

# 焊接工程师手册

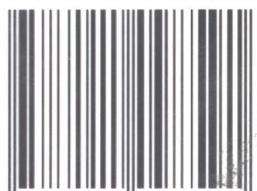
陈祝年 编著

 机械工业出版社  
China Machine Press

● ISBN 7-111-09859-5/TG·1170

封面设计 / 电脑制作 :  
姚毅

ISBN 7-111-09859-5



9 787111 098591 >

地址: 北京市百万庄大街22号  
联系电话: (010) 68326294

邮政编码: 100037

网址: <http://www.cmpbook.com>

E-mail: [online@cmpbook.com](mailto:online@cmpbook.com)

定价: 125.00 元 .....

# 焊接工程师手册

陈祝年 编 著

机械工业出版社

本手册共 9 篇 58 章。第 1 篇汇集了焊接工程师最常用而又不易记忆的符号、公式和数据等资料；第 2 篇为焊接物理冶金。阐明了焊接过程中的物理行为和冶金行为，以及与金属焊接性密切相关的焊接裂纹问题；第 3、4、5 篇介绍工程中的各种焊接方法及设备，包括弧焊、电阻焊和其他特殊焊接方法及其设备；第 6 篇以电焊条、焊丝和焊剂为重点介绍了焊接材料；第 7 篇介绍了各种金属材料的焊接性能及其焊接工艺；第 8 篇为焊接结构，重点介绍焊接应力与变形、结构强度和结构设计等；第 9 篇为焊接结构生产。除介绍生产中常遇到的焊接工艺过程设计、焊接工艺评定和焊接质量检验外，还较全面系统地介绍了焊接工艺装备的设计和计算方法以及需用的相关资料。

本书主要供从事焊接结构设计、制造和管理的工程师使用，也可供与焊接技术相关的各类工程技术人员以及大专院校焊接专业师生参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

焊接工程师手册/陈祝年编著. —北京: 机械工业出版社, 2002.1

ISBN 7-111-09859-5

I. 焊... II. 陈... III. 焊接—技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 004545 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吕德齐 武江

封面设计: 姚毅

责任印制: 琳琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

1 000mm×1 400mm B5·51.125 印张·3 插页·2590 千字

0 001—5 000 册

定价: 125.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

## 前 言

机械工业出版社计划出版 4 种关于热加工技术的“工程师手册”，本书是其中之一。

本书属中型的综合性焊接技术工具书。主要供焊接工程师查阅，也可供与焊接技术相关的各类工程技术人员以及大专学校焊接专业师生参考。

本手册是根据焊接工程师的工作特点和业务需要进行选材和编写的，力求实用、先进、简明和便查。为了充分发挥工具书的储存功能和备忘功能，本手册力图做到在有限的篇幅内含有尽可能多的技术信息，所以较全面地汇集了解决技术问题所需的基础理论、基本知识和最新的焊接工艺技术资料，并作了精选和合理的编排，供读者查用。

本书有以下特色：

1. 便于查阅 焊接工程师常用但不易记忆的资料，如符号、公式和数据等，通常都分散在各种文献中，需用时难以查找。本手册把使用频率最高的这些资料都收集在一起，编成第 1 篇“综合资料”，读者可随时查用以节约时间；其他篇章的编排均分出层次，且有大小标题，读者很容易查出所需要的资料。

2. 简明扼要 相对于现有大型焊接工具书，本手册较简明。在内容选择上是取其精华，摘其要点，深广度适中，以够用为度；在阐述上则以能揭示出事物本质、发展规律和关键之所在为限。力求简单、明确和扼要，以缩短查阅时间。

3. 适应性强 本手册与专用的焊接工具书相比，则是综合的和较为完整的。基本上涵盖了焊接学科的各个重要领域，如焊接方法、焊接工艺、焊接设备、焊接材料、焊接力学、焊接设计、焊接施工和焊接质量管理等。涉及了焊接结构在设计、制造和使用中常遇到的技术问题。基本上能满足焊接的或与焊接相关的工程技术人员需要，因而本书具有

较强的适应性和实用性。

4. 适当说理 本手册在处理每一焊接的具体技术问题时，向读者交待解决问题的方法无疑是放在首位的。但是，并不简单地指出应该这样干，不应该那样干。而是还指出为什么要这样干。

也即适度地引述一些与此问题有关的理论，尽量说清楚问题的来龙去脉，让读者既知其然，亦知其所以然，变被动为主动。

本手册编入“焊接物理冶金”篇的用意，不仅是为焊接工程师在处理焊接技术问题时提供分析问题的思路和解决问题的理论依据，而且也是为了适应那些改行从事焊接技术工作的工程师对焊接基础理论和基本知识的需求。

焊接工程师经常要进行工装设计，仅举几个典型工装结构例子是不够的。本手册编入“焊接机械装备及其设计”一章，较全面系统地介绍焊接工装设计与计算的原理和方法，以满足这方面的需要。

现代科学技术的发展日新月异，焊接技术领域中出现的新材料、新工艺和新设备，本手册在保证编入基本、常用的焊接技术的同时，也尽量把现阶段成熟的并已用于生产的这些焊接先进技术编到手册中来。对那些尚未用于生产的新技术，手册中就作为发展趋势的信息来报道。编者已经注意到国家标准正处在向国际通行标准接轨，旧的标准不断修订，新的标准不断颁布。所以本手册努力把现行的最新国家焊接标准贯彻到手册中来，以跟上时代发展的步伐。

本书在编写过程中得到了有关工厂、科研单位和各大专院校的大力支持，提供了许多实用的数据和资料。此外，编者还参阅和引用了许多技术文献中的大量数据和资料，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，错漏在所难免，尚望广大读者批评指正。

编者

2002年1月

陈祝年 教授 男  
生于 1933 年广西  
容县。1958 年哈  
尔滨工业大学焊  
接专业毕业，任  
教于山东工业大  
学(现并为山东大  
学)，是该校焊接  
专业创建人之一。



长期从事焊

接专业教学、科研和生产技术工作，焊接理论造诣颇深，知识面广且实践经验丰富。曾任全国高等学校焊接专业教学指导委员会委员、中国机械工程学会焊接学会第四届理事会理事、山东省焊接学会首届秘书长和济南焊接技术协会理事长。他的成果卓著，尤其在焊接技术基础建设方面作出了杰出的贡献。参加了我国大型权威工具书，如《中国大百科全书》、《机械工程手册》、《焊接手册》等的编写，并担任部分卷、篇(一版和二版)的主编或副主编。

这本《焊接工程师手册》是近年又一力作。

# 目 录

## 前 言

## 第 1 篇 综 合 资 料

第 1 章 符号	3	2.3.3 常用热力学的量和单位	43
1.1 希腊字母	3	2.3.4 常用电学和磁学的量和单位	44
1.2 标准代号	3	2.3.5 常用光学及声学的量和单位	47
1.2.1 中国标准代号	3	2.4 简易单位换算	47
1.2.2 国外部分标准代号	5	2.4.1 米制倍数与分数单位换算	47
1.3 常用数字符号	6	2.4.2 英制与米制单位换算	49
1.4 物理量名称及其符号	8	2.4.3 市制单位换算	52
1.5 化学元素符号	8	2.4.4 温度换算公式	52
1.6 图形符号	10	第 3 章 常用公式、数据和资料	53
1.6.1 机械图样中常用符号	10	3.1 基本与常用物理常数	53
1.6.2 焊接图形符号	15	3.2 化学元素周期表及各元素物理性能	53
1.6.3 电工系统图常用图形符号	20	3.2.1 化学元素周期表	53
1.6.4 常用液压及气动图形符号	25	3.2.2 各化学元素的物理性能	53
1.7 我国钢号中用的缩写字母及其涵义	28	3.3 常用计算公式及运算	53
1.8 焊接材料型号牌号中的代号	28	3.3.1 代数	53
1.9 电焊机型号中的符号	30	3.3.2 三角函数	60
1.9.1 电焊机型号的编制	30	3.3.3 导数与微分	61
1.9.2 电焊机型号中符号的含义	30	3.3.4 积分	61
1.10 焊接方法的英文缩写字母	34	3.3.5 常用平面图形计算公式	63
1.11 焊缝无损检测符(代)号	35	3.3.6 常用几何体的计算公式	65
第 2 章 单位及其换算	36	3.3.7 常用理论力学公式	67
2.1 单位与单位制	36	3.3.8 常用材料力学公式	68
2.2 国际单位制及我国法定计量单位	36	3.3.9 常用电工学公式	71
2.2.1 国际单位制及其构成	36	3.3.10 钢铁及其热处理基础资料	72
2.2.2 我国的法定计量单位	37	3.4 材料的滑动摩擦系数	92
2.3 物理量的符号和单位	39	3.5 常用有机与无机化工产品及其盐类的性质	93
2.3.1 常用空间、时间和周期的量和单位	39		
2.3.2 常用力学的量和单位	40		



## 第 2 篇 焊接物理冶金

<p><b>第 1 章 焊接及其分类</b> ..... 97</p> <p><b>第 2 章 焊接物理</b> ..... 105</p> <p>  2.1 焊接热过程及其特点 ..... 105</p> <p>    2.1.1 概述 ..... 105</p> <p>    2.1.2 焊接的热源 ..... 106</p> <p>    2.1.3 焊接热传导 ..... 109</p> <p>    2.1.4 焊接热循环 ..... 114</p> <p>  2.2 焊接电弧及其特性 ..... 121</p> <p>    2.2.1 焊接电弧 ..... 121</p> <p>    2.2.2 电弧的构造及其电压分布 ..... 124</p> <p>    2.2.3 焊接电弧的最小能量消耗特性 ..... 125</p> <p>    2.2.4 焊接电弧的热特性 ..... 125</p> <p>    2.2.5 焊接电弧的电特性 ..... 127</p> <p>    2.2.6 电弧的力学特性 ..... 129</p> <p>    2.2.7 拘束电弧 ..... 130</p> <p>    2.2.8 磁场对电弧的作用 ..... 130</p> <p>  2.3 焊丝的加热、熔化与熔滴过渡 ..... 132</p> <p>    2.3.1 焊丝的加热与熔化 ..... 132</p> <p>    2.3.2 熔滴过渡 ..... 133</p> <p>  2.4 母材的熔化与焊缝的形成 ..... 137</p> <p>    2.4.1 母材的熔化与熔池的形成 ..... 137</p> <p>    2.4.2 熔池的形状与焊缝的形成 ..... 137</p> <p><b>第 3 章 焊接冶金</b> ..... 141</p> <p>  3.1 液相冶金 ..... 141</p> <p>    3.1.1 液相冶金过程特点 ..... 141</p> <p>    3.1.2 焊接时对金属的保护 ..... 141</p> <p>    3.1.3 焊接冶金反应区及其反应条件 ..... 142</p> <p>    3.1.4 气相对金属的作用 ..... 144</p> <p>    3.1.5 熔渣及其对金属的作用 ..... 153</p> <p>  3.2 凝固冶金 ..... 164</p>	<p>    3.2.1 焊接熔池凝固的特点 ..... 164</p> <p>    3.2.2 熔池结晶的一般规律 ..... 164</p> <p>    3.2.3 熔池结晶线速度 ..... 165</p> <p>    3.2.4 熔池结晶的形态 ..... 165</p> <p>    3.2.5 焊缝金属的化学成分不均匀性 ..... 169</p> <p>    3.2.6 焊缝一次结晶组织的改善 ..... 171</p> <p>    3.2.7 焊缝的固态相变组织 ..... 173</p> <p>    3.2.8 焊缝中的气孔与夹杂 ..... 176</p> <p>  3.3 固相冶金 ..... 179</p> <p>    3.3.1 焊缝金属的固态相变 ..... 179</p> <p>    3.3.2 焊接热影响区的固态相变 ..... 180</p> <p>    3.3.3 焊接连续冷却转变图及其应用 ..... 187</p> <p><b>第 4 章 焊接裂纹</b> ..... 191</p> <p>  4.1 概述 ..... 191</p> <p>    4.1.1 裂纹的危害 ..... 191</p> <p>    4.1.2 焊接裂纹的分类及其特点 ..... 191</p> <p>  4.2 焊接热裂纹 ..... 193</p> <p>    4.2.1 结晶裂纹 ..... 193</p> <p>    4.2.2 液化裂纹 ..... 197</p> <p>    4.2.3 多边化裂纹 ..... 198</p> <p>  4.3 焊接再热裂纹 ..... 198</p> <p>    4.3.1 再热裂纹的发生及其特点 ..... 198</p> <p>    4.3.2 再热裂纹的形成机理 ..... 199</p> <p>    4.3.3 再热裂纹的影响因素及其防治 ..... 200</p> <p>  4.4 焊接冷裂纹 ..... 202</p> <p>    4.4.1 冷裂纹的基本特征及其分类 ..... 202</p> <p>    4.4.2 冷裂纹的形成机理 ..... 203</p> <p>    4.4.3 冷裂倾向的判据 ..... 206</p> <p>    4.4.4 防止冷裂纹的措施 ..... 209</p>
--	--

- |                     |     |                      |     |
|---------------------|-----|----------------------|-----|
| 4.5 层状撕裂 .....      | 213 | 4.6 应力腐蚀裂纹 .....     | 216 |
| 4.5.1 层状撕裂的特征与危害 .. | 213 | 4.6.1 应力腐蚀裂纹的特征      |     |
| 4.5.2 层状撕裂的形成机理 ..  | 214 | 与形成条件 .....          | 216 |
| 4.5.3 影响层状撕裂的因素 ..  | 214 | 4.6.2 应力腐蚀开裂机理 ..... | 217 |
| 4.5.4 防止层状撕裂的措施 ..  | 215 | 4.6.3 防止应力腐蚀裂纹措施 ..  | 218 |

### 第 3 篇 弧焊方法及设备

- |                       |     |                      |     |
|-----------------------|-----|----------------------|-----|
| 第 1 章 弧焊电源 .....      | 223 | 1.7.2 逆变式弧焊电源的分类、    |     |
| 1.1 弧焊电源的类型、基本特点      |     | 特点及应用 .....          | 255 |
| 及其适用范围 .....          | 223 | 1.7.3 逆变式弧焊电源的基本     |     |
| 1.1.1 弧焊电源的类型 .....   | 223 | 电路 .....             | 257 |
| 1.1.2 弧焊电源的基本特点       |     | 1.7.4 典型逆变弧焊电源介绍 ..  | 261 |
| 和适用范围 .....           | 223 | 1.7.5 各类逆变弧焊电源的      |     |
| 1.2 对弧焊电源的基本要求 .....  | 224 | 比较 .....             | 266 |
| 1.2.1 对弧焊电源外特性的       |     | 1.7.6 部分逆变式弧焊电源      |     |
| 要求 .....              | 224 | 的技术数据 .....          | 266 |
| 1.2.2 对弧焊电源调节特性       |     | 1.8 弧焊电源的选择、使用与维修 .. | 269 |
| 的要求 .....             | 227 | 1.8.1 弧焊电源的选择 .....  | 269 |
| 1.2.3 对弧焊电源的动特性       |     | 1.8.2 弧焊电源的安装 .....  | 270 |
| 的要求 .....             | 228 | 1.8.3 弧焊电源的使用与维护 ..  | 275 |
| 1.3 交流弧焊电源 .....      | 229 | 1.8.4 弧焊电源的故障与检修 ..  | 276 |
| 1.3.1 弧焊变压器 .....     | 229 | 第 2 章 焊条电弧焊 .....    | 278 |
| 1.3.2 矩形波交流弧焊电源 ..    | 235 | 2.1 概述 .....         | 278 |
| 1.4 直流弧焊电源 — 弧焊发电机 .. | 236 | 2.1.1 定义与工作原理 .....  | 278 |
| 1.5 直流弧焊电源 — 弧焊整流器 .. | 239 | 2.1.2 工艺特点 .....     | 278 |
| 1.5.1 弧焊整流器的分类 .....  | 239 | 2.1.3 适用范围与局限性 ..... | 278 |
| 1.5.2 硅弧焊整流器 .....    | 239 | 2.2 焊接设备 .....       | 279 |
| 1.5.3 晶闸管式弧焊整流器 ..    | 245 | 2.2.1 弧焊电源 .....     | 279 |
| 1.5.4 晶体管式弧焊整流器 ..    | 248 | 2.2.2 辅助器具 .....     | 280 |
| 1.6 脉冲弧焊电源 .....      | 249 | 2.3 焊接材料 — 电焊条 ..... | 280 |
| 1.6.1 脉冲弧焊电源的基本       |     | 2.4 焊条电弧焊接头的设计与准备 .. | 280 |
| 原理 .....              | 249 | 2.4.1 焊条电弧焊接头的设计     |     |
| 1.6.2 种类、特点与应用 .....  | 250 | 与选用 .....            | 280 |
| 1.6.3 晶闸管式脉冲弧焊电源 ..   | 251 | 2.4.2 坡口的制备 .....    | 283 |
| 1.6.4 晶体管式脉冲弧焊电源 ..   | 252 | 2.4.3 焊接位置 .....     | 283 |
| 1.6.5 部分脉冲弧焊电源技术      |     | 2.4.4 焊接衬垫与引出板 ..... | 284 |
| 数据 .....              | 254 | 2.4.5 装配与定位焊 .....   | 285 |
| 1.7 逆变式弧焊电源 .....     | 255 | 2.5 焊条电弧焊接工艺 .....   | 286 |
| 1.7.1 基本原理及组成 .....   | 255 | 2.5.1 焊前准备 .....     | 286 |

2.5.2	焊接工艺参数 .....	286	3.6.8	高效埋弧焊接工艺与 技术 .....	339
2.5.3	焊条电弧焊操作技术 ..	290	3.7	埋弧焊常见缺陷及防止 .....	346
2.5.4	后热与焊后热处理 .....	297	<b>第4章</b>	<b>钨极氩弧焊(TIG焊)</b> .....	<b>348</b>
<b>第3章</b>	<b>埋弧焊</b> .....	<b>298</b>	4.1	概述 .....	348
3.1	概述 .....	298	4.1.1	原理 .....	348
3.1.1	基本原理 .....	298	4.1.2	TIG焊的工艺特点 .....	348
3.1.2	优缺点 .....	298	4.1.3	TIG焊的优缺点 .....	349
3.1.3	分类 .....	299	4.1.4	适于范围 .....	350
3.2	适用范围 .....	299	4.2	TIG焊的极性、阴极清洗作用 和直流分量 .....	350
3.2.1	材料范围 .....	299	4.2.1	电弧的静特性 .....	350
3.2.2	厚度范围 .....	299	4.2.2	阴极清洗作用 .....	350
3.3	埋弧焊的自动调节系统 .....	300	4.2.3	交流TIG焊的直流 分量 .....	351
3.3.1	实现焊接过程自动化 的一般要求 .....	300	4.3	钨极氩弧(TIG)焊机 .....	352
3.3.2	电弧自身调节系统 .....	300	4.3.1	TIG焊接过程的一般 程序 .....	352
3.3.3	电弧电压自动调节系统 ..	301	4.3.2	TIG焊机的组成 .....	352
3.3.4	等速与变速送丝系统 性能的比较 .....	303	4.3.3	焊接电源 .....	353
3.4	埋弧焊机 .....	303	4.3.4	引弧和稳弧装置 .....	355
3.4.1	组成与分类 .....	303	4.3.5	焊接电流衰减装置 .....	357
3.4.2	弧焊电源 .....	305	4.3.6	焊枪 .....	357
3.4.3	送丝和行走机构 .....	306	4.3.7	供气系统与水冷系统 .....	359
3.4.4	焊接机头调整机构 .....	310	4.3.8	送丝机构和焊接小车 .....	360
3.4.5	易损件及辅助装置 .....	310	4.3.9	典型的通用TIG焊焊机 技术数据 .....	360
3.4.6	典型埋弧焊机 .....	312	4.4	焊接材料 .....	361
3.4.7	国产埋弧焊机技术 数据 .....	321	4.4.1	钨极 .....	361
3.5	焊接材料-焊丝与焊剂 .....	323	4.4.2	保护气体 .....	362
3.6	埋弧焊接工艺与技术 .....	323	4.4.3	填充金属 .....	363
3.6.1	焊缝形状与尺寸及其 影响的因素 .....	323	4.5	焊接工艺与技术 .....	364
3.6.2	焊接接头设计与坡口 加工 .....	328	4.5.1	接头形式与坡口 .....	364
3.6.3	组装和定位焊 .....	329	4.5.2	焊前清理 .....	364
3.6.4	引弧板与引出板 .....	329	4.5.3	装配 .....	365
3.6.5	焊接衬垫与打底焊 .....	330	4.5.4	电源类型与极性选择 .....	366
3.6.6	焊前和层间的清理 .....	332	4.5.5	钨极的选择与使用 .....	366
3.6.7	自动埋弧焊接常规工艺 与技术 .....	332	4.5.6	一般焊接工艺 .....	367
			4.5.7	停止焊接 .....	373

4.6	特殊 TIG 焊接技术 .....	374	5.7.2	常用氧化性混合气体 及其适用范围 .....	409
4.6.1	脉冲钨极氩弧焊 .....	374	5.7.3	焊丝的选择 .....	409
4.6.2	TIG 点焊 .....	377	5.7.4	典、型的焊接工艺参数 .....	409
4.7	典型应用 .....	379	5.8	CO <sub>2</sub> 气体保护焊 .....	411
4.7.1	固定管全位置 TIG 焊 .....	379	5.8.1	工艺特点 .....	411
4.7.2	管与管板焊接 .....	381	5.8.2	冶金特点 .....	411
4.8	工艺缺陷、产生原因及防止 措施 .....	383	5.8.3	焊接材料 .....	413
4.9	安全技术 .....	384	5.8.4	CO <sub>2</sub> 焊设备 .....	414
<b>第 5 章</b>	<b>熔化极气体保护焊 .....</b>	<b>385</b>	5.8.5	CO <sub>2</sub> 焊接工艺参数 .....	417
5.1	概述 .....	385	5.8.6	操作要点 .....	421
5.1.1	基本原理 .....	385	5.8.7	CO <sub>2</sub> 焊接常见缺陷及其 产生原因 .....	425
5.1.2	分类 .....	385	5.9	药芯焊丝气体保护电弧焊 .....	425
5.1.3	优缺点 .....	386	5.9.1	药芯焊丝气体保护电弧焊 的工艺特点 .....	425
5.1.4	适用范围 .....	386	5.9.2	药芯焊丝 .....	427
5.2	保护气体 .....	387	5.9.3	药芯焊丝气体保护焊 工艺 .....	427
5.2.1	对保护气体的基本要求 .....	387	5.10	熔化极脉冲气体保护电弧焊 .....	430
5.2.2	保护气体对电弧性能的 影响 .....	387	5.10.1	脉冲喷射过渡过程 及其特征 .....	430
5.3	焊丝 .....	390	5.10.2	工艺特点 .....	431
5.4	焊丝的熔滴过渡 .....	390	5.10.3	焊接工艺参数 .....	432
5.4.1	影响焊丝熔滴过渡形式 的主要因素 .....	390	5.11	窄间隙熔化极气体保护电弧焊 .....	434
5.4.2	各种熔滴过渡形式特性 对比与应用 .....	392	5.11.1	基本特征 .....	434
5.5	熔化极气体保护电弧焊设备 .....	393	5.11.2	优缺点及适用范围 .....	434
5.5.1	焊接电源 .....	393	5.11.3	焊接工艺 .....	435
5.5.2	焊枪 .....	394	5.12	CO <sub>2</sub> 电弧点焊 .....	438
5.5.3	送丝系统 .....	395	5.12.1	特点与应用 .....	438
5.5.4	供气与水冷系统 .....	398	5.12.2	常用接头形式 .....	438
5.5.5	控制系统 .....	398	5.12.3	焊接工艺 .....	438
5.6	MIG 焊接工艺 .....	400	5.13	气电立焊 .....	439
5.6.1	工艺特点 .....	400	5.13.1	操作原理 .....	439
5.6.2	焊接材料选择 .....	400	5.13.2	优缺点 .....	440
5.6.3	焊接工艺参数 .....	401	5.13.3	适用范围 .....	440
5.6.4	典型 MIG 焊接工艺 参数 .....	405	5.13.4	焊接设备 .....	440
5.7	MAG 焊接工艺 .....	409	5.13.5	焊接材料 .....	441
5.7.1	工艺特点 .....	409	5.13.6	焊接工艺 .....	441

第 6 章 等离子弧焊.....	444	6.6.3 等离子弧焊气体的选择 ...	457
6.1 概述 .....	444	6.6.4 焊接工艺参数 .....	458
6.1.1 等离子弧及其形成 .....	444	6.7 等离子弧焊常见缺陷及其 产生原因 .....	463
6.1.2 等离子弧的特性 .....	444	第 7 章 螺柱焊 .....	464
6.1.3 等离子弧的类型 .....	445	7.1 概述 .....	464
6.2 等离子弧焊的工艺特点与 适用范围 .....	446	7.2 电弧螺柱焊 .....	464
6.2.1 工艺特点 .....	446	7.2.1 焊接过程 .....	464
6.2.2 适用范围 .....	447	7.2.2 材料 .....	465
6.3 等离子弧焊的分类 .....	447	7.2.3 电弧螺柱焊设备 .....	466
6.4 等离子弧焊设备 .....	448	7.2.4 电弧螺柱焊工艺 .....	468
6.4.1 设备组成 .....	448	7.3 电容放电螺柱焊 .....	469
6.4.2 焊接电源 .....	449	7.3.1 焊接过程 .....	469
6.4.3 焊枪 .....	449	7.3.2 材料 .....	470
6.4.4 国产等离子弧焊机及 技术数据 .....	452	7.3.3 螺柱的设计 .....	470
6.5 等离子弧焊接的双弧问题 .....	455	7.3.4 电容放电螺柱焊设备 .....	471
6.6 等离子弧焊工艺 .....	455	7.3.5 电容放电螺柱焊工艺 .....	472
6.6.1 焊接接头 .....	455	7.4 螺柱焊方法的选择与应用 .....	473
6.6.2 装配与夹紧 .....	456	7.4.1 螺柱焊方法的选择 .....	473
		7.4.2 螺柱焊的应用 .....	474

## 第 4 篇 电阻焊方法及设备

第 1 章 电阻焊基础.....	477	2.1.1 分类 .....	487
1.1 概述 .....	477	2.1.2 电阻焊设备的基本构成 ...	487
1.1.1 电阻焊的分类 .....	477	2.1.3 电阻焊设备的型号编制 方法 .....	488
1.1.2 电阻的优缺点 .....	479	2.1.4 电阻焊设备的通用技术 条件 .....	490
1.2 焊接的热量及其影响因素 .....	479	2.1.5 电阻焊电源的负载持 续率 .....	492
1.2.1 焊接的热量 .....	479	2.1.6 电阻焊机的技术经济 指标 .....	492
1.2.2 影响焊接热量的因素 ...	479	2.1.7 电阻焊机的工作循环 .....	492
1.3 热平衡及温度分布 .....	482	2.2 各类电阻焊电源的电气性能 ...	493
1.3.1 热平衡 .....	482	2.2.1 单相工频电阻焊电源 .....	493
1.3.2 温度分布 .....	483	2.2.2 三相低频电阻焊机 .....	495
1.4 焊接循环 .....	483	2.2.3 二次整流电阻焊电源 .....	495
1.5 金属材料电阻焊的焊接性 及其影响因素 .....	484	2.2.4 电容储能电阻焊电源 .....	497
第 2 章 电阻焊设备.....	487		
2.1 概述 .....	487		

2.2.5 逆变电阻焊机 .....	498	<b>第 4 章 凸焊工艺 .....</b>	<b>560</b>
2.3 点焊机 .....	499	4.1 概述 .....	560
2.4 凸焊机 .....	510	4.1.1 凸焊的工艺特点 .....	560
2.5 缝焊机 .....	511	4.1.2 凸焊的优缺点 .....	561
2.5.1 缝焊机类型 .....	511	4.1.3 凸焊的适用范围 .....	561
2.5.2 缝焊机滚轮的传动 .....	511	4.2 凸焊工艺 .....	562
2.5.3 缝焊机滚轮的导电 .....	511	4.2.1 凸焊接头设计 .....	562
2.5.4 部分缝焊机的技术数据 .....	512	4.2.2 凸焊电极 .....	563
2.6 对焊机 .....	514	4.2.3 凸焊的工艺参数 .....	564
2.6.1 对焊机的组成与分类 .....	514	4.3 常用金属的凸焊要点 .....	564
2.6.2 机架与导轨 .....	514	<b>第 5 章 缝焊工艺 .....</b>	<b>568</b>
2.6.3 送进机构 .....	515	5.1 概述 .....	568
2.6.4 夹紧机构 .....	517	5.1.1 缝焊的基本形式及其 工艺特点 .....	568
2.6.5 国产对焊机的技术 数据 .....	518	5.1.2 缝焊的优缺点 .....	568
2.7 电阻焊机的控制器 .....	521	5.1.3 缝焊的应用 .....	569
2.7.1 控制器的功能 .....	521	5.2 缝焊用的电极 .....	571
2.7.2 控制器的基本单元线路 .....	521	5.2.1 电极形状 .....	571
2.7.3 国产点、凸、缝焊机 控制器技术数据 .....	527	5.2.2 电极尺寸 .....	571
<b>第 3 章 点焊工艺 .....</b>	<b>529</b>	5.2.3 电极材料 .....	572
3.1 焊点的形成及其质量的 一般要求 .....	529	5.2.4 电极的正确选择与 使用 .....	572
3.1.1 焊点的形成 .....	529	5.3 缝焊的工艺参数及其对焊接 质量的影响 .....	573
3.1.2 对焊点质量的一般 要求 .....	529	5.4 缝焊的接头设计 .....	575
3.2 点焊方法的种类 .....	530	5.5 常用金属材料缝焊工艺要点 .....	575
3.3 点焊接头的设计 .....	531	5.5.1 低碳钢的缝焊 .....	575
3.4 点焊电极及电极握杆 .....	533	5.5.2 镀层钢板的缝焊 .....	576
3.4.1 点焊电极 .....	533	5.5.3 不锈钢与高温合金的 缝焊 .....	578
3.4.2 电极握杆 .....	539	5.5.4 铝合金的缝焊 .....	579
3.5 点焊工艺 .....	541	5.5.5 钛合金的缝焊 .....	579
3.5.1 焊前工件表面清理 .....	541	<b>第 6 章 对焊工艺 .....</b>	<b>581</b>
3.5.2 点焊的工艺参数 .....	542	6.1 电阻对焊工艺 .....	581
3.5.3 点焊时电流的分流 .....	548	6.1.1 接头的形成与所需的 基本条件 .....	581
3.5.4 不等厚或异种材料 点焊 .....	548	6.1.2 电阻对焊的特点与适用 范围 .....	581
3.5.5 常用金属材料点焊工艺 要求 .....	551	6.1.3 焊接工艺 .....	581

6.2 闪光对焊工艺 .....	584	6.3 典型零件的对焊 .....	597
6.2.1 闪光对焊的工作原理 .....	584	6.3.1 线材的对焊 .....	597
6.2.2 闪光对焊的特点及其 适用范围 .....	585	6.3.2 型材的对焊 .....	598
6.2.3 焊接工艺 .....	588	6.3.3 管材的对焊 .....	598
6.2.4 闪光对焊新技术 .....	596	6.3.4 板材的对焊 .....	600
		6.3.5 环形零件对焊 .....	601

## 第 5 篇 其他焊接方法及设备

<b>第 1 章 电渣焊</b> .....	605	2.2.6 国产电子束焊机技术 数据 .....	638
1.1 概述 .....	605	2.3 焊接工艺 .....	639
1.1.1 电渣焊过程 .....	605	2.3.1 接头设计 .....	639
1.1.2 电渣焊特点 .....	605	2.3.2 焊前准备 .....	640
1.1.3 电渣焊种类 .....	606	2.3.3 焊接工艺参数 .....	641
1.1.4 电渣焊的适用范围 .....	607	2.4 常用金属材料的焊接要点 .....	643
1.2 电渣焊设备 .....	608	2.4.1 钢的电子束焊 .....	643
1.2.1 丝极电渣焊设备 .....	608	2.4.2 有色金属的电子束焊 .....	643
1.2.2 熔嘴电渣焊设备 .....	610	2.4.3 难熔金属电子束焊 .....	644
1.3 电渣焊工艺 .....	611	2.4.4 异种金属电子束焊 .....	644
1.3.1 焊接材料 .....	611	2.5 焊接缺陷 .....	645
1.3.2 焊接接头设计与制备 .....	613	2.6 安全技术 .....	645
1.3.3 丝极电渣焊工艺 .....	616	<b>第 3 章 激光焊</b> .....	647
1.3.4 熔嘴电渣焊工艺 .....	625	3.1 概述 .....	647
1.3.5 板极电渣焊工艺 .....	630	3.1.1 激光焊及其特点 .....	647
1.3.6 焊后处理 .....	631	3.1.2 激光焊的分类 .....	647
1.3.7 电渣焊接头的缺陷及 质量检验 .....	631	3.2 激光焊设备 .....	647
<b>第 2 章 电子束焊</b> .....	633	3.2.1 激光器 .....	648
2.1 概述 .....	633	3.2.2 光束传输和聚焦系统 .....	650
2.1.1 电子束焊的工作原理 .....	633	3.2.3 气源 .....	650
2.1.2 电子束焊的特点 .....	633	3.3 激光焊工艺 .....	650
2.1.3 电子束焊的分类 .....	634	3.3.1 激光焊的能源参数 .....	650
2.1.4 适用范围 .....	635	3.3.2 脉冲激光焊 .....	652
2.2 焊接设备与装置 .....	636	3.3.3 连续 CO <sub>2</sub> 激光焊 .....	655
2.2.1 电子枪 .....	636	3.4 激光安全知识 .....	657
2.2.2 供电系统 .....	637	3.4.1 激光对人体的危害 .....	657
2.2.3 真空系统 .....	637	3.4.2 激光的安全防护 .....	658
2.2.4 传动系统 .....	637	<b>第 4 章 摩擦焊</b> .....	659
2.2.5 电气控制系统 .....	638	4.1 概述 .....	659

4.1.1	基本原理	659	6.3.3	模具材料	686
4.1.2	分类	659	6.4	冷压焊的应用	686
4.1.3	特点	661	<b>第7章</b>	<b>爆炸焊</b>	687
4.1.4	适用范围	662	7.1	爆炸焊的原理	687
4.2	摩擦焊设备	664	7.1.1	爆炸焊接装置及焊接 过程	687
4.3	摩擦焊工艺	665	7.1.2	基本原理	688
4.3.1	接头设计	665	7.1.3	结合面形态与结合区 性质	688
4.3.2	接头表面准备	667	7.2	爆炸焊方法的分类	689
4.3.3	焊接工艺参数	668	7.3	爆炸焊的优缺点	689
4.4	焊接质量与安全技术	671	7.4	爆炸焊适用范围	689
4.4.1	焊接质量及其控制	671	7.4.1	可焊接的金属材料	689
4.4.2	安全技术	672	7.4.2	可焊接的产品结构	690
<b>第5章</b>	<b>扩散焊</b>	673	7.5	爆炸焊工艺	692
5.1	概述	673	7.5.1	接头准备	692
5.1.1	扩散焊的原理	673	7.5.2	炸药	693
5.1.2	扩散焊的特点	674	7.5.3	安装	693
5.2	扩散焊的优缺点	674	7.5.4	爆炸焊工艺参数	694
5.2.1	优点	674	7.6	爆炸焊的缺陷和检验	694
5.2.2	缺点	674	7.6.1	爆炸焊的缺陷	694
5.3	扩散焊种类	675	7.6.2	爆炸焊质量检验	695
5.4	扩散焊工艺	676	7.7	爆炸焊安全技术	696
5.4.1	接头形式	676	<b>第8章</b>	<b>超声波焊</b>	698
5.4.2	待焊表面的制备与清理	676	8.1	概述	698
5.4.3	中间层材料的选择	676	8.1.1	原理	698
5.4.4	止焊剂的应用	677	8.1.2	接头形成机理	698
5.4.5	焊接工艺参数	677	8.1.3	超声波焊分类	698
5.5	扩散焊设备	678	8.1.4	优缺点及其应用	700
5.6	扩散焊的应用	680	8.2	超声波焊接工艺	701
<b>第6章</b>	<b>冷压焊</b>	681	8.2.1	接头设计	701
6.1	概述	681	8.2.2	表面准备	702
6.1.1	冷压焊原理	681	8.2.3	焊接工艺参数	702
6.1.2	冷压焊的优缺点	681	8.2.4	其他工艺因素	703
6.1.3	冷压焊的适用范围	682	8.3	焊接设备	704
6.2	冷压焊工艺	682	8.3.1	超声波发生器	704
6.2.1	焊接界面的清理	682	8.3.2	声学系统	704
6.2.2	焊接工艺参数	682	8.3.3	加压机构	705
6.3	冷压焊用的模具	684	8.3.4	程序控制器	705
6.3.1	对接冷压焊的钳口	684			
6.3.2	搭接冷压焊模具	684			



8.3.5	部分国产超声波点焊机 的技术数据 .....	705	10.3.6	炉中钎焊 .....	748
<b>第9章</b>	<b>气焊 .....</b>	<b>707</b>	10.3.7	钎焊方法的选择 .....	750
9.1	概述 .....	707	10.4	钎焊接头的设计 .....	751
9.1.1	气焊特点 .....	707	10.4.1	钎焊接头的基本形式 .....	751
9.1.2	适用范围 .....	707	10.4.2	钎焊接头搭接长度 计算 .....	752
9.2	气体 .....	707	10.4.3	接头间隙 .....	753
9.2.1	氧气 .....	707	10.4.4	接头的工艺性设计 .....	753
9.2.2	可燃气体 .....	707	10.5	钎焊工艺 .....	754
9.3	气焊设备 .....	710	10.5.1	工件的清理与表面 准备 .....	754
9.3.1	氧气瓶 .....	710	10.5.2	预置钎剂和阻流剂 .....	756
9.3.2	减压器 .....	710	10.5.3	装配、定位与放置 钎料 .....	756
9.3.3	乙炔瓶 .....	711	10.5.4	钎焊工艺参数 .....	757
9.3.4	乙炔发生器 .....	711	10.5.5	钎焊后处理 .....	757
9.3.5	回火及回火防止器 .....	712	10.6	各种金属材料的钎焊 .....	757
9.3.6	焊炬 .....	714	10.6.1	钎焊性 .....	757
9.3.7	气焊辅助工具 .....	716	10.6.2	碳钢和低合金钢的 钎焊 .....	758
9.4	焊接材料 .....	716	10.6.3	铸铁的钎焊 .....	758
9.4.1	焊丝 .....	716	10.6.4	不锈钢的钎焊 .....	759
9.4.2	熔剂 .....	716	10.6.5	铜及铜合金的钎焊 .....	760
9.5	气焊工艺 .....	717	10.6.6	铝及铝合金的钎焊 .....	761
9.5.1	接头设计 .....	717	10.6.7	钛及钛合金的钎焊 .....	763
9.5.2	气焊火焰 .....	718	10.6.8	工具钢和硬质合金 的钎焊 .....	764
9.5.3	左焊法与右焊法 .....	719	<b>第11章</b>	<b>高频焊 .....</b>	<b>767</b>
9.5.4	气焊工艺参数 .....	719	11.1	概述 .....	767
<b>第10章</b>	<b>钎焊 .....</b>	<b>721</b>	11.1.1	工作原理 .....	767
10.1	概述 .....	721	11.1.2	高频焊接过程 .....	768
10.1.1	钎焊特点、类型和适用 范围 .....	721	11.1.3	高频焊的优缺点及 基本应用 .....	769
10.1.2	钎焊的基本原理 .....	722	11.2	高频焊设备 .....	770
10.2	钎焊材料 .....	723	11.3	典型焊接工艺 .....	771
10.2.1	钎料 .....	723	11.3.1	连续高频焊 .....	771
10.2.2	钎剂 .....	735	11.3.2	断续高频焊 .....	775
10.3	钎焊方法 .....	742	<b>第12章</b>	<b>热切割 .....</b>	<b>777</b>
10.3.1	烙铁钎焊 .....	742	12.1	切割及其分类 .....	777
10.3.2	火焰钎焊 .....	743			
10.3.3	浸渍钎焊 .....	743			
10.3.4	电阻钎焊 .....	745			
10.3.5	感应钎焊 .....	746			