

模块三 CO₂ 气体保护焊操作实训

任务1 平板件 V 形坡口对接焊

知识点

1. CO₂ 气体保护焊的安全操作要求
2. NBC-300 型焊机结构及工作原理
3. CO₂ 气体保护焊焊丝的选择方法
4. CO₂ 气体保护焊的坡口形式及尺寸

技能点

1. NBC-300 型焊机的安装及操作过程
2. CO₂ 气体保护焊焊接操作注意事项
3. CO₂ 气体保护焊引弧方式
4. CO₂ 气体保护焊焊接运条方法

任务引入

CO₂ 气体保护焊在大电流的条件下, 可以获得较大的熔透深度, 通常板厚在 10 mm 以上时, CO₂ 气体保护焊需要开坡口。为了保证焊透, 两板对接时一般设有间隙。坡口的三要素是间隙、坡口角度及钝边。坡口的形式及尺寸参照 GB/T 985—1988 《气焊、手工焊及气体保护焊缝坡口的基本形式与尺寸》。本任务的装配及备料如图 3-1, 图 3-2 所示。

本任务是使学生熟悉 CO₂ 气体保护焊的基本操作技术要求, 应根据 CO₂ 气体保护焊的工艺特点, 进行焊接材料及焊接设备的准备、坡口的加工, 熟悉定位焊的应用。

任务分析

应理解开坡口的目的包括以下几方面。

- ①能使焊丝伸入坡口底部, 保证根部能被焊透。
- ②厚板焊接时能改善焊缝成型 (避免焊缝的余高过大)。
- ③获得适宜的熔合比 (被熔化母材金属在焊缝中所占的百分比)。

开坡口后，坡口及其附近有污物，会造成电弧不稳定，并易产生气孔、夹渣、未焊透等缺陷。为了保证焊接质量，要求在坡口正反面的周围 20 mm 范围内清除水、锈、油、漆等污物。

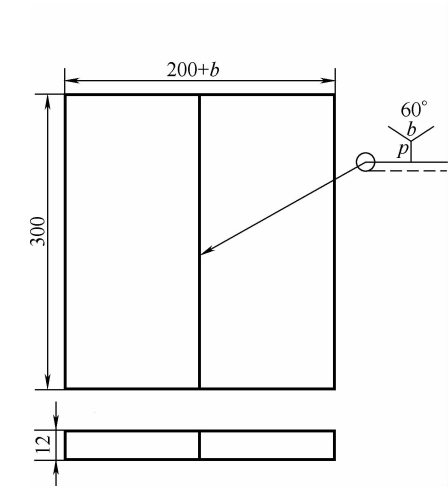


图 3-1 平板件 V 形坡口对接 CO₂ 气体保护焊装配图

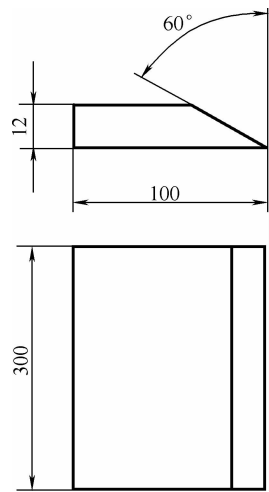


图 3-2 备料图

1.1 任务准备

- (1) 焊件 Q345 (16Mn) 钢板，规格尺寸为 300 mm × 100 mm × 12 mm，坡口面角度为 30° ± 5°。每组两块，共一组。
- (2) 焊机 NBC-350 型 CO₂ 气体保护焊机。
- (3) 焊接材料见表 3-1 所列。

表 3-1 焊接材料

名称	牌号	规格/mm	要求
焊丝	H08Mn2SiA	1.2	表面干净，无折丝现象
CO ₂ 气体	—	—	纯度 99.5%

1.2 安全文明生产要求

- CO₂ 气体保护焊与焊条电弧焊相比，在安全技术方面具有以下几个特点。
- ① CO₂ 气体保护焊具有较高的电斑密度，且电流也大，因而弧光辐射强烈。
 - ② CO₂ 气体保护焊的工作场所，不仅存在较多的 CO₂，同时还产生 CO，其浓度也较高。

③CO₂气体保护焊的飞溅较多。

④CO₂气体保护焊操作时，操作人员要移动送丝机和软管电缆等，且进行连续工作，所以劳动强度较高。

因为焊接电源及控制系统都需接电源，所以更应重视 CO₂气体保护焊的安全技术，保障操作人员安全生产。

CO₂气体保护焊在操作应注意如下几点。

(1) 保证工作环境有良好的通风。CO₂保护气在高温下分解，生成 CO、O 以及产生大量的烟尘。CO 极易和人体血液中的血红蛋白结合，造成人体缺氧。当空气中只有很少量的 CO 时，会使人感到身体不适、头痛；而当 CO 的含量超过一定范围时，则会造成人呼吸困难、昏迷等，严重时甚至导致死亡。如果空气中 CO₂气体浓度超过一定的范围，也会引起上述的反应。这就要求焊接工作环境应有良好的通风条件，在不能进行通风的局部空间施焊时，应佩戴能供给新鲜氧气的面具及氧气瓶。

(2) 注意选用容量恰当的电 源、电源开关、熔断器及辅助设备，以满足高负载率持续工作的要求。

(3) 采用必要的防止触电措施、良好的隔离防护装置和自动断电装置；焊接设备必须保护接地或接零，并经常进行检查和维修。

(4) 采用必要的防火措施。由于金属飞溅引起火灾的危险性比其他焊接方法大，要求在焊接作业的周围采取可靠的隔离、遮蔽或防止火花飞溅的措施。

(5) 由于 CO₂气体保护焊比普通埋弧电弧焊的弧光更强，紫外线辐射更强烈，应选用颜色更深的滤光片。

(6) 采用 CO₂气体电热预热器时，电压应低于 36 V，外壳要可靠接地。

(7) 由于 CO₂气体以高压液态盛装在气瓶中，要防止 CO₂气瓶直接受热，气瓶不能靠近热源，也要防止剧烈振动。

(8) 加强个人防护，戴好面罩、手套，穿好工作服、工作鞋，防止人体灼伤。

(9) 当焊丝送入导电嘴后，不允许将手指放在焊枪的末端来检查焊丝送出情况；也不允许将焊枪放在耳边来试探保护气体的流动情况。

(10) 使用水冷系统的焊枪，应防止绝缘破坏而发生触电。

1.3 相关专业知 识

1. CO₂ 气体保护焊机

NBC-500、350、250 系列逆变式 CO₂气体保护焊机，是用于 CO₂气体保护的高效率通用半自动电焊机。它可使用直径为 0.8 ~ 1.6 mm 的实心及药心焊丝，焊接低碳钢、低合金钢构件。该系列逆变焊机具有合理的静、外特性及良好的动

态性能，电弧自调节能力强，焊接过程稳定。

1) 编号

NBC - 500、350、250 系列逆变式 CO₂ 气体保护焊机型号编制符合 GB 10249—1988 标准的规定，如图 3 - 3 所示。

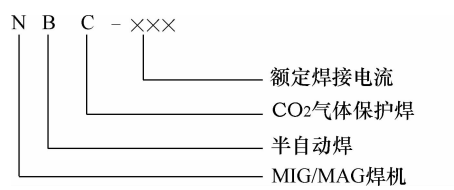


图 3 - 3 CO₂ 焊机编号

2) 主要技术参数

CO₂ 焊机主要技术参数见表 3 - 2 所列。

表 3 - 2 CO₂ 焊机主要技术参数

参 数	NBC - 250	NBC - 350	NBC - 500
电源电压/V、频率/Hz	三相 380、50		
额定输入功率/kW	7.5	13.7	24.4
额定输入电流/A	13	21	37
额定负载持续率/%	80	80	80
输出电流调节范围/A	50 ~ 250	60 ~ 350	60 ~ 500
输出电压调节范围/V	14 ~ 28	14 ~ 40	17 ~ 50
输出空载电压/V	48	48	70
满载效率/%	90	90	90
功率因数	0.87	0.87	0.87
使用焊丝直径/mm	0.8 ~ 1.0	0.8 ~ 1.2	1.0 ~ 1.6
保护气体流量/ (L · min ⁻¹)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20

3) 环境条件

焊接时，环境温度范围在 - 10 ~ 40℃；运输和储存过程中温度在 - 25 ~ 55℃。空气相对湿度：40℃时不大于 50%，20℃时不大于 90%。周围空气中的灰尘、酸、腐蚀性气体或物质等不超过正常含量。海拔高度不超过 1 000 m，周围风速不大于 1 m/s。

4) 供电电压品质

波形应为标准的正弦波，有效值为 380 (1 ± 10%) V，频率为 50 (1 ± 1%)

Hz。三相电压的不平衡度小于 5%。

5) 功能介绍

(1) 焊机前面板如图 3-4 所示, 其中各部分功能说明如下。

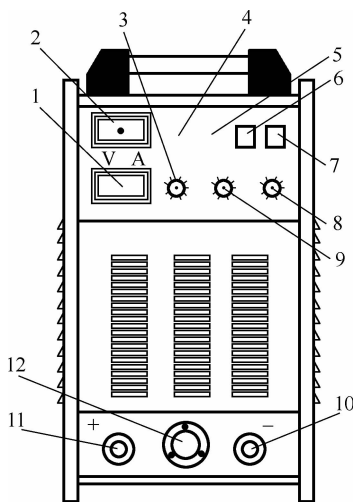


图 3-4 焊机前面板

- 1—输出电压表: 空载时显示电压给定值, 焊接时显示实际焊接电压值;
- 2—输出电流表: 空载时显示送丝速度相对值, 焊接时显示实际焊接电流值;
- 3—电感调节旋钮: 改变焊接稳定性、熔深和飞溅量;
- 4—工作指示灯: 指示焊机是否接通输入电源;
- 5—保护指示灯: 指示焊机内是否温度过高, 灯亮时焊机自动停止工作;
- 6—自锁/非自锁: 选择开关;
- 7—状态选择开关: 处于气检位置时, 电磁阀开启, 可检查 CO₂ 气体流量是否合格; 处于丝检位置时, 与按下焊枪开关的作用相同, 可以检查焊机的工作状态; 处于正常位置时, 焊机处于正常工作状态;
- 8—收弧电流调节旋钮: 在自锁方式下调节收弧电流的大小;
- 9—收弧电压调节旋钮: 在自锁方式下调节收弧电压的大小;
- 10—焊接电缆接线端子 (-): 通过输出电缆接被焊工件;
- 11—焊接电缆接线端子 (+): 接送丝机焊接电缆;
- 12—送丝机控制插座: 接送丝机控制电缆插头

(2) 焊机后面板如图 3-5 所示, 其中各部分功能介绍见图注。

2. 焊材选择

1) 焊丝的成分

CO₂ 焊焊丝既是填充金属又是电极, 所以焊丝既要保证一定的化学成分和力学性能, 又要保证具有良好的导电性和工艺性能。

(1) 脱氧剂焊丝必须含有一定数量的脱氧剂, 以防止产生气孔, 减少飞溅并提高焊缝金属的力学性能。用于低碳钢和低合金钢 CO₂ 焊的焊丝, 主要的脱氧

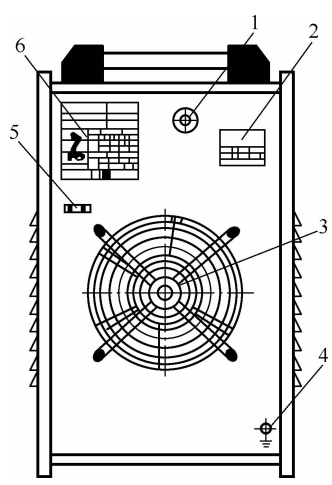


图 3-5 焊机后面板

- 1—电源输入电缆：四芯电缆。花色线用于接地，其余三根线接三相 380V/50Hz 电源；
- 2—自动空气开关：此开关的作用主要是在焊机过载或发生故障时自动断电，以保护焊机。一般情况下，此开关向上扳至接通的位置。启停焊机尽量使用用户配电板（柜）上的电源开关，不要把本开关当做电源开关使用；
- 3—风机：对机内发热器件进行冷却，输入电缆的接线相序应保证风机转向与要求相符（向机内吹风）；
- 4—接地螺栓：为保证人身安全和焊机的正常使用，请务必用导线将此螺栓可靠接地，或者将输入电缆中的接地线可靠接地；
- 5—加热电源输出插座（AC36V）：接 CO₂ 气体调节器的加热线圈；
- 6—铭牌

剂是 Si 和 Mn。其成分含量范围为 $W_0 = 1\% \sim 5\%$ ， $W_{Mn} = 1\% \sim 2.5\%$ 。Mn、Si 比约为 1.2 ~ 2.5，发挥 Si、Mn 联合脱氧的有利作用。

（2）C、S、P 焊丝的含碳量要低，要求 $W_C < 0.11\%$ ，这对于避免气孔及减少飞溅是很重要的。对于一般焊丝，要求硫及磷含量均为 $W_{S,P} \leq 0.04\%$ ；对于高性能的优质 CO₂ 焊丝，则要求硫及磷含量均为 $W_{S,P} \leq 0.03\%$ 。

（3）为防锈及提高导电性，焊丝表面最好镀铜。但镀铜焊丝的含铜量不能太大，否则会形成低熔点共晶，影响焊缝金属的抗裂能力。要求镀铜焊丝的 W_{Cu} 不大于 0.5%。

2) 焊丝的性能

目前我国 CO₂ 焊用的主要焊丝品种是 H08Mn2Si 类型，牌号中带有 A 符号的为优质焊丝，其杂质 S 和 P 的含量限制得比较严格。

这类焊丝采取 S、Mn 联合脱氧，具有很好的抗气孔能力。Si 和 Mn 元素也起合金化的作用，使焊缝金属具有较高的力学性能。此外，焊丝的 W_C 限制在 0.11% 以下，有利于减少焊接时的飞溅。

焊丝的牌号和化学成分要求见表 3-3 所列，焊缝力学性能要求见表 3-4

所列。

表 3-3 焊丝的牌号和化学成分要求

焊丝牌号	化学成分（W,%）									
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V
H08MnSi	≤0.11	1.20~1.50	0.40~0.70	≤0.035	≤0.035	≤0.20	≤0.30	≤0.20	—	—
H08Mn2Si	≤0.11	1.70~2.10	0.65~1.95	≤0.035	≤0.035	≤0.20	≤0.30	≤0.20	—	—
H08Mn2SiA	≤0.11	1.80~2.10	0.65~0.95	≤0.030	≤0.030	≤0.20	≤0.30	≤0.20	—	—
H11MnSi	0.07~0.15	1.00~1.50	0.65~0.95	≤0.025	≤0.035	—	≤0.15	—	≤0.15	≤0.05
H11Mn2SiA	0.07~0.15	1.40~1.85	0.85~1.15	≤0.025	≤0.025	—	≤0.15	—	≤0.15	≤0.05

表 3-4 焊缝力学性能要求

焊丝牌号	抗拉强度 σ_b /MPa	条件屈服应力 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ_s /%	室温冲击吸收功 A_{KV} /J
H08MnSi	420~520	≥320	≥22	≥27
H08Mn2Si	≥500	≥420	≥22	≥27
H07Mn2SiA	≥500	≥420	≥22	≥27
H11MnSi	≥500	≥420	≥22	—
H11Mn2SiA	≥500	≥420	≥22	≥27

3. 操作要点

CO₂气体保护焊的质量是由焊接过程的稳定性决定的。焊接过程的稳定性除通过调节设备选择合适的焊接参数保证外，更主要的是取决于操作者的实际操作水平。因此每一名操作者必须熟悉 CO₂气体保护焊的基本操作技术，才能根据不同的实际情况，灵活地运用这些技能，获得满意的焊接效果。

1) 正确持枪姿势

要保证正确的持枪姿势。由于 CO₂气体保护焊的焊枪比焊条电弧焊的焊钳重，焊枪后面又拖了一根沉重的送丝导管，因此操作时会感到较吃力。为了长时间地坚持生产，每个操作者都应根据不同的焊接位置，选择正确的持枪姿势，使操作者既不感到别扭，又能长时间、稳定地进行焊接。

正确持枪姿势应满足以下条件。

- (1) 操作时用身体某个部位承担焊枪的重量，通常手臂处于自然状态，手腕灵活带动焊枪平移或转动，不感到太累。
- (2) 焊接过程中，软管电缆最小的曲率半径应大于 300 mm，焊接时可随意拖动焊枪。
- (3) 焊接过程中，能维持焊枪倾角不变，且可以清楚方便地观察熔池。
- (4) 将送丝机放在合适的地方，保证焊枪能在需要的焊接范围内自由移动。

如图 3-6 所示为焊接不同位置焊缝时的正确持枪姿势。

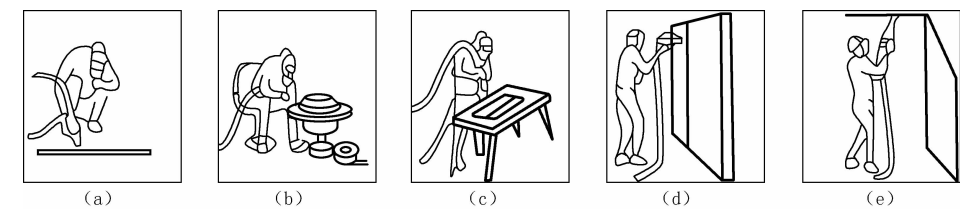


图 3-6 正确的持枪姿势

(a) 蹲位平焊；(b) 坐位平焊；(c) 立位平焊；(d) 站位立焊；(e) 站位仰焊

2) 保持焊枪与焊件合适的相对位置

CO₂ 气体保护焊焊接过程中，操作者必须使焊枪与焊件间保持合适的相对位置。主要是正确控制焊枪与焊件间的倾角和喷嘴高度。在这种位置焊接时，操作者既能方便地观察熔池，控制焊缝形状，又能可靠地保护熔池，防止出现缺陷。合适的相对位置因焊缝的空间位置和接头的形式不同而不同。

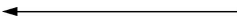
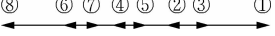
3) 保持焊枪匀速向前移动

在整个焊接过程中，必须保持焊枪匀速前移，才能获得满意的焊缝。通常操作者可根据焊接电流的大小、熔池的形状、焊件熔合情况、装配间隙、钝边大小等情况，调整焊枪前移速度，力争匀速前进。

4) 保持摆幅一致的横向摆动

像焊条电弧焊一样，为了控制焊缝的宽度和保证熔合质量，CO₂ 气体保护焊焊枪也要作横向摆动。焊枪的摆动形式及应用范围见表 3-5 所列。

表 3-5 焊枪的摆动形式及应用范围

摆动形式	用途	摆动形式	用途
	薄板及中厚板打底焊道		填角焊或多层焊时的第一层
	坡口小时及中厚板打底焊道		坡口大时
	厚板第二层以后的横向摆动		焊薄板根部有间隙，坡口有钢垫板

为了减少热输入，减小热影响区、变形，通常不希望采用大的横向摆动来获得宽焊缝，而提倡采用多层多道焊来焊接厚板。当坡口角度较小时，如焊接打底焊缝，可采用锯齿形较小的横向摆动，两侧停留 0.5 s 左右，如图 3-7 所示。



图 3-7 锯齿形横向摆动

当坡口大时,可采用弯月形的横向摆动,两侧停留 0.5 s 左右,如图 3-8 所示。



图 3-8 弯月形横向摆动

5) 基本操作

和焊条电弧焊一样,CO₂气体保护焊的基本操作技术也是引弧、收弧、接头、摆动等。由于没有电焊条送进运动,焊接过程中只需维持电弧弧长不变,并根据熔池情况摆动和移动焊枪,因此 CO₂气体保护焊操作比焊条电弧焊容易掌握。

(1) 引弧。CO₂气体保护焊与焊条电弧焊引弧的方法稍有不同,不采用划擦法引弧,主要采用碰撞法引弧,但引弧时不必抬起焊枪。具体操作步骤如下。

①引弧前先按遥控盒上的点动开关或按焊枪上的控制开关,点动输出一段焊丝,焊丝伸出长度小于喷嘴与焊件间的距离,超长部分应剪去,如图 3-9 所示。若焊丝的端部出现球状,则必须预先剪去,否则引弧困难。

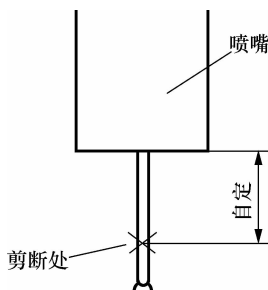


图 3-9 引弧前剪去超长焊丝

②将焊枪按要求(保持合适的倾角和喷嘴高度)放在引弧处。注意此时焊丝端部与焊件末端接触。喷嘴高度由焊接电流决定,如图 3-10 所示。

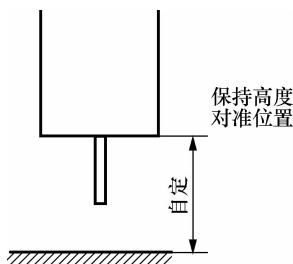


图 3-10 准备引弧

若操作不熟练,最好双手持枪。

③按焊枪上的控制开关，焊机自动提前送气，延时接通电源，保持高电压、慢送丝，焊丝碰撞焊件短路后，自动引燃电弧。短路时，焊枪有自动抬起的倾向，如图 3-11 所示，引弧时要稍用力下压焊枪，防止因焊枪抬起太高，电弧太长而熄灭。

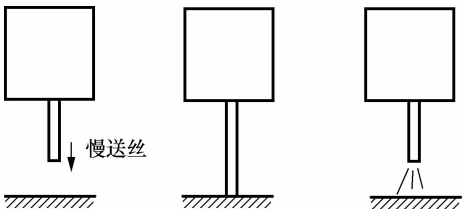


图 3-11 引弧过程

(2) 焊接。引燃电弧后，通常都采用左向法焊接。在焊接过程中，操作者的主要任务是保持合适的倾角和喷嘴高度，沿焊接方向尽可能地均匀移动。当坡口较宽时，为保证两侧熔合好，焊枪还要作横向摆动。

操作者必须能够根据焊接过程，判断焊接参数是否合适。像焊条电弧焊一样，操作者主要靠在焊接过程中看到的熔池情况、电弧的稳定性、飞溅的大小及焊缝成型的好坏来选择焊接参数。

(3) 收弧。 CO_2 焊接结束前必须收弧，若收弧不当容易产生弧坑，并出现弧坑裂纹、气孔等缺陷。操作时可以采取以下措施。

①若 CO_2 气体保护焊机有弧坑控制电路，则焊枪在收弧处停止前进，同时接通此电路，焊接电流与电弧电压自动变小，待熔池填满时断电。

②若 CO_2 气体保护焊机没有弧坑控制电路，或因焊接电流小没有使用弧坑控制电路，则在收弧处焊枪停止前进，并在熔池未凝固时，反复断弧、引弧几次，直至弧坑填满为止。操作时动作要快，若熔池已凝固才引弧，则可能产生未熔合、气孔等缺陷。

不论采用哪种方法收弧，操作时需要特别注意，收弧时焊枪除停止前进外不能抬高喷嘴，即使弧坑已填满，电弧已熄灭，也要让焊枪在弧坑处停留几秒钟后再离开，因为熄弧后，控制电路仍保证延时送气一段时间，以保证熔池凝固时得到可靠的保护。若收弧时抬高焊枪，则容易因保护不良产生缺陷。

(4) 接头。 CO_2 气体保护焊不可避免地产生接头，为保证焊接质量，可按下述步骤操作。

①将待焊接头处用角向磨光机打磨成斜面，如图 3-12 所示。

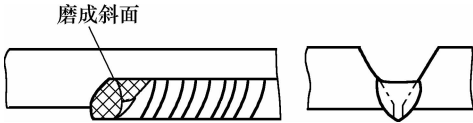


图 3-12 接头处的准备

②在斜面顶部引弧，引燃电弧后，将电弧移至斜面底部，转一圈返回引弧处后再继续向左焊接，如图 3-13 所示。

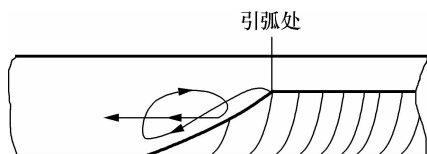


图 3-13 接头处的引弧操作

注意：这个操作很重要，引弧后向斜面底部移动时，要注意观察熔孔。若未形成熔孔，则接头背面焊不透；若熔孔太小，则接头处背面产生缩颈；若熔孔太大，则背面焊缝太宽或焊漏。

(5) 定位焊。由于 CO₂ 气体保护焊焊接热量较焊条电弧焊大，要求定位焊缝有足够的强度。通常定位焊缝都不磨掉，仍保留在焊缝中，焊接过程中很难全部重熔。因此应保证定位焊缝的质量，定位焊缝既要熔合好，余高又不能太高，还不能有缺陷，要求操作者像正式焊接一样焊定位焊缝。定位焊缝的长度和间距应符合下述规定。

①中厚板对接时的定位焊缝如图 3-14 所示。

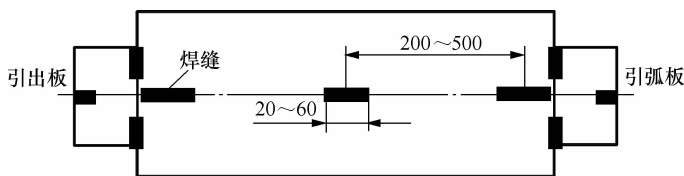


图 3-14 中厚板对接时的定位焊缝

②薄板对接时的定位焊缝如图 3-15 所示。

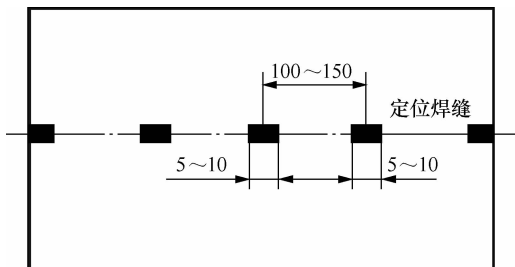


图 3-15 薄板对接时的定位焊缝

5. 焊前准备

1) 坡口形式

由于 CO₂ 气体保护焊使用的电流密度大，因此在焊接坡口角度较小，钝边较

大的情况下也能焊透；而由于焊枪喷嘴直径较焊条直径粗得多，因此在焊厚板采用的 U 形坡口的圆弧半径较大时，才能保证根部焊透。

CO₂ 气体保护焊推荐使用的坡口形式及尺寸见 GB/T 985—1988 《气焊、焊条电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》。

2) 坡口加工方法

(1) 刨床加工。各种形式的直坡口都可采用边缘刨床或牛头刨床加工。

(2) 铣床加工。V 形坡口、Y 形坡口、X 形坡口和 I 形坡口的长度不大时，在高速铣床上加工是比较好的。

(3) 数控气割或半自动气割。可割出 V 形、I 形、Y 形和 X 形坡口，通常在培训时使用的单 V 形坡口试板都是用半自动气割割出来的，没有钝边，割好的试板用角向磨光机打磨一下就可以使用。

(4) 手工加工。在实际条件不具备时，可采用手工气割、角向磨光机或锉刀加工坡口。

(5) 车床加工。管子端面的坡口及管板上的孔，通常都在车床上加工。

1.4 任务实施

1. 组对与定位焊

焊前在坡口两侧（正、反面）20 mm 范围内除锈、去污，用角磨机打磨至露出金属光泽。按表 3-6 所提供的数据进行组对。采用正式焊接用焊丝进行定位焊，定位焊缝长度为 10~15 mm，定位焊缝内侧用角磨机打磨成斜坡状，并将坡口内的飞溅清除。

表 3-6 组对数据要求

坡口角度	预留间隙/mm		钝边/mm	反变形角	错边量/mm
60°±5°	始焊端	终焊端	0~0.5	2	≤0.5
	2.5	3.0			

2. 工艺参数的制定

工艺参数的选择见表 3-7。

表 3-7 工艺参数的选择

焊接层数	焊丝直径/mm	焊丝伸出长度/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/(L·min ⁻¹)
1	1.2	20~25	90~110	18~20	15
2	1.2	20~25	230~250	24~26	20
3	1.2	20~25	230~250	24~26	20

3. 打底焊

将焊件置于底部架空的工作台上，采用左焊法进行焊接，从间隙较小的一侧开始焊接。

(1) 引弧从定位焊缝顶端开始引弧，电弧稳定后向前运行，至坡口根部后稍加摆动，等第一个熔孔出现后，开始正式焊接。

(2) 正常焊接焊枪与焊件的夹角如图 3-16 所示。电弧在引燃后，无需作下压动作，应作小幅度横向摆动，并在坡口两侧稍加停顿。注意观察熔孔尺寸，应比每侧间隙增大 0.5 ~ 1 mm，焊接时应根据熔孔直径和间隙大小调整焊枪横向摆动的幅度和焊接速度。当熔孔增大时，横向摆动幅度应增大。焊接过程中焊丝应始终在熔池的前半部燃烧。打底层焊缝厚度应保持在 4 mm 左右。

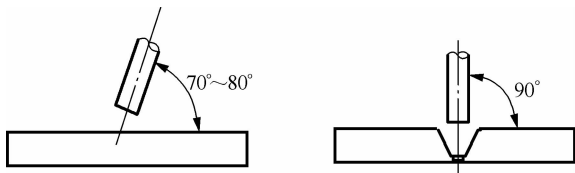


图 3-16 焊枪与焊件夹角

(3) 接头若出现中断焊接时，应先将灭弧处焊缝打磨出斜坡状，然后按照引弧时的方法进行接头处理。

4. 填充焊

将打底层焊缝表面的飞溅清除干净，若焊缝表面有凹凸不平，可用角磨机进行打磨至平整。

焊接时焊枪角度及摆动方法与打底焊时相同，可适当增加焊丝伸出长度。摆动幅度比打底层时稍大，并注意在坡口两侧稍加停顿。焊后焊缝表面距焊件表面为 1 ~ 1.5 mm 为宜，并不得破坏坡口边缘的棱边。

5. 盖面焊

将填充焊焊缝表面的飞溅清除干净，若焊缝表面有凹凸不平，可用角磨机进行打磨至平整。检查导电嘴和喷嘴周围的飞溅，并将其清除干净。

焊枪角度、摆动幅度与填充焊相同，焊枪在坡口两侧的摆动要均匀、缓慢。在收弧处要做到滞后停气。

要领：平对接 CO₂ 焊接时，无需作焊丝下压动作，焊接时注意控制喷嘴的高度，以不影响视线和保证良好的气体保护为宜。

6. 焊后清理及检测

将焊缝正、反面的飞溅清除干净，用钢丝刷刷净。参照表 3-8 检测焊缝表面质量。

表 3 -8 焊缝表面质量要求

焊缝	坡口每侧 增宽/mm	宽度差/mm	直线度/mm	余高/mm	余高差/mm	角变形 / (°)
正面	0.5 ~2.0	1.5	1.5	0 ~3	2	3
反面	—	—	—			

7. 操作注意问题

板件平对接 V 形坡口二氧化碳焊焊接工艺参数的选择是保证质量的前提，其选择应合理。

焊接过程中应尽量减少接头，甚至无接头为最佳。

焊接时要经常检查焊枪导电嘴和喷嘴是否有被飞溅堵塞现象，并及时作出处理。

1.5 重点提示

CO₂气体保护焊焊接要领如下。

1. 引弧

根据工作台的高度，身体呈站立或下蹲姿势，上半身稍向前倾。脚站稳，肩部用力使臂膀抬至保持水平，右手握焊枪，但不要握得太死。要自然，并用手控制枪柄上的开关，左手持面罩，准备焊接。引弧前先按焊枪上的控制开关，点动送出一段焊丝，焊丝伸出长度小于吹嘴与工件间应保持的距离，超长部分应剪去。若焊丝端部出现球状时，必须预先剪去，否则引弧困难。

将焊枪按要求（保持合适的倾角和喷嘴高度）放在引弧处。

按焊枪上的控制开关，焊机自动提前送气，延时接通电源自动送丝，当焊丝碰到工件短路后，自动引燃电弧。

短路时，焊枪有自动顶起的倾向，故引弧时要稍用力压焊枪。防止焊枪抬起太高，电弧太长而熄灭。

半自动焊时习惯的起弧方式是焊丝端头与焊接处划擦的过程中按焊枪按钮，通常称为“划擦起弧”。这时起弧成功率较高。起弧后必须迅速调整焊枪对准位置、焊枪角度和导电嘴—母材间的距离。

起弧处由于工件的温度较低，所以，熔深都比较浅。另外，焊接过程不稳定，容易产生缺陷。为防止这种缺陷的影响，可以采取如图 3 - 17 的方法。显然图 3 - 17（a）是把起弧处留在工艺板上，但在一般情况下往往不采用这种方法而是直接在工件上起弧。由于起弧处熔深浅，特别是在短路过渡时容易引起未焊透。为此可以采用图 3 - 17（b）所示的倒退起弧法，起弧后快速返回母材端头，再沿焊接线移动，在焊接重合部分进行摆动，熔深浅处用余高来补偿。图 3 - 17

(c) 适合于自动焊情况,起弧处快速移动,得到较窄的焊道,为随后焊道接头创造条件。半自动焊时的焊道接头处通常采用图 3-17 (b) 的倒退起弧法,使焊道充分熔合,达到完全消除弧坑。

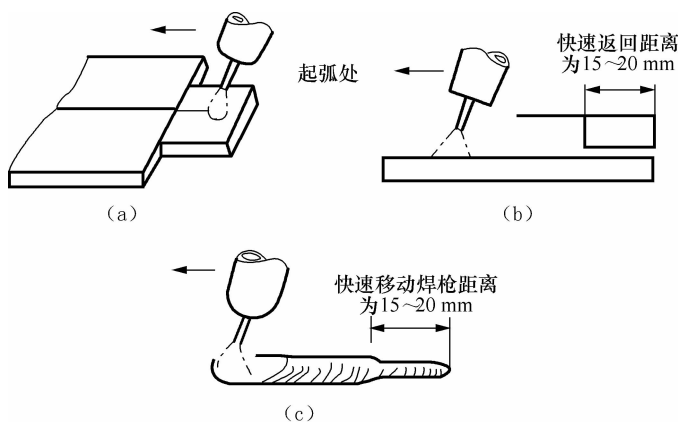


图 3-17 几种起弧方法

(a) 使用工艺板; (b) 倒退起弧法; (c) 较窄焊道连接的起弧方法

2. 焊接过程中的运弧方法

CO₂气体保护焊由于焊丝是自动送进的,因此操作人员用不着像手工电弧焊那样有一个向电弧区不断送丝的动作,但是仍须握着焊枪沿焊接方向按一定的规律移动,这样才能形成焊缝。

1) 焊枪的横向摆动形式

由于使用较细的焊丝,焊接时焊件接受热量比手工电弧焊小,因此焊件熔化的范围较小,如焊枪不作横向摆动,焊缝势必狭窄。正因为如此,CO₂气体保护焊时横向摆动是十分必要的,其目的如下。

- (1) 可以获得需要的焊缝宽度。
- (2) 确保焊缝周边熔合良好。
- (3) 拼缝间隙偏大时不至于焊穿。
- (4) 空间作业时(如横、立焊)可以克服熔融金属的跌落。

焊枪按某种形式作横向摆动,焊丝就形成了特定的运弧轨迹,结果形成具有明显个性的焊缝。根据工件的板厚不同,接头的形式不同以及空间的位置不同,焊丝的运弧轨迹有直线形、锯齿形、圆形、三角形、人字形等。

2) 焊枪的倾角大小与方向

焊枪上喷嘴尺寸较大,操作人员为了得到良好的操作视角,以及对熔池的控制,焊枪与工件间形成一定的倾角。此外,为了减少飞溅,获得足够的熔深和美观的焊缝成型,不同的运弧方法,不同的空间位置其倾角的方向及大小也有所不同。

3) 左焊法和右焊法焊枪的摆动方式（如图 3 - 18 所示）

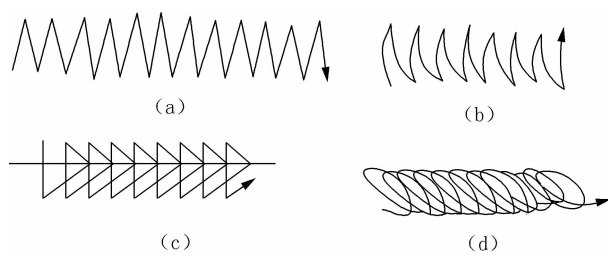


图 3 - 18 CO₂ 半自动焊焊枪的各种摆动方式

（a）锯齿形摆动；（b）月牙形摆动；（c）正三角形摆动；（d）斜圆形摆动

（1）左焊法。左焊法是指焊接电弧从接头右端向左端移动的操作方法（如图 3 - 19 所示）。CO₂ 气体保护焊经常采用这种焊法，其特点是容易看清熔池和前方情况，并根据观察结果及时调整运弧方法。由于熔化金属被吹向前方，使电弧不能直接作用在母材上，所以熔深较浅。

操作时焊枪后倾 10° ~ 15°，喷嘴指向前方，抗风能力强，保护效果好，焊缝宽度增大，余高略小，特别适宜于要求快速焊接的场合。

（2）右焊法。与左焊法相反，焊接电弧由左端向右移动，并且指向已焊部位（如图 3 - 19 所示），操作时不易观察焊接方向的情况，由于熔池金属被吹向后方，故电弧可直接作用于母材上，其结果使焊缝的熔深增加，但焊宽减小，余高增大，成型显得粗糙。焊枪前倾 10° ~ 15°，飞溅较少。但抗风能力较弱，保护效果较差，不适宜于快速焊接。

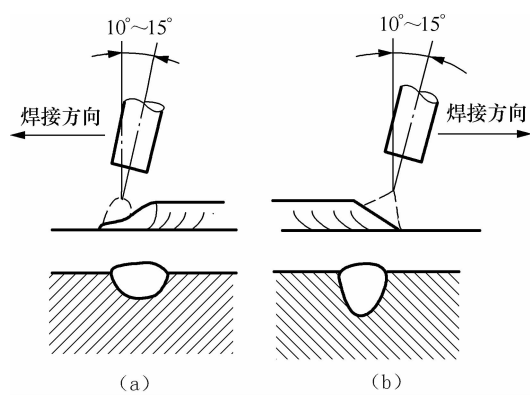


图 3 - 19 焊枪角度及焊道断面形状

（a）左焊法；（b）右焊法

3. 收弧

收弧时，应注意将收尾处的弧坑填满。一般说来，采用细丝 CO₂ 短路过渡焊接。其电弧长度短，弧坑较小，不需作专门的处理，只要按焊机的操作程序收弧

即可。若采用粗丝大电流焊接并使用长弧时，由于电弧电流及电弧吹力都大，如果收弧过快，会产生弧坑缺陷。所以，在收弧时应在弧坑处稍停留片刻，然后缓慢抬起焊枪，并在熔池凝固前继续送气，焊道接头时，先将待焊接头处用角向磨光机打磨成斜面，然后在斜面顶部引弧。引燃电弧后，将电弧移至斜面底部，转一圈返回引弧处后再继续向左焊接。

4. 操作注意事项

(1) CO₂焊时引弧和熄弧无须移动焊枪，操作时应防止焊条电弧焊时的习惯动作。

(2) CO₂焊熄弧时要注意在电弧熄灭后不可立即移开焊枪，以保证滞后停气对熔池的保护。

(3) CO₂焊由于电流密度大，弧光辐射严重，必须严格穿戴好防护用品。

1.6 任务评价

平板件 V 形坡口对接焊考核评分方法见表 3-9 所列。

表 3-9 平板件 V 形坡口对接焊考核评分表

平板件 V 形坡口 对接焊					
考核项目	考核内容及要求	分值	学生 自评	小组 评分	教师 评分
外观检查	CO ₂ 气体保护焊焊缝成型完整	8			
	焊道起头圆滑	8			
	焊道接头平整	8			
	焊缝平直	9			
	焊缝宽度一致	9			
操作技能	操作姿势正确	8			
	引弧方法正确	10			
	运条方法正确	10			
	定点引弧方法正确	10			
	CO ₂ 气体保护焊方法正确	10			
	工艺执行情况	5			

续表

考核项目	考核内容及要求	分值	学生 自评	小组 评分	教师 评分
安全生产	无人身、设备事故	5			
总分		100			

1.7 任务拓展

对应比较板件横对接 CO₂ 焊

1. 焊前准备

1) 焊件

Q345（16Mn）钢板，规格尺寸为 300 mm × 100 mm × 10 mm；坡口角度为 30° ± 5°，每组两块，共一组。

2) 焊机

NBC - 300 半自动 CO₂焊机。

3) 焊接材料

φ1.0 mm、H08Mn2SiA 焊丝，CO₂气体，纯度要求 99.5%。

2. 焊件清理

用角磨机将坡口两侧 20 mm 范围内的铁锈和油污等清理干净，至露出金属光泽。用锉刀加工出上侧为 0.5 mm、下侧为 1 mm 的钝边。

3. 定位焊

将板件置于同一平面上对接，两端预留出 2.5 mm 和 3.2 mm 的间隙，然后进行定位焊，定位焊缝长度为 10 ~ 15 mm，焊件留出 5° ~ 6°的反变形，同时将定位焊缝内侧一端打磨成斜坡状。

4. 打底焊

将焊件装卡在焊接工位架上，选择合适的焊接工艺参数（如表 3 - 10 所列），采用左焊法进行焊接。

表 3 - 10 横对接操作工艺参数

层数	焊丝直径/mm	焊丝伸出 长度/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/ (L · min ⁻¹)
1	1.0	10 ~ 12	90 ~ 100	18 ~ 20	12 ~ 15
2	1.0	10 ~ 12	115 ~ 125	21 ~ 23	12 ~ 15
3	1.0	10 ~ 12	115 ~ 125	21 ~ 23	12 ~ 15

1) 引弧

在定位焊缝上进行引弧，焊枪与焊件之间的夹角如图 3 - 20 所示。电弧引燃

后,沿焊缝方向作上下小幅度的摆动,当焊枪运行至斜坡根部时,注意观察熔孔,当熔孔达到熔化每侧钝边 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 时开始进行正常焊接。

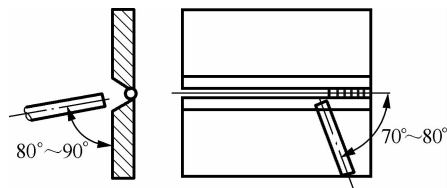


图 3-20 打底焊焊条角度

2) 正常焊接

焊接过程中应保持焊枪角度,同时观察熔池和熔孔,根据熔池温度调整焊接速度和焊枪的摆动幅度。在间隙大、熔孔大时,焊枪摆动幅度要加大,反之则应减小。

3) 接头

如果中途中断焊接,应先将停弧处打磨出斜坡状,然后按照开始引弧的方法进行接头和焊接。

5. 填充焊

填充焊可用上下两道焊缝完成。焊前先将打底焊缝表面的熔渣和飞溅清理干净,接头凸起处用角磨机磨平,然后调节工艺参数(见表 3-11 所列)进行焊接。焊接时焊枪角度如图 3-21 所示。

表 3-11 焊缝检查内容及要求

焊缝	坡口每侧增宽/mm	宽度差/mm	直线度/mm	余高/mm	余高差/mm	角变形/(°)
正面	0.5~2.0	1.5	1.5	0~3	2	3

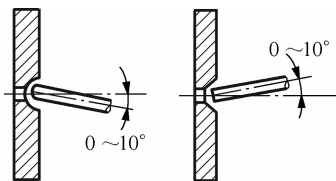


图 3-21 填充焊焊枪角度

第一道焊缝焊接时,电弧应以打底焊缝的下边缘为中心进行焊接,焊缝高度距坡口表面 $1.5 \sim 2 \text{ mm}$ 为宜。

第二道焊缝焊接应以打底焊缝的上边缘为中心,同时进行小幅度摆动焊接。焊枪与焊缝后侧的倾角为 $80^\circ \sim 85^\circ$ 。

6. 盖面焊

先将填充层焊缝表面及坡口边缘的熔渣和飞溅清理于净,然后分三道完成盖

面焊。调节工艺参数（见表 3-11），焊枪与焊缝的夹角为 $70^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。

第一道焊缝的焊接时，电弧的中心偏向于填充焊缝的下边缘，电弧熔化坡口边缘的棱边 $1.5 \sim 2.5 \text{ mm}$ ，适当增大摆幅。

第二、三道焊缝焊接时，电弧位置适当下移，第三道焊缝应将坡口上侧边缘棱边熔化 $1 \sim 1.5 \text{ mm}$ 为宜。

7. 焊后清理及检测

（1）焊后将焊件表面上的熔渣和飞溅清理干净，用钢丝刷刷净。

（2）参照表 3-11 检测焊缝质量。

8. 操作注意问题

（1）打底焊时电弧在下边缘停顿的时间应比上边缘停顿的时间短，以防止焊缝下坠。

（2）盖面层焊缝完成后，不得修磨焊道，应保证焊缝的原始状态。

思考与练习

- （1） CO_2 气体保护电弧焊设备由几部分组成？各有什么作用？
- （2） CO_2 焊的气路由哪些部件组成？
- （3）左焊法和右焊法是什么？ CO_2 气体保护焊如何使用运弧方法？
- （4）板件平对接与横对接的比较。

任务 2 插入式管板平角焊

知识点

1. NBC1-300 型弧焊电源结构及工作原理
2. 插入式管板平角焊引弧与运条的方法
3. CO_2 气体保护焊平角焊的工艺参数
4. 焊缝及焊缝形状尺寸

技能点

1. NBC1-300 型焊机的安装和调节
2. 注意平角焊焊接操作时的技巧
3. 根据图样合理选择 CO_2 气体保护焊的工艺参数
4. 平角焊焊接中常见缺陷产生的原因和防止措施

任务引入

插入式管板平角焊装配图如图 3-22 所示。本任务是管板角接焊件的焊接施

工, 学生应在理解 CO₂ 气体保护焊基本原理及电弧理论的基础上, 掌握引弧、运条、焊道连接、收尾等操作技能。领会 CO₂ 气体保护焊安全防护及环境要求, 分析焊接技术要求, 贯彻 CO₂ 焊的相关焊接标准。

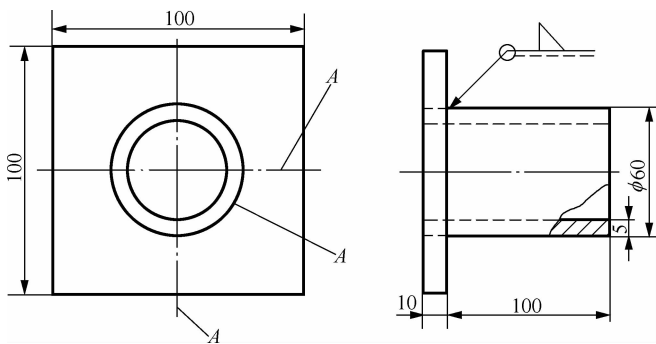


图 3-22 插入式管板平角焊装配图

任务分析

进行角接头平焊位置角焊缝的焊接, 叫平角焊。角焊时除了焊接缺陷应在技术条件允许的范围之内外, 主要要求角焊缝的焊脚尺寸符合技术要求, 以保证接头处的强度。因此, 学生需要根据现有的技术条件, 选择合理的平角焊焊接技术参数, 以满足生产应用要求。

2.1 任务准备

- (1) 工、量具: 手用面罩、操作人员手套、护脚、锤子、錾子、钢丝刷、钢板尺、直角尺、锉刀、角向磨光机。
- (2) 材料: 管板、板, 管 $D \times S \times L = 60 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 板 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$, 如图 3-23 所示。
- (3) 设备: NBC1-300 型焊机。

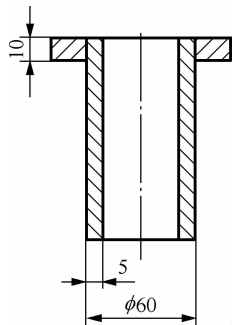


图 3-23 备料图

2.2 安全文明生产要求

在焊接工作中, 触电带来的伤害最为严重, 触电是最危险的事故。当通过人体的电流约 1 mA 时, 人就会有感觉; 电流达 5 mA 时, 人有轻微痛感; 电流达 10 mA 时, 人会剧烈疼痛而无法忍受; 当通过人体的电流达 50 ~ 100 mA 时, 则会造成死亡。人体电阻是个变值, 人体最小电阻仅 800 Ω , 因此对人来说安全电压为 50 mA $\times$ 800 Ω = 40 V。三相网路电压为 380 V, 预热器电源电压有的是 110 V, 送丝电动机的电源电压也是 110 V, 若人接触到这些电压, 都是不安全的。CO₂ 气体保护半自动焊操作人员预防触电要做到以下几点。

- (1) CO₂ 气体保护焊机的机壳必须有良好的接地, 接地线必须使用 14 mm²

的导线。

(2) 焊接设备的安装及修理由电工负责，焊机在使用中如发生故障，操作人员应立即切断电源，然后通知电工检查修理。

(3) 操作人员在推拉三相同路闸刀时，必须戴手套，头部不要正面对向闸刀，以防线路短路造成闸刀上的电弧火花烧伤操作人员头部。

(4) 焊机进线接头和焊接电缆接头必须旋紧螺纹，使其接触良好，外露部分必须用绝缘胶带进行包扎，使绝缘良好。

(5) 焊接工作场地不应有洒落的水，尤其是在使用水冷式焊枪时，要防止连接部位的漏水。

(6) 穿戴好绝缘良好的皮手套、绝缘鞋、工作服等个体防护用具。

(7) 手提工作行灯的电压，不得超过 36 V。

(8) 注意身上和工作服尽可能不要被汗水或雨水弄湿，工作服潮湿时，身体不要靠在钢板上，避免意外触电。

(9) 焊接工作结束，在离开施工现场前，必须切断焊机的电源开关。

2.3 相关专业知识

1. CO₂ 气体保护半自动焊机的外部连接

CO₂ 气体保护半自动焊机的连接工作是将其组成部分连接起来，并接通三相网路和焊接回路。正确的连接是保证 CO₂ 气体保护半自动焊机正常运转的首要条件，错误的连接会使焊机不能启动，甚至使焊机的零部件受到损坏。CO₂ 气体保护半自动焊机要按一定的顺序进行连接，各步骤的操作要点见表 3-12 所列。图 3-24 为 CO₂ 气体保护半自动焊机的外部连接。

表 3-12 CO₂ 气体保护半自动焊机的连接顺序

序号	连接内容	操作要点
1	查明焊机的功率和配电箱保险丝的容量	(1) 检查所安装的保险丝是否符合规定的容量，不许使用容量过大的保险丝。 (2) 焊机的额定电压、频率应和网路电压、频率相符合
2	焊机机壳接接地线	(1) 焊机的机壳必须用 14 mm ² 的电缆作接地线。 (2) 配电箱上应装有防漏电的自动断电安全装置

续表

序号	连接内容	操作要点
3	连接焊件的电缆	(1) 电缆一端和焊接电源输出端的负极相连接, 另一端和焊件相连接, 用螺栓连接, 保证良好的接触。 (2) 焊接电源输出端接头外露部分要绝缘。 (3) 电缆截面可按 5 A/mm^2 选定。 (4) 电缝不宜长, 不许盘圈重叠
4	连接焊枪的电缆	(1) 电缆一端和焊接电源输出端的负极相连接, 另一端和焊枪供电部分相连接, 用螺栓牢固连接。 (2) 电源输出端接头外露部分要绝缘。 (3) 电缆截面可按 5 A/mm^2 选定
5	连接遥控盒	将遥控盒电缆插头牢固接在焊机箱柜上标明的螺纹插座上
6	连接送丝机的控制电缆	将控制电缆的插头牢固连接在焊机箱柜上的专用螺纹插座上
7	安装减压流量调节器	(1) 安装前把 CO₂ 瓶阀柄转开约 90°, 吹去瓶口上垃圾。 (2) 减压流量调节器的气体进出口的地方, 要防止黏附油和灰尘。 (3) 减压流量调节器应竖立装在 CO₂ 瓶的侧面。 (4) 减压流量调节器的螺母应可靠地旋在 CO₂ 瓶口上。 (5) 安装时, 不可用手托住流量计, 而是托住减压流量调节器的整体, 用扳手旋紧螺线
8	连接 CO ₂ 气管	(1) 用橡胶气管连接减压流量调节器的出气口、进丝机底板上的电磁气阀。 (2) 在使用配套的接头零件 (管螺母、管螺纹接头) 连接的地方要将管螺母旋紧。 (3) 气管和螺纹管接头连接的地方要用专用扳手夹紧, 防止漏气
9	连接 CO ₂ 减压流量调节器的预热器上的电源电线	(1) 将预热器电源电线的插头插入焊机箱柜后侧的专用插座。 (2) 注意电源电压是否相符

续表

序号	连接内容	操作要点
10	连接送丝机和焊枪	(1) 连接前检查弹簧软管是否适用于所使用的焊丝直径, 软管长度是否合适。 (2) 将弹簧软管、焊接电源、控制电缆、气管分别按照指定的连接部位, 可靠地进行连接, 切忌不可插入 220 V 交流电源上
11	接上输入端三相电源	(1) 将焊机的电源开关处于断开的位置上。 (2) 检查配电箱开关, 并将它置于切断电源的位置。 (3) 按 5 A/mm^2 选用输入电缆的截面, 若输入电缆较长还应适当加大电缆截面。 (4) 将输入电缆接入配电箱。 (5) 电缆接头螺栓必须拧紧, 保证良好的通电。 (6) 焊机输入端的电缆接头要有良好的绝缘

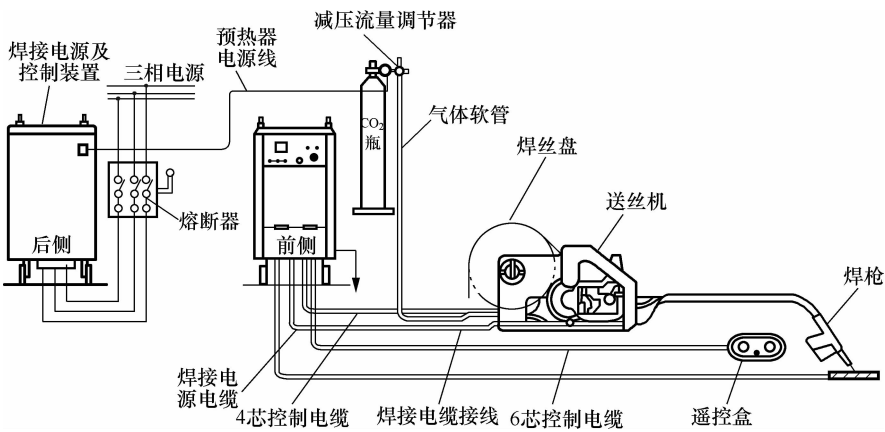


图 3-24 CO₂ 气体保护半自动焊机的外部连接

2. 用于混合气体保护焊的焊机外部连接

CO₂ 气体保护半自动焊机可用于混合气体保护焊。使用时, CO₂ 气体保护半自动焊机的焊接电源、控制装置、送丝机、焊枪、CO₂ 液化气瓶、减压流量调节器、电磁气阀等都保持原状, 所不同的是在供气系统中增加一只氩气瓶和减压阀, 还有重要的气体配比器。气体配比器任务是将两种混合气体按所需要的比例进行混合后输出, 送入电磁气阀。

气体配比器有两个气体输入管 (Ar + CO₂), 两者不可搞错, 一支输出管, 还有调节旋钮。利用调节旋钮便可获得不同比例的混合气体。

目前市场上已有按一定比例混合的气体瓶装供应, 只要把混合气瓶取代 CO₂

瓶,就可实现混合气体保护焊。混合气体价格高,且又不能重新改变比例,所以多数工厂还是用气体配比器自行配制,方便调节。

3. CO₂ 气体保护半自动焊机的焊前准备

CO₂ 气体保护半自动焊机的焊前良好准备工作是获得优良焊接质量的重要因素之一。CO₂ 气体保护半自动焊机的焊前准备工作可按图 3-25 所示的顺序进行,各步骤操作要点见表 3-13 所列。

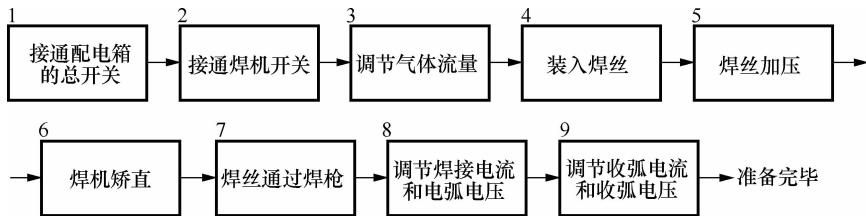


图 3-25 焊机的焊前准备工作

表 3-13 CO₂ 气体保护半自动电弧焊焊机的焊前准备工作顺序

序号	准备工作的内容	操作要点
1	接通三相电源配电箱的总开关	(1) 检查输入电缆的连接和绝缘情况。 (2) 检查网路电压是否和焊机规定的电压相符。 (3) 切断焊机上的开关。 (4) 检查配电箱的总开关。 (5) 接通三相电源配电箱的总开关
2	接通焊机的开关	(1) 把焊枪开关置在断开的位罝上,把查气开关置在“焊接”的位罝上。 (2) 检查焊机的开关。 (3) 接通焊机的开关。 (4) 观察冷却焊接电源用的风扇转动是否正常
3	调节气体的流量	(1) 把焊机箱柜面板上的查气开关扳到“查气”的位罝上。 (2) 旋转 CO ₂ 瓶阀上的手轮。开启阀门,转动减压流量调节器的手轮,放出 CO ₂ 气体,放出两至三次。 (3) 调节气体流量达到所需要的值。 (4) 把查气开关扳回到“焊接”位罝上
4	装入焊丝	(1) 把焊丝盘套入轴上,并装好轴销,防止焊丝盘脱落。 (2) 用手钳把焊丝端部弄成直线,且端头避免锐角,焊丝穿过矫直装置和加压装置,送进焊枪弹簧软管的输入口。 (3) 检查矫直轮和弹簧软管输入口中心位置是否一致

续表

序号	准备工作的内容	操作要点
5	焊丝加压	(1) 把焊丝嵌入给送滚轮的沟槽里，扳动加压手柄，对焊丝加压。 (2) 根据要求，调整弹簧压力，调整施加于焊丝的压力
6	焊丝矫直	(1) 根据焊丝粗细调整焊丝矫直量。 (2) 调整后要将矫直轮固定螺母拧紧
7	焊丝通过焊枪	(1) 检查导电嘴的直径是否和焊丝直径匹配。 (2) 松开导电嘴和喷嘴。 (3) 按下遥控盒上的焊丝点动按钮，使焊丝散动，直至焊丝伸出导电嘴端约 10 mm 的长度。 (4) 旋紧导电嘴，使导电良好，装上喷嘴
8	调节焊接电流和电弧电压	(1) 在遥控盒上用焊接电流调节器调节电流。 (2) 用电弧电压调节器调节电弧电压。 (3) 某些焊机有“一元化滑节”功能，即在调节焊接电流的同时，电弧电压也相应变化达到大致匹配的程度。如需更好的匹配，还可进一步细调电压
9	调节收弧电流和收弧电压	(1) 将焊机箱柜面板上的收弧控制开关，置在“有”的位置上。 (2) 在面板上调节收弧电流。 (3) 在面板上调节收弧电压。 (4) 如不需要收弧控制，可将收弧控箭开关置在“无”的位置上

4. 焊枪开关的操作

焊枪上仅有一个开关，供控制焊接启动和停止用，有两种控制方式：一为无收弧控制；另一为有收弧控制。改变焊机箱柜面板上的收弧控制选择开关的位置，就可改变收弧控制方式。

1) 无收弧控制时焊枪开关的操作

处在无收弧控制工作状态下。按下焊枪开关，输气、通电、送丝，焊接工作进行，焊接时要始终按住焊枪开关。松开焊枪开关，停丝、断电、停气，焊接工作停止（如图 3-26 所示）。

2) 有收弧控制时焊枪开关的操作

在有收弧控制工作状态下，按下焊枪开关，输气、通电、送丝，焊接工作进行。松开焊枪开关，焊接工作仍继续。再按下焊枪开关，这时焊接电流和电弧电压自行减小成收弧电流和收弧电压，便于收弧。最后，再松开焊枪开关，则停

丝、断电、停气。焊接工作停止（如图 3-26 所示）。在有收弧控制状态下，操作人员在焊接时不需要按住焊枪开关，减轻了劳动强度。

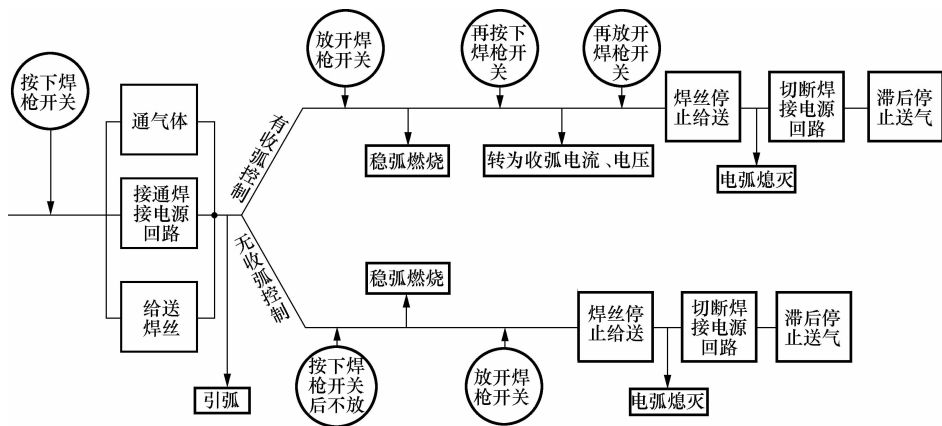


图 3-26 焊枪开关的操作

2.4 任务实施

1. 图样工艺分析

1) 考核要求

- (1) 根部要求有一定的熔滴。
- (2) 试件一经固定开始焊接, 不得任意移动。
- (3) 焊前将坡口处的油污、氧化膜清理干净。
- (4) 不许破坏焊缝原始表面。
- (5) 操作时间为 30 min。

2) 操作前准备

(1) 清理: 清理坡口面及正反两侧 20 mm 范围内的油污、锈蚀, 直到露出金属光泽。

(2) 选择焊接工艺参数: 焊接工艺参数见表3-14所列。

表 3-14 焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/(L·min ⁻¹)	焊丝伸出长度/mm
打底焊	1.2	90~110	18~20	10	15~20
盖面焊	1.2	110~130	20~22	15	25~20

(3) 加工技巧: 本试件的焊接包括仰角焊、立角焊和平角焊几种。焊接时要注意焊接工艺参数的选择, 并应随时间调整焊枪角度, 避免铁水下淌。

3) 加工工艺流程

(1) 檢驗來料尺寸。

- (2) 装配。
- (3) 打底焊。
- (4) 盖面焊。
- (5) 清理、交件。

2. 加工步骤

- 1) 检验来料尺寸
- 2) 选择焊接电流、电弧电压进行装配

(1) 管子应垂直于管板，组对严密。

(2) 采用与焊接试件相同牌号的焊丝进行点焊，焊点长度为 10 ~ 15 mm，焊脚不能太高。

3) 打底焊

(1) 将管板试件固定于焊接固定架上，保证管子轴线处于水平位置，并使定位焊缝不得位于时钟 6 点位置。

(2) 调整好焊接工艺参数，在时钟 7 点处引弧，沿逆时针方向焊至时钟 0 点处断弧，不必填满弧坑。

(3) 将时钟 0 点处焊缝磨成斜面。

(4) 从时钟 7 点处引弧，沿顺时针方向焊至时钟 0 点，注意接头应平整，并应填满弧坑。

4) 盖面焊

调整好焊接工艺参数，按书上要求和次序再焊一次。

5) 清理、交件

3. 注意事项

(1) 焊接第一层时，焊接速度要快，保证根部具有一定的熔滴，焊枪小幅摆动，使焊角较小，盖面时，焊枪摆动稍大，以保证焊缝两侧熔合好，并使焊角尺寸符合规定要求。

(2) 上述步骤一气呵成，应根据管子的曲率变化，操作人员不断地转腕和改变体位连续焊接，按逆、顺时针方向焊完一圈焊缝。

(3) 注意安全文明生产。

2.5 重点提示

焊接接头形式及坡口

1) 焊接接头

利用焊接方法连接而成的接头称为焊接接头。它由焊缝、熔合区、热影响区及附近的母材组成。焊接接头在焊接结构中起着连接及传递载荷的作用。

焊接接头分 10 种类型：对接接头、搭焊接头、角焊接头、T 形接头、端接

接头、十字接头、套管接头、斜对接接头、卷边接头和锁底接头，其示意如图 3-27 所示。

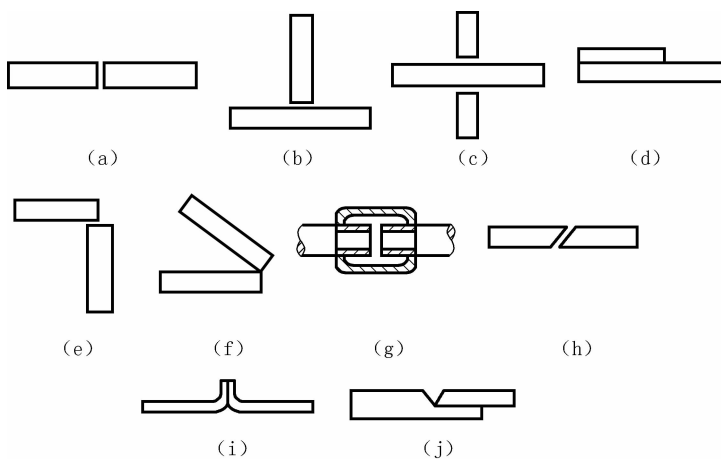


图 3-27 焊接接头形式示意

- (a) 对接接头；(b) 搭接接头；(c) 角接接头；(d) T 形接头；
(e) 端接接头；(f) 十字接头；(g) 套管接头；(h) 斜对接接头；
(i) 卷边接头；(j) 锁底接头

2) 坡口

焊接前，将工件的待焊端部加工成的一定形状的沟槽称为坡口。开坡口的主要目的是实现完全熔透。此外还可调整焊缝成分及性能，改善结晶条件，提高接头性能。常用坡口类型如图 3-28 所示。

表征坡口形状的几何尺寸如图 3-29 所示。

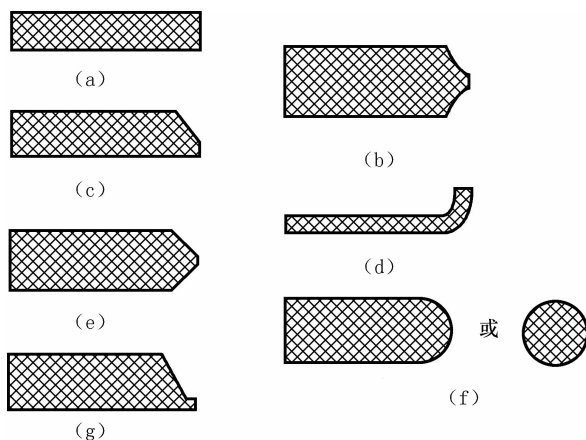


图 3-28 接头坡口示意

- (a) I 形坡口；(b) 带钝边双 J 形坡口；(c) 单边 V 形坡口；(d) 卷边坡口；
(e) 双 V 形坡口；(f) 圆形坡口；(g) 带钝边单 J 形坡口

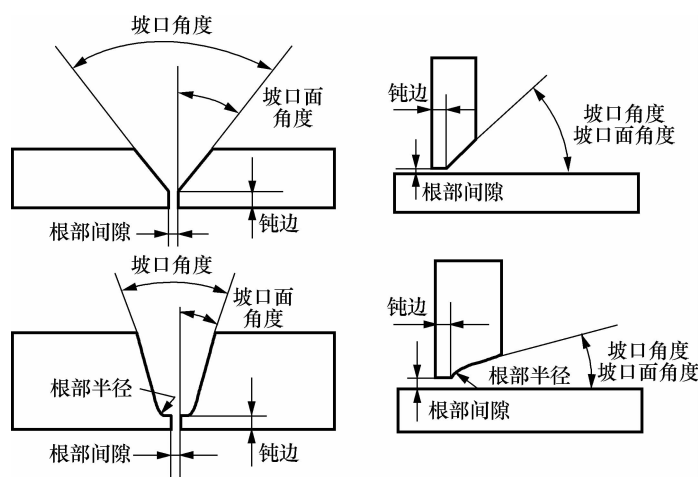


图 3-29 坡口的形状尺寸示意

3) 接头组合形式

图 3-30 ~ 图 3-34 分别给出了对接接头、角接接头、T 形接头、端接接头及搭接接头中常见的接头组合形式。

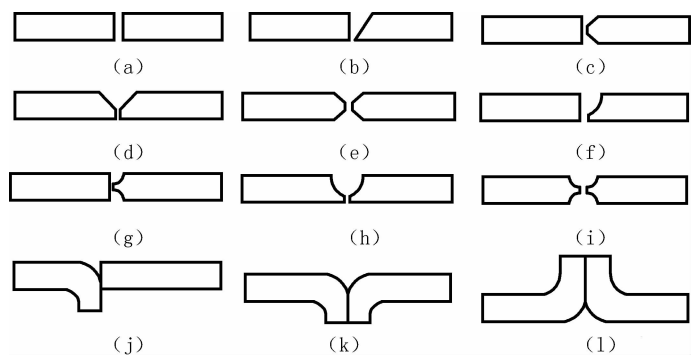


图 3-30 常见的对接接头组合形式

- (a) 单 I 形坡口；(b) 单边 V 形坡口；(c) 双单边 V 形坡口；(d) V 形坡口；(e) 双 V 形坡口；
(f) 带钝边 J 形坡口；(g) 带钝边双 J 形坡口；(h) 带钝边 U 形坡口；
(i) 带钝边双 U 形坡口；(j) 喇叭单边 V 形坡口；(k) 喇叭 V 形坡口；(l) 卷边对接接头

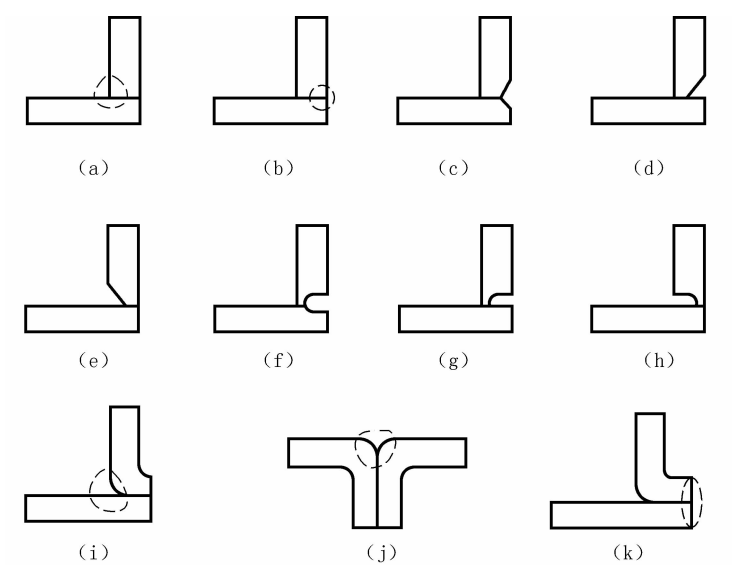


图 3-31 常见的角接接头组合形式

- (a) 内角角焊缝（没有准备）；(b) 内角 I 形坡口焊缝；(c) 外角 V 形坡口；
 (d) 外角单 V 形坡口；(e) 内角单 V 形坡口；(f) 外角 U 形坡口；
 (g) 外角 J 形坡口；(h) 内角 J 形坡口；(i) 内角单喇叭 V 形坡口；
 (j) 喇叭 V 形坡口；(k) 卷边角焊缝的端接焊缝

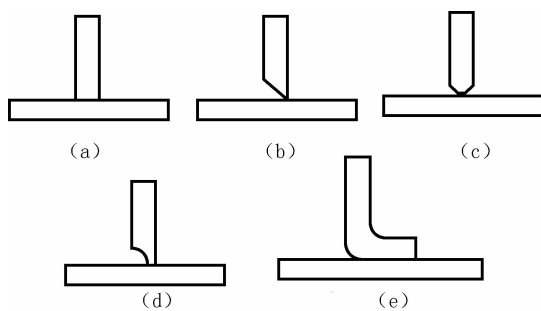


图 3-32 常见的 T 形接头组合形式

- (a) I 形坡口；(b) 单边 V 形坡口；(c) 双单边 V 形坡口；
 (d) J 形坡口；(e) 喇叭单 V 坡口

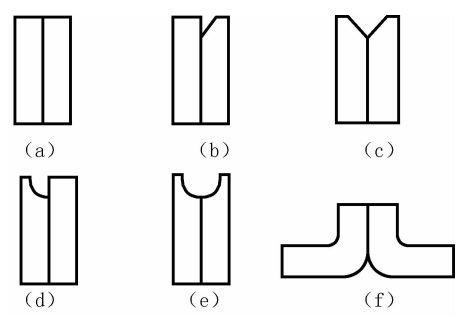


图 3-33 常见的端接接头组合形式

(a) I 形坡口；(b) 单边 V 形坡口；(c) V 形坡口；(d) J 形坡口；
(e) U 形坡口；(f) 喇叭 V 形坡口

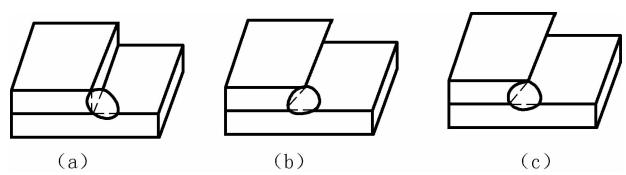


图 3-34 常见的搭接接头组合形式

(a) 角焊缝；(b) 单边 V 形坡口；(c) J 形坡口

焊接位置是根据焊缝倾角和焊缝转角来定义的，有平焊、横焊、立焊、仰焊 4 种基本位置。

1) 焊缝倾角

焊缝轴线与水平面之间的夹角称为焊缝倾角，如图 3-35 所示。

2) 焊缝转角

通过焊缝轴线的垂直面与坡口的二等分面之间的夹角称为焊缝转角，如图 3-35 所示。

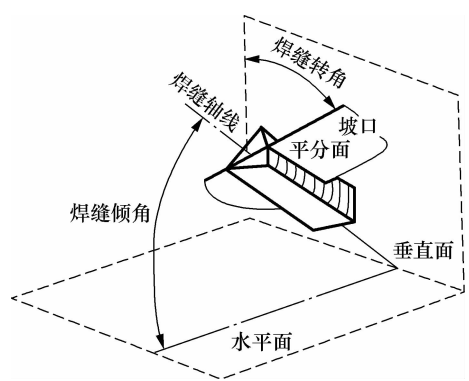


图 3-35 焊缝倾角及焊缝转角

3) 平焊位置、平焊

焊缝倾角为 $0 \sim 5^\circ$ 、焊缝转角为 $0 \sim 10^\circ$ 的焊接位置称为平焊位置，典型平焊位置见图 3-36 (a)、(e)。

在平焊位置进行的焊接称为平焊。

4) 横焊位置、横焊

对于对接焊缝，焊缝倾角为 $0 \sim 5^\circ$ 、焊缝转角为 $70^\circ \sim 90^\circ$ 的焊接位置称为横焊位置；对于角接，焊缝倾角为 $0 \sim 5^\circ$ 、焊缝转角为 $30^\circ \sim 55^\circ$ 的焊接位置称为横焊位置，典型横焊位置见图 3-36 (b)、(f)。

在横焊位置进行的焊接称为横焊。

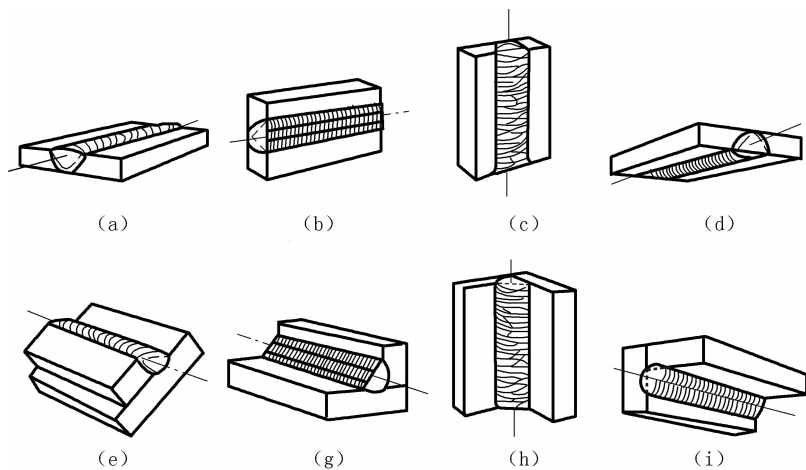


图 3-36 基本焊接位置示意

(a) 平焊位置；(b) 横焊位置；(c) 立焊位置；(d) 仰焊位置；
(e) 平焊位置；(f) 横焊位置；(g) 立焊位置；(h) 仰焊位置

5) 立焊位置、立焊

焊缝倾角为 $80^\circ \sim 90^\circ$ 、焊缝转角为 $0 \sim 180^\circ$ 的焊接位置称为立焊位置，典型立焊位置见图 3-36 (c)、(g)。

在立焊位置进行的焊接称为立焊。热源自上而下进行的立焊称为向下立焊；热源自下而上进行的立焊称为向上立焊。

6) 仰焊位置、仰焊

对于对接焊缝，焊缝倾角为 $0 \sim 15^\circ$ 、焊缝转角为 $165^\circ \sim 180^\circ$ 的焊接位置称为仰焊位置；对于角接，焊缝倾角为 $0 \sim 15^\circ$ 、焊缝转角为 $115^\circ \sim 180^\circ$ 的焊接位置称为仰焊位置，典型仰焊位置见图 3-36 (d)、(h)。

在仰焊位置进行的焊接称为仰焊。

7) 全位置焊

管子对接焊时，如果管子固定，则需要焊枪围绕管子一周进行焊接，焊接过程中包含平焊、立焊、仰焊三种焊接位置，如图 3-37 所示，因此称为全位置焊接。

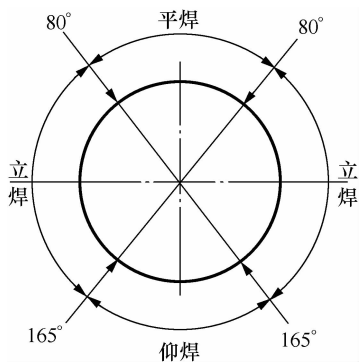
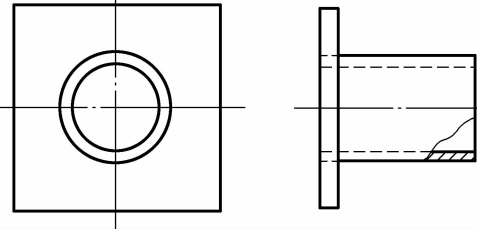


图 3-37 全位置焊示意

2.6 任务评价

插入式管板平角焊考核评分方法见表 3-15 所列。

表 3-15 插入式管板平角焊考核评分表

插入式管板平角焊					
考核项目	考核内容及要求	分值	学生自评	小组评分	教师评分
外观检查	CO ₂ 气体保护焊缝成型完整	8			
	焊道起头圆滑	8			
	焊道接头平整	8			
	焊缝平直	9			
	焊缝宽度一致	9			
操作技能	操作姿势正确	8			
	引弧方法正确	10			
	运条方法正确	10			
	定点引弧方法正确	10			
	CO ₂ 气体保护焊方法正确	10			
	工艺执行情况	5			
安全生产	无人身、设备事故	5			
总分		100			

2.7 任务拓展

T形接头焊件的定位焊

一、CO₂气体保护焊的 T 形接头定位焊

1. 任务

T形接头焊件的定位焊如图 3-38 所示, 焊接工艺参数见表 3-16 所列。

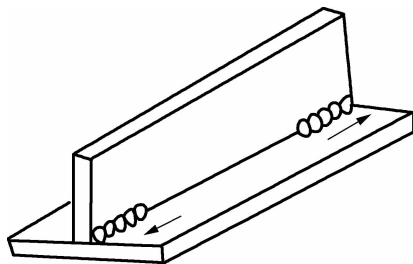


图 3-38 T 形接头焊件的定位焊

表 3-16 T 形接头焊件焊接工艺参数

	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 / (cm · min ⁻¹)	气体流量/ (L · min ⁻¹)	焊脚尺寸/ mm
第一层	150 ~ 170	21 ~ 23	20 ~ 30	10 ~ 15	6 ~ 6.5
其他各层	130 ~ 150	20 ~ 22	15 ~ 25	10 ~ 15	6 ~ 6.5

二、操作准备

1. 设备

NBC-250 型 CO₂ 气体保护半自动焊机, CO₂ 气瓶, 301-1 型浮子式流量计, 减压阀, 预热器及干燥器。

2. 焊件

低碳钢板, 两块, 长度 250 mm, 宽为 120 mm. 厚度为 8 mm。

3. 焊丝

H08Mn2SiA 焊丝, 直径 $\phi 1.2$ mm。

4. CO₂ 气体纯度

$W_{\text{CO}_2} > 99.5\%$ 、 $W_{\text{O}_2} < 0.1\%$, $W_{\text{H}_2\text{O}} < 2 \text{ g/m}^3$ 。

5. 焊条

E4303, 直径 $\phi 4$ mm。

6. 设备检查

(1) 检查送丝滚轮压力是否合适, 送丝软管是否通畅, 送丝压力是否合适。

(2) 清理焊枪喷嘴。在喷嘴上涂硅油可防止飞溅金属黏附在喷嘴上，或者采用机械方法清理喷嘴。

(3) 检查继电器触点接触是否良好。若有烧伤应仔细打磨烧伤处，使其接触良好。

7. 焊丝盘绕

将烘干过的焊丝按顺序盘绕至焊丝盘内，以免使用时紊乱，发生缠绕，影响正常送丝。

三、操作要领

1. 焊前清理

主要是对焊件、焊丝表面的油、锈、水分等脏物进行仔细清理。

2. 装配定位焊

定位焊可使用优质焊条进行手弧焊或直接采用 CO_2 半自动焊进行。定位焊的长度和间距，根据板厚和焊件的结构形式而定，一般长度为 30 ~ 250 mm 为宜，间距以 100 ~ 300 mm 为宜。

3. 注意事项

(1) 进行 T 形接头焊接时，极易产生咬边、未焊透、焊缝下垂等现象。为了防止这些缺陷，在操作时，除了正确选用焊接工艺参数外，还要根据板厚和焊脚尺寸来控制焊丝的角度，如图 3 - 40 所示。在等厚度板上进行 T 形接头焊接时，一般焊丝与水平板夹角为 $40^\circ \sim 50^\circ$ ，当焊脚尺寸在 5 mm 以下时，可按图 3 - 41 中 A 的方式将焊丝指向夹角处，如果焊脚尺寸为 5 mm 以上时，可将焊丝水平移开，离夹角处 1 ~ 2 mm。这时可以得到等脚的焊缝（图 3 - 41 中 B），否则容易造成垂直板产生咬边和水平板产生焊瘤的缺陷。焊接过程中焊丝的前倾角度为 $10^\circ \sim 25^\circ$ ，采用左向焊法，如图 3 - 42 所示。

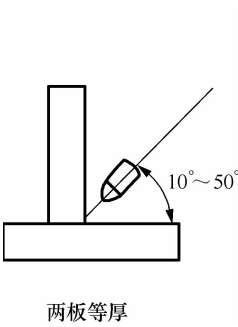


图 3 - 40 T 形接头焊接时焊丝的角度

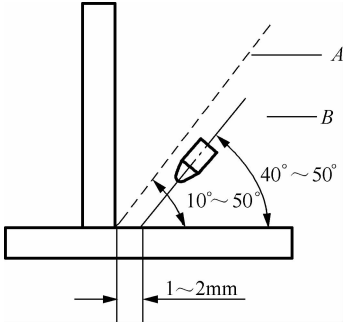


图 3 - 41 T 形接头平角焊时的焊丝位置

4. 焊脚尺寸小于 8 mm 时可采用单层焊

(1) 焊脚尺寸小于 5 mm 时, 可用直线移动法和短路过渡法进行匀速焊接。

(2) 焊脚尺寸在 5 ~ 8 mm 时, 可采用斜圆圈形运丝法。并以左焊法进行焊接。

如图 3-43 所示。其运丝要领为: $a-b$ 慢速, 保证水平板有足够的熔深, 并充分焊透, $b-c$ 稍快, 防止熔化金属下淌, c 处稍作停顿, 保证垂直板熔深, 并注意防止咬边现象产生, $c-b-d$ 稍慢, 保证根部焊透和水平板熔深, $d-e$ 稍慢, 在 e 处稍作停留。

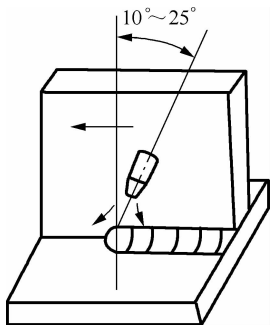


图 3-42 焊丝前倾角

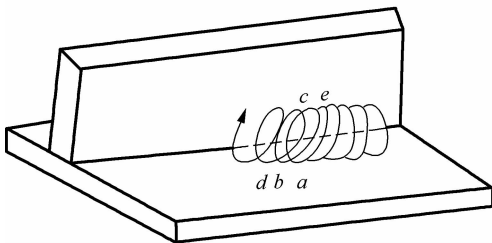


图 3-43 T 形接头角焊时的斜圆圈形运丝法

焊脚尺寸为 8 ~ 9 mm 时, 焊缝可用两层两道焊, 第一层用直线移动运丝法施焊, 电流稍大, 以保证熔深足够。第二层, 电流稍偏小, 用斜圆圈形左焊法焊接。

焊脚尺寸大于 9 mm 时, 仍采用多层多道焊, 其焊接层数可参照手弧焊的平角焊多层焊方式进行。但采用横向摆动时, 第一道 (第一层) 采用直线移动运丝法焊接, 第二层以后可采用斜圆圈法和直线移动法交叉进行焊接。

思考与练习

- (1) 简述 CO₂ 气体保护半自动焊机的连接顺序。
- (2) 什么是焊接坡口? 开坡口的目的是什么?
- (3) CO₂ 气体保护焊对所用气体和焊丝有何要求?
- (4) CO₂ 气体保护电弧焊焊接工艺参数有哪些? 如何正确选择?

任务 3 环焊缝的 CO₂ 自动焊

知识点

1. CO₂ 气体保护焊焊接缺陷的产生原因

2. 环焊缝的接头质量难以控制的原因
3. CO_2 气体保护焊安全卫生
4. CO_2 气体保护焊的冶金特点

技能点

1. CO_2 气体保护焊焊接缺陷的控制与防止措施
2. 环焊缝的焊接操作中的加工步骤
3. CO_2 气体保护焊焊接飞溅的控制

任务引入

在船舶、锅炉、化工设备建造及维修工作中，管子焊接占有一定的比重，有许多水管、油管、蒸汽管等需要焊接。钢管对接环焊缝 CO_2 气体保护焊如图 3-44 所示。

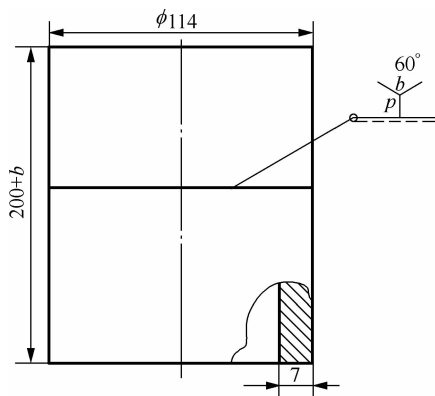


图 3-44 钢管对接环焊缝 CO_2 气体保护焊装配图

任务分析

直径为 $\phi 114$ mm 的钢管对接环焊缝形式时，必须利用单面焊双面成型工艺进行焊接，要掌握不调节电流从仰焊很快过渡到立焊、平焊的单面焊接技术。由于垂直固定，因此必须采用焊枪绕管子旋转的方法，焊缝处于横焊位置。其困难是打底层反面易产生缩孔、未熔透等缺陷；盖面焊时，焊缝的接头质量难以控制。首先是焊缝的密致性，保证管子在工作压力作用下不渗漏。其次对焊缝背面不允许烧穿和漏渣，烧穿所引起的金属流垂，凸出在管子内面，将影响到液体或气体的流速。流体中混入焊渣，将会影响机器的正常运转。

3.1 任务准备

(1) 工、量具：操作人员面罩、操作人员手套、护脚、锤子、錾子、钢丝刷、锉刀、钢板尺、角向磨光机。

(2) 材料：钢管 $D \times S \times L = 114 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ （两件），焊丝 H08MnZSiA。

(3) 设备：NBC1-300 型焊机。

3.2 安全文明生产要求

CO₂液化气瓶使用不当会造成 CO₂泄漏或外溢，其后果也是难以想象的。使用 CO₂液化气瓶时应遵守以下规则。

(1) CO₂液化气瓶必须竖立放置，不得横卧，以防止液态 CO₂ 流出。

(2) CO₂液化气瓶应放置在通风良好的地方，并防止日光曝晒和雨淋。

(3) CO₂液化气瓶不得靠近热源，若环境温度超过 30℃ 以上时，瓶内压力会急剧上升，所以 CO₂液化气瓶必须安置在 40℃ 以下的场所。

(4) 减压流量调节器和 CO₂液化气瓶连接应良好，防止 CO₂ 泄漏。

(5) 使用 CO₂ 时，应经常注意预热器的工作情况，防止因预热器故障而使减压流量调节器急冷，造成冻结，堵塞气体通路。

3.3 相关专业知识

焊接时焊接参数的选择

CO₂气体保护焊的工艺参数是指焊丝直径、焊接电流、电弧电压、电感、焊接速度、焊丝伸出长度、焊枪倾角及气体流量等。正确选用焊接工艺参数是保证焊接质量和提高生产率的重要措施。

大部分的焊接工艺参数直接影响着焊缝的形状尺寸。对于对接焊缝的尺寸，通常以熔深 (H)、熔宽 (B) 和余高 (n) 三尺寸表示。而将熔宽与熔深之比称为焊缝成型系数 ($\Phi = B/H$)。焊缝成型系数 Φ 一般为 1.3 ~ 2。对于角焊缝尺寸，通常以焊脚 (K) 和焊喉 (h) 表示。一般角焊缝的外形要求是等腰直角三角形，这时焊脚和焊喉的关系是： $K = 1.4$ 或 $h = 0.7K$ 。图 3-45 为焊缝的尺寸表示。

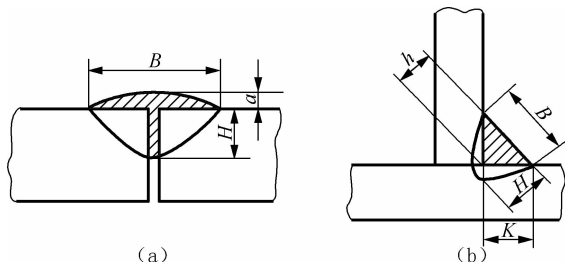


图 3-45 焊缝的尺寸表示

(a) 对接焊缝；(b) 角焊缝

1. 焊丝直径 (*d*)

焊丝直径是一个重要的焊接工艺参数，更换焊丝直径，首先涉及焊接材料的供应，其次更换焊丝直径比较困难（要更换导电嘴、给送轮槽、弹簧软管及调整压力等）。如果生产中使用粗焊丝，焊接电流相应增大，生产率高，但焊缝成型较差。如果用同样的电流、同样的电压及同样的焊接速度，而焊丝直径变细，则焊缝的熔宽减小，熔深增大，余高略有提高。

选用焊丝直径主要考虑母材的板厚、焊接接头及坡口形式、焊接空间位置（平、立、横、仰）及焊缝尺寸等因素。表 3 - 17 为焊丝直径和母材板厚的关系。

由于 CO₂ 气体保护半自动焊受到操作人员移位的限制（焊速不能太快），且焊丝给送速度最大只能达到 15 m/min 左右，所以细直径焊丝的允许焊接电流也是有限的，细直径焊丝用过大的焊接电流会造成熔深大、熔宽小，即焊缝成型系数 ($\Phi = B/H$) 过小，易产生气孔和热裂纹。考虑到这一点，通常在 300 ~ 500 A 以内的大电流范围焊接时，要使用直径 1.6 mm 焊丝，而直径 1.2 mm 焊丝可用于 80 ~ 350 A 的场合。

表 3 - 17 焊丝直径和母材板厚的关系 mm

板厚	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2.0	2.3	3.2	4	4.5	6	9	12	16	20	>20
焊丝直径	0.6															
		←		0.8	→											
			←		0.9	→										
				←		1.0	→									
					←					1.2	→					
								←				1.4	→			
									←				1.6	→		

另一方面，对于薄板用短路过渡焊接时，焊接电流在 100 A 以下的情况，焊丝直径越细，电弧越稳定，飞溅越小，这是使用直径 1.0 mm 以下焊丝的原因。但是直径 1.0 mm 以下焊丝的合适焊接电流范围比较狭窄。而直径 1.2 mm 和 1.6 mm 的焊丝能适用于宽阔的焊接电流范围，工厂生产中使用最广的是直径 1.2 mm 焊丝。

2. 焊接电流 (*I*)

焊接电流决定着焊丝的熔化量和母材的熔化量。焊接电流越大，焊丝的熔化量也越多，两者基本上成正比，即 $G_{\text{熔丝}} \propto I$ ；焊接电流越大，母材的熔化量越多，熔透深度越大。在相同的焊丝直径、电弧电压、焊接速度的条件下，增大焊接电流，母材熔化量会增多，而熔宽增加不多，所以熔深显著增大。同时焊丝熔化量增多，则焊缝的余高也有所增高。

焊接电流选择的依据是：母材的板厚、焊丝直径、焊缝空间位置、焊接接头

及坡口形式，而主要是焊丝直径和焊缝空间位置，表3-18为焊接电流和焊丝直径的关系。

表3-18 焊接电流和焊丝直径之间的关系

焊丝直径/mm	许用的焊接电流/A	较佳的焊接电流/A
0.6	30 ~ 90	40 ~ 70
0.8	50 ~ 120	60 ~ 100
0.9	60 ~ 150	70 ~ 120
1.0	70 ~ 180	70 ~ 120
1.2	80 ~ 350	90 ~ 180
1.6	110 ~ 500	140 ~ 200

通常情况下，增大焊接电流的同时，必须提高电弧电压。否则，焊缝的熔深剧增，熔宽略增，形成窄而深的焊缝，即焊缝成型系数（ Φ ）变小，容易产生气孔和热裂纹。

3. 电弧电压（ U ）

电弧电压就是电弧的两极（焊丝和母材）之间的电压，它也是电弧长度的标志。电弧电压高低直接影响着熔滴过渡形式、飞溅及焊缝成型。如果电弧电压太高，即电弧太长，电弧发出“息洛、息洛”的声音，熔滴过渡不是短路过渡而是滴状过渡，电弧摇摆，且发生大颗粒飞溅。如果电弧电压太低，电弧发出“吧叽、吧叽”的不规则短路声音，电弧加热范围狭窄，熔宽变小，焊缝成型不良。合适的电弧电压，正常的短路过渡，电弧发出有规则的“叽——”的声音，这时的电弧状态是稳定的，飞溅最小。

在正常的短路过渡条件下，电弧电压的范围是不大的，约17~25 V。如果在这个范围内，只增高电弧电压，而焊丝直径、焊接电流、焊接速度均不变，这时由于电弧长度拉长，电弧活动范围增大，即熔宽显著增大。由于焊接电流不变，焊丝熔化量近乎不变，熔敷金属量也不变，结果是由于熔宽增大而引起余高减小。关于熔深问题，分两种情况，在21 V以内，增大电弧电压（ $d=1.2$ mm， $I=150$ A， $v=40$ cm/min），由于电弧热量增大，而引起熔深增大；超过21 V后，增大电弧电压，由于电弧拉长而使热利用率降低和熔宽增大两个因素，熔深反而减小。

前已叙述过，增大焊接电流同时，应适当增大电弧电压，即电压和电流应匹配。其关系式

$$I < 250 \text{ A}, U = [(0.04I + 16) \pm 1.5] \text{ V}$$

$$I > 250 \text{ A}, U = [(0.04I + 20) \pm 1.5] \text{ V}$$

例如焊接电流 $I=150$ A，电弧电压 $U=0.04 \times 150 + 16 = 22$ V。

值得指出的是焊机上电压表的读数是指焊接电源输出端的电压。输出电压

($U_{出}$) 减去两焊接电缆（接焊枪电缆和接焊件电缆）的电阻电压降，才等于电弧电压。例焊机输出电压表读数为 21 V，而电弧电压仅有 20.5 V，其中 0.5 V 为焊接电缆电阻电压降。如果焊接电缆加长，则电阻电压降增大。操作时电弧电压是否合适，要看电弧的稳定性和听电弧的声音而定。

4. 电感 (L)

在输出的焊接回路中，串接一个可调节的电感，一则可以调节短路电流增长速度，以获得电弧的稳定和飞溅的减小；二则可调节短路过渡工作周期中的电弧燃烧时间，控制热量的分布以适应不同板厚焊件的需要。

焊接回路中的电感量要根据焊丝直径、焊接电流及电弧电压来选定，表 3 - 19 为不同焊丝直径可选用的电感量。从表中可看出，细焊丝选用的电感量小（短路频率高，短路电流增长速度大）。实际上可用的电感量有一个相当大的范围。

表 3 - 19 电感量和焊丝直径

焊丝直径/mm	0.6	0.8	1.0	1.2
电感量/mH	0.02 ~ 0.23	0.04 ~ 0.30	0.08 ~ 0.40	0.08 ~ 0.50

应该说明的是，当用不同类型的焊接电源时，其调节电感方法不全相同，所选用的电感量也可能不一样。焊机通常不标明电感量，所以操作人员调节电感量时，主要靠观察飞溅和焊缝成型，以及听电弧声音来判断。电弧声音柔和、清晰、连续而不夹杂，飞溅小，则可认为电感量是合适的。

5. 焊接速度 (v)

焊接速度对焊缝的成型和焊接接头的性能都有着很大的影响。在确定的焊丝直径、焊接电流及电弧电压条件下。加快焊接速度，单位长度焊接接头吸收电弧的热量减小，这使熔深减小，熔宽也变窄；同时单位长度焊接接头上焊丝熔敷量减小，焊缝余高也有所减小。如果焊接速度过慢，会产生烧穿和焊瘤等缺陷；如果焊接速度过快，不仅会产生未焊透缺陷，也会产生咬边缺陷，甚至形成“蛇形”焊道（如图 3 - 46 所示）。

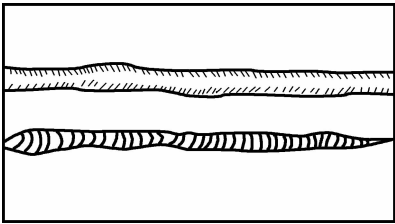


图 3 - 46 高速形成的“蛇形”焊道

选择焊接速度前，应先根据母材板厚、接头和坡口形式、焊缝空间位置对焊接电流和电弧电压进行调整，达到电弧稳定燃烧的要求，然后考虑焊道截面大小，来选择焊接速度。焊道截面小，焊速要快；反之，焊速慢。CO₂ 气体保护半自动焊是手工操作的，当焊速小于 0.25 ~ 0.3 cm/s 时，因操作人员用手移动焊枪，易发生颤动，很难稳定匀速。当焊速大于 1.0 ~ 1.3 cm/s 时，用手移动焊枪，难以对准接缝线。随着焊速的增大，合适的电弧电压范围也变小，并且会产

生大颗粒飞溅及咬边,这时需要增大前倾角和降低电弧电压求来进行一些改善。
CO₂气体保护半自动焊合适的焊接速度为 0.5 ~ 1 cm/s。

6. 焊丝伸出长度 ($l_{\text{伸}}$)

焊丝伸出长度就是导电嘴末端至焊丝末端之间的距离,它和喷嘴至母材的距离有着密切的关系(如图 3-47 所示)。抬高喷嘴,即喷嘴和母材之间的距离增大,焊丝伸出长度也相应增长。

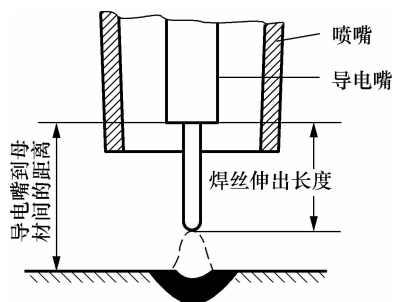


图 3-47 焊丝伸出长度

焊丝伸出长度也是焊丝进入电弧前的通电长度,这对焊丝起着预热作用。所以在同一焊接电流情况下,如果焊丝伸出长度较长一些,则焊丝预热作用大。熔化加快,结果焊丝熔化量增多。从另一角度来说,焊丝给送速度一定时,如果焊丝伸出长度变长,则必须使用较小的焊接电流。

焊丝伸出长度对焊缝成型有着较大的影响(如图 3-48 所示)。焊丝伸出长度增加(其他焊接工艺参数不变),使焊丝刚性减小,容易左右摇摆,引起电弧加热宽度增大,即熔宽增大,同时使熔深减小,余高也减小。过大的焊丝伸出长度,会使焊丝过热而成段熔断,飞溅也增大。同时焊丝伸出长度增大后,喷嘴和工作件间的距离也增大,气体保护效果变差。过小的焊丝伸出长度,势必减小喷嘴和工作件间距离,这使操作人员观察电弧困难,喷嘴容易被飞溅金属堵塞,如果操作不稳定时,还会使焊丝插入熔池中,电弧燃烧不稳定。

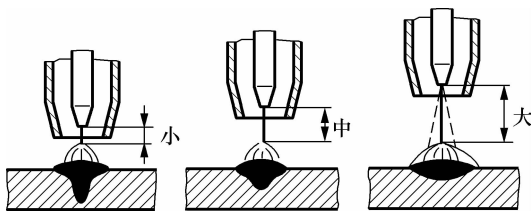


图 3-48 焊丝伸出长度对焊缝成型的影响

正常的焊丝伸出长度一般认为是焊丝直径的 10 ~ 12 倍, $l_{\text{伸}} \approx (10 \sim 12) d$ 。如果焊丝金属的电阻率高(如不锈钢焊丝),预热作用强,这时应考虑选用较小

的焊丝伸出长度。不同材料、不同直径的焊丝，允许使用的焊丝伸出长度可参阅表 3-20。还有，当焊接电流增大时，也即焊丝给送速度增大，这样焊丝的预热时间（ $l_{伸}/v_{给}$ ）也相应缩短，于是可以考虑增大焊丝伸出长度，图 3-49 为焊丝伸出长度和焊接电流之间的关系。

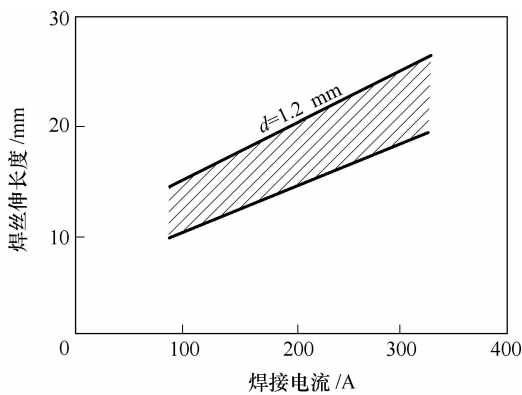


图 3-49 焊丝伸出长度对焊缝成型的影响

表 3-20 不同材料的焊丝伸出长度 mm

焊丝直径	低合金钢焊丝 H08Mn2SiA	不锈钢焊丝 H06Cr19Ni9Ti
0.8	6 ~ 12	5 ~ 9
1.0	7 ~ 13	6 ~ 11
1.2	8 ~ 15	7 ~ 12

在操作过程（不调节焊接电源外特性和焊丝给送速度）中，人为地增加焊丝伸出长度，若 CO₂ 气体保护焊接电源的外特性是水平的，则不论焊接电流多大，电弧电压始终是不变的（忽略电缆压降变化量）。焊丝伸出长度增大，焊丝预热作用增大，如果焊接电流不变，则焊丝熔化速度增大，而焊丝给送速度不变，此时 $v_{熔} > v_{给}$ ，电弧被拉长，电弧静特性曲线向上移，于是焊接电流减小（如图 3-50 所示）， $v_{熔}$ 随之减小，最后 $v_{熔}$ 仍等于 $v_{给}$ ，达到平衡，电弧稳定燃烧。据上面讨论，水平外特性电源，增大焊丝伸出长度后的结果是：电弧被拉长，电弧电压不变；焊丝给送速度不变，焊接电流减小。如果是缓降外特性电源，增大焊丝伸出长度后的结果是：电弧略微拉长，电弧电压略升；焊丝给送速度不变，焊接电流减小（如图 3-50 所示）。操作过程中，通过抬高焊枪喷嘴，适量增大焊丝伸出长度，可使电弧略微拉长，熔宽稍有增大，减小焊接电流，使熔深略微减小。

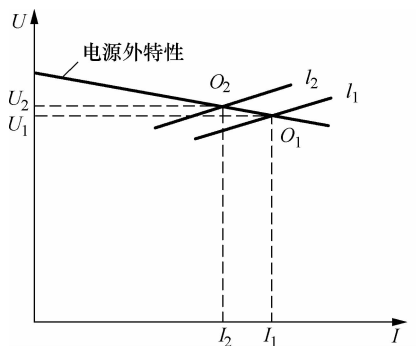


图 3-50 缓降外特性增大 $l_{\text{伸}}$ ，拉长电弧升高电压

7. 焊枪倾角 (θ)

绝大多数操作人员是右手握焊枪操作，而焊接方向可以向左或向右。因此，CO₂气体保护焊有两种方法操作：左焊法 [如图 3-51 (a) 所示] 和右焊法 [如图 3-51 (b) 所示]。右焊法和左焊法的比较见表 3-21 所列。

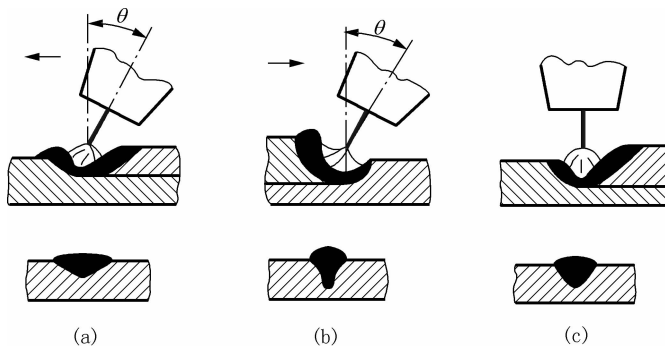


图 3-51 左焊法和右焊法对焊缝成型的影响

(a) 左焊法；(b) 右焊法；(c) 无倾角

表 3-21 右焊法和左焊法的比较

比较项目	右焊法	左焊法
焊道外形	余高大，形成窄焊道	余高小，形成较平坦的焊道
熔深	大	小
飞溅	小	大
小电流（100 A 以下）时的电弧稳定性	较稳定	略整些
接缝线可见度	接缝线被喷嘴所遮，可见度差	接缝线可见，焊丝能准确对准接缝

CO₂气体保护焊时，一般情况以左焊法为宜，而在焊接比较深的坡口时，左焊法难以保证焊透，这就需要采用右焊法。

左焊法的倾角通常为 10°~20°，倾角过大时，易产生未焊透及严重飞溅。右焊法的倾角也以 10°~20°为宜，倾角过大时，会使焊道变凸，甚至产生咬边，且飞溅也显著增加。

8. 保护气体流量 (Q)

保护气体流量要确保良好的保护电弧和熔池的效果。气体保护效果不好，会产生大颗粒飞溅，电弧不稳定，焊缝易产生气孔。造成气体保护效果差的主要原因（如图 3-52 所示）有以下几点。

- ①风的影响。
- ②气体流量不足。
- ③喷嘴和母材间的距离太大。
- ④气体流量过大造成紊流而使空气侵入。
- ⑤喷嘴黏附着飞溅等。

其中风的影响最为严重，当风速超过 1.5 m/s 时，保护效果变差，影响着焊接质量。

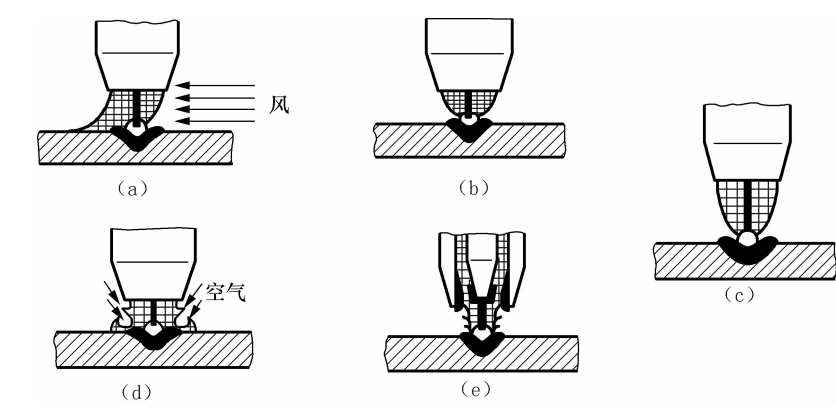


图 3-52 气体保护效果差的原因

(a) 风的影响；(b) 流量太小；(c) 喷嘴距母材太高；(d) 流量过大；(e) 喷嘴黏附飞溅

在用 200 A 以下电流焊接薄板时，保护气体流量通常选 10~15 L/min；当用大于 200 A 的电流焊接厚板时，选 15~25 L/min。当室外风较大时，应使用挡风装置，并加大保护气体流量才能焊接。如果焊速加快，或焊丝伸出长度增大，则也应适当加大气体流量。

以上几个 CO₂气体保护焊工艺参数，大多数对焊缝成型有着较大的影响。当其中单项工艺参数变动时，对焊缝形状尺寸的影响，见表 3-22 所列。

表 3-22 各焊接工艺参数单项变动时对焊缝现状尺寸的影响

焊接工艺参数	$D \uparrow$	$I \uparrow$	$U \uparrow$		$V \uparrow$	$l_{\text{伸}} \uparrow$
			<21 V	>21 V		
熔深	↓	δ	↑	↓	↓	↓
熔高	↑	↑	δ	δ	↓	↑
余高	↓	↑	↓	↓	↓	↓
注：↑增大；↓减小； δ 显增。						

除了焊接工艺参数对焊接质量有较大的影响外，还有电源的极性（它不是一个物理量，不能称为参数）也会影响电弧的稳定性及焊缝的熔深等。细丝 CO₂ 气体保护焊普遍采用的是直流反接，即焊丝接正极，焊件接负极。这时电弧的稳定性比直流正接好，而且飞溅也较小（熔滴受到极点压力小），熔深也大，焊缝含氢量也低。相反，采用直流正接时（焊丝接负极，焊件接正极），焊丝的熔化系数大为提高，约为直流反接时的 1.6 倍，而熔深浅，飞溅也增大。利用这个特点，直流正接用于堆焊、铸铁补焊和大电流高速 CO₂ 气体保护焊。这对修补工作有利，并能提高生产率。

3.4 任务实施

1. 图样工艺分析

1) 考核要求

- (1) 要求单面焊双面成型。
- (2) 焊前将坡口处的油污、氧化膜等清理干净。
- (3) 试件一经固定开始焊接，不得任意移动。
- (4) 不许破坏焊缝原始表面。
- (5) 操作时间为 30 min。

2) 操作前准备

- (1) 钝边：钝边 0 ~ 1 mm。
- (2) 清理：清除坡口及其内外两侧 20 mm 范围内的油锈及其他污物，至露出金属光泽。
- (3) 选择焊接工艺参数：焊接工艺参数见表 3-23 所列。

表 3-23 焊接工艺参数

焊接层次	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/ (L · min ⁻¹)	焊丝直径/mm	焊丝伸出长度/mm
打底焊	90 ~ 110	18 ~ 20	12 ~ 15	1.0	15 ~ 20
盖面焊	110 ~ 130	20 ~ 22			

(4) 加工技巧：采用左向焊法，焊接层次为二层三道，将管子垂直于试件，并将间隙较小的位置（2.5 mm）作为起焊位置，注意调整焊枪角度，防止上面咬边。

3) 加工工艺

- (1) 检验来料尺寸。
- (2) 装配。
- (3) 打底焊。
- (4) 盖面焊。
- (5) 清理、交件。

2. 加工步骤

- (1) 检验来料尺寸。
- (2) 选择焊接工艺参数进行装配，如图3 -

53 所示。

①装配间隙：2.5 ~ 3 mm。

②定位焊：三点均布定位焊，并采用与焊试件相同牌号的焊丝进行定位点焊，焊点长度为 10 ~ 15 mm，要求焊透和保证无焊接缺陷，并将点焊两端修磨成斜坡。

③试件错边量应 ≤ 1.2 mm。

(3) 打底焊：调试好焊接参数，在试件右侧定位焊缝上引弧，自右向左开始做小幅度锯齿形横向摆动，待左侧形成熔孔后，转入正常焊接。打底焊时的注意事项如下。

①打底焊道主要保证焊缝的背面成型，焊接过程中，应保证熔孔直径比间隙大 0.5 ~ 1 mm，且两边需对称，才能保证焊根背面熔合好。

②应特别注意打底焊道与定位焊缝的接头，必须熔合好。

③为便于施焊，灭弧后允许管子移动位置，此时可不必填满弧坑，但不能移开焊枪，需利用 CO₂ 气体来保护熔池到完全凝固，并在熄弧处引弧焊接，直到焊完打底焊道。

④除净熔渣：飞溅后，修磨接头局部凸起处。

(4) 盖面焊：调试好工艺参数，自右向左进行焊接，并注意以下几点。

①起焊位置应与打底焊道接头错开。

②适当加大焊枪的横向摆动幅度保证坡口两侧熔合好，焊枪角度同打底焊相同。

③为保证焊缝余高对称，盖面层焊道分两道。

④焊接过程中，应保证焊接两侧熔合好，故熔池边缘超过坡口棱边

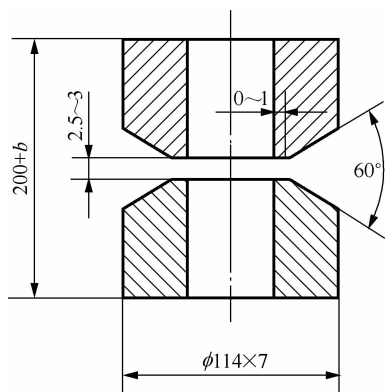


图 3 - 53 装配示意

0.5~2mm。

(5) 清理, 交件。

3. 注意事项

(1) 注意焊枪角度应及时调整, 避免盖面焊缝产生上道咬边, 下道下坠等缺陷。

(2) 注意劳动保护, 防止飞溅烧伤和弧光照射, 并注意场地通风良好。

(3) 注意安全文明生产。

3.5 重点提示

操作人员工作位置的组织

CO₂气体保护半自动焊的焊枪和软管电缆重量不轻, CO₂气体保护半自动焊操作人员的劳动强度大于手工焊条电弧焊操作人员, 再加上 CO₂气体保护半自动焊是连续工作的, 所以必须合理组织劳动置, 减小体力消耗, 才能使工作顺利进行。

一、焊接基本姿势

合理的焊接姿势是减轻劳动强度的基本问题, CO₂气体保护半自动操作人员不需要像手工焊条电弧操作人员那样手臂悬空握住焊把进行工作, 图 3-54 为 CO₂气体保护半自动焊几种焊接位置的基本姿势。图 3-54 (a) 为操作人员站着平焊, 将手臂靠在身体的一侧; 图 3-54 (b) 为工件在回转工作台上操作人员坐着焊接, 可将肘搁在膝盖上; 图 3-54 (c)、(d) 为操作人员蹲着平焊, 将手臂靠在脚的侧面; 图 3-54 (e) 为操作人员站着立焊, 手臂要近上身, 不要把软管电缆背在肩上, 因为软管电缆过度弯曲会影响焊丝的给送。可以将软管电缆悬在适当的地方, 减小操作人员手的吊举重量, 减轻劳动强度。

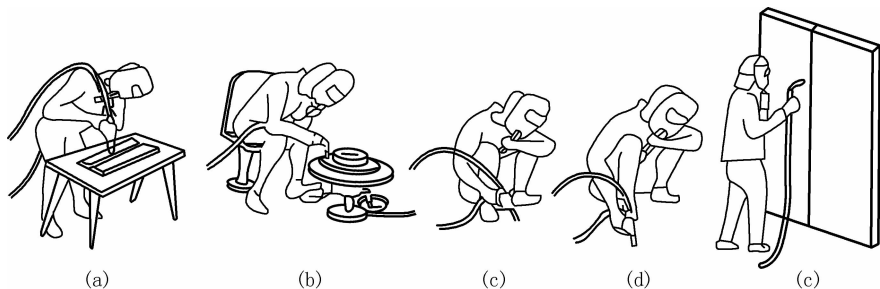


图 3-54 几种焊接位置的基本操作姿势

(a) 站着平焊; (b) 坐着平焊; (c), (d) 蹲着平焊; (e) 站着立焊

二、脚步的移动

CO₂气体保护半自动焊是连续工作的，几米长的焊缝通常是一气呵成，这就需要操作人员以平稳的脚步来移动工位（如图 3-55 所示），脚步移动时要保证焊枪不晃动。



图 3-55 操作人员脚步的移动

三、送丝机的置放

由于焊丝软管电缆长度的限制，一次焊接的焊缝长度不可能很长，合理地放置送丝机，可少搬动送丝机，减小辅助生产时间。放置送丝机前，先估计焊件平面面积可以划分成几块（每块面积就是以电缆软管长度为半径的圆面积），焊接时就将送丝机放置在每块面积的中央。在放置送丝机时，应注意软管电缆不能有过度弯曲，避免造成送丝不畅通。

3.6 任务评价

环焊缝的 CO₂自动焊考核评分方法见表 3-24 所列。

表 3-24 环焊缝的 CO₂ 自动焊考核评分表

环焊缝的 CO ₂ 自动焊					
考核项目	考核内容及要求	分值	学生 自评	小组 评分	教师 评分
外观检查	CO ₂ 气体保护焊焊缝成型完整	8			
	焊道起头圆滑	8			
	焊道接头平整	8			
	焊缝平直	9			
	焊缝宽度一致	9			

续表

考核项目	考核内容及要求	分值	学生 自评	小组 评分	教师 评分
操作技能	操作姿势正确	8			
	引弧方法正确	10			
	运条方法正确	10			
	定点引弧方法正确	10			
	CO ₂ 体保护焊方法正确	10			
	工艺执行情况	5			
安全生产	无人身、设备事故	5			
总分		100			

3.7 任务拓展

水平固定管子对接的 CO₂ 气体保护焊

水平固定管子对接是全位置单面焊，通常在无法进行滚动焊接情况下使用。管子材料多为 20 钢，其焊接性优良，不会发生淬硬而引起裂缝。管子焊接的变形也不是主要问题。重要的是保证根部焊透且不烧穿，外观成型良好，密致性符合要求。

一、坡口装配和定位焊

管子壁厚 ≥ 5 mm，开成 V 形坡口，坡口角度为 50° ± 2°，钝边为 0.5 ~ 1 mm，装配间隙为 2 ~ 2.5 mm，管子的轴线应对直，两轴线偏差（同心度）≤ 0.5 mm。图 3 - 56 为水平固定管子对接的坡口尺寸和装配要求。定位焊前坡口两侧各 20 mm 范围内应打磨清洁。通常用三点定位焊，位置在 3 点、9 点、12 点（以时钟为参照）左右，定位焊要求焊透根部、反面成型良好。不宜在 6 点定位

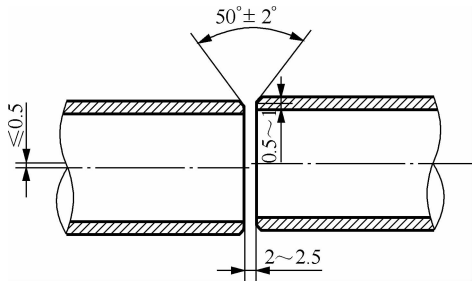


图 3 - 56 水平固定管子对接的坡口尺寸和装配要求

焊，因为6点是起焊点。管径小于76 mm 的也可以两点定位焊。定位焊缝长度为10~20 mm，对定位焊缝要仔细检查，发现裂纹、未焊透、气孔缺陷，应予以铲除重焊。焊打底层之前。或将两端磨成斜坡形。管子对接的定位，也可不用定位焊，而用装配“马”焊在管子接缝两侧，如图3-57所示，这避开了定位焊缝易引起的缺陷。

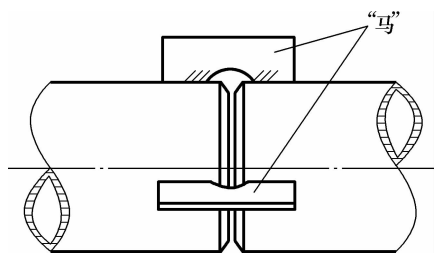


图3-57 用装配“马”对管子定位

焊丝用 H08Mn2SiA (ER49-1)，直径1.2 mm，CO₂气体纯度≥99.5%。

管子全位置焊接的工艺参数，通常取立焊的上限，平焊的下限，两者兼顾。表3-35为水平固定管子对接 CO₂气体保护焊的工艺参数。

表3-25 水平固定管子对接 CO₂气体保护焊的工艺参数

层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊丝伸出长度 /mm	气体流量 / (L·min ⁻¹)
打底层	1.2	100~120	18~20	10~15	13~16
填充层	1.2	120~140	19~22	10~15	15~18
盖面层	1.2	120~130	18~22	10~15	15~18

二、焊打底层

采用分两半圈焊接，自下而上单面焊接两面成型。打底层焊丝在各钟点位置时，焊丝向焊接方向倾斜的角度是在变化的 [如图3-58 (a) 所示]。焊丝在两坡口面中间的位置，是在坡口角的平分线上，这是不变的 [如图3-58 (b) 所示]。然而焊丝和电弧的空间位置，由仰焊转为平焊，却是个“翻天覆地”的变动。

在6点过约10 mm处引弧开始焊接，焊枪作小幅锯齿形摆动 (如图3-59所示) 幅度不宜大。只要看到坡口两侧母材金属熔化即可，焊丝摆动到两侧稍作逗留。为了避免穿丝 (焊丝穿出熔池) 和未焊透，焊丝不能离开熔池，焊丝宜在熔池前半区域约1/3处 [如图3-59 (b) 所示，*l*为熔池长度]。横向摆动，逐渐上升。焊枪前进的速度要视焊接位置而变，在立焊时，要使熔池有较多时间冷却，避免焊瘤。要控制熔孔尺寸均匀，又要避免熔池脱节现象。焊至12点处收弧，相当于平焊收弧。

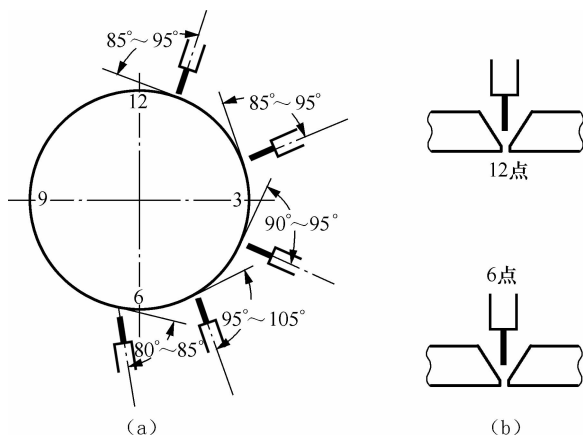


图 3-58 水平固定对接焊丝的位置

(a) 焊丝和管子的位置; (b) 焊丝和坡口面的位置

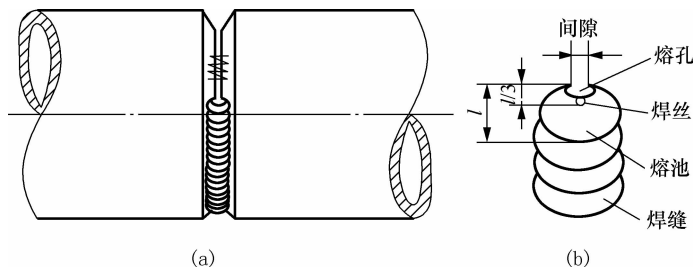


图 3-59 水平固定管子对接的打底层焊接

(a) 焊丝的摆动; (b) 焊丝、熔池、熔孔

焊后半圈前, 先将 6 点和 12 点处焊缝始末端磨薄成斜坡状 (如图 3-60 所示), 长度约 10 ~ 20 mm。在打磨区域中过 6 点处引弧, 引弧后拉回到打磨区端部开始焊接, 按照打磨区域形状摆动焊枪, 焊接到打磨区极限位置时听到“噤”的击穿声后, 即反面成型良好, 接着像焊前半圈一样, 焊接后半圈, 直到焊至距 12 点 10 mm 时, 焊丝改用直线形或极小幅度锯齿形摆动, 焊过打磨区域收弧。

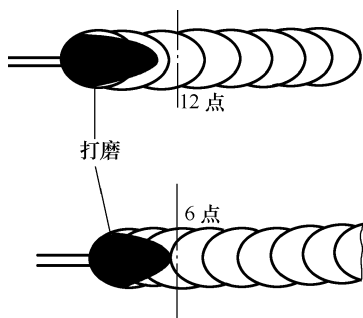


图 3-60 前半圈焊缝始末端的打磨

三、焊填充层

焊填充层前如发现打底层焊缝有局部凸起, 要用砂轮磨平, 防止坡口两侧未熔合。焊填充层的焊枪位置同焊打底层, 焊丝宜在熔池中央 1/2 处左右摆动。采用锯齿形或月牙形摆动 (如图 3-61 所示), 焊丝在两侧稍作逗留, 在中央部位

速度略快，摆动的幅度要参照前层焊缝的宽度。

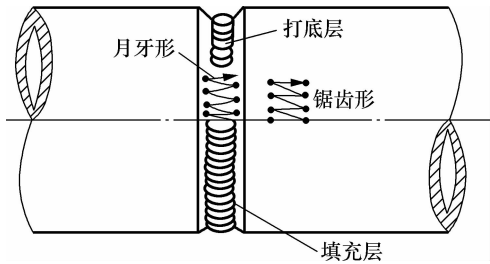


图 3 -61 水平固定管子对接、填充层的焊丝摆动

焊填充层后半圈前，必须对前半圈焊缝的始末端打磨成斜坡形，尤其是 6 点处更应注意。焊后半圈方法基本上同焊前半圈，主要是始末端要求成型良好。焊填充层后，焊缝厚度达到距管子表面 1 ~ 2 mm，且不能将管子坡口面边缘熔化。如发现局部高低不平，则应填平磨齐。

四、焊盖面层

焊盖面层焊丝应作锯齿形或月牙形摆动，摆动幅度要参照坡口宽度，并在两侧稍作逗留，中间略快摆动焊枪，防止咬边，力求焊缝外形美观。

当管壁较厚，坡口上部较宽时，盖面层宜用三道焊成，第一、二焊道安置在两侧，第三焊道位居中央。

水平固定管子对接焊缝易产生的缺陷及对策见表 3 -26 所列。

表 3 -26 水平固定管子对接焊缝的缺陷及对策

序	缺陷名称	对 策
1	未焊透及未熔合	(1) 增大焊接电流，减慢焊接速度。 (2) 增加焊缝宽度。 (3) 焊丝在坡口两侧作适当的逗留。 (4) 正确的焊枪操作
2	焊缝中间凸起	(1) 焊丝在坡口两侧稍作逗留。 (2) 增大焊接电流，同时升高电弧电压。 (3) 焊丝伸出长度加大
3	焊缝接头偏高	(1) 焊前用砂轮磨薄焊缝的接头处。 (2) 合理地引弧和收弧
4	焊打底层穿丝	正确控制焊丝在熔池中的位置
5	打底层收弧处产生缩孔	(1) 收弧时回焊，增加收弧处焊缝厚度。 (2) 将弧坑引向坡口侧面。 (3) 使用收弧控制装置，减小电流收弧

续表

序	缺陷名称	对 策
6	焊缝成型不良	(1) 调整焊接工艺参数，使电流、电压及气体流量合理匹配。 (2) 正确的操作方法。 (3) 合理的焊道安置
7	盖面层咬边	(1) 合理的焊接工艺参数。 (2) 增大焊缝的宽度。 (3) 增加焊丝在坡口两侧的停留时间

思考与练习

- (1) CO₂ 气体保护焊环焊缝的操作分为几个步骤，分别是什么？
- (2) CO₂ 气体保护焊焊接内部缺陷有哪些？怎么防止？
- (3) CO₂ 气体保护焊气瓶安全的要求是什么？
- (4) CO₂ 气体保护焊环焊缝焊接装配上应有何要求？