

曾 艳 主 编

周少玉 副主编

焊工入门 实用技术

HANGONG RUMEN
SHIYONG JISHU



化学工业出版社

013046361

TG4
56

曾 艳 主 编

周少玉 副主编

焊工入门 实用技术

HANGONG RUMEN
SHIYONG JISHU



化学工业出版社

· 北 京 ·



北航

C1652689

TG 4
56

183340310

图书在版编目(CIP)数据

焊工入门实用技术/曾艳主编. —北京: 化学工业出版社,

2013. 4

ISBN 978-7-122-16664-7

I. ①焊… II. ①曾… III. ①焊接-基本知识 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 044904 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 项 激

责任校对: 陈 静

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 261 千字

2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着现代制造技术的迅速发展,焊接技术在制造业、建筑业生产中所占的分量越来越大,并已成为最具有发展潜力和广阔应用前景的技术,焊接技术的不断发展,大量新的焊接技术不断涌现,开创了金属连接技术的新篇章。但焊接技术人员相对匮乏,焊接操作不规范,焊接技术的缺陷直接影响着产品的质量,所以,为提高焊接质量,以适应当前社会的需要,特编写了本书。

本书共分6章,从焊工必须掌握的基础知识入手,力求突出焊工职业能力,深入浅出地对气焊与气割、焊条电弧焊、火焰钎焊、气体保护焊和埋弧自动焊等焊接技术进行讲解,并结合生产实例进行剖析,以满足不同基础读者的需求,使读者可在短期内从中学习到最基本、最实用的焊接技术,以期达到快速上手的学习目的。

本书在编写中注重了实用性和可操作性,力求能满足焊接人员自学和提高自己的需要。本书是各类焊接人员、各行业的焊接修理人员实际操作的参考书,同时也可作为金属焊接技术的培训教材。全书由曾艳主编,周少玉副主编,参加编写的还有周正国、袁成照、陈向红。本书在编写过程中得到了王兵老师的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者提出批评、指正,以进一步提高本书的质量。

编 者

目录



第1章 焊工基础知识——1

- 1.1 焊工安全文明生产 1
- 1.2 焊接方法与生产过程及特点 5
- 1.3 焊接接头与坡口形式 11
- 1.4 焊缝的形状尺寸与在图样中的表示标注 21
- 1.5 焊接应力与变形 33
- 1.6 常见焊接缺陷与焊接质量检验 44
- 1.7 焊接结构的装配工艺 51

第2章 气焊与气割——66

- 2.1 气焊与气割常用设备与工具 66
- 2.2 气焊的基本操作 82
- 2.3 气割的基本操作 98
- 2.4 水桶气焊 108

第3章 焊条电弧焊——110

- 3.1 焊条电弧焊常用设备与工、量具 110
- 3.2 引弧 134
- 3.3 平敷焊 136
- 3.4 T形接头的平角焊 141
- 3.5 大型钢板的对接焊 145
- 3.6 立角焊 147
- 3.7 板对接焊 149
- 3.8 实腹式吊车梁的焊条电弧焊 167
- 3.9 管的焊接 169

第4章 火焰钎焊 186

- 4.1 火焰钎焊设备与工具 186
- 4.2 管接头的火焰钎焊 193
- 4.3 硬质合金刀片与车刀刀体的火焰钎焊 196

第5章 气体保护焊 200

- 5.1 二氧化碳气体保护焊常用设备与工具 200
- 5.2 二氧化碳气体保护自动焊的基本操作 211
- 5.3 管板的二氧化碳气体保护焊 223
- 5.4 手工钨极氩弧焊常用设备 228
- 5.5 手工钨极氩弧焊的操作 240
- 5.6 不锈钢薄平板的手工钨极氩弧焊 250

第6章 埋弧自动焊 253

- 6.1 埋弧自动焊操作设备 253
- 6.2 埋弧焊基本操作 259
- 6.3 V形坡口板与板对接埋弧焊 277

参考文献 281

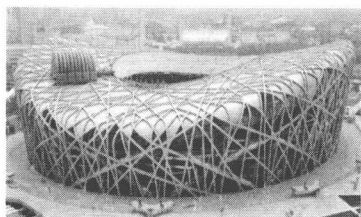
第 1 章

焊工基础知识



1.1 焊工安全文明生产

焊接是将两个或两个以上的焊件在外界某种能量的作用下,借助于各焊件接触部位原子间的相互结合力连接成一个不可拆的整体的一种加工方法。它广泛应用于工业生产的各种领域,如图 1-1 所示。



(a) 鸟巢



(b) 轮船

图 1-1 焊接在工业生产技术中的应用

1.1.1 焊工安全生产的重要性

焊工在工作时要与电、可燃及易爆的气体、易燃液体、压力容器等接触,在焊接过程中还会产生一些有害气体、金属蒸气和烟尘、电弧的辐射、焊接热源的高温等,如图 1-2 所示。如果焊工不遵守安全操作规程,就可能引起触电、灼伤、火灾、爆炸、中毒等事故。因此,从思想上重视安全生产,明确安全生产的重要性,增强责任感,了解安全生产的规章制度,熟悉并掌握安全生产的有效措施,对于避免和杜绝事故的发生



图 1-2 焊接过程中产生的有毒气体与电弧辐射

十分必要。

(1) 安全生产的作业环境

① 焊接场地应有良好的通风。焊接区的通风（包括机械通风和自然通风）是排出有毒气体的有效措施。

② 采用静电防护面罩，做好个人防护工作。

③ 如图 1-3 所示，焊工在作业时，应穿白帆布工作服（焊工工作服），以避免强烈电弧辐射灼伤皮肤。



图 1-3 焊工工作服

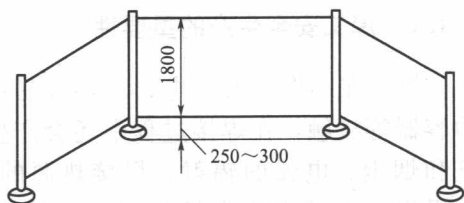


图 1-4 焊接防护屏

④ 在厂房内和人多的区域进行焊接时，尽可能使用焊接防护屏，如图 1-4 所示，以避免周围的人受电弧辐射伤害。

⑤ 焊接作业必须配有灭火器材。

(2) 安全生产的具体要求

做到安全生产的具体要求是焊工应做到 10 个不焊。

① 焊工没有操作证又没有正式焊工在场进行技术指导时，不能进行焊、割作业。

② 凡属一、二、三级动火范围的焊、割作业，未办理动火审批手续的，不得擅自进行焊、割作业。

③ 焊工不了解焊、割现场周围情况时不得盲目进行焊、割作业。

④ 焊工不了解焊、割件内部条件是否安全时，未彻底清除，不得进行焊、割作业。

⑤ 盛装过可燃气体或有毒物质的各种容器，未经清洗不得进行焊、割作业。

⑥ 用可燃材料作保温、冷却、隔声、隔热的部位，火星能飞溅到的地方，在未经采取切实可靠的安全保护措施之前，不得进行焊、割作业。

⑦ 有电流、压力的导管、设备、器具等在未切断电、泄压之前，不得进行焊、割作业。

⑧ 焊、割部位附近堆有易爆物品时，在未彻底清理或未采取有效安全措施之前不得进行焊、割作业。

⑨ 与外单位相接触的部位，在没弄清楚外单位是否有影响或明知存在危险又未采取切实可靠的安全条件之前不得进行焊、割作业。

⑩ 焊、割场所与附近其他工种互相有抵触时不得进行焊、割作业。

1.1.2 预防触电的安全知识

线路中的电压和人体的电阻，决定于通过人体的电流大小。人体的电阻除人的自身电阻外，还包括人身所穿的衣服和鞋等的电阻。干燥的衣服、鞋及工作场地，能使人体的电阻增大。通过人体的电流大小不同，对人体伤害的轻重程度也不同。当通过人体的电流超过 0.05A 时，生命就有危险。人体的电阻可由

50000 Ω 降至800 Ω ，根据欧姆定律，40V的电压就对人身有危险。而焊接工作场地所提供的电压为380V或220V，焊机的空载电压一般都在60V以上，因此，焊工在工作时必须注意防止触电。

焊接时，为防止触电，应采取下列措施。

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

② 弧焊设备的一次侧接线、修理和检查应由电工进行，焊工不可私自拆修。二次侧接线由焊工进行连接。

③ 推拉电源开关时，应戴好干燥的皮手套，面部不要对着开关，以免推拉开关时发生电弧火花灼伤面部。

④ 焊钳应有可靠的绝缘。中断工作时，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。

⑥ 在容器、船舱内或其他狭小工作场所焊接时，需两人轮换操作，其中一人留守在外面监护，当发生意外时，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36V。

⑨ 遇到焊工触电时，切不可用手去拉触电者，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，如图1-5所示，直至送到医院为止。

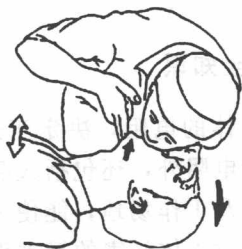


图 1-5 人工呼吸法

⑩ 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。

1.1.3 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、油漆、汽油、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 5m 以外。

② 在高空作业时,更应注意防止金属火花飞溅而引起的火灾。

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,并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、割炬放在容器内而擅自离去,以防混合气体燃烧或爆炸。

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、易爆物品附近,以免发生火灾。

⑦ 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。

1.2 焊接方法与生产过程及特点

1.2.1 焊接方法

根据焊接过程中金属所处状态的不同,焊接方法可分为熔焊、压焊和钎焊三大类,见表 1-1。

表 1-1 焊接的方法的基本原理与用途

焊接方法		基本原理	用途
熔焊	气焊	利用氧-乙炔或其他气体火焰加热母材、焊丝和焊剂而达到焊接的目的	适用于焊接薄件、有色金属和铸铁等
	焊条电弧焊	利用电弧作为热源熔化焊条和母材而形成焊缝的一种手工操作的焊接方法	应用范围较为广泛,尤其适用于焊接短焊缝和全位置焊接
	埋弧自动焊	电弧在焊剂层下燃烧,利用焊剂作为金属熔池的覆盖层,将空气隔绝使之不能侵入熔池,焊丝的进给和电弧沿接缝的运动由机械操纵,焊缝质量稳定,成形美观	适于水平位置长焊缝的焊接和环形焊缝的焊接
	等离子弧焊	利用气体充分电离后,再经过机械收缩效应、热收缩效应和磁收缩效应而产生一束高温热源来进行焊接	可用于焊接不锈钢、耐热合金钢、铜及铜合金、钛及钛合金以及钨、钼及其合金等
	气电焊	利用专门供应的气体保护焊接区的电弧焊,气体作为金属熔池的保护层将空气隔绝	惰性气体保护焊用于焊接合金钢及铝、铜、钛等有色金属及其合金;氧化性气体保护焊用于普通碳素钢以及低合金钢材材料的焊接
压焊	电阻焊	利用电流通过焊件接触时产生的电阻热,并加压进行焊接的方法。分为点焊、缝焊和对焊。点焊和缝焊是焊件加热到局部熔化状态;对焊是焊件加热到塑性状态或表面熔化状态	可焊接薄板、棒材、管材等
	摩擦焊	利用焊件间相互摩擦产生的热量将母材加热到塑性状态,然后加压形成焊接接头	用于钢、有色金属及异种金属材料的焊接(限方形、圆形截面)
钎焊		采用比母材熔点低的材料作填充金属,利用加热使填充金属熔化,母材不熔化,借液态填充金属与母材的毛细作用和扩散作用实现焊接连接	一般用于焊接尺寸较小的焊件

1.2.2 焊接的生产过程

火车、汽车、轮船等的外壳和骨架就是由一些钢板和型钢焊接起来的。图 1-6 所示的油罐车罐体是一个典型的焊接结构。焊接是罐体生产的关键工序，通过焊接才能把一些钢板制造成符合要求的油罐车罐体。油罐车罐体的生产过程框图如图 1-7 所示。

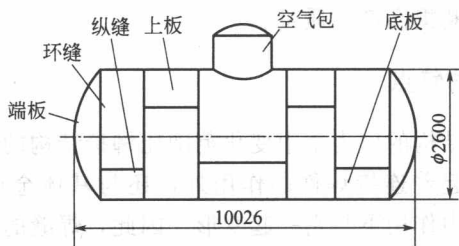


图 1-6 油罐车罐体

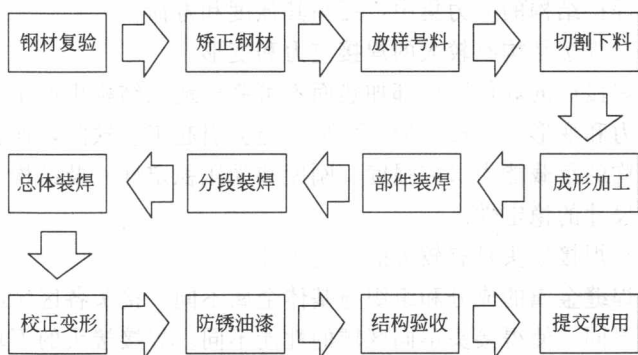


图 1-7 油罐车罐体的生产过程框图

油罐车罐体的生产过程主要分两个阶段：备料阶段（成形加工以前的工序）和装焊阶段。备料阶段中，先要把罐体所需要的板材矫平，再按照图样要求的尺寸在钢板上划线，然后按划线剪切成形，再进行加工。在装焊过程中，要进行部件的装焊、分段装焊和总体装焊工作。部件的装焊是将成形加工完的构件装焊成部件。部件比较简单，常由两个或两个以上的构件装成独立的组合体。如罐体的上板，有许多块钢板，可先将两块钢板焊接成部件。分段装焊

是把各个部件组合装焊成分段部件，它的尺寸较大，构造也较为复杂。如罐体的上板和底板是由几个部件组焊成的。总体装焊是将分段组合装焊成整体结构。如罐体是由端板、上板、空气包、底板四个部件装焊而成的。

在结构生产过程中，要考虑选用最佳的加工方法和焊接方法，选用合理的焊接顺序和检测手段，使焊接生产具有合理性、先进性，以保证不断提高产品质量。

1.2.3 焊接的特点

(1) 焊接结构的应力集中变化范围比铆接结构的大

焊缝除了起着连接焊件的作用外，还与基体金属组成一个整体，并能在外力作用下与它一起变形。因此，焊缝的形状和布置必然会影响力量的分布，使应力集中在较大范围内变化。应力集中对结构的脆性断裂和疲劳有很大的影响。采取合理的工艺和设计，可以控制焊接结构的应力集中，提高其强度和寿命。

(2) 焊接结构有较大的焊接应力和变形

经焊接后的焊件因局部加热而不可避免地在结构中产生一定的焊接应力和变形。焊接应力和变形不但会引起工艺缺陷，而且还会影响结构的承载能力（如强度、刚度和受压稳定性）及结构的加工精度和尺寸的稳定性。

(3) 焊接接头具有较大的不均匀性

因焊缝金属的成分和组织与基体金属不同，接头各区域经历的热循环不同，使得接头不同区域的性能不同。焊接接头的不均匀性表现在力学性能及金相组织上。对于高强度钢选用不同的焊接材料和工艺，接头各区域的组织和性能也有很大差别。接头的这种不均匀性对接头的断裂行为有很大影响。

(4) 焊接接头中存在着一定数量的质量缺陷

焊接接头中通常有裂纹、气孔、夹渣、未焊透、未熔合等质量缺陷。质量缺陷的存在会降低强度，引起应力集中，损坏焊缝的致密性，是造成焊接结构破坏的主要原因之一。但是，采用合适的工艺措施，加强工艺质量管理，这些质量缺陷是可以预防的，即使已产生了质量缺陷，也是可以修复的。

(5) 焊接接头的整体性

焊接接头的整体性是焊接结构区别于铆接结构的一个重要特性。这个特性一方面赋予焊接结构高密封性和高刚度,另一方面也带来了问题。例如,止裂性能不如铆接结构好,裂纹一旦扩展,就不易制止,而铆接往往可以起到限制裂纹扩展的作用。

1.2.4 焊接能源

焊接能源有电能、机械能、化学能、光能和超声波能等。焊接使用的能源,也就是焊接时的各种热源,其主要特性见表1-2。

表 1-2 焊接时各种热源的主要特性

热源	最小加热面积/ cm^2	最大功率密度/ $\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$	温度/K
氧-乙炔焰	10^{-2}	2×10^3	3400~3500
钨极氩弧	10^{-3}	1.5×10^4	8000~10000
埋弧焊	10^{-3}	2×10^4	6400
电渣焊	10^{-2}	10^4	2300
气体保护焊	10^{-4}	$10^4 \sim 10^5$	—
等离子	10^{-5}	1.5×10^5	18000~25000
电子束	10^{-7}	$10^7 \sim 10^9$	—
激光	10^{-8}	$10^7 \sim 10^9$	—

(1) 电能

电能有下列几种形式。

① 电弧 是一种气体放电现象。它是熔焊的主要热源。电弧空间的气体介质在电场和电弧热作用下游离成带电粒子,传导焊接电流。当焊接电流流过电弧时,电弧两端产生电压降。

② 电阻 是电渣焊或电阻焊的能源。熔融的熔渣一旦变成高度电离的物质,也可以传导焊接电流。电渣焊即利用电流通过液态熔渣时产生的电阻热,使电极和母材熔化而实现金属连接。

③ 热辐射 是利用电流流过电热丝时产生的热辐射加热焊件来实现金属连接。它是钎焊的重要热源。

④ 感应加热 是一种特殊的能量传递方式。当高频电流流

过感应线圈时，在其周围产生相同频率的交变电磁场又在工件中产生感应电流（若工件上存在闭合电路），使工件加热。感应的高频电流具有集肤效应和邻近效应。高频电阻焊时，集肤效应和邻近效应使电流沿接缝的接合面流动，加热接触表面，并通过挤压实现焊接。而高频钎焊时，为了使钎焊接头均匀加热，应设法克服集肤效应对焊接质量的不利影响。高频电磁场的强度受感应线圈的工作电流、线圈匝数及线圈周围介质等因素的影响。

⑤ 电子束 借助阴极发射出来的电子在静电场的作用下加速，将电场能转变为动能，再通过静透镜和电磁镜聚焦成细小而密集的电子束流。当电子束轰击被焊金属时，电子的动能就变成熔化和蒸发金属的热能从而完成焊接。

（2）机械能

用机械能连接金属时，通过顶压、顶锻、摩擦等手段，使接头金属发生塑性变形，有效地破坏接合面上的金属氧化膜，并在外力作用下将氧化物挤出接头，实现金属与金属的连接。焊前接头装配紧密，要求较高时采用惰性气体保护或在真空条件下焊接。

（3）化学能

它是铝热焊、气焊和爆炸焊的能源。是利用两种或两种以上物质化学反应所产生的能量实现金属连接。

① 气焊 是指依靠可燃气体和氧的混合物燃烧产生焊接所需的热量。常用的可燃气体有乙炔、氢、天然气、丙烷、丁烷等。

② 热剂焊 是利用两种或两种以上物质化学反应所产生的热量作为能源，同时还利用反应金属生成物作为填充材料完成焊接任务。

③ 爆炸焊 是利用炸药爆炸释放的化学能实现金属的连接。炸药引爆瞬间发生的剧烈化学反应产生大量气体物质，释放大热量。其反应区温度可达上千度，局部压力可达 $2.7 \times 10^4 \text{ MPa}$ 。这种高温、高压气体在周围介质中迅速膨胀，压缩周围的介质，形成冲击波。利用爆炸形成的冲击波和化学热，可以实现复板和基板的冶金结合。

(4) 光能

光能是激光焊或太阳能焊的能源。焊接能源的光能有激光、红外线、太阳光。

① 激光 它是原子受激辐射产生的一束相干光。激光焊是利用聚焦的激光束加热焊件接缝，使其熔化，然后冷却、凝固结合在一起。由于光束经聚焦后的光斑直径可小到 0.01mm ，能量密度高达 $10^9\text{W}/\text{cm}^2$ ，热量集中，因此，焊缝窄、热影响区小、焊件变形小。激光束借助透镜、反射镜的聚焦和反射，可在任意方向上弯曲、偏转，并可在空间作中长距离传射，故特别适用于复杂形状构件的焊接。

② 红外线 它具有较强的穿透能力，且容易被物体吸收，因此，在工业中被广泛用作热源。红外线钎焊热源就是用大功率石英灯作红外线辐射器。根据焊件形状、结构特点的需要，合理设置若干石英灯。石英灯发出的红外线经抛物面反射聚光，将红外线束投向工件钎焊面，其能量密度可达 $60\sim 100\text{kW}/\text{m}^2$ 。

③ 太阳光 利用抛物面聚光，可以将太阳光辐射能转变为热能来加热焊件，以实现金属连接。

(5) 超声波能

超声波焊是通过换能器（磁致伸缩型和压电型）将电能转换为超声波能传输给工件，在焊接处产生超声波的机械振动，使两金属间发生超声频率的摩擦，消除金属接触面的表面氧化膜，同时在接触面处产生大量热能，使两金属发生塑性变形，在外压力作用下，使工件在固态下实现连接。

1.3 焊接接头与坡口形式

焊接接头类型较多，按其结合形式可分为：对接接头、搭接接头、T形接头、十字接头、角接接头、端接接头、卷边接头、套管接头、斜对接接头和锁底对接接头等。

焊接结构中，一般根据结构的形式、钢板的厚度和对强度的要求以及施工条件等情况来选择接头形式。常用的四种接头形式是对接接头、T形接头、角接接头和搭接接头。焊接接头及焊缝的基本形式见表 1-3。