

焊接能手

绝技绝活

精粹

湖北省职工焊接技术协会 编

HANJIE NENGSHOU
JUEJI JUEHUO JINGCUI



化学工业出版社



焊接能手

绝技绝活精粹



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接能手绝技绝活精粹/湖北省职工焊接技术协会
编. —北京: 化学工业出版社, 2010.11

ISBN 978-7-122-09552-7

I. 焊… II. 湖… III. 焊接工艺 IV. TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 188641 号

责任编辑: 周 红

责任校对: 徐贞珍

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 10 字数 276 千字

2011 年 1 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

京化广临字 2010-37 号

编 委 会

主 任 胡德芳 翟 波

编 委 (按姓氏笔画排序)

于 立 王玉松 王宝才 王海鹏

王清晋 张 辉 张殿忠 陈小艺

林 杰 林志华 罗金华 周兆乾

胡煌辉 胡德芳 贾鸿谟 郭克智

黄元龙 翟 波

编写人员

主 编 张远温 陈忠兵

副主编 刘志久 张 玮 何安平

参编人员 (劳模·技术能手)

(排名不分先后)

姓 名	工 作 单 位	荣 誉 称 号
贾鸿漠	山西省职工焊接技术协会	全国劳动模范,全国冶金系统劳动模范
陈钟盛	首都机械厂	全国劳动模范
刘忠荣	白银有色金属公司选矿厂	全国劳动模范,全国技术能手,五一劳动奖章,全国革新能手
张 玮	平顶山煤业(集团)有限责任公司	全国特级劳动模范,全国技术能手,全国十大杰出工人
王玉松	唐山松下产业机器有限公司	全国五一劳动奖章,全国技术能手
马晓东	甘肃西固热电有限责任公司	全国五一劳动奖章,全国技术能手,中央企业十大杰出青年
高俊杰	上海电力安装第一工程公司	上海五一劳动奖章,全国技术能手,国家电网公司生产技能专家
何 兵	天津津滨石化设备有限公司	天津市五一劳动奖章,天津市技术能手
林 杰	内蒙古职工焊接技术协会	内蒙古自治区劳动模范
白津生	天津市白津生焊接中心	中国科技之星
曹遂军	中国石油天然气第一建设公司	河南省劳动模范,全国技术能手,中石油焊接技能专家
陈 华	南车集团株洲电力机车有限公司	公司能工巧匠
陈春宝	锦西工业学校	辽宁省中职学校教师技能大赛金奖
陈文祥	湖北省电力建设第二工程公司	湖北五一劳动奖章,全国技术能手,国家电网公司生产技能专家
池文香	河北省东光池文香焊接学校	河北省劳动模范

续表

姓 名	工 作 单 位	荣 誉 称 号
邓同喜	山东电建二公司	
蒋应田	辽宁石油化工大学	
雷 勇	湖北省电力建设第一工程公司	湖北省五一劳动奖章,湖北省技能大师
李 生	神华亿利能源有限责任公司	内蒙古自治区岗位技术能手
李宝忠	鞍钢燃气厂	辽宁省劳动模范,全国技术能手,“三顶焊”发明人
李宪臣	辽宁石油化工大学	
林世春	中国石化集团第四建设公司	天津市基建系统能工巧匠
卢洪伟	河北兴泰发电有限公司	河北省五一奖章,华北电网公司生产技能专家
陆小斌	甘肃省冶金高级技术学院	全国冶金系统技术能手
吕永寿	太钢焊接培训中心	
彭勇军	南车株洲电力机车有限公司	湖南省技术能手
沈亚仁	湖南城建职业技术学院	湖南省建工集团焊工技能比赛第一名
孙潮强	中国化学工程第十六建设公司	
汪 涛	湖北省电力公司生产技能培训中心	
王晓光	锦西工业学校	葫芦岛市职工技能大赛状元,辽宁省中职学校技能大赛金奖
王 鑫	天津市东风油厂	
王兴平	中国石油天然气第六建设公司	中央企业技术能手,中石油焊接技能专家
王学敏	天津市东风油厂	
王影建	山西省电建四公司焊接分公司	山西省五一劳动奖章,国家电网公司生产技能专家
谢明远	冶金部鞍山热能研究所	辽宁省劳动模范,全国技术能手
杨明星	湖北省电力试验研究院	湖北技术能手,国家电网公司焊接技能专家,电力行业技术能手
张自祥	北京时代科技股份有限公司	河南省技术标兵,全国技术能手
赵 卫	南车集团株洲电力机车有限公司	南车集团技术能手,公司技术标兵

前 言

我国的焊接工人曾创造过辉煌的业绩。在早年相对简陋的条件下，完成了万吨水压机、化工高压反应器等大型装备的焊接工程。这些设备和工程，是随后我国工业和国民经济腾飞的坚实基础。

今天，我国新一代的焊接工人仍沐浴着前辈的光辉并创造着新的辉煌。神舟飞船的上天、先进超超临界火电机组的建设、世界上速度最快的高速列车的运营、三峡工程的投产、奥运鸟巢的建成等，在这些载入人类史册的工程中，焊接工人都做出了巨大贡献。

在创造这些辉煌的实践中，焊工师傅们针对现场具体情况，将娴熟的技能技法与焊接原理和焊接工艺相结合，形成了千姿百态的焊接绝技绝活。将这些绝技绝活挖掘、整理，是传承和掌握这些绝技绝活的需要，也是创造新的绝技绝活的基础。

为此，湖北省职工焊接技术协会在广泛收集焊接绝技绝活实例的基础上，组织有关人员，于2009年推出了《焊接技术能手绝技绝活》一书。该书出版后，编写人员收到了大量读者反馈的信息，既有对该书内容和编写形式的表扬与肯定，也有对不足之处的批评与建议。在读者们的支持与鼓励下，湖北省职工焊接技术协会再次牵头，完成了这本《焊接能手绝技绝活精粹》。与上一本相比，本书对每篇相关类技能技法的操作要点、使用条件和影响因素进行了归纳，使读者既掌握每类绝技绝活的共同特点，也掌握绝技绝活在不同现场条件下的具体应用。本书在强调传承焊接绝技绝活的同时，更强调其实用性，使其更具有现实的工程价值和指导作用。

随着焊接新设备、新工艺和新的焊接材料的发展，以前需要高超技能解决的问题，现在可能已变得相对简单；另一方面，随着世界制造业的迅速发展，焊接技术的应用越来越广泛，新的焊接绝技绝活也不断涌现。而本书所撷取的，仅是皓若繁星的焊接绝技绝活

中的沧海之一粟。

本书在编写过程中，得到了全国众多焊接劳动模范、技术能手的支持，许多焊接高手将自己创造的独门绝技毫不保留地贡献了出来。同时，也得到了武昌船舶重工有限责任公司、北京时代科技股份有限公司和苏州热工研究院有限公司、锦西工业学校、天津宝成机械集团有限公司、平顶山煤业（集团）有限责任公司的大力支持。本书还参考了大量专业期刊与专著，在此，一并表示感谢！

虽已尽力精耕细作，书中仍可能存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 篇 黑色金属焊条电弧焊和手工钨极氩弧焊操作技法	1
第 1 章 焊条电弧焊基本操作	1
第 2 章 手工钨极氩弧焊基本操作	11
第 3 章 焊条电弧焊操作影响因素	19
第 4 章 操作技法实例	27
1-1 锅炉受热面排管镜面焊	27
1-2 内填丝手工钨极氩弧焊操作技法	33
1-3 水平固定密排管手工 TIG 打底层焊接操作技法	36
1-4 压力管道的 TIG 摇摆焊	39
1-5 板对接仰焊单面焊双面成形操作技法	43
1-6 纤维素焊条向下立焊操作要点	47
1-7 骑坐式管板垂直和水平固定焊接操作技法	50
1-8 SA335 P91 钢焊接操作技法	58
1-9 P91 钢大径管水平固定焊接操作方法	63
1-10 换热器内凹式管头的焊接	65
1-11 凝汽器不锈钢管板手工钨极氩弧焊操作技法	68
1-12 细径薄壁不锈钢管的氩弧焊焊接	73
1-13 不锈钢复合钢板的焊接要点与技巧	75
1-14 GMAW 实心焊丝焊接 1Cr18Ni9Ti 板的操作要点	80
1-15 焊接缺陷试样的制备	84
1-16 被磁化管道的焊接	88
第 2 篇 黑色金属熔化极气体保护焊操作技法	91
第 1 章 CO₂ 气体保护焊操作技法	92
第 2 章 熔化极惰性气体保护焊操作技法	107
第 3 章 操作技法实例	116
2-1 实心焊丝 CO ₂ 垂直固定焊未熔合的产生原因及处理	116
2-2 不锈钢板药芯焊丝 CO ₂ 气保焊对接立焊操作技法	118

2-3	GMAW/GTAW 焊接保护气体的选择	121
2-4	薄板对接高速自动焊的改进及其在集装箱制造中的应用	124
2-5	铁素体不锈钢的脉冲电流熔化极气体保护焊	127
2-6	弧焊机器人高速焊接工艺的改进	129
2-7	焊接机械手在异形梁上的应用	130
第 3 篇	有色金属焊接操作技法	134
第 1 章	铝及铝合金熔化焊接操作技法	134
第 2 章	镁及镁合金的熔化焊接	153
第 3 章	铜及铜合金的焊接	166
第 4 章	操作技法实例	174
3-1	铝及铝合金水平固定管焊接操作技法	174
3-2	铝合金车体门角的焊接难点及解决方法	176
3-3	交流 TIG 双人双枪共熔池对弧焊接铝及铝合金	179
3-4	铝合金车体支座塞块焊接裂纹的消除	181
3-5	自行车 AZ61A 镁合金的 TIG 焊	183
3-6	工业纯钛管道的焊接和返修工艺及操作技法	188
3-7	电站烟囱内筒钦-钢复合板的焊接	193
3-8	锆材的焊接技术与操作技法	196
3-9	焊机并联焊接大截面金属镍棒	204
3-10	镀层板材的 MIG 电弧钎焊	207
第 4 篇	焊接带压堵漏技法	209
第 1 章	分段逆向焊接法堵漏	210
第 2 章	引流焊接法堵漏	220
第 3 章	带压焊接堵漏安全注意事项	225
第 4 章	焊接带压堵漏实例	227
4-1	焊接堵漏方法的选择和应用	227
4-2	中径水管横向断裂焊接带压堵漏	229
4-3	易燃易爆介质泄漏的焊接堵漏实例	233
4-4	变压器油箱的带压堵漏	234
第 5 篇	焊接修复技术	239
第 1 章	焊条电弧焊修复	239
第 2 章	气焊修复	243
第 3 章	埋弧堆焊修复	250

第4章 金属喷涂修复	252
第5章 修复方法的比较与选择	257
第6章 焊接修复实例	261
5-1 用“焊条刮研法”修复铸铁腔孔	261
5-2 加热减应补焊法及实例	262
5-3 铸铁铸钢件冷焊焊接防裂技巧	267
5-4 用低氢型普通低合金钢焊条冷焊铸铁	269
5-5 维修专用焊条在高铬铸铁叶轮补焊中的应用	271
5-6 电站加热器管束泄漏的修复	274
5-7 汽轮机叶片的焊接	278
5-8 液压缸体裂纹的焊接修复	279
5-9 轴瓦的气焊修复	281
5-10 电厂轴瓦磨损后的补焊	284
5-11 大型立车主轴与托盘的不预热焊接	285
5-12 电弧切割混凝土操作工艺	287
5-13 电厂汽轮机高压螺栓取出办法	289
5-14 钢结构变形的火焰矫正	289
参考文献	305

第 1 篇

黑色金属焊条电弧焊和手工 钨极氩弧焊操作技法

焊条电弧焊和手工钨极氩弧焊是黑色金属焊接时常用的两种焊接方法。这两种焊接方法设备简单,操作灵活,使用方便,适应性强,因此在生产中得到了广泛的应用。但是这两种方法焊接时,电弧靠手工维持,填充材料靠手工送进,因此接头质量稳定性差,操作者的技能对焊接质量影响大。

虽然这两种焊接方法操作技能差别很大,但基本的操作均包括引弧-运条-接头-收弧 4 个环节。而每个环节包含着不同的技能技法。娴熟的技能技法与焊接原理和焊接工艺相结合后针对现场具体情况的灵活应用,便形成了千姿百态的所谓焊接绝技绝活。

掌握焊条电弧焊和手工钨极氩弧焊不同环节中不同技法的操作要点、使用条件和影响因素,是全面掌握和巧妙应用绝技绝活的前提,也是在实践中创造新的绝技绝活的基础。

第 1 章 焊条电弧焊基本操作

1 引弧

电弧焊开始时,引燃焊接电弧的过程称为引弧。焊条电弧焊引弧方式分两种:直击引弧法和划擦引弧法,如图 1-1 所示。这两种方式均属于接触引弧,即先使焊条与焊件接触形成短路,再拉开焊条引燃电弧。

① 直击引弧法 在始焊处,焊条垂直于焊件接触碰击,形成

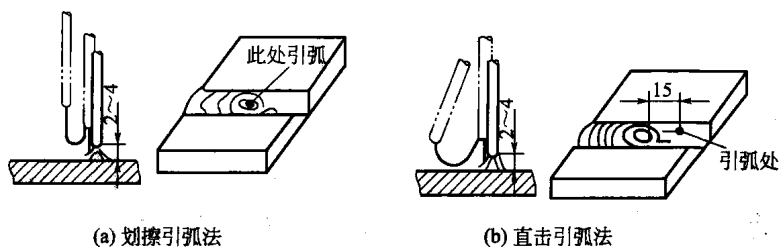


图 1-1 焊条电弧焊引弧方法

短路后迅速提起焊条 $2\sim 4\text{mm}$ 的距离后电弧即引燃。当焊接工作面狭小，或者焊接淬硬倾向较大的钢材时，可采用直击引弧。直击引弧点应在熔池端部一侧坡口上。碰击时不要用力过猛，以免焊条药皮脱落，同时要掌握好焊条离开焊件时的速度和与焊件保持的距离。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。

② 划擦引弧法 与划火柴动作类似，先将焊条末端对准焊件，然后将焊条在焊件表面划擦一下，当电弧引燃后在金属还没有开始大量熔化的一瞬间，立即使焊条末端与被焊表面的距离维持在 $2\sim 4\text{mm}$ ，使电弧稳定燃烧。划擦引弧法动作易掌握，不受焊条端部状况的限制。但划擦引弧法易在焊件表面形成电弧擦伤，所以必须在焊缝前方的坡口内划擦引弧，划擦长度以 $20\sim 25\text{mm}$ 为宜。

直击引弧和划擦引弧均采用回焊法，即引弧点选在离焊缝起点 $10\sim 20\text{mm}$ 的待焊位置上，电弧引燃后适当拉长并迅速移至焊缝起点处，再沿焊接方向进行正常焊接。焊缝衔接时，引弧点则应选在前道焊缝的弧坑前方 $10\sim 20\text{mm}$ 处，电弧引燃后移至弧坑处，待填满弧坑后再继续向前焊接。回焊法的目的是利用电弧重熔，消除引弧点可能存在的裂纹、气孔等缺陷，同时通过对焊缝处的预热作用，保证焊缝始端形状良好。重要的结构焊接时往往需增加引弧板。

引弧时，如果发生焊条和焊件粘在一起时，只要将焊条左右摆动几下，就可脱离焊件，如果这时还不能脱离焊件，就应立即将焊

钳放松，使焊接回路断开，待焊条稍冷后再拆下。如果焊条粘住焊件的时间过长，则可能因过大的短路电流使电焊机烧坏。所以引弧时，手腕动作必须灵活、准确。

2 运条

焊接过程中，焊条相对焊缝所进行的各种运动叫做运条。运条是焊接过程中最重要的环节，它直接影响接头的外表成形、内在质量和焊接生产效率。

① 获得良好的焊缝成形与接头质量。根据焊缝的位置及要求，合理控制电弧对各部分的加热程度，得到并维持合理的熔池形状，从而获得良好的焊缝成形和接头质量。如在进行横焊、立焊、仰焊时，横向摆动焊条可以使熔池有冷却的机会，不致使液体金属下淌形成焊瘤；当被焊金属对焊接热输入比较敏感时，可以减小焊条摆动或不摆动，以保证焊接接头性能要求。

② 减少焊接气孔和夹渣。通过摆动焊条，搅拌熔池，使熔渣浮起，排出液体金属中的气体及氧化物杂质，减小和防止产生气孔及夹渣。

③ 合理分配焊层焊道，提高焊缝质量与焊接效率。根据焊件规格、坡口形式，通过摆动宽度、填充厚度，合理分配焊层焊道，避免形成焊接死角等。合理的焊条摆动也能有效提高焊接效率。如焊条沿焊缝直线前进而不做横向摆动，焊缝宽度仅为焊条直径的2~2.5倍；如焊条进行适当的横向摆动，焊缝宽度可达焊条直径的3~5倍。

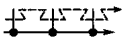
焊条电弧焊运条可以分解成如下三个方向的运动。

① 轴向送进 焊条向下沿其轴线方向运动。随着焊条不断熔化，为保持一定的弧长，焊条轴向送进速度应与焊条熔化速度相等，否则，会引起弧长变化，电弧电压变化，从而影响焊缝的熔深和熔宽。

② 纵向平移 焊接时焊条沿焊缝方向的移动。若焊条纵向平移速度太慢，则焊道会过高、过宽、外形不整齐，焊接薄板时还会发生烧穿现象；若焊条的移动速度太快，则焊条与焊件会熔化不均匀，焊道较窄，甚至发生未焊透现象。

③ 横向摆动 焊条沿垂直焊缝中心线方向的运动。焊条横向摆动不仅可以增加焊缝宽度，而且可以控制电弧对工件各部位的加热程度，利于熔渣和气体的浮出，获得满意的焊缝成形。

表 1-1 焊条电弧焊纵向平移与横向摆动结合的运条方式及适用范围

运条方式	运条示意图	特 点	适用场合
直线运条		电弧稳定，成形好，熔深大，熔宽小	用于 3~5mm 板 I 形坡口对接焊；需要控制焊接热输入时
直线往复运条		焊速快，散热快，焊缝浅而窄	用于 3mm 以下的薄板焊接及间隙较大的多层焊的第一层打底焊
锯齿形运条		运动到边缘稍停，以控制熔化金属的流动，得到需要的焊缝宽度，防止咬边，获得良好的焊缝成形	易掌握，适宜各种焊接位置，生产中应用广泛
月牙形运条 ① 正月牙形 ② 反月牙形	 	焊条的末端沿着焊接方向做月牙形的左右摆动，同时在接头两边稍停，使焊缝边缘有足够的熔深，防止咬边。摆动的速度根据焊缝的位置、接头形式、焊缝宽度和焊接电流值决定。得到的焊缝金属熔化良好，熔池保温时间长，气体容易析出，熔渣也易于浮到焊缝表面，焊缝质量较高，但焊缝余高较高	用于要求高的中厚板对接焊缝和角焊缝
三角形运条 ① 斜三角形 ② 正三角形	 	借助焊条摆动，能控制金属熔化状况，减少夹渣和气孔，获得良好焊缝，能一次焊出较厚的焊缝	用于平焊、仰焊和填角焊 用于有坡口的立焊和填角焊
圆圆形运条 ① 斜圆圈 ② 正圆圈	 	借助于焊条不断画圆运动，控制熔化金属不下淌，熔池存在时间长，熔池金属温度高，有利于溶解在熔池中气体的析出和熔渣上浮	用于平焊、仰焊和填角焊、横焊 用于厚件平焊
8 字形运条		焊缝边缘加热充分，熔化均匀，焊透性好，可控制两边停留时间，调节热量分布	用于开坡口的厚件对接焊和不等厚度件的对接焊

焊接时三个基本运动必须配合得当，以保证焊接电弧长度稳定、焊速适当而均匀、摆幅前后一致，才能得到外观与尺寸合格的焊缝。

运条的方法很多，选用时应根据焊件材质与规格、接头的形式、装配间隙、焊缝的空间位置、焊条直径与性能、焊接电流等综合决定。表 1-1 为焊条电弧焊纵向平移与横向摆动结合的常用运条方法及适用范围。

3 衔接

后焊焊缝与先焊焊缝的连接处称为焊缝的接头。焊条电弧焊时，由于受到焊条长度的限制或焊接位置的限制，焊接过程中需要停顿，因此就产生了焊缝的接头。如果操作不当，焊缝衔接处极易产生气孔、夹渣等内部缺陷及过高、脱节、宽窄不一致等成形不良缺陷。根据前后焊缝的相对方向，焊缝的衔接有四种形式，如图 1-2 所示。

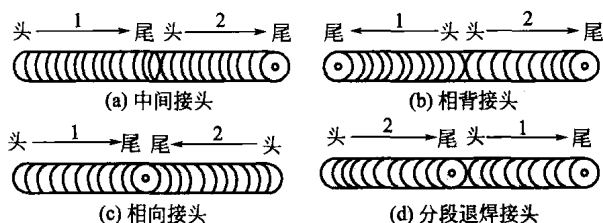


图 1-2 焊接衔接的四种形式

1—先焊焊缝；2—后焊焊缝

① 中间接头 后焊焊缝从先焊焊缝收弧处开始焊接。一般在先焊焊缝弧坑前 10mm 左右引燃电弧，电弧长度比正常焊接时略长，以预热连接处，然后回移到弧坑，压低电弧，稍作摆动，待填满弧坑后转入正常焊接向前移动。换焊条的动作要快，不要使弧坑过分冷却，因为在热态衔接，可以使衔接处外形美观。这种接头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。高超的操作技能几乎看不出接头。

② 相背接头 两段焊缝的起头处接在一起。要求先焊焊缝起头稍低，后焊焊缝在先焊焊缝起头处前 10mm 左右起弧，然后稍

拉长电弧，并将电弧移至衔接处，覆盖住先焊焊缝的端部，待熔合好再向焊接方向移动。在焊前段焊缝时，起焊处焊条要移动快些，使焊缝的起焊处略低一些。为使衔接处平整，必要时可将先焊焊缝的起头处用手动砂轮磨成斜面。

③ 相向接头 两段焊缝的收弧处接在一起。当后焊焊缝焊到先焊焊缝的收弧处时，应降低焊接速度，将先焊焊缝的弧坑填满后，以较快的速度向前焊一段，然后熄弧。这种衔接同样要求前段焊缝起焊处略低些，使衔接处焊缝高低一致、宽窄均匀。若先焊焊缝收弧处焊缝太高，为了保证衔接处平整，可预先将焊缝收弧处打磨成斜面。

④ 分段退焊接头 后焊焊缝的收弧与先焊焊缝起头处连接。要求先焊焊缝起头处较低，最好呈斜面，后焊焊缝焊至先焊焊缝始端时，改变焊条角度，将前倾改为后倾，使焊条指向先焊焊缝的始端。拉长电弧，待形成熔池后，再压低电弧并往返移动，最后返回至原来的熔池收弧处。

4 收弧

一根焊条或一段焊缝焊接结束时，如果直接熄灭电弧，在收尾处容易产生弧坑裂纹、气孔等缺陷，也为后道焊缝的衔接增加困难。为了防止这些缺陷，必须采取合理的收弧方法。焊条电弧焊常用的收弧方法有如下几种。

① 回焊收弧法 当焊条移至焊缝终止位置时，电弧稍作停留，改变焊接角度，并向与焊接方向相反的方向回焊很小一段后再拉断电弧。这种方法适合于采用低氢型焊条收尾时的情况。

② 划圈收弧法 当焊条移至焊缝终止位置时，焊条沿弧坑进行圆圈运动，直到熔化的金属填满弧坑再熄灭电弧。此法适合于厚板收弧。

③ 转移收弧法 焊条移至焊缝终点时，在弧坑处稍作停留，将电弧慢慢抬高，引到焊缝边缘的母材坡口内，这时熔池会逐渐缩小，凝固后一般不再出现缺陷。适用于换焊条或临时停弧时的收弧。

④ 重复燃弧-熄弧法 当焊条移至焊缝终止位置时，在弧坑