



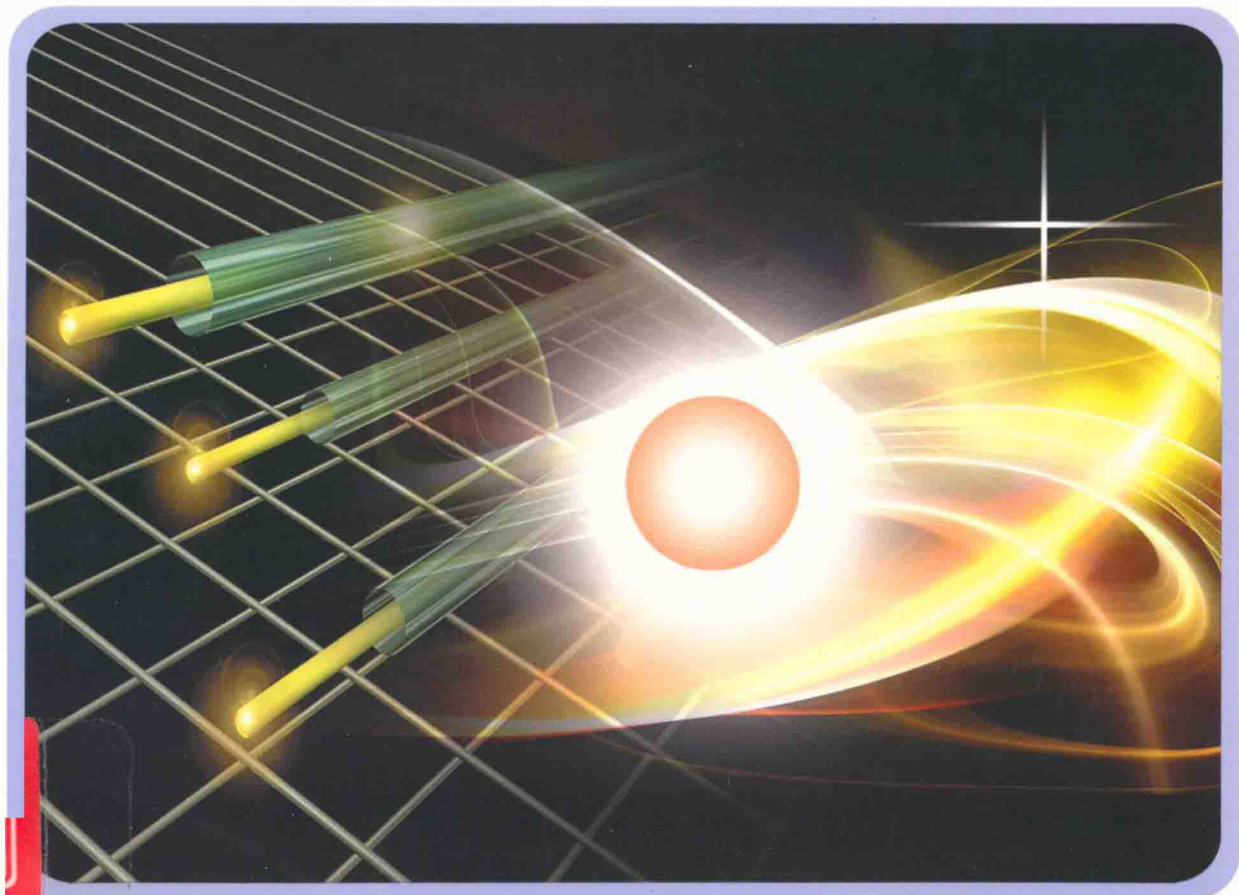
职业教育特色精品课程规划教材

职业教育课程改革项目研究成果

# 焊接电工电子技术

hanjie diangong dianzi jishu

◆ 主编 赵建国 郝建军



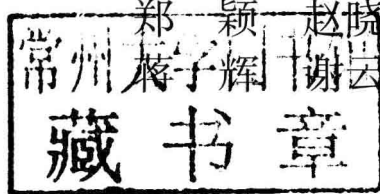
北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪职业教育特色精品课程规划教材  
职业教育课程改革项目研究成果

# 焊接电工电子技术

|     |       |     |     |
|-----|-------|-----|-----|
| 主 编 | 赵建国   | 郝建军 |     |
| 主 审 | 霍利民   | 李建昌 |     |
| 副主编 | 于华丽   | 樊云飞 |     |
| 编 委 | 马璐萍   | 张建党 | 杨淑华 |
|     | 郑颖    | 赵晓顺 | 赵睿明 |
|     | 常州蒋子辉 | 谢云芳 |     |



## 内容提要

本书根据劳动和社会保障部培训就业司最新颁发的教学大纲,并结合教学实践、职业技能鉴定的需求和焊接技术的发展状况编写而成,是职业教育焊接专业课程改革项目研究成果《21 世纪职业教育焊接专业精品课程规划教材》之一。本书的内容编排结合岗位技术特点,贴近生产实际。在尊重教学规律的前提下,注重对部分专业知识的重新整合和对学生创新精神和实践能力的培养。全书在保证理论体系清晰、完整的前提下,力争做到实用为先、够用为度、宽基础、厚专业。全书共 10 章,主要内容为:直流电路的基础知识、正弦交流电路的相关知识、电磁基础知识与变压器、常用半导体器件及其应用、常用低压电器与电路、电工仪表及测量、常用弧焊电源、弧焊电源的选择与安装、弧焊电源的安全使用等基础知识。

本书可供职业技术学校、职业培训学校、高职高专院校及成人高校的焊接技术、机电一体化、电气自动化、机械制造等相关专业的师生使用,也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

版权专用 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

焊接电工电子技术 / 赵建国, 郝建军主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010.9  
ISBN 978-7-5640-3808-3

I. ①焊… II. ①赵… ②郝… III. ①焊接-电工技术-职业教育-教材②焊接-电子技术-职业教育-教材 IV. ①TG43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 179365 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 13.5

字 数 / 290 千字

版 次 / 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 24.00 元

责任校对 / 张沁萍

责任印制 / 母长新

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

二十一世纪中等职业教育焊接专业精品课程规划教材  
职业教育课程改革项目研究成果

编 委 会

主 任：郝建军

委 员：（按姓氏笔画排序）

弋景刚 马跃进 王泽河 孙维连

李建昌 赵建国 彭海滨 霍利民

本书主编：赵建国 郝建军

本书副主编：于华丽 樊云飞

本书参编：（按姓氏笔画排序）

马璐萍 张建省 杨淑华 郑颖

赵晓顺 赵睿明 蒋辉 谢云芳

本书主审：霍利民 李建昌

# 出版说明

CHU BAN SHUO MING

职业教育是以培养具有较强实践能力，面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育。目前，职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于发展职业技术教育，培养职业技术人才的大纲要求，北京理工大学出版社根据职业教育课程改革项目研究成果，组织编写了《21 世纪职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材坚持以能力为本位，以就业为导向，以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下 3 个角度切入。

## 1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚，致力于职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成，充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性，使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性，而且突出知识的实用性、综合性，把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养熔于一炉。

## 2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有职业教育教材内容上的“重理论轻实践”“重原理轻案例”，教学方法上的“重传授轻参与”“重课堂轻现场”，考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向，力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容，加强实践性教学环节，注重案例教学和能力的培养，使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

### 3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式，注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学，吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时，为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际，注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入，在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上，力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想，在本系列教材的内容编写上，我们坚持以下一些原则。

#### 1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上，根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性，以相关行业和区域经济状况为依托，特别强调面向岗位群体的指向性，淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势，保证学生的岗位适应能力得到训练，使其有较强的择业能力，从而使教材有活力、有质量。

#### 2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时，注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容，但随着社会发展和科技进步，及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”“人有我精”或“众有我新”，科学预测人才需求远景和人才培养的周期性，以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向，参考发达地区的发展历程，力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

#### 3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快，科技迅猛发展引起技术手段不断更新，用人机制的改革使人才转岗频繁，因此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽，当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一

些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力，挖掘了其潜力。

#### 4. 稳定性和灵活性原则

职业教育的专业课程都有其内核的稳定性，这种内核主要是体现在其基础理论，基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点，但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式，设置与生产实践相切合的项目，推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则，教材的编写者都是既有一线教学经验、懂得教学规律，又有较强实践技能的专家，他们分别是：相关学科领域的专家；各类职业教育科研带头人；教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写，将理论性与实践性高度统一，打造精品教材。另外，还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件，以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之，该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果，希望本系列教材能为职业教育的提高和发展做出贡献。

北京理工大学出版社

# 编写说明

BIAN XIE SHUO MING

本套教材根据劳动和社会保障部培训就业司最新颁发的教学大纲，以中（高）等职业教育焊接专业培养目标为基础，结合职业技能鉴定需求和焊接专业特点编写而成。全套教材包括《熔焊方法与工艺》《焊接电工电子技术》《焊接工程制图与 CAD》《焊接结构与制造》《焊接检测技术》《熔焊基础与金属材料焊接》《工程材料与热加工基础》《机械工程基础（焊接专业）》《焊接安全与卫生》《金工实习（焊接专业）》《材料连接与切割技术》《电弧焊工艺与实训》《钳工与冷作工艺与实训》《钣金连接技术》等。

在教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则。

（1）坚持中高级技能人才的培养方向，从职业（岗位）需求分析入手，强调实用性，使学生掌握一定理论知识，培养学生分析问题、解决问题的能力。并引导学生理论联系实际，提高学生操作技能水平。

（2）紧密结合职业教育的教学实际情况，化繁为简，化难为易，全书以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容在覆盖职业技能鉴定的各项要求的基础上拓展外延，以满足不同层次的各级各类学校和工矿企业的需求。

（3）突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料等方面的内容，较全面地反映焊接技术发展趋势。

（4）打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，强调培养学生自主学习能力。

本套教材是基于编者多年的教学实践积淀而成。编写时，取材力求少而精，突出实用性，内容紧密结合工程实践。本套教程可供职业技术学校、职业培训学校、高职高专院校及成人高校的焊接技术、机电一体化、电气自动化、机械制造等相关专业的师生使用，也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

本套教程在编写过程中得到了保定市焊接学会（培训中心）、河北农业大学机电工程学院及河北省焊接学会、河北省职工焊割技术协会的大力支持，在此表示感谢。同时，对本书编写中所参阅的书籍和资料作者（编者）表示感谢。

衷心希望本套教材能使业内读者受益，成为各级各类学校焊接专业师生和广大焊接工作者的良师益友。由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有不足和错误，恳请广大读者不吝赐教，予以斧正。

本书共分 10 章，由河北农业大学赵建国、郝建军任主编，河北农业大学于华丽、樊云飞任副主编，河北农业大学马璐萍、张建省、郑颖、赵晓顺、赵睿明、蒋辉、谢云芳、中国地质大学长城学院杨淑华参编，全书由河北农业大学霍利民、李建昌审稿。

二十一世纪职业教育焊接专业精品课程规划教材 编委会

# 目 录

## Contents

|     |                         |    |
|-----|-------------------------|----|
| 第1章 | 绪 论 .....               | 1  |
| 第2章 | 直流电路 .....              | 6  |
| 2.1 | 电路及基本物理 .....           | 6  |
| 2.2 | 电阻和欧姆定律 .....           | 11 |
| 2.3 | 电路元件 .....              | 13 |
| 2.4 | 电路的工作状态 .....           | 15 |
| 2.5 | 基尔霍夫定律 .....            | 17 |
| 2.6 | 电阻的联接 .....             | 18 |
| 2.7 | 支路电流法 .....             | 19 |
| 第3章 | 正弦交流电路 .....            | 23 |
| 3.1 | 正弦交流电的三要素 .....         | 23 |
| 3.2 | 单一参数正弦交流电路 .....        | 26 |
| 3.3 | 电阻、电感、电容元件串联的交流电路 ..... | 31 |
| 3.4 | 三相交流电路 .....            | 33 |
| 第4章 | 电磁基础知识与变压器 .....        | 43 |
| 4.1 | 磁场的基本物理量 .....          | 43 |
| 4.2 | 铁磁材料的磁性能及能量损耗 .....     | 44 |
| 4.3 | 变压器 .....               | 52 |
| 第5章 | 常用半导体元件及其应用 .....       | 57 |
| 5.1 | 半导体元件 .....             | 57 |
| 5.2 | 半导体二极管 .....            | 62 |
| 5.3 | 特殊二极管 .....             | 67 |
| 5.4 | 半导体三极管 .....            | 72 |
| 5.5 | 晶闸管 .....               | 80 |
| 5.6 | MOS 场效应三极管 .....        | 86 |
| 5.7 | 三极管交流放大电路 .....         | 91 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第 6 章 常用低压电器</b>     | 102 |
| 6.1 开关及按钮               | 102 |
| 6.2 熔断器                 | 110 |
| 6.3 交流接触器               | 112 |
| 6.4 继电器                 | 113 |
| 6.5 典型控制电路              | 118 |
| 6.6 低压电器的常见故障与排除        | 121 |
| <b>第 7 章 电工仪表及测量</b>    | 124 |
| 7.1 电流表                 | 124 |
| 7.2 电压表                 | 127 |
| 7.3 万用表                 | 128 |
| <b>第 8 章 常用弧焊电源</b>     | 132 |
| 8.1 弧焊变压器               | 132 |
| 8.2 硅弧焊整流器              | 145 |
| 8.3 晶闸管式弧焊整流器           | 156 |
| 8.4 脉冲弧焊电源              | 164 |
| 8.5 逆变式弧焊电源             | 172 |
| 8.6 数字化弧焊电源             | 182 |
| 8.7 矩形波交流弧焊电源           | 186 |
| <b>第 9 章 弧焊电源的选择与安装</b> | 191 |
| 9.1 弧焊电源的选择原则           | 191 |
| 9.2 弧焊电源及附件的安装          | 193 |
| <b>第 10 章 弧焊电源的安全使用</b> | 196 |
| 10.1 安全用电常识             | 196 |
| 10.2 节约用电和安全用电          | 199 |
| <b>参考文献</b>             | 202 |

# 第1章

## 绪论

### 1. 1 电工电子技术在弧焊电源中的应用

在工农业生产中,几乎所有生产机械都是用电动机来拖动的。电工电子技术广泛应用于电力机车、汽车、飞机、轮船等各个领域。同样,电工电子技术在焊接设备及弧焊电源中也有着广泛的应用,如弧焊电源及焊接设备的拖动;采用单个旋钮就可以对电弧电压、电流及电流的上升速度等进行同时调节;通过电子控制技术可实现弧焊电源的多种外特性,使其适应各种弧焊工艺的要求;设置电流递增和电流衰减环节,以防止引弧冲击和提高填满弧坑的质量。弧焊电源从弧焊发电机到弧焊整流器,直到现在的脉冲、逆变、数字及智能化弧焊电源的出现,均离不开电工电子技术的发展及应用。

弧焊电源的自动化、智能化与电工电子技术的应用有着密切的关系。随着科学技术的发展及新型半导体元件的不断出现与应用,高效、节能、性能优良的新型弧焊电源与焊接设备也将不断出现。

### 1. 2 弧焊电源在焊接中的作用

焊接是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充金属,使焊件间达到原子间结合的一种永久性连接方法。焊接应用广泛,几乎所有的产品,从几十万吨巨轮到不足1 g的微电子元件,从矿山、冶金、石油化工、机械制造,到造船、航空、航天、国防等诸多领域,都不同程度地依赖于焊接技术,而弧焊电源是保证电弧稳定燃烧、获得高质量焊接接头的必要条件。

弧焊电源是电弧焊机中重要的组成部分,如应用广泛的焊条电弧焊,锅炉、造船等工业广泛使用的埋弧焊,适用于活泼金属焊接的气体保护焊及适用于高熔点金属焊

接的等离子焊,其工艺的顺利实施,均离不开稳定可靠的弧焊电源。弧焊电源供给焊接电弧电能,具有适宜电弧焊工艺所需要的电气特性。没有先进、高质量的弧焊电源,就难以实现先进的电弧焊工艺和高质量的焊接接头。

只有熟知弧焊电源的基本理论、结构、电气特性,才能真正了解和正确使用弧焊电源。只有对弧焊电源的结构特性进行深入分析研究,才能找出不足,研制出新型的弧焊电源,从而进一步提高焊接质量和生产效率。

### 1. 3 弧焊电源的分类、特点及应用

弧焊电源种类很多,其分类方法也不尽相同。按弧焊电源输出的焊接电流波形分为交流弧焊电源、直流弧焊电源、脉冲弧焊电源及逆变式弧焊电源。

#### 1. 3. 1 交流弧焊电源

交流弧焊电源包括工频交流即弧焊电源(弧焊变压器)和矩形波交流弧焊电源。

##### 1. 工频交流弧焊电源

工频交流弧焊电源即弧焊变压器。该电源主要由变压器、调节装置和指示装置等组成。弧焊变压器通过降压将电网的交流电变成低电压交流电,供给电弧焊使用。弧焊变压器的优点是结构简单、易造易修、成本低、空载损耗小、适用性强。但是该电源输出电流波形为正弦波,电弧稳定性较差,功率因数低,一般用于焊条电弧焊、埋弧焊和钨极惰性气体保护电弧焊等。

##### 2. 矩形波交流弧焊电源

矩形波一般采用半导体控制技术获得,从而得到矩形波交流电流。该弧焊电源的特点是输出电流过零点时间短,电弧稳定性好,功率因数高,正负半波通电时间和电流比值可以自由调节,因此特别适合于铝及铝合金钨极氩弧焊。此外,还可以用于埋弧焊,有时可代替直流弧焊电源用于碱性焊条电弧焊。

#### 1. 3. 2 直流弧焊电源

##### 1. 弧焊发电机

弧焊发电机一般由特种直流发电机、调节装置和指示装置等组成。弧焊发电机存在制造复杂、噪声及空载损耗大、耗电量大、效率低、价格高等缺点。该种弧焊电源已经不再使用。

##### 2. 弧焊整流器

弧焊整流器一般由主变压器、整流器及为获得所需外特性的调节装置、指示装置等组成,主要有硅弧焊整流器和晶闸管式弧焊整流器。弧焊整流器首先将电网交流电降压,然后再整流、滤波后获得焊接所需要的直流电。弧焊整流器的优点是制造方便、

价格低、空载损耗小、噪声小；而且大多数可实现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和电流的影响。该电源应用广泛，可作为各种弧焊方法的电源。

### 3. 逆变式弧焊电源

逆变式弧焊电源即弧焊逆变器，一般由逆变电路、控制电路及反馈电路组成，主要有晶闸管式弧焊逆变器、晶体管式弧焊逆变器、场效应管式弧焊逆变器和 IGBT 式弧焊逆变器。该电源将单相（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高频交流电，经降压后输出交流或直流电。整个过程由电子电路控制，使电源获得符合要求的外特性和动特性。逆变式弧焊电源具有高效节能、重量轻、体积小、功率因数高等优点，可应用于各种弧焊方法，是一种很有发展前途的弧焊电源。

### 1. 3. 3 脉冲弧焊电源

脉冲弧焊电源一般由普通的弧焊电源与脉冲发生电路组成，主要有单相整流式脉冲弧焊电源、磁饱和电抗器式脉冲弧焊电源、晶闸管式脉冲弧焊电源和晶体管式脉冲弧焊电源。该电源具有效率高、热输入较小、线能量调节范围宽等优点，主要用于气体保护电弧焊和等离子弧焊，对于焊接热敏感性大的高合金材料、薄板和全位置焊接具有独特的优点。

另外，弧焊电源也可按外特性调节控制方式进行分类，分为机械调节式、电磁控制式、电子控制式 3 种类型。

其中机械调节式弧焊电源主要有动圈式弧焊变压器、整流器；动铁式弧焊变压器、整流器；抽头式弧焊变压器、整流器等。

电磁控制式弧焊电源主要有串联饱和电抗器式弧焊电源、磁放大器式弧焊电源、磁放大器式脉冲弧焊电源、电动机驱动式弧焊机、内燃机驱动式弧焊机等。

电子控制式弧焊电源主要有移相式、模拟式、开关式。而开关式弧焊电源有开关式晶体管弧焊电源、开关式晶体管脉冲弧焊电源、数字开关式晶闸管矩形波交流弧焊电源、逆变式晶闸管矩形波交流弧焊电源、晶闸管式弧焊逆变器、晶体管式弧焊逆变器、场效应管式弧焊逆变器及 IGBT 式弧焊逆变器。

## 1. 4 弧焊电源的现状与发展趋势

我国现在生产弧焊电源的企业以合资企业、股份制企业和民营企业为主体。企业规模小、差异大，且多家企业更多在生产交流焊机，生产自动化、半自动化弧焊电源的则较少。目前弧焊电源现状与正在蓬勃发展的国民经济的需要不相适应，产品的品种、数量、质量、性能和自动化程度还远远不能满足使用部门的要求，与世界工业发

达国家比较,尚存在较大差距。

为了改变现状,满足我国工业现代化进程的需要,必须充分利用电子技术、计算机技术和大功率电子器件等新型技术,大力发展高效、节能、性能良好的新型弧焊电源,积极研制微机控制的弧焊电源,从而推动弧焊电源的发展,不断提高产品焊接质量。弧焊电源的发展趋势主要表现在以下几个方面。

#### 1. 逆变式弧焊电源快速发展并不断完善

逆变式弧焊电源由于具有焊接性能好、动态反应速度快、动特性好、体积小、重量轻、效率高、焊接速度高、多功能、有利于实现焊接机械化和自动化等优点,已成为弧焊电源的发展方向。而晶闸管弧焊整流器将逐渐被弧焊逆变器所替代。

#### 2. 数字化弧焊电源在不断地发展

数字化弧焊电源是指焊机主要的控制电路由数字控制技术替代传统的模拟控制技术,且在控制电路中的控制信号也由模拟信号过渡到 0/1 编码的数字信号。与模拟系统相比,数字系统具有灵活性好、稳定性强、控制精度高等优点,随着科学技术的进步和新型的数字信号处理及控制器的出现,数字化弧焊电源得到了进一步的发展。

#### 3. 自动、半自动焊接设备将得到快速发展

如自动、半自动气体保护焊机、自动埋弧焊机、高效节能的  $\text{CO}_2$  气体保护焊机等能够实现优质、高效焊接工艺的产品,将得到快速的发展。尤其是具有节能、生产效率高、成本低、焊接品质好的  $\text{CO}_2$  气体保护焊机,以其特有的优势,在生产企业的应用越来越广泛。

#### 4. 高效、自动化、智能化设备将不断发展

目前,我国的焊接自动化率还不足 30%,同发达工业国家相比,有近 80% 的差距。焊接设备的水平代表着焊接技术的发展水平。因此,为了提升焊接品质,适应我国大型基础工程及汽车制造等行业对焊接自动化技术与设备的迫切需要,发展先进的、自动化、智能化的焊接设备是发展的必然趋势。

#### 5. 成套、专用焊接设备将快速发展

为更加适应某些产品的特殊工艺要求,完成高质量的焊接任务,焊接专用设备越来越受到人们的重视。例如在汽车、冶金、石油化工等行业,不同程度上应用着成套焊接专用设备,而在化工机械、采暖设备、民用产品制造等领域对专用焊接设备的需要也越来越大。

## 1.5 本课程性质及学习目标

### 1. 本课程性质

本课程以“电工电子技术”为基础,是焊接专业必修的一门专业基础课。

## 2. 本课程学习目标

- (1) 掌握直流电路、交流电路的基本物理量，能对一般交直流电路进行分析与计算。
- (2) 熟悉变压器的结构、工作原理，掌握电磁基础知识。
- (3) 熟悉常用半导体元件的结构、特性及应用，能够对三极管放大电路、整流电路进行简单的分析与计算。
- (4) 熟悉常用低压电器的结构、原理及应用，能对典型的焊接电路进行分析。
- (5) 掌握各种焊接电源的工作原理、特点及正确使用方法，并能对常见故障进行分析与排除。
- (6) 掌握安全用电常识以及弧焊电源的安装，保证安全用电。

## 第2章 直流电路



### 学习目标

1. 熟悉基础电路及其工作状态。
2. 掌握欧姆定律及电阻的联接。
3. 了解基尔霍夫定律和支路电流法。

## 2.1 电路及基本物理

### 2.1.1 电路的组成和作用

#### 1. 电路的组成

实际电路的形式多种多样,以功能分类,电路由电源、负载和中间环节3部分组成,如图2-1所示。

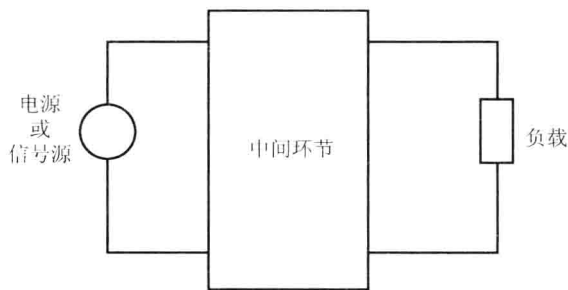


图2-1 电路的组成

(1) 电源。电源是产生电能或电信号的设备。将各种非电能(如热能、化学能、光能和原子能等)转换成电能的设备称为电源;将各种物理量转变为电信号的装置称为信号源,信号源也是电源的一种。

另外,将某种电能转换成特殊需要的电能的装置也称为电源。例如,广泛应用于