

焊工操作技能手册

支道光 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

焊工操作技能手册

支道光 编著



机械工业出版社

本手册共分十一章另加附录。主要内容有焊割设备的特点与选用、焊接工装夹具的特点及选用、常用焊接材料、焊接接头形式和坡口、焊缝符号表示方法、常用金属材料焊接要点、熔焊与切割操作技能要点、焊接接头质量及检验、焊接结构生产、焊接工艺评定及工艺规程编制以及焊接安全要求等。在附录中，主要提供常用焊接标准目录、常用标准代号及工时定额编制、焊接材料消耗定额制定、焊工防护、车间布置的资料等。

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工操作技能手册/支道光编著. —北京:
机械工业出版社, 2005.6

ISBN 7-111-16342-7

I. 焊… II. 支… III. 焊接—技术手册

IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023082 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: 刘彩英

责任编辑: 李建秀 版式设计: 霍永明 责任校对: 魏俊云

封面设计: 姚毅 责任印制: 洪汉军

北京京华印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·29.75 印张·664 千字

0 001—4 000 册

定价: 49.00 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) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

在当前我国经济建设迅猛发展的时期，对作为先进制造技术之一的现代焊接技术提出了更高的要求，焊接已广泛地应用于国民经济的各个领域，并取得了日益显著的成效。今天，可以这样认为，没有焊接几乎许多关系国家发展的重大工程都无法实现，现代焊接技术由于不断涌现新工艺、新技术、新焊接材料、新装备，而且机械化、自动化水平不断提高，其产品质量、数量均产生显著的质的飞跃。

在改革开放特别是入世以来，我国作为世界制造业大国的地位，日益明显。我国的产业工人如何适应这一新形势的需要，已是当前的一项重要课题。由于高水平技能人才的匮乏，远不能适应形势发展的需要。在技工培训方面亟待加强，国家在这方面目前已有重要举措，要求尽快进行高素质技能人才，特别是技师、高级技师的培训工作。

本手册就是为适应这一形势发展需要而编写的，在编写过程中，力求做到实用性、科学性、可靠性、先进性，并采用最新国内标准。内容除着重满足焊工在实际工作中经常遇到的技术问题外，也考虑到现代焊接高级技工知识面的需要，特别是对材料、工艺方面的知识。

本手册共分十一章另加附录。主要内容有焊割设备的特点与选用、焊接工装夹具的特点及选用、常用焊接材料、焊接接头形式和坡口、焊缝符号表示方法、常用金属材料焊接要点、熔焊与切割操作技能要点、焊接接头质量及检验、焊

接结构生产、焊接工艺评定及工艺规程编制以及焊接安全要求等。在附录中，主要提供常用焊接标准目录、常用标准代号及工时定额编制、焊接材料消耗定额制定、焊工防护、车间布置的资料等。

笔者多年参与焊工培训教学工作，基本了解国内焊工现状，也即大多数焊工由于岗位条件限制，局限在某一操作技能方面，而缺乏与焊工本身等级所要求的应知、应会相称的知识面，这种状况同样存在于高等级的焊工中。本手册的编写，如果能在这方面给以一定的帮助，将是笔者的心愿。由于笔者水平所限，加之篇幅也不宜过大，在编写中错误和不妥之处在所难免，衷心希望广大读者，随时批评指正，以便今后修订时改正。

支道光

2005年1月

目 录

前言

第一章 焊割设备特点与选用	1
一、电弧焊电源	1
二、高能束焊设备	33
三、电阻焊设备	38
四、其他焊接方法用设备	56
第二章 焊接工装夹具特点及选用	76
一、焊接工装夹具的分类	76
二、焊接工装夹具的特点	76
三、对焊接工装夹具的设计要求	77
四、定位及定位器	79
五、夹具体	81
六、夹紧机构	82
七、组合夹具	111
八、专用夹具	113
第三章 常用焊接材料	115
一、电焊条	115
二、焊丝	164
三、焊剂	200
四、钎料	213
五、钎剂	246
六、焊接用气体及钨极	256
第四章 焊接接头形式和坡口	264
一、接头形式	264

二、坡口	267
三、接头设计	269
第五章 焊缝符号表示方法	313
一、基本符号	313
二、辅助符号	316
三、补充符号	318
四、符号在图样上的位置	319
五、基本符号应用	322
六、基本符号组合	329
七、基本符号与辅助符号组合	334
八、焊缝尺寸符号及其标注位置	337
九、焊缝符号错误标注举例	341
第六章 常用金属材料焊接要点	345
一、同种金属焊接	345
二、异种金属焊接	499
第七章 熔焊与切割操作技能要点	527
一、熔焊操作技能	527
二、切割操作技能	647
第八章 焊接接头质量及检验	660
一、各种焊接工艺常见缺陷及其防止措施	660
二、无损检验方法	687
第九章 焊接结构生产	743
一、焊接生产的备料加工	744
二、焊接生产的装配—焊接	761
三、焊接结构生产用设备	769
四、焊接结构生产的机械化与自动化	829
第十章 焊接工艺评定及工艺规程编制	837
第十一章 焊接安全要求	888
一、焊条电弧焊安全技术	889

二、埋弧焊安全技术	892
三、钨极氩弧焊安全技术	893
四、熔化极气体保护电弧焊安全技术	894
五、等离子弧焊与切割安全技术	895
六、电渣焊安全技术	896
七、气焊、气割安全技术	898
八、电子束焊安全技术	901
九、激光焊与切割安全技术	902
十、电阻焊安全技术	903
十一、摩擦焊安全技术	905
十二、钎焊安全技术	905
十三、水下焊接与切割安全技术	906
十四、高频焊安全技术	907
十五、爆炸焊安全技术	908
十六、热喷涂安全技术	909
附录	911
一、常用焊接标准目录	911
二、常用标准代号	914
三、常用资料	915
参考文献	940

第一章 焊割设备特点与选用

一、电弧焊电源

1. 结构特点

(1) 交流弧焊电源

1) 动铁式弧焊变压器。变压器的一次与二次绕组分绕在口形铁心的两侧，并在口型铁心的中间加入一个可以移动的梯形铁心称为动铁心。输出电流的调节是通过动铁心插入或移出口形铁心的磁路进行的。

动铁式弧焊变压器的优点是结构紧凑，缺点是工作时易产生较大的噪声。

2) 动圈式弧焊变压器。变压器的一次绕组和二次绕组都分成两组线圈，但一次绕组与二次绕组之间的耦合不是很紧密，可通过调整一次绕组与二次绕组之间的距离来改变耦合程度，漏感也随之改变。两者之间距离越近，漏感越小，等效的串联电感也越小，输出电流就越大，反之，则越小。此外，为了获得较宽的电流调节范围，常采用分档调节的方式。

动圈式弧焊变压器的体积和重量较大，但工作时噪声低，且动圈位置稳定，所以输出焊接电流稳定性好。

3) 抽头式弧焊变压器。系采用有固定漏磁旁路的铁心，其一次绕组分为两部分。其一部分是与二次绕组紧密耦合的；另一部分则与二次绕组有较大漏磁的。通过双刀同轴开

关改变抽头位置，调节一次绕组在上述两部分之间的分配，而不改变匝数之和，从而实现不改变电压而调节焊接电流的目的。

抽头式弧焊变压器的特点是结构简单，作为一种简易电源，用于要求不高的焊接应用场合。例如，小功率的交流手工电弧焊。

4) 串联饱和电抗器式弧焊变压器。饱和电抗器由一个闭合铁心和两个绕组组成。控制绕组（即直流绕组或励磁绕组）所加电压为直流控制电压，流过该绕组的电流为控制励磁电流；交流绕组则串联于交流电路中，由主变压器的输出交流电压经饱和电抗器降压后向负载（电弧）输出电流。

当在控制绕组中加上控制电流时，便产生直流磁通。控制电流增加，铁心饱和程度增加，交流绕组的感抗减少，压降减少，输出电流便增加；反之则减少，从而达到调节焊接电流的目的。

这类弧焊电源的特点是结构简单、坚固、工作可靠、耐用，但调节参数少，不精确，不灵活，动态响应速度慢，只适合要求不高的场合。

5) 电子控制型弧焊电源。包括晶闸管电抗器式矩形波交流弧焊电源、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。

电子控制型弧焊电源是借助电子线路（含反馈电路）来进行控制的，包括对输出电流、电压波形的任意控制。

这种电源的共同点是都有一个电子功率系统和电子控制系统。电源的供电系统是由电子功率系统和电子控制系统调节的，而输出又由检测电路监控，从检测电路取得的信号与给定值比较后，将其差值经放大器放大，然后再送往电子控

制系统和电子功率系统进行调节，以实现整个闭环电路的反馈控制。电子功率系统决定了电源的基本性能；而电子控制系统则用于产生所需要的静态和动态特性，并可对外特性进行任意的控制。

电子控制型弧焊电源具有良好的动特性、可调参数多、输出电压、电流稳定性好、抗干扰能力强等优点，因而是控制精密、性能优良的弧焊电源，可以应用于各种弧焊工艺方法，并能对高合金钢、热敏感性大的合金材料或要求较高的工件焊接，特别适合用作管道全位置自动焊和弧焊机器人的电子弧焊电源。

此外，矩形波交流弧焊电源，输出电流为矩形波。这种波形较之通常的正弦波交流，具有电流过零点快，电弧稳定性好，且其通过电子控制电路，正负半波通电时间比和电流比，均可自由调节。用于钨极氩弧焊电源时，除具有电弧稳定、电流过零点时重新引弧容易、不必加稳弧措施外，通过调节正、负半波通电时间比，在保证阴极雾化的前提下，增大正极性电流，从而获得最佳的熔深、提高生产率和延长钨极使用寿命，还可不采用消除直流分量的装置；用于碱性焊条电弧焊时，可使电弧稳定、飞溅小；用于埋弧自动焊时，焊接过程稳定，焊缝成形良好。

方波交流弧焊电源常用的电路形式主要有记忆电抗器式和逆变器式两种。

方波交流电源是将电感接在整流器的直接输出端，然后整流器的交流输入端与负载串联连接到交流变压器的输出端，输出电感一直工作在直流状态。当足够大时，利用电感的储能作用（记忆功能），对电源可引起电流畸变及电压尖峰，使流过负载电流波形由正弦波转换为方波，并在交流方

波中具有尖峰电压，极有利于交流过零时的电弧稳定。

此外，通过调节正负半波晶闸管的导通时间比例，还可获得正负半波时间宽度不等的矩形波。

如果直流电源再次逆变，可获得性能更为优良的交流方波电源。不但正负半波的时间可在一个非常宽的范围内容节，其频率也不受工业电网频率的限制，而且正负半波的幅值也可以分别调节。从电源的输出看，其极性和幅值随时可变。

变极性方波电源非常适合用于铝合金的交流钨极氩弧焊及等离子弧焊。即在工件的负半波，通过使用高而窄的电流波形，能最大程度满足阴极雾化的需要，同时，又有效地降低钨极烧损。

逆变式方波交流电源通常由直流弧焊电源及方波发生器组成。

(2) 直流弧焊电源

1) 机械调节型直流弧焊电源。主要是抽头式弧焊整流器。系采用低漏磁的单相或三相变压器，并在二次输出端加整流电路。通常在变压器的一次绕组设有抽头，通过开关改变变压器的一次抽头位置，改变变压器的变压比，从而调节直流调出电压。

抽头式弧焊整流器具有简易、经济、可靠而且易于推广的特点，因而应用广泛。常用于细丝 CO_2 气体保护焊电源。

2) 电磁控制型直流弧焊电源。主要是磁放大器式弧焊整流器及自调节电感式弧焊整流器。前者系在降压变压器和硅整流器之间（两者各自分离）接入磁饱和电抗器（磁放大器）用以获得所需的外特性和调节工艺参数，而后者则将降压变压器和硅整流器做成一体的，以利于无级调节焊接工艺

参数。

这类弧焊电源一般用于焊条电弧焊和钨极氩弧焊。因电网电压补偿效果不理想、遥控控制电流较大、磁惯性大、调节速度慢、不灵活以及体积大而笨重、耗料多等缺点，因此有逐渐被淘汰的趋势。对于具有平特性的磁放大器式的硅整流器，也可用于熔化极气体保护焊，但不太适合用于细丝 CO_2 焊。

3) 电子控制型直流弧焊电源。一般分为移相式、模拟式和开关式三种类型。

①移相式电子控制电源。移相式电子控制电源即晶闸管弧焊整流器。三相50/60Hz网路电压由降压变压器降为几十伏特的电压，借助晶闸管桥的整流和控制，经输出电抗器的滤波和调节动特性，从而输出所需的直流焊接电压和电流。用电子触发电路控制并采用闭环反馈的方式来控制外特性，从而可获得平、下降等各种形状的外特性，以便对焊接电压和电流进行无级调节。此外，还可通过控制输出电流波形来控制金属熔滴过渡和减少飞溅。

晶闸管弧焊电源根据主电路的结构形式可分为三相桥式全控晶闸管弧焊整流器和带平衡电抗器双反星形晶闸管弧焊整流器两种。前者主要由三相降压主变压器、晶闸管整流器、电抗器和控制电路等组成，外特性和工艺参数靠调节晶闸管整流器获得；后者则由降压主变压器、平衡电抗器、直流电抗器等组成。通过控制晶闸管整流器，实现工艺参数调节和获得外特性。

②模拟式电子控制电源。这种电源主要由降压变压器、整流器、晶体管组和输出电抗器及电子控制电路等组成。三相交流电经降压和整流变成直流电，输出电压和电流的大小

及变化规律取决于大功率晶体管组所起的作用，而大功率晶体管组又受控于给定电压、给定电流、反馈电压和反馈电流。当给定电压及给定电流为直流或脉冲形式（低频），而大功率晶体管组工作在线性放大状态时，则相应输出直流电或脉冲电，外特性形状取决于反馈电压和反馈电流的比值。

这种电源的特点是可以对外特性曲线形状进行任意的控制，以适应各种弧焊方法的需要。但是，因其重量较大、成本高、维修较难、耗电大，主要用于要求质量高的场合。由于输出电流没有纹波，反应速度很快，较适合用于熔化极气体保护焊。

③开关式电子控制电源。根据大功率开关器件放在变压器的二次绕组或一次绕组，可分为开关电源和逆变电源。

a. 开关电源。其结构类似于模拟式电子控制电源，但大功率晶体管组则是工作在高频开关状态。大功率晶体管的给定值以开关量（中频）形式出现，大功率晶体管组起电子开关作用，则相应输出中频脉冲，经滤波后成为直流电。

开关式弧焊电源输出电流有一定纹波，由于开关放置在二次绕组，开关损耗较大，一般只适用于小电流的钨极氩弧焊和微束等离子弧焊，目前有被逆变式弧焊电源取代的趋势。

b. 逆变电源。其原理为：当单相或三相 50Hz 的交流网路电压，经输入整流器整流和输入滤波器滤波，借助大功率电子开关（晶闸管、晶体管、场效应管或绝缘栅双极晶体管）的交替开关作用，又将直流变成几千到几万赫兹的中频交流电，再分别经中频变压器、整流器和电抗器降压、整流与滤波，就得到所需的焊接电压和电流。通常多采用 AC—DC—AC—DC 的逆变系统，即逆变弧焊整流器。

逆变弧焊整流器主要由输入整流器、电抗器、大功率电子开关（晶闸管组、晶体管组、场效应管组成）、中频变压器、输出整流器、电抗器从电子控制电路等组成，借助大功率电子开关和闭环反馈电路，实现对外特性和电弧电压、焊接电流的无级调节。

弧焊逆变器根据大功率开关器件的控制性能分为晶闸管类和晶体管类，其差别在逆变器。

晶闸管类逆变器的工作频率一般在几千赫兹，工作时的噪声较大；而晶体管类逆变器工作频率可在 20kHz 以上，工作时噪声很小。

弧焊逆变器具有高效节能（效率可达 80% ~ 90%）、空载损耗极小、重量轻、体积小、良好的动特性和工艺性能、调节速度快且能无级调节，以及具有多种外特性、能适应各种弧焊方法需要的优点，广泛应用于各种弧焊方法及作为机器人弧焊电源。

④恒压特性直流弧焊电源。即平特性电源。由于电源的短路电流很大，需要串联一直流电抗器，通过改变电感量加以限制。电感量的改变方法采用抽头电抗器，即采用机械换档及电磁控制方法，通过改变励磁电流大小调节电抗器铁心的饱和程度来调节电感量的大小（磁放大器式），以及采用电子控制方法（电子电抗器式）。其中，第一种已应用不多。

平特性电源主要有熔化极气体保护焊、药芯焊丝焊及细丝埋弧焊等。

⑤恒流特性直流弧焊电源。即下降特性弧焊电源。这种特性弧焊电源短路电流一般不大，但对电源的动特性有要求。一般用电源空载到短路时的输出响应、空载到负载时的输出响应以及从一种负载到另外一种负载的输出响应来表征。

机械调节型弧焊电源的响应特性完全由电源结构决定；电磁控制型弧焊电源响应特性受电磁惯性限制；电子控制型弧焊电源的响应特性则决定于电子控制系统及电子功率系统两个因素，而电子功率系统则是决定性因素，其形式有移相控制型功率系统（反应时间最长）、模拟控制型功率系统（反应时间最短）、开关控制型功率系统（反应时间取决于开关频率）。

(3) 脉冲弧焊电源 脉冲弧焊电源是指所提供的焊接电流是周期性脉冲式的。它包括基本电流（维弧电流）和脉冲电流。

目前，获得脉冲电流主要是采用大功率电子开关元件，通过阻抗变换和脉冲给定值来获得。一般有以下四种方式。

1) 利用电子开关获得脉冲电流。即在直流弧焊电源的交流侧或直流侧接上大功率晶闸管，分别组成晶闸管交流断续器或直流断续器，借助它们作为电子开关来获得脉冲电流。

2) 利用阻抗变换获得脉冲电流。如交换交流侧阻抗值，或变换直流侧电阻值等。

3) 利用给定信号变换和电流截止反馈来获得脉冲电流。

4) 利用硅二极管整流作用来获得脉冲电流。

为了使电弧不致在脉冲电流停止时中断，往往通过同一电源切换它的两条外特性或用另一电源来产生基本电流的方法来维持电弧的连续燃烧。

脉冲弧焊电源的分类方法有多种，通常按获得脉冲电流的主要器件分为以下几种。

1) 单相整流式脉冲弧焊电源。适用要求较低场合。

2) 磁放大器式脉冲弧焊电源。适用于一般要求的钨极氩弧焊及等离子弧焊。

3) 晶闸管式脉冲弧焊电源。较适合用于较高要求的钨极氩弧焊。

4) 晶体管式脉冲弧焊电源。用于 CO_2 焊以外的脉冲等离子弧焊。

此外,按脉冲电流电源与基本电流电源的组合分为:并联式(双电源式)和一体式(单电源式)两类。

脉冲弧焊电源还分为低频、高频两类。

脉冲弧焊电源可获得正弦半波(或局部正弦半波)、矩形波和三角形波三种最基本的脉冲电流波形。

采用脉冲电流进行焊接,可以用低于喷射过渡临界电流的平均电流来达到喷射过渡,不仅缩小了熔池体积,且易于实现全位置焊接,改善焊缝成形,缩小了热影响区,有利于改善接头组织,减小形成裂纹和变形倾向。

目前脉冲弧焊电源主要用于气体保护电弧焊和等离子弧焊。由于脉冲弧焊电源控制线路较复杂,维修比较麻烦,在工艺要求较高的场合才宜于应用。但结构简单、使用可靠的单相整流式脉冲弧焊电源也用在一般场合。

2. 弧焊电源选择

(1) 焊条电弧焊 焊条电弧焊的静特性曲线工作段为水平形状,要求用陡降特性的弧焊电源。

目前,焊条电弧焊用的电源主要是弧焊变压器和弧焊整流器(包括逆变弧焊电源),直流弧焊发电机因材料需要量大,空载损耗大,结构复杂,成本高,已被列入淘汰产品。

弧焊变压器的特点是结构简单、制造方便、使用可靠、维修容易、效率高、成本低等,仍是目前国内焊接生产应用最广泛的电源。常用的有动铁式、动绕组式和抽头式。多用于酸性焊条电弧焊。