



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

焊接技能强化实训

● 程绪文 主编



化学工业出版社
教材出版中心



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

焊接技能强化实训

主 编 程绪文
责任主审 崔占全
审 稿 张静洪 付瑞东

化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能强化实训/程绪文主编. —北京:化学工业出版社, 2002.6
中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-5025-3895-X

I. 焊… II. 程… 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 041270 号

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

焊接技能强化实训

主 编 程绪文
责任主审 崔占全
审 稿 张静洪 付瑞东
责任编辑: 张建茹
责任校对: 李 丽 张秋景
封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张 9½ 字数 224 千字

2002 年 7 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3895-X/G·1049

定 价: 12.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

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

本书是根据教育部审定的中等职业学校焊接专业《焊接技能强化实训教学大纲》(试行)并结合中等职业学校现行培养目标编写而成的。本书由全国中等职业教育教材审定委员会审定的国家规划教材。全书共四部分,包括:焊条电弧焊、埋弧焊、二氧化碳气体保护焊和氩弧焊。实训时间为4周。

本书在编写过程中始终贯彻以培养实践能力为主的指导思想,遵循专业理论为专业技能服务的基本原则,根据中等职业教育的特点,适当降低理论深度,强化技能训练,既注重基本技能的训练,更注重专业技能的训练,技能训练力求具有针对性、典型性和实用性,以便达到提高学生的职业素质、增强就业能力,适应人才市场需求的目的。

在结构体系上本书采用模块教学的方式,按焊接工艺方法列课题,每种工艺方法又分为基础理论模块和技能训练模块。内容由浅入深,以便各校根据教学要求选取不同的内容和训练习题。

本书由淮南工业学院职业技术学院程绪文担任主编并编写第一部分,由淮南工业学院职业技术学院于宗保担任副主编并编写第三部分,由广西石化高级技工学校黄海编写第二部分,由湖南岳阳工业技术学院方军南编写第四部分,由江苏常州化工学校陈保国担任主审。在编写过程中得到了上述单位领导的大力支持,并得到淮南工业学院职业技术学院李旭辉、叶琦、毕可张的大力帮助,在此一并表示感谢。

将焊接实训与职业技能鉴定考核相结合,这在中等职业学校教材建设中是一种尝试与探索。由于时间仓促,缺乏经验,不足之处及错误在所难免,恳切希望使用本书的广大师生提出宝贵意见和建议。

编 者

2002年2月

内 容 提 要

本书根据教育部审定的中等职业学校焊接专业《焊接技能强化实训教学大纲》（试行）并结合中等职业学校现行培养目标编写而成。

全书内容包括：焊条电弧焊、埋弧焊、二氧化碳气体保护焊和氩弧焊四个部分。每部分后均附有复习思考题，实训时间为4周。

本书突出专业技能的训练，并参照《中华人民共和国职业技能鉴定规范——电焊工》中对初级工、中级工的技能要求安排技能训练内容，使技能训练与职业技能考核鉴定相结合。

本书可作为中等职业学校焊接专业（3年制）的实训教材，也可供焊工、从事焊工培训的人员及其他工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
第一部分 焊条电弧焊	2
一、基本知识	2
(一) 焊条电弧焊的特点和使用范围	2
(二) 焊条电弧焊的基本操作技能	5
(三) 焊接参数的选用和使用原则	9
(四) 焊接材料的选用和使用原则	10
(五) 焊接缺陷的产生原因及防止措施	11
(六) 典型焊接结构的焊接顺序	16
二、技能训练	20
(一) 焊条的正确使用和保管	20
(二) 焊条的工艺性能试验	21
(三) 焊接缺陷与外观检查	23
(四) 焊接设备的维护与故障排除	24
(五) 安全与防护	26
(六) 基本操作技能训练	27
练习一 薄板的对接横焊	27
练习二 中厚板的对接横焊	29
练习三 骑座式管板垂直俯位焊	33
练习四 大直径管对接垂直固定焊	36
练习五 中厚板的对接立焊	38
练习六 骑座式管板水平固定焊	42
复习思考题	45
第二部分 埋弧焊	46
一、基本知识	46
(一) 埋弧焊的特点及使用范围	46
(二) 埋弧焊的基本操作技能	48
(三) 埋弧焊焊接参数的选用和使用原则	53
(四) 埋弧焊焊接材料的选用和使用原则	56
(五) 常见缺陷的产生原因及防止措施	58
二、技能训练	62
(一) 焊剂的正确使用和保管	62
(二) 焊丝的正确使用和保管	63
(三) 焊剂与焊丝的工艺性能试验	63
(四) 焊接设备的维护与故障排除	64

(五) 安全与防护	66
(六) 基本操作技能训练	66
练习一 中厚板的板—板对接平焊位置双面焊	66
练习二 厚板的板—板对接平焊位置双面焊	69
复习思考题	71
第三部分 二氧化碳气体保护焊	73
一、基本知识	73
(一) 二氧化碳气体保护焊的特点及使用范围	73
(二) 二氧化碳气体保护焊的基本操作技术	77
(三) 焊接参数的选用和使用原则	81
(四) 焊接材料的选用和使用原则	83
(五) 常见缺陷的产生原因及防止措施	85
二、技能训练	87
(一) 焊接材料的正确使用和保管	87
(二) 焊接设备的维护及故障排除	88
(三) 安全与防护	88
(四) 基本操作技能训练	90
练习一 中厚板的对接平焊	90
练习二 插入式管板垂直俯位焊	93
练习三 中厚板的对接横焊	95
练习四 大直径管对接垂直固定焊	97
练习五 中厚板的对接立焊	100
复习思考题	102
第四部分 氩弧焊	103
一、基本知识	103
(一) 氩弧焊的特点和使用范围	103
(二) 氩弧焊基本操作技能	105
(三) 氩弧焊焊接参数的选用和使用原则	110
(四) 氩弧焊焊接材料的选用和使用原则	112
(五) 常见缺陷的产生原因及防止措施	113
二、技能训练	116
(一) 钨极的正确使用和保管	116
(二) 焊接设备的维护及故障排除	116
(三) 安全与防护	117
(四) 基本操作技能训练	118
练习一 薄板的对接平焊	118
练习二 插入式管板垂直俯位焊	121
练习三 薄板的对接立焊	124
练习四 小直径管对接垂直固定焊	126
复习思考题	129

附录 1 中华人民共和国职业技能鉴定规范——电焊工	130
附录 2 常用焊接术语 (摘自 GB/T 3375—94)	136
参考文献	141

绪 论

《焊接技能强化实训》是中等职业学校焊接专业的一门主干专业课程。其任务是通过实际操作训练,使学生具备焊接生产的基本操作技能,初步形成解决实际问题的能力,为今后从事焊接专业工作打下基础。

《焊接技能强化实训》是在学生学过《金属熔化焊基础》、《焊接工艺》、《焊接结构生产》等专业课,并进行过焊条电弧焊实训之后进行。通过焊条电弧焊、埋弧焊、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊的基本操作技能训练,进一步提高学生的焊接技能水平,拓宽学生的专业知识面,使学生的焊接技能得到巩固、强化,提高了专业素质和综合素质。

《焊接技能强化实训》课程的教学特点和教学目标是:以现场实际操作为主,通过大量实例练习题训练,使学生进一步掌握焊条电弧焊的基本操作技能并通过中级工考核;初步掌握埋弧焊、二氧化碳气体保护焊和氩弧焊的基本操作技能;能正确使用常用的焊接设备及工具、量具,并能排除一般的故障;能采取有效措施防止焊接缺陷的产生,合理安排一般焊接结构的焊接顺序;能遵守焊接生产的安全操作规程,为学习后续课程及综合实训打下牢固的基础。

焊接技术在我国具有悠久的历史。据考证远在战国时期,人们已利用钎焊方法来连接铜器。据记载,春秋战国时期,我们的祖先已经懂得用黄泥做助熔剂,用加热锻打的方法把两块金属连接在一起。到公元7世纪唐代时,已应用锡焊和银焊来进行焊接,约比欧洲早一千多年。

然而,目前工业生产中广泛应用的焊接方法却是19世纪末和20世纪初现代科学技术发展的产物。1885年发明了碳极电弧焊,随后出现了金属极电弧焊。20世纪初,出现了用氢氧焰作热源的气焊,后来由于电石的研究成功,又出现了氧乙炔气焊。1930年发明了涂药焊条电弧焊方法,并在此基础上发明了埋弧焊,从此电弧焊在工业生产中得到了广泛的应用。之后又相继出现了电渣焊、二氧化碳气体保护焊、超声波焊、电子束焊、等离子弧焊和激光焊等焊接方法。

随着科学技术的飞速发展,焊接技术的广泛应用,对焊接质量和生产率的要求日益提高,从而促进了焊接生产的机械化和自动化。目前,除了一些机械化程度较高的专用机械和专业生产线外,很多发达国家都建成了带程序控制的自动焊接生产线。有些工业部门,如汽车制造、水下工程和核电站的维修等,已采用了电子计算机控制的焊接机器人或遥控全位置焊接机。我们相信,随着现代科学的进步,焊接技术必将得到更迅速的发展,并在工业生产和科学研究中发挥出更重要的作用。

《焊接技能强化实训》是一门实践性很强的课程,训练过程中应注意与其他课程和其他教学环节(如课程设计等)的联系与配合,特别注意理论与实践的结合,以培养自己分析问题、解决问题的能力,提高操作技能水平。必须通过实际操作、练习去理解,掌握有关的基本知识和基本技能。在知识与技能间,掌握技能更为重要。讲授的主要目的是为了更有效的培养技能。只有勤于动手、善于思考,充分重视基本技能训练,注意分析工艺问题,才能获得更好的训练效果。

第一部分 焊条电弧焊



目的和要求

- ① 掌握焊条电弧焊的特点和使用范围。
- ② 理解焊条直径、焊接电流、电弧电压等焊接参数的选用原则，并能根据焊件厚度、焊条直径、接头类型、焊接位置等选择相应的焊接参数。
- ③ 理解焊条的选用原则，并能根据焊件力学性能和化学成分、使用性能和工作条件等选择焊条的种类及型号。
- ④ 理解焊接缺陷的种类、产生原因及防止措施，能对焊接质量进行初步评判。
- ⑤ 理解合理选择焊接顺序的重要性，并能确定典型焊接结构的焊接顺序。
- ⑥ 熟练掌握焊条电弧焊的基本操作技能，并能独立进行中厚板的对接横焊、骑座式管板垂直俯位焊、大直径管对接垂直固定焊的焊接，并达到相应的考核要求。

一、基本知识

(一) 焊条电弧焊的特点和使用范围

1. 焊接过程

焊条电弧焊是用手操纵焊条进行焊接的电弧焊方法，是最常用的熔焊方法之一。

焊接前，将焊钳与焊件通过导线分别接到电焊机输出端两极，并用焊钳夹持焊条。

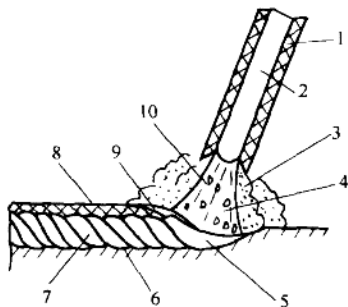


图 1-1 焊条电弧焊的焊

接过程示意图

- 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

焊接时，先将焊条与焊件瞬时接触，然后迅速提起焊条，使焊条与焊件之间保持约 2~4mm 的距离，电弧便被引燃。电弧热将焊件接头处金属和焊芯熔化形成金属熔池，焊条药皮熔化后产生的气体和熔渣，将熔池和电弧周围的空气隔绝，起保护熔池的作用。随着焊条沿焊接方向向前运条，新的熔池不断产生，原先的熔池则不断冷却凝固，将分离的焊件连成整体。焊接结束后，敲去渣壳，便露出波纹状的焊缝，焊条电弧焊的焊接过程如图 1-1 所示。

2. 焊接电弧

(1) 焊接电弧的产生 焊条电弧焊的电弧引燃，首先需要将焊条与焊件相互接触形成短路，这时接触部分的电阻和通过的电流密度很大，产生大量的电阻热。瞬间大量的电流从熔化金属的细颈部分通过，电流密度和电阻热突然增大，两极之间的空气强烈受热产生热电离，使中性原子变成带电离子和电子，同时被加热的阴极上有高速电子飞出（热发射电子），撞击空气中的分子和原子，使空气产生了碰撞电离，产生了阳离子、阴离子和自由电子。在电场的作用下，带电粒子按一定方向移动。阳离子移向阴极并与阴极碰撞，阴离子和自由电子移向阳极并与阳极碰撞，碰撞结果更加速了电子的发射，最终使两极间的空气剧烈电离而产生电弧。所以说焊接电弧就是由焊接电源供给的，具有一定电压的两电极间或

电极与焊件间，在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象。

为了便于焊条电弧焊的引弧，要求焊接电源的空载电压高一些，同时也要求在焊条药皮中加入易电离物质，如钾、钠、钙及钛等金属元素。

(2) 焊接电弧的组成与极性选择 焊接电弧是由阴极区、弧柱区和阳极区三部分组成，见图 1-2。阴极区是电弧的重要部分，电子就是从阴极发射的，阴极发射出电子要消耗掉部分能量，所以阴极温度较低。弧柱区主要是阳离子和自由电子的混合物，同时也有阴离子和中性微粒，由于弧柱区是电子和离子移动最频繁的地方，所以温度最高。但大部分热量被辐射掉，所以焊接时应尽量压低电弧，使能量得到充分利用。阳极区表面受高速电子的撞击，传给较大的能量，所以阳极区的表面温度略高于阴极区。

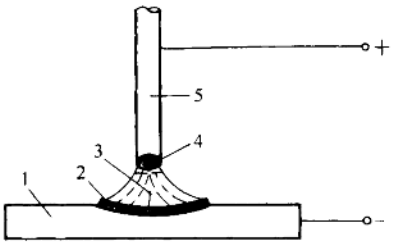


图 1-2 焊接电弧的组成
1—焊件；2—阴极区；3—弧柱区；
4—阳极区；5—焊条

焊条电弧焊使用直流弧焊电源时，焊件接电源正极为直流正接；焊件接电源负极为直流反接。由于阴极区和阳极区的温度不一样，可根据焊件的厚度、材质和焊条的性能来选择正接法和反接法。如果采用交流弧焊电源施焊，阴、阳两极是交替变换的，所以两极区的温度几乎是相同的。

(3) 焊接电弧的静特性 焊接电弧是通过两极间的气体电离来导电的，电弧同样也是负载电阻，同样可在电流、电压图中用曲线表示。在电极材料、气体介质和电弧长度一定的情况下，电弧稳定地燃烧，焊接电流与电弧电压之间的关系叫做电弧的静特性，见图 1-3。焊条电弧焊一般选用静特性曲线的 bc 段，熔化极气体保护焊一般选用 cd 段。静特性曲线是随着电弧长度的变化而变化的，当电弧拉长时，静特性曲线上移，电弧电压升高；当电弧变短时，静特性曲线下移，电弧电压降低，见图 1-4。

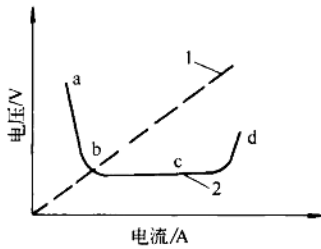


图 1-3 电弧的静特性曲线
1—普通电阻静特性曲线；
2—电弧静特性曲线

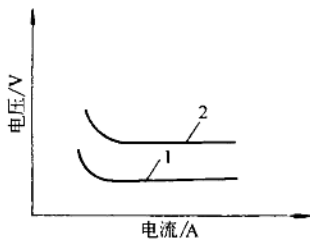


图 1-4 电弧静特性
曲线随弧长的变化
1—电弧较短时；2—电弧较长时

焊条电弧焊时，为了满足电弧静特性的要求，达到焊接电弧由引弧到稳定燃烧的目的，必须使用具有下降外特性的弧焊电源。这是因为在焊接过程中由于焊工的手法不稳定或焊件组装出现误差等原因，难免引起电弧长度发生变化，见图 1-5。当电弧长度为 l_1 时，其燃点为 A，当电弧长度增加到 l_2 时，则燃点移到 B 点， $l_2 > l_1$ ，电弧电压升高，但焊接电流的变化 ΔI 很小，所以焊接过程可正常进行。

(4) 焊接电弧的偏吹 在正常情况下焊接时，电弧和焊条在一条轴线上。当焊条倾斜

时，电弧轴线也会随着焊条的轴线倾斜，见图 1-6。但在焊接过程中，因气流的干扰、磁场的作用或焊条偏心等影响，会出现使电弧中心偏离电极轴线的现象，这种现象称为电弧偏吹。

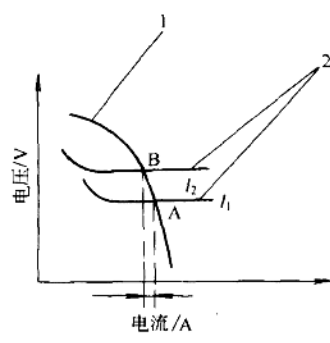


图 1-5 焊接电源外特性与
电弧静特性的关系

1—电源外特性曲线；2—电弧静特性曲线

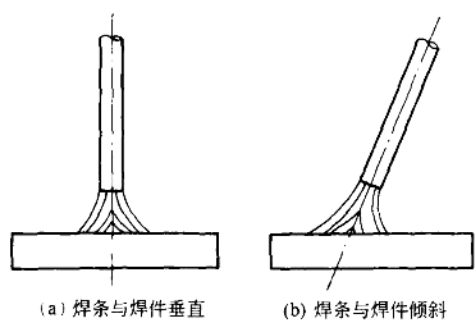


图 1-6 正常情况下的焊接电弧

如焊条的偏心度过大时，会产生电弧偏吹。这是由于焊条药皮厚薄不均匀，药皮较厚的一边比药皮较薄的一边熔化时吸收的热量多，药皮较薄的一边很快熔化而使电弧外露，迫使电弧偏吹，见图 1-7。

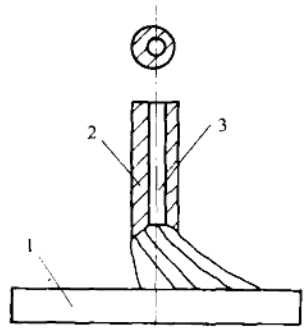


图 1-7 焊条偏心引起的偏吹

1—焊件；2—药皮；3—焊芯

3. 特点

焊条电弧焊具有以下优点。

(1) 操作灵活 对空间任意位置的焊缝，特别是对一些结构、形状复杂，不同接头形式，小尺寸、短焊缝或不规则的曲折焊缝均能进行焊接。

(2) 适用性广 能适用常用钢种、多种金属的焊接。选用合适的焊条，不仅可以焊接低碳钢、低合金高强度钢，而且可以焊接高合金钢及有色金属；不仅可焊接同种金属，而且可焊接异种金属，还可以在普通钢上堆焊具有耐磨、耐腐蚀等特殊性能的材料，适用范围很广。

(3) 设备简单，维修方便 无论是交流弧焊电源或直流弧焊电源，结构都较简单，而且使用方便、可靠，焊工很容易掌握，不像半自动焊和自动焊设备那么复杂。另外设备的维护和保养亦简便易行。

(4) 容易控制焊接应力和变形 焊件在焊接过程中，因为受到焊接热循环的作用，必然会产生应力和变形，大焊件、长焊缝和复杂结构的焊缝就更为突出，采用焊条电弧焊可以通过调整焊接工艺来控制焊接应力和变形，如采用对称焊、分段焊、退步焊等方法来改善应力分布和减少变形量。

焊条电弧焊的生产效率低，焊接质量不稳定，焊工的劳动强度大，对焊工的技术水平要求较高。焊接接头的质量主要靠焊工的操作技术和经验来保证。焊接施工中，焊工必须严格执行焊接工艺规程，才能确保焊接质量。

4. 使用范围

由于焊条电弧焊具有设备简单，操作方便，适应性强，能在空间任何位置进行焊接等特

点，故在国民经济各行业中都得到了广泛的应用，如造船、锅炉及压力容器、机械制造、建筑结构、化工设备等制造维修业中都广泛使用焊条电弧焊。

(二) 焊条电弧焊的基本操作技能

1. 定位焊

指正式焊接前为装配和固定焊件接头的位置而进行的焊接，俗称点固焊。定位焊所形成的短小而断续的焊缝称为定位焊缝。通常定位焊缝都比较短小，焊接过程中都不去掉，而成为正式焊缝的一部分保留在焊缝中，因此定位焊缝的质量好坏、位置、长度和高度等是否合适，将直接影响正式焊缝的质量及焊件的变形。根据经验，生产中发生的一些重大质量事故，如结构变形大，出现未焊透及裂纹等缺陷，往往是定位焊缝不合格造成的，因此对定位焊必须引起足够的重视。

定位焊的主要目的是防止产生焊接变形和尺寸误差，保证正式焊接能够顺利地进行。因此，定位焊和正式焊接一样重要，不能忽视。定位焊时必须注意以下几点。

- ① 定位焊所用焊条牌号及直径要与正式焊接时相同；焊接电流可比正式焊接时大 10%~15%。
- ② 若正式焊接需要焊前预热，焊后缓冷，则定位焊前也要进行相同温度的预热，焊后也要缓冷。
- ③ 定位焊缝起头和收尾处很接近，容易产生始端未焊透及收尾裂纹等缺陷，正式焊接时必须把有缺陷的定位焊缝剔除重焊。
- ④ 定位焊应避免在焊件的端、角等应力集中的地方进行。
- ⑤ 定位焊缝的长度、余高及间距可参见表 1-1。

表 1-1 定位焊缝的参考尺寸/mm

焊件厚度	焊缝余高	焊缝长度	焊缝间距
≤4	<4	5~10	50~100
4~12	3~6	10~20	100~200
>12	>6	15~30	200~300

2. 单面焊双面成形技术

焊接锅炉及压力容器等结构时，有时要求焊接接头完全焊透，以满足受压部件的质量和性能要求。但由于构件尺寸和形状的限制，如小直径容器、管道等在里面无法施焊，只能在容器外侧进行焊接。如果在外侧采用常规的单面焊法，里面会焊不透，存在咬边和焊瘤等缺陷，不能满足焊接质量的要求。单面焊双面成形操作技术是采用普通焊条，以特殊的操作方法，在坡口背面没有任何辅助措施的条件下，在坡口的正面进行焊接，焊后保证坡口的正、反两面都能得到均匀整齐、成形良好，符合质量要求的焊缝的焊接操作方法。它是焊条电弧焊中难度较大的一种操作技术，适用于无法从背面清除焊根并重新进行焊接的重要焊件。

(1) 接头形式 适用于焊条电弧焊单面焊双面成形的接头形式主要有板状对接接头如图 1-8 (a)，管状对接接头如图 1-8 (b)，骑座式管板接头如图 1-8 (c)。按接头位置不同可进行平焊、立焊、横焊和仰焊等位置焊接。

单面焊双面成形焊接方法一般用于 V 形坡口对接焊，适用于容器壳体板状对接焊，小直径容器环缝及管道对接焊，容器接管的管板焊接。单面焊双面成形在焊接方法上与一般的平、立、横、仰焊有所不同，但操作要点和要求基本一致，焊缝内不应出现裂纹、未熔合，

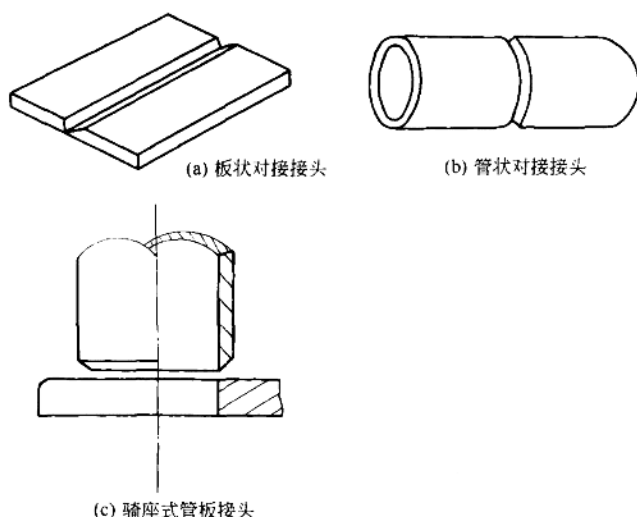


图 1-8 单面焊双面成形的基本接头形式

根部应均匀焊透，背面不应有焊瘤和凹陷等。

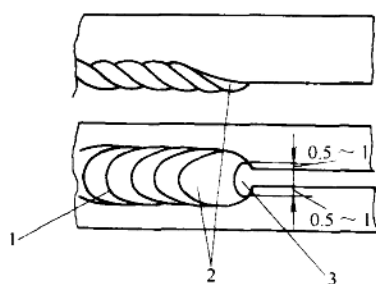


图 1-9 熔孔位置及大小

1—焊缝；2—熔池；3—熔孔

(2) 连弧焊法和断弧焊法的特点 进行单面焊双面成形焊接时，第一层打底焊道焊接是操作的关键。在电弧高温和吹力作用下，坡口根部部分金属被熔化形成金属熔池，在熔池前沿会产生一个略大于坡口装配间隙的孔洞，称为熔孔，如图 1-9 所示。焊条药皮熔化时所形成的熔渣和气体可以通过熔孔对焊缝背面进行有效保护。同时，焊件背面焊道的质量由熔孔尺寸大小、形状、移动均匀程度决定。

单面焊双面成形，按照第一层打底焊时的操作手法不同，可分为连续施焊法（又称连弧焊法）和间断灭弧

施焊法（又称断弧焊法）两种。

连弧焊法 在焊接过程中电弧连续燃烧，采用较小的坡口钝边及间隙，选用较小的焊接电流，始终保持短弧连续施焊。通过选择适当的焊接参数、运条方法、焊条角度来控制熔池温度及熔池形状，达到单面焊双面成形的目的。连弧焊要求焊工保持平稳和均匀的运条，操作手法没有太大变化，容易掌握。焊缝背面成形比较细密、整齐，能够保证焊缝内部的质量要求。

为了保证单面焊双面成形的质量，必须控制熔孔的尺寸，常用的控制方法有改变焊接电流的大小，调整焊接电弧的长度，改变运条方法和在运条过程中随时调整焊条的倾斜角度。其中最好的控制方法是在运条过程中随着熔孔直径的变化，随时调整焊条的倾斜角度，通过焊条倾斜角度的变化来控制熔池的温度和熔池上的作用力，使熔孔始终保持同样的尺寸，保证焊缝背面形成均匀

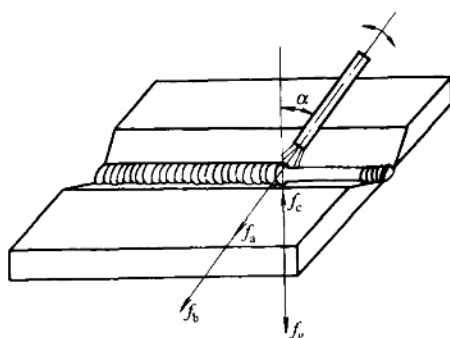


图 1-10 熔池作用力分析

美观的焊道，达到单面焊接双面成形的目的。以平焊为例（图 1-10），将熔池上受到的作用力用数学公式表示，并从力学角度分析说明这种操作方法的原理。

$$F = (f_a + f_b) \cos \alpha + f_g - f_c$$

式中 F ——熔池上受到的作用力；

α ——焊条倾角；

f_a ——电弧吹力；

f_b ——电磁收缩力；

f_c ——熔池表面张力；

f_g ——熔池重力。

当熔孔的孔径变大时，可将焊条的倾斜角度 α 增大，熔池上的作用力减小，熔孔随之减小。当熔孔孔径变小时，可将焊条的倾斜角度 α 减小，熔池上的作用力增大，熔孔随之增大。在整个焊接过程中，始终保持孔径的尺寸一致，就可以保证单面焊接双面成形的质量。

断弧焊法 在焊接过程中，通过电弧反复交替燃烧与熄灭并控制熄弧时间，从而控制熔池的温度、形状和位置，以获得良好的背面成形和内部质量。断弧焊采取的坡口钝边间隙比连弧焊稍大，选用的焊接电流范围也较宽，使电弧具有足够的穿透能力。在进行薄板、小直径管焊接和实际产品装配间隙变化较大的条件下，采用断弧焊法施焊更显得灵活和适用。由于断弧焊操作手法变化较大，掌握起来有一定难度，要求焊工具有较熟练的操作技术。

连弧焊法与断弧焊法的焊接参数比较见表 1-2。

表 1-2 连弧焊法与断弧焊法的焊接参数/mm

工艺参数 焊接位置	连 弧 法					断 弧 法				
	钢板厚度	组对间隙	钝边厚度	打底焊道 焊接电流 /A	焊条直径 ϕ	钢板厚度	组对间隙	钝边厚度	打底焊道 焊接电流 /A	焊条直径 ϕ
平板对接平焊	6~8 10~12	2~2.5 2.5~3.2	无	65~71 70~80	3.2	6~8 10~12	3.2~4	1~1.5	80~100 80~110	3.2~4
平板对接立焊	6~8 10~12	2.5~3.2	无	70~80 75~85	3.2	6~8 10~12	3.2~4	1~1.5	80~100 100~110	3.2~4
管子对接水平 固定焊	$\phi 114 \times 7$ $\phi 133 \times 10$	2.5~3.2	无	60~70 80~90	2.5	$\phi 114 \times 7$ $\phi 128 \times 10$	3.2~4	1~1.5	90~110 80~120	3.2
管子对接垂直 固定焊	$\phi 114 \times 7$ $\phi 133 \times 10$	2.5	无	70~80 80~90	2.5	$\phi 114 \times 7$ $\phi 128 \times 10$	2.5~3.2	1~1.5	90~110 80~120	3.2

3. 横焊

横焊是在垂直面上焊接水平焊缝的一种操作方法。由于熔化金属受重力作用会下淌，所以容易产生咬边、焊瘤和未焊透等缺陷。因此应采用短弧焊接，并选用直径较小的焊条、较小的焊接电流以及适当的运条方法。推荐横焊的焊接参数见表 1-3。

(1) I 形坡口的对接横焊 板厚 3 ~ 5mm 时，可采用 I 形坡口的对接双面焊。正面焊时选用直径 3.2 ~ 4mm 的焊条，施焊时的角度如图 1-11 所示。焊件较薄时，可用直线往返形运条法焊接，使熔池中的熔化金属有机会凝固，可以防止烧穿。焊件较厚时，可采用短弧直线形或小斜圆形运条法焊接，以便得到合适的熔深。焊接速度应稍快些，且要均匀，避免焊条的熔化金属过多地聚集在某一点上形成焊瘤和焊缝上部咬边等缺陷。

表 1-3 推荐对接横焊的焊接参数/mm

焊缝横断面形式	焊件厚度 或焊脚尺寸 /mm	第一层焊缝		其他各层焊缝		封底焊缝	
		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	45~55	—	—	2	50~55
	2.5	3.2	75~110	—	—	3.2	80~110
	3~4	3.2	80~120	—	—	3.2	90~120
		4	120~160	—	—	4	120~160
	5~8	3.2	80~120	3.2	90~120	3.2	90~120
				4	120~160	4	120~160
	>9	3.2	90~120	4	140~160	3.2	90~120
		4	140~160			4	120~160
	14~18	3.2	90~120	4	140~160	—	—
		4	140~160			—	—
	>19	—	140~160	—	140~160	—	—

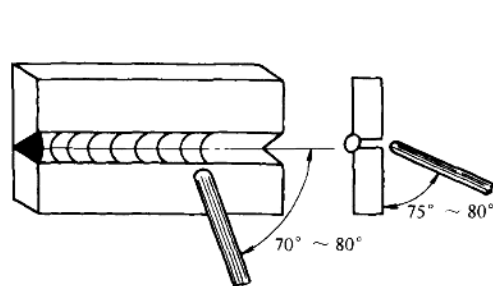


图 1-11 I 形坡口的对接横焊时焊条角度

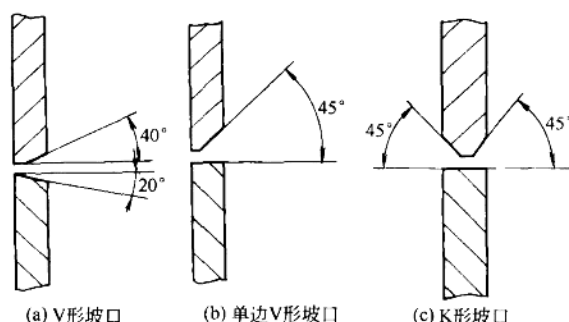


图 1-12 横焊时对接接头的坡口形式

封底焊时，宜选用细焊条，一般取直径 3.2mm 的焊条，电流稍大些，用直线运条法焊接。

(2) V 形或 K 形坡口的对接横焊 横焊的坡口一般为 V 形或 K 形，其坡口的特点是下板不开或下板所开坡口角度小于上板，这样可防止熔化金属下淌，有利于焊缝成形，如图 1-12 所示。

操作要点

第一层采用直线运条，发现熔渣有可能超前时，应将图 1-11 所示的前倾角（70°~80°）压到 45°，当熔渣的流动状态好转了再回到正常的运条角度。

第二层以后都采用横向摆动运条，焊道层次按图 1-13 排列。厚板应采用多层多道焊，这样较易保证焊接质量。盖面焊的前一层焊道的要求与立焊一样，如图 1-14 所示。要注意防止上部咬边，下部出现焊瘤。

4. 仰焊

仰焊时焊缝位于燃烧电弧的上方。焊工在仰视位置进行焊接，劳动强度大，是最难焊的一种焊接位置。仰焊时，由于熔化金属在重力的作用下较易下淌，熔池形状和大小不易控制，容易出现夹渣、未焊透、凹坑等缺陷，且运条困难，表面不易焊得平整。因此焊接时，