



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 颗粒 抗压强度的测量

Particle Determination of crush strength

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

草案版次选择

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

# 目 录

前言.....	2
引言.....	3
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 原理.....	4
5 测试仪器和设备.....	7
6 样品准备.....	8
7 测量步骤.....	8
8 抗压强度的计算.....	8
9 测评结果的评价.....	10
10 试验报告.....	11

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国颗粒表征与分检及筛网标准化技术委员会（SAC/TC 168）提出并归口。

本文件主要起草单位：上海第二工业大学等。

本文件主要起草人：田震等。

## 引 言

颗粒是一种常见的物料形态。颗粒材料广泛应用于国民经济的诸多领域，在运输和使用过程中，一般会堆积或装填于容器中，形成一定高度的物料层。物料层内的颗粒受到的堆积压力随物料层高度或外部施加压力的增加而增加。为使颗粒材料维持正常形态，须具备有较高的强度。所以，适宜的抗压强度是保障颗粒材料维持良好性能的关键指标之一，正确测量颗粒的抗压强度具有重要的意义。

由于颗粒成分和形态的多样性，且颗粒的大小和应用场景不同，制订一套适用于不同类型颗粒的抗压强度测试标准，规范测试过程及方法，为正确评价颗粒的抗压强度提供依据。

# 颗粒抗压强度的测量

## 1 范围

本文件规定了颗粒抗压强度测试的基本原理和方法。

本文件适用于颗粒大小在1.0 mm-20.0 mm或颗粒的抗压力值在0.5 N-2000 N的球形、柱形、条形和其它不规则形状的颗粒。不在此范围内的颗粒，可参照本文件使用。

注：球状颗粒的大小是指颗粒直径的最大值。柱状颗粒在关注径向抗压强度时，颗粒的大小是指柱体颗粒的直径；在关注轴向抗压强度时，颗粒的大小是指颗粒的长度。条状颗粒的大小指条状颗粒的长度。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6678化工产品采样总则

GB/T 6679固体化工产品采样通则

GB/T 10611工业用网标记方法与网孔尺寸系列

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**抗压强度** crush strength

在规定条件下单个颗粒破碎或发生特定量形变时所受的正压力大小。根据颗粒形状的不同，分别用单个颗粒、单个颗粒单位长度或单位面积所受到的正压力大小表示。

### 3.2

**脆性颗粒** brittle particle

在外力作用下，具有较强的抵抗自身形变的能力，当外力超过某一数值时，会产生破碎的颗粒。

### 3.3

**塑性颗粒** plastic particle

在外力作用下，会产生形变或破碎，当外力撤销时，形变不能恢复的颗粒。

### 3.4

**塑性颗粒的压缩率** contraction of plastic particle

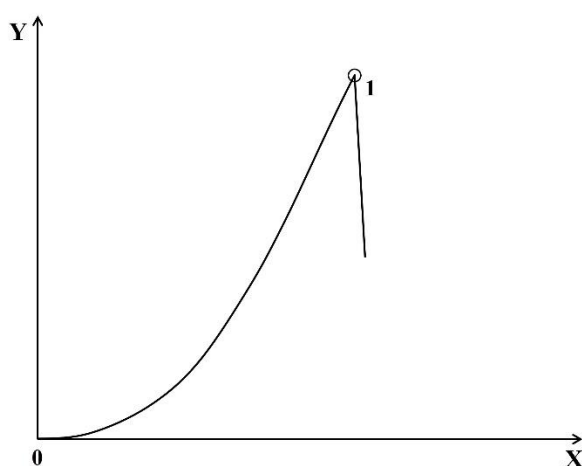
在外力作用下，塑性颗粒某一维度的变化量与原始颗粒对应维度大小的百分比。

## 4 原理

颗粒会随着作用其上压力的增加，导致其形变或/和破碎。脆性颗粒和塑性颗粒的受力结果不同。脆性颗粒在压力达到某一值后会破碎。塑性颗粒在受力过程中，会产生压缩或/和破碎。根据不同类型颗粒在受力过程中力的变化特性，得到颗粒所能承受的最大压力值，并应用此最大压力值计算得到颗粒的抗压强度值。

#### 4.1 脆性颗粒

脆性颗粒的压力随测试时间的关系如图1所示。随着加压时间的增加，作用在颗粒上的压力逐渐增加，当达到压力的最大值1点时，颗粒被压碎，随后压力值急剧下降，测试过程结束。记录1点时的压力值用于计算颗粒的抗压强度。



标引序号说明：

X——加压时间；

Y——压力；

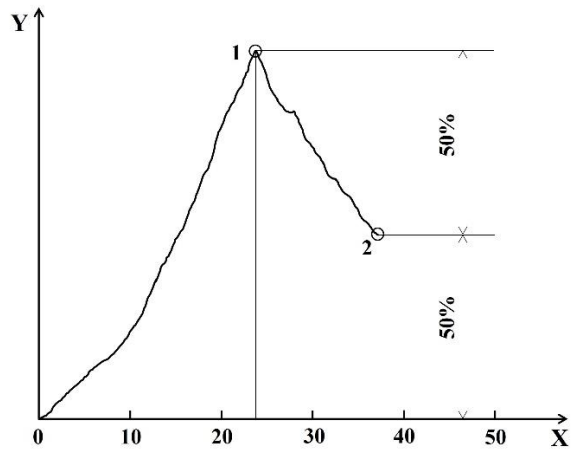
1——压力最大值。

图1 脆性颗粒的抗压强度测试过程示意图

#### 4.2 塑性颗粒

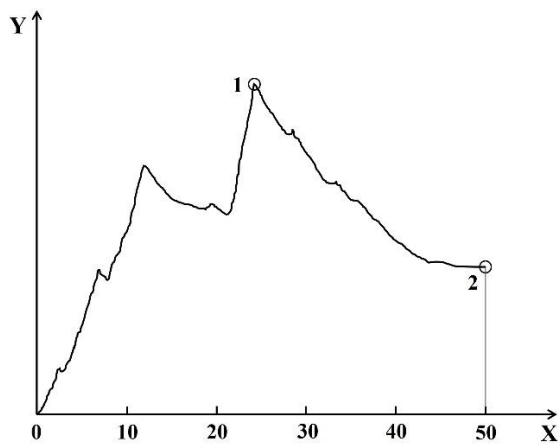
塑性颗粒在抗压强度测量过程中，颗粒所受的最大压力值需结合颗粒的压缩率和所受压力大小变化的关系来判断。塑性颗粒抗压强度的测试主要有以下三类：

- a) 图2为颗粒的压缩率在小于50%的范围内，2点的压力值已回落到最大压力1点时的50%，测试终止。记录1点对应的压力值计算颗粒的抗压强度。
- b) 图3为颗粒压缩率达到50%时的2点时对应压力值仍大于最大压力值1点时的50%，测试终止。记录1点处的最大压力值计算颗粒的抗压强度。
- c) 图4为颗粒压缩率达到50%时的1点，未出现最大压力值，且压力值仍有增加的趋势，测试终止。记录1点处的压力值计算颗粒的抗压强度。



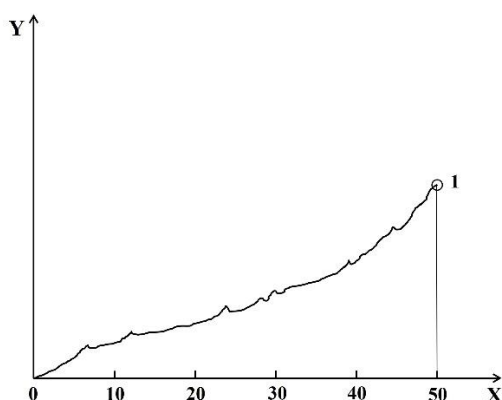
标引序号说明：  
 X——压缩率；  
 Y——压力；  
 1——压力最大值；  
 2——测试终止点。

图 2 塑性颗粒 (a)类抗压强度测试示意图



标引序号说明：  
 X——压缩率；  
 Y——压力；  
 1——压力最大值；  
 2——测试终止点。

图3 塑性颗粒 (b)类抗压强度测试示意图



标引序号说明：

X——压缩率；

Y——压力；

1——压力最大值和测试终止点。

图4 塑性颗粒 (c)类抗压强度测试示意图

## 5 测试仪器和设备

### 5.1 抗压强度测试仪器

宜使用抗压强度测试仪。应保障样品台的平整度和硬度。在测条形颗粒时，保证样品在整个测量长度上与样品台接触和受力的均匀性。测试仪器的力传感器的精度应优于1N，抗压强度测试仪的压力传感器的压力量程和精度应满足测试样品的要求。

同一批测试，应保证在整个测试过程中，都使用相同的压力增加速率或压力头行程速率。测试条件的选择可根据样品的特性确定。

### 5.2 分析筛

应使用标准筛。

### 5.3 量径仪和长度测试仪

量径仪和长度测试仪精度均应优于0.02 mm。

### 5.4 天平

精度应优于0.01g。



## 5.5 干燥箱或马弗炉

可控制升温速率的干燥箱或马弗炉，温度控制精度应优于1℃。

## 6 样品准备

6.1 应根据样品的形状，对球形样品进行筛分确定粒径范围，用量径仪和长度测试仪测试柱形和条形颗粒的颗粒大小。选择合适的处理条件，包括温度和时间，是否可以在空气气氛中加热处理等。

6.2 取样规则和方法按GB/T 6678和GB/T 6679规定的取样规则及制样方法进行。

## 7 测量步骤

7.1 清洁抗压强度测试仪器样品台表面，并将压力传感器的示值归零。

7.2 根据不同的颗粒形状，选择不同的颗粒取样方式和结果的计算方法。取样时，要用镊子将颗粒放置在抗压强度仪的样品台上：

- a) 球形颗粒：通过分析筛将球形颗粒筛分为不同粒径范围的颗粒，选取同一粒径范围内的20—60个颗粒进行测试，测试结果取平均值。
- b) 柱形颗粒：选取长度接近且具有相同直径的柱形颗粒，用量径仪和长度测试仪分别测试颗粒的长度和直径。按照要求，分别测试径向或轴向的抗压强度值。颗粒的轴向长度在所选颗粒轴向长度平均值的±10%以内。选取符合条件的20—60个颗粒进行测试，测试结果结果取平均值。当测试轴向抗压强度时，需要将颗粒的两端磨平，并保证样品的形状完整。
- c) 条形颗粒：选取样品时，应尽量选择相对平直的颗粒，用长度测试仪测试长度，并记录。必要时，同时测量条形颗粒的直径。选取20—60条符合条件条形颗粒进行测试，测试结果取平均值。
- d) 其它形状的颗粒：根据测试需要及约定，确定相应的颗粒大小范围要求和测试颗粒的数量。

7.3 用镊子将待测颗粒放在抗压强度测试仪的样品台上，以一定的压力增加速率或压头的行程速率进行测试，记录颗粒的压力极大值用于计算抗压强度。

7.4 每测试完一个颗粒，应将样品台上的碎样清理干净，以备下一个颗粒的测试。

## 8 抗压强度的计算

8.1 球形颗粒的抗压强度是点接触抗压强度值，取测试结果的平均值表示，量纲为N。必要时应标明所测球形颗粒的直径。

$$F_i = F_{max} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度值, 单位为牛顿 (N) ；

$F_{max}$ —单颗颗粒的压力极大值,单位为牛顿(N)。

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{N} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$F$ —抗压强度均值,单位为牛顿(N);

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度值,单位为牛顿(N);

$N$ —一组测试的总样品颗粒数。

8.2 柱形颗粒的抗压强度可用轴向抗压强度(面接触)和径向抗压强度(线接触)表示,取测试结果的平均值表示。

8.2.1 柱形颗粒的抗压强度用轴向抗压强度(面接触)表示时,量纲为N/mm<sup>2</sup>。必要时应标明所测柱形颗粒的长度平均值。

$$F_i = F_{max} / S \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$F_i$ —单颗颗粒的轴向抗压强度值,单位为牛顿每平方米(N/mm<sup>2</sup>);

$F_{max}$ —单颗颗粒的压力极大值,单位为牛顿(N);

$S$ —颗粒的径向截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{N} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$F$ —轴向抗压强度均值,单位牛顿每平方米(N/mm<sup>2</sup>);

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度值,单位牛顿每平方米(N/mm<sup>2</sup>);

$N$ —一组测试的总样品颗粒数。

8.2.2 柱形颗粒的抗压强度用径向抗压强度(线接触)表示时,量纲为N。必要时应标明所测柱形颗粒的直径。

$$F_i = F_{max} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$F_i$ —单颗颗粒的径向抗压强度值,单位为牛顿(N);

$F_{max}$ —单颗颗粒的压力极大值,单位为牛顿(N)。

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{N} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$F$ —径向抗压强度均值，单位为牛顿（N）；

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度值，单位为牛顿（N）；

$N$ —一组测试的总样品颗粒数。

8.2.3 柱形颗粒的抗压强度用轴向抗压强度或径向抗压强度表示时，根据约定，并在检测报告中注明所测柱形颗粒的直径和高度时，也可用球形颗粒抗压强度的公式（1）计算得到，量纲为N。

8.3 条形颗粒的抗压强度为线接触抗压强度值，取测试结果的平均值表示，量纲为N/mm。必要时应标明所测条形颗粒的直径。

$$F_i = F_{max} / L \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度值，单位为牛顿每毫米（N/mm）；

$F_{max}$ —单颗颗粒的压力极大值，单位为牛顿（N）；

$L$ —条形颗粒的长度，单位为毫米（mm）。

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{N} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$F$ —抗压强度均值，单位为牛顿每毫米（N/mm）；

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度，单位为牛顿每毫米（N/mm）；

$N$ —一组测试的总样品颗粒数。

8.4 其它形状的颗粒根据测试需要及约定，确定相应的抗压强度计算方法。

## 9 测评结果的变异系数

由于颗粒的形状和大小及颗粒的特性会影响颗粒的抗压强度结果，所以测试结果以变异系数 $CV$ 来评价。

$$CV = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (F_i - F)^2}}{F\sqrt{N-1}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$CV$ —变异系数；

$F$ —抗压强度均值，根据颗粒的形状不同，其单位可为牛顿（N）、牛顿每毫米（N/mm）或牛顿每平方毫米（N/mm<sup>2</sup>）；

$F_i$ —单颗颗粒的抗压强度，根据颗粒的形状不同，其单位可为牛顿（N）、牛顿每毫米（N/mm）或牛顿每平方毫米（N/mm<sup>2</sup>）；

N—一组测试的总样品颗粒数。

## 10 不确定度的评价

不确定度的影响因素主要有以下几个因素

- a) 样品化学组成和物理特性的不均匀性；
- b) 测试样品的颗粒大小，包括颗粒粒径大小，长度和直径等；
- c) 仪器的计量特性，包括压力传感器和行程传感器的不确定度。

## 11 试验报告

试验报告应包含下列信息：

- a) 试样名称、编号、送样单位和送样日期；
  - b) 仪器设备名称和型号；
  - c) 试样类型和数量；
  - d) 试样测试条件；
  - e) 试验结果：算术平均值 $F$ 和变异系数 $C$ ；
  - f) 试验日期和试验人员；
-