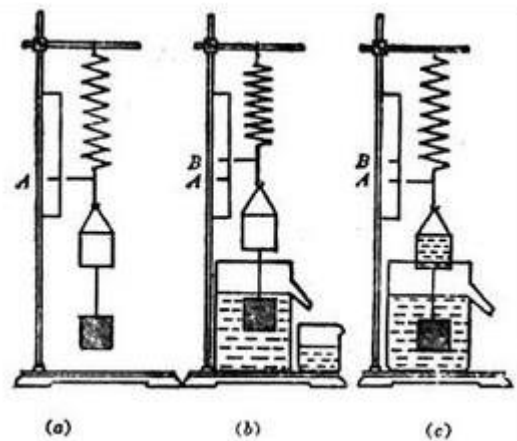


百特粉体“密度”各种名词的解释及测试方法

密度是指单位体积的物质质量。由于粉体中颗粒与颗粒之间或颗粒内部存在空隙或孔隙，所以粉体密度的含义与通常所对应物质密度有所不同。要得到密度，就要先得到质量和体积。我们可以用天平得到精确的质量，关键在于如何度量粉体的体积。不同方法得到的体积计算出的密度的数值和物理意义都大不相同。如松装密度所用的体积是颗粒体积+颗粒上的开孔和闭孔体积+颗粒之间在自然状态下空隙体积；振实密度所用的体积是颗粒体积+颗粒上的开孔和闭孔体积+在振实状态下颗粒间振实后空隙体积；表观密度所用的体积是颗粒体积+颗粒中闭孔的体积，也就是颗粒排开水的体积，等等。



然而，在一些粉体标准和资料中，我们还经常能看到各种“密度”名词，有的说法不同，物理意义相同；有的从不同角度表述，需要澄清相互之间的区别和联系。下面是对这些名词以及他们之间的关系解释。

1. 粉体材料中各种“密度”名词及含义：

(1) 密度（真密度、表观密度、骨架密度）；(2) 堆积密度（堆密度、包括振实密度和松装密度）；(3) 松装密度（松密度、松堆密度、疏充填堆积密度、松散堆积密度、体积密度、毛体密度、）；(4) 振实密度（密充堆积密度、紧堆密度）。

2. 密度：

是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，也叫真密度（true density）。对粉体而言，由于在测量真密度时无法去除颗粒内部的闭孔，也就是说无法使颗粒呈绝对密实状态，所以通常所说的颗粒的真密度是指表观密度。

3. 表观密度：

颗粒的质量与表观体积之比。表观体积是指颗粒体积+颗粒的闭口孔隙体积，



即颗粒排开水的体积。可用比重瓶或真密度仪来测量颗粒的表观体积，从而得到颗粒的表观密度。在颗粒是密实没有闭口孔隙时，颗粒的表观密度就是它的真密度。有资料称“表观密度”为“骨架密度”。



比重瓶



真密度仪

4. 松装密度：

颗粒在规定的自然装填条件下单位体积的质量称为松装密度。自然填充状态下的体积就是颗粒体积+颗粒上的开孔和闭孔体积+颗粒间空隙体积。松装密度的别称很多，有松堆密度、疏充填堆积密度、松密度、松散堆积密度、体积密度、毛体密度等。

松装密度的测量仪器有常规松装密度测试仪和斯柯特松装密度测试仪两种，常规松装密度测试仪是粉体材料从漏斗中直接流到标准容器中；斯科特松装密度测试仪带有阻尼板，粉体从漏斗中流出后，要经过几道阻尼板，以减少颗粒注入标准容器时的冲击力，保证颗粒之间有自然的间隙。斯科特松装密度测试仪一般用于密度较大的金属粉松装密度的测定。



常规松装密度仪



斯柯特松装密度仪

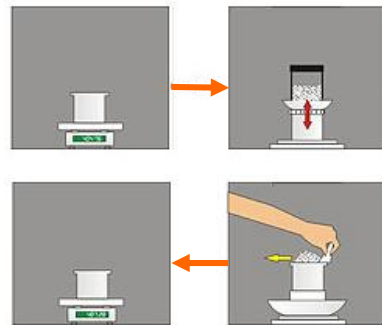


5. 振实密度：

以一定方法将颗粒填充到容器中，之后让容器按一定规律振动，尽量压缩颗粒之间的空隙，最终达到颗粒之间的空隙无法在缩小的程度。这时度量容器中颗粒的质量和体积，从而算出该粉体材料的振实密度。粉体材料振实后的体积是指颗粒体积+颗粒上的开孔和闭孔体积+颗粒间振实后空隙体积。振实密度也称紧堆密度。实际测试时，有固定重量法和固定体积法两种方式。



振实密度仪（固定重量法）



振实密度仪（固定体积法）

6. 堆积密度与压缩率、充填率和孔隙率：

粉体材料在规定装填条件下，单位体积的质量称为堆积密度。堆积密度简称堆密度，是松装密度和振实密度的统称。

松散充填后的密度称为疏充填堆积密度。密实充填后的密度称为密充填堆积密度。此外还有压缩率、充填率及空隙率等参数。

$$\begin{aligned}\text{压缩率} &= \frac{\text{密充填堆积密度} - \text{疏充填堆积密度}}{\text{密充填堆积密度}} \\ \text{充填率} &= \frac{\text{单位松堆粉料的质量}}{\text{粉料的松堆体积} \times \text{颗粒真密度}} = \frac{\text{堆积密度}}{\text{颗粒真密度}} \\ \text{空隙率} &= 1 - \text{充填率}\end{aligned}$$

粉料的堆积密度、压缩率、充填率、孔隙率与颗粒大小、分布、形状有关，尤以粒径分布的影响最大。