 ~ 0.15	—	—	—	—	≥490	≥637	≥16	U形≥69	
BHW-35	≤ 0.16	1.00 ~ 1.60	0.10 ~ 0.50	0.025	0.025	0.60 ~ 1.20	0.20 ~ 0.40	—	~0.01	—	—	≤0.303	≥392	569~ 735	≥18	U形≥59	德 国
D36	0.12 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.10 ~ 0.40	0.020	0.006	—	—	0.02 ~ 0.08	0.02 ~ 0.05	—	—	0.233	≥352	≥490	≥21	-40℃ ≥34J	Z向解 裂≥35% 中国
X60	≤ 0.12	1.00 ~ 1.30	0.15 ~ 0.40	0.020	0.025	—	—	—	0.02 ~ 0.05	—	Be/S 2.0~2.5	≤0.198	≥414	≥517	20.5~ 23.5	-10℃ ≥54J	管线钢 中国
X65	≤ 0.12	1.00 ~ 1.30	0.15 ~ 0.40	0.030	0.025	—	—	—	0.02 ~ 0.05	—	Be/S 2.0~2.5	≤0.198	≥450	≥530	20.5~ 23.5	-10℃ ≥54J	管线钢 中国
X70	≤ 0.10	1.60 ~ 1.80	0.30 ~ 0.40	0.025	0.010	≤ 0.35	≤ 0.50	≤ 0.08	≤ 0.04	≤ 0.025	Cu0.25	≤0.246	483~ 586	≥566	≥22.5	—	管线钢 日本

(3) 低碳调质钢化学成分

牌 号	化 学 成 分 / %										冷裂纹敏感指数 $P_{cm}/\%$	碳当量 CE/%	备 注
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	其 他			
07MnCrMoVR	≤ 0.09	1.20 ~ 1.60	0.15 ~ 0.40	≤ 0.030	≤ 0.020	≤ 0.30	0.10 ~ 0.30	0.10 ~ 0.30	0.02 ~ 0.06	B $\leq 0.003^{\text{①}}$	≤ 0.20	—	中国
07MnNiCrMoVDR	≤ 0.09	1.20 ~ 1.60	0.15 ~ 0.40	≤ 0.030	≤ 0.020	0.20 ~ 0.50	0.10 ~ 0.30	0.10 ~ 0.30	0.02 ~ 0.06	B $\leq 0.030^{\text{①}}$	≤ 0.21	—	中国
HQ70A	0.09 ~ 0.16	0.60 ~ 1.20	0.15 ~ 0.40	≤ 0.030	≤ 0.030	0.30 ~ 1.00	0.30 ~ 0.60	0.20 ~ 0.40	V+Nb ≤ 0.10	Cu0.15~0.50 B0.0005~0.003	—	—	中国
HQ70B	0.11 ~ 0.18	0.80 ~ 1.20	0.15 ~ 0.40	≤ 0.030	≤ 0.030	0.70 ~ 1.20	0.40 ~ 0.80	0.20 ~ 0.40	V+Nb 0.05~0.10	Cu0.15~0.50 B ≤ 0.003	—	—	中国
15MnMoVN	0.12 ~ 0.20	1.30 ~ 1.70	0.20 ~ 0.50	≤ 0.035	≤ 0.035	—	—	0.40 ~ 0.60	0.10 ~ 0.20	N0.01~0.02	—	—	—
15MnMoVNRe (QJ60)	≤ 0.18	1.20 ~ 1.70	0.20 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.035	—	—	0.35 ~ 0.60	0.03 ~ 0.10	N0.02~0.03(加入) Re0.10~0.20(加入)	—	—	—
15MnMoVNRe (QJ70)	≤ 0.18	1.20 ~ 1.70	0.20 ~ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.035	—	—	0.35 ~ 0.60	0.03 ~ 0.10	N0.02~0.03(加入) Re0.10~0.20(加入)	—	—	—
14MnMoNbB	0.12 ~ 0.18	1.30 ~ 1.80	0.15 ~ 0.35	≤ 0.030	≤ 0.030	—	—	0.45 ~ 0.70	—	Cu ≤ 0.40 ;Nb0.02~0.07 B0.0005~0.003	0.275	0.56	中国
14MnMoVN	0.14	1.41	0.30	0.012	0.025	—	—	0.47	0.13	N=0.0155	0.265	0.50	中国
12Cr3NiMoV	0.07 ~ 0.14	0.30 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	≤ 0.020	≤ 0.015	2.6 ~ 3.0	0.90 ~ 1.20	0.20 ~ 0.27	0.04 ~ 0.10	—	—	0.65	中国
WEL-TEN62CF	≤ 0.09	1.00 ~ 1.60	0.15 ~ 0.30	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.60	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.10	—	≤ 0.20	0.49	日本