



现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

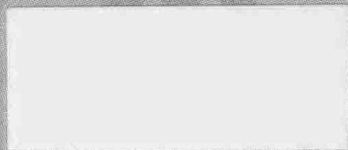
XIANDAI ZHUANGBEIZHIZAOYE JINENG DASHI JISHU JINENG JINGCUI

焊工

主编：赵 卫



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

XIANDAI ZHUANGBEIZHIZAOYE JINENGDAISHI JISHUJINENG JINGCUI

焊工

主编：赵 卫

参编：彭勇军 王 波 梁 涛 刘文强 朱 献

主审：金木世 吕士明

参审

CET
CHINA ELECTRICITY PRESS

术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 焊工 / 赵卫主编.
— 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5357-7997-7
I. ①现… II. ①赵… III. ①焊接—技术培训—教材
IV. ①TG4
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 300651 号

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 焊工

主 编: 赵 卫

责任编辑: 徐 为 杨 林 龚绍石

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 长沙瑞和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市井湾路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2013 年 12 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 25.5

字 数: 490000

书 号: ISBN 978-7-5357-7997-7

定 价: 52.00 元

(版权所有·翻印必究)

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》

丛书编委名单

荣誉主任：于清笈

主 任：陈晓明 黄一九

副 主 任：房志凯 徐 为

委 员：戴 勇 魏 巍 曹根基 韩峻峰 刘亚琴

沈玉梅 王茂元 邓志辉 管 平 王洪军

王 亮 袁政海 杨 林 龚绍石 周劲松

桂志红 赵 卫 陈留贯

丛书前言

装备制造业是国家的基础性和战略性产业，体现了一个国家的综合国力和国际竞争力。改革开放以来，特别是近十多年来，我国的装备制造业得到了迅猛发展，产业规模跃居世界首位，成为名符其实的装备制造业大国。然而，我国高端装备还大量依靠进口，自主创新能力明显薄弱；基础工艺、基础零部件发展严重滞后；现代制造服务业发展缓慢；装备制造产业发展方式还较为粗放。我国还不是装备制造业强国。造成装备制造业“大而不强”的因素很多，其中重要原因之一，就是缺乏大批掌握现代装备制造业典型技术技能的高技能人才。

目前，在我国装备制造业职工队伍中，技师和高级技师占全部技术工人的比例不到4%，高技能人才严重短缺，已经远不能满足装备制造业发展的需要。为了传承机械行业技能大师长年积累的高超技艺，提高高技能人才培养的针对性和实效性，更好地服务我国装备制造业实现“由大变强”，中国机械工业联合会、机械工业教育发展中心决定组织我国装备制造领域中的技能大师参与编写一套《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书。丛书汇集了机械行业中多位技能大师的实际工作经验、技能技巧以及技术创新成果；同时，邀请多名具有丰富撰稿经验的高等职业学院教授进行整理总结，确保了该丛书的编写质量和水平。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书是由国家设立的专项出版基金支持，湖南科学技术出版社负责组织编写，丛书编写组荟萃了国内数十位企业技能大师、高等职业学院教授专家，共同编写的一套高技能人才实用培训读物。丛书将出版《车工》、《钳工》、《电工》、《焊工》、《数控工》、《汽车调整工》、《模具工》、《汽车钣金工》共8个分册。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书以行业实际案例为载体，介绍了本行业高技能人才在实际工作中碰到技术难点时的解决思路，生产过程中的经验、技巧、创新发明以及必须具备的实践操作技艺等内容，同时辅以“大师指导技术要领”的重要内容，汇集了技能大师们丰富实践经验和高超技艺的实用技术。整套丛书以典型案例为单元，形成了模块化、条目化的内容结构，内容层次清晰，逻辑性强，文字简洁精练，图文并茂，是一套具有极高的指导意义和可操作性的培训用书和自学读物。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书编写时间总共长达1年多，编写过程中，各方专家、学者为此套丛书付出了长时间的努力和心血。在此，向相关领导、各位技能大师、高职院校教授专家及编者表示最诚挚的感谢！

机械工业教育发展中心

2013年11月

前 言

随着社会主义市场经济的发展，大力加强高技能人才队伍建设，是贯彻落实科学发展观和实施人才强国战略的一项重要任务。党的十八大报告进一步强调了加强高技能人才队伍建设的重要性，并明确要求完善创新人才工作的体制机制。

高技能人才是我国人才队伍的重要组成部分，是各行各业产业大军的优秀代表，是技术工人队伍的核心骨干，一个企业不但要有高素质的管理人才和科技人才，更要有高素质的一线技术工人。在加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动技术创新和科技成果转化等方面具有不可替代的重要作用。企业内部高技能人才培养对企业的发展壮大意义重大，企业要充分发挥在培养高技能人才中的主体作用，通过构建高技能人才培养的平台、建立和完善内部培训制度、构建高技能人才培养与能力业绩挂钩的成长通道等方法，来加快高技能人才培养的步伐。

本书突出强调了“以职业技能为核心、以企业发展为导向、以《国家职业技能标准》为依据”的原则，充分考虑到市场经济发展，和产业结构变化产生的影响，客观反映该职业发展的水平和对从业人员的要求。本书大量引入新技术、新知识、新工艺、新方法和先进操作法来拓宽专业技术人员的知识眼界，着重介绍焊工基本技能、焊工基本项目训练、典型项目的焊接、自动焊在焊接生产中的应用、焊接变形、焊接缺陷及检验，技能大师支招谈经验等。着重培养企业员工和职业院校学生的基本操作技能和解决实际问题的能力，以提高员工和职业院校学生、从业人员的基本操作技能为核心，由浅入深，循序渐进；通俗易懂，实用性强。可供教师和申报技能鉴定人员学习参考。

本书在编写的过程中，得到了南车株洲电力机车有限公司工会技师协会的大力支持，在此表示衷心的感谢。

编 者

目 录

项目一 焊工基本技能	(1)
任务一 焊接的基本操作技术	(1)
案例 1 焊接方法的分类	(1)
案例 2 药皮电弧焊基本操作技术	(3)
案例 3 CO ₂ 气体保护焊的基本操作技术	(10)
案例 4 钨极氩弧焊的基本操作技术	(15)
任务二 焊工的基本项目训练	(19)
案例 1 药皮电弧焊低碳钢板对接平焊	(19)
案例 2 MAG 焊的向上立角焊	(25)
案例 3 管对接水平转动 TIG 焊	(28)
案例 4 富氩混合气体保护焊的平角焊 (不锈钢)	(33)
任务三 焊缝的符号与标注	(36)
案例 1 焊接接头与坡口形式	(36)
案例 2 焊缝符号和焊接方法代号	(42)
项目二 典型项目的焊接	(56)
任务一 药皮电弧焊	(56)
案例 1 大管对接水平固定焊	(56)
案例 2 小直径管板 (骑座式) 垂直固定焊	(64)
案例 3 厚板仰对接焊	(71)
案例 4 异种钢厚板平对接焊	(78)
任务二 富氩混合气体保护焊	(85)
案例 1 立板对接焊	(85)
案例 2 小直径管板 (骑座式) 水平固定焊	(91)
案例 3 厚板仰对接焊	(96)
案例 4 不锈钢薄板仰角焊	(100)
案例 5 异种钢薄板平对接焊	(104)
任务三 熔化极氩弧焊	(108)

案例 1	铝合金材料及焊接性能简介	(108)
案例 2	熔化极氩弧焊设备	(114)
案例 3	铝合金 V 形坡口厚板平对接焊	(126)
案例 4	铝合金 V 形坡口厚板横对接焊	(134)
案例 5	铝合金 V 形坡口厚板仰对接焊	(142)
任务四	手工钨极氩弧焊	(151)
案例 1	小管对接水平固定焊	(151)
案例 2	小管对接垂直固定障碍焊	(159)
案例 3	不锈钢薄板对接焊	(166)
案例 4	铝合金薄板平角焊	(175)
案例 5	铝合金薄板立对接焊	(182)
项目三	自动焊在焊接生产中的应用	(190)
任务一	电阻焊	(190)
案例 1	电阻焊简介	(190)
案例 2	固定式点焊机配件点焊操作	(204)
案例 3	移动式点焊机在不锈钢车体组焊中的应用	(213)
案例 4	缝焊在不锈钢顶盖波纹板焊接中的应用	(229)
任务二	机器人焊焊接	(234)
案例 1	弧焊机器人简介及示教编程 (K5)	(234)
案例 2	铝合金 5mm I 形坡口搭接垂直机器人焊	(245)
案例 3	铝合金 5mm 板 V 形坡口横对接机器人焊	(252)
案例 4	铝合金 3mm 板 V 形坡口平对接机器人焊	(261)
案例 5	铝合金 $\phi 200\text{mm}$ 管板机器人焊	(270)
案例 6	碳钢复杂工件机器人焊	(278)
任务三	搅拌摩擦焊	(290)
案例 1	搅拌摩擦焊简介	(290)
案例 2	搅拌摩擦焊在铝合金车体侧墙板上的应用	(299)
案例 3	搅拌摩擦焊在铝合金车辆空调板上的应用	(308)
案例 4	搅拌摩擦焊在铝合金车体底架地板上的应用	(317)
项目四	焊接变形	(327)
任务一	焊接变形产生的原因和种类	(327)
任务二	焊接变形的控制与矫正	(329)
任务三	焊接变形控制的工程实例	(341)
案例 1	刚性固定法控制不锈钢客室门框焊接变形	(341)

案例 2	焊接顺序法控制不锈钢车体侧墙蒙皮平面度	(345)
案例 3	反变形法控制空调平台焊接变形	(350)
项目五	焊接缺陷及检验	(356)
任务一	焊接缺陷	(356)
案例 1	焊接缺陷分类及对接头的影响	(356)
案例 2	焊接外观缺陷产生的原因及防止措施	(360)
案例 3	焊接内部缺陷产生的原因及防止措施	(366)
任务二	焊接质量检验	(375)
案例 1	焊接质量检验的过程和分类	(375)
案例 2	无损检验	(377)
案例 3	破坏性检验	(387)

项目一 焊工基本技能

任务一 焊接的基本操作技术

案例1 焊接方法的分类

培训学习目标：通过本案例学习，初步了解焊接方法的分类。

在金属结构和机械零件的制造中，经常将两个或两个以上的工件连接在一起。根据连接的特点可分为两大类：一类是临时性的连接，即不必通过毁坏零件就可以拆卸，如螺栓连接、键连接等；另一类是永久性的连接，其拆卸必须毁坏零件后才能实现，如铆接、焊接等。

焊接是通过加热或加压，或两者并用，采用或不采用填充材料，使焊件达到原子间结合的一种加工工艺方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同，焊接方法可分为：熔焊、压焊、钎焊三类。

一、熔焊

熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压完成焊接的方法。其特点是：只加热，不加压。其目的是增强原子间的动能，促进原子间的相互扩散。常用的焊条电弧焊、气体保护焊、电渣焊、电子束焊、气焊等都属于熔焊的方法。

二、压焊

压焊是在焊接过程中，不管加热与否，都必须对焊件施加一定的压力，以完成焊接的焊接方法。其特点是：必须加压，可加热或不加热。其目的是借助压力产生塑性变形，致使原子间相互扩散接近而获得牢固的挤压接头。如电阻

焊、锻焊、接触焊、冷压焊、扩散焊、搅拌摩擦焊、爆炸焊等均属于压焊的方法。

三、钎焊

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点而低于母材熔点温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接的方法。其特点是：母材不熔化，只熔化钎料，利用熔化的钎料填充母材的间隙。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊、盐浴钎焊等。

就熔焊而言，它包括：气焊、电弧焊、铝热焊、电渣焊、电子束焊、激光焊等，具体熔焊分类见图 1-1。

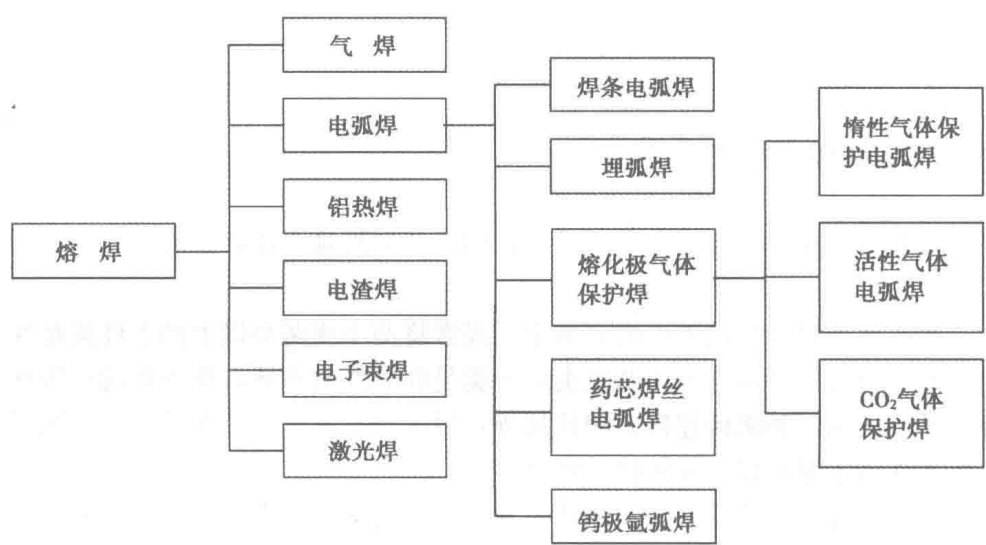


图 1-1 熔焊的分类图

目前，对于通过手工操作实现电弧焊的焊接方法主要有焊条电弧焊、CO₂气体保护焊、钨极氩弧焊等三种焊接方法。

对于这三种焊接方法，在焊接时，引弧、运条、焊缝的起头和收尾及接头是最基本的操作技术，这些操作技术的高低一是决定了焊缝是否成型美观，二是决定了焊缝的外部 and 内部产生焊接缺陷的多少，从而影响到焊缝的承载能力及其使用寿命。因此，焊缝的质量取决于焊工的操作技术，这就需要焊工掌握较高的操作技能。

下面将对这三种焊接方法就引弧、运条、焊缝的起头和收尾及接头等操作基本技术分别进行介绍。

案例 2 药皮电弧焊基本操作技术

培训学习目标：经过案例学习，对药皮电弧焊的焊接特点与操作技术有一个基本了解。

一、概述

1. 药皮电弧焊的定义

用手工操纵带药皮的焊条进行焊接的电弧焊方法叫做药皮电弧焊，亦称焊条电弧焊。

2. 焊条电弧焊的特点

①工艺灵活，适应性强，适用于各种金属材料各种厚度、各种结构形状及位置的焊接。

②对待焊接的装配要求较低。由于焊接过程中用手工操作控制电弧长度、焊条角度、焊接速度等，因此，对焊接接头的装配尺寸要求可相对降低。

③易于通过改变工艺操作来控制焊接变形和改善接头应力状况。

④焊条电弧焊设备简单，操作与维修方便。

⑤与气体保护焊、埋弧焊等焊接方法比较，生产成本较低。

⑥生产效率较低，焊工劳动强度较大。

⑦对焊工的操作技术水平要求较高。

二、引弧

药皮电弧焊时，引燃电弧的过程叫作引弧。引弧的方法有两种：一种为划擦法；另一种为直击法。见图 1-2 所示。

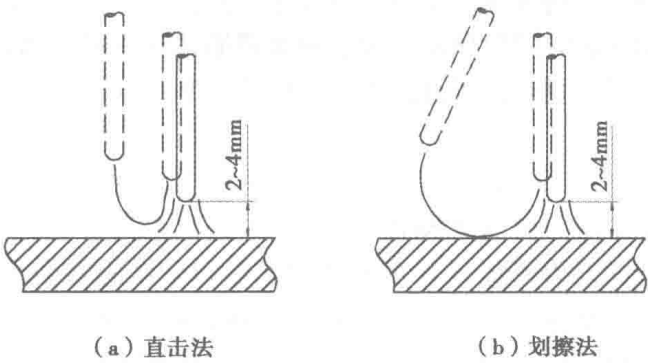


图 1-2 引弧方法

1. 划擦法

划擦法的引弧动作似划火柴，先将焊条末端对准引弧处，然后将手腕扭动一下，使焊条在引弧处轻微划擦一下，划擦的长度为 20mm 左右。划着电弧后，迅速将焊条垂直提起，使电弧保持在 2~4mm 左右。

划擦法的优点是：电弧引燃容易，操作简单，引弧效率高，比较容易掌握。缺点是：操作不当易造成焊件表面电弧擦伤缺陷，在焊接重要产品时应少用。

2. 直击法

采用直击法引弧时先将焊条末端与焊件表面垂直，对准焊缝中心起弧处，手腕往下使焊条末端轻微碰一下焊件，接触形成短路后迅速地将焊条提起 2~4mm 的距离后，电弧即引燃。

直击法的优点是：不会造成焊件表面电弧擦伤缺陷。缺点是：焊条与焊件往往要碰击几次才能使电弧引燃，引弧成功率低，操作不易掌握。

对于初学者来讲，划擦法容易掌握，但操作不当容易损坏焊件表面，产生电弧擦伤缺陷。如果在狭窄的焊接地方焊接或焊件表面不允许被电弧划伤时，就应该采用直击法引弧。

直击法对于初学者来讲。引弧时，直击力度的大小、焊条提升的高度和速度能否控制得恰到好处，是初学者需要通过反复练习手腕动作的灵活性和准确性，掌握顺利引弧的方法。

直击力度偏大容易发生焊条药皮大块脱落的现象；直击力度过轻又不易引燃电弧。焊条提升的高度偏低或提升速度较慢，易出现焊条与焊件黏在一起，造成焊接回路的短路现象；提升的高度过大和速度过快，则易出现电弧引燃又熄灭或不能引燃电弧的状况。

在引弧时，如果发现焊条黏在焊件上，不要用力直拉，产生这种焊接回路短路现象时，可将焊条左右扭摆几下，即可脱离焊件；若脱离不开，应立即将焊钳从焊条处取下，待焊条冷却后，再将焊条扳下。

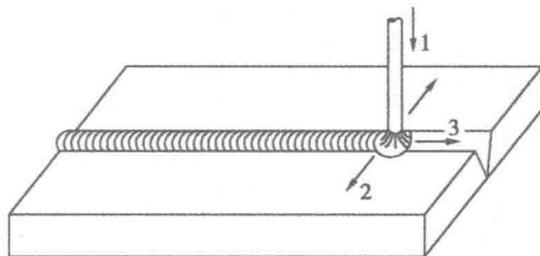
酸性焊条引弧时，可以使用划擦法引弧或直击法引弧；碱性焊条引弧时，多采用划擦法引弧，这是由于直击法引弧容易在焊缝中产生气孔缺陷。

三、运条

1. 焊条电弧焊的三个基本动作

当电弧引燃后，为了保证焊接电弧的稳定和持续的燃烧及焊缝的表面成型，焊条要做三个基本方向的运动。这三个方向的运动是：焊条不断地向焊缝熔池送进；焊条作横向摆动；沿着焊接方向逐渐移动。见图 1-3 所示。

(1) 焊条不断向焊缝熔池送进。焊接时，随着焊条持续地燃烧和熔化，焊接电弧弧长将被拉长。为了确保电弧稳定地燃烧，保证焊缝质量，电弧的长度就必须控制在一定范围值。因此，焊条应根据焊条的熔化速度向焊缝熔池匀速



1. 焊条送进；2. 焊条摆动；3. 沿焊缝方向

图 1-3 焊条三个基本方向的运动

地送进。

(2) 焊条作横向摆动。焊条作横向摆动的目的是为了获得一定宽度的焊缝，保证焊缝表面成型，降低焊缝熔池凝固时间，利于气孔和夹渣的消除，提高焊缝质量。一般焊条作横向摆动的宽度应不超过焊条直径的 5 倍。横向摆动的幅度力求均匀，以获得宽度一致的焊缝。横向摆动的速度应根据熔池的熔化情况灵活掌握。

(3) 沿着焊接方向逐渐移动。沿着焊接方向逐渐移动的速度应是均匀和适当的。焊条移动速度过快，则电弧来不及熔化足够的焊条和母材，造成焊缝熔池浅而窄，容易导致焊缝产生未焊透或未熔合等缺陷；焊条移动速度过慢，焊缝余高增大，焊缝宽度增宽，容易导致焊缝出现烧穿和焊瘤等缺陷；同时，由于焊条移动速度过慢，促使金属加热温度过高，导致焊接接头晶粒粗大，从而降低了焊接接头的力学性能。

总之，运条中的三个基本动作不能机械地分开，而是应该有规则地运动。运条的关键是应分清熔渣和钢液，控制熔池的形状与大小，才能焊出合格的焊缝尺寸。

2. 运条方法

在焊接生产实践中，焊工可以根据不同的焊接接头形式、焊接位置、装配间隙、焊条规格及焊接电流大小等因素，合理地选择各种运条方法。下面介绍几种常用的运条方法及适用范围。

(1) 直线形运条法。采用直线形运条方法焊接时，保持一定的弧长，焊条末端不做横向摆动，只沿焊接方向直线移动，见图 1-4 所示。电弧较稳定，弧长易控制，能获得较大的熔深，但熔宽较小，一般不超过焊条直径的 1.5 倍。适用于板厚 3~5mm 的 I 形坡口对接平焊、多层焊第一层和多层多道焊。



图 1-4 直线形运条法

(2) 直线往返形运条法。采用直线往返形运条方法焊接时，焊条沿接缝的焊接方向做往返线形小幅移动，大箭头表示前进方向；小箭头表示回退方向，见图 1-5 所示。这种运条方法的特点是焊接速度快、焊缝窄、散热快。适用于薄板和装配间隙较大的多层焊第一层焊缝的焊接。

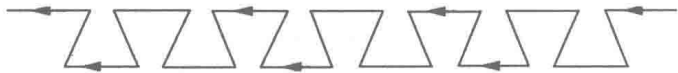


图 1-5 直线往返形运条法

(3) 锯齿形运条法。采用锯齿形运条方法焊接时，将焊条末端沿焊接方向做锯齿形连续摆动，见图 1-6 所示。焊条末端摆动到焊缝两侧时，应稍停顿片刻，停顿时间应根据实际情况而定，防止焊缝出现咬边缺陷。焊条做横向摆动的目的是为了控制熔化金属的流动和获得必要的焊缝宽度，以获得较好的焊缝成型。这种方法在实际生产中应用较广，适用于较厚钢板的平、立、仰焊位置的对接接头和立焊的 T 形接头。

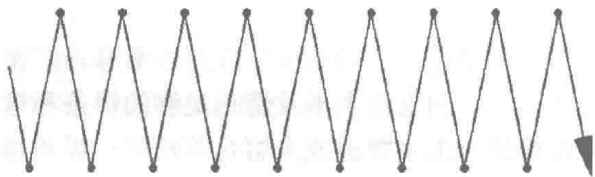


图 1-6 锯齿形运条法

(4) 月牙形运条法。月牙形运条法在生产中应用也比较广泛，采用这种运条方法焊接时，焊条末端沿焊接方向做月牙形的横向摆动，见图 1-7 所示。摆动的速度应根据焊缝位置、接头形式、焊缝宽度和焊接电流的大小来决定。焊条末端摆动到焊缝两侧时，应作稍停顿片刻，这样既能够使焊缝边缘有足够的熔深，又能防止咬边缺陷产生。月牙形运条方法保温时间较长，利于熔池中的气泡易逸出，熔渣易浮到焊缝表面上来，焊缝质量较高，但焊缝余高略高。这种方法的适用范围与锯齿形运条法基本相同。



图 1-7 月牙形运条法

(5) 三角形运条法。采用这种运条方法焊接时，焊条末端做连续的三角形运动，并不断向前移动，根据适用范围不同可分斜三角形和正三角形两种运条方法，见图 1-8 所示。

斜三角形运条法见图 1-8 (a) 所示, 适用于平焊、仰焊位置的 T 形接头焊缝和开坡口的对接横焊。其特点是能够借运条末端来控制熔化金属的流动, 使焊缝成型良好, 减少焊缝内部的气孔和夹渣缺陷, 提高焊缝内部质量。

正三角形运条法见图 1-8 (b) 所示, 适用于 T 形接头和开坡口的对接接头的立焊。其特点是一次能焊成较厚的焊缝截面, 减少焊缝内部的气孔和夹渣缺陷, 提高焊缝内部质量。

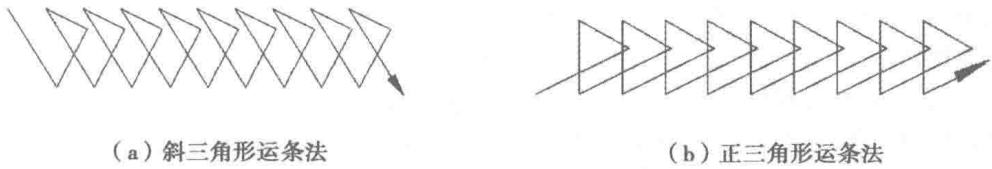


图 1-8 三角形运条法

(6) 圆图形运条法。采用这种运条方法焊接时, 焊条末端做连续的圆图形运动, 并不断向前移动。这种方法又可分正圆图形和斜圆图形两种运条方法, 见图 1-9 所示。

正圆图形运条法见图 1-9 (a) 所示, 其特点是熔池金属温度高, 保温时间长, 使熔解在熔池中的氧、氮等气体有机会逸出, 同时便于熔渣上浮。一般适用于较厚板材开坡口的对接平焊。

斜圆图形运条法见图 1-9 (b) 所示, 能有利于控制熔化金属的温度, 避免其下淌, 有助于焊缝成型。适用于平、仰焊位置的 T 形接头和对接接头的横焊焊缝的焊接。

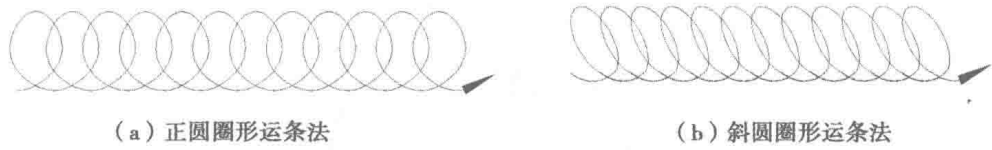


图 1-9 圆图形运条法

以上介绍的几种运条方法仅是最基本的方法。在实际生产中, 焊工根据自己的习惯及经验, 采用的运条方法也是各不相同的。所以, 上述几种运条方法仅供参考。

四、焊缝的起头、收尾及接头

1. 焊缝的起头

焊缝的起头就是指刚开始焊接的部分。在一般情况下, 这部分焊缝的余高略高些, 这是由于焊件在未焊之前温度较低, 而引弧后电弧产生的热能又不能迅速使这部分金属温度升高, 所以起点部分的熔深较浅。为减少这种现象的产