



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

焊接技能强化训练

(焊接专业)

许志安 主编



机械工业出版社



TG4'-43

566

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

焊接技能强化训练

(焊 接 专 业)

主 编 许志安
参 编 徐光远 王友良
责任主审 崔占全
审 稿 付瑞东 张静洪

江苏工业学院图书馆
藏书章

机 械 工 业 出 版 社

本书是中等职业学校焊接专业国家规划教材。

本书以国家中级焊工等级标准为依据。主要内容有：焊条电弧焊、埋弧焊、CO₂ 气体保护焊和手工钨极氩弧焊。本书的特点是着重基本操作技术的传授和动手能力的培养，突出焊工操作技能训练，以培养读者在实践中分析和解决问题的能力。本书内容丰富翔实、深入浅出、实用性强。

本书适用于中等职业学校焊接专业学生，也可作为高职高专学生、焊工培训、考工人员参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接技能强化训练/许志安主编. —北京：机械工业出版社，
2002.6

中等职业教育国家规划教材·焊接专业

ISBN 7-111-10246-0

I. 焊... II. 许... III. 焊接—专业学校—教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 029316 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：冯春生 邓海平 版式设计：霍永明 责任校对：唐海燕

封面设计：姚毅 责任印制：付方敏

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·7.5 印张·179 千字

0 001—3 000 册

定价：9.00 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
封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

本书是根据教育部“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材规划”研究与开发项目的要求,按照中等职业学校焊接专业整体教学改革方案研究报告中的《焊接技能强化训练》教学大纲编写的。

本书的主要内容包括焊条电弧焊、埋弧焊、CO₂ 气体保护焊、手工钨极氩弧焊四种方法特点及焊接基本操作技术和焊接质量保证体系。全书共分四章,第一章是在《焊条电弧焊实训》的基础上,强化焊条电弧焊在各种典型结构的焊接训练;第二章至第四章简明介绍埋弧焊、CO₂ 气体保护焊、手工钨极氩弧焊的特点,着重论述了各种典型结构的焊接顺序及保证焊接接头质量的方法。其中第四章手工钨极氩弧焊为选学内容。

本书由渤海船舶职业学院高级讲师许志安主编。本书的第一章由沈阳机电工业学校徐光远编写,第二章由渤海船舶职业学院王友良编写,其余两章由许志安编写并对全书统稿。

本教材由全国中等职业教育教材审定委员会审定通过,崔占全教授任责任主审,付瑞东、张静洪参加审稿。在编写过程中,本书参考了大量的焊接培训教材及部分专业工具书,同时还得到了渤海船舶重工有限责任公司的焊接专家杨家武和白玉华同志的鼎力帮助。在审稿过程中,各兄弟院校的教师提出了许多宝贵意见,在此向他们一并致谢。限于编者的水平有限,书中疏漏和欠妥之处,还望读者给以批评指正。

编 者

2002 年 1 月

目 录

前言	
第一章 焊条电弧焊	1
第一节 概述	1
第二节 焊条电弧焊的基本操作技术	6
第三节 焊条电弧焊工艺	9
第四节 平板对接技能强化训练	17
第五节 管板焊接技能强化训练	26
第六节 管子对接技能强化训练	32
第七节 T形接头焊接技能强化训练	40
第二章 埋弧焊	43
第一节 概述	43
第二节 埋弧焊机的基本操作技术	44
第三节 平板对接平焊技能训练	49
第四节 对接环焊缝焊接技能训练	58
第五节 角焊缝焊接技能训练	61
第六节 埋弧焊的辅助设备	63
第三章 CO₂ 气体保护焊	70
第一节 概述	70
第二节 CO ₂ 气体保护焊机的基本操作技术	71
第三节 CO ₂ 气体保护焊技能训练	75
* 第四章 手工钨极氩弧焊	90
第一节 概述	90
第二节 手工钨极氩弧焊基本操作技术	91
第三节 手工钨极氩弧焊平板对接技能训练	93
第四节 管板焊接技能训练	102
第五节 管子对接技能训练	107
参考文献	112

第一章 焊条电弧焊

焊条电弧焊是利用手工操纵焊条进行焊接的一种电弧焊方法。由于电弧柱的温度高于 5000°C ，热量集中，其热效率大大高于气焊。按现行国家标准生产的药皮焊条均为优质焊条，所焊焊接接头质量能够满足现代焊接工程的技术要求。

第一节 概 述

焊条电弧焊是最常用的熔焊方法之一。焊接过程如图 1-1 所示。在焊条末端和工件之间燃烧的电弧所产生的高温使药皮、焊芯和焊件熔化，药皮熔化过程中产生的气体和熔渣，不仅使熔池和电弧周围的空气隔绝，而且和熔化了了的焊芯、母材发生一系列冶金反应，使熔池金属冷却结晶后形成符合要求的焊缝。

一、焊条电弧焊的特点

焊条电弧焊具有以下优点：

(1) 设备简单维护方便 焊条电弧焊可用交流焊机或直流焊机进行焊接，这些设备都比较简单，设备投资少，而且维护方便，这是它应用广泛的原因之一。

(2) 操作灵活 在空间任意位置的焊缝，凡焊条能够达到的地方均能进行焊接。

(3) 应用范围广 选用合适的焊条不仅可以焊接低碳钢、低合金钢、高合金钢、有色金属等同种金属，而且还可以焊接异种金属。同时还可以在普通碳素钢上堆焊具有耐磨、耐腐蚀等特殊性能的材料，在造船、锅炉及压力容器、机械制造、矿山机械、化工设备等方面得以广泛应用。

(4) 工艺适用性强 对不同种类的焊条及不同厚度的钢材，可以选择不同的工艺进行焊接。

焊条电弧焊具有以下缺点：

(1) 对焊工要求高 焊条电弧焊的焊接质量除选择合适的焊条、焊接参数及焊接设备外，主要依靠焊工的操作技术和经验保证。在相同的工艺条件下，一名操作技术高、经验丰富的焊工能焊出外形美观、质量优良的焊缝；而一名操作技术低、没有经验的焊工焊出的焊缝可能不合格。

(2) 劳动条件差 焊条电弧焊主要依靠焊工的手工操作控制焊接的全过程，焊工不仅要完成引弧、运条、收弧等动作，而且要随时观察熔池，根据熔池情况不断地调整焊条角度、运条方式和幅度以及电弧长度等，所以在整个焊接过程中，焊工处在手脑并用、精神高度集中状态，而且受到高温烘烤，在有毒的烟尘及金属和金属氧、氮化合物的蒸气环境中工作，焊工的劳动条件是比较差的，特别是焊工职业病发病率较高，因此要加强劳动保护。

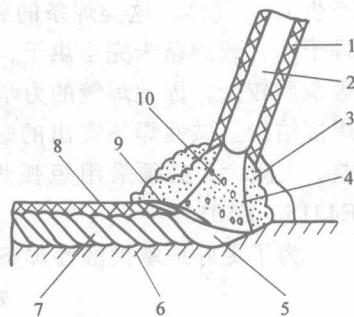


图 1-1 焊条电弧焊示意图

- 1—药皮 2—焊芯 3—保护气
4—电弧 5—熔池 6—母材
7—焊缝 8—渣壳
9—熔渣 10—熔滴

(3) 生产效率低 焊材利用率不高, 熔敷率较低, 难以实现机械化和自动化, 故生产效率低。

二、常用焊条的特点

尽管药皮类型有 10 种左右, 但根据药皮熔化后的熔渣特性, 只能分成酸性焊条和碱性焊条两类。这两类焊条的工艺性能、操作注意事项、焊缝质量有较大差异, 因此必须熟悉它们的特点。

(1) 酸性焊条 酸性焊条熔渣的主要成分是酸性氧化物, 在焊接过程中易放出含氧物质, 以及药皮里的有机物, 分解时所产生保护气体, 因此烘干温度不能超过 250°C 。这类焊条氧化性比较强, 容易使合金元素氧化, 同时电弧中的氢离子容易和氧离子结合生成氢氧根离子, 可防止氢气孔, 因此这类焊条对铁锈不敏感。酸性焊条不能有效地清除熔池中的硫、磷等杂质, 因此焊缝金属产生偏析的可能性较大, 出现热裂纹的倾向较高, 焊缝金属的冲击韧度较低。酸性焊条突出的优点是: 价格较低、焊接工艺性较好、容易引弧、电弧稳定、飞溅小、对弧长不敏感、对油锈不敏感、焊前准备要求低、焊缝成形好等, 因此, 广泛用于一般的焊接结构。这类焊条的典型型号有 E4303、E5003。

(2) 碱性焊条 碱性焊条熔渣的主要成分是碱性氧化物和铁合金, 焊接时大理石分解, 产生 CO_2 气体。这类焊条的氧化性弱, 对油、水、铁锈等很敏感。如果焊前焊接区没有清理干净, 或焊条未完全烘干, 这样就会容易产生气孔。但焊缝金属中合金元素较多, 硫、磷等杂质较少, 因此焊缝的力学性能, 特别是冲击韧度较好, 故这类焊条主要用于焊接重要的焊接结构。碱性焊条突出的缺点是: 价格稍贵、焊接工艺性较差、引弧困难、电弧稳定性差、飞溅大、必须采用短弧焊、焊缝外形稍差、鱼鳞纹较粗等。这类焊条的典型型号有 E4315、E5015。

为了更好地掌握酸性焊条与碱性焊条的特点, 将这两类焊条的特性对比列于表 1-1。

表 1-1 酸性焊条与碱性焊条的特性对比

酸 性 焊 条	碱 性 焊 条
对水、铁锈产生气孔的敏感性不大, 焊条在使用前经 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 烘焙 1h	对水、铁锈产生气孔的敏感性较大, 要求焊条在使用前经 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 烘焙 1~2h
电弧稳定, 可用交流或直流施焊	电弧稳定性差, 必须用直流反接施焊
焊接电流较大	焊接电流较同规格的酸性焊条小 10% 左右
可长弧操作	须短弧操作, 否则易引起气孔
合金元素过渡效果差	合金元素过渡效果好
熔池较浅, 焊缝成形较好	熔池较深, 焊缝成形尚好易堆高
脱渣较方便	脱渣不及酸性焊条好
焊缝的常、低温冲击韧度一般	焊缝的常、低温冲击韧度较高
焊缝的抗裂性能较差	焊缝的抗裂性能好
焊缝的含氢量高、影响塑性	焊缝的含氢量低、塑性好
焊接时烟尘较少	焊接时烟尘较多

三、坡口形式与焊接位置

1. 接头和坡口形式

焊条电弧焊常用的基本接头有对接、搭接、角接和 T 形接头, 如图 1-2 所示。不同的焊接接头以及不同板厚应加工成不同的坡口形式。对接接头常用的坡口形式如图 1-3 所示。板厚 1~6mm 时, 用 I 形坡口; 板厚增加时可选用 Y 形、X 形和 U 形等各种形式的坡口。

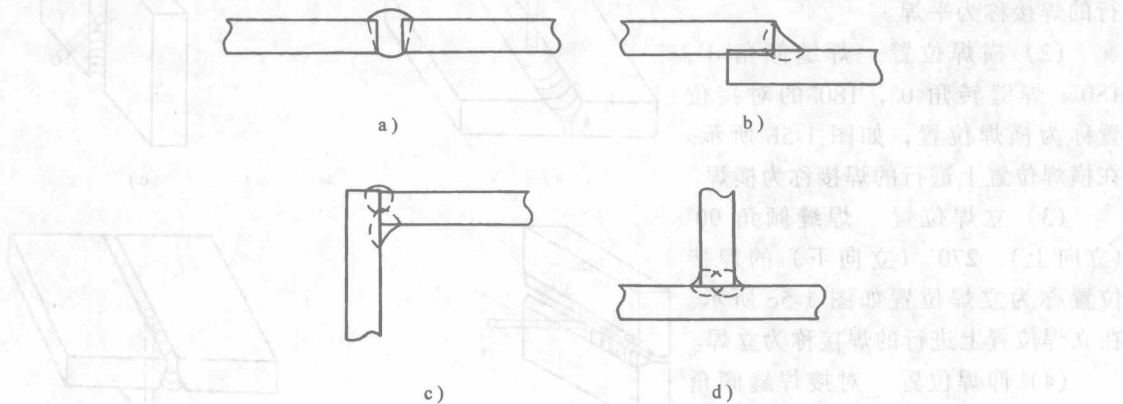


图 1-2 焊接接头基本形式

a) 对接 b) 搭接 c) 角接 d) T 形

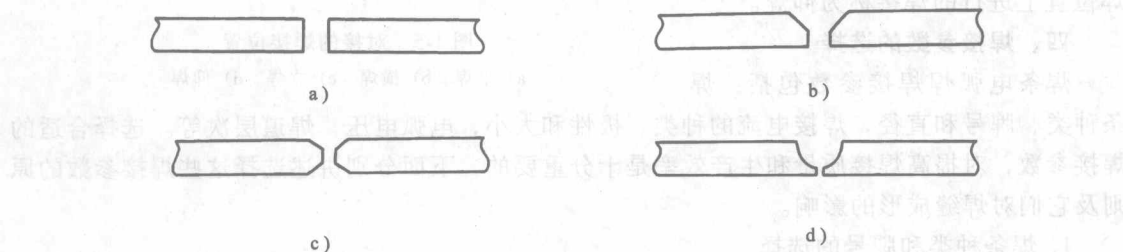


图 1-3 对接接头坡口基本形式

a) I 形 b) Y 形 c) X 形 d) U 形

角接和 T 形接头常用的坡口形式如图 1-4 所示。坡口形式与尺寸一般随板厚而变化, 同时还与焊接方法、焊接位置、热输入量、焊件材质等有关。坡口形式与尺寸选用见 GB/T 985—1988 《气焊、焊条电弧焊及气体保护焊缝坡口的基本形式与尺寸》。

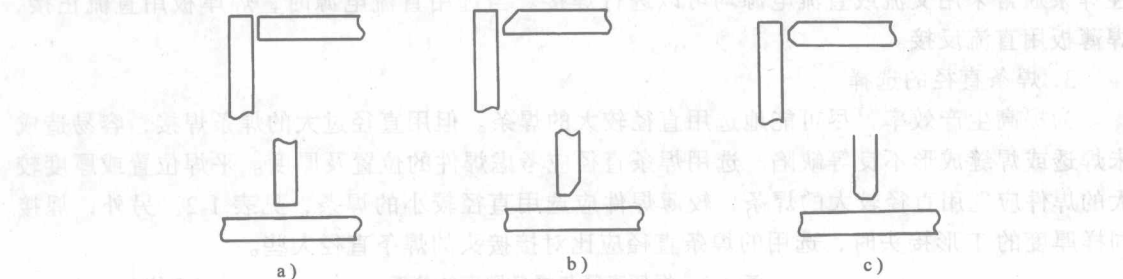


图 1-4 角接和 T 形接头的坡口

a) I 形 b) 单边 V 形 (带钝边) c) K 形 (带钝边)

2. 焊接位置

熔焊时, 被焊焊件接缝所处的空间位置, 称为焊接位置, 如图 1-5 所示。

(1) 平焊位置 焊缝倾角 0° ，焊缝转角 90° 的焊接位置称为平焊位置，如图 1-5a 所示。在平焊位置进行的焊接称为平焊。

(2) 横焊位置 焊缝倾角 0° ， 180° ；焊缝转角 0° ， 180° 的对接位置称为横焊位置，如图 1-5b 所示。在横焊位置上进行的焊接称为横焊。

(3) 立焊位置 焊缝倾角 90° （立向上）， 270° （立向下）的焊接位置称为立焊位置如图 1-5c 所示。在立焊位置上进行的焊接称为立焊。

(4) 仰焊位置 对接焊缝倾角 0° ， 180° ；转角 270° 的焊接位置称为仰焊位置。如图 1-5d 所示。在仰焊位置上进行的焊接称为仰焊。

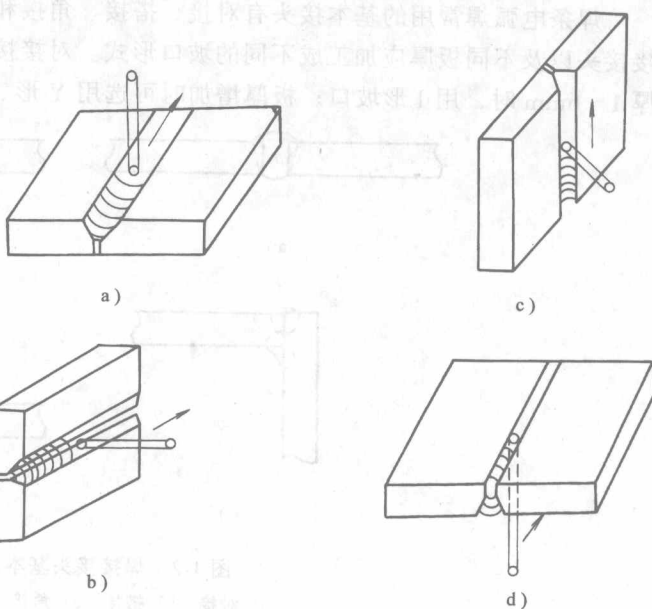


图 1-5 对接的焊接位置

a) 平焊 b) 横焊 c) 立焊 d) 仰焊

四、焊接参数的选择

焊条电弧焊焊接参数包括：焊

条种类、牌号和直径，焊接电流的种类、极性和大小，电弧电压，焊道层次等。选择合适的焊接参数，对提高焊接质量和生产效率是十分重要的，下面分别讲述选择这些焊接参数的原则及它们对焊缝成形的影响。

1. 焊条种类和牌号的选择

在相关的课程中已经讲述了焊条选择的原则。实际工作中主要根据母材的性能，接头的刚性和工作条件来选择焊条，焊一般碳钢和低合金结构钢主要是按等强度原则选择焊条的强度级别，一般选用酸性焊条，重要结构选用碱性焊条。

2. 焊接电源种类和极性的选择

通常根据焊条的类型选择焊接电源的种类，除低氢型焊条必须采用直流反接外，所有酸性焊条通常采用交流或直流电源均可以进行焊接。当选用直流电源时，焊厚板用直流正接，焊薄板用直流反接。

3. 焊条直径的选择

为提高生产效率，尽可能地选用直径较大的焊条。但用直径过大的焊条焊接，容易造成未焊透或焊缝成形不良等缺陷。选用焊条直径应考虑焊件的位置及厚度。平焊位置或厚度较大的焊件应选用直径较大的焊条，较薄焊件应选用直径较小的焊条，见表 1-2。另外，焊接同样厚度的 T 形接头时，选用的焊条直径应比对接接头的焊条直径大些。

表 1-2 焊条直径与焊条厚度的关系

(单位: mm)

工件厚度	2	3	4~5	6~12	>13
焊条直径	2	3.2	3.2~4	4~5	4~6

4. 焊接电流的选择

焊接电流是焊条电弧焊最重要的焊接参数，也可以说是惟一的独立参数，因为焊工在操作过程中需要调节的只有焊接电流，而焊接速度和电弧电压都是由焊工操作控制的。

焊接电流越大，熔深越大（焊缝宽度和余高变化均不大），焊条熔化快，焊接效率高。但是焊接电流太大时，飞溅和烟尘大，药皮易发红和脱落，而且容易产生咬边、焊瘤、烧穿等缺陷；若焊接电流太小，则引弧困难，焊条容易粘连在焊件上，电弧不稳，熔池温度低，焊缝窄而高，熔合不好，且易产生夹渣、未焊透等缺陷。

选择焊接电流时，主要考虑的因素有焊条直径、焊接位置、焊道层次。

(1) 焊条直径 焊条直径越粗，焊接电流越大，每种直径的焊条都有一个最合适的电流范围，表 1-3 列出了各种直径焊条合适的焊接电流参考值。

表 1-3 各种直径焊条使用电流的参考值

焊条直径/mm	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0
焊接电流/A	25~40	40~65	50~80	100~130	160~210	200~270

还可以根据选定的焊条直径用下面的经验公式计算焊接电流。

$$I = (10 \sim 15) d^2$$

式中 I ——焊接电流 (A)；

d ——焊条直径 (mm)。

(2) 焊接位置 在平焊位置焊接时，可选择偏大些的焊接电流。横、立、仰焊位置焊接时，焊接电流应比平焊位置小 10%~20%。

(3) 焊道层次 通常焊接打底焊道时，特别是焊接单面焊双面成形的焊道时，使用较小的焊接电流，才便于操作和保证背面焊道的质量；焊填充焊道时，为提高效率，保证熔合好，通常都使用较大的焊接电流；而焊盖面焊道时，为防止咬边和获得较美观的焊道，使用的电流稍小些。

以上所述的只是选择焊接电流的一些原则和方法，实际生产过程中焊工是根据试焊的试验结果，根据自己的实践经验来选择焊接电流的。通常焊工是根据焊条直径推荐的电流范围，或根据经验选定一个电流，在试板上试焊，在焊接过程中看熔池的变化、渣和铁液的分离情况、飞溅大小、焊条是否发红、焊缝成形是否美观、脱渣性是否好等来选择焊接电流的。当焊接电流合适时，焊接引弧容易、电弧稳定、熔池温度较高、渣比较稀，很容易从铁液中分离出去，能观察到颜色比较暗的液体从熔池中翻出，并向熔池后面集中，熔池较亮，表面稍下凹，且很平稳地向前移动，焊接过程中飞溅较少，能听到很均匀的劈啪声，焊后焊缝两侧圆滑地过渡到母材，鱼鳞纹较细，焊渣也容易敲掉。如果选用的焊接电流太小，则引弧很难，焊条容易粘在焊件上，焊道余高较大，鱼鳞纹粗，两侧熔合不好，当焊接电流太小时，根本形不成焊道。如果选用的焊接电流太大，焊接时飞溅和烟尘很大，焊条药皮成块脱落，焊条发红，电弧吹力大，熔池有一个很深的凹坑，表面很亮，非常容易烧穿、产生咬边，由于焊机负载过重，可听到很明显的哼哼声、焊缝外观很难看，鱼鳞纹很粗。在工业生产中，操作者是根据工艺规定的焊接电流进行工作的。

5. 电弧电压

电弧电压主要影响焊缝的宽窄，电弧电压越高，焊缝越宽，因为采用焊条电弧焊时，焊

缝的宽度主要靠焊条的横向摆动幅度来控制, 因此电弧电压的影响不明显。

当焊接电流调好后, 电焊机的外特性曲线就确定了。实际上电弧电压是由弧长决定的。电弧越长, 电弧电压越高; 电弧越短, 电弧电压越低。但电弧太长时, 电弧燃烧不稳, 飞溅大, 容易产生咬边、气孔等缺陷; 若电弧太短, 容易粘焊条。一般情况下, 电弧长度等于焊条直径的 $1/2 \sim 1$ 倍为好, 相应的电弧电压为 $16 \sim 25\text{V}$ 。碱性焊条的电弧长度应为焊条直径的一半为好; 酸性焊条的电弧长度应等于焊条直径。

6. 焊接速度

焊接速度就是单位时间内完成的焊缝长度。焊条电弧焊在保证焊缝具有所要求的尺寸和外形且熔合良好的原则下, 焊接速度由焊工根据具体情况灵活掌握。重要结构的焊接常常规定每根焊条最小焊接长度。

7. 焊接层数的选择

在厚板焊接时, 必须采用多层焊或多道焊。多层焊的前一条焊道对后一条焊道起预热作用, 而后一条焊道对前一条焊道起热处理作用 (退火和正火), 有利于提高焊缝金属的塑性和韧性。每层焊道厚度不能大于 $4 \sim 5\text{mm}$ 。

第二节 焊条电弧焊的基本操作技术

一、引弧

电弧焊开始时, 引燃焊接电弧的过程叫引弧。焊接电弧引燃的方式分为两大类, 即非接触式引弧和接触式引弧。

1. 非接触式引弧

利用高频高压使电极末端与焊件间的气体导电产生电弧。用这种方法引弧时, 电极端部与焊件间不发生短路就能引燃电弧, 其优点是可靠、引弧时不会烧伤焊件表面, 但需要另外增加小功率高频高压电源, 或同步脉冲电源。焊条电弧焊很少采用这种方式引弧。

2. 接触式引弧

它是先利用电极与焊件短路, 再拉开电极引燃电弧, 这是焊条电弧焊最常用的引弧方式, 根据操作手法不同又可分为:

(1) 直击法 它是使焊条与焊件表面垂直地接触, 当焊条的末端与焊件表面轻轻一碰, 便迅速提起焊条, 并保持一定距离, 立即引燃了电弧, 见图 1-6。操作时必须掌握好手腕的上下动作时间和距离。

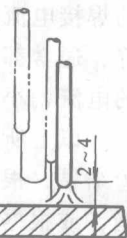


图 1-6 直击法引弧

(2) 划擦法 这种方法与擦火柴有些类似, 先将焊条末端对准焊件, 然后将焊条在焊件表面划擦一下, 当电弧引燃后瞬间立即将焊条末端与被焊焊件表面距离拉开 $2 \sim 4\text{mm}$, 电弧就能稳定地燃烧, 见图 1-7。操作时手腕顺时针方向旋转, 使焊条端头与焊件接触后再离开。

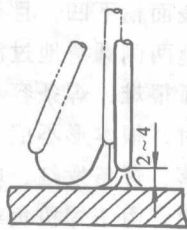


图 1-7 划擦法引弧

以上两种接触式引弧方法相比, 划擦法比较容易掌握, 但在狭小工作面上或不允许烧伤焊件表面时, 应采用直击法。直击法对初学者较难掌握, 一般容易发生电弧熄灭或造成短路现象, 这是没有掌握好离开焊件时的速度和保持一定距离的原因。如果操作时焊条上拉太快或提得太高, 都

不能引燃电弧或电弧只燃烧一瞬间就熄灭；相反，动作太慢则可能使焊条与焊件粘在一起，造成焊接回路短路。

引弧时，如果发生焊条和焊件粘在一起，只要将焊条左右摇动几下，就可以脱离焊件，如果这时还不能脱离焊件，就应立即将焊钳松开，使焊接回路断开，待焊件稍冷后再拆下。如果焊条粘在焊件上的时间太长，则因过大的短路电流可能使焊机烧坏，所以引弧时，手腕动作必须灵活和准确，而且要选择好引弧起始点的位置。

二、运条

焊接过程中，焊条相对焊缝所做的各种动作的总称叫运条。正确运条是保证焊缝质量的基本因素之一，因此每个操作者都必须掌握好运条这项基本功。运条包括沿焊条轴线的送进、沿焊缝轴线方向纵向移动和横向摆动三个动作的组合。如图 1-8 所示。

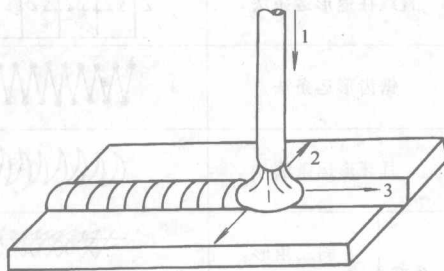


图 1-8 运条的基本动作

1. 运条的基本动作

(1) 焊条沿轴线向熔池方向送进 焊条熔化后，能始终保持电弧的长度不变，因此要求焊条向熔池方向送进的速度与焊条熔化的速度相等。如果焊条送进的速度小于焊条熔化的速度，则电弧的长度将逐渐增加，导致断弧；如果焊条送进速度大于焊条熔化速度，则电弧长度迅速缩短，使焊条末端与焊件接触发生短路，同样会使电弧熄灭。

(2) 焊条沿焊接方向的纵向移动 此动作使焊条熔敷金属与熔化的母材金属形成焊缝。焊条移动速度对焊缝质量、焊接生产率有很大的影响。如果焊条移动速度太快，则电弧来不及熔化足够的焊条与母材金属，产生未焊透或焊缝较窄；若焊条移动速度太慢，造成焊缝过高、过宽、外形不整齐。在较薄的焊件上焊接时容易焊穿。移动速度必须适当才能使焊缝均匀。

(3) 焊条的横向摆动 横向摆动的作用是为获得一定宽度的焊缝，并保证焊缝两侧熔合良好。其摆动的幅度应根据焊缝的宽度与焊条直径决定。横向摆动力求一致，才能获得宽度整齐的焊缝。正常的焊缝宽度一般不超过焊条直径的 2~5 倍。

2. 运条方法

运条的方法很多，选用时应根据接头的形式、装配间隙、焊缝的空间位置、焊条直径与性能、焊接电流及焊工技术水平等方面而定。常用运条方法及适用范围见表 1-4。

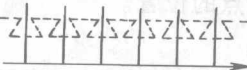
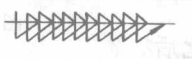
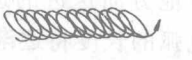
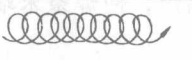
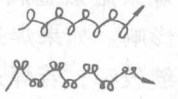
三、焊缝的起头

焊缝的起头是指开始焊接处的焊缝。这部分焊缝很容易增高，这是由于开始焊接时焊件温度低，引弧后不能迅速使这部分焊件金属的温度升高，因此熔深较浅，余高较大。为减少或避免这种情况，可在引燃电弧后先将电弧稍微拉长些，对焊件进行必要的预热，然后适当降低电弧长度转入正常焊接。重要的结构往往增加引弧板。

四、焊缝的收尾

焊缝的收尾是指一条焊缝焊完后如何收弧。焊接结束时，如果将电弧突然熄灭，则焊缝表面留有凹陷较深的弧坑会降低焊缝收尾处的强度，并容易引起弧坑裂纹。过快拉断电弧，液体金属中的气体来不及逸出，还容易产生气孔等缺陷。为克服弧坑缺陷，采用下述方法收尾。

表 1-4 常用运条方法及适用范围

运条方法		运条示意图	适用范围
直线形运条法			(1) 3~5mm 厚度 I 形坡口对接平焊 (2) 多层焊的第一层焊道 (3) 多层多道焊
直线往返形运条法			(1) 薄板焊 (2) 对接平焊 (间隙较大)
锯齿形运条法			(1) 对接接头 (平焊、立焊、仰焊) (2) 角接接头 (立焊)
月牙形运条法			同锯齿形运条法
三角形运条法	斜三角形		(1) 角接接头 (仰焊) (2) 对接接头 (开 V 形坡口横焊)
	正三角形		(1) 角接接头 (立焊) (2) 对接接头
圆圈形运条法	斜圆圈形		(1) 角接接头 (平焊、仰焊) (2) 对接接头 (横焊)
	正圆圈形		对接接头 (厚焊件平焊)
八字形运条法			对接接头 (厚焊件平焊)

(1) 反复收尾法 焊条移到焊缝终点时,在弧坑处反复熄弧、引弧数次,直到填满弧坑为止,此方法适用于薄板和大电流焊接时的收尾,不适用于碱性焊条。

(2) 划圈收尾法 焊条移到焊缝终点时,在弧坑处做圆圈运动,直到填满弧坑再拉断电弧,此方法适用于厚板。

(3) 转移收尾法 焊条移到焊缝终点时,在弧坑处稍作停留,将电弧慢慢拉长,引到焊缝边缘的母材坡口内,这时熔池会逐渐缩小,凝固后一般不出现缺陷,此方法适用于换焊条或临时停弧时的收尾。

五、焊缝的接头

后焊焊缝与先焊焊缝的连接处称为焊接接头。由于受焊条长度的限制,焊缝前后两段接头是不可避免的,但焊缝接头的应力力求均匀,防止产生过高、脱节、宽窄等不一致的缺陷。焊缝的接头有以下四种情况,如图 1-9 所示。

(1) 中间接头 后焊的焊缝从先焊的焊缝尾部开始焊接,如图 1-9a 所示。要求在弧坑前约 10mm 附近引弧,电弧长度比正常焊接时略长些,然后回移到弧坑,压低电弧,稍作摆动,再向前正常焊接。这种接头的方法是使用最多的一种,适用于单层焊及多层焊的表层接头。

(2) 相背接头 两焊缝起头处相接,如图 1-9b 所示。要求先焊焊缝起头处略低些,后

焊缝必须在条焊缝始端稍前处引弧，然后稍拉长电弧将电弧逐渐引向前条焊缝的始端，并覆盖前条焊缝的端头，待焊平后，再向焊接方向移动。

(3) 相向接头 是两条焊缝的收尾相接，如图 1-9c 所示。当后焊的焊缝焊到先焊的焊缝收弧处时，焊接速度应稍慢些，填满先焊焊缝的弧坑处后，以较快的速度再向前焊一段，然后熄弧。

(4) 分段退焊接头 是先焊焊缝的起头和后焊焊缝的收尾相接，如图 1-9d 所示。要求后焊的焊缝焊至靠近前条焊缝始端时，改变焊条角度，使焊条指向前条焊缝的始端，拉长电弧，待形成熔池后，再压低电弧，往回移动，最后返回原来熔池处收弧。

接头连接得平整与否，和焊工操作技术有关，同时还和接头处的温度高低有关。温度越高，接头处越平整。因此中间接头要求电弧中断的时间要短，换焊条动作要快。多层焊时，层间接头处要错开，以提高焊缝的致密性。除

中间焊缝接头焊接时可不清理焊渣外，其余接头处必须先将接头处的焊渣打掉，否则接不好头，必要时可将接头处先打磨成斜面后再接头。

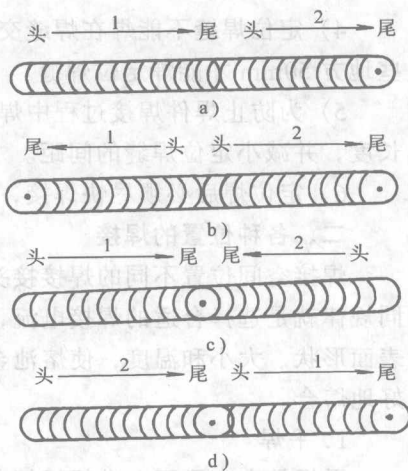


图 1-9 焊缝接头的四种情况

a) 中间接头 b) 相背接头
c) 相向接头 d) 分段退焊接头
1—先焊焊缝 2—后焊焊缝

第三节 焊条电弧焊工艺

一、定位焊

焊前为固定焊件的相对位置进行的焊接操作叫定位焊。定位焊形成的短小而断续的焊缝叫定位焊缝。通常定位焊缝都比较短小，在焊接过程中不用去掉而成为正式焊缝的一部分，定位焊缝质量的好坏将直接影响正式焊缝的质量及焊件的变形，因此对定位焊必须引起足够的重视。

焊接定位焊缝时必须注意以下几点：

1) 必须按照焊接工艺规定的要求焊接定位焊缝。如采用与工艺规定相同牌号的焊条，工艺规定焊前预热、焊后缓冷，则定位焊时焊条也必须进行焊前预热、焊后缓冷。

2) 定位焊缝必须保证熔合良好，焊道不能太高，起头和收尾处应圆滑过渡、不能太陡，防止焊缝接头时两端焊不透。

3) 定位焊缝的长度、间距见表 1-5。

表 1-5 定位焊缝的参考尺寸

(单位: mm)

工件厚度	定位焊缝长度	定位焊缝间距
<4	5~10	50~100
4~12	10~20	100~200
>12	≥20	200~300

4) 定位焊缝不能焊在焊缝交叉处或焊缝方向发生急剧变化的地方, 通常至少应离开这些地方 50mm 才能焊定位焊缝。

5) 为防止焊件焊接过程中焊件裂开, 应尽量避免强制装配, 必要时可增加定位焊缝的长度, 并减小定位焊缝的间距。

6) 定位焊后必须尽快焊接, 避免中途停顿或存放时间过长。

二、各种位置的焊接

焊接空间位置不同的焊接接头, 虽然具有各自不同的特点, 但也具有共同的规律, 其共同规律就是选择合适的焊接电流, 保持正确的焊条角度, 掌握好运条的三个动作, 控制熔池表面形状、大小和温度, 使熔池金属的冶金反应较完全, 气体、杂质排除彻底, 并与母材很好地熔合。

1. 平焊

平焊是在水平面上进行任何方向焊接的一种操作方法。由于焊缝处在水平位置, 熔滴主要靠自重过渡, 操作技术比较容易掌握, 可以选用较大直径焊条和较大的焊接电流, 生产效率高, 因此在生产中应用比较普遍。如果焊接参数选择不当或操作不当, 打底焊时容易造成根部焊瘤或未焊透, 也容易出现熔渣与熔化金属混杂不清或熔渣超前而引起的夹渣。

平焊分为对接平焊、T 形接头平焊和搭接接头平焊。

(1) 对接平焊 推荐对接平焊的焊接参数见表 1-6。

表 1-6 推荐对接平焊的焊接参数

焊缝横断面形式	焊件厚度/mm	第一层焊缝		其他各层焊缝		盖面焊缝	
		焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A
	2	2	50~60	—	—	2	55~60
	2.5~3.5	3.2	80~110	—	—	3.2	85~120
		3.2	90~130	—	—	3.2	100~130
	4~5	4	160~200	—	—	4	160~210
		5	200~260	—	—	5	220~260
	5~6	4	160~200	—	—	3.2	100~130
				—	—	4	180~210
	>6	4	160~200	4	160~210	4	180~210
				5	220~280	5	220~260
	≥12	4	160~210	4	160~210	—	—
				5	220~280	—	—

1) I 形坡口对接平焊。当板厚小于 6mm 时, 一般采用 I 形坡口对接平焊。

采用双面双道焊, 焊条直径 3.2mm。焊接正面焊缝时, 采用短弧焊, 熔深为焊件厚度的 2/3, 焊缝宽度 5~8mm, 余高应小于 1.5mm, 如图 1-10 所示。焊接反面焊缝时, 除重要结构外, 不必清根, 但要将正面焊缝背部的熔渣清除干净, 然后再焊接, 焊接电流可大些。焊条角度

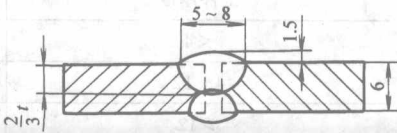


图 1-10 I 形坡口对接接头

如图 1-11 所示。

2) V 形坡口的对接平焊。当板厚超过 6mm 时，由于电弧的热量较难深入到 I 形坡口根部，必须开单 V 形坡口或双 V 形坡口，可采用多层焊或多层多道焊，如图 1-12、图 1-13 所示。

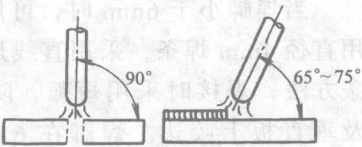


图 1-11 对接平焊的焊条角度

多层焊时，第一层应选用较小直径的焊条，运条方法应根据焊条直径与坡口间隙而定。可采用直线运条法或锯齿形运条法，要注意边缘熔合的情况并避免焊件焊穿。以后各层焊接时，应将前一层焊渣清除干净，然后选用直径较大的焊条和较大的焊接电流进行施焊。可采用锯齿形运条法，并应用短弧焊接。但每层不宜过厚，应注意在坡口两边稍停留，为防止产生熔合不良及夹渣等缺陷，每层的焊接接头须互相错开。

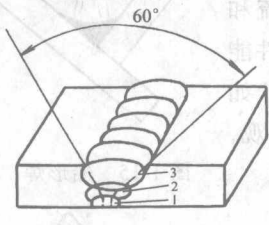


图 1-12 多层焊

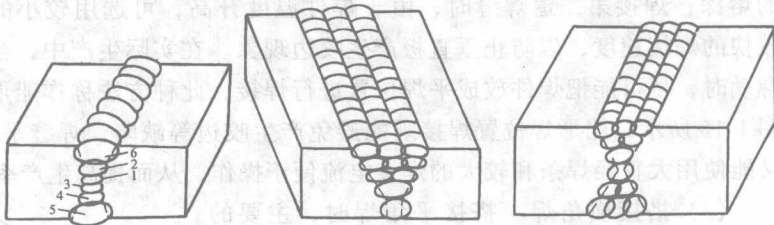


图 1-13 多层多道焊

多层多道焊的焊接方法与多层焊接相似。焊接时，初学者特别注意清除焊渣，以避免产生夹渣、未熔合等缺陷。

(2) T 形接头的横角焊 推荐 T 形接头横角焊的焊接参数见表 1-7。

表 1-7 推荐 T 形接头横角焊的焊接参数

焊缝横 断形式	焊件厚度 或焊脚 尺寸/mm	第一层焊缝		其他各层焊缝		盖面焊缝	
		焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A	焊条直径/mm	焊接电流/A
	2	2	55~65	—	—	—	—
	3	3.2	100~120	—	—	—	—
	4	3.2	100~120	—	—	—	—
		4	160~200	—	—	—	—
	5~6	4	160~200	—	—	—	—
		5	220~280	—	—	—	—
	≥7	4	160~200	5	220~280	4	160~200
		5	220~280				
		4	160~200	4	160~200	4	160~200
				5	220~280		

T 形接头横角焊时，容易产生未焊透、焊偏、咬边及夹渣等缺陷，特别是立板容易咬边。为防止上述缺陷，焊接时除正确选择焊接参数外，还必须根据两板厚度调整焊条角度，电弧应偏向厚板一边，让两板受热温度均匀一致，如图 1-14 所示。