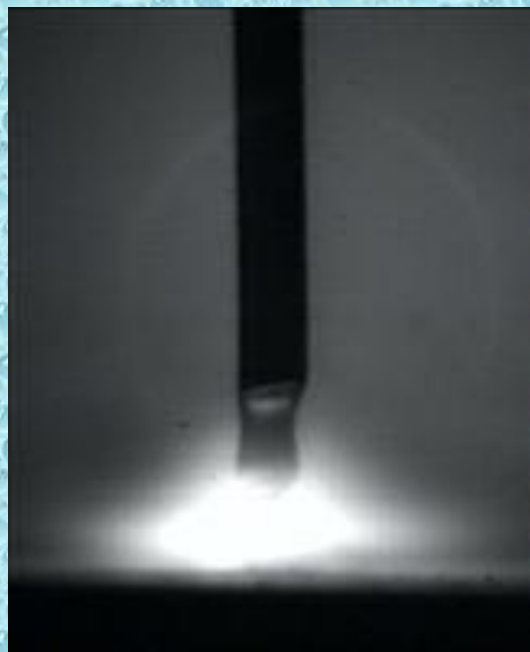


第二章 焊丝的加热及熔滴过渡

要求

- * 熟练掌握焊丝熔化速度、熔化系数、熔敷速度、熔敷效率、熔敷系数、熔滴过渡及飞溅等基本概念。
- * 掌握熔滴上受到的各种力及其对过渡的影响；
- * 了解熔滴过渡的基本分类，各类熔滴过渡的基本特征；
- * 掌握各种焊接方法的熔滴过度特点。
- * 了解固有自调节作用。



§ 2-1 焊丝的加热及熔化

一、加热热源：

(一) 电弧热—极区产热

1、焊丝接阴极时： $P_k = I(U_k - U_w - U_T) \approx I(U_k - U_w)$

U_T 很小，大概只有1V左右。

2、焊丝接阳极时： $P_A = I(U_A + U_w + U_T) \approx I U_w$

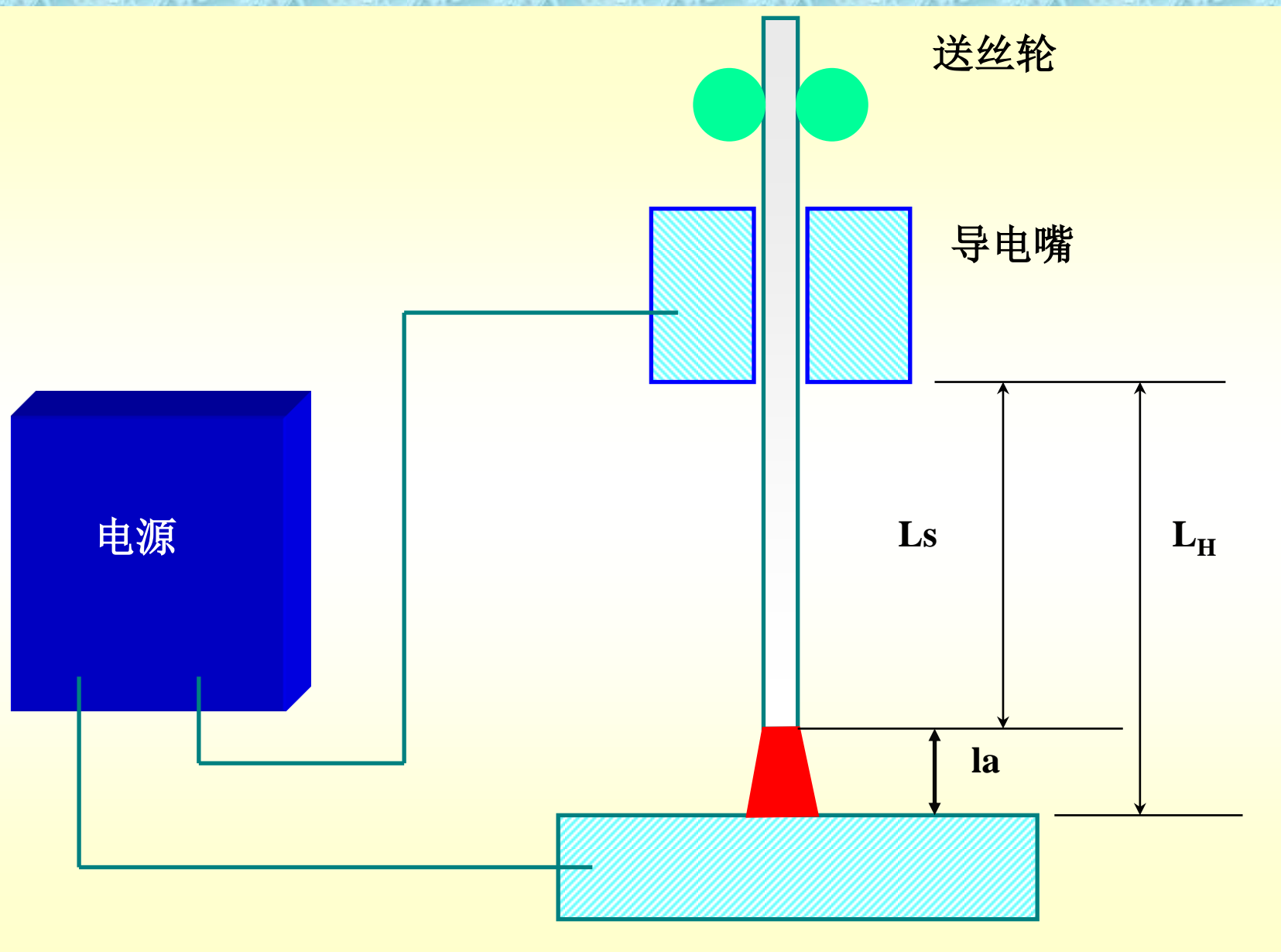
U_A 很小，可忽略。

* 讨论：

① TIG焊： $P_A > P_k$

② MIG焊： $P_k > P_A$

③ P_k 受多种因素影响，而 P_A 则不。



(二) 干伸长度上的电阻热

1、干伸长度：焊丝伸出导电嘴之外的长度 L_s

$$P_R = I^2 R_S = \rho L_s / S$$

2、影响因素：

(1) 钢焊丝的 P_R 大，因此干身长度的电阻热之影响较大；铝、铜 P_R 小

(2) L_s 越大， d_s 越小，则 P_R 越大

(三) 总热源

$$P = P_a + P_R = I (U_m + IR_s)$$

式中：焊丝接阴极时， $U_m = (U_k - U_w)$

焊丝接阳极时， $U_m = U_w$

二、影响熔化速度、熔化系数的因素

(一) 基本概念

1、熔化速度 v_m ：

单位时间内焊丝的熔化量。单位：g/s 或 cm/s。

2、熔化系数 α_m ：

$\alpha_m = v_m / I$ ，单位时间内，由单位电流所熔化的焊丝量(长度，重量)。单位：g/A.S或 Cm/A.S。

(二) 影响因素

1、电流：电流越大，熔化速度越大。

$$v_m = K I(U_m + IR_s); \quad \alpha_m = v_m / I = K(U_m + IR_s)$$

显然：1) I增大， v_m 增大

2) 对于Al焊丝， α_m 几乎与I增大，对于钢焊丝， α_m 随着I的增大而增大。

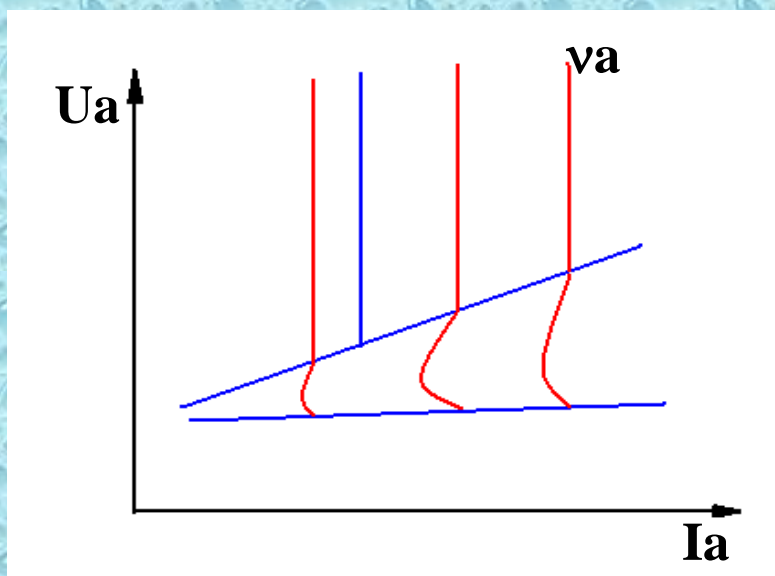
2、电压：

$U_a(L_a)$ 大时， v_m 与 U_a 无关

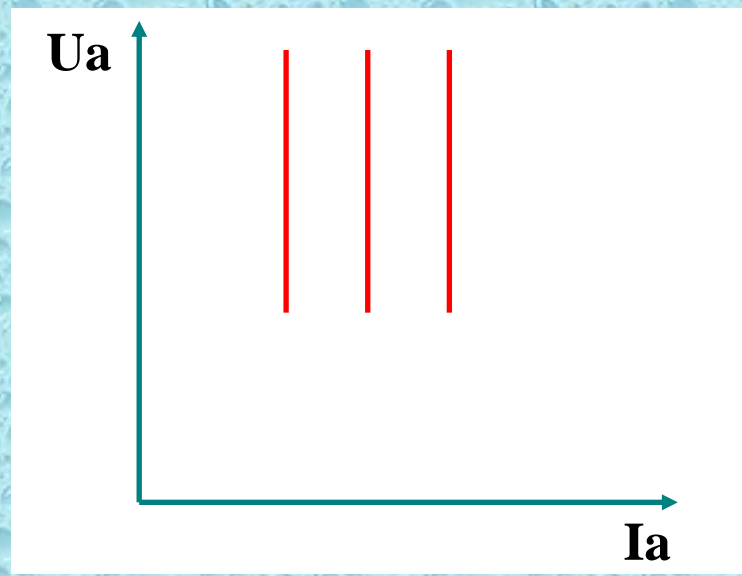
$U_a(L_a)$ 较小时， U_a 下降时 α_m 增大(如 I 不变则 $v_m \uparrow$)，使电弧具有保持弧长稳定的能力。

•固有自调节作用：

弧长较短时， v_m 随 L_a 下降而增大，使得电弧具有抵抗外界干扰的保持稳定不变的能力，这种能力被成为固有自调节作用。



铝



钢

3、焊丝的极性：

焊丝接负时， v_m 较大

焊丝接正时， v_m 较小

4、气体介质：

焊丝接阳极时： $v_m = K R_m = K I U_w$ 与气体介质无关

焊丝接阴极时： $v_m = K I (U_k - U_w) U_k$ 与气体介质有关

因此，气体介质影响熔化速度，例如在Ar中加

CO_2 可使 v_m 增大。

5、电阻热：

钢焊丝： ds 越长，电阻热的影响越大。

铝焊丝，电阻热很小，影响不大。

§ 2-2 熔滴过渡和飞溅

一、基本概念

- 1、熔滴过渡：焊丝端部的熔化金属以滴状进入熔池的过程。
- 2、飞溅：熔化的焊丝金属飞到熔池之外的现象。

二、熔滴上的作用力

(一) 表面张力

- 1、焊丝与熔滴间的表面张力 F_{σ} ，阻碍过渡，将熔滴保持在焊丝上。

$$F_{\sigma} = 2\pi R_s \sigma$$

式中： σ 为表面张力系数， R_s 为焊丝半径。

2、短路过渡时，熔滴与工件间的表面张力 — 促进过渡。

$$F_{\sigma} = 2\pi R P \sigma$$

* 影响 σ 的因素：

- 1) 材料类型：例如，铁的表面张力系数大于铝
- 2) 温度：温度上升，表面张力系数降低
- 3) 表面活性物质：如钢液中有S或O时，表面张力系数降低。

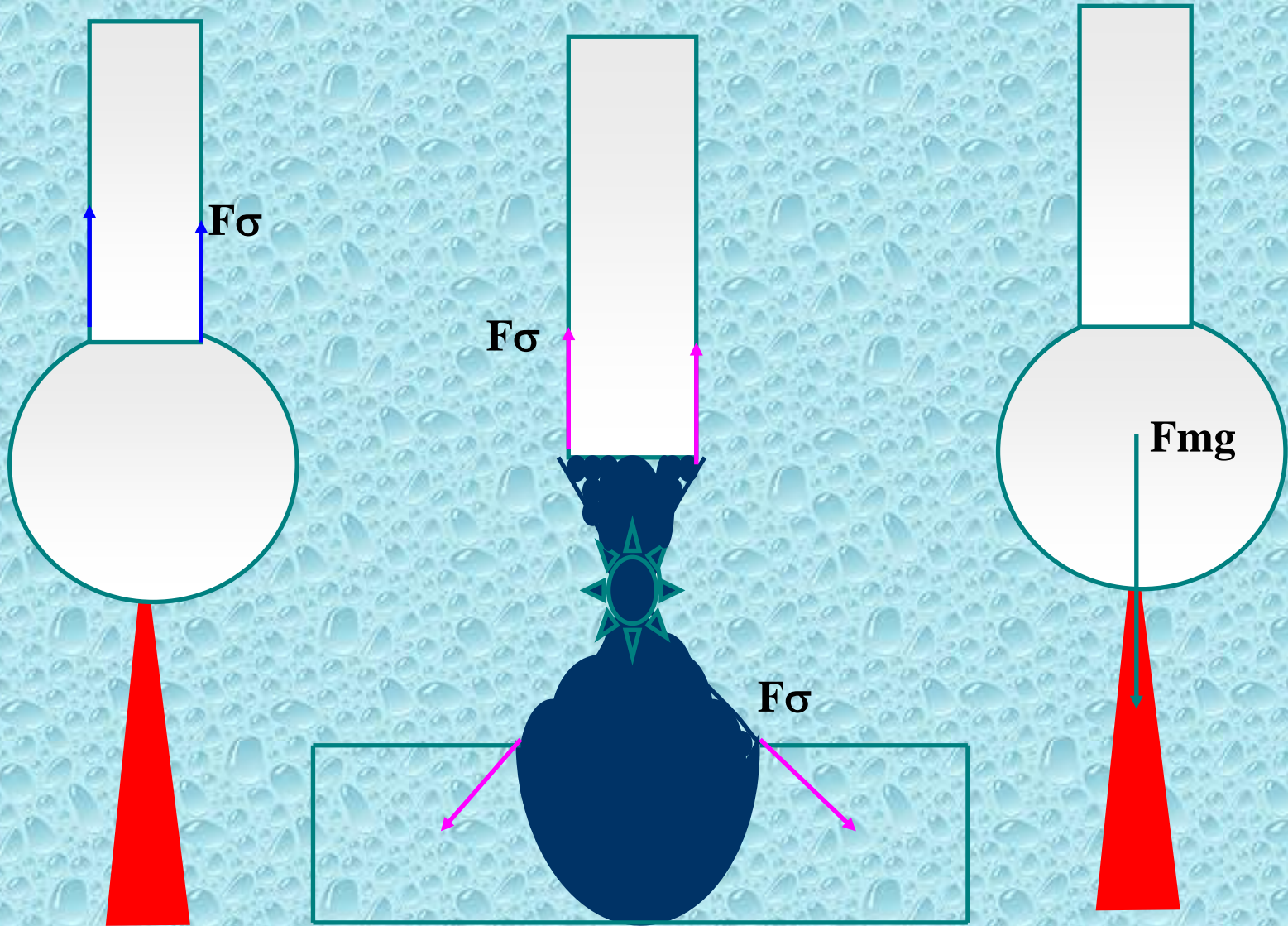
(二) 重力

1、熔滴的重力：
$$F_g = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g$$

式中： r —熔滴半径， ρ —密度。

2、作用：

- 1) 平焊时促进过渡；
- 2) 立焊，仰焊时阻碍过渡。



表面张力

重力

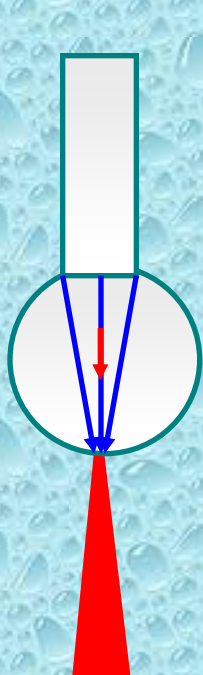
(三) 电磁收缩力

电流线通过熔滴时的电磁收缩力。

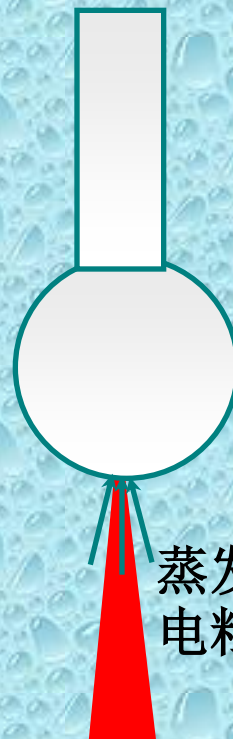
- 1) 当 S_b (斑点面积) $< S_s$ (焊丝截面积)时，电流线在熔滴中收缩 F 推向上，阻碍过渡。
- 2) 当 $S_b > S_s$ 时，电磁线在熔滴中发散， F 推向下，促进过渡。

(四) 斑点力

其作用亦与斑点面积有关： S_b 较大时，促进过渡； S_b 较小时，阻碍过渡。



熔滴中的电磁收缩力



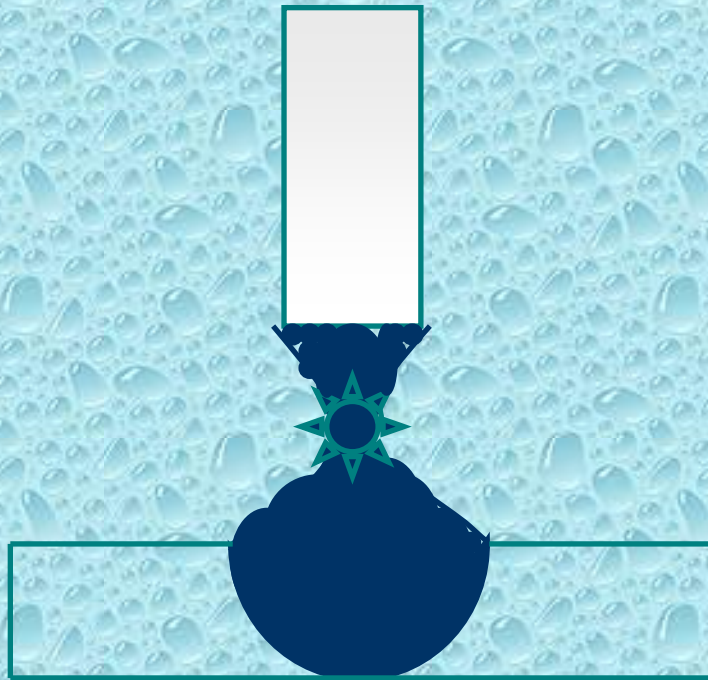
熔滴斑点力

(五) 爆破力

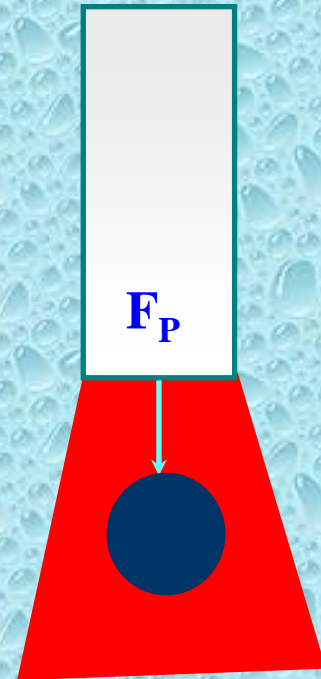
熔滴爆破时，爆破力指向四面八方，即促进过渡，又导致飞溅。

(六) 等离子流力

从焊丝指向工件，总是促进过渡。



爆破力



等离子流力

二、熔滴过渡的主要形式及特点

(一) 自由过渡

熔滴脱离焊丝，由电弧空间进入熔池。

1、滴状过渡

1) 大滴过渡

特点：① $aD=g$;

② 轴向;

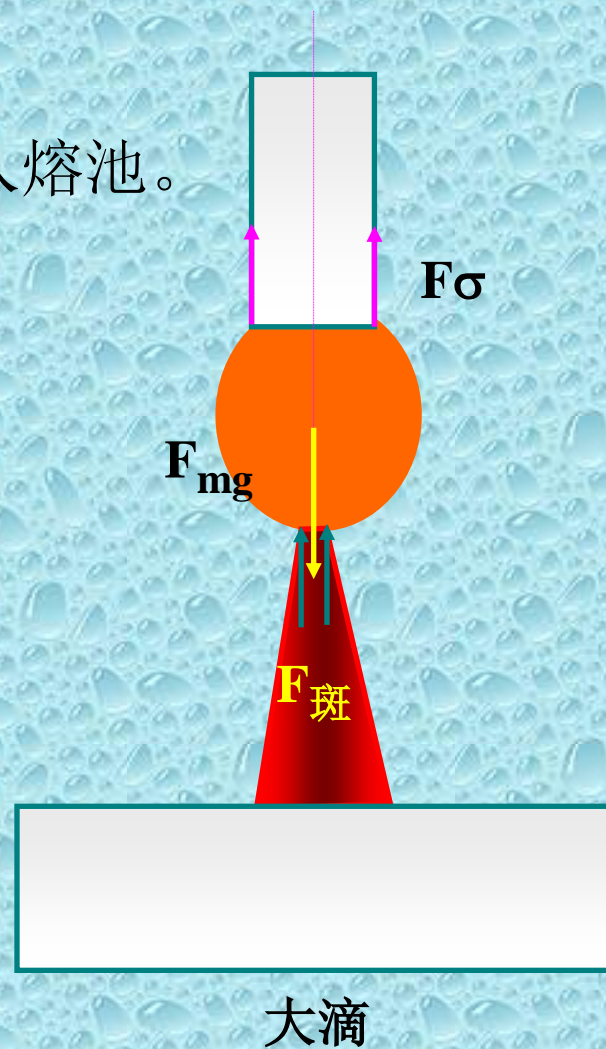
③ $dD > ds$

2) 大滴排斥

特点：① $aD=g$;

② 非轴向，有飞溅;

③ $dD > ds$



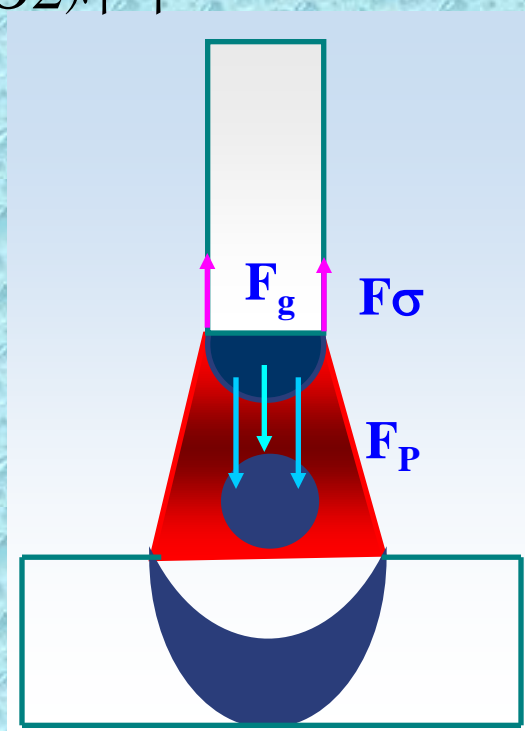
2、细颗粒过渡，出现在CO2焊中

- 特点： ① $aD > g$ ；
② 非轴向；
③ $dD < ds$ 。

3、喷射过渡

1) 射滴

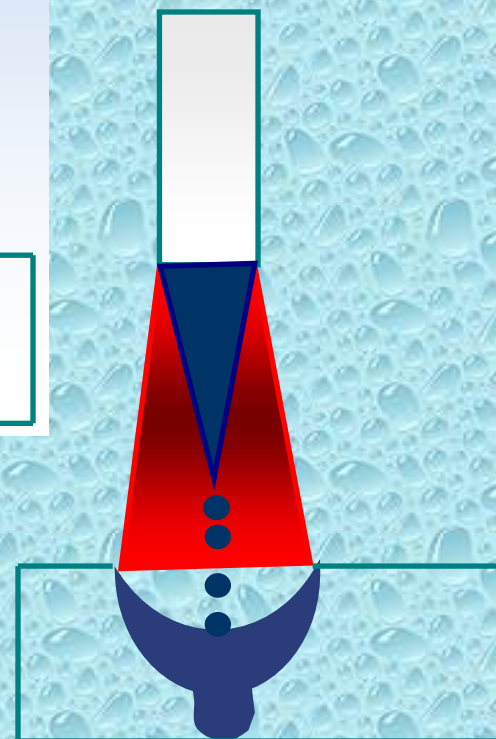
- 特点： ① $aD \gg g$ ；
② $dD \leq ds$ ；
③ 轴向性好；
④ 一次一滴。



射滴

2) 射流

- 特点： ① $aD \gg g$ ； ② $dD < ds$ ；
③ 轴向； ④ 连续束流。



射流

3) 爆炸过渡

因气泡的爆破而过渡，通常伴随着飞溅。

(二) 渣壁过渡

1、沿熔渣壁过渡埋弧焊

DCSP: 熔滴尺寸大, 过渡频率低。

DCRP: 尺寸小, f 大。 $I \uparrow$ $f \uparrow$

2、沿套筒过渡

产生于SMAW。

条件: 1) 厚药皮; 2) 酸性药皮。

(三) 接触过渡

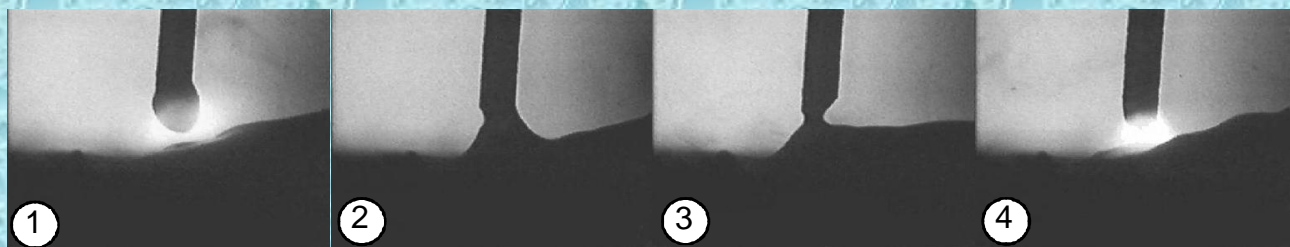
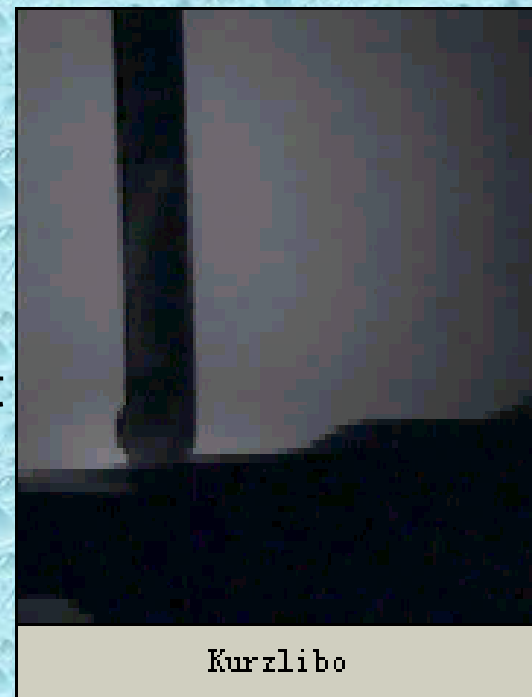
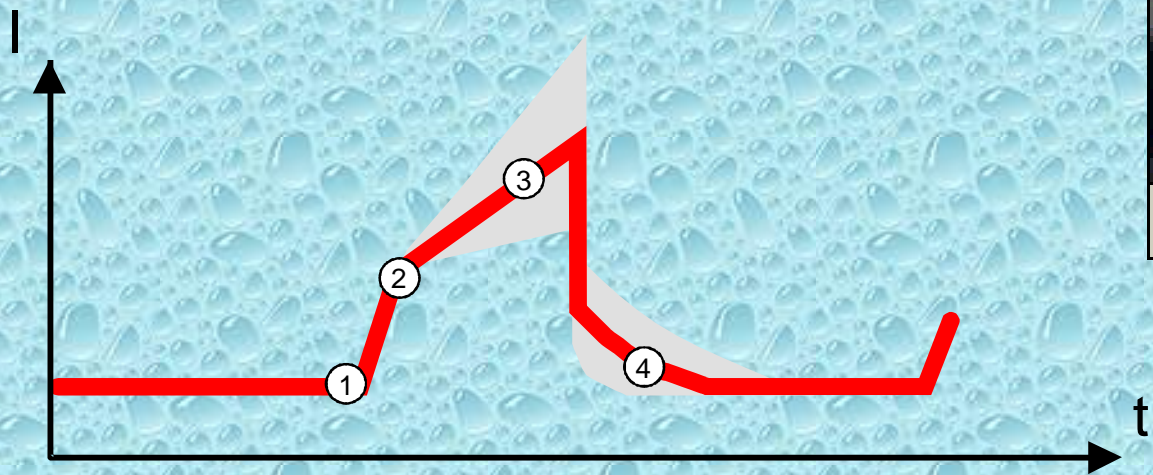
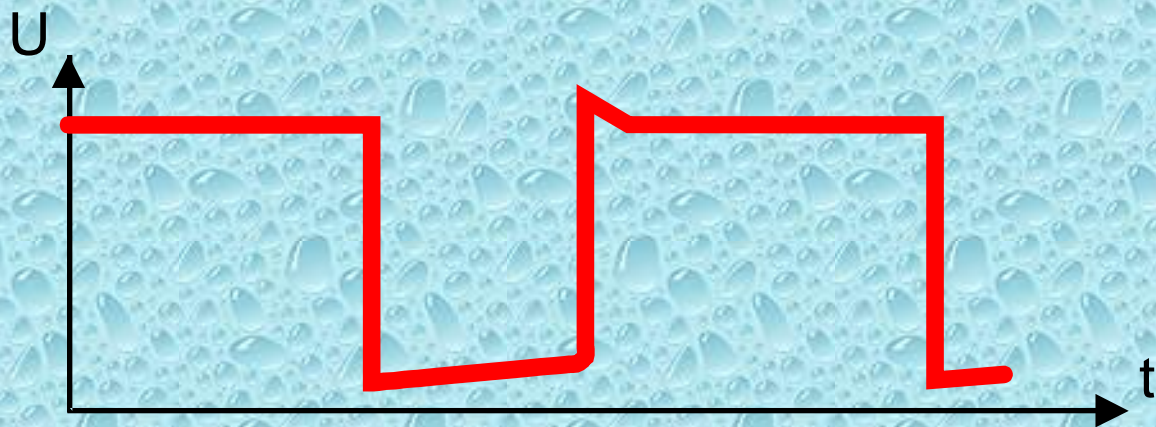
1、短路过渡

条件: CO₂细丝焊, 且 U_a 小, I_a 小。

特点: 电弧稳定, 稍有飞溅。

2、搭桥过渡

条件: 填丝TIG焊中。



短路过渡过程及电流、电压波形

三、飞溅及熔敷系数

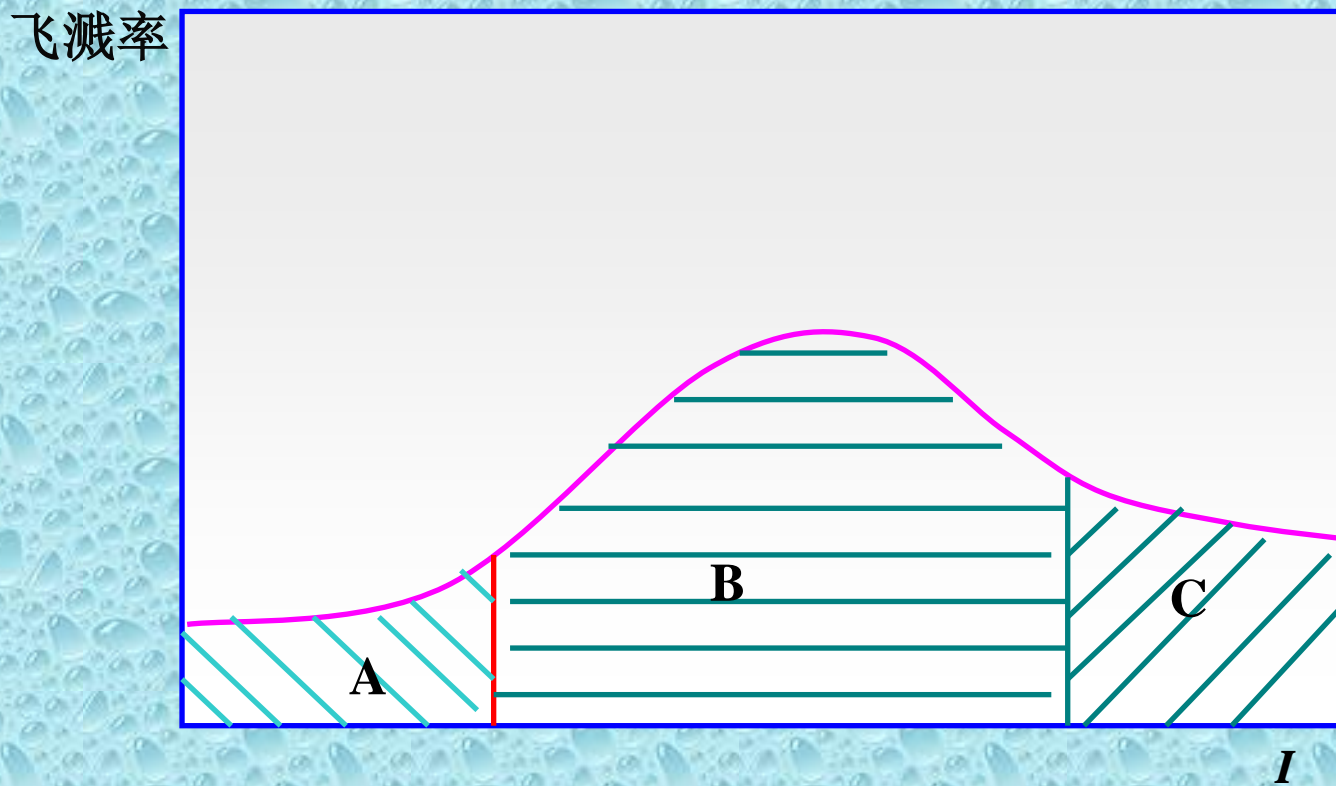
(一) 飞溅

1、飞溅的原因：

① 爆破力； ②斑点力不对称； ③气体从熔滴或熔池中析出。

2、影响飞溅的因素

①焊接方法，CO₂焊大，MIG小； ②规范，例如CO₂焊； ③过渡形式。



(二) 熔敷效率, 熔敷系数

1、基本概念

(1) 熔敷效率: 过渡到焊缝中的焊丝金属重量与熔化的焊丝重量之比。

(2) 熔敷系数: 单位时间内由单位电流熔敷到焊缝中焊丝金属重量 α_m

(3) 损失系数:
$$\psi_s = \frac{\alpha_m - \alpha_y}{\alpha_m}$$

2、影响的因素:

(1) 焊接方法

SAW、MIG、MAG、CO₂、MMA依次减小。

(2) 焊接参数

特别是CO₂焊接, 电流增大时, 熔敷效率增大。