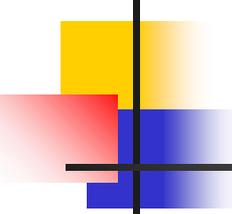


# 关于粉末颗粒的分散与改性



# 影响粉体性能的基本因素

---

1 粉末材料的化学成分

1 粉末材料的晶体结构

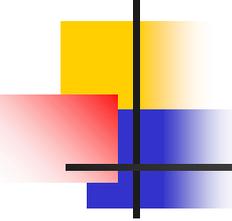
1 粉末材料的形貌特征

粒径 粒径分布 形状

1 粉末材料的表面性质

表面能 表面张力 表面化学位

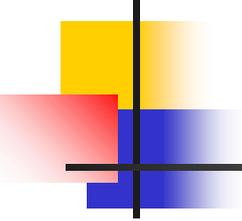
表面官能团 表面酸碱性



## 2.1 粉体的表面现象与表面能

---

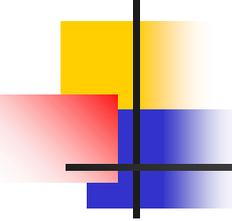
- 粉体颗粒的表面现象
  - 不饱和性（断面）
  - 非均质性（内外原子或离子能量状态不同）
- 粉体颗粒的表面能与表面活性
  - 表面能（表面质点有额外的势能）
  - 表面活性（颗粒小，不饱和质点多，提高表面活性）



## ■ 表面能

$$\sigma = \frac{F}{2a^2} = \frac{G}{Kna^2}$$

颗粒表面能的数量不仅取决于比表面积的大小，还取决于断面的几何形状、性质和所处的位置。颗粒的粒度变细后，颗粒的表面能和表面活性将大大增加。



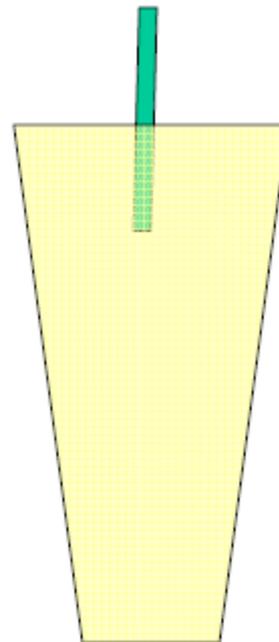
## 2.2 粉末颗粒的分散

---

- 悬浮体系：

- 固体颗粒在气相中悬浮、固体颗粒在液相中悬浮；
  - 液相颗粒在气相中悬浮、液相颗粒在液相中悬浮。

- 悬浮颗粒的分散性影响粉体工程单元操作和产品质量以及粉体粒度的测量。



固-气	固-液
液-气	液-液

洋卷中

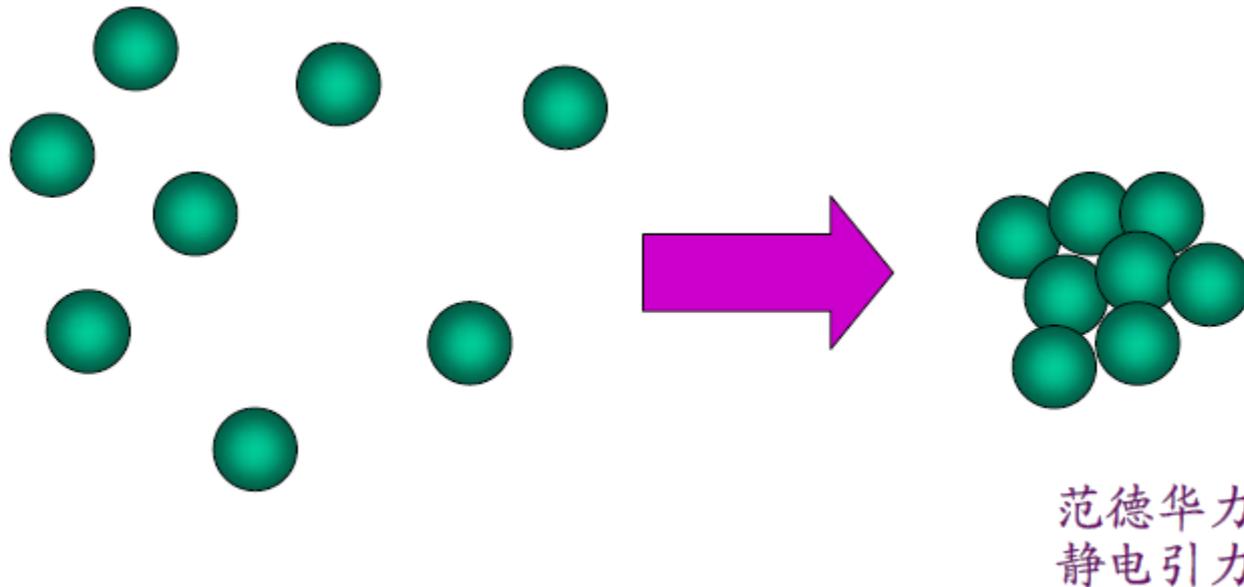


2008 3 11



## 2.2.1 粉末颗粒在空气中的分散

粉末颗粒粒径很小时，极易在空气中粘结成团，特别是微米、亚微米级的超细粉末，这种现象对粉体的加工过程极为不利。



# 一、颗粒之间的作用力

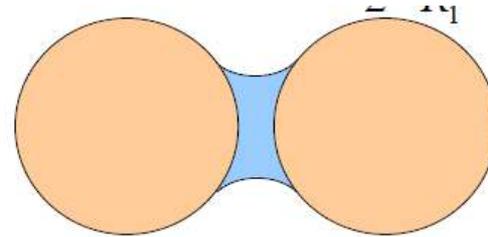
## 1. 颗粒分子间的作用力

球体间  $F_w = -\frac{A_{11}d}{24H^2}$

球与平板  $F_m = -\frac{A_{11}}{12H^2} \cdot \frac{d_1d_2}{d_1+d_2}$

## 2. 颗粒间的静电作用力

## 3. 颗粒在湿空气中的粘结力



液桥粘结力  $F_y = -2\pi R\sigma \left[ \sin(\phi + \theta)\sin\phi + \frac{R}{2} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \sin^2\phi \right]$

## 4. 磁性力

--单畴颗粒（粒径在单畴临界尺寸以下，只含有一个磁畴的颗粒）

## 5. 颗粒表面不平滑引起的机械咬合力

# 粉末颗粒在空气中的分散

- 颗粒之间的作用力
- 颗粒分子间的作用力—范德华力
  - a) 小分子之间力作用距离极短，约为1nm，它是一个典型的短程力，与分子间距的7次方成反比，。
  - b) 极大量分子集合体构成的体系，如超细颗粒，随着颗粒间距离的增大，其分子间的作用力的衰减程度明显变缓。这是因为存在着多个分子的综合作用之故。超细颗粒间分子的有效间距可达50nm，可看成长程力。

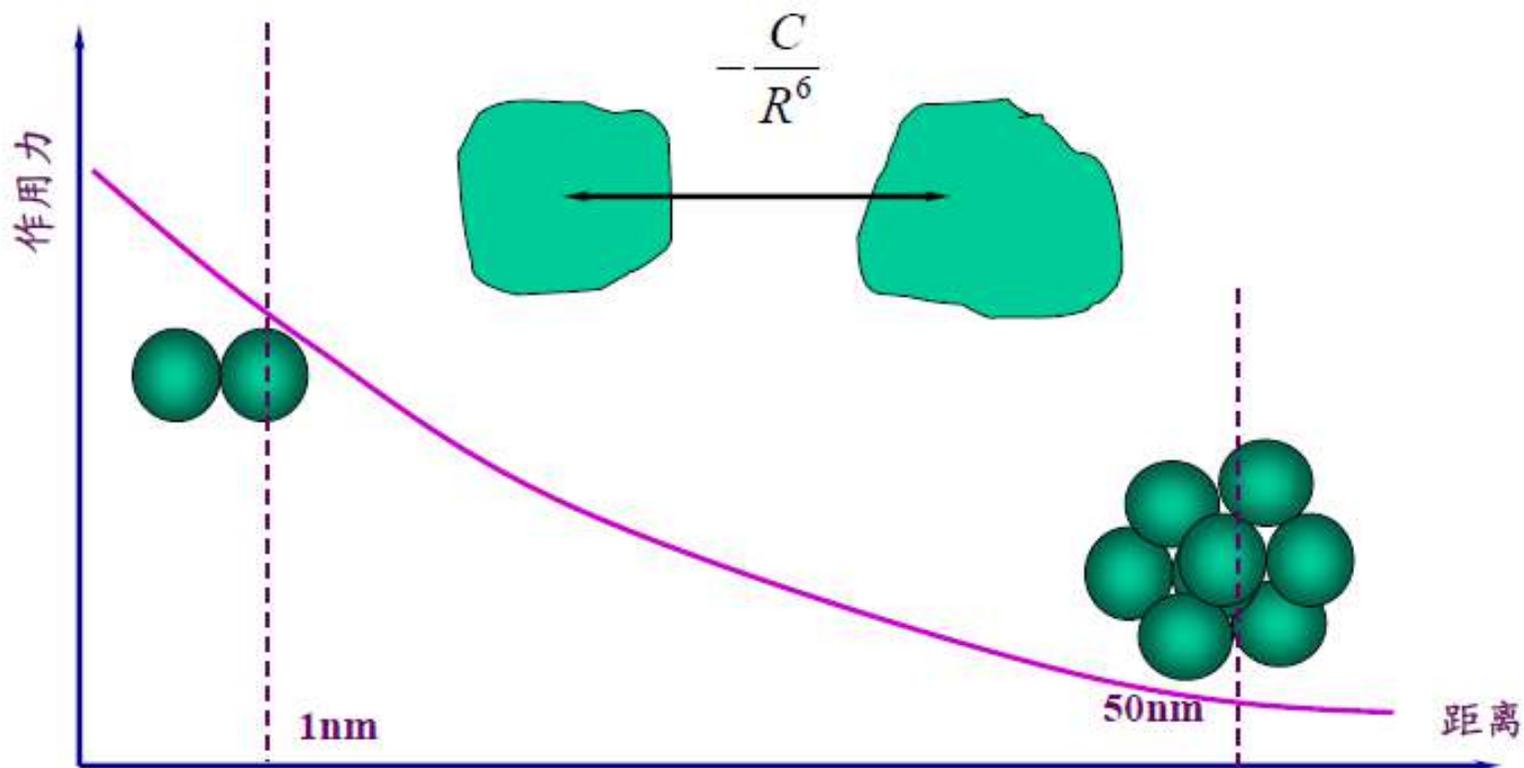
对于半径分别为 $R_1$ ， $R_2$ 的两个球体，分子作用力 $F_m$ 为：
$$F_m = -\frac{A}{6a^2} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

对于球与平板，

$$F_m = -\frac{AR}{12a^2}$$

**A**是Hamaker常数，单位J。Hamaker常数是物质的一种特征常数，各种物质的Hamaker常数**A**不同。在真空中**A**介于**0.4-4.0×10<sup>-9</sup>J**间。

# 颗粒间的作用力/分子作用力

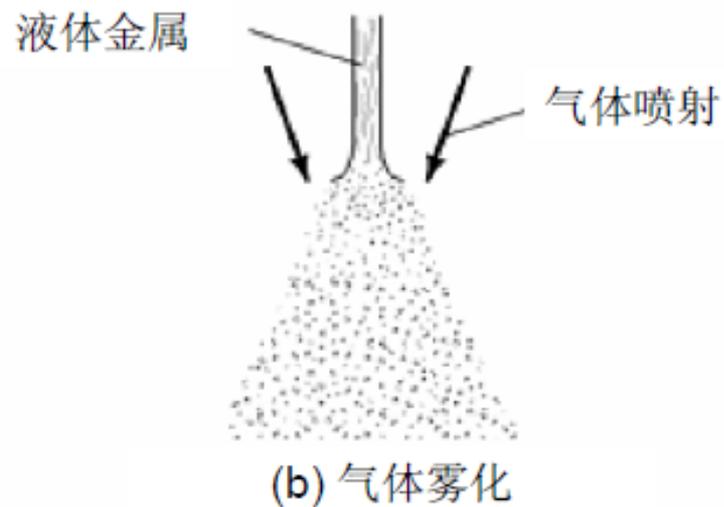
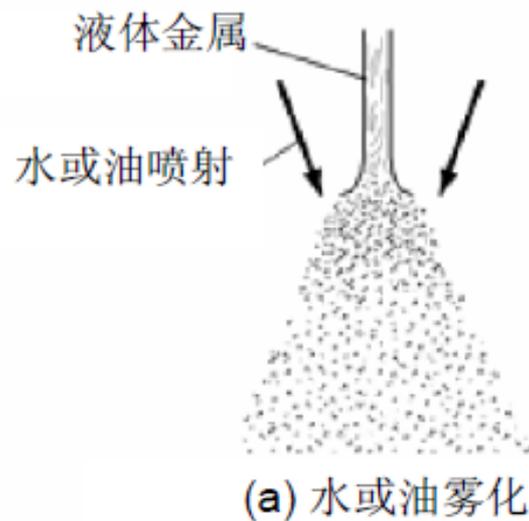


# 颗粒间的作用力/静电作用力

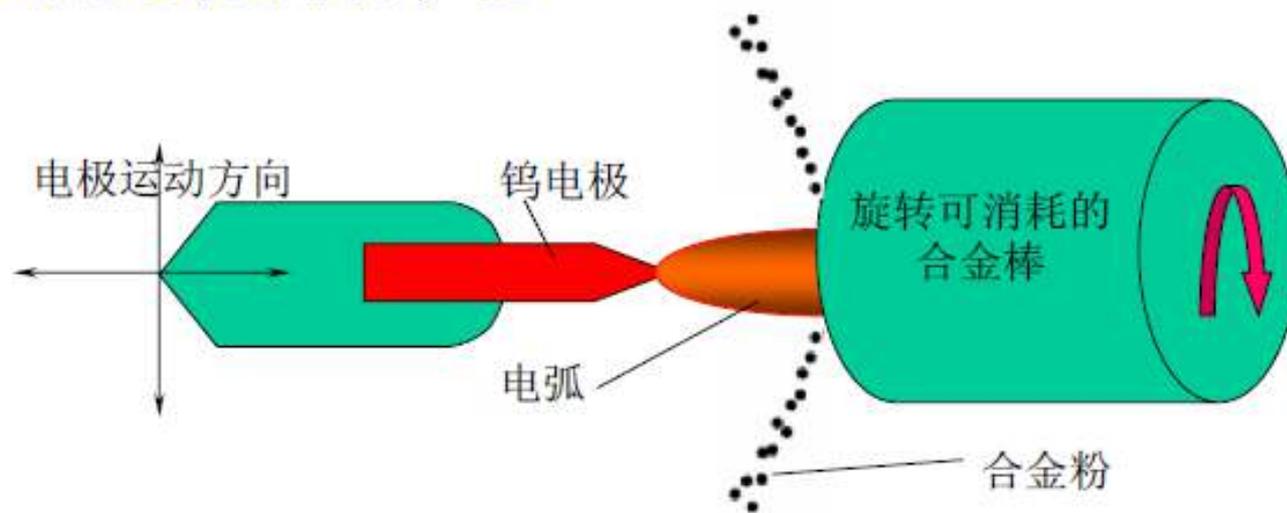
粉末颗粒的电荷产生:

- ▶ 制备过程中产生
- ▶ 颗粒与荷电表面接触产生
- ▶ 气态离子的扩散产生

## ▶ 制备过程中产生



## ▶ 颗粒与荷电表面接触产生

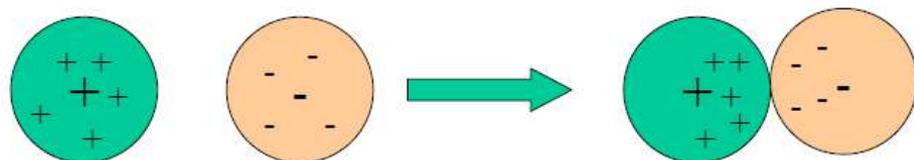


## ▶ 颗粒间的静电作用力-气态离子的扩散产生

- 接触电位差引起的静电引力。颗粒与其它物体接触时，颗粒表面电荷等电量地吸引对方的异电荷，从而产生接触电位差，其值可达**0.5V**。接触电位差引起的静电引力可由下式计算：

$$F_e = 4\pi\rho_s S$$

$\rho_s$ 为表面电荷密度， $\rho_s = q/S$ ， $q$ 为实测电量， $S$ 为接触面积。



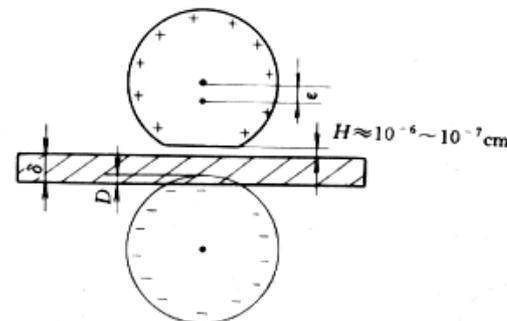
- 由镜像力产生的静电引力。

镜像力实际上是一种电荷感应力。其大小是有下式确定：

$$F_{im} = \frac{Q^2}{l^2}$$

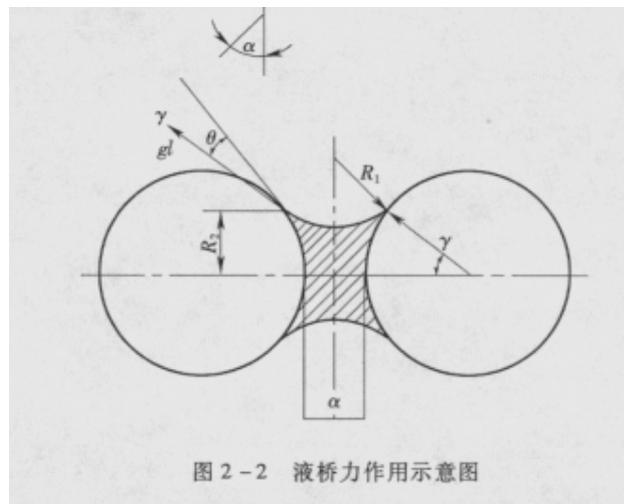
$F_{im}$ ——镜像力，单位N； $Q$ ——颗粒电荷，单位C； $l$ ——电荷中心距离， $l = 2(R + H + \delta/2 - D - \epsilon)$ ； $R$ ——颗粒半径。

- 库仑力：带电颗粒之间的静电引力



## ➤ 颗粒在湿空气中的粘结力

- 当空气的相对湿度超过**65%**时，水蒸气开始在颗粒表面及颗粒间凝集，颗粒间因形成液桥而大大增强了粘结力。



- 液桥粘结力 $F_k$ 主要由液桥曲面而产生的毛细压力及表面张力引起的附着力组成，可用下式表示：

$$F_k = 2\pi r \gamma_{gl} \left[ \sin(\alpha + \theta) \sin \alpha + \frac{r}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \sin^2 \alpha \right]$$

## 二、颗粒在空气中的分散方法

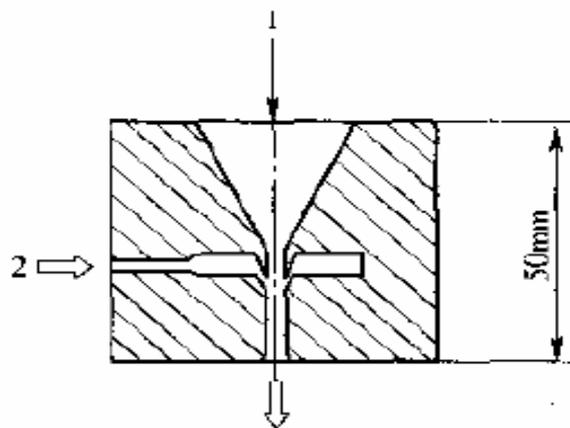
- 机械分散：是指用机械力把颗粒团聚团打散。机械分散的必要条件是机械力（通常是指流体的剪切力及压差力）应大于颗粒间的黏着力。
- 干燥：由于潮湿空气中颗粒间形成液桥是颗粒团聚的重要原因，而液桥力是分子间作用力的十倍或几十倍，因此，杜绝液桥的产生后破坏业已形成的液桥是保证颗粒分散的重要途径。

工程上一般采用加热烘干法，比如用红外线、微波、喷雾干燥等手段加热微细颗粒，降低粉体的水分含量可保证物料的松散。

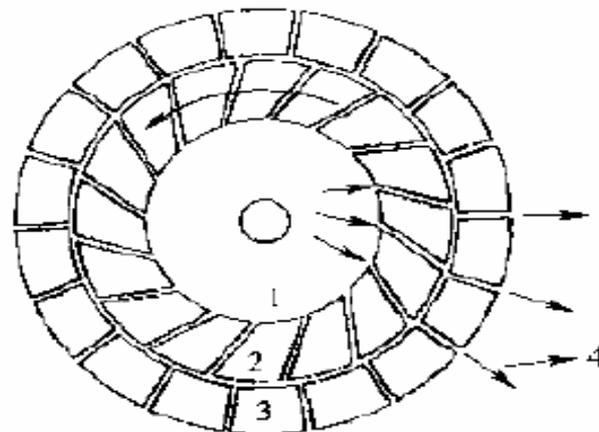
- 疏水处理：对颗粒表面进行疏水处理，减小水对颗粒的润湿性。比如对玻璃表面的硅烷化处理可使水对玻璃的润湿由 $0^\circ$ 提高到 $118^\circ$ ，因而可有效地抑制玻璃珠表面与平板玻璃间液桥的产生，降低相互间的作用力，减少颗粒团聚的倾向。
- 静电分散：对于同质颗粒，如果表面荷电性质相同，静电力起到排斥作用，因此可用静电力进行颗粒分散。

其方法是将颗粒群连续通过电晕放电形成的离子电帘，从而使颗粒表面荷电，其最终荷电量与电场强度和颗粒的介电常数相关。

## ▶ 机械分散

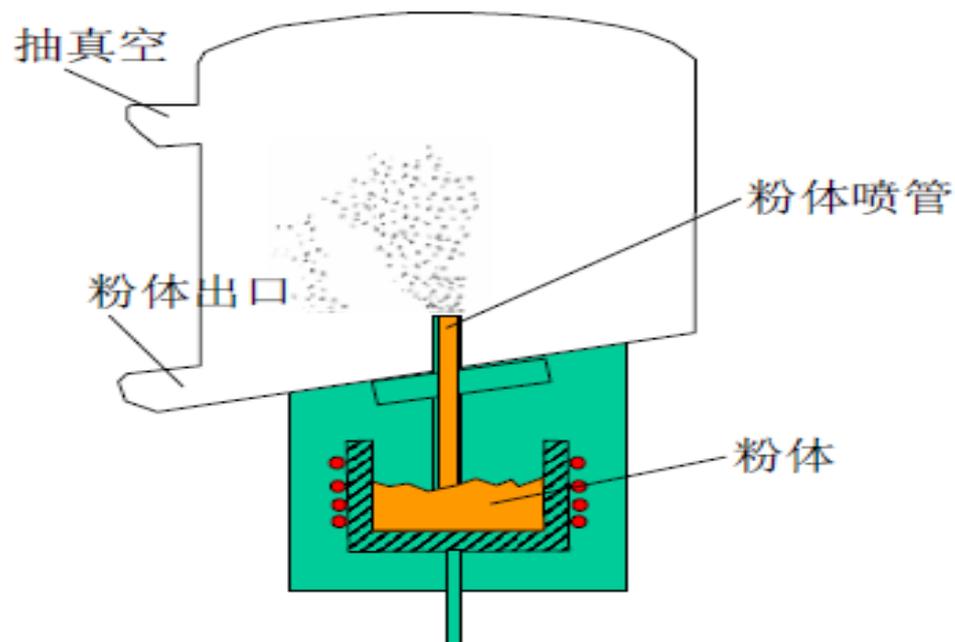


1—给料 2—压缩空气  
分散喷嘴示意图



1—给料 2—转子 3—定子 4—排出料  
转盘式差动分散器示意图

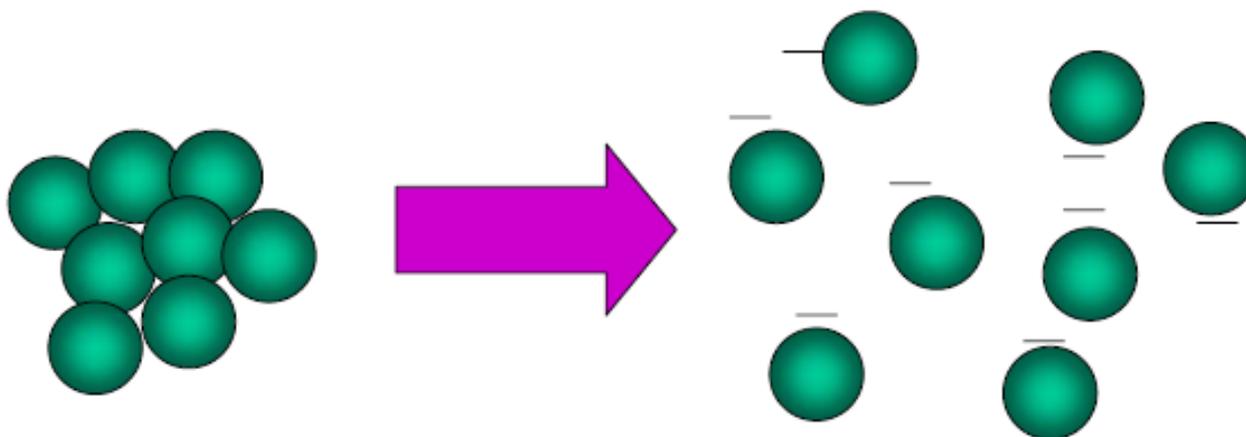
## ▶ 干燥



## ▶ 疏水处理



## ▶ 静电处理

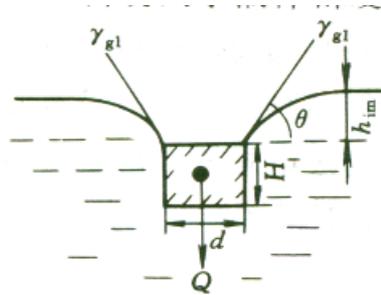


## 2.2.2 固体颗粒在液体中的分散

固体颗粒在液体中的分散过程，本质上受两种基本作用支配，即液体对固体颗粒的浸润及液体中固体颗粒间的相互作用。

# ■ 液体对固体颗粒的浸润

- 一圆柱体颗粒悬浮与液体的表面。如颗粒表面张力及润湿角足够大，颗粒将稳定地处于液体表面而不下沉。



- 悬浮于表面的条件为：

$$4d\gamma_{gl}\sin\theta \geq d^2H(\rho_p - \rho_l)g + d^2h_{im}\rho_l g$$

式中  $d$  为圆柱体颗粒的横截面直径， $H$  是颗粒高， $\rho_l$  是液体密度， $\rho_p$  是颗粒密度， $\gamma_{gl}$  是液体表面张力， $\theta$  是润湿角， $h_{im}$  是颗粒表面的沉没深度。

表 2-2 球状颗粒在水面上最大漂浮粒径与颗粒密度、润湿角的关系

$d_{max./mm}$	$\theta$	30°	60°	75°	90°
$\rho, g/cm^{-3}$					
2.50		1.4	2.6	3.2	4.4
5.00		0.8	1.6	1.95	2.28
7.50		0.6	1.2	1.52	1.8

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/688017044032007001>