



全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

焊接方法 与设备使用

HANJIE FANGFA
YU SHEBEI SHIYONG



邱葭菲 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



针对教材使用者

赠 电子教案

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

焊接方法与设备使用

主 编 邱葭菲
参 编 陈云祥 王瑞权 薛剑彪
宋中海
主 审 谢长林 栾淑琴



NLIC2970843265



机械工业出版社

本书主要包括：焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、气焊与切割、等离子弧焊接及切割、电阻焊，以及其他焊接、切割方法与技术。书中主要讲授各种常用焊接方法的原理、特点、相应设备、焊接材料、工艺及应用等知识，并对焊接方法的新发展作了介绍，每单元都配有焊接方法的工程应用实例和职业资格认证训练题。

本书为高等职业院校焊接类专业教材，亦可供有关工程技术人员参考。

本书配有电子课件，凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网（<http://www.cmpedu.com>）下载，或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话：010-88379375。

图书在版编目（CIP）数据

焊接方法与设备使用/邱葭菲主编. —北京：机械工业出版社，2012.9

全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材 高等职业教育教学改革精品教材

ISBN 978-7-111-40549-8

I. ①焊… II. ①邱… III. ①焊接工艺—高等职业教育—教材②焊接设备—高等职业教育—教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 283365 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：边 萌 责任编辑：边 萌 王丽滨

版式设计：霍永明 责任校对：刘秀丽

封面设计：鞠 杨 责任印制：张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 14.25 印张 · 346 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-40549-8

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

本书是在进一步贯彻落实国务院《关于大力推进职业教育改革与发展的决定》和教育部《全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》以及全国高等职业教育改革与发展有关精神,加强职业教育教材建设,满足职业院校深化教学改革对教材建设要求的新形势下编写而成的。

本书主要讲授各种常用焊接方法的原理、特点、相应设备、焊接材料、工艺及应用等知识,并对焊接方法的新发展作了介绍,每单元都配有焊接方法的工程应用实例和职业资格认证训练题。全书共分8个单元,包括焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、气焊与气割、等离子弧焊接及切割、电阻焊,以及其他焊接、切割方法与技术。

本教材具有以下特色:

1. 体现科学性和职业性。教材编写贯彻以焊接方法实施(应用)过程为导向,体现校企合作、工学结合的职业教育理念,体现“以就业为导向,突出职业能力培养”精神,教材内容反映职业岗位能力要求、与焊工国家职业标准及焊工职业资格认证有机衔接,实现理论与实践相结合,以满足“教、学、做合一”的教学需要。
2. 体现应用性和实用性。教材以应用性和实用性为原则,以必需、够用为度。内容选取做到“五融入”,即企业标准(工艺规程、守则等一线技术资格)融入教材,应用成果融入教材,生产案例融入教材,国家职业标准融入教材和先进技术融入教材。内容组织遵循“增、删、移三原则”,即“增”加新知识,“删”除偏难的、过时的、纯理论内容;“移”动调整教学内容,使其更符合学生认知规律及教育教学规律。
3. 突出理论与实践一体。教材编写突出理论与实践的紧密结合,注重从理论与实践结合的角度阐明基本理论。每单元都有精选的来自生产一线的典型焊接应用实例模块供学生消理解。同时,为便于职业资格认证,每单元都有与之相适应的、包括理论(应知)和技能(应会)的职业资格认证训练模块。
4. 注重先进性和创新性。教材编写注重知识的先进性,体现焊接新技术、新工艺、新方法、新标准,使学生在第一时间学习到新知识、新技术、新技能,以适应职业和岗位的变化,有利于提高学生可持续发展的能力和职业迁移能力,同时教材还注意体现对学生创新能力的培养。
5. 教材体系模式新。每单元都有焊接方法工程应用实例和职业资格认证训练题,并且每单元都按照“认识焊接方法—设备及工具—焊接材料—焊接工艺—工程应用实例—职业资格认证训练”等知识点编写,符合学习的认知规律,层次分明,条理清晰,知识连贯性强,便于教与学。同时文字流畅,简明扼要,图文并茂,通俗易懂。此外书中还对易混淆、难理解的知识点用“小提示”等栏目加以提醒。
6. 校企互补的编写队伍。编写队伍除骨干教师外,还邀请了实践经验丰富的企业高级工程师和技艺高超的高级技师编写稿件。本教材是校企合作的结晶。

本书由邱葭菲任主编。浙江机电职业技术学院陈云祥编写第七单元的模块一至模块四，王瑞权编写第八单元的模块一至模块六；第一单元至第四单元的职业资格认证训练模块由浙江特种设备检验研究院薛剑彪高级技师编写，第五单元至第八单元的职业资格认证训练模块由杭州杭氧换热设备有限公司宋中海高级工程师编写，其余单元由浙江机电职业技术学院邱葭菲编写。全书由邱葭菲统稿，由湖南湘江电焊条有限公司谢长林高级工程师、杭州重型机械厂栾淑琴高级技师审稿。

本书在编写过程中，参阅了大量的国内外出版的有关教材和资料，充分吸收了国内多所高职院校近年来的教学改革经验，得到了许多教授、专家的支持和帮助，如蔡秋衡、廖凤生、申文志、高宗为、蔡柳英等，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和错误，恳请有关专家和广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

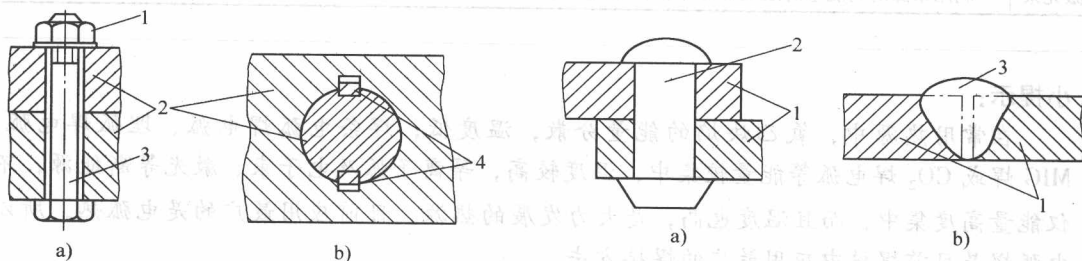
绪论	1
第一单元 焊条电弧焊	7
模块一 认识焊条电弧焊	7
模块二 焊条电弧焊设备及工具	8
模块三 焊条电弧焊焊接材料	19
模块四 焊条电弧焊工艺	29
模块五 焊条电弧焊工程应用实例	34
模块六 焊条电弧焊职业资格认证 训练	36
第二单元 埋弧焊	40
模块一 认识埋弧焊	40
模块二 埋弧焊设备	43
模块三 埋弧焊的焊接材料	54
模块四 埋弧焊工艺	60
模块五 埋弧焊工程应用实例	68
模块六 埋弧焊职业资格认证训练	70
第三单元 熔化极气体保护电弧焊	74
模块一 认识熔化极气体保护电弧焊	74
模块二 二氧化碳气体保护电弧焊	76
模块三 熔化极惰性气体保护电弧焊	90
模块四 熔化极活性气体保护电弧焊	92
模块五 药芯焊丝气体保护电弧焊	95
模块六 熔化极气体保护电弧焊工程 应用实例	98
模块七 熔化极气体保护电弧焊职业 资格认证训练	100
第四单元 钨极惰性气体保护电 弧焊	103
模块一 认识钨极惰性气体保护电 弧焊	103
模块二 TIG 焊的焊接材料	104
模块三 TIG 焊设备	106

模块四 TIG 焊工艺	111
模块五 TIG 焊工程应用实例	118
模块六 TIG 焊职业资格认证训练	119
第五单元 气焊与气割	123
模块一 认识气体火焰	123
模块二 气焊	125
模块三 气割	134
模块四 气焊工程应用实例	142
模块五 气焊气割职业资格认证训练	143
第六单元 等离子弧焊及切割	148
模块一 认识等离子弧	148
模块二 等离子弧切割	151
模块三 等离子弧焊接	157
模块四 等离子弧焊工程应用实例	166
模块五 等离子弧焊、割职业资格认证 训练	167
第七单元 电阻焊	172
模块一 认识电阻焊	172
模块二 电阻焊设备	176
模块三 常用电阻焊工艺	181
模块四 电阻焊工程应用实例	187
模块五 电阻焊职业资格认证	188
第八单元 其他焊接、切割方法与 技术	192
模块一 钎焊	192
模块二 电渣焊	198
模块三 碳弧气刨	201
模块四 螺柱焊	204
模块五 先进焊接方法与技术	209
模块六 其他焊接方法工程应用实例	213
模块七 其他焊接方法职业资格认证 训练	216
参考文献	219

绪 论

一、焊接及其本质

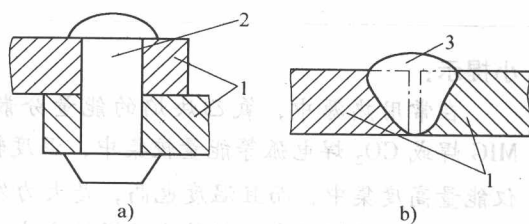
在金属结构和机器的制造中，经常需要将两个或两个以上的零件按一定形式和位置连接起来。通常可以根据这些连接方法的特点，将其分为两大类：一类是可拆卸的连接方法，即不必毁坏零件就可以拆卸，如螺栓联接、键联接等，如图绪-1所示；另一类是永久性的连接方法，其拆卸只有在毁坏零件后才能实现，如铆接、焊接等，如图绪-2所示。



图绪-1 可拆卸连接

a) 螺栓联接 b) 键联接

1—螺母 2—被联接件 3—螺栓 4—键



图绪-2 永久性连接

a) 铆接 b) 焊接

1—零件 2—铆钉 3—焊缝

焊接就是通过加热或加压，或两者并用，用或不用填充材料，使焊件达到结合的一种加工工艺方法。

由此可见，焊接最本质的特点就是通过焊接使焊件达到结合，从而将原来分开的物体形成永久性连接的整体。要使两部分金属材料达到永久性连接的目的，就必须使分离的金属相互非常接近，使之产生足够大的结合力，才能形成牢固的接头。这就是金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的原因。

小提示：

焊接不仅可以连接金属材料，而且也可以实现某些非金属材料的永久性连接，如玻璃焊接、陶瓷焊接、塑料焊接等。在工业生产中焊接方法主要用于金属的连接。

二、焊接方法的热源

实现金属焊接（切割）的能量，主要是热能和机械能。对于熔焊，主要是热源的热能。常用焊接方法的热源有电弧热、电阻热、化学热、摩擦热、激光束、电子束等。各种热源的特点及对应焊接（切割）方法见表绪-1。

表绪-1 常用焊接（切割）方法热源

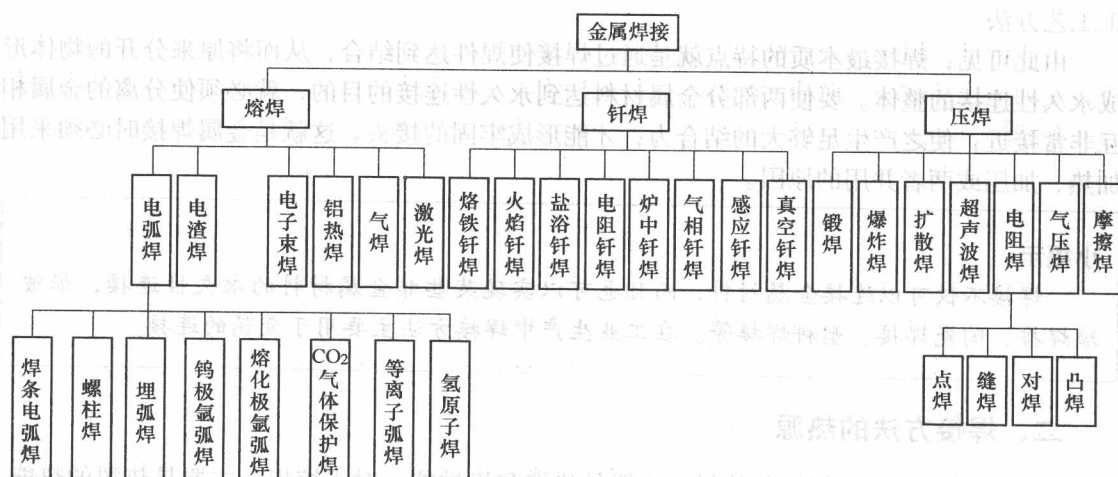
热源	特 点	对应焊接（切割）方法与技术
电弧热	气体介质在两电极间或电极与母材间强烈而持久的放电过程所产生的电热为焊接、切割热源。电热是目前焊接中应用最广的热源	电弧焊，如焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、等离子弧焊接（切割）等
化学热	利用可燃气体的火焰放出的热量或铝、镁热剂与氧或氧化物发生强烈反应所产生的热量为焊接（切割）热源	气焊（气割）、钎焊、热剂焊（铝热剂）
电阻热	利用电流通过导体及其界面时所产生的电阻热为焊接热源	电阻焊、高频焊（固体电阻热）、电渣焊（熔渣电阻热）
摩擦热	利用机械高速摩擦所产生的热量为焊接热源	摩擦焊
电子束	利用高速电子束轰击工件表面所产生的热量为焊接热源	电子束焊
激光束	利用聚焦的高能量的激光束为焊接、切割热源	激光焊、激光切割

小提示：

在常用热源中，氧乙炔焰的能量分散，温度低；焊条电弧焊电弧、埋弧焊电弧、MIG 焊或 CO₂ 焊电弧等能量较集中，温度较高，等离子弧及电子束、激光等新能源，不仅能量高度集中，而且温度也高，是大力发展的热源。目前应用最广的是电热热，所以电弧焊是目前焊接中应用最广的焊接方法。

三、焊接方法的分类

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。焊接方法的分类如图绪-3 所示。



图绪-3 焊接方法的分类

1. 熔焊

熔焊是在焊接过程中,将焊件接头加热至熔化状态,不加压力完成焊接的方法。在加热的条件下,当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时,原子之间可以充分扩散和紧密接触,因此冷却凝固后,可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、焊条电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

2. 压焊

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,然后加一定的压力,以使金属原子间相互结合而形成牢固的焊接接头,如锻焊、电阻焊、摩擦焊和气压焊等;二是不进行加热,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,而使原子间相互接近直至获得牢固的压挤接头,如冷压焊、爆炸焊等均属此类。

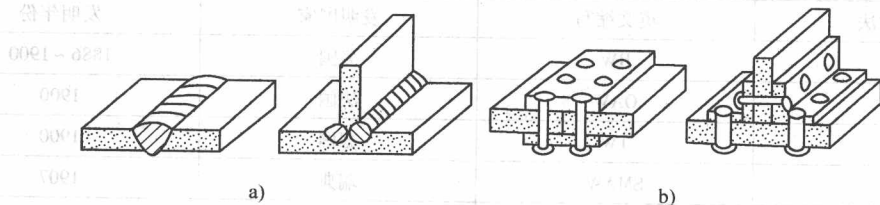
3. 钎焊

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点,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焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

四、焊接方法的特点

焊接是目前应用极为广泛的一种永久性连接方法。焊接在许多工业部门的金属结构中,几乎全部取代了铆接;在机械制造业中,不少过去一直用整铸、整锻方法生产的大型毛坯也改成了焊接结构,大大简化了生产工艺,降低了成本。目前,世界各国年平均生产的焊接结构用钢已占钢产量的45%左右,焊接方法之所以能迅速地发展,是因为它本身具有下列优点。

1) 焊接与铆接相比,可以节省大量金属材料,减轻结构的重量。例如,起重机采用焊接结构,其重量可以减轻15%~20%,建筑钢结构可以减轻10%~20%,其原因在于焊接结构不必钻铆钉孔,材料截面能得到充分利用,也不需要辅助材料,如图绪4所示。其次可以简化加工与装配工序。焊接结构生产不需钻孔,划线的工作量较少,因此劳动生产率高。另外,焊接设备一般也比铆接生产所需的大型设备(如多轴钻床等)的投资低。焊接结构还具有比铆接结构更好的密封性,这是压力容器特别是高温、高压容器不可缺少的性能。焊接生产与铆接生产相比,还具有劳动强度低,劳动条件好等优点。



图绪4 焊接与铆接比较

a) 焊接结构 b) 铆接结构

2) 焊接与铸造相比,首先它不需要制作木模和砂型,也不需要专门熔炼、浇铸,工序

简单,生产周期短,对于单件和小批量生产特别明显。其次,焊接结构比铸件能节省材料,通常其重量比铸钢件轻 20%~30%,比铸铁件轻 50%~60%,其因为是焊接结构的截面可以按需要来选取,不必像铸件那样因受工艺条件的限制而加大尺寸,且不需要采用很多的肋板和过大的圆角。第三,采用轧制材料的焊接结构,其材质一般比铸件好;即使不用轧制材料,用小铸件拼焊成大件,小铸件的质量也比大铸件容易保证。

3) 焊接具有一些用别的工艺方法难以达到的优点,如可根据受力情况和工作环境在不同的部位选用不同强度和不同耐磨、耐腐蚀、耐高温等性能的材料。

焊接也有一些缺点,如产生焊接应力与变形,而焊接应力会削弱结构的承载能力,焊接变形会影响结构形状和尺寸精度。焊缝中还会存在一定数量的缺陷,焊接中还会产生有毒有害的物质等。这些都是焊接过程中需要注意的问题。

五、焊接方法发展概况

我国是世界上较早应用焊接方法的国家之一。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……”。这说明我国在古代已掌握了用铜钎焊和锻焊方法来连接铁类金属的技术,这也说明我国是一个具有悠久的焊接历史的国家。

近代焊接技术从 1885 年出现碳弧焊开始,直到 20 世纪 40 年代才形成较完整的焊接工艺方法体系。特别是 40 年代初期出现了优质焊条后,焊接技术得到了一次飞跃。

现在,世界上已有 50 余种焊接工艺方法应用于生产中,随着科学技术的不断发展,特别是计算机技术的应用与推广,使焊接技术特别是焊接自动化技术达到了一个崭新的阶段。各种新工艺方法,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控切割设备及焊接机器人等,已广泛应用于船舶、车辆、航空、锅炉、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山机械、起重机械、建筑及国防等各个工业部门。不少重大产品的焊接,如 1.2 万 t 水压机、直径为 15.7m 的大型球形容器、万吨级远洋考察船“远望号”、三峡水轮机转轮(直径 10.7m、高 5.4m、重量 440t、耗用焊丝 12t,如图绪-5 所示)以及核反应堆、人造卫星、神舟系列太空飞船、世界第一穹顶的北京国家大剧院、长江芜湖大桥、2008 奥运会主体育场“鸟巢”(如图绪-6 所示)等都是焊接技术应用的杰作。

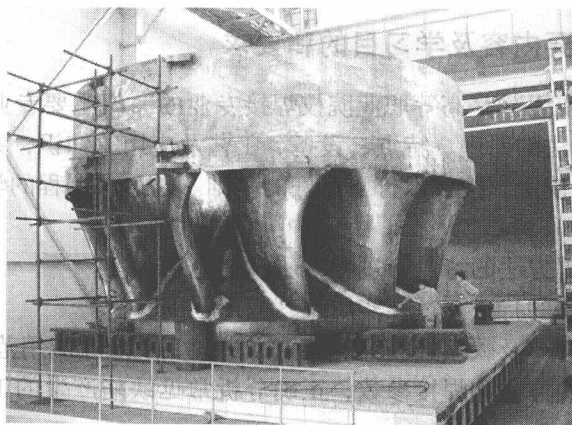
焊接方法的发展简史见表绪-2。

表绪-2 焊接方法发展简史

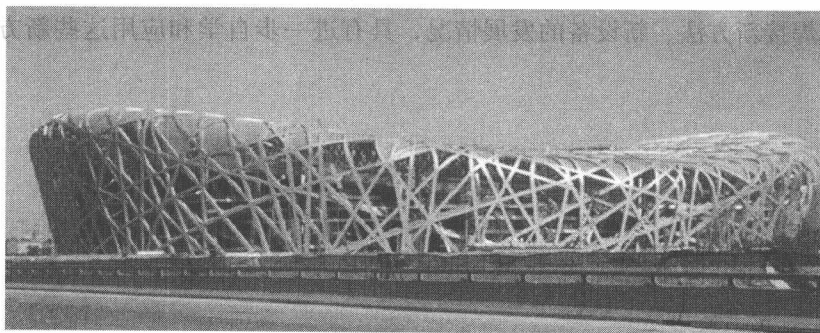
焊接方法	英文缩写	发明国家	发明年份
电阻焊	RW	美国	1886~1900
氧乙炔焊	OAW	法国	1900
铝热焊	TW	德国	1900
焊条电弧焊	SMAW	瑞典	1907
电渣焊	ESW	俄国,前苏联	1908~1950
等离子弧焊	PAW	德国,美国	1909~1953
钨极惰性气体保护焊	TIG, GTAW	美国	1920~1941
药芯焊丝电弧焊	FCAW	美国	1926

焊接方法的发展 (续)

焊接方法	英文缩写	发明国家	发明年份
螺柱焊	SW	美国	1930
熔化极惰性气体保护焊	MIG, GMAW	美国	1930 ~ 1948
埋弧焊	SAW	美国	1930
CO ₂ 气体保护焊	MAG, GMAW	前苏联	1953
电子束焊	EBW	前苏联	1956
激光束焊	LBW	英国	1970
搅拌摩擦焊	FSW	英国	1991



图绪-5 三峡水轮机转轮



图绪-6 2008 奥运会主体育场“鸟巢”

六、焊接方法的新发展

随着工业和科学技术的发展,焊接方法也在不断进步和完善,焊接已从单一的加工工艺发展成为综合性的先进工艺技术。焊接方法的新发展主要体现在以下几个方面。

1. 提高焊接生产率, 进行高效化焊接

焊条电弧焊中的铁粉焊条、重力焊条和躺焊条工艺, 埋弧焊中的多丝焊、热丝焊、窄间隙焊接, 气体保护电弧焊中的气电立焊、热丝 MAG 焊、TIME 焊等, 都是常用的高效焊接方法。

2. 提高焊接过程自动化、智能化水平

焊接机器人的应用是提高焊接过程自动化水平的有效途径, 应用焊接专家系统、神经网络系统等都能提高焊接过程的智能化水平。

3. 研究开发新的焊接热源

焊接工艺几乎运用了世界上一切可以利用的热源, 如火焰、电弧、电阻、激光、电子束等, 但新的更有效的焊接热源研发一直在进行, 例如采用两种热源的叠加, (如等离子束加激光、电弧中加激光等) 以获得更强的能量密度。

七、本教材的主要内容及学习目的和要求

“焊接方法与设备使用”是高等职业院校焊接专业的一门主要专业课。本课程的任务是使学生掌握常用焊接方法的原理、特点、设备、工艺及应用等知识, 并了解焊接方法的新发展, 为学生正确掌握和使用焊接技术打下良好的基础。通过本课程的学习, 学生应达到以下的教学目的和要求。

- 1) 掌握常用电弧焊方法的特点、过程实质及其应用范围。
- 2) 掌握气焊与气割的特点、过程实质及其应用范围。
- 3) 了解电阻焊、钎焊及碳弧气刨等的特点和过程实质及其应用范围。
- 4) 能正确选择焊接方法和焊接参数, 正确分析常见缺陷产生的工艺原因, 并能提出解决的方法。
- 5) 了解常用电弧焊设备的特点和应用范围, 具有正确选择和合理使用电弧焊设备的能力。
- 6) 了解焊接新方法、新设备的发展情况, 具有进一步自学和应用这些新方法、新设备的能力。

第一单元 焊条电弧焊

焊条电弧焊是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法，它是利用焊条和焊件之间产生的焊接电弧来加热并熔化焊条与焊件局部以形成焊缝的，是熔焊中最基本的一种焊接方法，也是目前焊接生产中使用最广泛的焊接方法。

模块一 认识焊条电弧焊

焊条电弧焊的焊接回路如图 1-1 所示，它由弧焊电源、电弧、焊钳、焊条、电缆和焊件组成。焊接电弧是负载，弧焊电源是为其提供电能的装置，焊接电缆则连接电源与焊钳和焊件。

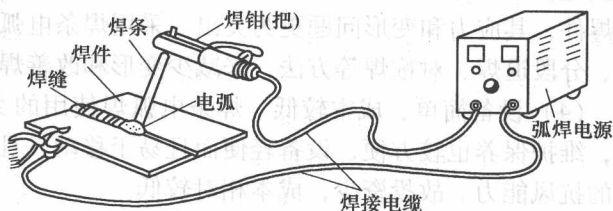


图 1-1 焊条电弧焊的焊接回路

一、焊条电弧焊的原理

焊接时，将焊条与焊件接触短路后立即提起焊条，引燃电弧。电弧的高温将焊条与焊件局部熔化，熔化了了的焊芯以熔滴的形式过渡到局部熔化的焊件表面，融合一起形成熔池。焊条药皮在熔化过程中产生一定量的气体和液态熔渣，产生的气体充满在电弧和熔池周围，起隔绝大气保护液体金属的作用。液态熔渣密度小，在熔池中不断上浮，覆盖在液体金属上面，也起着保护液体金属的作用。同时，药皮熔化产生的气体、熔渣与熔化了了的焊芯、焊件发生一系列冶金反应，保证了所形成焊缝的性能。随着电弧沿焊接方向的不断移动，熔池液态金属逐步冷却结晶形成焊缝。焊条电弧焊原理如图 1-2 所示。

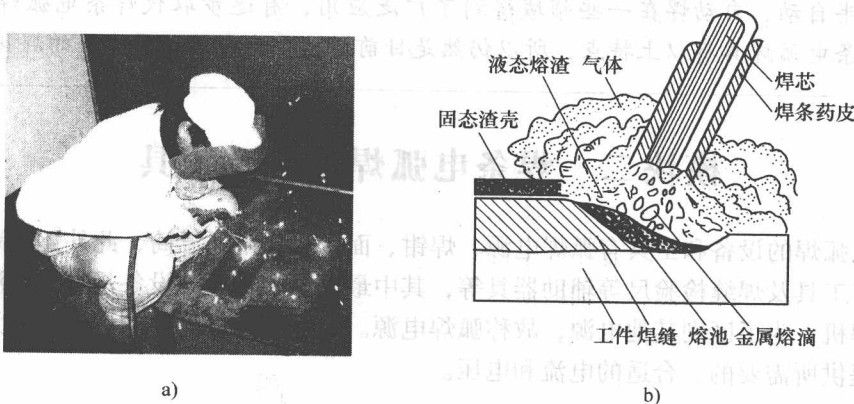


图 1-2 焊条电弧焊原理

二、焊条电弧焊的特点及应用

1. 焊条电弧焊的优点

(1) 工艺灵活、适应性强 对于不同的焊接位置、接头形式, 焊件厚度及焊缝, 只要焊条所能达到的位置, 均能进行方便的焊接; 对一些单件以及不易实现机械化焊接的焊缝, 更显得机动灵活, 操作方便。

(2) 应用范围广 焊条电弧焊的焊条能够与大多数焊件金属性能相匹配, 因而接头的性能可以达到被焊金属的性能。焊条电弧焊不但能焊接碳钢和低合金钢、不锈钢及耐热钢, 对于铸铁、高合金钢及有色金属等也可以用焊条电弧焊焊接。此外, 还可以进行异种钢焊接和各种金属材料的堆焊等。

(3) 易于分散焊接应力和控制焊接变形 由于焊接是局部的不均匀加热, 所以焊件在焊接过程中都存在着焊接应力和变形。对结构复杂而焊缝又比较集中的焊件、长焊缝和大厚度焊件, 其应力和变形问题更为突出。采用焊条电弧焊, 可以通过改变焊接工艺, 如采用跳焊、分段退焊、对称焊等方法, 来减少变形和改善焊接应力的分布。

(4) 设备简单、成本较低 焊条电弧焊使用的交流焊机和直流焊机, 其结构都比较简单, 维护保养也较方便, 设备轻便而且易于移动, 且焊接中不需要辅助气体保护, 并具有较强的抗风能力。故投资少, 成本相对较低。

2. 焊条电弧焊的缺点

(1) 焊接生产率低、劳动强度大 由于焊条的长度是一定的, 因此每焊完一根焊条后必须停止焊接, 更换新的焊条, 而且每焊完一焊道后要求清渣, 焊接过程不能连续地进行, 所以生产率低, 劳动强度大。

(2) 焊缝质量依赖性强 由于采用手工操作, 焊缝质量主要靠焊工的操作技术和经验保证, 所以焊缝质量在很大程度上依赖于焊工的操作技术及现场发挥, 甚至是焊工的精神状态。另外, 焊条电弧焊不适合活泼金属、难熔金属及薄板的焊接。

小提示:

尽管半自动、自动焊在一些领域得到了广泛应用, 有逐步取代焊条电弧焊的趋势, 但由于焊条电弧焊具有以上特点, 所以仍然是目前焊接生产中使用最广泛的焊接方法。

模块二 焊条电弧焊设备及工具

焊条电弧焊的设备和工具有弧焊电源、焊钳、面罩、焊条保温筒, 此外还有敲渣锤、钢丝刷等手工工具及焊缝检验尺等辅助器具等, 其中最主要和重要的设备是弧焊电源, 即通常所说的电焊机, 为了区别其他电源, 故称弧焊电源。焊条电弧焊电源的作用就是为焊接电弧稳定燃烧提供所需要的、合适的电流和电压。

一、对弧焊电源的要求

焊条电弧焊电弧与一般的电阻负载不同, 它在焊接过程中是时刻变化的, 是一个动态的

负载。因此焊条电弧焊电源除了具有一般电力电源的特点外,还必须满足下列要求。

1. 对弧焊电源外特性的要求

在其他参数不变的情况下,弧焊电源输出电压与输出电流之间的关系,称为弧焊电源的外特性。弧焊电源的外特性可用曲线来表示,称为弧焊电源的外特性曲线,如图 1-3 所示。弧焊电源的外特性基本上有下降外特性、平外特性、上升外特性三种类型。

在焊接回路中,弧焊电源与电弧构成供电用电系统。为了保证焊接电弧稳定燃烧和焊接参数稳定,电源外特性曲线与电弧静特性曲线必须相交。因为在交点,电源供给的电压和电流与电弧燃烧所需要的电压和电流相等,电弧才能燃烧。由于焊条电弧焊电弧静特性曲线的工作段在平特性区,所以只有下降外特性曲线才与其有交点,如图 1-3 中的 A 点。因此,下降外特性曲线电源能满足焊条电弧焊的要求。

图 1-4 所示为两种下降度不同的下降外特性曲线对焊接电流的影响情况。从图中可以看出,当弧长变化相同时,陡降外特性曲线 1 引起的电流偏差 ΔI_1 明显小于缓降外特性曲线 2 引起的电流偏差 ΔI_2 ,有利于焊接参数的稳定。因此,焊条电弧焊应采用陡降外特性电源。

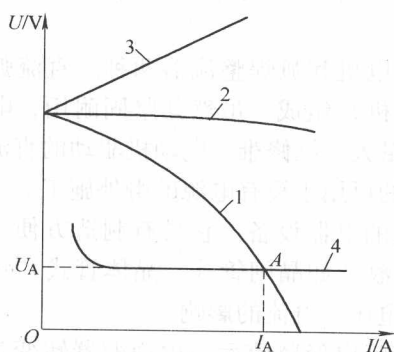


图 1-3 电源外特性与电弧静特性的关系

1—下降外特性 2—平外特性
3—上升外特性 4—电弧静特性

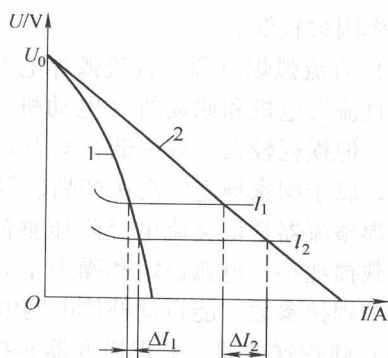


图 1-4 不同下降度外特性曲线对焊接电流的影响

2. 对弧焊电源空载电压的要求

弧焊电源接通电网而焊接回路为开路时,弧焊电源输出端电压称为空载电压。为便于引弧,需要较高的空载电压,但空载电压过高,对焊工人身安全不利,制造成本也较高。一般交流弧焊电源空载电压为 55 ~ 70V,直流弧焊电源空载电压为 45 ~ 85V。

3. 对弧焊电源稳态短路电流的要求

弧焊电源稳态短路电流是弧焊电源所能稳定提供的最大电流,即输出端短路时的电流。稳态短路电流太大,焊条过热,易引起药皮脱落,并增加熔滴过渡时的飞溅;稳态短路电流太小,则会使引弧和焊条熔滴过渡产生困难。因此,对于下降外特性的弧焊电源,一般要求稳态短路电流为焊接电流的 1.25 ~ 2.0 倍。

4. 对弧焊电源调节特性的要求

在焊接中,根据焊接材料的性质、厚度、焊接接头的形式、位置及焊条直径等不同,需

要选择不同的焊接电流。这就要求弧焊电源能在一定范围内,对焊接电流作均匀、灵活的调节,以便有利于保证焊接接头的质量。焊条电弧焊焊接电流的调节,实质上是调节电源外特性。

5. 对弧焊电源动特性的要求

弧焊电源的动特性，是指弧焊电源对焊接电弧的动态负载所输出的电流、电压对时间的关系，它表示弧焊电源对动态负载瞬间变化的反应能力。动特性合适时，引弧容易、电弧稳定、飞溅小，焊缝成形良好。弧焊电源动特性是衡量弧焊电源质量的一个重要指标。

二、弧焊电源的分类及型号

1. 弧焊电源的分类及特点

弧焊电源按结构原理不同可分为交流弧焊电源、直流弧焊电源和逆变式弧焊电源三种类型；按电流性质可分为直流电源和交流电源。

(1) 弧焊变压器 弧焊变压器一般也称为交流弧焊电源,是一种最简单和常用的弧焊电源。弧焊变压器的作用是把网路电压的交流电变成适宜于电弧焊的低压交流电。它具有结构简单、易造易修、成本低、效率高、磁偏吹小、噪声小、效率高等优点,但电弧稳定性较差,功率因数较低。

(2) 直流弧焊电源 直流弧焊电源有直流弧焊发电机和弧焊整流器两种。直流弧焊发电机由直流发电机和原动机（电动机、柴油机、汽油机）组成。虽然其坚固耐用，电弧燃烧稳定，但损耗较大、效率低、噪声大、成本高、重量大、维修难。电动机驱动的直流弧焊发电机，属于国家规定的淘汰产品，但由柴油机驱动的可用于没有电源的野外施工。

弧焊整流器是把交流电经降压整流后获得直流电的电器设备。它具有制造方便、价格低、空载损耗小、电弧稳定和噪声小等优点，且大多数（如晶闸管式、晶体管式）可以远距离调节焊接参数，能自动补偿电网电压波动对输出电压、电流的影响。

(3) 弧焊逆变器 弧焊逆变器是把单相或三相交流电经整流后, 由逆变器转变为几百至几万赫兹的中频交流电, 经降压后输出交流或直流电。它具有高效、节能、重量轻、体积小、功率因数高和焊接性能好等独特的优点。

2. 弧焊电源的型号及技术参数

(1) 弧焊电源的型号 根据《电焊机型号编制办法》(GB/T 10249—2010), 弧焊电源型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示, 弧焊电源型号的各项编排序次如图 1-5 所示, 型号中的 1、2、3、6 各项用汉语拼音字母表示; 4、5、7 各项用阿拉伯数字表示; 3、4、6、7 项如不用时, 其他各项紧排。

改进序号
派生代号
基本规格
系列序号

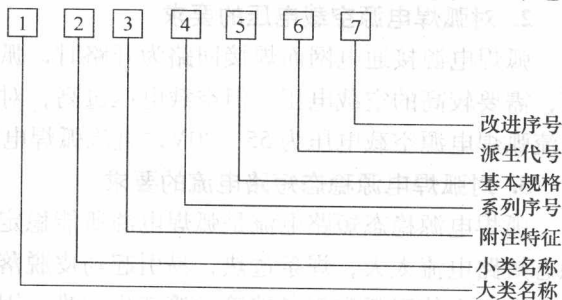


图 1-5 弧焊电源型号的各项编排次序

1) 第一项, 大类名称: B 表示弧焊变压器; Z 表示弧焊整流器; A 表示弧焊发电机。

2) 第二项, 小类名称: X 表示下降特性; P 表示平特性; D 表示多特性。

3) 第三项, 附注特征: 如 G 表示硅整流器。

4) 第四项, 系列序号: 区别同小类的各系列和品种。弧焊变压器中“1”表示动铁系列, “3”表示动圈系列; 弧焊整流器中“1”表示动铁系列, “3”表示动圈系列, “5”表示晶闸管系列, “7”表示逆变系列。

5) 第五项, 基本规格: 表示额定焊接电流。

例如:

BX3—300 表示动圈系列的弧焊变压器, 具有下降外特性, 额定焊接电流为 300A;

ZX5—400 表示晶闸管系列弧焊整流器, 具有下降外特性, 额定焊接电流为 400A。

(2) 弧焊电源的技术参数 焊机除了有规定的型号外, 在其外壳均标有铭牌, 铭牌标明了主要技术参数, 如负载持续率等可供安装、使用、维护等工作参考。

1) 额定值。额定值即是对焊接电源规定的使用限额, 如额定电压、额定电流和额定功率等。按额定值使用弧焊电源, 应是最经济合理、安全可靠的, 既充分利用了设备, 又保证了设备的正常使用寿命。超过额定值工作称为过载, 严重过载将会使设备损坏。额定负载持续率工作允许使用的最大焊接电流, 称为额定焊接电流。额定焊接电流不是最大焊接电流。

2) 负载持续率。负载持续率是指弧焊电源负载的时间与整个工作时间周期的百分比, 可用公式表示为

$$\text{负载持续率} = (\text{弧焊电源负载时间} / \text{选定的工作时间周期}) \times 100\%$$

我国对 500A 以下焊条电弧焊电源的工作时间周期定为 5min, 如果在 5min 内负载的时间为 3min, 那么负载持续率即为 60%。

小提示:

对于一台弧焊电源来说, 随着实际焊接(负载)时间的增多, 间歇时间减少, 那么负载持续率便会不断增高, 弧焊电源就会更容易发热、升温, 甚至烧毁。因此, 焊工必须按规定的额定负载持续率使用。

三、常用焊条电弧焊电源

1. 弧焊变压器

(1) BX3—300 型弧焊变压器 BX3—300 型弧焊变压器属于动圈式, 是生产中应用最广的一种交流焊机, 其外形如图 1-6 所示。它是依靠一、二次绕组间漏磁获得陡降外特性的, 其结构简图如图 1-7 所示。它有一个高而窄的口字形铁心, 变压器的一次绕组分成两部分, 固定在口形铁心两心柱的底部; 二次绕组也分成两部分, 装在两铁心柱的上部并固定于可动的支架上, 通过丝杠连接, 转动手柄可使二次绕组上下移动, 以改变一、二次绕组间的距离, 从而调节焊接电流的大小。

焊接电流的调节有两种方法, 即粗调节和细调节。粗调节是通过改变一、二次绕组的接线方法(接法 I 或接法 II), 即通过改变一、二次绕组的匝数进行调节。当接成接法 I 时, 空载电压为 75V, 焊接电流调节范围为 40 ~ 125A; 当接成接法 II 时, 空载电压为 60V, 焊接电流调节范围为 115 ~ 400A。

细调节是通过手柄来改变一、二次绕组的距离 σ , 一、二次绕组距离 σ 越大, 漏磁增