

中等职业教育机械专业改革规划教材

焊接技能



HANJIE JINENG

主编 薛 强 张鸿刚



四川大学出版社

中等职业教育机械专业改革规划教材

焊接技能

HANJIE JINENG

主编 薛 强 张鸿刚



四川大学出版社

· 成 都 ·

责任编辑:梁 平
责任校对:秦 妍
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能 / 薛强, 张鸿刚主编. —成都: 四川大学出版社, 2015. 3
ISBN 978-7-5614-8393-0

I. ①焊… II. ①薛… ②张… III. ①焊接—中等专业学校—教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 049083 号

书名 焊接技能

主 编	薛 强 张鸿刚
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-8393-0
印 刷	绵阳永安印制有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	11.25
字 数	274 千字
版 次	2015 年 3 月第 1 版
印 次	2015 年 3 月第 1 次印刷
定 价	22.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scup.cn>

前 言

本教材在编写过程中，得到了成都精密制造设备有限公司、川开村田制造企业的大力支持。教材根据焊接专业及行业需求，以焊接技能为主要内容进行编写，适用于我校高二就业班两学期的技能操作练习。本书重视学生安全生产意识、安全生产的职业习惯的培养，并突出以能力为本的培养目标，注重学生动手能力的训练，有机地将素质教育和技能培训相结合，使学生有更广泛的专业适应性，从而适应当今社会的需要。

目 录

项目一	焊接安全知识	(1)
任务一	安全用电	(2)
任务二	防火、防爆、防毒、防辐射的安全知识	(4)
任务三	特殊环境作业安全知识	(5)
项目二	焊接设备	(8)
任务一	弧焊电源的种类及其基本要求	(9)
任务二	弧焊电源的型号及技术特性	(12)
任务三	弧焊电源的正确使用与维护	(14)
任务四	常用工具	(17)
项目三	焊接材料（电焊条）	(20)
任务一	焊条的组成和作用	(21)
任务二	焊条的种类、型号、规格	(22)
任务三	焊条的选用原则和使用	(23)
项目四	焊接基础知识	(25)
任务一	焊接概述	(26)
任务二	焊接符号及标注	(32)
任务三	焊接工艺参数	(41)
任务四	焊接缺陷及防止方法	(43)
任务五	焊接应力与变形	(49)
项目五	焊条电弧焊操作技术	(51)
任务一	引弧及运条方法	(52)
任务二	焊道的开头、连接和收尾	(57)
任务三	平敷焊	(60)
任务四	平对接焊	(69)



项目六 平角焊·····	(85)
项目七 横对接焊·····	(96)
项目八 立对接焊·····	(102)
项目九 立角焊·····	(111)
项目十 仰焊·····	(118)
项目十一 管子对接·····	(125)
项目十二 垂直固定管焊·····	(131)
项目十三 管与板的焊接·····	(135)
项目十四 气体保护焊及气割技术简介·····	(139)
项目十五 气焊气割·····	(159)
综合项目 制作分类垃圾箱·····	(169)
参考文献·····	(174)



项目一 焊接安全知识

学习目标

1. 懂得焊接安全的重要性，理解电焊工安全操作规程，学会安全文明生产。
2. 会预防触电，预防火灾和爆炸，预防有害气体和烟尘中毒的安全技术。

项目任务

当今社会是安全权与生存权同等重要的时代，作为一名焊工，必须树立安全第一的生产意识，学会安全防护，自觉遵守安全操作规律。明确安全生产的重要性，了解安全生产的规章制度，掌握安全生产的措施，避免和杜绝事故的发生。

许多人在不同工作岗位上，辛勤工作，享受工作给生活带来的快乐，但也有人因工作中出现安全事故，造成伤、残、死等事故，给亲人造成了无比的悲痛。请思考在焊接操作时易出现哪些事故？应如何在焊接方面做好防范工作？

项目分析

焊接操作时需要与电、气经常接触，安全方面稍有一点未考虑周全，就可能出现触电、火灾、爆炸、中毒、高空坠落、遭受弧光、辐射、电磁场的伤害。

项目决策

1. 各小组选举一名负责人担任组长，负责小组学习的开展和各项考核工作。
2. 对学习情况进行考核，进行一对一的帮扶，完成人人掌握安全知识。



任务一 安全用电

一、安全用电基础知识

电流对人体的危害：

- (1) 电击：电流通过人体内部，破坏心脏、肺部或神经系统的功能，也叫触电。
- (2) 电伤：加热工件的火星飞溅掉到皮肤上引起的烧伤。
- (3) 电磁场生理伤害：在高频电磁场作用下，使人头晕、乏力、记忆力衰退、失眠多梦等神经系统的症状。

1. 造成触电的因素

(1) 流经人体的电流。电流引起人的心室颤动是电击致死的主要原因。电流越大，引起心室颤动所需时间越短，致命危险越大。

能使人感觉到的电流为交流约 1 mA，直流约 5 mA；交流 5 mA 能引起轻度痉挛；人触电后自己能摆脱的电流，交流约 10 mA，直流约 50 mA；交流达到 50 mA 时在较短的时间就能危及人的生命。

在比较干燥的情况下，人体电阻约 1000~1500 Ω ，通过人体不引起心室颤动的最大电流，可按 30 mA 考虑，则安全电压 $\textcircled{U}\textcircled{E}=3\times 10^{-3}\text{A}\times (1000\sim 1500)\ \Omega=30\sim 45\text{V}$ ，我国规定为 36 V；在潮湿情况下，人体电阻仅 500~650 Ω ，则安全电压 $\textcircled{U}\textcircled{E}=3\times 10^{-3}\text{A}\times (500\sim 650)\ \Omega=15\sim 19.5\text{V}$ ，我国规定为 12 V；若通过人体的电流按不引起痉挛的电流 5 mA 考虑，则安全电压 $\textcircled{U}\textcircled{E}=5\times 10^{-3}\text{A}\times (500\sim 650)\ \Omega=2.5\sim 3.75\text{V}$ 。

根据人能触及的电压，可将触电分成两种情况：

①单相触电：当人站在地上或其他导体上时，身体其他部位碰到一根火线引起的触电事故叫作单相触电；此时碰到的电压是交流 220 V，是比较危险的。

②两相触电：人体同时接触两根火线引起的触电事故叫作两相触电；因碰到的电压是交流 380 V，触电的危险会更大些。

(2) 通电时间。电流通过人体的时间越长，危险性越大。人的心脏每收缩扩张一次，中间约有 0.1 s 间歇，这段时间心脏对电流最敏感。若触电时间超过 1 s，肯定会与心脏最敏感的间隙重合，故会增加危险。

(3) 电流通过人体的途径。通过人体的心脏、肺部和中枢神经系统的电流越大，危



险越大，因此人体从左手到右脚的触电事故最危险。

(4) 人体的健康状况。人的健康状况不同，对触电的敏感程度不同，凡患有心脏病、肺病和神经系统疾病的人，触电伤害的程度都比较严重，因此一般不允许有这类疾病的人从事电焊作业。

2. 焊接作业用电特点

不同的焊接方法对焊接电源的电压、电流等参数的要求不同，我国目前生产的手弧焊机的空载电压限制在 90 V 以下，工作电压为 25~40 V；氩弧焊、CO₂ 气体保护焊的空载电压在 65 V 左右；所有焊接电源的输入电压为 220 V/380 V，都是 50 Hz 的工频交流电，因此触电的危险是比较大的。

3. 焊接操作时造成触电的原因

(1) 直接触电发生在以下情况：

①在更换焊条、电极和焊接过程中，焊工的手或身体接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分，而脚或身体其他部位与地或工件间无绝缘防护。当焊工在金属容器、管道、锅炉、船舱或金属结构内部施工，或当人体大量出汗，或在阴雨天或潮湿地方进行焊接作业时，特别容易发生这种触电事故。

②在接线、调节焊接电流或移动焊接设备时，易发生触电事故。

③在登高焊接时，碰上低压线路或靠近高压电源线易引起触电事故。

(2) 间接触电发生在以下情况：

①焊接设备的绝缘烧损或机械损伤，绝缘损坏部位碰到机壳，而人在碰到机壳时会引起触电。

②焊机的火线和零线接错，使外壳带电。

③焊接操作时人体碰上了绝缘破损的电缆、胶木电闸带电部分等。

二、焊接安全用电注意事项

焊工在工作中必须掌握防止触电的安全知识：

(1) 弧焊设备的外壳必须接零或接地，而且接线应牢靠，以免由于漏电而造成触电事故。

(2) 弧焊设备的初级接线、修理和检查应由电工进行，焊工不可私自随便拆修。

(3) 推拉电源闸刀时，应戴好干燥的皮手套，面部不要对着闸刀，以免推拉闸刀时，可能发生电弧火花而灼伤脸部。还要注意不能用双手去操作开关，因为双手操作时，如有触电发生电流马上通过人体的心脏形成回路，造成触电者立即死亡。

(4) 焊钳应有可靠的绝缘。焊工不操作时，焊钳要放在安全的地方，防止焊钳与焊件之间产生短路而烧坏弧焊机。

(5) 焊工的工作服、手套、绝缘鞋应保持干燥，并且要注意鞋底是否有坏处而不能绝缘。



(6) 在容器或船舱内或其他狭小工作场所焊接时,须两人轮换操作,其中一人留守在外面监护,以防发生意外时,立即切断电源便于急救。

(7) 在潮湿的地方工作时,应用干燥的木板或橡胶片等绝缘物作垫板。

(8) 在光线暗的地方、容器内操作或夜间工作时,使用的工作照明灯的电压应不大于 36 V。

(9) 更换焊条时,不仅应带好手套,而且应避免身体与焊件接触。

(10) 焊接电缆必须有完整的绝缘,不可将电缆放在焊接电弧的附近或炽热的焊缝金属上,避免高温而烧坏的绝缘层;同时,也要避免碰撞磨损。焊接电缆如有破损应立即进行修理或调换,但禁止在电焊机启动的时候接地线和手把线。

(11) 遇到焊工触电时,切不可赤手去拉触电者,应先迅速将电源切断。如果切断电源后触电者呈现昏迷状态,应立即施行人工呼吸法,直至送到医院为止。

焊工要熟悉和掌握有关电的基本知识、预防触电及触电后急救方法等知识,严格遵守有关部门规定的安全措施,防止触电事故发生。

任务二 防火、防爆、防毒、防辐射的安全知识

一、预防火灾和爆炸的安全知识

焊接时,由于电弧及气体火焰的温度很高,而且在焊接过程中有大量的金属火花飞溅物,如稍有疏忽大意,就会引起火灾甚至爆炸。因此焊工在工作时,为了防止火灾及爆炸事故的发生,必须采取下列安全措施:

(1) 焊接前要认真检查工作场地周围是否有易燃、易爆物品(如棉纱、纸屑、油漆、汽油、煤油、木屑、乙炔发生器等),如有易燃、易爆物,应将这些物品搬离焊接工作点 5 m 以外,且场地内应备有消防器材。

(2) 在高空作业时更应注意防止金属火花飞溅而引起的烫伤、火灾。应备有消防器材,并有足够照明和良好的通风设备。

(3) 严禁在有压力的容器和管道上进行焊接。

(4) 焊补储存过易燃物的容器(如汽油箱等)时,焊前必须将容器内的介质放净,并用碱水清洗内壁,再用压缩空气吹干,应将所有孔盖完全打开,确认安全可靠方可焊接。

(5) 在进入容器内工作时,焊、割炬应随焊工同时进出,严禁将焊、割炬放在容器内而焊工擅自离去,以防混合气体燃烧和爆炸。

(6) 焊条头及焊后的焊件不能随便乱扔,要妥善管理,更不能扔在易燃、易爆物品的附近,以免发生火灾。

(7) 在焊接密闭空心工件时,必须留有气孔;当焊接管子时,两端不准堵塞。



(8) 每天下班时应检查工作场地附近是否有引起火灾的隐患,如确认安全,才可离开。

二、预防有害气体和烟尘中毒的安全知识

焊接时,焊工周围的空气常被一些有害气体及粉尘所污染,如氧化锰、氧化锌、氟化氢、一氧化碳和金属蒸气等。焊工长期呼吸这些烟尘和气体,对身体健康是不利的,因此应采取下列措施:焊接场地应有良好的通风,焊接区的通风是排出烟尘和有毒气体的有效措施,如补焊化工设备、装过化学成分的小型容器,在容器内或狭小的地方焊接时都要考虑有毒气体。

三、预防弧光辐射的安全知识

电弧辐射主要产生可见光、红外线、紫外线三种射线。过强的可见光耀眼眩目。紫外线对眼睛和皮肤有较大的刺激性,它能引起电光性眼炎,电光性眼炎的症状是眼睛疼痛,有沙粒感、多泪、畏光、怕风吹等,但电光性眼炎一般不会有后遗症。皮肤受到紫外线照射时,先是痒、发红、触痛,以后变黑、脱皮。如果工作时注意防护,以上症状是不会发生的。因此焊工预防弧光辐射应采取下列措施:

- (1) 焊工必须使用有电焊防护玻璃的面罩。
- (2) 面罩应该轻便,成形合适,耐热、不导电、不导热、不漏光。
- (3) 焊工工作时,应穿白色帆布工作服,防止弧光灼伤皮肤,领、袖扣好,尽量不让弧光与皮肤直接接触。
- (4) 操作引弧时,焊工应该注意周围工人,以免强烈弧光伤害他人眼睛。
- (5) 在厂房内和人多的区域进行焊接时,尽可能地使用屏风板,避免周围人受弧光伤害。
- (6) 装配定位焊时,要特别注意弧光的伤害,在定位焊时,尽量把脸朝一边,避免不小心时弧光伤眼睛,因此要求焊工或装配人都戴防光眼镜。

任务三 特殊环境作业安全知识

所谓特殊环境焊接,是指在一般工业企业正规厂房以外的地方,例如,在高空、野外、容器内部等进行的焊接。在这些地方焊接时,除遵守上面介绍的一般技术要求外,还要遵守一些特殊的规定。

1. 高处焊接作业

焊工在距基准面 2 m 以上(包括 2 m)有可能坠落的高处进行焊接作业称为高处



（登高）焊接作业。

（1）患有高血压、心脏病等疾病与酒后人员，不得进行高处焊接作业。

（2）高处焊接作业时，焊工应系安全带，地面应有人监护（或两人轮换作业）。

（3）在高空焊接作业时，登高工具（如脚手架等）要安全、牢固、可靠，焊接电缆线等应扎紧在固定地方，不能缠绕在身上或搭在背上工作。不能用可燃物（如麻绳等）作固定脚手架、焊接电缆线和气割气管的材料。

（4）乙炔瓶、氧气瓶、焊机等焊接设备器具应尽量留在地面上。

（5）雨天、雪天、雾天或刮大风（六级以上）时，禁止高处焊接作业。

2. 容器内焊接作业

（1）进入容器内部前，先要弄清容器内部的情况。

（2）该容器和外界联系的部位都要进行隔离和切断，如电源和附带在设备上的水管、料管、蒸气管、压力管等均要切断并挂牌。如容器内有污染物，应进行清洗并经检查确认无危险后，才能进入内部进行焊接。

（3）进入容器内部焊接要实行监护制，派专人进行监护。监护人不能随便离开现场，并与容器内部的人员经常取得联系。

（4）在容器内焊接时，内部尺寸不应过小，还应注意通风排气工作。通风应用压缩空气，严禁使用氧气作为通风。

（5）在容器内部作业时，要做好绝缘防护工作，最好垫上绝缘垫，以防止触电等事故的发生。

3. 露天或野外作业

（1）夏季在露天工作时，必须有防风雨棚或临时凉棚。

（2）露天作业时应注意风向，不要让吹散的铁液及焊渣伤人。

（3）雨天、雪天或雾天时，不准露天作业。

（4）夏季进行露天气焊、气割时，应防止氧气瓶、乙炔瓶直接受烈日暴晒，以免气体膨胀发生爆炸。冬季如遇瓶阀或减压器冻结时，应用热水解冻，严禁火烤。



项目检查

考核项目	考核内容	配分	评分要求
焊接安全知识	安全用电	20 分	按预防触电安全知识每一项平均给分
	防火防爆	20 分	按防火防爆安全知识每小项给分
	防有害气体和烟尘中毒	10 分	按防中毒知识每项给分
	防弧光辐射	20 分	按防弧光辐射知识给分
	特殊环境作业	30 分	按三个环境操作安全给分



项目评论

学生自评	
老师点评	1. 焊接安全生产的重要性 2. 如何更好地预防触电、防火、防爆、防中毒 3. 怎样做好特殊环境作业安全

思考题

1. 焊接安全知识的主要内容包括哪些？
2. 我国规定的安全电压分哪几种？
3. 如何预防弧光辐射？
4. 谈谈你对焊接安全生产的认识。



项目二 焊接设备

学习目标

1. 会使用焊接工具。
2. 理解焊条电弧焊设备的种类，会使用及维护。

项目任务

在各种焊接设备中，如何根据所焊材料、焊机特性选择焊机，并能正确对焊机进行安装以及使用？

项目分析

要想使自己能正确选择焊机、安全操作使用焊接设备，就必须了解各种焊接设备的性能，分清弧焊设备的分类。

项目决策

按小组分工，各小组负责对各式焊接设备参数进行查阅，做好记录，最后一起归总各类焊接设备的性能、参数以及安装使用注意事项。

项目实施

目前工矿企业主要用的焊机有交流弧焊机、直流电焊机、氩弧焊机、二氧化碳保护焊机、对焊机、点焊机、埋弧焊机、高频焊缝机、闪光对焊机、压焊机、碰焊机、激光焊机交流焊机和直流焊机等。

手弧焊设备是一种为电弧提供电能的设备，其中弧焊电源是手弧焊设备中的主要部分，手弧焊电源包括交流弧焊变压器、直流弧焊发电机和弧焊整流器。



任务一 弧焊电源的种类及其基本要求

一、手弧焊电源的分类

手弧焊电源是为焊接电弧提供电能的设备。通常按输入电流种类分为交流弧焊电源、直流弧焊电源、脉冲弧焊电源、逆变式弧焊电源 4 类。交流电源即弧焊变压器，直流电源分为弧焊发电机和弧焊整流器两类。

1. 弧焊变压器

弧焊变压器是交流弧焊电源，是将交流电网的交流电变成适用于电弧焊的低压交流电。其优点是结构简单、使用方便、易于维修、价格便宜、无磁偏吹、噪声小等，见图 2-1-1。缺点是不能用于碱性低氢型焊条的焊接。常用弧焊变压器有 BX1-330（动铁芯式）、BX3-300（动线圈式）、BX5-250（晶闸管式）、BX6-315（抽头式）等。

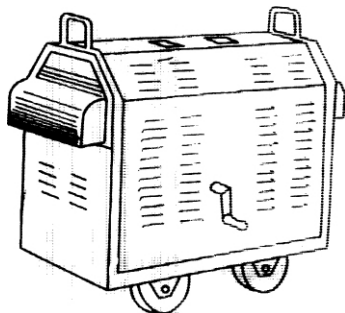


图 2-1-1 交流弧焊机

2. 直流弧焊发电机

直流弧焊发电机一种是电动机和特种直流发电机的组合体；另一种是柴油（汽油）机和特种直流发电机的组合体，同时还配置为获得所需外特性的调节装置和指示装置等。其优点是焊接电弧稳定、输出电流脉动小、受网路电压波动的影响小、过载能力强，是以前应用最多的直流电源。由于造价高、噪声大、耗电大、空载损耗大等缺点，现在一般都很少生产。一般常用柴（汽）油的发电机，仍用于无电及野外施工等场合。

3. 弧焊整流器

弧焊整流器是把交流电经整流装置整流变为直流电的弧焊电源，由变压器和整流器件等组成。与直流弧焊发电机相比，其优点是噪声小、空载损耗小，随整流元件质量的



提高, 弧焊整流器的性能已接近弧焊发电机水平, 使用日益增多。缺点是过载能力小、使用和维护要求较高等。弧焊整流器可用作各种电弧焊方法的电源。常用弧焊整流器有 ZXG-300 和 ZXG-500 等。采用硅整流器做整流元件称为硅弧焊整流器或硅整流焊机, 采用晶闸管整流的称为晶闸管整流弧焊机。

4. 弧焊逆变器

弧焊逆变器是一种新型高效节能直流焊接电源, 是直流弧焊电源新换代产品, 它采用变频原理和电子技术, 具有极高的综合指标和优良的焊接工艺性能。按逆变器组成逆变器的大功率电子开关器件, 可分为晶体管式、晶闸管式、IGBT 管式等。

二、对手弧焊电源的基本要求

焊接过程中, 电弧是焊接电源的负载, 焊机是焊接电弧的电源, 焊接电弧与电源组成了用电系统。为使焊接电弧能够在要求的焊接电流下稳定燃烧, 焊接电源应满足下述条件。

1. 适当的空载电压

当焊机接通电源而输出端没有负载时, 焊接电流为零, 此时输出端的电压称为空载电压。空载电压低时, 引弧困难, 电弧燃烧也不够稳定; 空载电压较高时, 电弧容易引燃且稳定燃烧; 空载电压过高, 焊工触电危险较大, 不节约电。因此, 在满足焊接工艺要求的前提下, 空载电压应尽可能低些。目前手弧焊电源的空载电压一般为:

弧焊变压器: $U_0 \leq 80 \text{ V}$ 。

弧焊整流器: $U_0 \leq 90 \text{ V}$ 。

弧焊发电机: $U_0 \leq 100 \text{ V}$ (单头焊机), $U_0 \leq 80 \text{ V}$ (多头焊机)。

2. 适当的短路电流

当电极和焊件短路时, 输出电压为零, 此时焊机的输出电流称为短路电流, 在引弧和焊条熔化向焊件过渡时, 经常发生短路。如果短路电流过大, 不但会使焊条过热、药皮脱落、飞溅增加, 而且会引起电源过载以致烧坏。相反, 如果短路电流太小, 则会使引弧和熔滴过渡发生困难。所以一般要求短路电流为稳定工作点的电流, 即焊接电弧稳定燃烧时的电流。

3. 陡降的外特性

在电弧稳定燃烧状态下, 焊接电源输出电压与输出电流之间的关系称为电源的外特性, 用来表示这一关系的曲线称为电源外特性曲线。弧焊电源应具有下降的外特性, 即焊接电源的输出电压随焊接电流的增加而下降的特性, 见图 2-1-2。

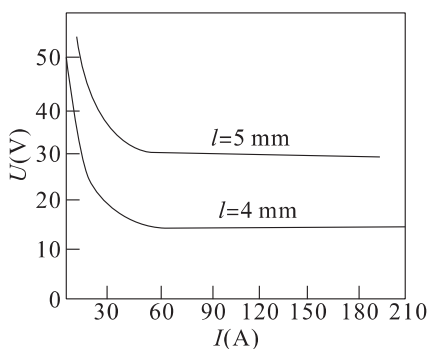


图 2-1-2 电弧静特性曲线

手弧焊时，电弧静特性曲线与电源外特性曲线的交点就是电弧稳定燃烧的工作点。由于焊工手法不稳定或焊件组装不平等原因，电弧长度经常发生变化。生产实践证明，电流的波动对焊缝质量影响较大，应设法使焊接电流的波动量小些。由图 2-1-3 可见，当弧长由 l_2 变化到 l_1 （或由 l_1 变化到 l_2 ），具有较陡外特性曲线 1 的焊接电流变化量 ΔI_1 比较缓降外特性曲线 2 的焊接电流变化量 ΔI_2 小，即陡降外特性曲线在弧长发生变化时，焊接电流较稳定，所以手弧焊必须采用具有陡降外特性曲线的电源。

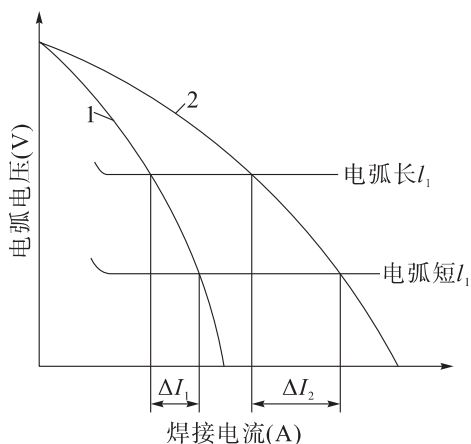


图 2-1-3 弧长变化时焊接电流的变化

4. 良好的调节特性

焊接时，由于焊件材质、厚度、焊接位置和焊条直径等不同，需要选择不同的焊接电流。为此，焊机的焊接电流必须在较宽范围内能均匀灵活地调节。一般要求手弧焊机的电流调节范围为焊机额定焊接电流 0.25~1.2 倍。