

乡镇企业初中级技术工人培训教材

农业部乡镇企业司 编

# 焊工工艺学



XIANGZHEN

QIYE

CHUZHONGJI

JISHU

GONGREN

PEIXUN

JIAOCAI

辽宁科学技术出版社

乡镇企业初中级技术工人培训教材

焊工工艺学

Hangong Gongyixue

农业部乡镇企业司 编

---

辽宁科学技术出版社出版发行(沈阳市和平区北一马路108号)

朝阳新华印刷厂分厂印刷

---

开本: 787×1092 1/32      印张: 10<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数: 220,000  
1991年4月第1版      1991年4月第1次印刷

---

责任编辑: 刘绍山 周振林      版式设计: 于 浪  
封面设计: 潮 汐      责任校对: 李秀芝

---

印数: 1-10,000

ISBN7-5381-1091-7/TG·28      定价: 3.98元

---

乡镇企业技术工人培训教材（机械类）  
编审委员会

**主任委员** 黄海光  
**副主任委员** 郭志实 赵汝霖 王小华 樊 鹏  
**委 员** （按姓氏笔画为序）  
王正石 白振芳 刘太来 朱丽英  
吴汉太 李炳恩 李殿华 苑汝义  
姚守成 胡呈祥 贺恒立 顾大智  
徐大成 徐洪如 琚运富 戴贺兰  
**本书主编** 李智慧  
**编 写 者** 李智慧 刘玉凤 徐克华 张惠兰  
耿惠玲  
**主 审** 徐碧宇  
**审 稿** 苑汝义

## 序

焊接是本世纪的新技术之一。

焊接在各个工业部门被广泛应用，在很大的金属加工范围里，焊接占据着省工、省料、优质、高效的卓越地位。在许多重要工业产品的生产中是不可取代的先进工艺。飞机、火箭、导弹、核装置、潜艇、坦克、海洋结构、铁道长轨等，没有焊接就无法生产。今天，船舶、锅炉、压力容器等，想要返回去使用铆接技术，简直是不可思议。

焊接产品或结构的工作条件越来越苛刻，对焊接质量的要求越来越严格，焊接使用的材料日益精良而繁多，使用的装备日益复杂而先进。因此，必然对焊工有更高要求；既要有优良的操作技能，也要有相应的理论知识。培训优秀焊工，不断提高焊工的操作和理论水平，是推进焊接技术发展的重要任务。

我国乡镇企业磅礴于全国，优秀产品涌现于国内外市场，在这个新领域里，焊接技术仍是重要角色。这本焊工培训教材的出版，可谓应运而生，必将起到良好作用。

编者对本书作了妥善安排，既遵循教学大纲规定，又顾及读者对象的层次；既着重焊接技术，又兼顾钢材知识；既有具体的数据和资料，又有理论的阐述和解说。因此本书定

将受到广大读者的欢迎。

希望采用本书的教师、学员和焊接界人士不吝批评指正，以进一步提高本书质量。

**徐碧宇**

1990年4月北京

## 前 言

搞好乡镇企业职工的技术培训，培养大批合格的技术工人，以提高职工的整体素质，是当前全国乡镇企业面临的紧迫任务。

为了满足乡镇企业技术工人等级培训的需要，农业部乡镇企业司组织黑龙江、辽宁、山西、河北、河南、湖北、内蒙、北京、天津、大连等十省、自治区、市有关同志、专家、教授，编写了乡镇企业初中级技术工人培训教材，其中有《数学》、《机械基础》、《机械制图》、《机械制造工艺概论》、《车工工艺学》、《钳工工艺学》、《铣工工艺学》、《磨工工艺学》、《铸造工艺学》、《锻压工艺学》、《刨工工艺学》、《冲压工艺学》、《焊工工艺学》和《机械制图习题集》、《基础课习题集》等共十五本书。

这套教材是以机械部颁布的初、中级技术等级标准为依据，同时结合乡镇企业实际情况编写的。在内容编排上改变了以往技术工人培训教材初、中级分开的模式，采取了初级内容和中级内容合编，既适用于初级工培训和已获初级工证书、晋升中级工的培训，又适用于直接进行中级工的培训。教材内容充实、语言简练，以讲清最基本的概念和操作方法为主，尤其注重实际操作能力的培养，体现劳动部关于“要改革培训内容和培训方法，改变重理论轻技能、重课堂轻实际训练，单纯强调正规化、系统化的思想，突破传统教育观

念，突出和强化技能训练”的要求，使学员通过理论培训，能够掌握高质量、高效率的操作技能。

教材还写进职业道德教育方面的内容，使学员通过培训，不仅学到技术理论知识，提高操作技能，而且在思想觉悟方面也有所提高。

统编乡镇企业初中级技术工人培训教材，由于缺乏经验，撰写时间较紧促，书中难免有疏漏之处，希望读者提出宝贵意见，再版时改正。

**农业部乡镇企业司**

1990年6月

# 目 录

前言	
序	
绪论	1
第一章 钢的基本知识	6
一、钢的物理性能	6
二、钢的化学性能	7
三、钢的机械性能	8
四、钢材的焊接性能	10
五、钢材的组织	11
六、钢的热处理	15
七、合金元素对钢的性能的影响	17
八、钢中常见杂质对钢的性能的影响	18
九、钢的分类	19
十、钢的编号	20
第二章 焊接电弧的基本概念	23
一、焊接电弧的构造及温度分布	23
二、焊接电弧的静特性	25
三、影响电弧稳定燃烧的因素	27
四、焊接电弧的偏吹	28
第三章 电焊条	31
一、对焊条的要求	31



二、焊芯	32
三、药皮	33
四、电焊条的牌号	41
五、酸碱性焊条的性能及使用特点	44
六、电焊条的选用	50
七、电焊条的检验及保管	51
<b>第四章 手工电弧焊电源</b>	<b>53</b>
一、手工电弧焊对弧焊电源的基本要求	53
二、手工电弧焊电源的种类、特点及型号	55
三、弧焊变压器的结构与工作原理	60
四、手工电弧焊电源的选择及使用维护	64
五、手工电弧焊辅助工具	71
<b>第五章 手工电弧焊基本知识</b>	<b>75</b>
一、焊接接头形式及坡口	75
二、焊缝形式	79
三、焊缝的代号	82
四、焊前准备	89
五、焊接工艺参数的选择	92
<b>第六章 电焊工操作技能基础</b>	<b>99</b>
一、电弧的引燃方法和极性	99
二、运条方法	102
三、焊缝的起头、收尾及接头	105
四、各种位置焊缝的操作技术	109
五、薄板焊接	123
<b>第七章 气割与碳弧气刨</b>	<b>125</b>
一、气割原理及条件	125
二、气割用材料	128

三、气割设备及工具	132
四、气割技术	145
五、碳弧气刨的原理、特点及其应用范围	153
六、碳弧气刨的工具及电极材料	156
七、碳弧气刨工艺	158
<b>第八章 焊接接头的组织和性能</b>	<b>166</b>
一、焊接接头的组成	166
二、焊接热循环	167
三、焊缝区的组织及性能	169
四、熔合区的组织及性能	176
五、热影响区的组织和性能	176
六、热应变脆化区	183
七、影响焊接接头质量的因素	183
<b>第九章 各种金属材料的焊接</b>	<b>194</b>
一、碳素钢的焊接	194
二、普通低合金钢的焊接	195
三、特殊用钢的焊接	196
四、不锈钢的焊接	198
五、铝及铝合金的焊接	199
六、铜及铜合金的焊接	201
七、异种金属的焊接	202
八、铸铁焊接	205
<b>第十章 埋弧自动焊</b>	<b>209</b>
一、埋弧自动焊的特点	209
二、埋弧焊焊接材料	211
三、埋弧自动焊焊机	219
四、焊接工艺参数对焊缝质量的影响	224

五、埋弧自动焊焊接技术.....	230
六、埋弧焊焊缝质量问题讨论.....	238
第十一章 钨极氩弧焊.....	242
一、钨极氩弧焊的特点.....	242
二、钨极氩弧焊焊接材料.....	244
三、手工钨极氩弧焊设备.....	247
四、钨极氩弧焊工艺.....	258
第十二章 焊接应力与变形.....	269
一、焊接应力和变形概述.....	269
二、焊接残余变形.....	274
三、焊接残余应力.....	291
第十三章 焊接缺陷及其检验.....	299
一、焊接缺陷的种类、产生原因和预防措施.....	299
二、焊接缺陷的危害性.....	310
三、焊接检验.....	311
四、焊接缺陷的返修.....	315

# 绪 论

## 一、焊接方法的发展及其在现代工业中的作用

中华民族历史悠久，我们的祖先为人类的进步及文明做出了不可磨灭的贡献。象某些技术领域一样，我国也是世界上最早应用焊接技术的国家之一。许多古代文化遗迹和出土文物足以证明，远在两千多年前的战国时期，我们的祖先就已经掌握了钎焊技术。明代科学家宋应星所著《天工开物》中，对钎焊和锻焊技术都有所叙述。

目前工业生产中广泛应用的焊接方法，几乎都是19世纪末以来发明、发展的现代焊接手段。这些焊接方法已成为冶金、汽车、船舰、飞机、航天、原子能、石油、化工、电子、纺织、食品等各工业部门不可或缺的基本生产手段。

从1882年俄国人贝纳多斯发明碳极电弧焊到本世纪60年代的激光焊，在不到一百年的时间内，人类已掌握了几十种焊接方法。这些焊接方法的发明和发展是由于现代科学技术的发展，为焊接提供了各类能源，精良设备，优质材料以及理论分析和测试手段。反过来，也由于科学技术和工业的发展，使用的金属日见繁多，对金属工件或结构的质量要求日益提高，在某些制造工艺上只有焊接才能满足其要求。今天，一个国家焊接技术的发展水平，在一定程度上标志着这

个国家工业和科学技术的水平。

## 二、焊接的概念和分类

从人类最早使用的最简单的锻焊，到现代的激光焊、电子束焊，尽管它们在工艺过程和难易程度或使用范围上有很大不同，但它们都具备一个共同的特征，这就是使两个或两个以上的零件，通过特定的工艺手段如加热、加压，使之相互间产生原子间或分子间的联系与质点的扩散，从而形成一个紧密连接的整体。这就叫焊接。从这里我们也看到，原子间或分子间的联系与质点的扩散是焊接区别于铆接、胶接的根本不同。

根据不同的加热、加压方法，以及焊接时的工艺特点和基本金属所处的状态，焊接方法可分为三大类，即熔化焊，压力焊和钎焊。

### 1. 熔化焊

用某种热源加热构件，使连接处局部熔化，成为液态的熔融状，从而产生原子间的结合，这种方法叫熔化焊，如气焊、电弧焊、离子焊、电子束焊等。

### 2. 压力焊

将金属构件或部件连接部分加热到塑性状态或表面局部熔化状态，然后施加压力，使连接件间形成原子间的紧密结合，这种方法叫压力焊，如锻焊、电阻焊、摩擦焊等。

### 3. 钎焊

采用比钎接母材熔点低的金属材料作钎料，将待钎母材连接处和钎料加热到高于钎料熔点而低于母材熔点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散，实现连接的目的，这个连接过程叫钎焊。根据使用钎料的不同，有硬钎焊和软料焊之分。

焊接方法的具体分类见下页表所示。

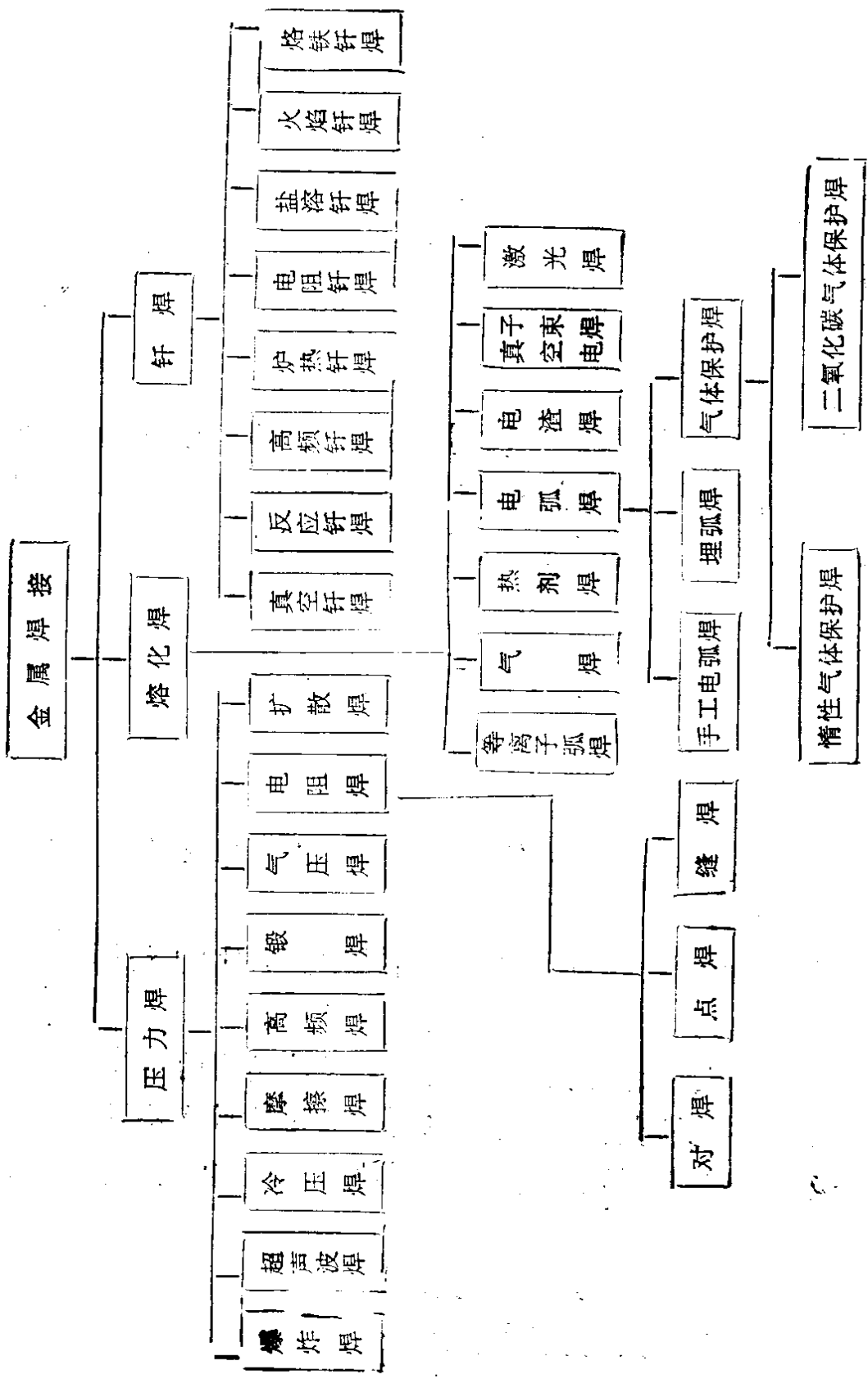
氧-乙炔切割、等离子切割、碳弧气刨、表面热喷涂等，是跟焊接方法相近的金属加工方法，通常视为与焊接邻近的工艺方法，也属于焊接专业的技术范围。

## 三、焊接结构的优缺点

### 1. 优点

与铆接、锻件、铸件等金属构件相比，焊接结构具有以下明显优点：

- (1) 焊接结构重量轻，节省金属，它比铆接结构节省金属15—20%，比铸件节省金属30—40%。
- (2) 焊接接头的强度比铆接或铸造结构的强度高。
- (3) 接头可满足气密、水密、油密的技术要求。
- (4) 焊接结构生产的劳动量小，生产率高，装配方便，生产周期短。
- (5) 设计的变更和改造便利。
- (6) 噪音小，劳动条件好。
- (7) 易于实现机械化和自动化。



## 2. 缺点

(1) 由于施工和管理的不善, 容易产生各种焊接缺陷。

(2) 焊后未经热处理的焊接构件, 有较大的残余变形和残余内应力。

(3) 焊接过程中, 往往产生大量的光辐射, 有害气体和烟尘, 不利于焊工的健康。

实际应用中, 要扬长避短。对材料、焊机、施工方法、质量检查、性能保证等, 要具备充分的有关焊接知识和技术水平。



# 第一章 钢的基本知识

金属一般分为两大类，一类叫有色金属，一类叫黑色金属。黑色金属中包含钢和铁两大类。不管是钢还是铸铁都是由铁和碳这两种基本元素组成的合金。工业上把含碳量在2%以下的铁碳合金叫钢，而把含碳量为2—4.5%的铁碳合金叫铸铁。

## 一、钢的物理性能

### 1. 密度

单位体积的质量叫密度。钢的密度工程上通常取7.8克/厘米<sup>3</sup>。

### 2. 熔点

金属受热升温到一定的温度，会由固态转变为液态，这个转变的临界温度叫熔点。碳钢的熔点一般在1450—1500℃之间。

### 3. 热膨胀性

金属受热温度升高后，其体积增大，这种性能叫热膨胀性。不锈钢的热膨胀性大于普通碳钢，因而焊接不锈钢时，