

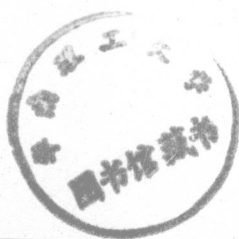


中华人民共和国国家标准

GB/T 16742.1—1997

颗粒粒度分布的函数表征 幂函数

Function representation of particle size distribution
Power-function



C9713659

1997-03-04 发布

1997-09-01 实施

国家技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
颗粒粒度分布的函数表征
幂函数

GB/T 16742.1—1997

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 15 千字
1997年8月第一版 1997年8月第一次印刷
印数 1—500

*

书号: 155066·1-13988 定价 8.00 元

*

标 目 314—45

前 言

本标准等效采用德国标准 DIN 66143—1974《颗粒粒度的图形表征 幂函数分布》。本标准规定了颗粒粒度分布的幂函数表征方法,本标准适用于表示颗粒系统粒度的累积分布。

标准中还推导出各类幂函数特征参数下,颗粒系统表面积的计算公式,并在附录 A、附录 B 中进行了示范计算。附录 C 通过颗粒粒度测量所得的筛分组成数据,进行线性回归处理,求得幂函数分布的特征参数,并进而求得该颗粒系统比表面积。

表示颗粒粒度分布的函数还有正态分布、对数正态分布和 R-R 分布等,其标准将另行制定。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 都是提示的附录。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国筛网筛分标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国科学院化工冶金研究所。

本标准起草人:沈天临。

中华人民共和国国家标准

颗粒粒度分布的函数表征
幂函数

GB/T 16742.1—1997

Function representation of particle size distribution
Power-function

1 范围

本标准规定了颗粒粒度分布的幂函数表征方法。
本标准适用于表示颗粒系统粒度的累积分布。

2 词汇和符号

2.1 词汇

2.1.1 颗粒 particle

物料的离散单体。

2.1.2 颗粒粒度 particle size

颗粒物料的大小程度,一般用当量直径表示。

2.1.3 当量直径 equivalent diameter

在某方面与颗粒具有相同几何或物理性质的球体直径。

2.1.4 粒度分布 particle size distribution

不同粒度级的颗粒在物料中所占的百分比。

2.1.5 筛下累积分布 cumulative undersize distribution

小于某一规定粒度的颗粒在物料中的百分比。

2.1.6 筛上累积分布 cumulative oversize distribution

大于某一规定粒度的颗粒在物料中的百分比。

2.1.7 密度分布 density distribution

一个级分的相对累积百分数与该级分粒度区间之比。

2.1.8 颗粒表面积形状系数 particle surface shape factor

颗粒与同体积球体颗粒表面积之比。

2.2 符号

本标准所用符号列于表 1。



表 1 标准符号表

符 号	说 明	单 位
C	双对数坐标中幂函数直线截距	—
i	下标	—
m	双对数坐标中幂函数直线斜率	—
$Q(x)$	筛下累积分布	—
$R(x)$	筛上累积分布	—
S_m	颗粒质量比表面积	cm^2/g
S_v	颗粒体积比表面积	cm^{-1}
x	颗粒粒度	cm
$x_{A,i}$	i 级分下限颗粒直径	cm
$x_{B,i}$	i 级分上限颗粒直径	cm
$x_{\max}$	最大颗粒当量直径	cm
ϕ	颗粒表面积形状系数	—
ρ_s	颗粒的密度	g/cm^3

3 颗粒粒度分布的函数表征

各种颗粒系统具有不同的粒度分布,因此用于表征粒度分布的函数种类很多。本标准的幂函数是最常见的粒度分布函数之一。对多数颗粒系统的中间粒度区间较适用,而在粒度分布的二端存在一定的误差。

3.1 幂函数

幂函数定义为:

在粒度范围为: $0 \leq x \leq x_{\max}$

筛下累积分布:

$$Q(x) = 1 - R(x) = \left(\frac{x}{x_{\max}}\right)^m \dots\dots\dots (1)$$

为便于计算使用,可将幂函数进行线性处理:

(1)式方程两边取对数,可得:

$$\lg Q(x) = m \lg x + C \dots\dots\dots (2)$$

式中: $C = -m \lg x_{\max}$

因此在 $Q(x)$ 为纵坐标, x 为横坐标的双对数图上二者呈线性,其直线斜率为 m ,截距为 $C = -m \lg x_{\max}$ 。

所以 m 和 $x_{\max}$ 可以作为颗粒粒度分布幂函数的二个特征参数。在某些情况下,颗粒系统在各个粒度分布区间具有不同的 m 值,在双对数图上为若干条斜率不同的直线组成的折线。

当 $\frac{x}{x_{\max}} \ll 1$ 时,颗粒粒度分布也可用 R-R 分布表示,即可同时采用幂函数或 R-R 分布进行函数表征。

3.2 颗粒系统比表面积

颗粒表面积也是颗粒的重要基本特征,它可用于度量颗粒系统的反应活性。一般由比表面积表征。

比表面积为颗粒表面积与其体积或质量之比,分别称为体积比表面积或质量比表面积,二者之间的关系为:

$$S_m = S_v / \rho_s \dots\dots\dots (3)$$

式中: S_m ——颗粒的质量比表面积;
 S_v ——颗粒的体积比表面积;
 ρ_s ——颗粒的密度。

单颗粒比表面积与颗粒粒度和颗粒形状有关,颗粒粒度小则比表面积大,无孔颗粒的体积比表面积:

$$S_v = \frac{6\phi}{x} \dots\dots\dots (4)$$

式中: x ——颗粒粒度;

ϕ ——颗粒表面积形状系数,定义为颗粒与同体积球体颗粒表面积之比,显然球体颗粒 $\phi=1$,非球体颗粒 $\phi>1$ 。

颗粒系统大多由许多大小不等的颗粒组成,其比表面积还与粒度分布有关。

颗粒系统比表面积可通过实验测得,常用的有 BET 法,也可由其粒度分布计算求得,当其粒度分布可用函数表征时可得到解析解。

(4)式为单粒度颗粒的比表面积,而存在粒度分布的颗粒系统比表面积可积分求得:

$$S_v(x_A, x_B) = \frac{6\phi}{Q(x_B) - Q(x_A)} \int_{Q(x_A)}^{Q(x_B)} \frac{dQ(x)}{x} \dots\dots\dots (5)$$

当 $Q(x)$ 与 x 关系可用(1)式幂函数表征时,(5)式可表示为:

$$S_v(x_A, x_B) = \frac{6\phi m}{[Q(x_B) - Q(x_A)]x_{\max}^m} \int_{x_A}^{x_B} x^{m-2} dx \dots\dots\dots (6)$$

3.2.1 全粒度分布区间 m 为定值

当 $m \neq 1$ 时,可由(6)式积分求得任意粒度区间的体积比表面积:

$$S_v(x_A, x_B) = \frac{6\phi m Q(x_B)}{(m-1)x_B[Q(x_B) - Q(x_A)]} \left[1 - \left(\frac{x_A}{x_B} \right)^{m-1} \right] \dots\dots\dots (7)$$

式中: x_A ——粒度区间粒径下限;

x_B ——粒度区间粒径上限;

$S_v(x_A, x_B)$ —— x_A 至 x_B 粒度区间内体积比表面积。

若要求得整个颗粒系统的体积比表面积,只需取 $Q(x_A)=0, Q(x_B)=1$ 。

由(1)式可得: $x_A=0, x_B=x_{\max}$

将上述数据代入(5)式可得:

$$S_v = \frac{6\phi m}{(m-1)x_{\max}} \dots\dots\dots (8)$$

S_v 为整个颗粒系统体积比表面积。

当 $m=1$ 时,(6)式积分可得 x_A 至 x_B 粒度区间颗粒的体积比表面积:

$$S_v(x_A, x_B) = \frac{6\phi Q(x_B)}{[Q(x_B) - Q(x_A)]x_B} \ln \frac{x_B}{x_A} \dots\dots\dots (9)$$

3.2.2 在各个粒度区间具有不同 m 值

某些颗粒系统在不同粒度区间 m 值不同,可由(7)式先求得每个区间的比表面积,再经加权求得全粒度分布区间的颗粒系统体积比表面积,当 $m \neq 1$ 时

$$S_v(x_{A,i}, x_{B,i}) = \frac{6\phi}{Q(x_{B,i}) - Q(x_{A,i})} \sum_i \frac{m_i}{m_i - 1} \times \frac{Q(x_{B,i})}{x_{B,i}} \times \left[1 - \left(\frac{x_{A,i}}{x_{B,i}} \right)^{m_i-1} \right] \dots\dots\dots (10)$$

3.2.3 平方根分布

在(1)式所示的幂函数分布中,当 $m=\frac{1}{2}$ 时为:

$$Q(x) = \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (11)$$

(11)式称为平方根分布。

同样将(11)式方程两边取对数,可得:

$$\lg Q(x) = \frac{1}{2} \lg x + \lg \frac{1}{\sqrt{x_{\max}}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

在 $Q(x)$ 为纵坐标, x 为横坐标的双对数图上为一直线,直线斜率为 $\frac{1}{2}$,截距为 $\lg \frac{1}{\sqrt{x_{\max}}}$ 。

将 $m = \frac{1}{2}$ 代入(7)式,可求得 x_A 至 x_B 粒度分布区间体积比表面积为:

$$S_v(x_A, x_B) = \frac{6\phi Q(x_B)}{x_B [Q(x_B) - Q(x_A)]} \left(\sqrt{\frac{x_B}{x_A}} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (13)$$

附录 A
(提示的附录)
m 为定值的颗粒系统

某颗粒系统粒度分布可用幂函数 $Q(x)=\left(\frac{x}{x_{\max}}\right)^m$ 表征,特征参数 $x_{\max}=8\text{ mm}$, $m=3.34$ 。颗粒密度 $\rho_s=2.60\text{ g/cm}^3$,颗粒表面积形状关系数 $\phi=1.4$,求粒度为 $1.00\sim3.00\text{ mm}$, $5.00\sim7.00\text{ mm}$ 和全粒度段的体积比表面积和质量比表面积。

表 A1 中第 4 列 $Q(x_{A,i})$ 和第 5 列 $Q(x_{B,i})$, 由(1)式求得。
第 6 列 $S_{v,i}$ 由(7)式求得。
第 7 列 $S_{m,i}$ 由(3)式求得。

表 A1

<i>i</i>	$x_{A,i}$ mm	$x_{B,i}$ mm	$Q(x_{A,i})$	$Q(x_{B,i})$	$S_{v,i}$ cm ⁻¹	$S_{m,i}$ cm ² /g
1	1.00	3.00	0.000 963	0.037 8	37.9	14.6
2	5.00	7.00	0.208	0.640	13.8	5.31
3	0.00	8.00	0.00	1.00	15.0	5.77

附录 B
(提示的附录)
各粒度区间 *m* 值不同的颗粒系统的比表面积计算

某颗粒系统在三个粒度区间的 *m* 值如表 B1。

表 B1

<i>i</i>	$x_{A,i}$ μm	$x_{B,i}$ μm	$Q(x_{A,i})$	$Q(x_{B,i})$	<i>m_i</i>
1	0	49.5	0	0.022 5	3.7
2	49.5	430	0.022 5	0.66	1.56
3	430	1 100	0.66	1.00	0.442

该颗粒系统颗粒表面积形状系数 $\phi=1.4$,颗粒密度 $\rho_s=2.6\text{ g/cm}^3$,求每个粒度区间内和整个系统的体积比表面积和质量比表面积。

将上述已知数据代入(7)式可以求得各粒度段的体积比表面积,全粒度比表面积可由(10)式求得,再由(3)式求得质量比表面积。结果列于表 B2。

表 B2

<i>i</i>	粒度区间 μm	$S_{v,i}$ cm ⁻¹	$S_{m,i}$ cm ² /g
1	0~49.5	2 330	896
2	49.5~430	396	152
3	430~1 100	123	47.3
4	0~1 100	346	133

附录 C
(提示的附录)

由颗粒粒度分析结果求比表面积

表 C1 为颗粒系统的筛分数据,并测得该系统颗粒表面积形状系数为 1.4,密度为 2.6 g/cm³。求该颗粒系统体积比表面积和质量比表面积。

表 C1

<i>i</i>	<i>x_i</i> mm	ΔQ_i %	<i>Q(x_i)</i> %
0	0.063	0.10	0.00
1	0.090	0.09	0.10
2	0.125	0.16	0.19
3	0.180	0.25	0.35
4	0.250	0.50	0.60
5	0.355	1.00	1.10
6	0.500	1.80	2.20
7	0.710	3.70	4.00
8	1.000	6.10	7.70
9	1.400	10.20	13.80
10	2.000	16.00	24.00
11	2.800	21.00	40.00
12	4.000	24.00	61.00
13	5.600	15.00	85.00
14	8.000		100.00

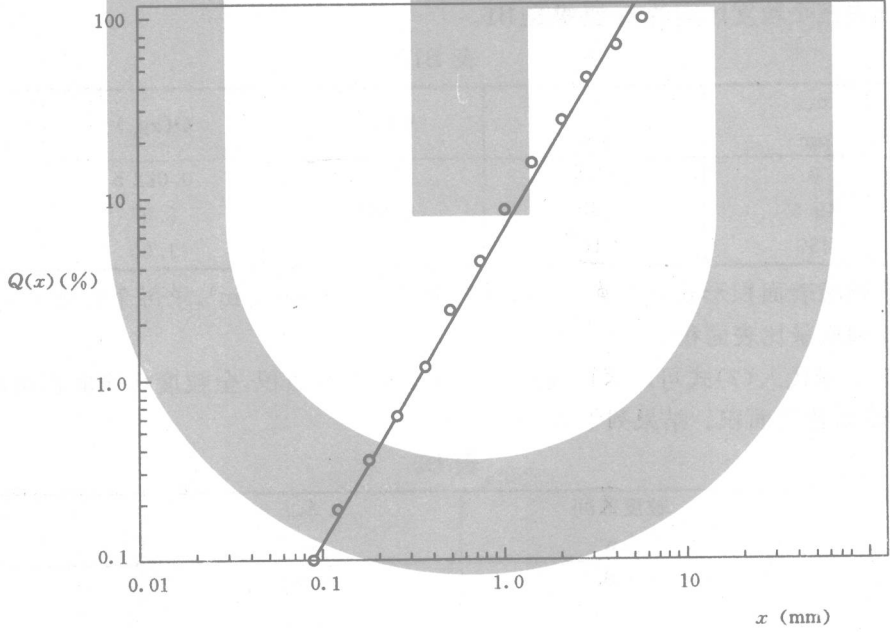


图 C1 筛下累积分布

将表 C1 的数据点在 $Q(x)$ 为纵坐标, x 为横坐标的双对数图上,得到图 C1,从图上可以看到,该颗粒系统在双对数坐标图上 $Q(x)$ 和 x 接近线性关系,可由幂函数分布表征。将表 C1 的数据通过最小二

乘方进行对数线性回归,可以得到直线方程为:

$$\lg Q(x) = 1.619 \lg x - 1.214 \dots\dots\dots (C1)$$

相关系数: $r=0.995$

由(C1)式可求得: $m=1.619, x_{\max}=4.930$

因此该颗粒系统粒度分布函数为:

$$Q(x) = \left(\frac{x}{4.930} \right)^{1.619} \dots\dots\dots (C2)$$

如图 C1 中直线所示。从图中还可以看出实验与直线除了在颗粒粒度较大端存在偏差较大外,其他
粒度区间均较接近。所以直线相关系数较大,达 0.995。

将 $x_A=0, x_B=4.930$ 代入(8)式中可以求得颗粒系数在全粒度分布区的体积比表面积为:

$$S_v = \frac{6 \times 1.4 \times 1.619}{(1.619 - 1) \times 4.930} = 4.456 \text{ mm}^{-1} = 44.56 \text{ cm}^{-1}$$

质量比表面积为:

$$S_m = \frac{S_v}{\rho_s} = 17.14 \text{ cm}^2/\text{g}$$
