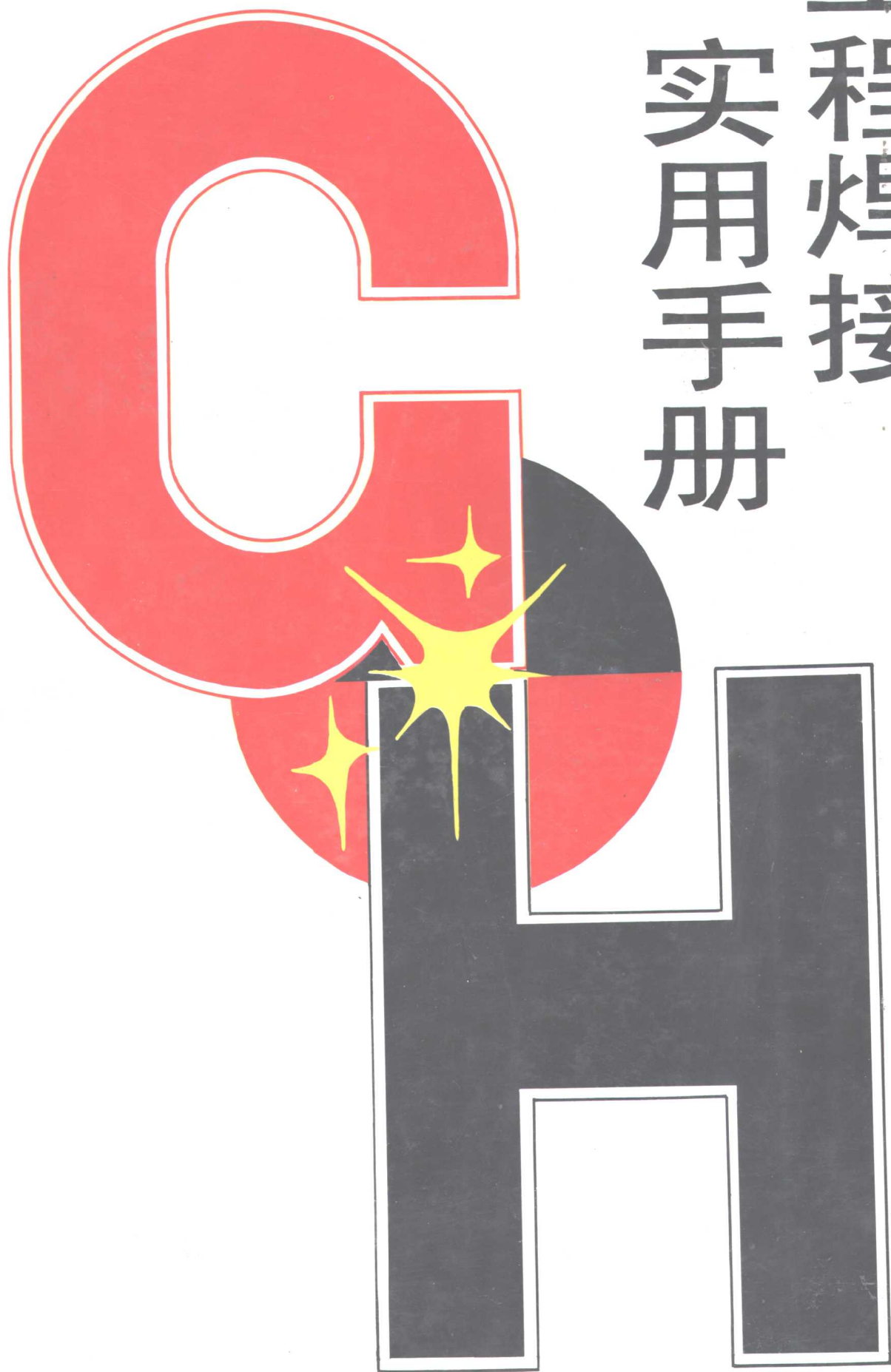


强健 主编 ● 中国计划出版社

工程焊接 实用手册



2900100

工 程 焊 接 实 用 手 册

强 健 主 编

中 国 计 划 出 版 社

1996 北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

工程焊接实用手册/强健主编. —北京: 中国计划出版社, 1996. 1

ISBN 7-80058-419-4

I. 工… II. 强… III. 焊接-手册 N. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21438 号

工程焊接实用手册

强健 主编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区月坛北小街 2 号 3 号楼)

(邮政编码: 100837)

新华书店北京发行所发行

河北省蔚县印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 38.5 印张 960 千字

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

印数 1—12000 册

☆

ISBN 7-80058-419-4/T·85

定价: 70.00 元

编写人员

主 编 参 编	强 健			
	陈正果	黄伯泉	李玉蓉	谢志宾
	匡弘国	刘 珣	展禄华	巩兰亭
	薄遵昭	斯国正	范明涛	谢 炽
	张士琪	任新珏	刘 柯	李文萃
	王澍玉	徐玖芳	郭玖祺	赵 琛
	张久公	陆居正	赵立炎	石振华
	宋浩谦	张美珍	华 林	孙洪鹏
	马士元	李富亮	沈一鸣	柯鹤林
	郭 凯	赵宝锐	丁 宁	江春源
	李仁利	何司珑	王瑞峰	刘锦江

内 容 提 要

《工程焊接实用手册》是以工程建设焊接技术的实用知识和操作经验为中心内容而编写的一本实用工具书。手册共分八章，详细介绍了工程焊接方法、母材和焊接材料、焊接机具和设备、工程中的焊接结构、焊接管理、焊接质量检验和质量保证、工程焊接实例等，附录列出了工程焊接常用国家标准目录、国内外常用焊接材料对照和塑料的焊接等相关内容。

本手册旨在给从事工程建设的焊接技术人员提供必要的工作依据。手册中提供的各类工程焊接实例，是工程实践经验的总结，具有借鉴和参考的价值。本手册也可供工程设计人员、非焊接专业的工程技术人员和经营管理人员以及焊接技术工人阅读使用，也可作为大专院校焊接专业的教学参考书。

目 录

1	工程焊接方法	(1)
1.1	焊接方法概述	(1)
1.2	工程焊接的特点	(2)
1.3	手工电弧焊	(2)
1.4	钨极气体保护电弧焊	(13)
1.5	熔化极气体保护电弧焊	(18)
1.6	埋弧焊	(22)
1.7	碳弧焊	(29)
1.8	氧-燃气焊接	(30)
1.9	工程焊接的其它方法	(32)
1.10	工程中的热切割	(37)
1.11	工程焊接方法的选用	(42)
1.12	焊接方法代号	(43)
2	工程焊接中的材料	(45)
2.1	黑色金属材料	(45)
2.2	有色金属材料	(86)
2.3	复合材料和异种材料	(121)
2.4	焊接材料	(132)
3	工程焊接常用电源设备及工具	(176)
3.1	焊接电源的分类	(176)
3.2	对弧焊电源的基本要求	(180)
3.3	手工电弧焊电源	(185)
3.4	钨极气体保护焊设备	(191)
3.5	熔化极气体保护焊设备	(198)
3.6	埋弧焊设备	(209)
3.7	其它焊接电源设备	(220)
3.8	氧-燃气焊割用设备及工具	(223)
3.9	等离子弧切割设备	(234)
3.10	焊接用手持工具	(239)
4	工程中的焊接结构	(242)
4.1	工程焊接结构的特点和分类	(242)
4.2	焊接结构施工	(260)
4.3	工程焊接结构破坏事故实例	(270)

4.4	焊接应力和变形	(273)
4.5	焊缝符号表示方法	(287)
5	工程焊接的管理	(294)
5.1	焊接技术管理	(294)
5.2	焊工资格管理	(340)
5.3	焊接设备和材料管理	(354)
5.4	工程焊接安全管理	(354)
6	焊接缺陷和焊接质量检验	(368)
6.1	焊接缺陷	(368)
6.2	影响焊接质量的技术因素	(380)
6.3	工程焊接的质量检验	(383)
7	焊接质量保证	(442)
7.1	质量保证概述	(442)
7.2	对企业的要求	(442)
7.3	一般原则	(443)
7.4	钢熔化焊接头的要求和缺陷分级	(446)
8	工程焊接实例	(449)
8.1	建筑结构的焊接实例	(449)
8.2	管道焊接实例	(469)
8.3	容器和贮罐焊接实例	(508)
8.4	导电结构焊接实例	(542)
附录 A	工程焊接常用国家标准目录	(548)
附录 B	国内外常用焊接材料对照	(552)
附录 C	塑料的焊接	(598)
参考文献		(610)

1 工程焊接方法

1.1 焊接方法概述

焊接是借助于能源，使两个分离的物体产生原子（分子）间结合而连接成整体的过程。

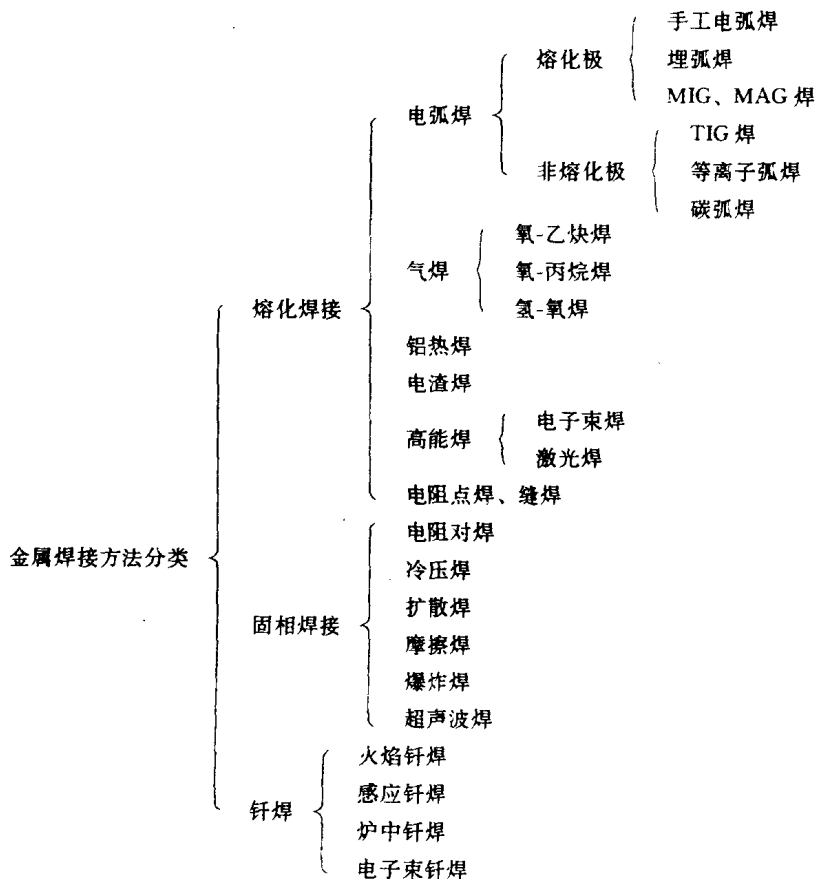
用焊接方法不仅可以连接金属材料，如钢材、铝、铜、钛、锆等；还能连接非金属，如塑料、陶瓷；甚至还可以解决金属和非金属之间的连接。

随着现代工业生产的需要和科学技术的蓬勃发展，焊接工艺与技术已广泛应用于机械制造、造船、海洋开发、石油化工、航空航天、电力、能源和工程建设等各个领域。

焊接方法种类繁多，而且随着科学技术的进步，新的焊接方法不断涌现。目前国内外著作中对焊接方法的分类由于角度不同而各有差异，但常用的是根据焊接工艺中某几个特征将焊接方法分为三个大类——熔化焊、固相焊和钎焊。然后在每个大类中进一步根据其它特征分为若干小类。表 1-1 列出了常见的焊接方法分类。

常见的焊接方法分类表

表 1-1



1.2 工程焊接的特点

工程建设是通过各种技术手段把设计蓝图变成具有特定功能和使用价值的实物。焊接是工程建设的重要技术手段之一。

许多大型结构的焊接工作,由于运输条件等各种限制,不可能全部在生产厂房内完成,需要在施工现场进行拼装、焊接。此外,设备、管道、导电母线的安装与连接更离不开现场焊接。

工程建设中的焊接;多为现场焊接。它与工厂中的焊接相比,有着许多特殊性。其主要特点是:

1. 受环境的影响比较大。露天或半封闭的工程建设现场,易受风、雨、雪、气温、湿度等自然因素的影响。
2. 产品对象变化大。材料和结构等随工程对象而千变万化,并无固定模式。
3. 机械化的焊接方法在现场适应性较差,先进的焊接技术在现场应用的限制因素多。
4. 全位置焊接多;施工场地狭窄,妨碍焊接操作的障碍物多。
5. 装配、接头(接口)组对条件较差,间隙不易控制,强制组对导致焊件产生较大的拘束应力。

为此,从事工程建设的焊接技术人员不但要掌握焊接专业的基本理论,还要根据工程对象的不同特点和现场的环境条件,制定正确适用的焊接工艺,才能确保工程建设的焊接质量。

1.3 手工电弧焊

依靠电弧的热量进行焊接的方法称为电弧焊。电弧是发生在电极与气体介质中的持续大功率放电现象,它包括电极的电子发射和气体介质的电离两个物理过程。

产生电弧的两个电极表面,在一定的外界能量作用下,其内部的自由电子能冲破电极表面的约束而飞出的现象称为电子发射。表征导体材料电子发射难易程度的物理量是逸出功 U_w 。几种常见元素的逸出功列于表 1-2。

几种常见元素的逸出功

表 1-2

元 素	逸 出 功 (eV)	元 素	逸 出 功 (eV)
Li	2.1~2.9	Fe	3.5~4.0
C	2.5~4.7	Ni	2.9~3.5
Mg	3.1~3.7	Cu	1.1~1.7
Al	3.8~4.3	Zr	3.9~4.2
K	1.76~2.5	Mo	4.0~4.8
Ca	2.24~3.2	Cs	1.0~1.6
Ti	3.8~4.5	Be	4.1~4.4
Cr	4.4~5.1	W	4.3~5.3
Mn	3.8~4.4		

电子发射的形式有四种：热发射、电场发射、光发射和粒子碰撞发射。在焊接电弧中，主要是热发射和电场发射。

通常情况下气体介质呈中性，是不导电的。在一定条件下中性气体分子或原子分离成为正离子和电子的现象称为电离。在气体介质中具有足够数量的自由电子和正离子，是电弧持续放电的必要条件。表征气体介质电离难易程度的物理量是电离能。表 1-3 列出了常见气体的电离能。

常 见 气 体 的 电 离 能

表 1-3

气 体	电 离 能 (eV)	气 体	电 离 能 (eV)
Ar	15.76	CO	14.1
H	13.598	CO ₂	13.77
H ₂	15.43	NO	9.5
He	24.588	NO ₂	11
N ₂	15.58	H ₂ O	12.59
O ₂	12.07		

两电极之间产生电弧放电时，电场强度在整个弧长上的分布是不均匀的。通过实际测量得到的沿电弧长度方向的电压分布如图 1-1。

由图 1-1 可见，电弧长度可明显地分成三个区域：阳极压降区、阴极压降区和弧柱区。阳极区和阴极区在电弧中长度很小，约为 $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{cm}$ ，因此可以认为两电极间的距离即为弧柱的长度。阳极区压降和阴极区压降与弧长无关，而弧柱区压降则与弧长有关。

电弧燃烧时，会在电极上形成活性斑点。阴极上的活性斑点，称为阴极斑点；阳极上的活性斑点称为阳极斑点。电弧电流经由斑点通过，因此活性斑点具有较高的温度。因气体介质种类和通过电流大小的不同，电弧温度可在 $5000 \sim 50000 \text{K}$ 范围内变动。

电弧是一种特殊的用电负载。当弧长一定的电弧稳定燃烧时，两电极间的总电压与电流之间的关系称为电弧的静特性（图 1-2）。

图 1-2 中画出了弧长分别为 2mm 和 4mm 时的电弧静特性曲线。图中曲线可分为 3 段：1 段为下降特性，电流密度较小的手工电弧焊电弧区间；2 段为水平特性，电流密度中等的粗丝自动埋弧焊电弧区间；3 段为上升特性，电流密度较大的细丝埋弧焊和气体保护焊电弧区间。

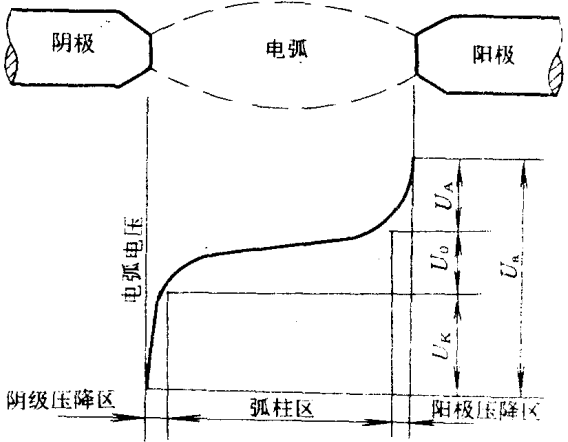


图 1-1 电弧各区域的电压分布

U_A —阳极压降； U_K —阴极压降；

U_0 —弧柱压降； U_a —电弧电压

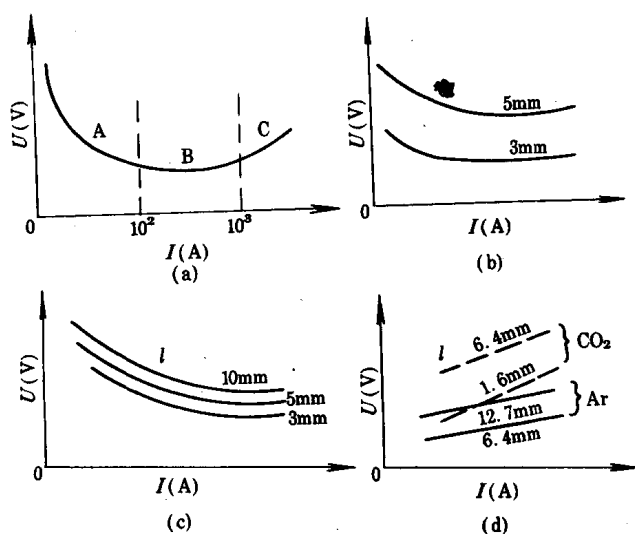


图 1-2 电弧静特性

(a) 电弧静特性全部；(b) 手弧焊电弧静特性；(c) 钨极氩气电弧静特性；(d) 熔化极气体保护焊电弧静特性

1.3.1 手工电弧焊的原理和特点

手工电弧焊是用手操纵焊条进行焊接的一种电弧焊，是工程焊接中最常用的方法。

手工电弧焊时，利用焊条和工件这两个电极之间产生的电弧热量，熔化焊条和工件。焊条端部熔化形成熔滴，过渡到熔化的母材上融合，形成熔池并进行一系列复杂的物理-冶金反应。随着电弧的移动，液态熔池逐步冷却、结晶，形成焊缝。手工电弧焊的原理如图 1-3 所示。

在电弧的高温作用下，涂敷于电焊条钢芯上的药皮熔融成熔渣，覆盖在熔池金属表面，它不仅能保护高温的熔池金属不与空气中有毒的氧、氮发生化学反应，并且还能参与熔池的化学反应和渗入合金等；在冷却凝固的金属表面，形成保护渣壳。药皮还能在电弧热的高温作用下产生气体，阻止空气与熔池接触，起到机械隔离作用。

手工电弧焊的电压为（参见图 1-1）：

$$U_a = a + bl \quad (1-1)$$

式中 $a = U_K + U_A$ ；

$b = IE$ ；

U_K —— 阴极压降；

U_A —— 阳极压降；

I —— 电弧电流；

E —— 弧柱电场强度 (V/cm)；

l —— 弧柱长度。

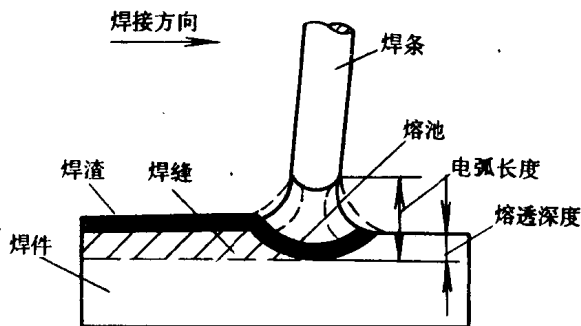


图 1-3 手工电弧焊原理

焊接电弧各区产生的热量与电压分布有着直接关系。在手弧焊时，阴极区和阳极区有较大的电压降，产生较多的热量。在弧长较短的情况下，弧柱压降一般仅有几伏，其产生的热量只占电弧产生热量的小部分。由此可见，两个极区对焊条和母材的加热、熔化起着主要的作用。另一方面，随着焊接电流的增大，弧柱的温度也越高。

手工电弧焊使用的设备简单，方法简便灵活，适用于任意空间位置的焊接；但对焊工的操作技术要求高，劳动强度大，劳动条件差，生产效率低。焊接质量的保证在很大程度上取决于焊工的技术水平。因此手工电弧焊适用于焊接单件或小批量产品，短的和不规则的、各种空间位置的及其它不易实现机械化焊接的焊缝。工件厚度一般在 1.5mm 以上。

手工电弧焊适用碳素钢、低合金钢、不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金等金属材料的焊接；铸铁焊补和各种金属材料的堆焊等。性能活泼的金属材料，如钛、铌、锆等和难熔金属，如钽、钼等由于机械保护效果不够好，焊接质量达不到要求，不能采用手工电弧焊。低熔点金属，如铅、锡、锌及其合金由于电弧温度太高，也不可使用手工电弧焊焊接。

1.3.2 手工电弧焊工艺

1.3.2.1 基本操作技术要点

手工电弧焊的引弧方法有两种——擦划法和碰击法。擦划法引弧的方法比较容易掌握，但容易造成电弧擦伤和沾染飞溅，在母材表面留下缺陷。碰击法引弧时飞溅小，对工件的损害小，但要求焊工用力适度、操作熟练。

手工电弧焊操作是由沿焊接方向前进、沿焊缝横向摆动和向熔池方向送进焊条等三个基本动作组合而成。运条手法的关键动作是横向摆动，见图 1-4。操作时要根据工件材质、焊缝空间位置、熔池情况等灵活运用。例如对于低碳钢焊接，横向摆动的宽度和在两侧的停留时间对接头的性能影响不大，而对于低合金钢、低温钢、不锈钢等材料的焊接，则应该采用快速少摆动的操作手法，避免对接头性能产生不利影响。

收弧时，应将熔池填满，熄弧时不要擦伤工件表面。

掌握合适的焊条角度和正确的运条动作，控制焊接熔池的形状和尺寸，保持自如的操作姿势，是手工电弧焊操作的基础。要经过较长时间的训练，才能运用自如。

焊接位置是指焊件接缝所处的空间位置，可用焊缝倾角和焊缝转角来表示。有平焊、立焊、横焊和仰焊位置等。所谓全位置焊接是指要在多个焊接位置完成一条焊缝的焊接，如管道的水平固定焊。

平焊时要注意熔渣和熔池铁水混合不清的现象，防止熔渣流到铁水前面。要控制熔池为近似大小的椭圆形，熔池表面要略微下凹。

立焊时熔渣与铁水容易分离，要防止熔池温度过高造成的铁水下坠。操作时焊条与垂直面成 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 角，使电弧略向上吹向熔池中心。焊接电流比平焊小 $10\% \sim 15\%$ ；电弧长度要控制，尽量不要采用挑弧焊法和灭弧焊法。

横焊时焊条倾斜角约在 80° 左右，防止铁水因自重的作用坠到下坡口上，运条到上坡口处不宜停顿，应迅速将电弧带到坡口根部作微小横拉的稳弧动作。焊缝较宽时，宜采用多道焊。

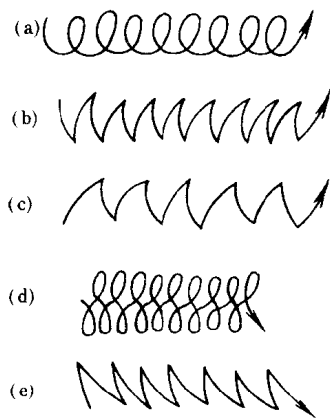


图 1-4 横向摆动

- (a) 各种位置第一层焊缝；
(b)、(c) 平、立、仰焊表面焊缝；
(d) 平焊表面焊缝；(e) 横缝焊缝

仰焊时铁水因自重影响容易坠落，熔池的形状和大小不易控制，宜用小电流短弧焊接。熔池体积应小一些，薄一些，并确保与母材熔合良好。第一层打底焊道采用短电弧作前后推拉动作，焊条与焊接方向成 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 角。填充焊道和盖面焊道宜采用摆动焊接，并在坡口两侧略作停顿稳弧，保证两侧熔合良好。

水平固定管对接属全位置焊接，一般从仰焊部位起焊，按仰→仰立→立→立平→平焊的顺序分两个半圈焊接。焊接过程中，随着焊接位置的变化，要求不断地变换焊条角度，操作难度较大。在前半圈焊接时，通常要过仰焊中心线 $5\sim 15\text{mm}$ 处开始起焊。在坡口侧面引弧后，先适当拉长电弧预热，当坡口钝边熔化时迅速压低电弧，靠近钝边作微小摆动，形成熔池后向前焊接，用“半击穿法”控制焊缝背面成形。焊到平焊位置时要超过中心线 $5\sim 15\text{mm}$ 后熄弧。在焊后半圈之前，要用扁铲或角向磨光机等工具将仰焊、平焊处的接头部位修磨成缓坡

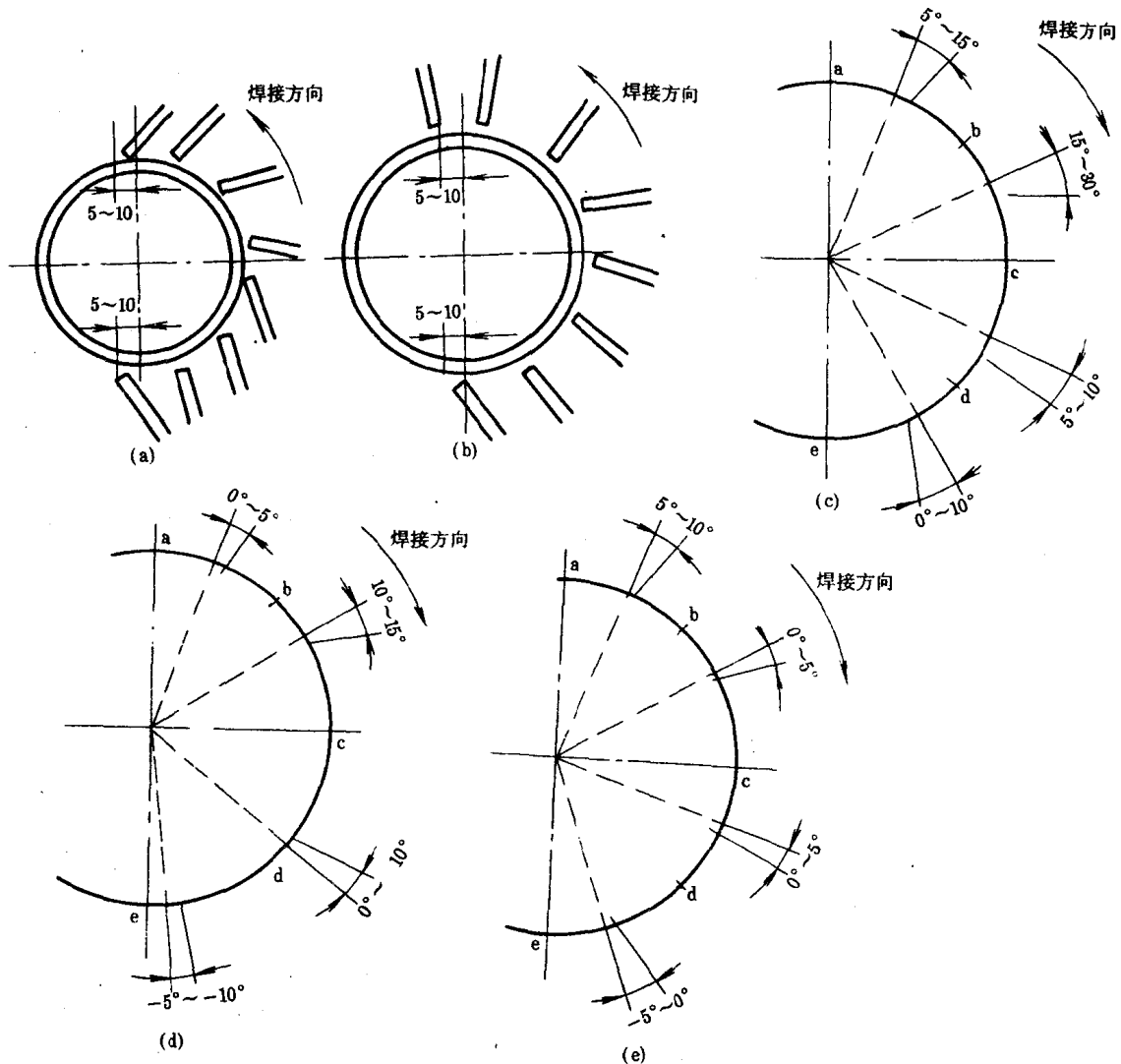


图 1-5 各种位置焊接时的焊条倾角

- (a) 中、小管径上向焊；(b) 大径管上向焊；(c) 装配间隙和钝边较小的下向焊；
(d) 装配间隙和钝边较大的下向焊；(e) 下向焊盖面层焊接

形，以保证接头的质量。

单面焊双面成形技术在工程焊接中有着广泛的应用。所谓单面焊双面成形就是在坡口的一侧施焊，得到正、反面焊缝成形均匀整齐、内部质量符合要求的焊接技术。这种焊接方法的技术关键是，焊接过程中在熔池前端保持一个大小比较均匀的熔孔，其直径控制在焊条直径的 0.5~1.5 倍之间。单面焊双面成形技术要求焊工操作熟练，手、眼、耳并用，劳动强度大。对焊接前的准备工作，如坡口加工、组对间隙等也有较高的要求。

通常情况下，立焊时的电弧是自下向上行进的，即所谓的“向上立焊”。随着焊接技术的进步和焊接材料的开发，近年来，国内开发研究了“向下立焊”技术，生产了专用的“向下立焊”焊条，并在生产实践中得到了应用。

“向下立焊”也叫下向焊，电弧自上向下进行焊接。下向焊具有容易掌握、焊层较薄、质量容易得到保证、焊接速度快、生产率高等优点，不仅适用于钢结构的立缝焊接，也适用于直径 $\varnothing 219$ 以上的水平固定管道的全位置焊接。

在下向焊时，必须使用专用的下向焊条。坡口加工时要控制钝边的尺寸。焊接从平焊位置开始起焊，经由平→平立→立→立仰→仰完成半圈的焊接。焊接时要严格控制焊条角度，采用短弧、直线运条的方法进行打底焊道的焊接。熔透情况可以通过观察熔孔大小和形状或听电弧的爆裂声来判断。操作中还应观察熔渣对熔池的覆盖情况，保持电弧在焊条端部与熔池间稳定燃烧。当熔渣超过熔池时，应采用挑渣法除去多余的熔渣，确保熔合良好。在进行填充焊或盖面焊时，焊条可作适当的横向摆动，以控制焊缝的成形。需要注意的是下向焊和上向焊的运条手法是不一样的，特别是摆动时在两侧的停留时间。下向焊停留时间过长，会使焊缝中间严重凹陷，影响焊缝外形的美观。

图 1-5 给出了各种位置焊接操作时的焊条倾角。

1.3.2.2 手工电弧焊规范选择

手工电弧焊的焊接规范主要是指焊接电流、焊条直径和焊接层次。选择合适的焊接规范，是保证焊接质量的基础，也是焊工的基本功之一。

焊条直径的选择与焊件厚度、接头形式、焊接位置和焊接层数有关。为了提高生产率，应尽可能选用直径较大的焊条，但是焊条直径过大，不仅操作起来不灵活，也容易产生焊接缺陷。

焊条直径和工件厚度的关系见表 1-4。对于单面焊双面成形的打底焊道，焊条直径一般不要超过 3.2mm。

焊 条 直 径 的 选 择

表 1-4

工 件 厚 度 (mm)	焊 条 直 径 (mm)
≤ 4	2.5~3.2
4~12	3.2~4.0
> 12	≥ 4.0

各种直径焊条常用的焊接电流范围见表 1-5。也可以按焊条直径的 30~45 倍的经验选取。

各种直径焊条常用的焊接电流

表 1-5

焊条直径 (mm)	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	5.8
焊接电流 (A)	25~40	40~65	50~80	100~130	160~210	200~270	260~300

焊接电流是手工电弧焊的主要规范参数。增大电流可以提高生产率，但电流过大，容易产生咬边和烧穿等缺陷，飞溅也增大，同时使焊条发红，药皮脱落，保护性能下降，焊接过程难以正常进行。焊接电流过小，则容易产生夹渣、未焊透等缺陷。

焊接电流还与焊接位置有关。一般说来，横、立、仰焊时所用的电流应比表 1-5 中的数值小 5%~10%。选用焊接电流的大小，还与焊工操作的熟练程度有关。

为了保证接头的性能，在有线能量要求时，应选用较小的焊接电流。

不同厂家生产的同一型号的焊条，由于药皮组份上的差异，也会对使用的焊接电流有影响。在实际应用中，焊工有一个适应过程。

中、厚钢板手工电弧焊应采用多层多道焊。对同一厚度的工件，其它条件不变时，焊接层次增加，线能量减少，有利于提高接头的塑性和韧性。在焊接前，应对焊接层次作出合理安排，做到心中有数。

1.3.2.3 手工电弧焊的接头和坡口形式

手工电弧焊常见的接头形式有对接、搭接、角接和 T 形接，如图 1-6。

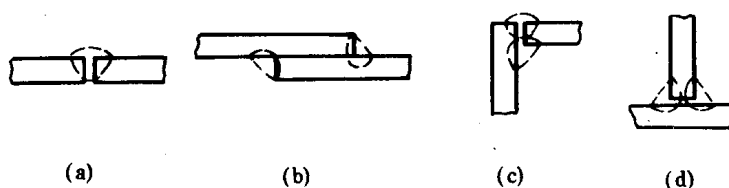


图 1-6 手工电弧焊常见接头形式

(a) 对接；(b) 搭接；(c) 角接；(d) T 形接

坡口是根据焊接工艺或设计需要，在焊件的待焊部位加工的呈一定几何形状的沟槽。

为了保证焊缝有效厚度或焊透，并为了容纳填充金属，改善焊缝成形，当板（壁）厚度 $\geq 3\text{mm}$ 时，可在接头处加工成 Y 形、X 形、U 形或组合形式的坡口，如图 1-7 所示。端部未开坡口的直边称钝边，其作用是避免烧穿。

坡口形式及其尺寸一般随板厚而变化。在板厚相同的条件下，Y 形坡口加工简单，但 X 形和 U 形坡口可节省焊条和焊接工时，并可减小焊接变形。坡口形式还与焊接方法、焊接位置、热输入要求、加工方法及材质等有关。现将国家标准《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》(GB985-88) 摘录于表 1-6。

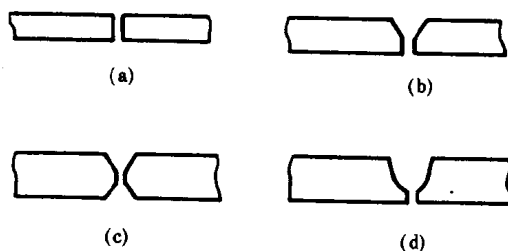
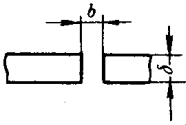
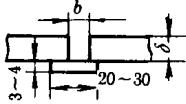
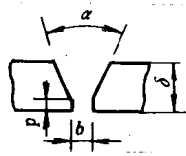
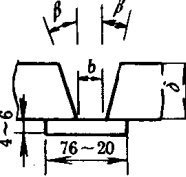
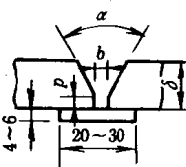
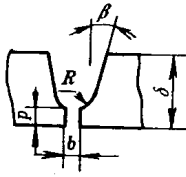
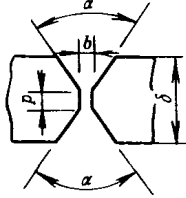
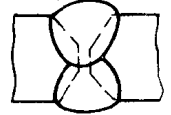


图 1-7 坡口的基本形式

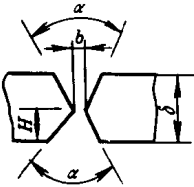
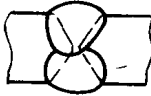
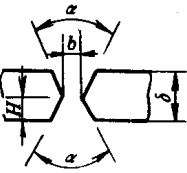
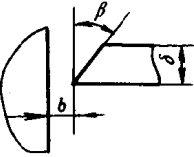
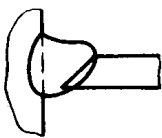
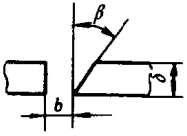
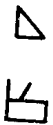
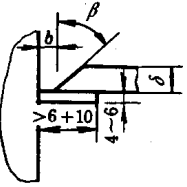
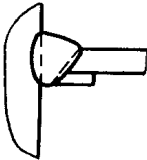
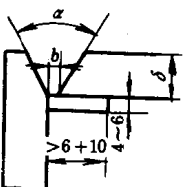
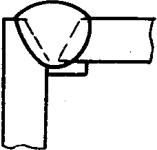
(a) I 形坡口；(b) Y 形坡口；(c) 双 Y 形坡口；
(d) 带钝边 U 形坡口

手工电弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸
(GB985-88 摘录)

表 1-6

工件 厚度 δ (mm)	名 称	符 号	坡 口 形 式	焊 缝 形 式	坡 口 尺 寸 (mm)				
					α° (β°)	b	P	H	R
1~3	I 形坡口				—	0~1.5	—	—	—
3~6						0~2.5			
2~4	I 形带 垫板坡口				—	0~3.5	—	—	—
3~26	Y 形				40~60	0~3	1~4	—	—
									
>16	V 形带 垫板坡口				(5~15)	6~15	—	—	—
6~26	Y 形带 垫板坡口				45~55	3~6	0~2	—	—
20~60	带钝边 U 形坡口				(1~3)	0~3	1~3	—	6~8
12~60	双 Y 形坡口				40~60	0~3	1~3	—	—

续表 1-6

工件 厚度 δ (mm)	名 称	符 号	坡 口 形 式	焊 缝 形 式	坡 口 尺 寸 (mm)				
					α° (β°)	b	P	H	R
>10	双 V 形坡口	X			40~60	0~3	—	$\delta/2$	—
>10	2/3 双 V 形坡口				40~60	0~3	—	$\delta/3$	—
3~40	单 边 V 形坡口				(35~50)	0~4	—	—	—
									
>16	单 边 V 形带垫板坡口				(12~30)	6~10	—	—	—
6~15	V 形带垫板坡口				30~40	3~5	—	—	—
>15					20~30	5~8	—	—	—