

傅祝和 孙玉林 主编

焊接数据资料手册



机械工业出版社

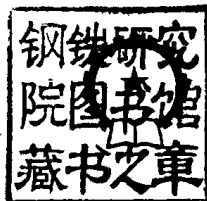
TG 4-62

F 92

焊接数据资料手册

傅积和 孙玉林 主编

(2130/27) 5175



机械工业出版社

1523038

(京)新登字054号

焊接数据资料手册是一部焊接工具书,书中只有精心编排的表示焊接数据资料的图表,是焊接工作者从事焊接试验研究、设计、工艺及教学工作不可缺少的参考资料。本手册涉及的内容比较全面,包括电弧焊、电阻焊、钎焊、气焊、特种焊、切割、热喷涂等焊接工艺方法;各种材料(黑色、有色及异种金属)的焊接;焊接冶金、设计、质量检验等各方面的数据资料。在资料内容选择上本手册以实用为原则,因此,也是焊接工作者学习及从事焊接生产的实用读物。

焊接数据资料手册

傅积和 孙玉林 主编

*

责任编辑:金晓玲 版式设计:冉晓华
何月秋

封面设计:郭景云 责任校对:刘志文
责任印制:王国光 孙志筠

•

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张57.25·插页2·字数1370千字

1994年6月北京第1版·1994年6月北京第1次印刷

印数 0 001—3 600 定价:70.00元

*

ISBN 7-111-03862-2/TG·854

前 言

焊接数据资料是焊接工作者从事焊接试验研究、设计、工艺及教学工作不可缺少的依据，可是这些数据资料往往分散在国内外各种手册、书籍、杂志或专业资料之中，为了查找它们，每次都花去许多宝贵的时间。为此，不少焊接工作者在长期工作实践中，通过摘译、抄录积累了有关方面的数据资料，在工作中发挥了有效的作用。这就给了我们一个启示：如能将常用的焊接数据资料编辑成册，使人一目了然，这将是一件很有价值的工作。这就是我们编写《焊接数据资料手册》的目的。《手册》是一本焊接工具书，它和以往的焊接手册相比，避免了形式上的雷同性，即从概念原理到工艺这种教科书式的编写形式；也避免了内容上的雷同性，即面面俱到、大同小异的编写内容。取而代之的是形式上只有精心编排的表示焊接数据资料的图表；在内容上只精选适应国内焊接发展状况的实用焊接数据资料。

《焊接数据资料手册》涉及的内容比较全面，包括电弧焊、电阻焊、钎焊、气焊、特种焊、切割及热喷涂等工艺及设备；各种材料（黑色、有色及异种金属）的焊接；焊接冶金、设计、质量检验等各方面的数据资料。

本书由傅积和高级工程师和孙玉林高级工程师主编。第一章、第三章由孙玉林编写；第二章由张文钺教授编写；第四章由阎毓和教授、邢效潜教授、梁桂芳高级工程师、丁履信高级工程师编写；第五章由梁桂芳编写；第六章、第七章由陈祝年教授编写；第八章由邢效潜、陆克一高级工程师编写；第九章由徐滨士教授编写。附录由丁履信、邱连士高级工程师编写。

本书对象为从事焊接试验研究、设计、工艺及教学工作的焊接工作者，同时也是焊接技术工人学习及从事焊接工作的参考读物。

本书在编写过程中得到了陈伯鑫、郝纯孝、侯协义、陈滋阳、何琦等同志的支持和帮助，特此表示感谢。

由于编写水平有限，书中欠妥之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见。

目 录

前言

第一章 概述	1
1 焊接方法的发明年代及国别	1
2 焊接方法的分类及特点	1
2.1 基本焊接方法及分类	1
2.2 常用焊接方法的适用范围	2
2.3 常用金属材料适用的焊接方法	3
2.4 常用焊接热源的特性	4
2.5 常用焊接方法的热效率	4
2.6 常用电弧焊方法的熔深系数	4
2.7 常用电弧焊方法的有效功率因数	5
2.8 不同焊接方法焊缝金属中的扩散氢含量	5
2.9 常用焊接热源的能量密度和热量消耗	5
2.10 常用焊接热源的焊接热输入比较	5
3 焊接方法的比较及选择	6
3.1 电弧焊方法的比较	6
3.2 MIG 焊、CO ₂ 气体保护电弧焊、TIG 焊的比较	7
3.3 MIG 焊、TIG 焊焊接性能比较	8
3.4 CO ₂ 气体保护电弧焊和手工电弧焊熔敷速度的比较	9
3.5 TIG 焊和等离子弧焊焊接速度的比较	9
3.6 等离子弧和钨极电弧的比较	9
3.7 电子束焊、等离子弧焊、TIG 焊的焊缝断面形状比较	10
3.8 TIG 焊、MIG 焊和等离子弧焊焊接成本的比较	10
3.9 CO ₂ 气体保护电弧焊和埋弧焊抗锈能力的比较	10
3.10 几种气体保护焊接方法的应用及特点	11
参考文献	11

第二章 焊接冶金 12

1 金属焊接性	12
1.1 焊接性试验方法分类	12
1.2 钢的碳当量公式	12
1.2.1 碳当量公式 (CE、C _{eq})	12
1.2.2 碳当量公式 (P _{cm})	12
1.2.3 碳当量公式 (CEN)	12
1.2.4 各种碳当量公式及其相关系数	13
1.2.5 常用低合金高强度钢的碳当量及允许的最大硬度 (H _{max})	13
1.2.6 不同强度级别钢种的界限 P _{cm} 值	14
1.3 主要焊接性试验方法	14
1.3.1 斜 y 形坡口焊接裂纹试验	14
1.3.2 刚性固定对接裂纹试验	16
1.3.3 十字接头裂纹试验	16
1.3.4 T 形接头焊接裂纹试验	18
1.3.5 搭接接头 (CTS) 焊接裂纹试验	19
1.3.6 窗形拘束裂纹试验	22
1.3.7 压板对接 (FISCO) 焊接裂纹试验	22
1.3.8 拉伸拘束裂纹试验	24
1.3.9 刚性拘束裂纹试验	25
1.3.10 插销试验	27
1.3.11 可变拘束裂纹试验	30
1.3.12 再热裂纹敏感性试验	31
(1) 铁研式自拘束试验	31
(2) 插销试验	31
1.3.13 层状撕裂敏感性试验	33
(1) Z 向拉伸层状撕裂敏感性试验	33
(2) Granfield 层状撕裂试验	33
1.3.14 焊接热影响区 (HAZ) 最高硬度试验	34
1.3.15 焊接热影响区 (HAZ) 最高硬度计算公式	35

2 焊接热影响区(HAZ)的组织分布及连续冷却组织转变图	36	的关系	50
2.1 焊接热影响区的组织分布	36	2.4 焊接冷却时间(二)	50
2.1.1 焊接热影响区内不同温度范围的各区划分	36	2.4.1 传热理论计算公式	50
2.1.2 距离焊缝各点的焊接热循环	37	2.4.2 临界厚度计算公式	51
2.1.3 低碳钢热影响区的组织分布特征及性能	37	2.4.3 临界厚度的线算图	51
2.1.4 16 Mn 钢的焊接热影响区	37	2.4.4 求 $t_{8/5}$ 的作图法	51
2.1.5 不同焊接方法的热影响区平均尺寸	37	3 低合金结构钢焊缝的组织	53
2.1.6 不同钢种的焊接热影响区	38	3.1 合金结构钢中合金元素的作用	54
2.2 连续冷却组织转变图	38	3.2 低合金结构钢焊缝组织的形态	54
2.2.1 低合金钢的模拟焊接 CCT 图	38	3.3 低合金结构钢焊缝的组织转变图及初化途径	55
2.2.2 某些高强度钢的临界冷却时间($t_{8/5}$)	39	4 焊接裂纹	56
2.2.3 16 MnR 钢的焊接 CCT 图	40	4.1 焊接裂纹的分布特征	56
2.2.4 15 MnVN 钢的焊接 CCT 图	41	4.2 焊接裂纹分类表	56
2.2.5 18 MnMoNb 钢的焊接 CCT 图	42	4.3 热裂纹	57
2.2.6 14 MnMoNbB 钢的焊接 CCT 图	43	4.3.1 结晶裂纹产生的原因	57
2.2.7 15 MnMoVNRE 钢的焊接 CCT 图	44	4.3.2 铁二元和镍二元共晶成分及共晶温度	57
2.2.8 $2\frac{1}{4}$ Cr-1 Mo 钢的焊接 CCT 图	45	4.3.3 合金元素对结晶裂纹的影响	57
2.2.9 12 Ni 2 CrMoV 钢的焊接 CCT 图	46	(1) 临界应变增长率(简称 CST)	57
2.2.10 日本 HW 36 钢的焊接 CCT 图	47	(2) 热裂纹敏感系数(简称 HCS)	57
2.2.11 美国 T-1 钢的焊接 CCT 图	47	4.3.4 不锈钢焊缝中合金元素对结晶裂纹的影响	58
2.3 焊接冷却时间(一)	47	4.3.5 结晶裂纹的防止措施	58
2.3.1 计算公式(日本稻垣公式)	47	4.4 冷裂纹	58
2.3.2 不同焊接方法计算冷却时间的各系数值	48	4.4.1 碳当量与临界含氢量的关系	58
2.3.3 手弧焊 $t_{8/5}(a)$ 和 $t_{8/5}(b)$ 冷却时间线算图	48	4.4.2 氢在不同钢中的扩散系数	58
2.3.4 CO_2 气体保护电弧焊 $t_{8/5}(a)$ 和 $t_{8/5}(b)$ 冷却时间线算图	49	4.4.3 拘束应力的分类	59
2.3.5 埋弧焊 $t_{8/5}(a)$ 和 $t_{8/5}(b)$ 冷却时间线算图	49	4.4.4 一些钢的相变温度及所引起的应变	59
2.3.6 $t_{8/5}$ 与线能量(E)和板厚(δ)		4.4.5 拘束度 R 及其计算公式	60
		4.4.6 实际结构焊接接头拘束度的有关数据	60
		4.4.7 一般常用钢的临界拘束度 R_{cr}	61
		4.4.8 拘束应力公式	61
		4.4.9 拘束系数计算公式	61
		4.4.10 临界拘束应力的经验公式	61
		4.4.11 防止冷裂纹的预热温度经验公式	62
		4.4.12 P_{cm} 及板厚与预热温度的关系	62
		4.4.13 P_w 与预热温度的关系	63
		4.4.14 根据 P_w 及板厚 δ 确定的局	

部预热温度	63	(13) 特殊用途焊条牌号的表示方法	74
4.4.15 后热温度的经验公式	64	(14) 结构钢焊条的牌号、型号及主 要用途	74
4.4.16 避免裂纹所需的后热温度和 后热时间	64	(15) 铬及铬钼耐热钢焊条的牌号、 型号及主要用途	77
4.4.17 采用后热对预热温度的影响	64	(16) 低温钢焊条的牌号、型号及主 要用途	78
4.5 再热裂纹	64	(17) 不锈钢焊条的牌号、型号及主 要用途	78
4.5.1 判断再热裂纹的经验公式	64	(18) 堆焊焊条的牌号、各国标准型 号及堆焊层硬度	82
4.5.2 防止再热裂纹的预热及后热	65	(19) 铸铁焊条的型号、牌号及主要 用途	84
4.6 层状撕裂	65	(20) 镍及镍合金焊条的牌号及焊缝 主要成分	84
4.6.1 层状撕裂敏感性评定公式	65	(21) 铜及铜合金焊条的牌号、型号及焊缝 主要成分	84
4.6.2 层状撕裂敏感性指数 P_t 与 $(\sigma_z)_{cr}$ 的关系	65	(22) 铝及铝合金焊条的牌号、型号 及焊缝主要成分	85
4.6.3 防止层状撕裂的措施	65	(23) 特殊用途焊条的牌号及主要用 途	85
参考文献	65	1.1.3 药皮	85
第三章 电弧焊	67	(1) 国产焊条药皮类型及特点	85
1 手工电弧焊	67	(2) 常用药皮原材料的组成与作用	86
1.1 焊条	67	(3) 焊条药皮矿物类原材料的成分及 作用	86
1.1.1 焊条的型号	67	(4) 焊条药皮中有机物原材料的成分 及作用	88
(1) 焊条型号的分类及代号	67	(5) 焊条药皮中铁合金和金属粉的成 分及作用	88
(2) 焊条长度的规定	67	(6) 焊条药皮中化工产品类的成分及 作用	89
(3) 碳钢焊条型号的编制方法	68	(7) 焊条药皮组成物用量范围	90
(4) 低合金钢焊条型号的编制方法	68	(8) 焊条药皮成分组成范围	90
(5) 不锈钢焊条型号的编制方法	70	(9) 焊条药皮粉剂的颗粒度(目数)	91
(6) 铸铁焊条型号的编制方法	70	(10) 几种牌号及规格	91
1.1.2 焊条牌号的分类及表示方法	71	(11) 不同类型焊条药皮对钠水玻璃 模数及密度的要求	91
(1) 焊条牌号的类别及符号	71	(12) 常用粘塑剂及其适用范围	92
(2) 焊条型号大类与焊条牌号大类对 照表	71	(13) 几种焊条保护气氛的组成	92
(3) 焊条牌号的药皮类型及焊接电源 的表示方法	72	(14) 几种铁合金的焙烧钝化规范	92
(4) 结构钢焊条牌号的表示方法	72	(15) 焊条熔渣凝固温度范围实测值	93
(5) 铬和铬钼耐热钢焊条牌号的表示 方法	72	1.1.4 焊条性能	93
(6) 低温钢焊条牌号的表示方法	72		
(7) 不锈钢焊条牌号的表示方法	72		
(8) 堆焊焊条牌号的表示方法	73		
(9) 铸铁焊条牌号的表示方法	73		
(10) 镍及镍合金焊条牌号的表示方 法	73		
(11) 铜及铜合金焊条牌号的表示方 法	73		
(12) 铝及铝合金焊条牌号的表示方 法	73		

(1) 几种焊条工艺性能一览表	93	1.3.10 常用焊钳的型号及规格	103
(2) 几种焊条冶金性能一览表	94	1.3.11 护目玻璃选用表	103
(3) 焊条的熔化速度	95	1.3.12 交流弧焊机的常见故障及检修方法	104
(4) 焊芯的温度与熔化时间的关系	95	1.3.13 直流弧焊整流器的常见故障及检修方法	104
(5) 焊接时沿焊条长度药皮表面上的温度分布	95	2 埋弧焊	105
(6) 不锈钢焊条药皮表面的温升曲线	95	2.1 焊剂	106
1.1.5 焊条的烘干	96	2.1.1 熔炼焊剂和非熔炼焊剂的特点	106
(1) 焊条的烘干脱水曲线	96	2.1.2 硅酸锰焊剂的典型成分	106
(2) 焊条的烘干参数	96	2.1.3 MnO-SiO ₂ 系统相图	106
(3) 焊条的再烘干参数	96	2.1.4 国产埋弧焊剂的成分和用途	107
(4) 连续烘干时间对焊条的影响	96	(1) 熔炼焊剂的分类及成分	107
(5) 烘干次数对焊条的影响	97	(2) 烧结焊剂的分类及成分	107
(6) 焊条烘干温度与焊缝中扩散氢含量的关系	97	2.1.5 国产熔炼焊剂的牌号表示方法	108
1.2 操作及工艺参数	98	2.1.6 国产烧结焊剂的牌号表示方法	108
1.2.1 定位焊尺寸	98	2.1.7 常用埋弧焊剂的用途及其配用焊丝	109
1.2.2 对接装配的错边量允许值	98	2.1.8 日本的埋弧焊剂标准	110
1.2.3 电弧长度对焊接质量的影响	98	2.1.9 焊剂中 SiO ₂ 含量与硅过渡量[ΔSi]的关系	110
1.2.4 焊接电流对气孔的影响	98	2.1.10 焊剂中 MnO 含量与锰过渡量[ΔMn]的关系	110
1.2.5 焊接电流对焊缝金属化学成分的影响	99	2.1.11 焊剂氧化性对合金元素过渡量的影响	111
1.2.6 对接平焊的焊条角度	99	2.1.12 焊接电流对硅和锰过渡量的影响	111
1.2.7 角焊焊条角度	99	2.1.13 电弧电压对硅和锰过渡量的影响	111
1.2.8 焊接磁场对磁偏吹的影响	99	2.1.14 焊剂中 CaF ₂ 含量对焊缝气孔的影响	112
1.3 焊接电源	100	2.1.15 焊剂产生 CO ₂ 气体数量对焊缝金属含氢量[H]的影响	112
1.3.1 各类弧焊电源的特点及适用范围	100	2.1.16 温度对焊剂粘度与电阻的影响	112
1.3.2 各种外特性的形状及适用范围	100	2.1.17 熔炼焊剂的吸湿曲线	112
1.3.3 常用弧焊变压器的类型及用途	100	2.1.18 非熔炼焊剂的吸湿曲线	113
1.3.4 弧焊整流器的类型及用途	101	2.1.19 焊剂的烘干温度	113
1.3.5 直流弧焊发电机的类型及用途	101	2.1.20 焊剂粒度及筛子度量表	113
1.3.6 负载持续率对焊接电源效率的影响	102		
1.3.7 弧焊电源的类型及其适用范围	102		
1.3.8 焊接电缆截面与焊接电流、电缆长度的关系	103		
1.3.9 交流弧焊机电缆不同放置情况的电能损失	103		

2.1.21 焊剂粒度及其适用的焊接电 流范围	114	2.3.11 焊丝倾角对焊道形状的影 响	122
2.2 焊丝	114	2.3.12 母材倾角对焊道形状的影 响	122
2.2.1 常用结构钢埋弧焊焊接材料 的选用	114	2.3.13 对接接头坡口形状	122
2.2.2 同种焊丝配合不同焊剂时焊 缝金属的化学成分	115	(1) 中厚板	122
2.2.3 日本焊丝的种类及成分	115	(2) 厚板双 Y 形坡口的尺寸	123
2.2.4 美国埋弧焊用焊丝的分类及 成分	116	2.3.14 埋弧焊工艺举例	123
2.2.5 焊丝各部位及焊缝金属的锰 硅含量	116	(1) 单面焊双面成形的焊接工艺参 数	123
2.3 焊接工艺参数	116	(2) 留间隙双面焊的焊接工艺参数	123
2.3.1 埋弧焊的经验公式	116	(3) 开坡口双面焊的焊接工艺参数	124
2.3.2 焊接电流	117	(4) 船形焊的焊接工艺参数	124
(1) 焊丝直径与适用的焊接电流范 围	117	(5) 横角焊的焊接工艺参数	124
(2) 焊接电流对熔深的影响	117	(6) 薄板的焊接工艺参数	125
(3) 焊接电流对焊道形状的影响	117	2.3.15 筒体环缝埋弧焊	125
(4) 焊接电流对焊丝熔化速度的影 响	118	(1) 偏心距离	125
(5) 焊接电流与焊接速度的关系	118	(2) 筒体直径和最大焊接电流	125
2.3.3 电弧电压	118	2.3.16 埋弧焊缺陷产生的原因及防 止措施	126
(1) 电弧电压对熔深的影响	118	3 TIG 焊接	127
(2) 电弧电压和焊缝形状的关系	118	3.1 TIG 焊电弧	127
(3) 电弧电压对焊剂熔化速度的影 响	118	3.1.1 TIG 焊电弧的静特性	127
2.3.4 焊接速度	119	(1) 钨极氩(氮)弧的特性	127
(1) 焊接速度对熔深的影响	119	(2) 氩、氮、氢混合气体的电弧特 性	127
(2) 焊接速度对焊道形状的影响	119	(3) 焊接不同金属时钨极电弧的特 性	127
2.3.5 焊接电流、电弧电压、焊接 速度对熔深的综合影响	119	3.1.2 TIG 焊电弧电压和弧长的关 系	128
2.3.6 焊丝直径	119	3.1.3 TIG 焊电弧电压和气体压力 的关系	128
(1) 焊丝直径对熔化速度的影响	119	3.1.4 TIG 焊电弧的极性特点	128
(2) 焊丝直径对焊缝表面宽度及熔深 的影响	120	3.1.5 TIG 焊电弧的弧柱温度分 布	128
2.3.7 焊丝伸出长度和电流密度对 焊丝熔化速度的综合影响	120	3.1.6 TIG 焊电弧中阳极、阴极和 气体的热量分布	128
2.3.8 埋弧焊实际焊接电流和电弧 电压的关系	120	3.2 电极	128
2.3.9 熔剂层厚度对埋弧焊表面成 形及熔透程度的影响	121	3.2.1 国产电极的种类和成分	128
2.3.10 焊道截面积的计算	121	3.2.2 日本电极的种类和成分	129
		3.2.3 美国电极的种类和成分	129
		3.2.4 常用电极材料的电子发射性 能	129

3.2.5 不同电极和不同材料所需的 空载电压	130	接工艺参数	137
3.2.6 电极的端头形状	130	3.4.11 管子 TIG 打底焊的焊接工艺 参数	137
3.2.7 电极的不同端头形状与电弧 燃烧稳定性及焊缝成形的 关系	130	3.4.12 管子手工 TIG 焊的焊接工艺 参数(V形坡口)	138
3.2.8 电极顶角对熔宽和熔深的影 响	131	3.4.13 管子手工 TIG 焊的焊接工艺 参数(U形坡口)	139
3.2.9 电极伸出长度和最大允许焊 接电流的关系	131	3.4.14 管子 TIG 自动焊的焊接工艺 参数(悬空焊)	140
3.2.10 不同电极的最大允许焊接电 流比较	131	3.4.15 自动 TIG 焊的焊接工艺参数 (平焊位置、带铜垫夹具)	140
3.2.11 不同极性纯钨电极的最大允 许焊接电流	132	3.5 TIG 焊操作	140
3.2.12 引弧时钨极的损耗	132	3.5.1 焊丝添加方法	140
3.2.13 电极沿长度方向的温度分 布	132	3.5.2 平焊时焊炬、焊丝的角度	141
3.3 保护气体	132	3.5.3 横角焊时焊炬、焊丝的角度	141
3.3.1 国产焊接用氩气的成分	132	3.5.4 水平搭接角焊时焊炬、焊丝 的角度	141
3.3.2 日本焊接用氩气标准	133	3.6 脉冲 TIG 焊	142
3.3.3 氩、氦保护气体的特性	133	3.6.1 各种材料脉冲 TIG 焊时脉冲 电流参数的选择	142
3.3.4 各种材料适用的保护气体及 特点	133	3.6.2 常用脉冲 TIG 焊脉冲频率的 选择	142
3.3.5 不同材质所使用的氩气纯度	134	3.6.3 脉冲电流和基值电流的组合 对焊缝成形的影响	142
3.3.6 Ar、He、H ₂ 、N ₂ 气体的 热导率与温度的关系	134	3.6.4 不同板厚的焊缝咬边与脉冲 幅比和脉冲宽比的关系	142
3.4 TIG 焊工艺及参数	134	3.6.5 脉冲幅比与脉冲频率的关系	142
3.4.1 材料种类和 TIG 焊极性	134	3.6.6 不锈钢薄板脉冲 TIG 焊的焊 接工艺参数	142
3.4.2 保护气体流量和风速的关系	134	3.6.7 不同材料的管子全位置脉冲 TIG 焊的焊接工艺参数	143
3.4.3 氩气流量与保护效果的关系	135	3.7 TIG 点焊	143
3.4.4 气体流量和风对保护效果的 影响	135	3.7.1 TIG 点焊程序	143
3.4.5 焊接电流和喷嘴直径、气体 流量的关系	135	3.7.2 TIG 点焊时间对焊核直 径和强度的影响	143
3.4.6 焊缝表面色泽与气体保护效 果	136	3.7.3 焊接电流对焊核直径和强度 的影响	144
3.4.7 焊接电流、焊接速度和焊道 形状的关系	136	3.7.4 1Cr18Ni9Ti 钢 TIG 点焊 的焊接工艺参数	144
3.4.8 焊接速度对熔深、焊道形状 的影响	136	4 MIG 焊	144
3.4.9 奥氏体不锈钢薄板手工 TIG 焊的焊接工艺参数	136	4.1 保护气体	144
3.4.10 钛及钛合金手工 TIG 焊的焊 接工艺参数	137	4.1.1 焊接用保护气体的特征	144
		4.1.2 保护气体的分类	145

4.1.3 焊接黑色金属时保护气体的分类	145	度的影响	153
4.1.4 保护气体分类的三元图	146	(9) Ar-CO ₂ 气体混合比对空间焊缝成形的影响	153
4.1.5 MIG焊适用的保护气体	146	(10) Ar-CO ₂ 气体混合比对焊接工艺的影响	153
4.1.6 常用富 Ar 混合气体的特点及应用范围	147	(11) 保护气体成分对 18-8 Ti 钢焊缝化学成分和抗晶间腐蚀性能的影响	154
4.1.7 国产焊接用气体的容器涂色标记	148	(12) 保护气体中含氮量对不锈钢焊缝中铁素体含量和热裂纹倾向的影响	155
4.1.8 焊接用气体的技术要求	148	4.4.2 焊接电流	155
4.1.9 德国焊接用保护气体	148	(1) 焊接电流对焊道形状的影响	155
4.2 熔滴过渡	149	(2) 焊接电流和电弧电压的关系	155
4.2.1 熔滴过渡的种类及特点(直流反接)	149	(3) 焊接电流和送丝速度的关系	156
4.2.2 焊接电流对熔滴过渡频率及熔滴体积的影响	149	(4) MIG焊使用的焊接电流范围(碳钢)	156
4.2.3 德国标准 DIN 1910, Blatt 4 关于电弧形式的分类及熔滴过渡特征	149	4.4.3 焊接速度对焊道形状的影响	156
4.3 临界电流	149	4.4.4 焊丝伸出长度	157
4.3.1 各种焊丝的临界电流	150	(1) 焊丝伸出长度对焊道形状的影响	157
4.3.2 焊丝直径对临界电流的影响	150	(2) 焊丝伸出长度对熔化速度的影响	157
4.3.3 气体混合比对临界电流的影响	150	4.4.5 焊道形状、熔敷速度的调整方法	157
4.3.4 Ar、CO ₂ 、O ₂ 二元成分及三元成分保护气体的临界电流区	150	5 CO ₂ 气体保护电弧焊	158
4.4 MIG 焊工艺及参数	151	5.1 CO ₂ 电弧	158
4.4.1 气体混合比	151	5.1.1 CO ₂ 电弧的熔化特性	158
(1) Ar-CO ₂ 气体混合比对短路过渡频率的影响	151	5.2 CO ₂ 气体	158
(2) 短路过渡时气体混合比对飞溅率的影响	151	5.2.1 CO ₂ 饱和气体的性能	158
(3) Ar-He 气体混合比焊铝时对焊道形状的影响	152	5.2.2 CO ₂ 分解度与温度的关系	158
(4) Ar-CO ₂ 气体混合比对焊缝金属含氧量的影响	152	5.2.3 CO ₂ 露点与焊缝金属含氢量的关系	159
(5) Ar-CO ₂ 气体混合比对合金元素过渡率的影响	153	5.2.4 CO ₂ 气体湿度与焊缝金属含氢量的关系	159
(6) Ar-CO ₂ 气体混合比对焊缝冲击吸收功的影响	153	5.2.5 CO ₂ 气体中的水分与瓶中压力的关系	159
(7) Ar-CO ₂ 气体混合比对焊丝熔化速度的影响	153	5.2.6 日本焊接用 CO ₂ 气体标准	159
(8) Ar-O ₂ 气体混合比对焊丝熔化速度的影响	153	5.3 焊丝	160
		5.3.1 国产 CO ₂ 焊常用焊丝的化学成分和用途	160
		5.3.2 日本 CO ₂ 焊丝的化学成分及熔敷金属的力学性能	160
		5.3.3 美国 CO ₂ 焊丝的种类及性能	161
		5.3.4 不同牌号焊丝焊缝金属的化学	

成分及力学性能	161	和熔深的影响	169
5.3.5 采用 H 08 Mn 2 SiA 焊丝的焊		(3) 焊丝伸出长度与喷嘴内径的关系	170
缝及接头力学性能	161	(4) 焊丝伸出长度对焊接过程的影响	170
5.3.6 CO ₂ 焊丝的最低含 Mn、Si 量	162	5.4.8 典型的焊接工艺参数	170
5.3.7 焊丝含氢量对焊缝金属含氢		(1) 常用焊接电流和电弧电压的范围	170
量的影响	162	(2) 不同直径焊丝焊接 12 mm 钢板时	
5.3.8 药芯焊丝	163	的焊接电流和电弧电压范围	170
(1) 药芯焊丝和实心焊丝的比较	163	(3) 细丝 CO ₂ 半自动焊工艺参数	171
(2) 药芯焊丝的截面形状	163	(4) 细丝 CO ₂ 自动焊工艺参数	171
(3) 国产药芯焊丝的药芯成分	164	(5) 粗丝 CO ₂ 焊工艺参数	172
(4) 常用药芯焊丝的规格及适用的焊		(6) CO ₂ -O ₂ 半自动焊工艺参数	173
接方法	164	(7) CO ₂ 电弧点焊工艺参数	174
5.4 CO ₂ 焊焊接工艺及参数	164	(8) 采用药芯焊丝各种位置焊接的焊	
5.4.1 不同极性的应用范围及特点	164	接电流范围	175
5.4.2 焊接电流	164	(9) 药芯焊丝对接平焊工艺	175
(1) 焊接电流对焊缝形状的影响	164	5.4.9 CO ₂ 半自动焊焊接缺陷产生的原	
(2) 焊接电流、电弧电压对气孔的影		因及防止措施	176
响	164	5.5 CO ₂ 焊的操作方法	177
(3) 焊接电流对熔敷速度的影响	165	5.5.1 CO ₂ 半自动焊运条法	177
(4) 焊接电流对飞溅率的影响	165	(1) 前进法的特点	177
(5) 焊接电流对熔滴过渡频率的影响	166	(2) 后退法的特点	177
(6) 焊接电流和熔滴体积的关系	166	5.5.2 平焊时的焊炬角度	178
5.4.3 电弧电压	166	5.5.3 横角焊时的焊炬角度	178
(1) 电弧电压对焊道形状的影响	166	5.5.4 横焊时的焊炬角度	178
(2) 电弧电压对短路频率的影响	166	5.5.5 焊道的接头要领	178
(3) 电弧电压对飞溅率的影响	167	5.5.6 水平旋转管焊接时焊炬的位	
(4) 电弧电压变化对焊缝含 N ₂ 量及		置与焊道成形的关系	178
气孔的影响	167	5.6 CO ₂ 焊机	179
5.4.4 焊接速度对焊道形状的影响	167	5.6.1 CO ₂ 焊机的组成	179
5.4.5 气体流量	167	5.6.2 不同焊丝直径时焊接回路的	
(1) CO ₂ 气体流量和风速的关系	167	电感值	179
(2) CO ₂ 气体流量的选择	168	5.6.3 CO ₂ 焊常用喷嘴的结构及特	
(3) CO ₂ 气体流量和喷嘴高度的关系	168	点	179
5.4.6 焊丝直径	168	5.6.4 不同焊丝直径选用的导丝管	
(1) 焊丝直径对焊缝熔深的影响	168	孔径	180
(2) 焊丝直径与焊丝熔化速度的关系	168	5.6.5 常用导电嘴的结构形式	180
(3) 不同直径焊丝颗粒过渡的焊接电		参考文献	180
流下限值及电弧电压范围	168	第四章 其它焊接方法	182
(4) 各种直径焊丝的适用范围	169	1 压焊	182
5.4.7 导电嘴与母材的距离	169	1.1 电阻焊	182
(1) 导电嘴与母材的距离对焊丝熔化		1.1.1 电阻焊类型	182
速度的影响	169	(1) 电阻焊的简要分类	182
(2) 导电嘴与母材的距离对焊接电流		(2) 主要电阻焊方法示意图	182

1.1.2 金属材料电阻焊的焊接性	182	(3) 闪光焊接头最大管径与管壁厚度 的关系	206
(1) 各种金属材料电阻焊的焊接性指 数	182	(4) 管、棒、板材闪光焊时伸出长度 和总收缩量及烧化时间的关系	207
(2) 各种合金相互间电阻焊的焊接性	184	1.2 扩散焊	208
1.1.3 电阻焊的电极材料	184	1.2.1 扩散焊分类及接头类型	208
(1) 美国电阻焊机制造业协会(R.W. M.A)的电极材料标准	184	(1) 扩散焊分类	208
(2) 日本电阻焊的电极材料	186	(2) 扩散焊接头的四种组合类型	208
(3) 国内电阻焊的电极材料	186	1.2.2 扩散焊机	208
1.1.4 点焊	187	(1) 杠杆加压式真空高频感应扩散焊 机	208
(1) 点焊电极	187	(2) 液压电阻加热的卧式真空扩散焊 机	209
(2) 点焊时电极材料的选择	187	1.2.3 真空扩散焊焊接工艺流程	209
(3) 点焊工件与电极的各种配置方式	189	1.2.4 扩散焊焊接工艺参数的选择	209
(4) 点焊接头的搭接宽度	189	(1) 扩散规律	209
(5) 焊点的最小焊点距	189	(2) 扩散焊焊接温度和熔化温度的关 系	209
(6) 低碳钢串联点焊时板厚、焊点距与 分流的关系	190	(3) 接头强度与焊接温度的关系	210
(7) 点焊接头质量等级	190	(4) 接头强度与压力的关系	210
(8) 低碳钢点焊的焊接工艺参数	191	(5) 接头强度与保温时间的关系	210
(9) 可淬硬碳钢点焊的焊接工艺参数	192	1.2.5 扩散焊焊接工艺	210
(10) 镀锌钢板点焊的焊接工艺参数	193	(1) 扩散焊的焊接接头	210
(11) 不锈钢点焊的焊接工艺参数	194	(2) 扩散焊的焊接工艺参数	210
(12) 铝合金点焊的焊接工艺参数	195	1.3 超声波焊	212
(13) 焊点直径和强度	197	1.3.1 超声波焊分类	212
(14) 焊点表面缺陷及其产生原因	199	(1) 超声波焊接的基本类型	212
1.1.5 缝焊	200	(2) 超声波焊接振动能量的导入方式	213
(1) 低碳钢缝焊的焊接工艺参数	200	1.3.2 超声波焊接的材料范围	214
(2) 奥氏体不锈钢缝焊的焊接工艺参 数	201	1.3.3 超声波焊接的双金属种类	214
(3) 铝合金缝焊的焊接工艺参数	202	1.3.4 超声波焊机的结构及类型	215
1.1.6 凸焊	202	(1) 超声波点焊机的典型结构	215
(1) 凸起的形状及尺寸	202	(2) 超声波焊机的类型	215
(2) 低碳钢凸焊的焊接工艺参数	203	(3) 超声波点焊机功率与几种金属熔 深的关系	215
(3) 不锈钢凸焊的焊接工艺参数	204	1.3.5 超声波焊焊接工艺参数的选 择	216
(4) 铝合金凸焊的焊接工艺参数	205	(1) 各种功率超声波焊机中静压力的 范围	216
(5) 低碳钢线材交叉凸焊的焊接工艺 参数	205	(2) 静压力与功率的关系曲线	216
1.1.7 电阻对焊时的电流密度和压 力	205	(3) 静压力与焊点抗剪力的关系	216
1.1.8 闪光对焊	206	(4) 静压力的大小对形成最高接头 强度所需时间的影响	217
(1) 闪光焊接头的预加工	206		
(2) 闪光焊接头最大板宽与板厚的关 系	206		

(5) 频率谐振条件与接头抗剪力的关系	217	(1) 铝铜摩擦焊焊接接头的力学性能	226
(6) 振幅与焊点抗剪力的关系	217	(2) 石油钻杆摩擦焊焊接接头热处理后的力学性能	226
(7) 焊接时间与焊点抗剪力的关系	218	1.4.7 摩擦焊焊接的典型产品	227
1.3.6 各种金属超声波焊的焊接工艺参数	218	1.5 爆炸焊	227
(1) 铝及铝合金超声波焊的焊接工艺参数及焊点强度	218	1.5.1 爆炸焊原理	227
(2) 铜 T2 超声波焊的焊接工艺参数及焊点强度	218	1.5.2 能进行爆炸焊的金属组合	229
(3) 钛及钛合金超声波焊的焊接工艺参数及焊点强度	218	1.5.3 爆炸焊的装配方式	229
1.3.7 超声波焊焊接接头的性能	218	(1) 平行放置爆炸焊	229
(1) 超声波点焊和电阻点焊的疲劳试验结果比较	218	(2) 倾斜放置爆炸焊	230
(2) 室温下超声波点焊和电阻点焊的剪切试验比较	218	(3) 管塞与管板的爆炸焊装置	230
(3) 几种金属超声波点焊焊点的平均抗剪力	219	1.5.4 几种金属过渡接头的爆炸焊	231
(4) 几种耐高温材料的焊点强度	219	1.5.5 几种爆炸焊炸药的性能	231
1.3.8 超声波焊在半导体器件生产中的应用	219	1.5.6 几种爆炸材料中的声速	231
1.4 摩擦焊	220	1.5.7 不锈钢管与钛合金管(覆管)爆炸焊的焊接工艺参数	231
1.4.1 摩擦焊类型	220	1.5.8 爆炸焊的焊接接头性能	231
(1) 摩擦焊分类	220	(1) 爆炸复合材料的验收标准	231
(2) 两种常用摩擦焊机的基本形式	220	(2) 爆炸复合材料的抗剪强度和结合强度	232
1.4.2 金属摩擦焊的焊接性	220	1.6 冷压焊	232
(1) 连续驱动摩擦焊的焊接性	221	1.6.1 冷压焊类型	232
(2) 储能摩擦焊的焊接性	222	1.6.2 冷压焊焊接工艺参数的选择	232
1.4.3 摩擦焊焊接材料表面的温度	222	(1) 焊接压力	232
1.4.4 摩擦焊焊机	223	(2) 变形程度	233
(1) 摩擦焊焊机的几种形式	223	1.6.3 对接用尖形复合钳口	234
(2) 几种典型摩擦焊焊机的技术数据	223	1.6.4 搭接用冷压点焊形式	234
1.4.5 摩擦焊焊接工艺参数	224	1.6.5 压坑深度	234
(1) 摩擦焊的接头形式	224	1.6.6 冷压焊应用实例	234
(2) 典型材料的摩擦焊焊接工艺参数	224	1.7 旋弧焊	235
(3) 典型产品的摩擦焊焊接工艺参数	225	1.7.1 旋弧焊形式	235
(4) 铝铜摩擦焊的焊接工艺参数	225	1.7.2 旋弧焊机的典型结构	236
(5) 高速钢与 45 钢摩擦焊的焊接工艺参数	226	1.7.3 旋弧焊焊接工艺参数的选择	236
(6) 石油钻杆(35 CrMo 钢与 40Mn 2 钢)摩擦焊的焊接工艺参数	226	(1) 旋弧速度	236
1.4.6 摩擦焊的焊接接头性能	226	(2) 焊接电流	236
		(3) 焊接旋弧时间对接头性能的影响	236
		(4) 对口间隙对接头性能的影响	236
		(5) 顶锻压力对接头性能的影响	236
		(6) 旋弧焊的典型焊接工艺参数	237
		1.7.4 几种对焊方法焊接钢管的焊接工艺参数比较	237
		1.8 高频焊	238
		1.8.1 高频焊的两种形式	238

1.8.2 电流透入深度与频率的关系	239	2.2.2 电子束焊机	254
1.8.3 不同高频电源功率时, 管子 焊接速度与壁厚的关系	239	(1) 真空电子束焊机的组成	254
1.8.4 国内高频直缝焊管机组举例	239	(2) 电子束焊机的类型及特点	254
1.8.5 高频焊的其它应用	239	(3) 部分国产电子束焊机的型号及规 格	255
2 高能焊	240	(4) ZD-7.5-1 型电子束焊机的技术数 据	255
2.1 等离子弧焊	240	2.2.3 接头形式	255
2.1.1 等离子弧焊的分类	240	(1) 板厚相差较小的对接接头	255
2.1.2 等离子弧	241	(2) 板厚相差较大的对接接头	255
(1) 等离子弧的形式	241	(3) 异种材料的对接接头	256
(2) 等离子弧的伏-安特性	241	(4) 圆柱体的对接接头	256
(3) 等离子弧的温度与挺度	242	(5) 几种特殊的对接接头	256
(4) 等离子弧焰流速度	243	(6) 搭接接头	256
(5) 三种形式等离子弧的能量分配	243	(7) T 形接头	257
(6) 双弧现象	243	2.2.4 坡口装配精度	257
2.1.3 等离子弧焊喷嘴和应用气体 的选择	245	(1) 坡口装配精度要求	257
(1) 喷嘴种类	245	(2) 装配间隙对电子束焊缝强度的影 响	258
(2) 典型喷嘴的结构参数	245	2.2.5 电子束焊接工艺参数的选择	258
(3) 等离子弧焊(大电流)焊接用保护 气体的选择	246	(1) 穿透深度与加速电压的关系	258
(4) 等离子弧焊(小电流)焊接用保护 气体的选择	246	(2) 工作距离、加速电压对功率密度 的影响	258
2.1.4 小孔法等离子弧焊接	246	(3) 焦点工作距离对焊缝熔深、熔宽 的影响	259
(1) 等离子弧的穿透性	246	(4) 加速电压对焊缝熔深、熔宽的影 响	259
(2) 焊接电流	247	(5) 焊接工艺参数与熔深和输入能量 的关系	259
(3) 电弧电压	248	(6) 焦点位置对焊缝形状的影响	259
(4) 等离子气体流量和焊接速度的关 系	248	(7) 焦点位置对焊缝断面的影响	260
(5) 材质对可焊接区域的影响	249	2.2.6 几种金属电子束焊的焊接工 艺参数	260
(6) 可能焊接的最大背面焊缝宽度与 板厚的关系	249	(1) 难熔金属电子束焊的焊接工艺参 数	260
(7) 焊接工艺参数的调节范围	249	(2) 钛及钛合金电子束焊的焊接工艺 参数	261
(8) 典型的焊接工艺参数	252	(3) 铝及铝合金电子束焊的焊接工艺 参数	261
2.1.5 微束等离子弧焊	252	(4) 合金钢电子束焊的焊接工艺参数	261
(1) 微束等离子弧焊(板厚小于 0.8 mm) 的接头设计和装配要求	252	(5) 紫铜电子束焊的焊接工艺参数	261
(2) 不锈钢薄板微束等离子弧焊的焊 接工艺参数	253	2.2.7 电子束焊的焊接缺陷及产生 原因	262
(3) 不锈钢薄板、细丝微束等离子弧 焊的焊接工艺参数	253		
2.2 电子束焊	254		
2.2.1 电子束焊分类	254		

2.2.8 电子束焊的部分应用实例	262	(7) 焊件厚度不同时, 宜采用的焊丝根数	275
2.3 激光焊	263	(8) 不同 δ/n 时的送丝速度与金属熔池深度的关系	275
2.3.1 激光焊分类	263	(9) 金属熔池宽度与焊接电流、焊接电压、渣池深度及间隙宽度之间的关系	275
2.3.2 焊接用激光器	263	(10) 渣池深度与 $v_f/\delta/n$ 的关系	276
2.3.3 脉冲微型激光焊	263	(11) 多丝摆动时焊丝的位置	276
(1) 接头形式	263	(12) 焊缝宽度与焊丝摆动速度的关系	276
(2) 金属丝激光焊的焊接工艺参数	264	(13) 焊接工艺参数对焊缝形状的影响	276
(3) 焊接实例	264	3.2.3 丝极电渣焊焊接碳素钢和低合金钢的焊接工艺参数	277
2.3.4 连续激光焊	265	3.2.4 丝极电渣焊焊接前的准备	277
(1) 接头形式	265	(1) 工件装配要求	277
(2) 工件边缘的处理方法	266	(2) 水冷成形滑块(整体式)	277
(3) 允许的装配误差	266	3.3 熔嘴电渣焊	278
(4) 热导焊	266	3.3.1 熔嘴电渣焊示意图	278
(5) 深熔焊	267	3.3.2 熔嘴构造和排列方式	278
3 电渣焊	270	(1) 熔嘴构造	278
3.1 电渣焊的特点及应用	270	(2) 熔嘴排列方式	278
3.1.1 电渣焊的焊接过程	270	3.3.3 熔嘴电渣焊的焊接工艺参数	278
3.1.2 电渣焊的类型	271	(1) 焊接速度	278
3.1.3 电渣焊的热源及焊缝结晶	271	(2) 焊丝送给速度的计算公式	278
(1) 熔渣温度与电导的关系	271	(3) 熔嘴电渣焊焊接工艺参数举例	279
(2) 渣池和金属熔池的温度分布	271	3.3.4 熔嘴电渣焊的焊接应用举例	279
(3) 电渣焊和埋弧焊熔池结晶的对比	271	3.3.5 结构钢熔嘴电渣焊时焊缝金属的力学性能	280
3.1.4 电渣焊焊缝断面形状和接头形式	272	3.3.6 碳钢和合金钢熔嘴电渣焊时焊缝金属的力学性能	280
(1) 电渣焊焊缝断面形状	272	3.4 管状焊条熔嘴电渣焊	280
(2) 电渣焊的接头形式	272	3.4.1 管状焊条熔嘴电渣焊示意图	280
3.1.5 电渣焊焊接接头的力学性能与热处理的关系	272	3.4.2 管状焊条	280
3.1.6 电渣焊的焊接材料	272	(1) 管状焊条药皮成分	280
(1) 焊丝的选用	272	(2) 焊接不同母材时, 管状焊条药皮中铁合金的加入量	280
(2) 焊剂的选用	273	3.4.3 管极电渣焊焊接工艺参数的选择	281
3.2 丝极电渣焊	273	(1) 管极电渣焊焊接电流与电压的选择	281
3.2.1 丝极电渣焊的形式	273		
3.2.2 丝极电渣焊的焊接工艺参数	273		
(1) 焊缝成形系数与焊缝金属含碳量的关系	273		
(2) 焊接电压、送丝速度与母材含碳量的推荐数值	274		
(3) 焊接时应采用的渣池深度	274		
(4) 焊接电流对母材熔深的影响	274		
(5) 焊丝末端与熔池间距离对母材熔深的影响	274		
(6) 渣池深度对母材熔深的影响	275		

(2) 管极钢管截面积与其承受电流的范围	281	4.2.1 氧-乙炔焰的燃烧反应	289
(3) 管极电渣焊焊丝的熔化速度与焊接电流、电压的关系	281	4.2.2 氧-石油气火焰的燃烧反应	289
(4) 管极电渣焊熔化深度与焊接电流、电压的关系	282	(1) 氧-丙烷火焰	289
3.4.4 I形接头管极电渣焊对接焊的焊接工艺参数	282	(2) 氧-丙烯火焰	289
3.4.5 T形接头管极电渣焊角接焊的焊接工艺参数	282	4.2.3 各种氧-燃气火焰的回火区域	289
3.5 板极电渣焊	284	4.2.4 氧-乙炔火焰的回火、稳定燃烧和脱火范围	290
3.5.1 大断面板极电渣焊	284	4.2.5 氧-乙炔火焰中燃烧产物的成分	291
3.5.2 板极电渣焊的焊接工艺参数	284	4.2.6 氧-丙烷火焰中燃烧产物的成分	291
3.5.3 板极电渣焊的焊前准备	284	4.2.7 几种氧-燃气火焰的加工性能比较	291
(1) 利用引弧槽造渣	284	4.2.8 氧-乙炔中性焰的构成和温度分布	292
(2) 板极绝缘装置	285	4.2.9 气焊时火焰的选择	292
3.6 电渣焊焊缝中缺陷的形成原因及消除措施	285	(1) 氧-乙炔火焰的种类、焊接特性及应用举例	292
4 气焊	286	(2) 气焊时氧-乙炔火焰的选用	292
4.1 可燃气体的种类和性质	286	(3) 氧-丙烷火焰的焊接特性及应用	293
4.1.1 常用燃气的性能	286	4.3 气焊用器具	293
4.1.2 主要混合燃气的化学和物理性能	287	4.3.1 中压乙炔发生器的型号和主要技术参数	293
4.1.3 常用燃气与氧混合比不同时 的燃烧速度	287	4.3.2 常用乙炔钢瓶的规格和技术数据	293
4.1.4 几种燃气燃烧时产生同等热 量的气体耗量比较	287	4.3.3 溶解乙炔装瓶条件及最大充 装量的规定	294
4.1.5 电石(CaC_2)的分级和技术要 求	288	4.3.4 乙炔瓶内剩余乙炔量的估算	294
4.1.6 乙炔的反应式和发热量	288	4.3.5 乙炔管路管径的确定	294
4.1.7 乙炔(未净化)中的杂质含量	288	4.3.6 射吸式焊炬的主要技术数据	295
4.1.8 乙炔净化剂的成分(重量%) 和用量	288	4.4 气焊用焊丝和熔剂及其选用	295
4.1.9 乙炔爆炸分解的压力与温度 之间的关系	288	4.4.1 焊丝及其选用	295
4.1.10 乙炔爆炸分解时临界压力与 管子直径的关系	289	(1) 气焊各种钢材用焊丝	295
4.1.11 乙炔在丙酮中的溶解度(g/ kg溶剂)	289	(2) 气焊和焊补铸铁用焊丝	295
4.1.12 乙炔在二 甲 基 甲 酰 胺 [$\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$]中的溶解度 (g/kg溶剂)	289	(3) 气焊 Cr 5 Mo 钢管用焊丝	296
4.2 氧-燃气火焰的种类和应用	289	(4) 气焊电热丝用焊丝	296
		(5) 气焊铝及铝合金用焊丝及其选用	296
		(6) 气焊铜及铜合金用焊丝	298
		4.4.2 气焊用熔剂	298
		(1) 定型熔剂	298
		(2) 自配熔剂	299
		4.5 气焊工艺	299
		4.5.1 低碳钢管对接的气焊工艺参	