



面向
21世纪
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材

有色金属材料焊割技术

主 编 袁国义
副主编 谷远志 罗崇锡
主 审 贺哲荣



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列规划教材

有色金属材料焊割技术

主 编 袁国义

副主编 谷远志 罗崇锡

参 编 袁晓明 唐 钢 刘庚欣

主 审 贺哲荣

校 审 王剑雄

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

全书共9章, 主要内容包括焊、割的职业道德与安全知识, 有色金属材料简介, 有色金属材料的切割方法, 有色金属材料的焊接方法, 有色金属材料焊接的焊接材料, 有色金属材料焊接的焊接设备, 常用有色金属材料的焊接, 焊接应力及其变形, 焊接检验。

本书可供高职高专、中职中专相关专业学生使用, 也可供从事有色金属材料焊割的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属材料焊割技术 / 袁国义主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.8

(高职高专系列规划教材)

中国高等职业技术教育研究会推荐

ISBN 978-7-5606-1877-7

I. 有… II. 袁… III. ① 有色金属—金属材料—焊接—高等学校: 技术学校—教材 ② 有色金属—金属材料—切割—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG457.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 096854 号

责任编辑 张 梁 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 18.25

字 数 427千字

印 数 1~4000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-1877-7/TG·0021

XDUP 2169001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任: 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)
副主任: 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)
刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)
孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)
皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)
刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 教授)
陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)
钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)
谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)
王保新 (陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师)
刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)
吴克刚 (长安大学汽车学院教授)
李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)
李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)
汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)
陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)
韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
葛仁礼 (西安汽车科技学院教授)
颜培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

项目策划: 马乐惠 **策 划:** 马武装 毛红兵 马晓娟

前 言

焊接工艺有着辉煌的发展历史，从 20 世纪初至今的 100 多年中，随着生产技术和新材料、新工艺的不断增多，差不多每 10 年就会出现一个新的焊接能源或焊接工艺，使焊接技术出现一次次飞跃。

当今焊接工艺虽然受到压模工艺与高粘结工艺以及精密铸造工艺的影响，但仍然在机械加工和塑胶制造等方面起着主导作用。

本书主要介绍有色金属材料的焊割技术，焊、割的职业道德与安全知识，有色金属材料简介，有色金属材料的切割方法，有色金属材料的焊接方法，有色金属材料焊接的焊接材料，有色金属材料焊接的焊接设备，常用有色金属材料的焊接，焊接应力及其变形，焊接检验等章节的内容。每章都给出了复习题，便于学生深入理解和掌握所学知识。本书可作为高职高专、中职中专相关专业的教材，也可作为相关专业技术人员的参考书。

本书由湖南有色金属工业技工学校高级讲师、高级工程师贺哲荣主审，湖南省冷水江市钢铁总厂高级技师王剑雄审校。参加本书编写工作的还有岳佩珍、岳奕平、王啸臣、黄岳彬、黄金波、岳奕雄、肖靓、王琛、周斌、尹建辉、李新平、蔡晓春。本书在编写过程中得到了湖南有色金属工业技工学校全体师生的大力支持，在此深表感谢！

鉴于编者学识有限，不妥之处在所难免，谨望广大读者不吝赐教，不胜感谢。

编 者
2007 年 3 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~国家级、部级重点教材~~~~~

计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00
离散数学(第三版)(乔维声)	16.00
雷达对抗原理(赵国庆)	15.00
雷达原理(第三版)(丁鹭飞)	23.00
通信网的安全——理论与技术(王育民)	42.00
模拟电子线路基础(傅丰林)	16.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00
智能控制理论和方法(李人厚)	18.00

~~~全国信息技术水平考试指定教材~~~

计算机网络信息安全理论与实践教程	32.00
网页设计与网站开发基础教程	54.00
中小校园网络管理基础教程	19.00
中小校园网络管理实验教程	25.00

~~~~~计算机提高普及类~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)	22.00
计算机文化基础(第二版)(丁爱萍)	24.00
计算机组装与维护(高职)(杜飞明)	22.00
计算机组装与维护实用教程(第二版)(高职)	29.00
计算机应用基础(Windows 2000 & Office 2002)(教育部高职)	23.00
计算机应用基础实践技能训练 与案例分析(教育部高职)	11.00
计算机综合能力实训教程(高职)(孔祥春)	10.00
办公自动化技术及应用教程(赵元哲)	22.00
办公自动化设备的使用和维护 (第二版)(高职)	18.00
网络办公自动化技术与应用(高职)(李平)	21.00

~~~~~计算机网络类~~~~~

计算机网络安全(高职)(杨晨光)	15.00
计算机网络管理(雷震甲)	20.00
网络安全技术(高职)(李卓玲)	17.00
网络安全与保密(胡建伟)	28.00
网络信息安全技术(周明全)	17.00
网络信息安全(徐明)	11.00

动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
网站建设与维护(崔良海)	18.00
Windows网络程序设计(夏靖波)	26.00
嵌入式系统原理与开发(夏靖波)	21.00
通信网理论与技术(夏靖波)	25.00
局域网的组建、管理与维护(高职)(雷育春)	20.00
综合布线技术(高职)(于鹏)	18.00
计算机网络技术导论(王宣政)	16.00
计算机网络(第二版)(袁家政)	26.00
计算机网络技术(刘敏涵)	21.00
计算机网络(第二版)(蔡皖东)	26.00
计算机网络工程(石美红)	20.00
计算机网络实验教程(雷震甲)	14.00
计算机组网实验教程(王宣政)	23.00
计算机网络学习辅导及习题详解(权义宁)	23.00
网络工程设计与实践(夏靖波)	31.00
网络应用程序设计(方敏)	21.00
现代网络技术(第二版)(陆楠)	32.00
网络计算(黄健斌)	19.00

~~~~~计算机技术类~~~~~

计算机系统结构(陈智勇)	26.00
计算机系统设计——概念与技术(洪龙)	18.00
计算机组成原理 与系统结构实验教程(杨小龙)	12.00
计算机系统安全(马建峰)	22.00
实用计算机类毕业设计指导(聂琨坤)	18.00
计算机原理课程设计(陈智勇)	10.00
电子商务概论(宋沛军)(高职)	20.00
电子商务基础与应用(第五版)(含盘)	39.00
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
《数据结构》算法实现及解析 (含光盘)(第二版)(高一凡)	35.00
数据结构——使用C++语言(第二版)(朱战立)	23.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00
计算方法与实习(高职)(田祥宏)	11.00
算法设计与分析(霍红卫)	15.00

编译原理教程(第二版)(胡元义)	18.00	计算机图形学(丁爱玲)	14.00
《编译原理教程(第二版)》		计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00
习题解析与上机指导(胡元义)	18.00	计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00
离散数学(蔡英)	21.00	数字图像处理(何东建)	23.00
《离散数学》学习指导书(蔡英)	16.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)(范永富)	23.00
离散数学(马光思)	22.00	~~~~~微机与控制类~~~~~	
离散数学——精讲·精解·精练(黄健斌)	24.00	微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
软件工程(第二版)(邓良松)	22.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	8.00
软件工程与数据库概论(陈春玲)	16.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	20.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	15.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
人工智能技术导论(第二版)(廉师友)	21.00	微型计算机原理及接口技术(裘雪红)	25.00
~~~~~计算机辅助技术类~~~~~		80X86 微机原理与接口技术(喻宗泉)	26.00
电子工程制图(含习题集)(高职)(童幸生)	25.00	单片机原理及接口技术(余锡存)	15.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	40.00	单片机原理与应用技术(喻宗泉)	19.00
计算机绘图(第二版)(许社教)	25.00	新编单片机原理与应用(潘永雄)	22.00
DSP应用技术(高职)(赵明忠)	25.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	24.00
现代DSP技术(潘松)	22.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)(王源)	16.00	微机外围设备的使用与维护(高职)(王伟)	19.00
电子线路CAD实用教程(潘永雄)(第二版)	26.00	微机结构组成与外部设备(第二版)(高职)	17.00
AUTOCAD 基础教程(高职)(石高峰)	15.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
电子工艺与电子CAD(高职)(朱旭平)	14.00	数据库原理(第二版)(郭盈发)	16.00
EDA 技术及应用(第二版)(谭会生)	27.00	C程序设计(第二版)(荣政)	20.00
EDA 技术综合应用实例与分析(谭会生)	22.00	Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用(高职)	21.00
数字电路EDA设计(高职)(顾斌)	19.00	基于VFP和SQL的数据库技术及应用	18.00
~~~~~操作系统类~~~~~		SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	22.00
计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	19.00	Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程(高职)	17.00
计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00	数据库技术及应用(高职)(丁爱萍)	16.00
《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00	网络数据库技术及应用(高职)(范剑波)	24.00
计算机操作系统(方敏)	28.00	C++程序设计语言(揣锦华)	20.00
Linux 操作系统实用教程(高职)(梁广民)	20.00	《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00
Linux实训指导教程(高职)(陆虹)	13.00	Visual C++基础教程(郭文平)	29.00
~~~~~图形处理类~~~~~		汇编语言程序设计(第二版)(韩海)	18.00
多媒体技术及应用(高职)(王坤)	21.00	汇编语言程序设计(李强)	23.00
多媒体软件设计技术(第二版)(陈启安)	20.00	微型计算机汇编语言程序设计(龚尚福)	23.00
多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)	18.00	面向对象程序设计与VC++实践(揣锦华)	22.00
多媒体技术基础与应用(曾广雄)	20.00	面向对象程序设计与C++语言(第二版)	18.00
多媒体技术教程(杨安琪)	20.00	面向对象程序设计——JAVA(第二版)	32.00

跨平台程序设计语言——JAVA(赵毅)	24.00	通信系统(修订版)(王秉钧)	22.00
JAVA语言程序设计教程(张席)	18.00	现代通信网概论(杨武军)	29.00
JAVA程序设计(高职)(陈圣国)	18.00	现代通信理论(李白萍)	29.00
~~~~~电子技术类~~~~~			
测试与计量技术基础(周渭)	19.00	现代通信理论与技术导论(张德纯)	25.00
测试技术基础(李孟源)	15.00	现代通信技术与网络应用(张宝富)	23.00
现代测控技术(吕辉)	20.00	现代通信新技术(达新宇)	22.00
测试系统技术(郭军)	14.00	数字移动通信技术(高职)(张重阳)	15.00
自动检测技术(何金田)	26.00	通信工程专业英语(常义林)	12.00
时频测控技术(周渭)	21.00	微波与卫星通信(李白萍)	15.00
图像检测与处理技术(于殿泓)	18.00	微波技术及应用(张瑜)	20.00
光学设计(刘钧)	22.00	电磁波——传输·辐射·传播(王一平)	26.00
光的电磁理论(石顺祥)	28.00	计算机通信网(沈金龙)	24.00
可程序控制器应用技术(张发玉)	22.00	计算机数据通信教程(张燕)	15.00
传感器原理及工程应用(第二版)	20.00	计算机数据通信(雷思孝)	22.00
传感器应用技术(高职)(王煜东)	27.00	信息安全数学基础(谢敏)	18.00
电路分析基础(第三版)(张永瑞)	28.00	现代交换技术(张继荣)	20.00
模拟电子技术(第二版)(教育部高职)(周雪)	17.00	程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
模拟电子技术(第二版)(江晓安)	21.00	数字视觉视频技术(研究生)(李玉山)	26.00
《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00	数据融合理论与应用(第二版)(康耀红)	20.00
模拟电子技术实验(高职)	9.00	自动控制原理(高职)(赵四化)	16.00
模拟电子技术实训(高职)	9.00	自动控制原理(薛安克)	19.00
《模拟电子技术(修订版)》		《自动控制原理》学习指导与题解(方斌)	22.00
目标测试及习题全解	11.00	自动控制原理与应用(高职)(韩全立)	19.00
《电路分析(修订版)》		自动控制原理及其应用(高职)(温希东)	15.00
学习指导及习题全解(高职)	19.00	智能化仪器原理及应用(高职)(曹建平)	16.00
电子产品工艺实训(高职)(卢庆林)	15.00	楼宇自动化(高职)(盛啸涛)	14.00
电子工艺实训教程(宁铎)	19.00	电梯原理及逻辑排故(高职)(姚融融)	24.00
电工与电子技术(高职)(路松行)	26.00	~~~~~家用电器与机电类~~~~~	
电工技能实训基础(高职)(张仁醒)	14.00	电视原理与系统(赵坚勇)	16.00
电工初级技能实训(杜江)	17.00	电视原理与电视机检修(高职)(庄月恒)	16.00
电工中级技能实训(高职)(阮友德)	15.00	数字电视技术(赵坚勇)	20.00
信号与系统实验(MATLAB)(党宏社)	14.00	调音技术(高职)(肖昶)	16.00
多媒体通信技术(王汝言)	26.00	现代音响与调音技术(王兴亮)	19.00
现代通信系统(鲜继清)	28.00	电气控制与PLC原理及应用(高职)(常文平)	17.00
现代通信系统导论(高职)(赵明忠)	21.00	电气控制技术(史军刚)	18.00
通信电路(沈伟慈)	21.00	电力电子技术及应用(高职)(刘雨棣)	20.00
通信电源(高职)(刘南平)	14.00	工程力学(皮智谋)(高职)	12.00
		工程力学(史艺农)(高职)	23.00

工程材料与热加工技术 (高职) (程晓宇)	20.00	电火花加工实训教程 (高职) (贾立新)	10.00
先进制造技术 (高职) (赵云龙)	14.00	机电一体化技术 (高职) (邱士安)	17.00
先进制造技术 (高职) (孙燕华)	16.00	机床电器与 PLC (高职) (李伟)	14.00
检测与控制技术 (高职) (李贵山)	21.00	机床电气与 PLC (高职) (陶维利)	16.00
机械工程基础 (李茹) (高职)	26.00	电机及拖动基础 (高职) (孟宪芳)	17.00
机械设计基础 (张京辉) (高职)	24.00	电机拖动与控制 (高职) (刘保录)	25.00
机械设计基础 (郭红星) (高职)	20.00	电机与电气控制 (高职) (冉文)	23.00
机械基础 (周家泽)	17.00	电切削加工技术 (高职) (詹华西)	13.00
机械 CAD/CAM 技术 (方新)	20.00	金属切削与机床 (高职) (聂建武)	22.00
SolidWorks2005 机械设计		金属切削原理与刀具实训教程 (黄雨田)	15.00
基础教程 (高职) (蓝汝铭)	18.00	模具制造技术 (高职) (刘航)	22.00
机械制图 (刘家平) (高职)	35.00	模具设计 (高职) (赵伟阁)	30.00
机械制图与计算机绘图 (刘家平) (高职)	40.00	模具设计 (高职) (曾霞文)	18.00
机械制造工艺装备 (高职) (吴新佳)	19.00	液压与气动技术 (朱梅)	19.00
机械制造工艺装备 (高职) (朱派龙)	22.00	液压传动技术 (高职) (简引霞)	23.00
机械制造技术 (高职) (邵堃)	24.00	特种加工技术 (高职) (周旭光)	10.00
机械制造技术 (高职) (吴慧媛)	25.00	汽车电工电子技术 (高职) (黄建华)	20.00
机械制造基础 (高职) (郑广花)	21.00	汽车电气设备与维修 (高职) (吴涛)	32.00
机械加工技术 (高职) (魏康民)	24.00	汽车电气设备与维修 (高职) (李春明)	25.00
计算机辅助机械设计 (秦汝明)	19.00	汽车车身结构与维修 (高职) (吴兴敏)	26.00
数控机床原理与编程 (高职) (陈富安)	20.00	汽车空调 (高职) (李祥峰)	16.00
数控编程与操作--SINUMERIK 数控系统	15.00	汽车概论 (高职) (邓书涛)	20.00
数控加工与编程 (高职) (詹华西)	22.00	现代汽车典型电控系统结构原理	
数控加工工艺与编程 (高职) (荣瑞芳)	20.00	与故障诊断 (高职) (徐生明)	25.00
数控加工工艺 (高职) (赵长旭)	24.00	工业机器人技术 (高职) (郭洪红)	16.00
数控加工实训教程 (高职) (朱岱力)	14.00	互换性与技术测量 (高职) (杨好学)	18.00
数控加工技术实训教程 (高职) (詹华西)	23.00	车工基本技能训练 (高职) (武建荣)	6.00
数控编程与操作 (高职) (秦启书)	16.00	钳工基本技能训练 (高职) (彭彦)	5.00
数控技术及应用 (高职) (马一民)	17.00	钣金基本技能训练 (高职) (刘富觉)	10.00
数控机床故障分析与维修 (高职) (潘海丽)	19.00	焊接基本技能训练 (高职) (王红英)	6.00
数控机床电气控制 (高职) (姚勇刚)	21.00	建筑管道工基本技能训练 (高职) (陈斐明)	8.00
现代数控机床 (高职) (刘瑞己)	25.00	铣工基本技能训练 (高职) (韩振武)	4.00
数控应用专业英语 (高职) (黄海)	17.00	Pro/ENGINEER 应用教程 (高职) (朱玉红)	23.00
数控原理与系统 (高职) (苏宏志)	14.00	营销管理——创造和传递需求的艺术	30.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

邮购业务电话: (029) 88276697 88201467 传 真: (029) 88213675

目 录

绪论.....	1	2.2.10 铂与铂合金.....	28
复习题.....	3	2.2.11 铀与铀合金.....	28
第一章 焊、割的职业道德与 安全知识.....	5	2.2.12 锌与锌合金.....	30
1.1 焊、割的职业道德.....	5	复习题.....	31
1.1.1 焊工安全生产的重要性.....	5	第三章 有色金属材料的切割方法.....	32
1.1.2 预防触电的安全知识.....	5	3.1 概述.....	32
1.2 防火、防爆、防毒、防辐射的 安全知识.....	6	3.2 气体火焰切割.....	32
1.2.1 预防火灾和爆炸的安全知识.....	6	3.2.1 氧矛气割.....	32
1.2.2 预防有害气体和烟尘中毒的 安全知识.....	7	3.2.2 金属粉末切割.....	33
1.2.3 预防弧光辐射的安全知识.....	7	3.3 碳弧气刨及碳弧空气切割.....	33
1.3 焊接、气割现场的安全作业.....	7	3.3.1 碳弧气刨的工作原理.....	33
1.3.1 焊割作业前的准备工作.....	8	3.3.2 碳弧气刨的特点.....	34
1.3.2 焊接切割作业前的检查和 安全措施.....	8	3.3.3 碳弧气刨及切割的应用范围.....	34
1.3.3 焊割时的安全作业.....	9	3.3.4 碳弧气刨的工艺参数及其影响.....	35
1.3.4 割作业后的安全检查.....	9	3.3.5 碳弧气刨的操作及安全技术.....	38
1.3.5 高空作业安全技术.....	10	3.3.6 碳弧气刨的常见缺陷及预防措施.....	39
复习题.....	11	3.3.7 薄板的碳弧气刨.....	39
第二章 有色金属材料简介.....	12	3.4 等离子弧切割.....	40
2.1 概述.....	12	3.4.1 等离子弧.....	40
2.2 常用有色金属材料的介绍.....	12	3.4.2 等离子弧的形成原理.....	40
2.2.1 铜与铜合金.....	12	3.4.3 等离子弧的类型.....	41
2.2.2 铝与铝合金.....	16	3.4.4 等离子弧切割的原理及其特点.....	42
2.2.3 钛与钛合金.....	21	3.4.5 等离子弧切割的工艺参数选择.....	42
2.2.4 镍与镍合金.....	23	3.4.6 等离子弧切割的操作技术.....	46
2.2.5 铅.....	24	3.4.7 大厚度工件的切割特点.....	47
2.2.6 锆与锆合金.....	24	3.4.8 等离子弧常见故障产生原因及 其改善措施.....	47
2.2.7 镁与镁合金.....	25	3.4.9 空气等离子弧切割.....	49
2.2.8 金与金合金.....	26	3.4.10 氧气等离子弧切割.....	52
2.2.9 银与银合金.....	27	3.4.11 双层气体等离子弧切割.....	53
		3.4.12 水筒压缩等离子弧切割.....	53
		3.4.13 等离子弧切割的安全技术.....	54
		3.5 激光切割.....	56

3.5.1 激光切割的特点	56	4.5.3 缝焊	124
3.5.2 激光切割的方法与原理	57	4.5.4 对焊	125
3.5.3 激光切割设备	57	4.6 气焊	128
3.5.4 激光切割的工艺参数选择	59	4.6.1 气焊火焰	128
3.5.5 激光切割的安全技术	60	4.6.2 气焊接头的形式及坡口	130
3.6 水射流切割	61	4.6.3 焊前准备	130
3.6.1 水射流切割的原理及其特点	61	4.6.4 气焊工艺参数的选择	130
3.6.2 水射流切割的类型及其应用范围	61	4.6.5 气焊操作技术	131
3.6.3 水射流切割的工艺参数选择	63	4.6.6 管子的焊接	134
3.6.4 水射流切割的操作技术	64	4.7 钎焊	138
3.6.5 水射流切割的常见缺陷及 故障排除	65	4.7.1 钎焊的操作要点	138
3.6.6 水射流切割的安全技术	67	4.7.2 钎焊接头的缺陷及产生原因	138
复习题	67	4.7.3 钎焊接头间隙	139
第四章 有色金属材料的焊接方法	69	4.7.4 钎焊前焊件表面的处理	140
4.1 手工电弧焊	69	4.7.5 火焰钎焊设备	141
4.1.1 手工电弧焊的特点及应用	69	复习题	142
4.1.2 手工电弧焊接接头的坡口形式及 坡口加工方法	69	第五章 有色金属材料焊接的 焊接材料	143
4.1.3 手工电弧焊的工艺参数选择	74	5.1 焊条	143
4.1.4 手工电弧焊的基本操作技术	75	5.1.1 焊条的分类	143
4.1.5 各种类型焊件的焊接	87	5.1.2 焊条的组成材料及作用	143
4.1.6 常见手工电弧焊缺陷及防止措施	91	5.1.3 常用焊条的牌号、特点和用途	143
4.2 熔化极气体保护电弧焊	93	5.1.4 焊条的选用原则	147
4.2.1 熔化极气体保护电弧焊的 特点及应用	93	5.2 焊丝	148
4.2.2 熔化极惰性气体保护 电弧焊(MIG)	94	5.2.1 铜及铜合金焊丝	148
4.2.3 CO ₂ 气体保护电弧焊	96	5.2.2 铝及铝合金焊丝	150
4.2.4 熔化极混合气体保护电弧焊	107	5.2.3 镍基合金焊丝	150
4.3 非熔化极气体保护电弧焊	107	5.3 焊剂	152
4.3.1 钨极氩弧焊	107	5.3.1 埋弧焊焊剂及电渣焊焊剂	152
4.3.2 等离子弧焊	112	5.3.2 气焊焊剂	152
4.4 电渣焊	115	5.4 焊接用气体	153
4.4.1 电渣焊的特点及应用	115	5.4.1 焊接用气体的性质及用途	153
4.4.2 电渣焊技术	116	5.4.2 焊接用气体的技术要求	154
4.5 电阻焊	120	5.5 钎料与钎剂	154
4.5.1 常用材料电阻焊的焊接性	121	5.5.1 钎料牌号的表示方法	154
4.5.2 点焊	121	5.5.2 各种钎料的成分、性能和用途	155
		5.5.3 钎剂	158
		5.6 其他焊接材料	160
		5.6.1 电阻焊用电极材料	160

5.6.2 气体保护焊用钨极材料	161	7.2 铜及铜合金的焊接	217
5.6.3 防止飞溅粘结用涂料	161	7.2.1 焊接特点	217
5.7 焊接材料消耗估算	162	7.2.2 焊接方法的选择	218
5.7.1 焊接材料消耗定额的估算	162	7.2.3 焊前准备	218
5.7.2 气体消耗定额的计算	163	7.2.4 焊接工艺	219
5.7.3 焊条、焊丝、焊剂、气体消耗定额 有关参数的计算	163	7.3 镁合金焊接	224
复习题	169	7.3.1 焊接特点	224
第六章 有色金属材料焊接的		7.3.2 焊接工艺	225
焊接设备	171	7.3.3 焊接工艺参数举例	225
6.1 焊接设备的选择	171	7.4 钛及钛合金焊接	227
6.1.1 焊接设备的分类	171	7.4.1 焊接特点	227
6.1.2 选择焊接设备的一般原则	171	7.4.2 焊接工艺要点	227
6.2 气焊设备	172	7.4.3 焊接工艺参数举例	228
6.2.1 氧气瓶、乙炔瓶及瓶阀	172	7.5 镍与镍合金焊接	230
6.2.2 乙炔发生器	173	7.5.1 焊接特点	230
6.2.3 回火防止器	174	7.5.2 焊接工艺要点	231
6.2.4 减压器	175	7.5.3 焊接工艺参数举例	231
6.2.5 焊炬	177	7.6 铅的焊接	234
6.3 弧焊设备	178	7.6.1 焊接特点	234
6.3.1 弧焊电源	178	7.6.2 焊接工艺	234
6.3.2 埋弧自动焊机	187	7.7 锆及锆合金的焊接	237
6.3.3 气体保护电弧焊(气电焊)机	189	7.7.1 焊接特点	237
6.3.4 等离子弧焊机	192	7.7.2 焊前准备	237
6.3.5 电阻焊机	194	7.7.3 焊接工艺	237
6.4 其他焊接设备	197	7.7.4 焊接工艺参数举例	237
6.4.1 电渣焊机	197	7.8 钨、钼、铌、钽及其合金的焊接	239
6.4.2 激光焊机	199	7.8.1 焊接特点	239
6.4.3 电子束焊机	200	7.8.2 焊前准备	239
6.4.4 磨擦焊机	201	7.8.3 焊接工艺	240
6.4.5 高频焊机	202	7.8.4 焊接工艺参数举例	240
6.4.6 焊接机器人简介	203	7.9 异种金属材料焊接	242
复习题	204	7.9.1 钢与紫铜的焊接	242
第七章 常用有色金属材料的焊接	205	7.9.2 钢与钛的焊接	244
7.1 铝及铝合金的焊接	205	7.9.3 钢与铝的焊接	245
7.1.1 焊接特点	206	7.9.4 铝与铜的焊接	246
7.1.2 焊接材料的选择	206	复习题	247
7.1.3 焊前准备	209	第八章 焊接应力及其变形	248
7.1.4 焊接工艺	209	8.1 焊接应力与变形的基本概念	248
		8.1.1 应力和变形	248

8.1.2 应力和变形的形成	248
8.2 焊接残余变形	252
8.2.1 焊接残余变形的分类及 产生原因	252
8.2.2 影响焊接残余变形的因素	256
8.2.3 控制焊接残余变形的措施	258
8.2.4 焊后残余变形的矫正方法	262
8.3 焊接残余应力	264
8.3.1 焊接残余应力的分类	264
8.3.2 控制焊接残余应力的措施	264
8.3.3 消除残余应力的方法	266
复习题	266

第九章 焊接检验	268
9.1 焊接检验概述	268
9.2 非破坏性检验	269
9.2.1 外观检验	269
9.2.2 致密性检验	270
9.2.3 无损探伤检验	272
9.3 破坏性检验	277
9.3.1 机械性能试验	277
9.3.2 化学分析及腐蚀试验	279
9.3.3 金相检验	280
复习题	280
参考文献	281

绪 论

随着科学技术的高速发展,黑色金属(钢、铁)材料已不能满足人们的需要,而有色金属材料因其特有的机械性能、品质和颜色,广泛应用于各个科学领域,如通用机械、生活用品、航空、航天、航海及其他尖端科学领域。

有色金属材料的加工与制作及生产机械设备,同黑色金属材料的一样。两个或两个以上零件连接在一起的方法可分为两大类:一类是不必毁坏零件就可以拆卸的机械性连接,如螺纹(螺钉、螺栓、螺柱)连接和铆钉连接等就是可拆卸的机械性连接,见图 0-1;另一类是永久性的连接,如焊接就是利用两个物体原子间产生的结合作用来实现连接的,连接后不能再拆卸,故为永久性连接。

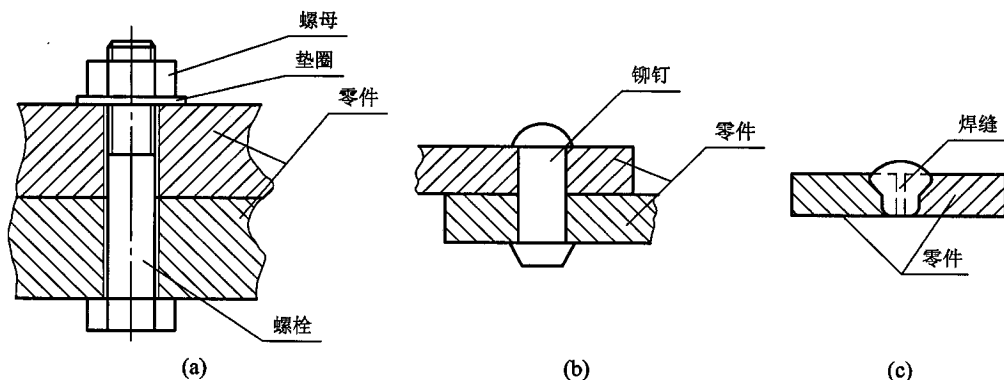


图 0-1 零件的连接方式

(a) 螺栓连接; (b) 铆钉连接; (c) 焊接

焊接就是通过加热、加压或两者并用,并且用(或不用)填充材料,使焊件达到原子结合的一种加工方法。焊接不仅可以使金属材料永久地连接起来,也可以使某些非金属材料达到永久连接的目的,如玻璃焊接、塑料焊接等,但生产中主要是用于金属的焊接。

过去,零件的连接主要采用铆接工艺。自 19 世纪以来,由于焊接工艺的成功应用和迅速发展,因此逐步取代了铆接,而现在几乎全部采用焊接工艺。造成这种趋势的主要原因是焊接具有显著的优越性,与铆接、铸造相比,它具有节省金属材料、减轻结构重量、简化加工与装配工序、接头的致密性好、强度高、经济效益好、能改善劳动条件等一系列特点。

由此可知,焊接与其他的连接方法不同,焊接后的连接材料不仅在宏观上建立了永久性联系,而且在微观上建立了组织之间的内在联系。但是,必须使分离金属的原子间产生足够大的结合力,才能建立组织之间的内在联系,形成牢固接头。这对液体来说是很容易的,而对固体来说则比较困难,需要外部给予很大的能量,以使金属接触表面达到原子间的距离。为此,金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同,可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类:

(1) 熔焊是在焊接过程中,将焊件接头加热至熔化状态,不加压完成焊接的方法。加热增强了金属的原子动能,促进了原子间的相互扩散,当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时,原子间可以充分扩散和紧密接触,冷却凝固后,即可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊(简称气电焊)等都属于熔焊的方法。

(2) 压焊是在焊接过程中,必须对焊件施加压力(加热或不加热),以完成焊接的方法。这类焊接有两种形式:一种是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加一定的压力,以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头,如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压焊方法;另一种是不进行加热,仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力,借助于压力所引起的塑性变形,以使原子间相互接近而获得牢固的挤压接头,这种压焊的方法有冷压焊和爆炸焊等。

(3) 钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作为填充金属,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点且低于母材熔点的温度,再利用液态钎料润湿母材,以填充接头间隙并与母材相互扩散而连接焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊和火焰钎焊等。

目前,焊接方法的分类如图 0-2 所示。

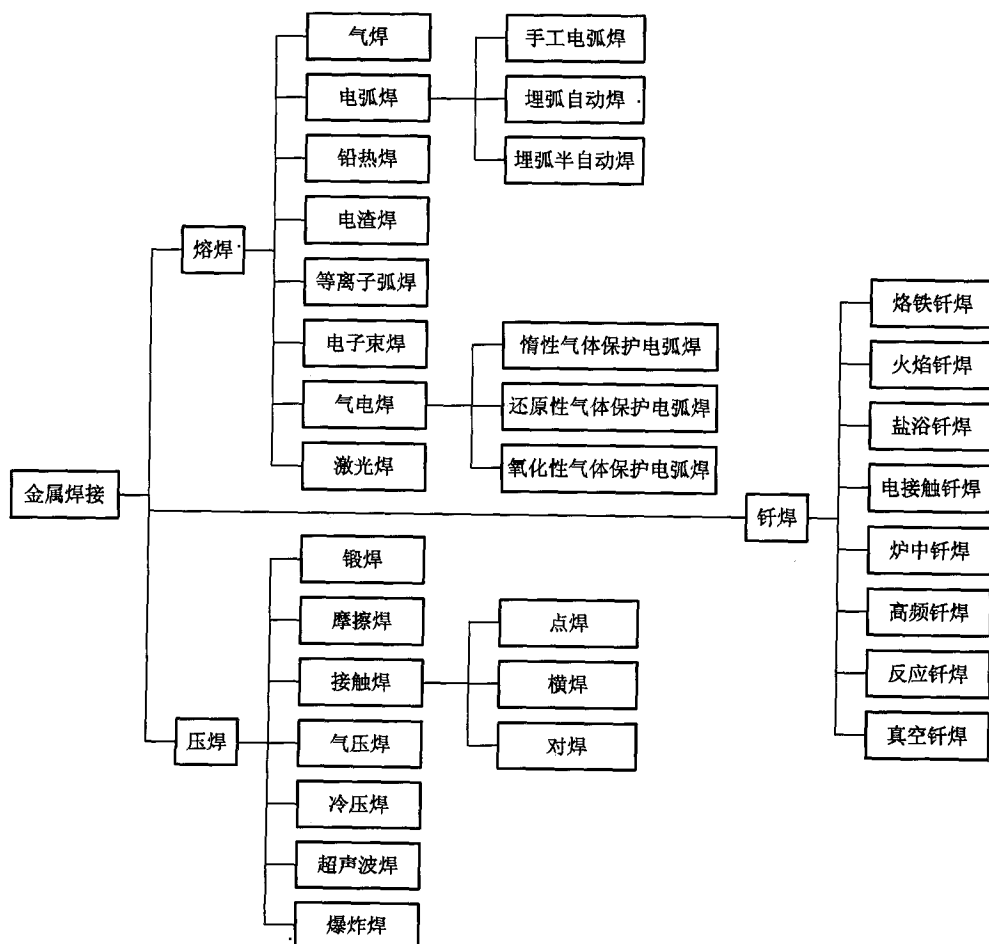


图 0-2 焊接方法的分类

我国是一个具有悠久焊接历史的国家，早在一千多年前，我国劳动人民就掌握了焊接技术。古书上有这样的记载：“凡钎铁之法……小钎用白铜末，大钎则竭力挥槌而强合之……”。这说明当时我国已掌握了用铜钎焊和锻焊来连接铁类金属的技术，并在古老的焊接技术发展史上留下了光辉的一页。

近代焊接技术，是从 1882 年出现碳弧焊开始，直到 20 世纪的 30 年代，在生产上还只是采用气焊和手工电弧焊等简单的焊接方法。由于焊接具有节省材料、生产率高、产品质量好和能大大改善劳动条件等优点，因此在近半个多世纪内得到了极为迅速的发展。20 世纪 40 年代初期出现了优质电焊条，使长期以来人们所怀疑的焊接技术得到了一次飞跃。40 年代后期，埋弧焊和电阻焊的应用，使焊接过程的机械化和自动化成为现实。50 年代的电渣焊、各种气体保护电弧焊、超声波焊，60 年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到了一个新的水平。近年来对能量束焊、太阳能焊、冷压焊等新的焊接方法也开始研究，尤其是在焊接工艺自动控制方面有了很大的发展，如采用电子计算机控制可以获得较好的焊接质量和较高的生产率。采用工业电视监视焊接过程，便于遥控，有助于实现现代化。在焊接生产中还采用了工业机器人，使焊、割工艺自动化达到了一个更新的阶段，使人不能达到的那些地方能够用机器人进行焊接，既安全又可靠，特别是在原子能工业中更有其广阔的发展前景。

目前，焊接技术作为一种基本工艺方法应用于船舶、车辆、航空、锅炉、电机、有色金属冶炼设备、石油化工机械、有色矿山机械、起重机械、建筑及国防等各个工业领域，并成功地焊接了不少重要产品，如 12 000 吨水压机、30 万千瓦双水内冷气轮发电机组、大型球形容器、“远望”号万吨级远洋考察船、原子反应堆、人造卫星等。各种新工艺，如多丝埋弧焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳半自动焊、全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊和数字程序控制气割等已在许多工厂应用。建立了锅炉省煤器、过热器蛇形管摩擦焊、汽车车体电阻点焊和车轮气体保护焊等数十条焊接生产自动线。设计制造了上百种焊接设备，如 20 千瓦储能点焊机、汽车制造用的各种专用多点焊机、窄间隙全位置等离子弧焊机、微束等离子弧焊机、150 kV/200 mA 真空电子束焊机、120 瓦激光焊机等。生产了 160 多种焊条和多种焊丝、焊剂等焊接材料。为了培养焊接技术人才和发展焊接科学技术，特别是有色金属材料的焊接，先后在许多高等和中等技术学校设置了焊接专业，并建立了焊接研究所和电焊机研究所，为建立一支庞大的焊接技术队伍创造了有利条件。

目前，我国的焊接技术已经取得了很大的发展，但是和世界先进水平相比，仍然存在着一定差距。我们必须树雄心，立壮志，更加刻苦地学习，更加努力地工作，不断攀登焊接技术的新高峰，为实现我国“四个现代化”的宏伟目标而努力奋斗。

复 习 题

1. 什么叫焊接？它与铆接相比具有哪些优点？
2. 焊接技术在现代工业生产中的应用有哪些？
3. 解释名词：熔焊、压焊、钎焊。