

机械工人职业技能培训教材

初级

电焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中

443



机械工业出版社

● ISBN 7-111-06980-3/TG-1258

封面设计 / 电脑制作 : 姚毅



权威

按照国家最新颁布的《工人技术等级标准》及《职业技能鉴定规范》，由机械工业部组织行业近200名专家、工程技术人员、技师、高级技师参加编写

配套

既有实用的《机械工人职业技能培训教材》，又有与之配套的《技能鉴定考核题库》，覆盖机械行业18个主要技术工种

科学

融理论和技能于一体，初、中、高三级内容合理衔接

实用

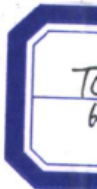
是企业培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训机构开展工人培训的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材

ISBN 7-111-06980-3



9 787111 069805 >

定价：12.00 元



机械工人职业技能培训教材

初级电焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

机械工业出版社

本书根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)电焊工》中初级工的要求介绍了焊接电弧的基本知识,焊接材料、焊接接头及焊缝符号的基本知识,焊接材料的选用、使用和保管常识,常用弧焊电源的基本原理及特点;着重介绍了焊条电弧焊、埋弧焊、手工钨极氩弧焊和 CO₂ 气体保护焊的设备组成、焊接工艺和操作技术;简单介绍了碳弧气刨的原理及操作,电弧焊缺陷的有关知识,常用设备及工、夹具的使用知识,相关工种的一般知识和安全生产常识。

本书是初级电焊工的职业技能培训教材,也可供职高、技校、职业中专焊接专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

初级电焊工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编.
—北京:机械工业出版社,1999.3
机械工人职业技能培训教材
ISBN 7-111-06980-3

I. 初… II. 机… III. 电焊-技术培训-教材 IV.
TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 03699 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:何月秋 版式设计:霍永明 责任校对:肖新民
封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版第 6 次印刷
850mm×1168mm^{1/32}·7.375 印张·191 千字
26 001—31 000 册
定价:12.00 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)68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙旭	李明全	李玲
	李超群	吴志清	张岚	张佩娟
	邝正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	王良栋			
参 编	李晓刚	张永其		
本书主审	吕明辉			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”，如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 焊接电弧及弧焊电源	1
第一节 焊接电弧	1
第二节 弧焊电源的种类	7
第三节 弧焊电源知识	8
复习思考题	20
第二章 焊接材料	22
第一节 焊条	22
第二节 焊剂	35
第三节 焊丝	37
第四节 气体和电极	46
复习思考题	47
第三章 焊接接头及焊缝形状	49
第一节 接头形式及坡口形式	49
第二节 焊接参数对焊缝形状的影响	53
第三节 焊缝符号	57
第四节 焊接位置	62
复习思考题	65
第四章 焊条电弧焊	66
第一节 概述	66
第二节 焊条电弧焊的焊接参数	71
第三节 焊条电弧焊的操作技术	76
第四节 焊条电弧焊操作实例	83
第五节 焊条电弧焊常见缺陷的产生原因及防止措施	96
复习思考题	99
第五章 埋弧焊	101
第一节 概述	101

第二节	埋弧焊设备	103
第三节	埋弧焊工艺	109
第四节	埋弧焊操作实例	122
第五节	埋弧焊常见缺陷的产生原因及防止措施	127
	复习思考题	130
第六章	手工钨极氩弧焊	132
第一节	概述	132
第二节	手工钨极氩弧焊设备	133
第三节	手工钨极氩弧焊工艺	137
第四节	手工钨极氩弧焊操作技术	145
第五节	手工钨极氩弧焊常见缺陷的产生原因及防止措施	156
	复习思考题	158
第七章	二氧化碳气体保护焊	159
第一节	概述	159
第二节	二氧化碳气体保护焊设备	160
第三节	二氧化碳气体保护焊的焊接参数	166
第四节	二氧化碳气体保护焊操作技术	170
第五节	二氧化碳气体保护焊常见缺陷的产生原因及防止措施	178
	复习思考题	181
第八章	碳弧气刨	182
第一节	碳弧气刨原理	182
第二节	碳弧气刨设备	183
第三节	碳弧气刨操作技术	184
第四节	碳弧气刨缺陷的产生原因及防止措施	188
	复习思考题	189
第九章	焊接用工、夹具及辅助设备	191
第一节	焊接常用的工、夹具	191
第二节	焊接常用的辅助设备	194
	复习思考题	204
第十章	相关工种一般知识	205
第一节	气焊和气割知识	205
第二节	冷作知识	213

复习思考题	218
第十一章 焊接安全生产	219
第一节 焊接安全技术	219
第二节 焊接劳动卫生与防护	222
第三节 焊接文明生产	224
复习思考题	225

第一章 焊接电弧及弧焊电源

培训要求 了解焊接电弧的产生过程及电弧的特性，熟悉不同弧焊电源的应用及发展，掌握弧焊电源的选用及使用。

第一节 焊接电弧

焊接电弧是由焊接电源供给的，具有一定电压的两电极间或电极与焊件间，在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象。电弧是所有电弧焊焊接方法的能源。到目前为止，电弧焊在焊接领域中占据着主要地位。

一、焊接电弧的引燃方法

不同的焊接方法有着不同的引燃电弧法。但总的来说有接触短路引弧法和高频高压引弧法两种。

1. 接触短路引弧法 这种引弧方法常用在焊条电弧焊和埋弧焊中。在一般情况下，空气是不导电的，因此在空气中产生电弧要有两个必要条件，即气体电离及电子发射。接触短路引弧时，首先将焊条或焊丝与焊件接触短路，这时接触点由于通过很大的电流而产生高温，使接触部分的金属温度剧烈地升高而熔化，然后迅速地将焊条或焊丝拉开（这个过程在埋弧焊时可由控制系统自动完成），拉开的瞬间，由于焊条或焊丝间存在的高温与强电场的作用，使焊件和焊条间的气体发生电离，同时电极电子发射作用立即产生，电弧就引燃了。其引燃过程见图 1-1。

2. 高频高压引弧法 钨极氩弧焊时，一般不采取接触短路引弧法，因为短路引弧一方面由于较大的短路电流使钨极烧损严重；另一方面在焊缝中经常会引起夹钨的缺陷。因此钨极氩弧焊时经常采用电极不与焊件接触的引弧方法。这种方法是在钨极和焊件之间留有 2~5mm 的空隙，然后加上很高的电压（2000~3000V），

利用高电压直接将空气击穿，引燃电弧。在正常情况下，输出的电压虽然很高，但由于是高频，有强烈的集肤效应，所以对人体是安全的。另外，有的焊机也采用脉冲引弧法。

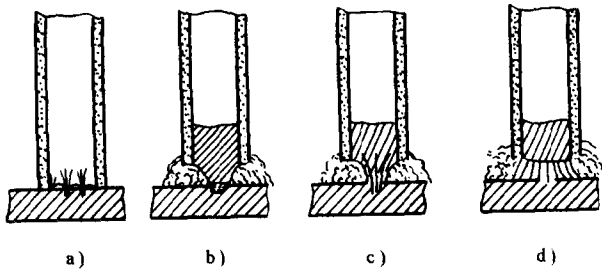


图 1-1 接触短路引弧法

a) 短路 b) 金属熔化 c) 拉起电极，产生电弧 d) 电弧稳定燃烧

二、直流电弧的结构和温度

当两电极间产生电弧放电时，在电弧长度方向的电压（电场强度）分布和温度分布是不均匀的。实际测量得到沿弧长方向的电压分布如图 1-2 所示。由图中可以看出，在电弧轴线上形成了三个不同性质的区域，即阴极区、阳极区和弧柱区。

1. 阴极区 阴极区是从阴极表面起靠近阴极的地方。阴极区很窄，约为 10^{-8} m，由于阴极表面堆积有一批正离子，所以形成一个电压降，称为阴极电压降。在阴极表面发射电子最集中的地方，往往形成一个或几个很亮的斑点，称为阴极斑点。阴极斑点是阴极区温度最高的部分，阴极斑点具有主动寻找氧化膜、破碎氧化膜的特点。在焊接铝合金等易氧化金属时，把焊件接直流电

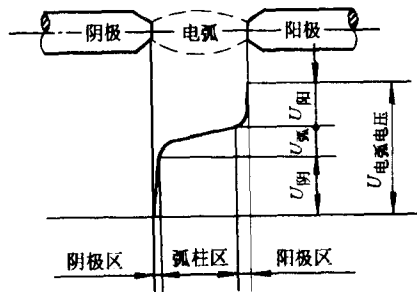


图 1-2 电压沿弧长的分布

在焊接铝合金等易氧化金属时，把焊件接直流电

源的负极就充分利用了阴极斑点的这一特性。

2. 阳极区 阳极区是从阳极表面起靠近阳极的地方, 较阴极区宽, 约为 10^{-6}m , 由于阳极表面堆积有一批电子, 所以在阳极区形成一个电压降, 称为阳极电压降。从弧柱飞来的电子进入阳极表面的区域, 称为阳极斑点, 也呈灼亮状。阳极产生的热量是可利用的主要能量。

3. 弧柱区 弧柱区是在阴极区和阳极区中间的区域, 由于阴极区和阳极区的长度都极短, 所以弧柱区的长度占了电弧长度的绝大部分, 可以近似代表整个弧长。在弧柱的长度方向上带电质点的分布是均匀的, 所以弧柱电压降的分布也是均匀的。弧柱的温度受气体介质、电流大小、弧柱压缩程度等因素的影响, 通常电流由 $1\sim 1000\text{A}$ 变化时, 弧柱温度可在 $5000\sim 30000\text{K}$ 之间变化。弧柱的温度最高, 而两个电极的温度较低, 如图 1-3 所示。

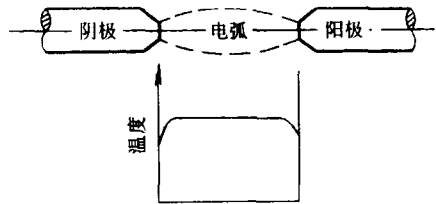


图 1-3 电弧温度在电弧上的分布

柱的温度受气体介质、电流大小、弧柱压缩程度等因素的影响, 通常电流由 $1\sim 1000\text{A}$ 变化时, 弧柱温度可在 $5000\sim 30000\text{K}$ 之间变化。弧柱的温度最高, 而两个电极的温度较低, 如图 1-3 所示。

三、电弧静特性

1. 焊接电弧的静特性曲线 在电极材料、气体介质和弧长一定的情况下, 电弧稳定燃烧时, 焊接电流与电弧电压变化的关系称为焊接电弧的静特性曲线。通常把金属的电阻看成是一个常数, 其电压和电流的关系满足欧姆定律, 所以其静特性曲线是一条直线, 见图 1-4。电弧是空气导电, 和金属导电完全不一样。它的主要特点是没有一个大小固定的电阻值, 即电阻不是一个常数, 也不服从欧姆定律。电弧电阻的大小与电弧的温度有关, 焊接电流小的时候, 电弧的温度较低, 空气电离的程度低, 电阻值较大; 焊接电流增大时, 电弧温度增高, 结果空气的电离程度增高, 则电阻值就下降, 故得到了图 1-5 所示的焊接电弧的静特性曲线, 通常称为 U 形曲线。

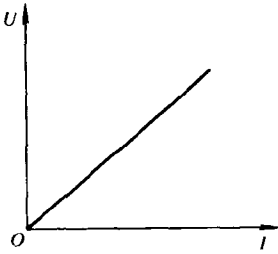


图 1-4 金属的静特性曲线

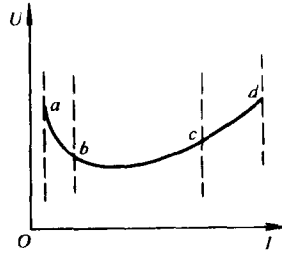


图 1-5 电弧的静特性曲线

从图 1-5 可知,整个电弧的静特性曲线可分为三部分:下降特性段 ab , 此时随着焊接电流的增加,电弧电压迅速地减小;水平特性段 bc , 此时随着焊接电流的增加,电弧电压值基本保持不变;上升特性段 cd , 此时随着焊接电流的增加,电弧电压值也随之增加。

不同的焊接方法,在一定条件下,其静特性只是曲线的某一部分。如焊条电弧焊,由于使用的焊接电流受到限制,故其静特性曲线没有上升段。

2. 电弧长度对电弧静特性的影响

电弧长度改变时,主要是弧柱长度发生变化。整个弧柱的压缩增加时,电弧电压增加,电弧静特性曲线将提高。反之,弧长缩短时,电弧静特性曲线将下降,见图 1-6。因此,一个弧长对应一条电弧静特性曲线,但其基本形状不变,只是曲线上下移动。

四、焊接电弧的稳定性

焊接电弧的稳定性,是指电弧保持稳定燃烧(不产生断弧、飘移和磁偏吹等)的程度。电弧燃烧是否稳定,直接影响到焊接质量的好坏和焊接过程的正常进行。电弧燃烧的稳定性大致与以下几个方面有关:

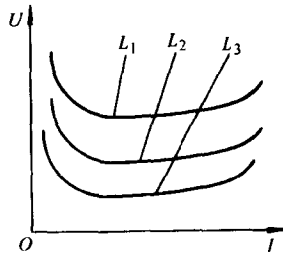


图 1-6 电弧长度对电弧静特性曲线的影响

L_1 、 L_2 、 L_3 为电弧长度

$$L_1 > L_2 > L_3$$

1. 电源及电源极性接法 采用直流电源比交流电源的稳弧性好。因为采用交流电源焊接时,电弧的极性是周期地改变的。工频交流电源,每秒钟电弧的燃烧和熄灭要重复 100 次,因此电弧不如直流电源稳定。所以对于稳弧性较差的碱性焊条,必须采用直流电源焊接。一般弧焊交流电源过零点时比较缓慢,如图 1-7a 所示,因此再引弧比较困难。但是,交流电源基本没有磁偏吹的影响,因此在焊接过程中电弧挺度好。近几年来研究的方波交流电源,综合了交直流两者的优点。由于方波交流在过零点时电流变化很陡,如图 1-7b 所示,因此正常电压就足以使电弧引燃,而且稳定性好。另一种方式是提高交流频率,在这一方面,逆变式电源有突出的优点。

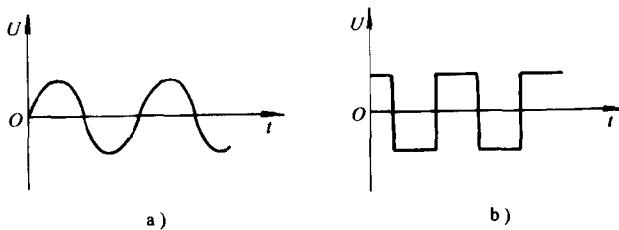


图 1-7 电源波形

a) 普通弧焊电源波形 b) 方波电源波形

2. 焊条药皮 当焊条药皮中含有较多易电离元素(K、Na、Ca等)或它们的化合物时,电弧燃烧较稳定。当药皮中含有较多氟化物时,会降低电弧燃烧的稳定性。碱性焊条药皮中就有一定量的CaF,因此电弧稳定性较差。

3. 气流 气流对电弧稳定性的影响也很大。在露天大风中操作或在气流速度大的管道中焊接时,电弧偏吹很严重,甚至使焊接过程发生困难。因此在风较大时,一般都要求采取必要的措施加以遮挡或停止焊接。

4. 磁偏吹 在正常情况下,电弧的轴线总是沿着焊条中心线的方向(图 1-8a),即使在焊条倾斜于焊件时(图 1-8b),仍有保

持轴线方向的倾向。在热收缩和磁收缩等效应的作用下，电弧沿电极轴向挺直的程度称为电弧挺直度。电弧挺直度对焊接操作十分有利，可以利用它来控制焊缝的成形和位置。

直流电弧焊时，电弧因受到焊接回路所产生的电磁力作用而产生的电弧偏移的现象称为电弧偏吹，又叫磁偏吹。因为在用直流电焊接时，除了在电弧周围产生自身磁场外，还有通过焊件的电流在空间产生的磁场。

如果导线位置在焊件左侧，则在电弧左侧的空间为两个磁场相叠加，而在电弧右侧则为单一磁场，电弧两侧的磁场分布失去平衡，因此磁力线密度大的左侧对电弧产生推力，使电弧偏离轴线，向右方倾斜，产生磁偏吹，见图 1-9；反之将导线接在焊件右侧，则电弧将向左侧偏吹；同理，如果导线在电弧中心线下面将不会产生磁偏吹。

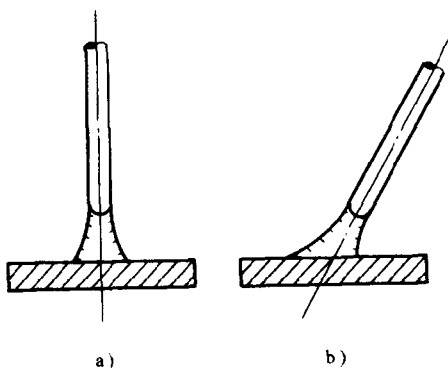


图 1-8 电弧挺直度

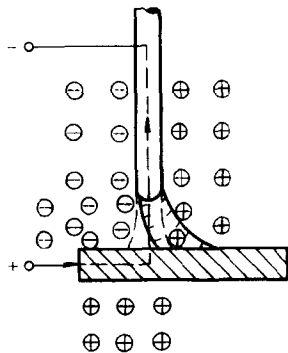


图 1-9 接线位置产生的磁偏吹

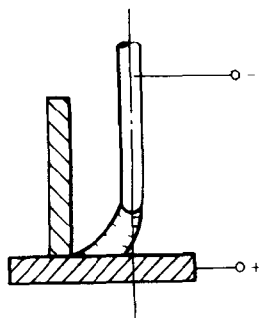


图 1-10 铁磁物质引起的磁偏吹

如果在电弧附近有铁磁物质存在，如焊接 T 形接头的角焊缝，则电弧也将偏向铁磁物质引起偏吹，见图 1-10。

因为磁偏吹的力量与焊接电路内的电流平方值几乎成正比，所以，磁偏吹的强烈程度随着焊接电流的增加而激烈增加。因此为了减少磁偏吹，可以适当降低焊接电流值。此外，在操作时可以将焊条朝偏吹的方向倾斜一个角度，调整电弧左右两侧空间的大小，使磁力线密度趋向于均匀，这是生产中减少磁偏吹的常用方法，见图 1-11。

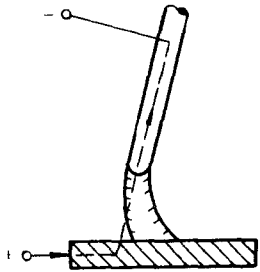


图 1-11 减少磁偏吹的方法

使用交流电焊接时，磁偏吹的情况和使用直流电焊接时有很大不同，因为此时焊件中由于交变磁通的通过会引起涡流，而涡流的本身又产生新的磁通。涡流在时间上和焊接电流相距近 180° ，因此，涡流所产生的磁通和焊接电流所产生的磁通相距亦近于 180° ，这样，合成磁通要比原来的磁通小，所以，在焊接电弧中磁偏吹现象要比直流电弧小得多。

第二节 弧焊电源的种类

一、弧焊电源的种类

焊接电流有直流、交流和脉冲三种基本类型。相应的弧焊电源为直流弧焊电源、交流弧焊电源和脉冲弧焊电源等。

弧焊电源的发展十分迅速，特别是近十几年来电子工业的飞速发展，为弧焊电源大量采用新技术创造了条件，如逆变式弧焊整流器、矩形波交流弧焊电源等，它们以各自突出的优点在生产中应用得越来越广泛。

二、焊机型号的编制

我国焊机型号按 GB10249—88 标准规定编制。焊机型号采用汉语拼音字母及阿拉伯数字组成，其编排次序及各部分含义如下：