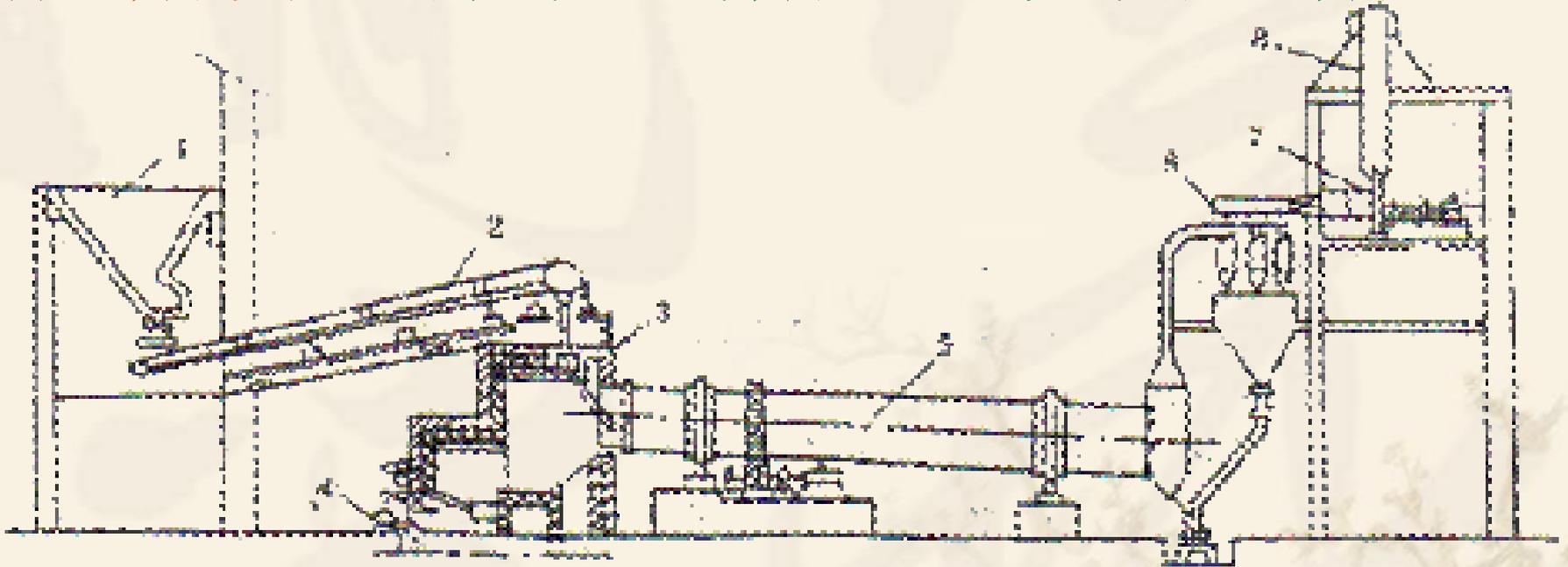


第四节 干燥设备

在硅酸盐工业中，常用干燥设备：

散状物料干燥设备：转筒干燥器、流态化烘干设备、喷雾干燥器；

制品干燥设备：间歇式的室式干燥器和连续式的隧道干燥器。



回转烘干机流程示意图

- 1 — 料仓； 2 — 皮带输送机； 3 — 燃烧室； 4 — 鼓风机； 5 — 烘干机；
6 — 旋风除尘器； 7 — 排风机； 8 — 烟囱

一、气流干燥原理及设备

(一) 气流干燥原理及特点

气流干燥是利用热气流将物料在流态下进行干燥的过程。

干燥操作中，湿物料在热气流中呈悬浮状态，每个物料颗粒都被热空气所包围，气体与固体之间进行传热和传质，达到干燥的目的。

气流干燥适用于潮湿分散状态颗粒物料的干燥。

优点

- (1) 干燥强度大。
- (2) 干燥时间短。
- (3) 适用性广。
- (4) 设备结构简单，占地面积小，生产能力大，能连续操作，可实现自动控制。

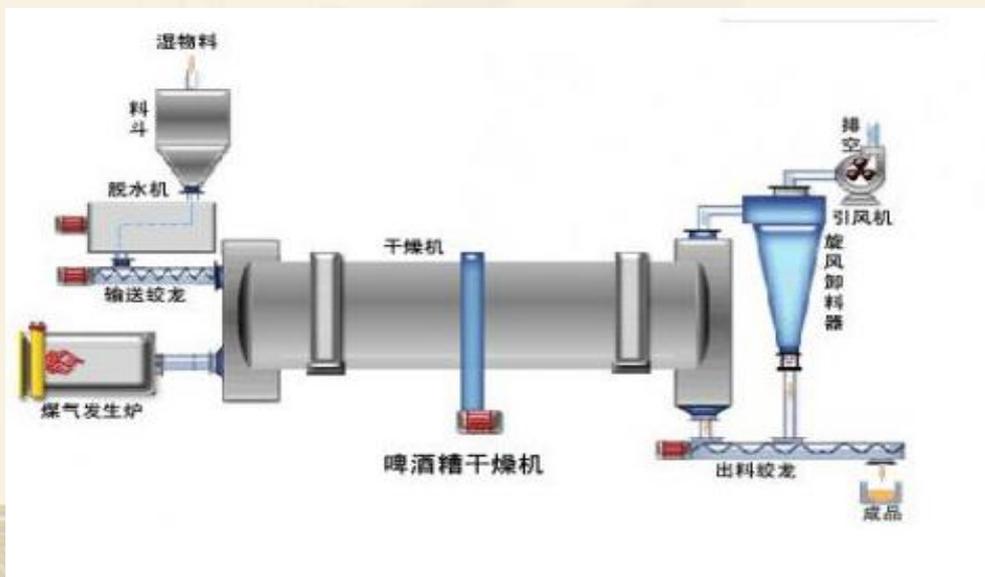
缺点

- 气流干燥对物料有一定的磨损，不适合对晶形有一定要求的物料；
- 热能利用程度较低，一般热利用率仅为**30%**左右。

(二) 气流干燥设备

- 典型的气流干燥器是一根几米至十几米的垂直直管，物料及热空气从管的下端进入，干燥后的物料则从顶端排出，进入分离器与空气分离。
- 操作过程中，热空气的流速应大于物料颗粒的自由沉降速度。
- 用于输送空气的鼓风机可以安装在整个流程的头部，也可装在尾部或中部。

1、转筒干燥器



传热方式

直接传热式：干燥介质与物料在筒体内直接接触，按物料与气流运行方向分

- ❖ **a 顺流式回转烘干机 物料与介质同向流动。**在烘干机的进料端，两者相接触，此时传热及干燥速率都较大，在同向流动过程中，物料中水分逐渐减少，温度升高，而介质的湿度逐渐增加、温度降低。传热及干燥速率沿途降低。适合于初水含量高、不能耐高温以及吸湿性很小的物料。
- ❖ **b 逆流式回转烘干机 物料与介质逆向流动。**在烘干机的进料端水分高、温度低的物料与湿度高、温度较低的介质相遇，而在烘干机的出料端，已被干燥的温度较高的物料与低湿高温的介质接触，因而**物料的终水分低于顺流式**而终温度则高于顺流式，干燥速率较均匀，物料的终水较低，热效率较高，适用于**终水分要求很低而又不能强烈脱水的物料**或对高温不敏感的材料，如砂子、石灰石等物料的干燥。

间接传热式：双套筒管，热气体由内筒通过\物料由外套筒通过，传热效率低

复式传热式：传热效果介于两者之间

转筒干燥器有关参数选择和选型计算：

表3.1 进出干燥器气体温度

	进干燥器烟气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	出干燥器废气温度 ($^{\circ}\text{C}$)
粘土	600~800	100~150
烟煤	500~700	100~120

表3.2 转筒干燥器蒸发强度

物料种类	干燥筒型式	转筒内结构	蒸发强度 $[\text{kg}/(\text{m}^3\text{h})]$
粘土	顺流	扬料槽	30~40
烟煤	顺流	扬料槽	40

根据每小时所需蒸发水分量，转筒干燥器容积V：

$$V = W/A ;$$

W：每小时蒸发水分量； A：蒸发强度，

已知转筒容积，筒体长度和直径可按下式计算

$$L = (VK^2/0.785)^{1/3}$$

式中： L：筒体长度；

K：筒体长度L与直径D之比(= L/D)；

例4 若每小时要求干燥软质粘土5000kg（按干燥前重量计），粘土干燥前相对水分 $W_R = 14\%$ ，干燥后相对水分 $W_R'' = 4\%$ 。转筒干燥器采用顺流式，内部有扬料板。试选取标准转筒干燥器。

解： $G_1 = 5000\text{kg/h}$ ；

每小时蒸发的水分量：

$$W = G_1(W_R' - W_R'') / (1 - W_R'')$$
$$= 5000(0.14 - 0.04) / (1 - 0.04) = 520\text{kg/h}$$

取蒸发强度 $A = 30\text{kg}/(\text{m}^3 \text{h})$ ；

则所需干燥器容积为 $V = W/A = 520/30 = 17.3 \text{ m}^3$

取 $K = L/D = 8$ ，

$$L = (VK^2/0.785)^{1/3} = (17.3 \times 8^2/0.785)^{1/3} = 11.2 \text{ m}$$

$$D = 11.2/8 = 1.4 \text{ m}。$$

二、喷雾干燥原理及设备

(一) 喷雾干燥原理及特点

- 喷雾干燥是利用不同的喷雾器，将悬浮液或粘滞的液体喷成雾状，与热空气之间发生热量和质量传递而进行干燥的过程。
- 喷雾干燥要求将料液分散成极细的雾滴，在几秒至几十秒内迅速排除物料水分而获得干燥。
- 它特别适用于不能借结晶方法得到固体产品的生物制品生产中。

优点

- (1) 干燥速度快、时间短。
- (2) 干燥温度较低。
- (3) 制品具有良好的分散性和溶解性，成品纯度高。
- (4) 可以由液料直接获得粉末，而且可在半无菌状况下操作。
- (5) 成品质量可以进行控制。

缺点

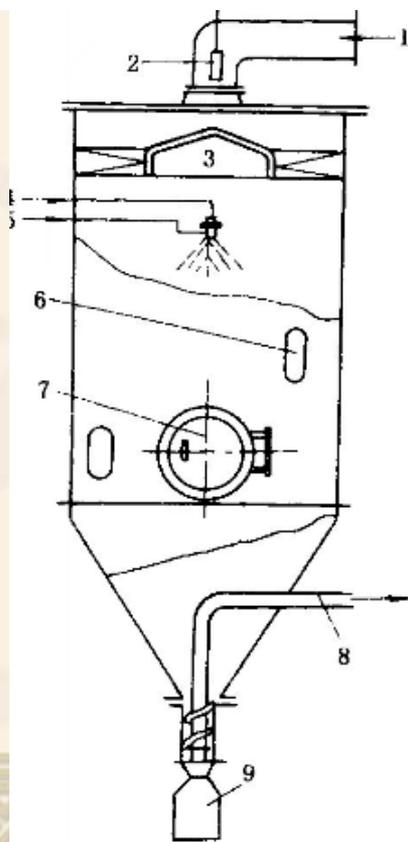
- (1) 喷雾干燥的容积干燥强度小，故干燥室体积大，热量消耗多。
- (2) 热量消耗多，干燥介质用量多。
- (3) 会发生产品粘壁情况。

气流喷雾干燥

- 喷雾干燥的关键是料液的雾化。
- 理想的喷雾器要求喷雾粒子均匀，结构简单、产量大、能耗小。
- 实现料液雾化的喷雾器有压力式喷雾器、气流式喷雾器和离心式喷雾器**3**种，由此形成压力喷雾干燥塔，气流喷雾干燥塔和离心喷雾干燥塔**3**类喷雾干燥设备。

- 气流喷雾是依靠压力为**0.25~0.6MPa**的压缩空气高速通过喷嘴时，将料液吸入并被雾化。
- 喷嘴孔径一般为**1~4mm**，故能够处理悬浮液和粘性较大的料液。
- 气流喷雾干燥设备除喷雾干燥塔、喷嘴外，还有空气加热器、压缩空气系统和空气过滤器等
- 空气加热可用电热或蒸汽加热。
- 这种设备的特点是结构简单，操作方便可靠，产品质量好。

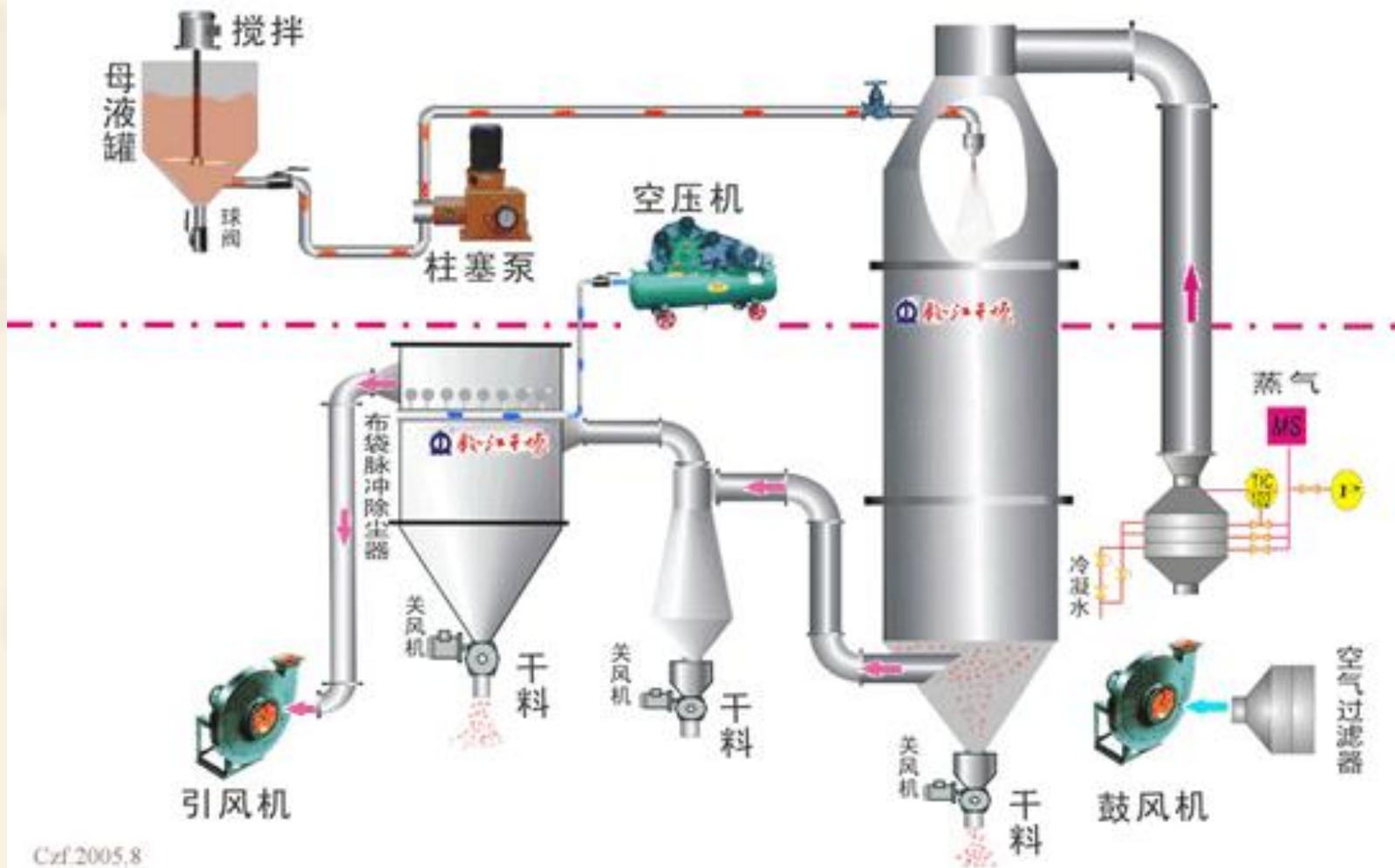
- 气流喷雾器有两种形式：
- 一种为内部混合式，即气体与料液在喷嘴内部混合后喷出，喷出雾滴比较均匀。
- 另一种是外部混合式，即气体与料液在喷嘴外面混合喷成雾滴。
- 常用的是内部混合式。



气流喷雾干燥塔

- | | |
|----------|--------|
| 1.热空气入口 | 2.温度计 |
| 3.扩散盘 | 4.物料入口 |
| 5.压缩空气入口 | 6.视镜 |
| 7.人孔 | 8.废气出口 |
| 9.成品贮罐 | |

喷雾烘干设备



三、流化床干燥原理及设备

(一) 流化床干燥原理及特点

流化床干燥（也称沸腾干燥）是利用流态化技术，即利用热空气流使置于筛板上的颗粒状湿物料呈沸腾状态的干燥过程。

流化床干燥原理

- 流化床干燥中，热空气的流速与颗粒的自由沉降速度相等。
- 当压力降近似等于流动层单位面积的质量时，床层便由固定态变化流化态。
- 床层开始膨胀，颗粒悬浮于气流中，并在气流中呈沸腾状翻动，但仍保持一个明确的床界面，颗粒不会被气流带走。
- 干燥过程处在稳定的流态化阶段。

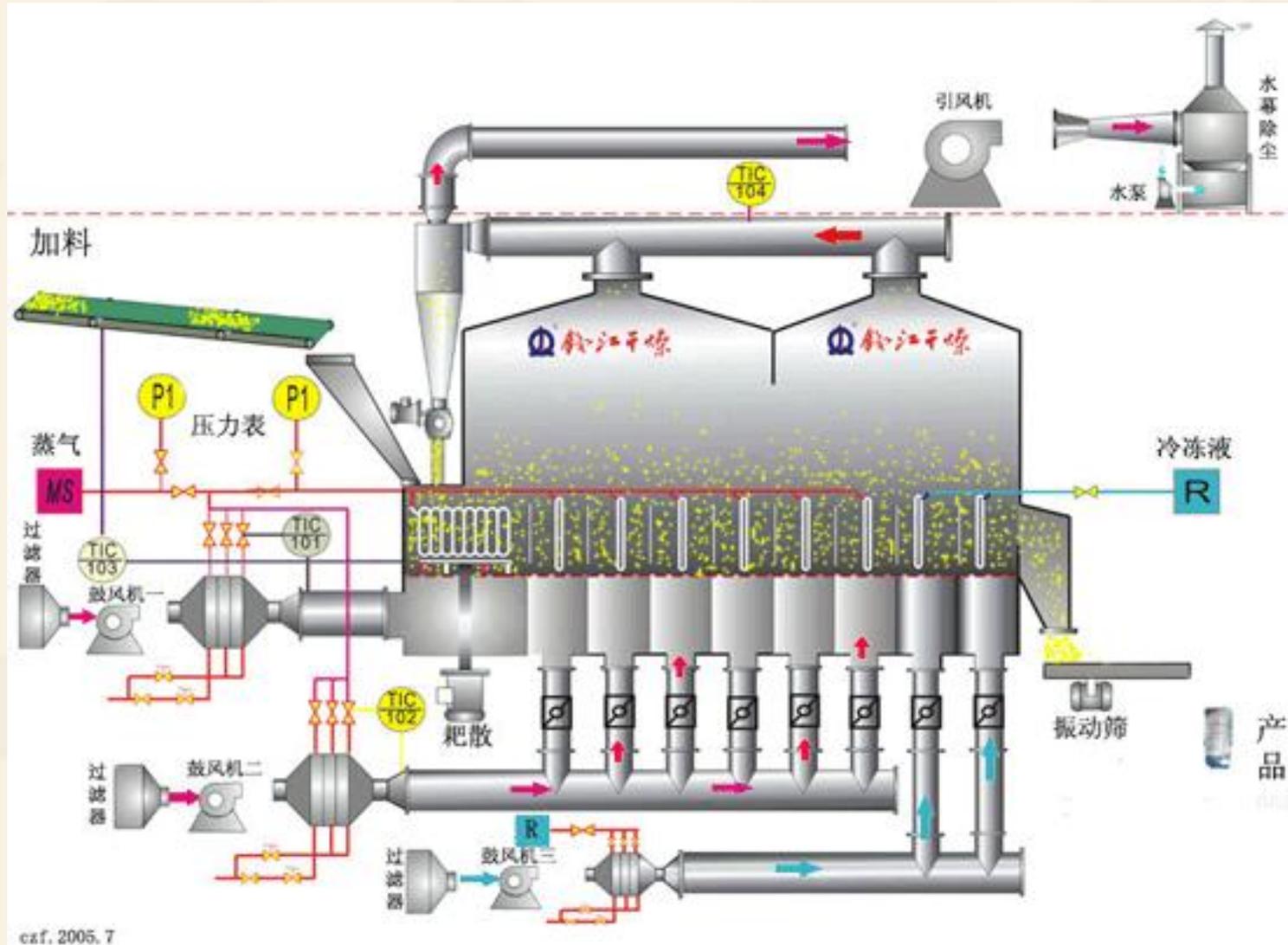
优点

- (1) 传热传质速率大。
- (2) 干燥温度均匀，易于控制。
- (3) 干燥与冷却可连续进行，干燥与分级可同时完成。
- (4) 沸腾干燥器密封性好，产品纯洁度易于保证，结构简单，应用很广。

缺点

- (1) 当连续操作时物料在干燥室内停留时间不一，干燥度不够均匀，对结晶物料有磨损作用。
- (2) 用来进行沸腾干燥的物料不能结块，否则干燥效果很差；粘性很大的物料一般不适用于沸腾干燥。

流态化烘干设备



四、真空干燥机

特征:

- ① 物料在干燥过程中的温度低、避免过热。水分容易蒸发，干燥时间短，同时可使用物料形成多孔状组织，要考虑产品的溶解性、复水性。
- ② 能将物料干燥到很低的水分
- ③ 可用较少的热能。得到较高的干燥速率，热量利用经济。
- ④ 适应性强，对不同性质、不同状态的物料均能适应。
- ⑤ 与热风干燥相比，设备投资和动力消耗较大，产量较低。

型式: 箱型、转筒型、带式连续型、喷雾薄膜型