

# 第八章 二氧化碳气体保护焊

## 基本要求

- 1、了解二氧化碳气体保护焊的特点及应用
- 2、掌握二氧化碳气体保护焊的熔滴过渡特点
- 3、掌握二氧化碳气体焊主要工艺的特点及工艺参数的选择原则
- 4、掌握二氧化碳气体焊的冶金特点
- 5、掌握防止飞溅的措施

## 重点

- 1、短路过渡对电源动特性的要求
- 2、二氧化碳气体保护焊向熔滴中施加合金元素的方式
- 3、飞溅的预防措施

# §8-1 二氧化碳气体保护焊的特点

## (一) 二氧化碳气体保护焊的工艺优点:

### 1、焊接成本低

CO<sub>2</sub>气体及CO<sub>2</sub>焊焊丝价格便宜，焊接能耗低，因此，二氧化碳气体保护焊的使用成本很低，只有埋弧焊及手工电弧焊的30%~50%；

### 2、焊缝质量好

二氧化碳气体保护焊抗锈能力强，对油污不敏感，焊缝含氢量低，抗裂性能好；

### 3、生产效率高

二氧化碳气体保护焊的电弧集中，熔透能力强，熔敷速度快，且焊后无需进行清渣处理，因此生产效率高；半自动二氧化碳焊的效率比手工电弧焊高1~2倍，自动二氧化碳焊比手工电弧焊高2~5倍；

### 4、适用范围广

适用于各种位置的焊接，而且既可用于薄板的焊接又可用于厚板的焊接；

### 5、便于实现自动化

二氧化碳焊是明弧焊，便于监视及控制，而且焊后无需清渣，有利于实现焊接过程机械化及自动化。

## **(二) 二氧化碳气体保护焊的缺点:**

**1、焊缝成形较粗糙，飞溅较大。**

**2、劳动条件较差**

二氧化碳焊弧光强度及紫外线强度分别为手工电弧焊的2~3倍和20~40倍，而且操作环境中CO<sub>2</sub>的含量较大，对工人的健康不利。二氧化碳焊主要用于焊接低碳钢及低合金钢。此外，还用于耐磨零件的堆焊、铸钢件的补焊以及电钎焊等方面。目前，这种方法已广泛用于机车车辆、汽车、摩托车、船舶、煤矿机械及锅炉制造行业中。

**3、二氧化碳焊主要用于焊接低碳钢及低合金钢。**

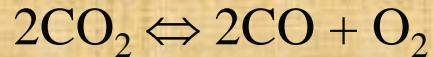
此外，还用于耐磨零件的堆焊、铸钢件的补焊以及电钎焊等方面。目前，这种方法已广泛用于机车车辆、汽车、摩托车、船舶、煤矿机械及锅炉制造行业中。



# § 8-2 二氧化碳焊的冶金特点

## (一) 二氧化碳电弧的氧化性

在电弧热量作用下，二氧化碳发生分解，放出氧气：



氧气又进一步分解为氧原子： $\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}$

因此，二氧化碳电弧具有很强的氧化性，使铁及合金元素（Si、Mn、Cr、Ni、Ti、C等）发生氧化。

1、氧化反应的不利后果：

- 合金元素大量烧损；
- C与O反应，生成CO气体，易于导致气孔。

2、措施：必须采用必要的措施进行脱氧。

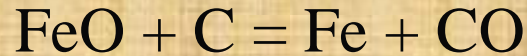
在焊丝中加入适量的脱氧剂，脱氧剂与O的亲合力比Fe及C强，因此可阻止Fe、C等与O发生不利的反应。脱氧剂在完成脱氧任务之余，所剩余的量作为合金元素留在焊缝中，起着提高焊缝机械性能的作用。

二氧化碳焊丝一般采用Si、Mn联合脱氧，有些焊丝中还加少量的Ti。

## (二) 二氧化碳焊的气孔问题

### 1、一氧化碳气孔

一氧化碳气孔产生的主要原因是以下反应：



该反应通常发生于熔池尾部，此处的液态金属温度接近结晶温度，反应很强烈且CO没有时间析出，因此，CO易残留于熔池中形成气孔。只要选择的焊丝正确，焊丝中的脱氧元素就会抑制FeO生成，产生CO气孔的可能性很小。

### 2、氢气孔

二氧化碳电弧中有大量的氧原子，氧原子可与焊接区的氢结合成不溶于熔池的羟基，因此二氧化碳焊对氢气孔不敏感。只要是二氧化碳气体中的水分含量不超过规定值，工件及焊丝上的铁锈及油污不很严重，一般不会产生氢气孔。

### 3、氮气孔

这是二氧化碳焊焊缝中出现几率最大的一种气孔。这种气孔主要是由侵入焊接区的空气引起的。只要保证良好的保护效果，这种气孔一般也不会产生。

# § 8-3 二氧化碳焊的熔滴过渡特点

熔滴过渡方式主要有：大滴排斥过渡、短路过渡、细颗粒过渡及混合过渡（短路过渡+颗粒过渡）等四种。由于大滴排斥过渡的飞溅大、电弧不稳定，因此实际焊接生产中一般不用，通常采用短路过渡及细颗粒过渡进行焊接。

## （一）短路过渡

### 1、产生条件：

采用细丝，并配以小电流及小电压进行焊接时，熔滴过渡为短路过渡。

### 2、特点：

1) 通常产生一体积小、凝固速度快的熔池，因此适合于薄板焊接及全位置焊接。

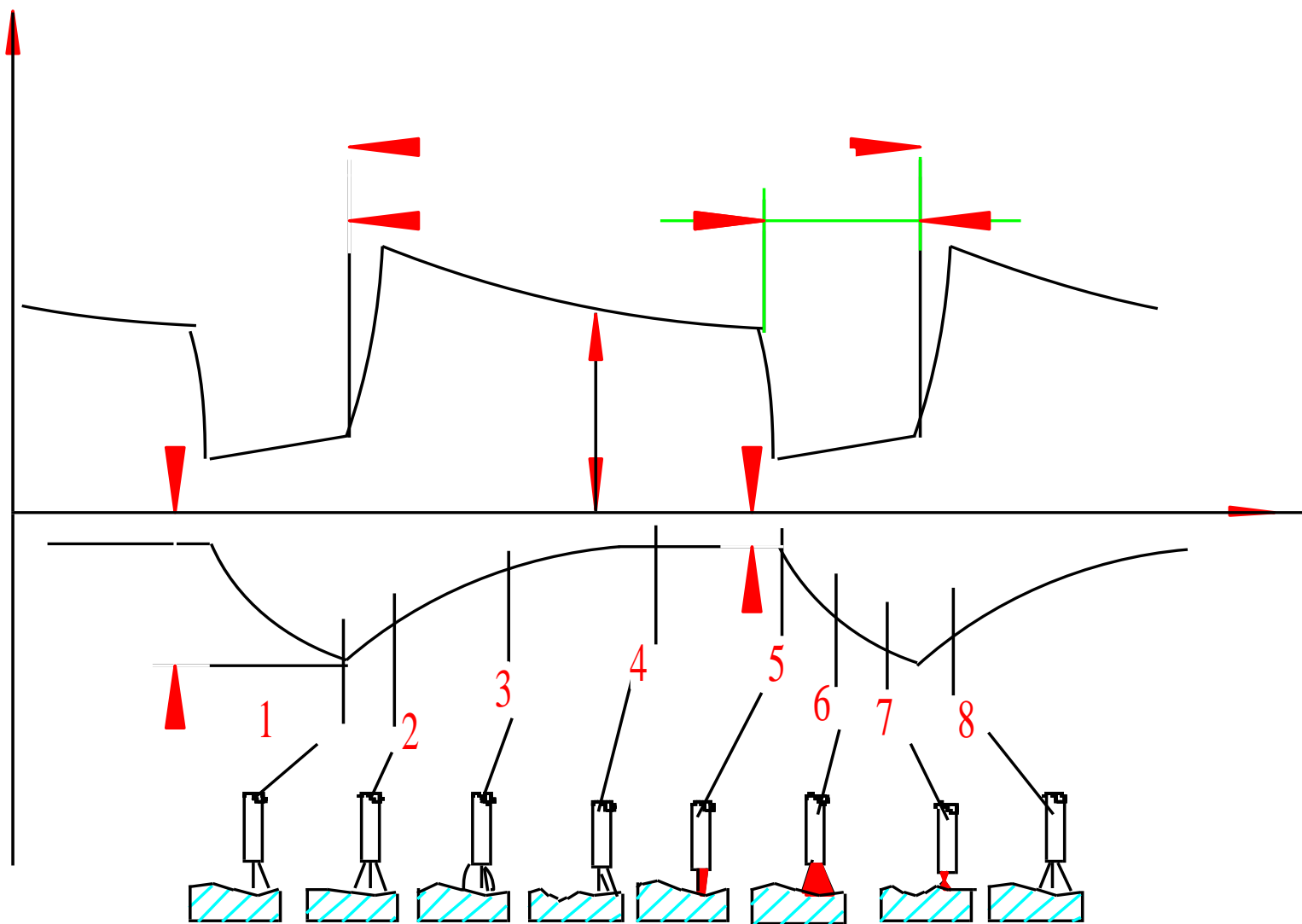
2) 熔滴与熔池间短路后，在表面张力及电磁收缩力的作用下形成缩径小桥，短路缩径小桥在不断增大的短路电流作用下汽化爆断，将熔滴推向熔池，完成过渡。有飞溅。



### 3、短路过渡对电源的动特性具有如下的要求：

(1) 熔滴与熔池短路时，电弧熄灭，过渡完成后，电弧又重新引燃。为了保证电弧能够顺利的引燃，要求电源的空载电压上升速度要快。

(2) 短路小桥的位置及爆断时间、爆破能量直接决定了飞溅的大小，当短路小桥产生在焊丝与熔滴之间，爆破能量较小且能够及时爆断时，飞溅较小。而短路小桥的位置及爆断时间、爆破能量可通过在焊接回路中加一适当的电感来调节。

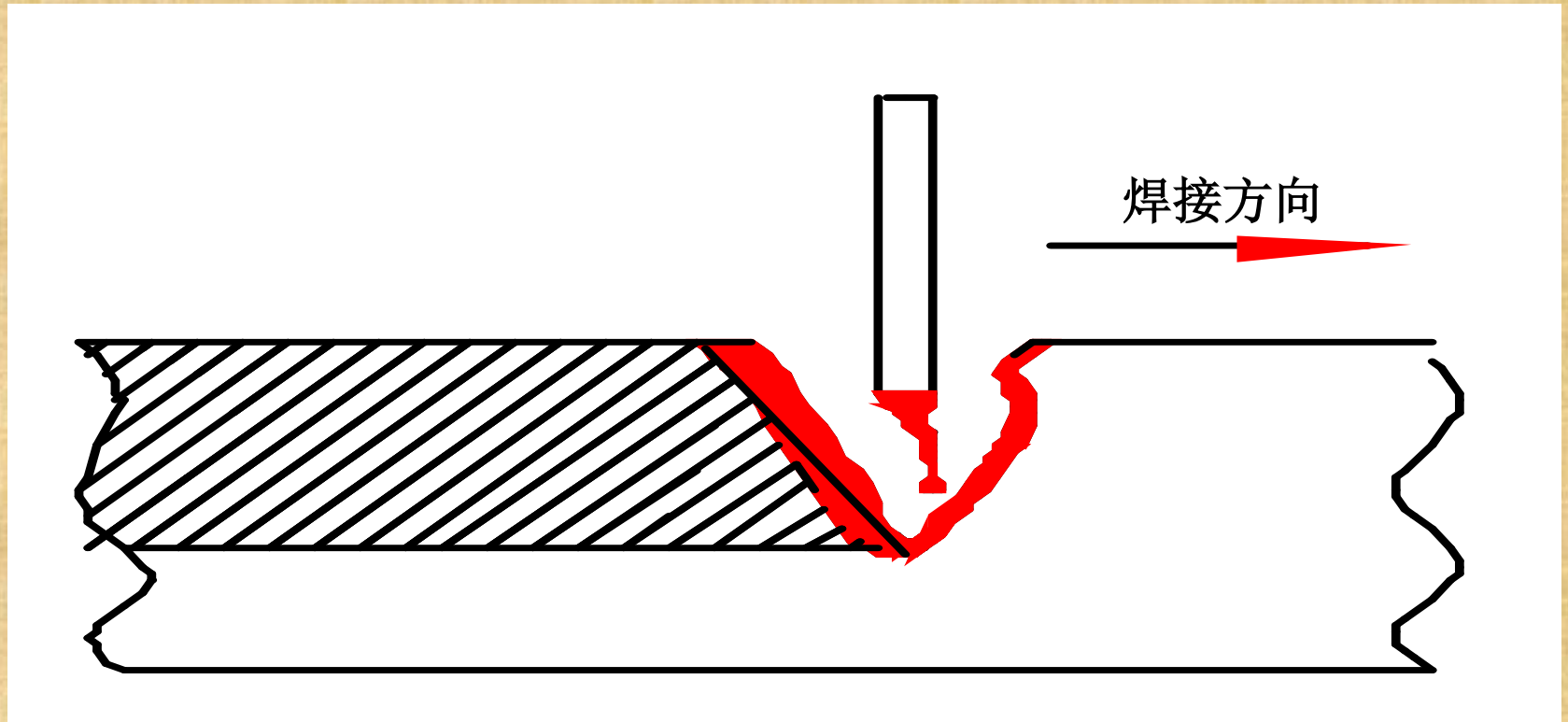


短路过渡



## (二) 细颗粒过渡

细颗粒过渡出现在电弧电压较高、焊接电流较大的情况下。其特点是：电弧基本上潜入工件表面之下，熔池较深，熔滴以较小的尺寸、较大的速度沿轴向过渡到熔池中。由于没有短路过程，对电源的动特性没有特殊要求。这种过渡主要用于中等厚度及大厚度板材的水平位置焊接。



# § 8-4 二氧化碳焊设备

二氧化碳焊设备由弧焊电源、控制箱、送丝机构、焊炬及供气系统组成。

(一) 电源：与MIG/MAG焊电源相同。

(二) 控制系统

控制各个部件按照一定的时间顺序进入/退出工作状态。

1、引弧：

(1) 爆裂引弧：

适用于细丝，其基本过程是：首先使焊丝与工件短路，在较大的短路电流的作用下，焊丝与工件的接触部位发生爆断，引燃电弧。

(2) 慢送丝引弧

适用于粗丝，基本方法及原理与爆裂引弧类似，其不同点是通过缓慢送丝使焊丝与工件接触，以保证引弧的可靠性。回抽引弧主要用于埋弧焊，焊前首先使焊丝与工件接触，焊机启动后，焊丝回抽将电弧引燃。

## 2、熄弧方式

### 1) 焊丝返烧熄弧

反烧熄弧时，先停止送丝，电弧继续燃烧，弧长逐渐增大，经过一定时间后切断电源，电弧熄灭，停止焊接。

### 2) 电流衰减熄弧

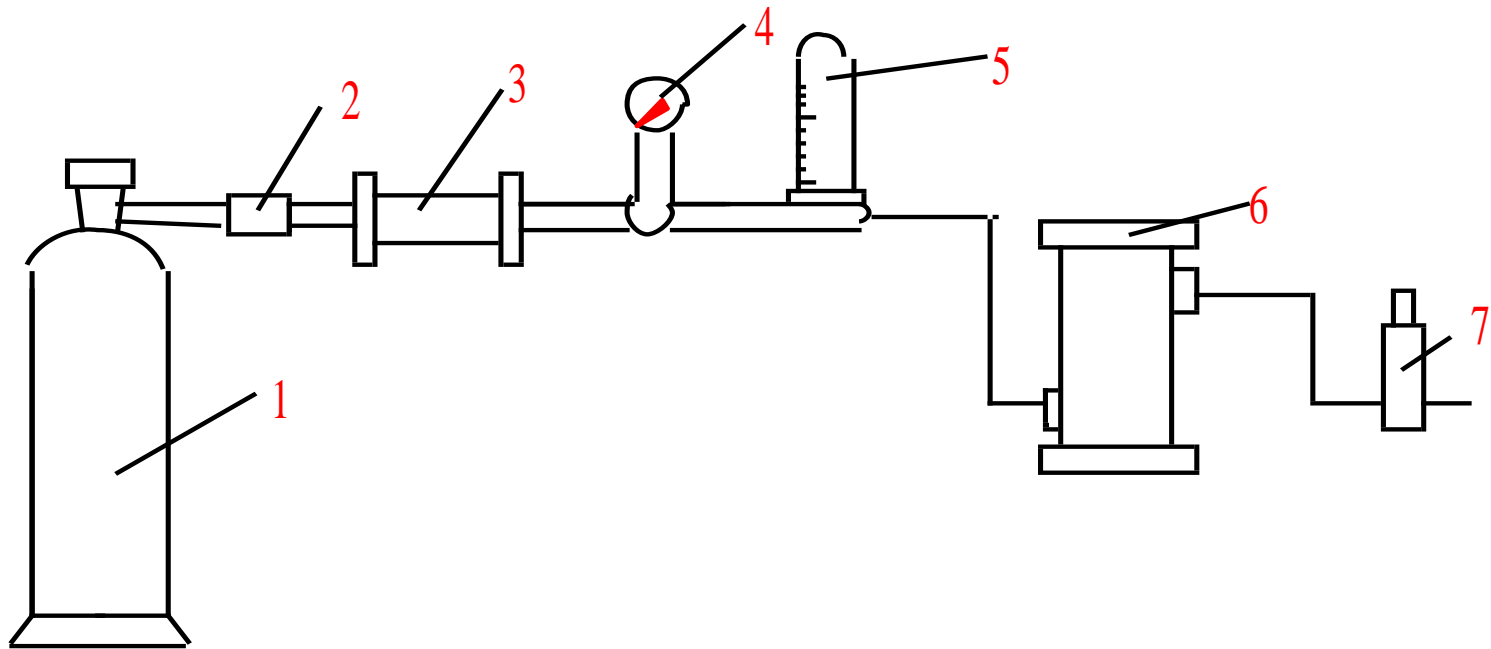
首先使焊接电流及送丝速度衰减，填满弧坑后，再停止送丝并切断电源。



### (三) 气路和水路

#### 1、气路系统

除了气瓶、减压阀、流量计、软管及气阀以外，二氧化碳焊机的气路系统还需安装预热器及干燥器。



气路系统

## (1) 预热器:

用于防止二氧化碳中的水分在钢瓶出气口处或减压阀中结冰而堵塞气路。焊接过程中钢瓶内的液态二氧化碳不断气化，气化过程中要吸收大量的热，而且钢瓶中的高压二氧化碳经过减压阀减压后，气体温度也会下降；气体流量越大，温度下降越明显。因此，气体流量较大时（大于 $10\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ），在减压阀之前必须安装加热器

通常采用电热式加热器，其结构比较简单，只需将套有绝缘瓷管的加热电阻丝套在通二氧化碳气体的紫铜管上即可。

## (2) 干燥器:

用于减少焊缝中的含氢量。一般市售的二氧化碳气体中含有一定量的水分，因此需在气路中安装干燥器，以去除水分，减少焊缝中的含氢量。

干燥器有两种：高压干燥器和低压干燥器。高压干燥器安装在减压阀前，低压干燥器安装在减压阀之后。一般情况下，只需安装高压干燥器。如果对焊缝质量的要求不高，也可不加干燥器。

## 2、水路系统

水路系统通以冷却水，用于冷却焊炬及电缆。通常水路中设有水压开关，当水压太低或断水时，水压开关将断开控制系统电源，使焊机停止工作，保护焊炬不被损坏。



# § 8-5 二氧化碳气体保护焊工艺

## 一、二氧化碳气体保护焊工艺参数的选择

### (一) 焊丝直径

#### 1、短路过渡CO<sub>2</sub>焊

一般采用细丝，以提高过渡频率，稳定焊接电弧。通常采用的焊丝直径有0.8mm、1.2mm及1.6mm三种。

#### 2、细颗粒过渡CO<sub>2</sub>焊

采用的焊丝直径一般大于1.2mm，通常采用的焊丝直径有1.6、2.0、3.0和4.0等四种。

## （二）焊接电流及电弧电压

### 1、短路过渡

电弧电压是最重要的焊接参数，因为它直接决定了熔滴过渡的稳定性及飞溅大小，影响焊缝成形及焊接接头的质量。

对于一定的焊丝直径，有一最佳电弧电压范围，电弧电压小于该范围的下限时，短路小桥不易断开，易导致固体短路（未熔化的焊丝直接穿过熔池金属与未熔化的工件短路），导致很大的飞溅，甚至导致固体焊丝飞溅；电弧电压大于该范围的上限时，易产生大滴排斥过渡，飞溅很大，电弧不稳。

短路过渡CO<sub>2</sub>焊通常采用直流反接。采用直流反接时，电弧稳定，飞溅小，熔深大。但在堆焊及焊补铸件时，应采用直流正接，这是因为，正接时焊丝为阴极，阴极产热大，焊丝熔化速度快，生产率高。

电流的大小要与电弧电压相匹配。表1给出了三种直径焊丝的最佳短路过渡焊接规范。

**表1 短路过渡的电流值及电弧电压范围**

焊丝直径/mm	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>
电弧电压/V	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
焊接电流/A	<b>100~110</b>	<b>120~135</b>	<b>140~180</b>

## 2、细颗粒过渡

细颗粒过渡CO<sub>2</sub>焊也采用直流反接。

根据被焊材料及板厚选择焊接电流，然后根据焊接电流、焊丝直径选择电弧电压，焊接电流越大，焊丝直径越小，选择的电弧电压也应越大。但电弧电压也不得太高，否则飞溅将显著增大。

**表2 细颗粒过渡的最低电流值及电弧电压范围**

焊丝直径/mm	电流下限值/A	电弧电压/V
<b>1.6</b>	<b>400</b>	<b>34~45</b>
<b>2.0</b>	<b>500</b>	
<b>3.0</b>	<b>650</b>	
<b>4.0</b>	<b>750</b>	



### (三) 焊接速度

焊接速度与焊接电流适当配合才能得到良好焊缝成形。

焊接速度过大：熔宽、熔深减小，甚至产生咬边、未熔合、未焊透等缺陷。

焊接速度过慢：降低生产率，导致烧穿、焊接变形过大等缺陷。

半自动短路CO<sub>2</sub>保护焊的焊接速度一般为5m·h<sup>-1</sup>~60m·h<sup>-1</sup>。

### (四) 焊接回路电感

#### 1、短路过渡

作用：控制短路电流上升速度及短路电流峰值。

短路过渡CO<sub>2</sub>焊要求具有合适的短路电流上升速度，从而将缩径小桥控制在焊丝与熔滴之间，以保证爆破力将大部分熔滴金属过渡到熔池中，同时还要求具有合适的短路电流峰值，以使爆破能量适中，不至于产生很大的细颗粒飞溅。

不同的焊丝直径要求不同的短路电流上升速度，焊丝越细，熔化速度越大，短路过渡频率越大，要求的短路电流上升速度就较大。

短路电流上升速度（ $di/dt$ ）决定于回路电感：

$$di/dt = (U_0 - iR)/L$$

式中， $U_0$ — 电源空载电压；

$i$ — 瞬时电流

$R$ — 焊接回路中的电阻

$L$ — 焊接回路中的电感

因此，焊接回路中应串接适当的电感。

## 2、细颗粒过渡

对于细颗粒过渡CO<sub>2</sub>焊，回路电感对抑制飞溅的作用不大，一般不要求在焊接回路中加电感元件。

## （五）焊丝干伸长度

### 1、短路过渡

焊丝很细，焊丝干伸长度对熔滴过渡、电弧的稳定性及焊缝成形均具有很大的影响。

- 干伸长度过大，电阻热增大，焊丝容易因过热而熔断，导致严重飞溅及电弧不稳。此外，干伸长度过大时，焊接电流降低，电弧的熔透能力下降，易导致未焊透。

- 干伸长度过小，喷嘴离工件的距离很小，飞溅金属颗粒易堵塞喷嘴。

干伸长度一般应控制在5mm~15mm内。

### 2、细颗粒过渡

焊丝较粗，焊丝干伸长度对熔滴过渡、电弧的稳定性及焊缝成形的影响不大。但由于飞溅较大，喷嘴易于堵塞，因此，干伸长度应选得大一些，一般应控制在10mm~20mm内。



## (六) 气体流量

保护气体的流量一般根据电流的大小、焊接速度、干伸长度等来选择。这些参数越大，气体流量也应适当加大。但也不能太大，以免产生紊流，使空气卷入焊接区，降低保护效果。

- 短路过渡：

保护气体流量一般为5 L/min~15 L/min。

- 细颗粒过渡：

所用焊接电流比短路过渡大，焊接速度也大，因此采用的保护气体流量也应适当增大，一般为10 L/min~20 L/min。

## (七) 喷嘴至工件的距离

短路过渡CO<sub>2</sub>焊时，喷嘴至工件的距离应尽量取得适当小一些，以保证良好的保护效果及稳定的过渡，但也不能过小。这是因为该距离过小时，飞溅颗粒易堵塞喷嘴，阻挡焊工的视线。喷嘴至工件的距离一般应取焊丝直径的12倍左右。

## （八）焊丝位置及焊接方向

CO<sub>2</sub>焊一般采用左焊法，而右焊法也有其优点，在某些情况下具有良好的工艺性能。

左焊法时焊枪的后倾角度保持为10°~20°，倾角过大时，焊缝宽度增大而熔深变浅，而且还易产生大量的飞溅。

右焊法时焊枪前倾10°~20°，过大时余高增大，易产生咬边。

# § 8-6 飞溅的原因及预防飞溅的措施

## 一、产生飞溅的原因

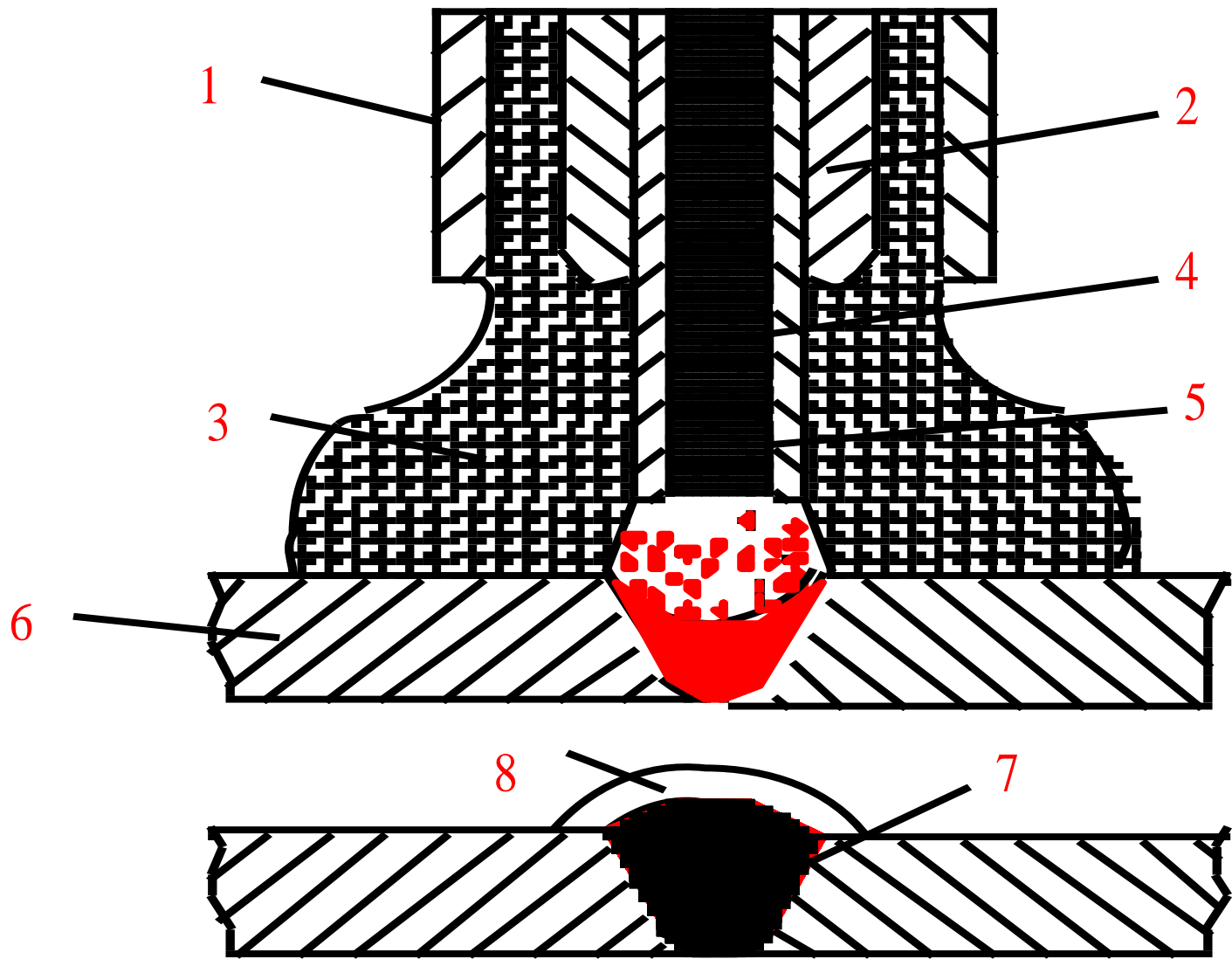
本质原因是由于二氧化碳电弧收缩性强，熔滴受力复杂，易使熔滴的运动轨迹偏离电弧的轴线。

- 1、短路过渡是的爆破力；
- 2、大滴滴落过渡时的斑点力偏离焊丝轴线；
- 3、细颗粒过渡时的气泡爆破力；
- 4、串弧引起的飞溅。

## 二、防止飞溅的措施

- 1、在气体中加入少量氩气；
- 2、对于短路过渡电弧焊，在焊接回路中加入一个适当的电感；
- 3、对于短路过渡电弧焊，采用电流波形控制法。
- 4、采用活化焊丝或药芯焊丝。





药芯焊丝