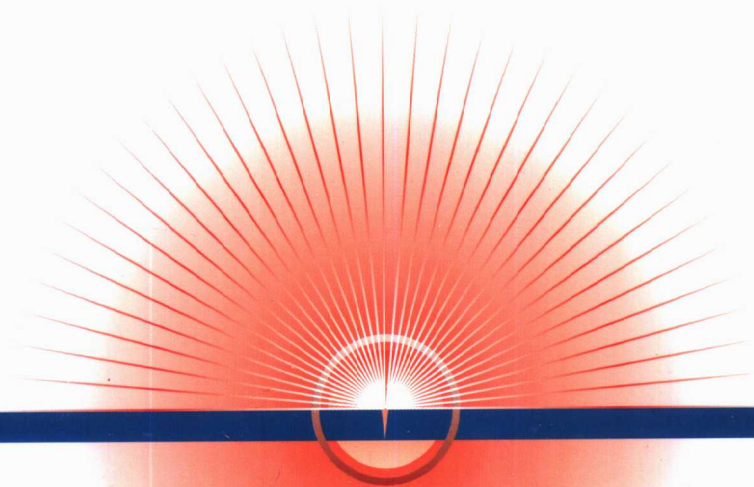


焊工培训教程

单面焊双面成形技术

邹尚利 冯玉敏 杜冬梅 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

焊工培训教程

单面焊双面成形技术

邹尚利 冯玉敏 杜冬梅 编著



机械工业出版社

本书分别介绍了不同焊接方法(焊条电弧焊、CO₂ 气体保护焊、手工钨极氩弧焊、气焊、埋弧焊)和不同材料(低碳钢、低合金钢、低合金耐热钢、不锈钢、铝镁合金)焊接的单面焊双面成形操作技术,并论述了单面焊双面成形操作中常见缺陷及其产生原因和防止措施。还介绍了一般焊工职业技能考核、锅炉压力容器焊工考核、电力行业焊工考核的基本知识。

本书通俗易懂,实用性强,可作为不同行业焊工的培训、自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

单面焊双面成形技术/邹尚利等编著. —北京:机械工业出版社, 2002.10
焊工培训教程
ISBN 7-111-10986-4

I. 单… II. 邹… III. 单面焊—技术培训—教材
IV. TG441.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 074012 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:何月秋 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1090mm¹/₃₂·12.375 印张·274 千字

0 001—4 000 册

定价:20.00 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

前 言

随着国家职业技能鉴定证书制度的实施,职业技能培训在我国逐步开始并正在走向规范化和法制化的道路。为适应形势要求,给广大焊接技术工人和焊接专业人员提供一个方便的技能培训学习途径,我们编写了《单面焊双面成形技术》一书。

本书较为系统、全面地总结了国内外焊工操作技能培训的经验和技术,由技能培训专业教师编写。全书共分十二章,分别对不同焊接方法和材料的单面焊双面成形操作技术进行了介绍,对在单面焊双面成形操作中常见缺陷的产生原因和防止措施进行了论述,并介绍了单面焊双面成形试件的常用检测方法。本书通俗易懂,实用性强,可作为不同行业焊工的学习读本。

本书由中国宣化工程机械集团有限公司焊接技术培训中心提供素材,邹尚利、冯玉敏、杜冬梅编写。河北工业大学李致焕教授给予编写指导,刘振江、刘和军老师参加了操作技能部分章节的编写工作,高级工程师范芝、赵红参加了本书的审阅工作,并提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 概述 1

- 第一节 焊条电弧焊单面焊双面成形 1
- 第二节 二氧化碳气体保护焊单面焊双面成形 10
- 第三节 手工钨极氩弧焊单面焊双面成形 20
- 第四节 氧-乙炔气焊单面焊双面成形 29
- 第五节 埋弧焊单面焊双面成形 39

第二章 低碳钢焊条电弧焊单面焊双面

成形 49

- 第一节 单面焊双面成形机理和应用 49
- 第二节 低碳钢的焊接基本知识 51
- 第三节 板对接平焊单面焊双面成形 59
- 第四节 板对接立焊单面焊双面成形 68
- 第五节 板对接横焊单面焊双面成形 76
- 第六节 板对接仰焊单面焊双面成形 83
- 第七节 小管对接垂直固定焊单面焊双面成形 88
- 第八节 小管对接水平固定焊单面焊双面成形 97
- 第九节 大管对接垂直固定焊单面焊双面成形 103
- 第十节 大管对接水平固定焊单面焊双面成形 110
- 第十一节 管板垂直俯位固定焊单面焊双面
成形 116

第十二节	管板水平固定焊单面焊双面成形	123	❖
------	----------------------	-----	---

第十三节	管板仰位固定焊单面焊双面成形	129	❖
------	----------------------	-----	---

第三章 低合金钢焊条电弧焊单面焊双面

成形	135
----------	-----

第一节	低合金钢焊接基本知识	135
-----	------------------	-----

第二节	板对接平焊单面焊双面成形	141
-----	--------------------	-----

第三节	板对接立焊单面焊双面成形	148
-----	--------------------	-----

第四节	板对接横焊单面焊双面成形	154
-----	--------------------	-----

第五节	板对接仰焊单面焊双面成形	160
-----	--------------------	-----

第六节	大管对接垂直固定焊单面焊双面成形	165
-----	------------------------	-----

第七节	大管对接水平固定焊单面焊双面成形	171
-----	------------------------	-----

第八节	骑座式管板垂直固定俯位焊单面焊双面 成形	176
-----	-------------------------------	-----

第九节	骑座式管板水平固定焊单面焊双面成形	182
-----	-------------------------	-----

第四章 低合金耐热钢焊条电弧焊单面焊双面

成形	189
----------	-----

第一节	低合金耐热钢焊接基本知识	189
-----	--------------------	-----

第二节	板对接平焊单面焊双面成形	194
-----	--------------------	-----

第三节	板对接立焊单面焊双面成形	199
-----	--------------------	-----

第四节	管对接垂直固定焊单面焊双面成形	204
-----	-----------------------	-----

第五节	管对接水平固定焊单面焊双面成形	210
-----	-----------------------	-----

第五章 奥氏体不锈钢焊条电弧焊单面焊双面

成形	216
----------	-----

❖ 第一节	奥氏体不锈钢焊接基本知识	216
❖ 第二节	板对接平焊单面焊双面成形	222
第三节	板对接立焊单面焊双面成形	227
第四节	管对接垂直固定焊单面焊双面成形	231
第五节	管对接水平固定焊单面焊双面成形	237
第六节	骑座式管板水平固定焊单面焊双面成形	242

第六章 手工钨极氩弧焊单面焊双面

成形

第一节	低碳钢板对接平焊单面焊双面成形	248
第二节	低碳钢板对接立焊单面焊双面成形	253
第三节	奥氏体不锈钢板对接平焊单面焊双面成形	257
第四节	奥氏体不锈钢管对接垂直固定焊单面焊双面成形	262
第五节	奥氏体不锈钢管对接水平固定焊单面焊双面成形	267
第六节	铝镁合金板对接平焊单面焊双面成形	272
第七节	铝镁合金管对接垂直固定焊单面焊双面成形	283
第八节	铝镁合金管对接水平固定焊单面焊双面成形	288

第七章 低合金钢半自动 CO₂ 气体保护焊

单面焊双面成形

第一节	板对接平焊单面焊双面成形	293
-----	--------------------	-----

第二节	板对接立焊单面焊双面成形	298	❖
第三节	板对接横焊单面焊双面成形	302	❖
第四节	板对接仰焊单面焊双面成形	306	
第五节	管对接垂直固定焊单面焊双面成形	310	
第六节	管对接水平固定焊单面焊双面成形	316	
第八章	埋弧焊单面焊双面成形	321	
第一节	焊剂-铜垫法埋弧焊	321	
第二节	热固化焊剂垫法埋弧焊	325	
第九章	气焊单面焊双面成形	329	
第一节	小管对接垂直固定焊单面焊双面成形	329	
第二节	小管对接水平固定焊单面焊双面成形	333	
第十章	焊接缺陷	338	
第一节	焊缝形状缺陷	338	
第二节	气孔和冷缩孔	344	
第三节	夹渣和夹钨	346	
第四节	焊接裂纹	348	
第十一章	焊接检验	351	
第一节	外观检验	351	
第二节	射线探伤	357	
第三节	破坏性检验	360	
第十二章	焊工培训考核基础知识	363	

❖	第一节	焊工职业技能鉴定	363
❖	第二节	锅炉压力容器焊工考核	372
	第三节	电力行业焊工考核	376
	参考文献		385

第一章

概 述

单面焊双面成形技术，顾名思义，即是从焊件坡口的正面进行焊接，实现正面和背面焊道同时形成致密均匀焊缝的操作工艺方法。单面焊双面成形操作过程中，不需要采取任何辅助措施，只是在坡口根部进行组装定位时，应按焊接时的不同操作手法留出不同的间隙，在坡口的正面进行焊接时，就会在坡口的正、背两面都能得到均匀整齐、成形良好、符合质量要求的焊缝。该技术不受构件形状、尺寸和空间位置的限制，操作方便，且焊接接头强度高，质量好，安全可靠。单面焊双面成形技术以其独到的优点，广泛应用于锅炉、压力容器的焊接过程中，也是在某些重要焊接结构制造过程中，既要求焊透而又无法在背面进行清根和重新焊接所必须采用的焊接技术。同时，单面焊双面成形技术也是国内外焊工技能培训和考核的重要内容之一。

为了方便广大焊工在学习当中对可实现单面焊双面成形技术的焊接方法有一个全面的了解，本章就单面焊双面成形技术有关的基础知识，按焊接方法分别作简单介绍。

第一节 焊条电弧焊单面焊双面成形

焊条电弧焊单面焊双面成形所使用的设备简单，操作方

- ❖ 便，适应于各种条件下的焊接，在我国单面焊双面成形技术
- ❖ 中占有主导地位。

一、对焊接电源的基本要求

按照所用焊接电源种类的不同，焊条电弧焊可分为直流焊条电弧焊和交流焊条电弧焊两种。选择合适的焊接电源是单面焊双面成形技术的关键，无论是直流电源，还是交流电源，都应满足下列要求。

1. 要有合适的空载电压

空载电压过低，不利于电弧的引燃，特别是在酸性焊条断弧焊当中，较高的空载电压能使电弧尽快复燃，保证整个焊接过程的稳定。所以在焊接过程中，为保证断弧焊接的频率，必须把容易引弧放在首位。

2. 要保持良好的焊机动特性

焊接过程相对稳定是保证焊缝背面成形的关键。电弧不稳定，焊接电流忽大忽小都会给坡口根部的均匀熔化及焊缝的接头带来困难。对于碱性焊条的焊接，则会出现焊接过程中飞溅增加和电弧爆炸等问题。这样不但不可能实现单面焊双面成形，还有可能形成焊缝内部的气孔、夹渣等缺陷。

所以，焊条电弧焊单面焊双面成形要求其焊接电源具有良好的动特性，这样才能获得预期有规则的熔滴过渡、稳定的电弧、较小的飞溅和良好的焊缝成形。

3. 要有较大的焊接电流调节范围

单面焊双面成形在打底焊时，要求选择的焊接电流较小，而在填充和盖面焊时所使用的焊接电流应该远远大于打底焊时的焊接电流。为了方便焊接过程中的使用，要求焊接电源应有较大的焊接电流调节范围。

二、对焊接参数的基本要求

正确地选择焊接参数是保证单面焊双面成型的基本条件。焊条电弧焊单面焊双面成型的主要焊接参数包括：焊条牌号及直径、焊接电流、电弧电压、焊接速度及焊接电源的种类、极性等。

1. 焊条牌号和直径

在焊条电弧焊中，焊条与基本金属间产生持续稳定的焊接电弧，以提供熔焊所必须的热量；同时，焊条又作为填充金属添加到焊缝中去。因此焊条对于焊接过程的稳定和焊缝力学性能的好坏，都有较大的影响。

焊条直径的大小要根据母材的厚度和焊接位置来选择。母材厚度较大时，选择的焊条直径应较大，反之，则较小。但是，作为单面焊双面成形打底焊时，因母材均留有一定的坡口钝边和一定的装配间隙，若选择的焊条直径过大，易造成烧穿，形成焊瘤等焊接缺陷，所以无论母材厚度有多大，打底焊时选择的焊条直径均不应超过 3.2mm。对于不同的焊接位置，也要选用不同直径的焊条。如平焊、立焊和横焊时，单面焊双面成形打底焊一般应选用直径为 3.2mm 的焊条，而仰焊位置采用连弧焊打底时，一般应选用直径为 2.5mm 的小直径焊条。

2. 焊接电流

焊接电流的大小主要根据母材厚度、焊条直径和空间位置来选择。母材厚度较大时，焊接电流应适当加大。焊接电流与焊条直径的关系，可根据下面的经验公式进行选择，即

$$I = Kd$$

式中 I ——焊接电流，单位为 A；

❖ d ——焊条直径，单位为 mm；

❖ K ——经验系数。

其中经验系数 K 的选择见表 1-1。

表 1-1 焊接电流经验系数的选择

焊条直径 d/mm	1~2	2~4	4~6
经验系数 K	25~30	30~40	40~60

焊接位置与焊接电流之间的关系在单面焊双面成形打底焊中尤为重要。如果选择不当，则必然会在焊接过程中产生未焊透、夹渣、烧穿和焊瘤等焊接缺陷，致使背面成形失败。根据经验，焊接位置与焊接电流之间的关系可以参考下列比例来选取：平焊、横焊选择的焊接电流值大致相同，立焊约为平焊焊接电流值的 10%~15%，仰焊焊接电流在同等直径焊条时可稍大于平焊焊接电流。

3. 电弧电压

焊条电弧焊的电弧电压主要由电弧长度来决定。电弧长，电弧电压高，电流密度减小；电弧短，电弧电压低，电流密度增大。焊接时，应力求使用短弧焊接。电弧长时，特别是在使用碱性焊条焊接时，电弧不稳定，飞溅增大，且磁偏吹现象较严重。单面焊双面成形打底焊中，采用短弧焊可以得到较小的熔池，防止背面烧穿现象的出现。

4. 焊接速度

焊接速度的快慢直接关系到焊缝背面成形的质量。焊接速度太慢，易造成烧穿，产生焊瘤；焊接速度太快，又易产生未焊透、坡口两侧未熔合等现象。保持均匀合适的焊接速度可以得到正反两面均匀美观的焊缝成形。当然，在实际焊接过程中焊接速度的快慢也要靠合理的焊条运行摆动方式来

控制。

5. 焊接电源的种类和极性

根据焊条类型、母材材质、焊接结构来选用弧焊设备。如果用酸性焊条焊接，单面焊双面成形打底焊多采用断弧焊接，一般应选择交流弧焊机。如果用碱性焊条焊接，单面焊双面成形打底焊多采用连弧焊接，一般应选择直流弧焊机。

在选用焊接电源的极性时，主要应根据焊条的性质和焊件所需的热量来决定。单面焊双面成形打底焊采用碱性焊条焊接时，一般应采用直流反极性。

三、操作技能

当焊接参数选择合理时，焊工操作技能就成为单面焊双面成形技术的关键。下面就单面焊双面成形技术中的引弧、运条等操作技能作一介绍。

1. 引弧方法

焊条电弧焊的引弧方法分为两种：一种为直击法引弧；另一种为划擦法引弧，如图 1-1a、b 所示。

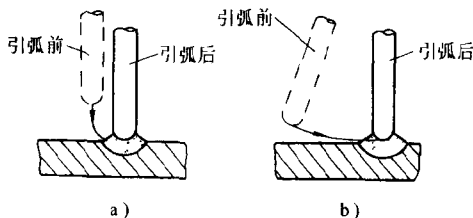


图 1-1 引弧方法

a) 直击法引弧 b) 划擦法引弧

两种引弧方法的选择主要由焊条的性质、焊条的直径和应用的场合来决定。

❖ (1) 直击法引弧 焊接时, 将焊条末端与焊件表面轻轻一击, 再迅速将焊条提起并保持一定距离, 即可引燃电弧。该方法称为直击法引弧。直击法一般多用于直径较粗的酸性焊条的焊接引弧。而碱性焊条和较小直径的酸性焊条由于药皮粘度相对较大, 引燃时不易立即形成稳定的保护气氛, 从而使焊条与焊件很容易发生粘连, 造成短路, 因此直击法引弧应用较少。

(2) 划擦法引弧 焊接时, 将焊条末端在焊件表面轻轻划擦一下, 在焊缝金属尚未大量熔化时, 将焊条末端立即拉离至焊件表面 $0.5 \sim 1$ 倍焊条直径的距离, 即可引燃电弧。该方法称为划擦法引弧。划擦法引弧由于焊条末端与焊件接触面积小, 不易发生粘连现象, 故适用于小直径的酸性焊条和碱性焊条的引弧。

2. 运条方法

为了维持电弧的稳定燃烧, 在焊接过程中焊条要做三个基本方向的运动, 即向熔池逐渐送进、沿焊接方向向前移动和垂直焊缝做横向摆动, 如图 1-2 所示。

当焊条送进速度与熔化速度不一致时, 就会发生电弧不稳定甚至电弧熄灭等现象。

焊条沿焊接方向向前移动, 使焊条熔化金属与母材熔化金属熔合形成焊缝。当焊条行走太快时, 电弧不能均匀地熔化焊条与母材金属, 从而导致产生未熔合、未焊透等缺陷;

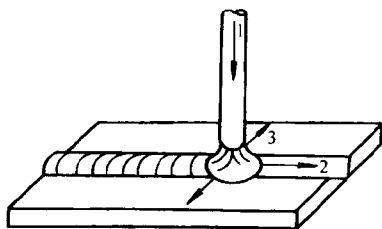


图 1-2 焊条的基本运动

1—向熔池送进 2—沿焊接方向向前移动 3—垂直焊缝做横向摆动

当焊条行走太慢时，会使熔池温度过高，从而产生烧穿、焊瘤、焊道太宽或金属堆积等现象。

焊条在运行当中做横向摆动，目的是为了获得均匀一致的焊缝成形，同时也是为了控制熔池温度，防止由于熔池温度过高而产生焊缝的烧穿现象。根据焊条横向摆动方法的不同，焊接过程中常用的运条方法有：直线往复运条方法、月牙形运条方法、斜圆圈形运条方法、三角形运条方法和锯齿形运条方法，如图 1-3 所示。

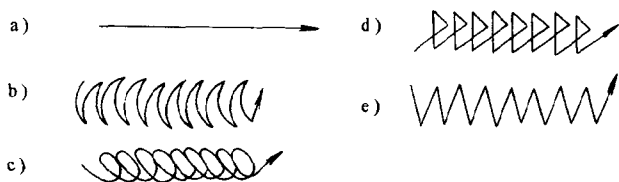


图 1-3 焊条常用的运条方法

- a) 直线往复运条法 b) 月牙形运条法 c) 斜圆圈形运条法
d) 三角形运条法 e) 锯齿形运条法

(1) 直线往复运条方法 焊条末端沿焊缝的纵向做直线形摆动，这种方法焊接速度快，焊缝成形窄，适用于间隙较窄的平焊位置的单面焊双面成形，特别适合于不锈钢的焊接，有利于在焊接过程中控制熔池温度，保证焊缝成形。

(2) 月牙形运条方法 焊条末端沿焊接方向做月牙形左右摆动，中间动作要快，两侧稍做停留。该方法可有效地控制熔池温度，并且熔池较浅，防止正、反两面咬边。月牙形运条方法是单面焊双面成形连弧焊的主要运条方法之一。

(3) 斜圆圈形运条方法 焊条末端做斜圆圈形运动并不断向前移动。该方法适用于骑座式管板仰位、板状及管状 45° 斜位或厚板横位的单面焊双面成形的打底焊。

- ❖ (4) 三角形运条方法 焊条末端向前做连续均匀的三角形运动。该方法适用于厚板的焊接。焊接根部时有利于熔渣的排除,防止夹渣等缺陷的产生。立焊单面焊双面成形有时应用此种运条方法。

(5) 锯齿形运条方法 焊条末端做锯齿形向前摆动,并在两侧稍做停留,以防止产生咬边。此种方法操作容易,应用最广泛。适用于平、立、仰位对接焊缝各层焊道的焊接。

焊条在焊接过程中三个基本方向上的动作是否协调,是焊工掌握单面焊双面成形技术的基础,也可作为衡量焊工单面焊双面成形技术水平的基准。上述运条方法在不同焊接位置、材料性质及装配间隙中的不同应用见表1-2。

表1-2 运条方法在实际中的应用

运条方法	空间位置	装配间隙/mm	材料性质
直线往复	平位	≤ 2	低合金钢、不锈钢
月牙形	平、立、仰位	$\geq 3.5 \sim \leq 5$	碳素钢、低合金钢
斜圆圈形	横位、45°横位	$\geq 2 \sim \leq 5$	碳素钢、低合金钢
三角形	仰位、横位	$\geq 2.5 \sim \leq 3.2$	碳素钢、低合金钢
锯齿形	平、立、仰位	$\geq 2.5 \sim \leq 4$	碳素钢、低合金钢

3. 焊缝的起弧、接头及收尾方法

(1) 起弧 由于起弧端温度较低,熔深较浅,易产生未焊透。酸性焊条焊接起弧时可稍将电弧拉长,对坡口根部进行预热,然后压低电弧进行正常焊接。碱性焊条则由于药皮特性对根部熔透有利,无需采用酸性焊条的起弧方式,但不要直接起弧,应在坡口前端一定距离引弧后,迅速拉回起焊端,并压低电弧进行焊接。

(2) 接头 先焊焊缝的收尾处与后焊焊缝的引弧处称为