

电焊工从业 上岗一本通

孙正根●等编著



电焊工从业上岗一本通

孙正根 等编著



机械工业出版社

在工业生产加工中,电焊被广泛应用于各种行业。现如今,随着就业趋势的转型,电焊工逐步向有技术、懂操作,并且具备一定创新能力的高素质劳动者发展。本书根据《电焊工》的专业要求,并结合现代实际的需要,详细介绍了电焊工应掌握的各种基础知识,同时,在技能的实践与操作中,更添加了许多操作实例,以及操作中应该注意的问题与操作技巧,方便读者自学、自练。

本书可作为企业培训部门、职业鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构等的参考培训用书,也可供技校、中职、各种短训班培训使用,同时也可作为从事焊接的技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电焊工从业上岗一本通/孙正根等编著. —北京:机械工业出版社, 2012.1

ISBN 978-7-111-37118-2

I. ①电… II. ①孙… III. ①电焊—基本知识

IV. ①TG443

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第006870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:朱林 责任编辑:朱林

版式设计:石冉 责任校对:肖琳

封面设计:陈沛 责任印制:李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2012年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.25印张·324千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37118-2

定价:38.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

科技进步和制造业的发展，让电焊技术有了突飞猛进的改变，使其广泛应用于宇航、航空、核工业、造船、建筑及机械制造等各个工业部门。焊接技术已经成为一种不可缺少的加工手段，同时，随着就业形势的转型，全球化经济一体化的深入，越来越多的人的就业眼光已经转向为高素质技工型人才，高级蓝领成为新形势下就业的“金饭碗”。

电焊工是一个在机械制造和机械加工行业中的特殊金属焊接工种，而且又是一个很重要的岗位。

根据当前焊接行业的工作需要，以实用为目的，本书在编写时注意采用新规范、新标准，针对当前电焊工的工作特点，通俗易懂地介绍了焊接相关知识、焊接材料的性能与选用、焊接设备的调试与使用、常用焊接技术、焊接缺陷与防止措施、焊接安全技术等内容，采用理论结合实际操作的形式，让读者能轻松掌握焊接技巧，满足日常电焊工的操作技术。

第1章由陈俊喜、杨子俊编写；第2~4章由孙正根、王孜福、郑全德编写；第5~6章由李开明、李丽编写。

由于水平有限，本书难免会有些纰漏与不足之处，敬请读者批评指正！

作者

目 录

前言

第1章 焊工的基本知识 1

1.1 焊接的基本知识 1

1.1.1 焊接的优缺点 1

1.1.2 常用焊接技术的分类 2

1.1.3 各种焊接方法的特点与应用范围 3

1.2 识图知识 9

1.2.1 剖视图、断面图 9

1.2.2 简单装配图的识读 15

1.2.3 焊缝符号和焊接方法代号表示法 19

1.3 金属学基础知识 26

1.3.1 金属材料的一般知识 26

1.3.2 合金及铁碳合金的基本知识 29

1.3.3 铁碳的基础知识与应用 31

1.3.4 钢的热处理 33

1.3.5 冷加工的基础知识 36

1.4 电工基础知识 43

1.4.1 直流电路的基本知识与定律 43

1.4.2 磁的基本知识与电磁感应 48

1.4.3 交流电的基础知识 51

1.4.4 变压器的结构与工作原理 54

1.4.5 常用电工仪表 55

第2章 焊接设备的调试及焊接材料

的选用 58

2.1 焊接设备 58

2.1.1 焊接设备的分类与常用机型 58

2.1.2 弧焊电源 62

2.1.3 电弧焊机 65

2.1.4 等离子弧焊机 71

2.1.5 埋弧焊机 73

2.2 焊接设备的调试 76

2.2.1 焊机调试的内容 76

2.2.2 常见焊机的调试 77

2.3 焊接材料及选用 79

2.3.1 焊条的组成及作用 79

2.3.2 焊条的分类及型号 82

2.3.3 碳钢焊条的选择和使用 84

2.4 焊接工件的选用 85

2.4.1 焊接工件接头的种类 85

2.4.2 坡口 88

第3章 常用的焊接技巧与操作方法 91

3.1 手工电弧焊的基本操作技巧 91

3.1.1 手工电弧焊的工艺特点与 参数选择 91

3.1.2 引弧和收弧的操作技巧 94

3.1.3 运条的操作技巧 96

3.1.4 不同位置的焊接技术 99

3.1.5 单面焊双面成形技术 108

3.2 平焊的操作技巧与应用 117

3.2.1 焊条 E4303 (J422) 的平焊操 作技术 117

3.2.2 碱性低氢焊条的平焊操作技术 125

3.3 立焊的操作技巧与应用 131

3.3.1 以 E5016 (J506) 为例的立焊 操作技术 131

3.3.2 以 E4303 (J422) 为例的立焊 操作技术 137

3.3.3 奥氏体不锈钢的立焊操作技术 138

3.4 横焊和仰焊的操作技巧与应用 140

3.4.1 以 E5016 (J506) 为例的横焊 操作技术 140

3.4.2 仰焊的操作技术 145

3.5 其他焊接技术 148

3.5.1 埋弧焊 148

3.5.2 钨极氩弧焊 150

3.5.3 二氧化碳气体保护焊 153

第4章 焊接缺陷与检验 155

4.1 常见焊接缺陷及防止措施 155

4.1.1 焊接缺陷的种类和特征 155

4.1.2 缺陷形成的原因与预防措施 167

4.1.3 焊接缺陷与返修要求 169

4.2 焊接检验 170

4.2.1 焊接检验的内容 170

4.2.2 焊接检验的方法 172

4.2.3 无损检验方法的比较与选择	173	第6章 焊接的安全技术	193
第5章 焊接应力与焊接变形	176	6.1 安全用电的基本知识	193
5.1 焊接应力和焊接变形产生的 原因与危害	176	6.1.1 安全电压	193
5.1.1 焊接应力和焊接变形产生的 原因	176	6.1.2 预防触电的安全措施	193
5.1.2 焊接应力和焊接变形的危害	177	6.2 焊接过程中的有害因素	199
5.2 焊接应力的降低与调整	178	6.2.1 电弧辐射	199
5.2.1 焊接应力分布规律	178	6.2.2 金属粉尘	199
5.2.2 焊接应力的降低与调整方法	180	6.2.3 有毒气体	200
5.3 焊接变形的防止与矫正	185	6.2.4 其他有害因素	200
5.3.1 焊接变形	185	6.3 电焊工安全劳动保护	201
5.3.2 焊接残余变形的估算方法	185	6.3.1 电弧辐射的防护措施	201
5.3.3 防止焊接变形的措施	187	6.3.2 焊接烟尘和有毒气体的 防护措施	202
5.3.4 焊接变形的矫正	190	6.3.3 其他职业病的防护措施	203
		参考文献	205

第 1 章 焊工的基本知识

1.1 焊接的基本知识

1.1.1 焊接的优缺点

焊接相对专业的解释就是借助于原子间的联系和质点间的扩散获得形成整体接头的过程。简单来说，焊接就是利用热能或机械压力，或者两者并用，使用或不使用填充材料，将两个或两个以上的工件连接在一起，成为不可分的牢固接头的方法。其中，焊接接头组织具有连续性，这是焊接接头与其他接头最主要的区别之一。

现如今，焊接技术被广泛用于船舶、车辆、航空、锅炉、压力容器、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山、起重、建筑及国防等各个行业。随着科学技术的发展，焊接已发展成为一门独立的学科。为了能正确选择和使用各种焊接方法，需要了解焊接的物理本质、分类、基本特点和适用范围。

焊接能够促使原子或分子之间产生结合和扩散的方法是加热或加压，或同时加热又加压。两种材料原子之间不能产生结合和扩散的主要原因是材料的连接表面有氧化膜、水和油等吸附层以及原子之间尚未达到产生结合力的距离，对金属而言，该距离为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 。

焊接时，加压可以破坏连接表面的氧化膜，产生塑性变形以增加焊件间的接触面，使原子间达到产生结合力和扩散的条件；加热的目的是使接触面的氧化膜破坏，降低塑性变形阻力，增加原子振动能，促进再结晶、扩散、化学反应等过程。一般只需加热达到塑性状态或熔化状态。对于金属材料，加热温度越高，实现焊接所需的压力就越小，当达到熔化温度时，可以不再加压。

一、焊接的优点

焊接与螺钉连接、铆接，铸件及锻件相比，具有以下优点。

- 1) 节省金属材料，减轻了结构重量，经济效益比较好。
- 2) 简化加工与装配工序，使生产周期缩短，生产效率提高。
- 3) 结构强度高（接头能达到与母材等强度），接头密封性好。
- 4) 为结构设计提供较大的灵活性。例如，按结构的受力情况可优化配置材料，按工况需要，在不同部位选用不同强度、不同耐磨性、耐腐蚀性、耐高温性等的材料。
- 5) 焊接工艺过程容易实现机械化和自动化。

二、焊接的缺点

1) 焊接容易引起较大结构的残余变形和焊接内应力。由于绝大多数焊接方法都采用局部加热，经焊接后的焊件不可避免地在结构中会产生一定的焊接应力和变形，从而影响结构的承载能力、加工精度和尺寸稳定性。同时在焊缝与焊件交界处还会引起应力集中，对结构的脆性断裂有较大的影响。

- 2) 焊接中易存在一定数量的缺陷, 如裂纹、气孔、夹渣、未焊透、未熔合等。缺陷的存在会降低强度, 引起应力集中, 损坏焊缝致密性, 是造成焊接结构破坏的主要原因之一。
- 3) 焊接接头具有较大的性能不均匀性。由于焊缝的成分及金相组织与母材不同, 接头各部分经历的热循环不同, 使不同区域接头的性能不同。
- 4) 焊接过程中产生高温、强光及一些有毒气体, 对人体有一定的损害, 故需加强劳动保护。

1.1.2 常用焊接技术的分类

根据焊接过程中金属所处状态的不同, 可以把常见的焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊 3 类。

熔焊是利用局部加热键连接处的金属熔化, 再加入 (或不加入) 填充金属而结合的方法。属于熔焊的有气焊、电弧焊 (手工电弧焊、均弧焊、埋弧半自动焊)、电渣焊、等离子弧焊、电子束焊、气电焊、油光焊等。

压焊是利用焊接时所施加的一定压力, 使接触处的金属相结合的方法。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, 然后施加一定的压力, 以使金属原子间相互结合成牢固的焊接接头, 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。借助于压力引起的塑性变形, 以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头, 这种压焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

钎焊 (又称钎接) 是把比被焊金属熔点低的钎料金属熔化至液态, 然后使其渗透到被焊金属接缝的间隙中而达到结合的方法。所有钎焊均需外加能量, 所以又可以按能量分类, 详细分类见表 1-1。

表 1-1 按能量分类的焊接方法

类别	能源开式	焊 接 方 法
电能	电弧	焊条电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、CO ₂ 气体保护焊、等离子弧焊
	电阻	电渣焊、点焊、缝焊、对焊、高频焊、盐浴钎焊、烙铁钎焊
	感应	感应焊
	能束	电子束焊
机械能	摩擦	摩擦焊
	热锻	锻焊
	冷压	冷压焊
	真空压	扩散焊
化学能	火焰	氧-乙炔焰焊、氢-氧焰焊
	热剂	铝热焊
	炸药	爆炸焊
声能	超声波	超声波焊
光能	激光	激光焊
	太阳光	太阳能焊

1.1.3 各种焊接方法的特点与应用范围

一、常用的焊接方法与应用范围

表 1-2 简要地介绍了金属常用焊接方法的原理、特点及其适用范围。

表 1-2 常用焊接方法与应用范围

焊接方法			原 理	特 点	适用范围	
熔焊	气焊		利用可燃气体与氧气混合燃烧的火焰热熔化焊件和焊丝进行焊接	火焰温度和性质可调节,热量不够集中,热影响区较宽,生产率较低	用于薄板结构或小件的焊接,可焊钢、铸铁、铝、铜及其合金、硬质合金等	
	电弧焊	焊条电弧焊	利用焊条与焊件间的电弧热熔化焊条和焊件进行手工焊接	机动、灵活、适应性强,可全位置焊接。设备简单耐用,维护费低。劳动强度大,焊接质量受工人技术水平影响,不稳定	在单性、小批生产和修理中最适用,可焊 3mm 以上的碳钢、低合金钢、不锈钢和铜、铝等有色金属以及铸铁的焊补	
		埋弧焊	利用焊丝与焊件间的电弧热熔化焊丝和焊件进行机械化焊接,电弧被焊剂覆盖而与外界隔绝	焊丝的送进与移动依靠机械进行,生产率高,焊接质量好且稳定,不能仰焊和立焊,劳动条件好	适于大、批量生产中长直或环形焊缝焊接,可焊碳钢、合金钢,某些铜合金等中厚板结构,只能平焊、横焊、水平角焊	
		气体保护焊	氩弧焊	利用惰性气体氩(Ar)保护电弧进行焊接,若用钨棒作电极,则为钨极氩弧焊,即 TIG 焊;若用焊丝作电极,为熔化极氩弧焊,即 MIG 焊	对电弧和焊接区保护充分,焊缝质量好,表面无焊渣,热量较集中,热影响区较窄,明弧操作,易实现自动焊接,焊时须挡风	最适于焊接易氧化的铝、铜、钛及其合金,锆、钼、钽等稀有金属以及不锈钢、耐热钢等,可焊厚度在 0.5mm 以上
			CO ₂ 气体保护焊	利用 CO ₂ 气体保护,用焊丝作电极的电弧焊,简称 CO ₂ 焊	热量较集中,热影响区小,变形小,成本低,生产率高,易于操作。飞溅较大,焊缝成形不够美观,余高大,设备较复杂,必须避风	适用于板厚 1.6mm 以上由低碳钢、低合金钢制造的各种金属结构
			等离子弧焊	利用气体(多为 Ar)和特殊装置压缩电弧获得高能量密度的等离子弧进行焊接,电极有钨极和熔化极两种	具有氩弧焊的一些特点,但等离子弧温度很高,穿透能力强,可正面一次焊透双面成形,电弧挺度好,可压缩成束状焊微型件	氩弧焊能焊的金属均能焊,一次焊透厚度在 0.025 ~ 6.4mm,低碳钢 8mm 以内,也使用于焊接微小精密机件

(续)

焊接方法		原 理	特 点	适用范围
熔焊	电渣焊	利用电流通过熔渣产生的电阻热熔化金属进行焊接,可熔化的金属电极有丝状和板状两种	直缝须立焊,任何厚度不开坡口一次焊成,生产率高,但热影响区宽、晶粒粗大,易生成过热组织,焊后须正火处理改善接头组织与性能	适于厚度 25mm 以上的重、大型机件的焊接。宜焊碳素钢、合金钢
	电子束焊	利用加速和聚焦的电子束轰击置于真空中或非真空中焊件所产生的热进行焊接	热能集中,熔深大,熔宽小,焊后几乎不变形,不需填充金属,单面一次焊成,焊速快。需高压电源和防 X 射线辐射,设备复杂	主要用于要求高质量产品的焊接,还能焊易氧化、难熔金属和异种金属。可焊很薄的精密器件和厚达 300mm 的构件
	激光焊	利用激光束聚焦后投射到焊件上使光能变为热能熔化金属进行焊接。有连续和脉冲两种激光源	热量高度集中,焊接时间短,热影响区小,熔深浅,能量可控制,光热转换效率低,设备功率小,可焊厚度有限	最适于进行精密微型器件的焊接,能焊很多金属,特别是能解决难焊金属和异种金属的焊接
压焊	电阻焊	点焊	工件在电极压紧下通电使之产生电阻热,将工件间接触面熔化后凝成焊缝,工件上下用棒状电极每通电一次得一焊点为点焊;用轮状电极滚压焊件,同时通电得一条连续焊缝为缝焊	最适于焊接低碳钢制的薄壁(< 3mm) 冲压结构,如钢筋、钢网等,也可焊铝、镁及其合金。适于大批量生产
		缝焊		主要用于焊接要求密封的薄壁容器,可焊碳钢、低合金钢、不锈钢、铝、镍、镁及其合金
	电阻焊	对焊	对焊工件断面形状、大小要一致,最好为紧凑断面,如棒、管对接。电阻对焊的待焊端面清理要求高;而闪光对焊端面不需加工,但需留较大的闪光余量,焊后接头有毛刺需清除。闪光对焊的接头质量优于电阻对焊	电阻对焊适于断面简单,直径较小(< 20mm) 的碳钢、铜、铝对接;闪光对焊适用范围比电阻对焊大,大部分金属均可焊接,如碳钢、合金钢、有色金属等。对接断面从 0.1mm ² 到 100000mm ² 。如刀具、钢筋、钢管、钢轨等,异种钢也可焊接

(续)

焊接方法		原 理	特 点	适用范围
压焊	摩擦焊	利用机械摩擦产生的热量加热工件结合面,加压顶锻后完成的焊接	工件必须对接并可绕其对称轴旋转,设备简单,操作容易,不需填充材料,生产率高,耗电少	所有能热锻的金属均能焊接,最适合异种金属焊接,如铜和铝对接。广泛用于大批量的圆形工件对接
	高频焊	利用高频(>100kHz)电流使焊件结合面加热达塑性状态后加压而完成的焊接,分高频电阻焊和高频感应焊两种	热量集中,焊接速度达30m/min,生产率高,成本较低,焊缝质量稳定,变形小,需按产品配备专用设备	适于高速连续生产,如焊有缝管的纵缝和螺旋缝。可焊碳钢、合金钢、铜、铝、钛、镍、异种金属
	扩散焊	紧密贴合焊件在真空保护中,在一定温度和压力下靠原子互相扩散完成焊接	不需填充材料,对结合面光洁贴合要求很高,须有真空或保护装置。焊后不需再加工,变形小,生产周期较长	可焊形状复杂、厚薄相差大的零部件,焊件厚度不受限制,可焊各种金属和非金属材料以及难熔金属或异种金属
	爆炸焊	利用炸药爆炸产生的能量使焊件以极高速度相互碰撞而完成的焊接	不需填充材料,不需复杂设备,工艺简单、成本低、结合强度高,只适于板与板、管与管、管与板焊接,须在野外露天进行,劳动条件差	最适于制造双层或多层复合材料,结合面从6cm ² 到28m ² ,基体厚度不限,覆盖层厚在0.025~32mm。能焊同种和异种金属
	超声波焊	工件在较低压力下由声极发出的高频振动能使接合面产生强烈摩擦并加热到焊接温度而形成接头	工件需搭接,不需焊剂和填充材料。可以进行点焊和连续缝焊,后者声极为滚盘。可焊厚度受设备输出功率的限制	同种或异种金属均能焊接,韧性金属如铜、铝、金、银、铂等更易焊接,可焊0.004mm箔片或直径为0.013mm的细丝
钎焊	软钎焊 硬钎焊	在一定温度下利用液态钎料填满固态焊件之间的间隙,发生原子间扩散和冷凝后形成接头。钎焊时使用熔点低于450℃的钎料为软钎焊,高于450℃的钎料为硬钎焊	钎料熔点低于母材,焊时钎料熔化,母材不熔化。接头强度较低,焊时不需加压,焊前接合面的清理与装配的要求高,焊后应力变形小,母材性能受影响小。可用不同加热方式	用于焊接承载不大、常温工作的接头。最适于焊接精密、微型以及复杂多钎缝的机件。两工件厚薄不受限制,任何金属组合或金属与非金属组合均可焊接

二、针对不同材料,焊接方法的选择

在焊接工作开始前,通常按如下原则进行选择:①所选用的焊接方法必须能保证焊接质量达到产品设计的技术要求;②应能提高焊接生产率;③能够降低制造成本和改善劳动条件。

在焊接工作开始前,选择的一般方法是,针对产品的材料性能和结构特征,根据各种焊接方法的特点(如原理、适用范围等),结合产品的生产类型和生产条件等因素,做综合分析后选定。在这里,母材的性能和结构特征往往是决定性的。

1. 对母材性能的考虑

实际上是考虑母材对各种焊接方法的适应性。

1) 母材的物理性能：必须注意母材的导热、导电、熔点等性能。

对于热导率高的金属材料，如铜、铝及其合金，应选用热输入大、焊透能力强的焊接方法；对铜和铝等电阻率低的金属，采用普通电阻焊显得十分困难；对于热敏感的材料，宜用热输入小的焊接方法，如激光焊或超声波焊；对难熔的金属，如锆、钼等，应采用高能束的焊接方法，如电子束焊等。

2) 母材的力学性能：主要指母材的强度、塑性、韧性和硬度等。

选择时，既要考虑母材的力学性能是否易于实现金属之间的连接，又要看焊后接头的力学性能会不会发生改变，发生改变后会不会影响安全使用。对于塑性温度区窄的金属，如铅、镁等，不宜用电阻焊，而低碳钢则因其塑性温度区宽，可以对电阻焊很适应；塑性差的金属不宜用冷压焊；而铝具有很好的塑性变形能力，可以用冷压焊；铜和铝之间很难用熔焊连接，但因它们都具有很好的塑性变形能力，用摩擦焊就很容易实现连接；延性和韧性好的材料才适于爆炸焊，因为焊接时，要求母材具有承受快速变形而不断裂的能力。

焊接总是希望接头的性能与母材相同或接近。熔焊接头由于焊接热的作用，焊缝金属和热影响区的组织和性能与母材有不同程度的差别。例如，电渣焊因其热输入大，冷却慢，焊缝和热影响区晶粒粗大，使接头冲击韧度降低；而电子束焊因能量高度集中，焊后焊缝和热影响区很窄，对接头的力学性能影响很小；固相焊接法，如冷压焊、扩散焊、爆炸焊等，对母材的性能几乎不发生影响。

3) 母材的冶金性能：决定母材冶金性能的主要因素是它的化学成分。焊接结构中最常用的普通碳钢和低合金钢，几乎所有焊接方法都能选用，但随着含碳量或合金含量的增加，其焊接性能变差，可选择的焊接方法范围缩小。高碳钢或碳当量高的合金结构钢宜采用冷却速度缓慢的焊接方法，以减少热影响区开裂倾向；铝、镁、钛及其合金等极易氧化的金属，不宜选用 CO_2 气体保护焊、埋弧焊，而应采用惰性气体保护焊，如 TIG 焊或 MIG 焊；钛、锆等金属，因其气体溶解度高，焊后易变脆，可选用高真空电子束焊或扩散焊。对于冶金相容性较差的异种金属，不宜采用熔焊，而应选择固相焊接法，如扩散焊、钎焊等。

2. 对产品结构特征的考虑

对结构的考虑应多注意产品的几何形状和尺寸、厚度、接头形式、焊缝长短及其所在位置等，根据这些特征去选择最易于实现的焊接方法。通常更多的是从焊接可达性方面去考虑，即该产品结构上所有的焊缝能否施焊或施焊时是否方便，能不能充分发挥和利用所选焊接方法的特长。

1) 结构的几何形状和尺寸：主要考虑产品结构是否具有焊接时所需的操作空间和位置。

体型相对较大的金属结构，如船体、海洋平台、储罐等的电弧焊，一般不存在操作空间困难，但其体积过于庞大，焊件无法变位，就必须选用能全位置焊接的方法；而中型的机体如减速箱体、机座等的焊接结构，焊缝大多为角焊缝，而且比较短，分布也不规则，这样的结构不宜选用埋弧焊，而应选用机动灵活的焊条电弧焊或半自动 CO_2 气体保护焊。若在流水作业线上大批量生产，可以采用焊接机器人操作；微型的电子器件，一般尺寸较小，多为细薄件之间的焊接，焊后不再加工，要求精密。宜选用热量小而集中的焊接方法，如电子束

焊、激光焊或超声波焊等。

2) 焊件厚度：每一种焊接方法都有一定的适用厚度范围，超出此范围难以保证焊接质量。

如果是对熔焊来讲，是以焊透而不烧穿为前提。可焊最小厚度是指在稳定状态下单面单道焊恰好焊透而不发生烧穿的厚度。显然，焊件越薄，越需注意烧穿问题；可焊最大厚度则决定于该焊接方法在最大热输入下单面单道焊的最大熔深。焊件越厚，越需注意不容易焊透的问题。如果该结构允许开坡口又能采用双面多层多道焊，则可焊最大厚度在技术上不再有困难，这时的焊接方法由生产率和经济因素来决定。表 1-3 根据各种焊接方法推荐其适用的厚度。

表 1-3 推荐各种金属材料及其厚度的焊接方法

焊接方法		碳钢	低合金钢	不锈钢	铸铁	镍及其合金	铝及其合金	钛及其合金	铜及其合金	镁及其合金	难熔金属及其合金
电 弧 焊	原子氢焊	≤6.4	≤6.4	≤3.2	≥3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—
	光焊条电弧焊	≤6.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	碳弧焊	≤6.4	≤6.4	—	3.2 ~ 19	—	—	—	—	—	—
	气体保护碳弧焊	≤6.4	≤6.4	—	3.2 ~ 19	—	—	—	—	—	—
	有保护碳弧焊	≤6.4	≤6.4	—	3.2 ~ 19	—	—	—	—	—	—
	双碳弧焊	≤6.4	≤6.4	—	3.2 ~ 19	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	—	—	—	—	—
	药芯焊丝电弧焊	≥3.2	≥3.2	≥3.2	3.2 ~ 19	≤19	—	—	—	—	—
	熔化极气体保护焊	≥3.2	≥3.2	≥3.2	3.2 ~ 19	一切厚度	≤19	≤19	≤19	≤19	3.2 ~ 6.4
	脉冲熔化极气体保护焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≥3.2	一切厚度	≤6.4	一切厚度	≤6.4	一切厚度	3.2 ~ 19
	短路过滤熔化极气体保护焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	—	—	—	—	—
	钨极氩弧焊 (TIG)	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤19	≤19	≤3.2	≤6.4	≤3.2
	脉冲钨极氩弧焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤19	≤19	≤3.2	≤6.4	≤3.2
	等离子弧焊	—	—	≤19	—	≤19	≤3.2	≤19	≤6.4	—	≤6.4
	埋弧焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≥6.4	≥6.4	—	—	—	—	—
	横列双丝串联埋弧焊	≤6.4	≥6.4	≥6.4	—	≥19	—	—	—	—	—
	焊条电弧焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	—	—	一切厚度	—	—	一切厚度	—

(续)

焊接方法		碳钢	低合金钢	不锈钢	铸铁	镍及其合金	铝及其合金	钛及其合金	铜及其合金	镁及其合金	难熔金属及其合金
电阻焊	闪光焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	—	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≥3.2	≥3.2
	高频电阻焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤3.2	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
	冲击电阻焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
	凸焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
	电阻缝焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
	电阻点焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
	电阻对焊	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	≤6.4	—
固态焊	冷压焊	≥6.4	—	—	—	—	≤19	—	≤6.4	≤6.4	—
	扩散焊	—	一切厚度	一切厚度	—	—	≤6.4	一切厚度	—	—	—
	爆炸焊	≤19	≤19	≤19	—	≤19	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≤19
	锻焊	一切厚度	—	—	—	—	—	—	—	—	≥3.2
	摩擦焊	≥3.2	≥3.2	≥3.2	—	≥3.2	≥3.2	≥3.2	≥3.2	≥3.2	—
	热压焊	≥3.2	≥3.2	≥3.2	—	≥3.2	—	—	≥3.2	—	—
	超声波焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤19	≤3.2	≤3.2	≤3.2	≤3.2
气焊	空气-乙炔焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	—	—	—	—	—	—
	氧-乙炔焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	一切厚度	≤3.2	≤3.2	—	—	—	—
	氧-氢焊接	≤6.4	≤3.2	≤3.2	≤6.4	≤3.2	≤3.2	—	—	—	—
其他焊接方法	电子束焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	—	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≤6.4
	电渣焊	≥19	≥19	≥19	—	≥19	—	—	—	—	—
	感应焊	≤3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	激光焊	≤19	≤19	≤19	—	≤19	≤6.4	≤19	—	≤19	—
硬钎焊	扩散硬钎焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≤19	≤6.4
	浸渍硬钎焊	≤6.4	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤19	—	—	≤6.4	—
	炉中硬钎焊	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	一切厚度	≤19	一切厚度	≤19	≤6.4
	感应硬钎焊	≤19	≤19	≤19	≤6.4	≤6.4	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2
	电阻硬钎焊	≤6.4	≤3.2	3.2	—	≤3.2	—	—	≤6.4	—	—
	火焰硬钎焊	≤19	≤19	≤19	≤6.4	≤19	≤19	—	≤19	—	≤6.4
软钎焊	浸渍软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	炉中软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	感应软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	熔铁软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	电阻软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	火焰软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—
	波峰软钎焊	≤3.2	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	≤3.2	—	≤3.2	—	—

3) 接头形式：焊接接头形式通常由产品结构形状、使用要求和材料厚度等因素决定。常见的对接、搭接、T形接和角接。这些接头形式对大部分熔焊方法均能适应，有些搭接接头（如薄板搭接）常常是为了适应某些压焊（如定位焊、缝焊、凸焊、超声波焊）或钎焊方法而设计。对于杆、棒、管子的对接，一般宜选用闪光对焊或摩擦焊等。

4) 焊接位置：在位置不能变换的情况下焊接，焊件上所有焊缝，就因焊缝处在不同空间位置而采用平焊、立焊、横焊或仰焊4种不同位置的焊接。一种焊接方法能进行这4种位置的焊接称可全位置焊的方法。就熔焊而言，埋弧焊只适于平焊位置；电渣焊和气焊适于立焊；其他如焊条电弧焊、气焊、各种气体保护电弧焊均能全位置焊。各种焊接方法中以平焊最容易操作，生产率高，焊接质量容易保证，而仰焊操作最困难，极易产生焊接缺陷。因此，有条件的应使焊件变位，让焊缝都处在平焊位置施焊。

常用焊接方法对结构的适应性如表1-4所示。

表1-4 常用焊接方法对结构的适应性

焊接方法		接头形式			板厚			焊接位置				费用		自动化程度
		对接	T形接	搭接	薄板	厚板	超厚板	平焊	立焊	横焊	仰焊	设备费	焊接费	
熔焊	焊条电弧焊	A	A	A	B	A	B	A	B	B	C	少	少	差
	埋弧焊	A	A	A	C	A	A	A	D	B	D	中	少	好
	CO ₂ 焊	A	A	A	B	A	A	A	A	B	C	中	少	好
	MIG焊	A	A	A	C	A	A	A	B	C	C	中	中	好
	TIG焊	A	A	A	A	B	C	A	B	B	C	少	中	好
	气焊	A	A	A	A	B	D	A	B	B	C	少	中	差
	电渣焊	A	A	B	D	C	A	C	A	D	D	大	少	好
压焊	电子束焊	A	A	B	A	A	B	A	D	D	D	大	中	最好
	点焊	D	C	A	A	C	D	A	B	B	C	中	中	好
	缝焊	D	D	A	A	C	D	A	D	D	D	中	中	好
	凸焊	C	C	A	A	C	D	A	C	D	D	中	中	稍好
	闪光对焊	A	C	D	C	A	C	A	C	D	D	中	中	好
	摩擦焊	A	C	D	C	A	C	A	C	D	D	中	少	好
	超声波焊	D	C	A	A	D	D	A	D	D	D	中	少	好
钎焊		C	C	A	A	B	D	A	D	D	D	少	中	稍好

注：A—最佳，B—佳，C—差，D—极差。

1.2 识图知识

1.2.1 剖视图、断面图

焊工在进行较大型的焊接作业时，经常需要读图样，而在图样上看到许多机器的内部，多数都是用不同角度绘制，有剖视图和断面图两种。

一、剖视图

假设平面剖开机件，将观察者与剖切平面之间的部分移去，其余部分向投影面投射所得

的图形称为剖视图。剖视图用于表达机件内部的结构形状。

1. 全剖视图

用剖切平面完全剖开机件所得的剖视图称为全剖视图。如图 1-1a 所示的机件，为表达其内部结构，在主视图剖开的投影图为全剖视图，如图 1-1b 所示。全剖视图一般适用于外形简单、内部结构较为复杂的机件。

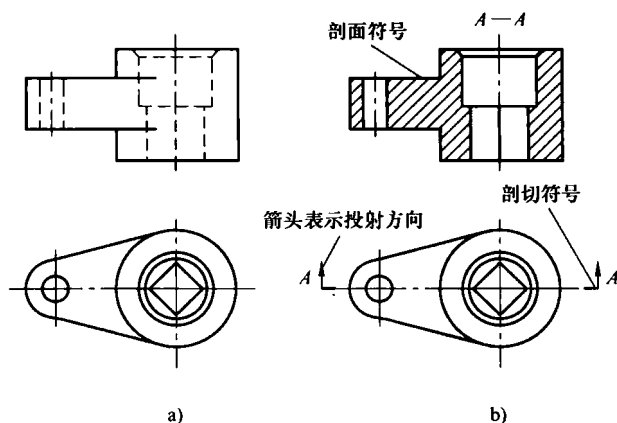


图 1-1 全剖视图

2. 半剖视图

当机件具有对称平面时，以对称轴中心线为界，一半画成剖视，另一半画成视图，这种剖视图称半剖视图。如图 1-2 所示机件前后对称，左右也对称，所以主视图、俯视图都画成半剖视图。半剖视图既充分表达了机件内部的结构形状，又保留了机件的外部形状，所以常用于表达内、外形状都比较复杂的对称机件。

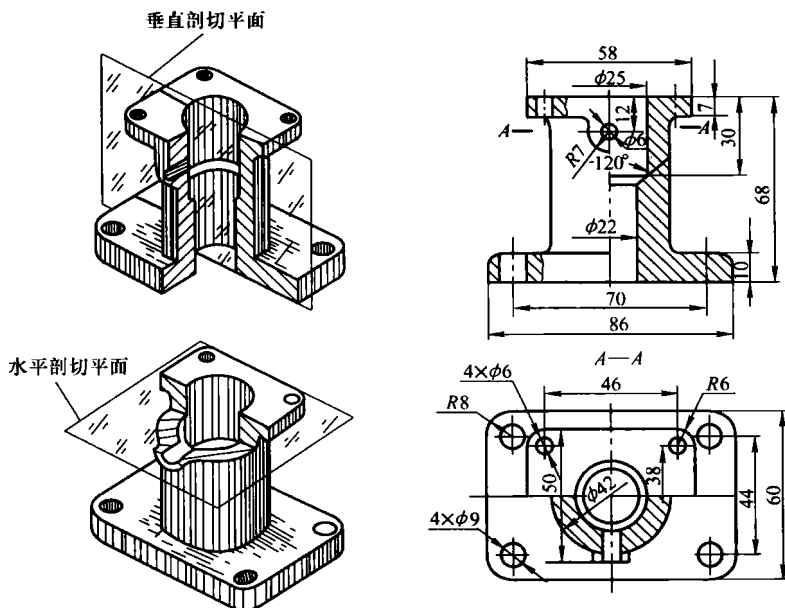


图 1-2 半剖视图及尺寸标注方法

3. 局部剖视图

用剖切平面局部视图剖开机件所得的剖视图称为局部剖视图。如图 1-3 所示机件，主视图采用了局部剖视图的表达方法。局部剖视图既能把机件局部的内部结构形状表达清楚，又保留了机件的外部形状，其剖切范围可根据需要而定，是一种很灵活的表达方法。局部剖视图用波浪线分界，波浪线应画在机件的实体上，不能超出轮廓线之外，也不能用轮廓线代替或与图样上的其他图线重合。

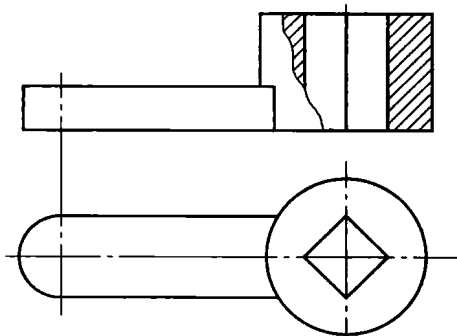


图 1-3 局部剖视图

剖视图的标注，一般在相应的视图上用剖切符号表示剖切位置，用箭头表示投射方向并注上相同的字母，在剖视图上方标注剖视图的名称“×-×”。当剖切平面通过机件对称平面，剖视图按投影关系配置且中间无其他视图隔开时，可省略标注。

二、断面图

假设用剖切平面切断机件，仅画出断面的形状，称为断面图。根据断面配置的位置不同，可分为移出断面和重合断面。

1. 移出断面

画在视图轮廓之外的断面称为移出断面。如图 1-4 所示的轴，为表示键槽的宽度和深度，假想在键槽处用垂直于轴线的剖切平面将轴切断，用粗实线只画出断面的形状并画上剖面线，即为移出断面。

当剖切平面通过由回转面形成的孔或凹坑的轴线时，或当剖切平面通过非回转面会导致出现完全分离的断面时，这些结构应按剖视绘制。如图 1-4 所示轴的小孔及凹坑、如图 1-5 所示断面分离时，其断面应画成封闭的图形。

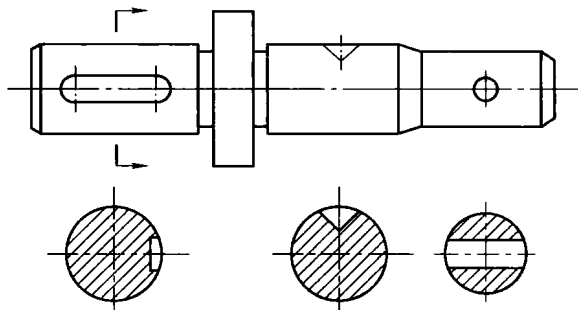


图 1-4 移出断面的画法

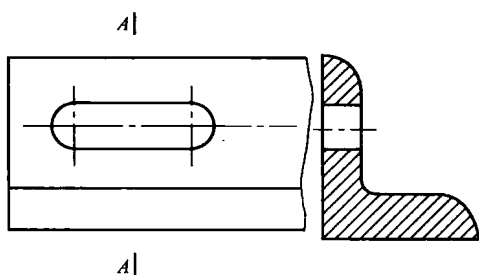


图 1-5 断面分离时的画法

移出断面应尽量配置在剖切平面的延长线上，必要时也可画在其他位置。

移出断面的标注一般用剖切符号表示剖切位置，箭头表示投射方向并注上字母，在断面图上方用同样的字母标出相应名称“×-×”。如果图形对称，又在剖切平面的延长线上，可省略标注。

2. 重合断面

画在视图轮廓之内的断面称为重合断面。