DOI:10.13732/j.issn.1008-5548.2006.04.009

高精度粉体安息角测定仪的设计

刘　蕤，赵旭光，赵三银，蔡喜春

（韶关学院 化学与环境工程学院，广东 韶关　512005）

摘　要：安息角是一个重要的粉体力学性能参数，按照现行的测量方法，其测量值往往波动很大。文中对原有的安息角测量装置进行了改进，增设一高速旋转的毛刷，对粉体实施预分散，从而显著降低了物料下落时产生的震动和冲击，同时让粉体下落至一个圆台，以控制其锥形大小。采用两类细度不同的钢渣粉体就新老两种方法的安息角测试对比，结果表明：新装置结构简单，测量速度快，测试精度高，测量值的相对平均偏差由5.61%降低到1.73%。

关键词：粉体安息角；测试装置；实验精度

中图分类号：TH89　　**文献标识码**：A

文章编号：1008-5548(2006)04-0031-03

Design of High Precision Measuring Apparatus for Stopping Angle of Powder

LIU Rui, *ZHAO Xu-guang*, *ZHAO San-yin*, *CAI Xi-chun*

(School of Chemical and Environmental Engineering, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China)

Abstract: Powder's stopping angle (PSA) is an important performance factor about powder's mechanics, but its measured data generally shows a large undulation with traditional measuring method. In order to solve the problems, a new improved measuring apparatus of PSA was designed and made. The new apparatus added a high-speed spinning brush to predisperse measured powder before it falls. So it could avoid the aggregation of particles and decrease the vibration and shock forces caused by the falling powder effectively. A rounded platform was set under powder funnel to limit the dimension of powder's cone. Two series of steel slag with different fineness were used in contrasting tests between the new and traditional apparatus. The results indicated that the new apparatus, with a simple structure, had higher measuring speed and measuring accuracy than traditional apparatus, and RSD was decreased from 5.61% to 1.73%.

Key words: stopping angle of powder; measuring apparatus precsion

安息角是表征粉体特性和进行粉体工程设计所需的基本数据。测量方法主要有注入角法、排出角法、倾斜法等[1]。注入角法因其操作简单易行而应用比较广泛。但是，在操作时，由于受多种因素的影响，所得测试数据的离散性较大。为此，笔者先后对该装置进行了多次改进。实验证明，新设计的装置结构简单、测量速度快、测定结果准确度高、重复性好。

1　实验装置与原理分析

根据粉体工程学理论，粉体的安息角与粉体的颗粒形状、细度、粒度分布和粘聚性直接相关。粉体的粘聚性越大，粉体越细，颗粒的球形度越低，安息角也越大。一般认为，注入角法所测定的安息角是粉体料堆所能够形成的最大安息角。此时，料堆处于一个极限平衡状态，因此，如何稳定地实现其极限平衡状态是提高实验准确性的关键。采用如图1的传统方法进行测试时，由于粉体的团聚效应，物料下落量难以控制，同时，物料下落的冲击力使料锥的形状难以稳定，容易产生塌陷和垮塌，从而降低了测试结果的稳定性和准确性。特别是对于高细度的粘聚性粉体，上述情况尤为明显。

新设计的装置见图2。其主要原理是利用一个高速旋转的毛刷，对粉体实施分散，并稳定和控制物料的下落速度，从而能够显著降低了物料下落时所产生的震动和冲击，还能加快测试的进度。此外，

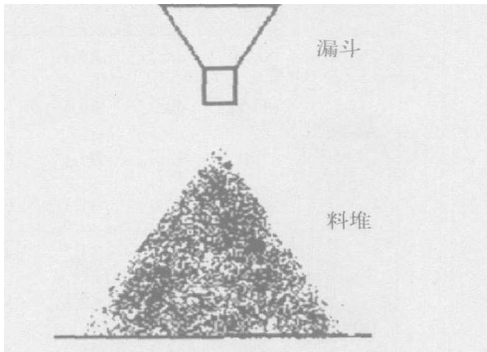

图1　安息角传统测定装置

Fig.1　Traditional apparatus for stopping angle of powder

收稿日期：2006-01-10。

资助项目：韶关市科委2000年重大应用研究项目，编号：韶市科字(2000)50号。

第一作者简介：刘蕤（1973-），女，实验师，硕士，电话：0751-8625712；13826359719，E-mail:liurui@sgu.edu.cn。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在长期的实验中[2,3],我们发现,对于高细度粉体,因其自然堆积密度低,可压缩性大,致使粉体料堆的体积与安息角测值之间呈一定的负相关关系;同时,高细度粉体更容易垮塌。此时,若欲将粉体料堆的体积控制在一定的范围内来测定安息角,往往需要重复多次实验,效率较低。为此,我们在漏斗下方正中位置设了一个圆柱体承料台,实验时,待流出粉体堆积成稳定圆锥体且该圆锥体底面刚好覆盖承料台底面时,即可通过承料台直径和粉体料堆高度,计算粉体的安息角。

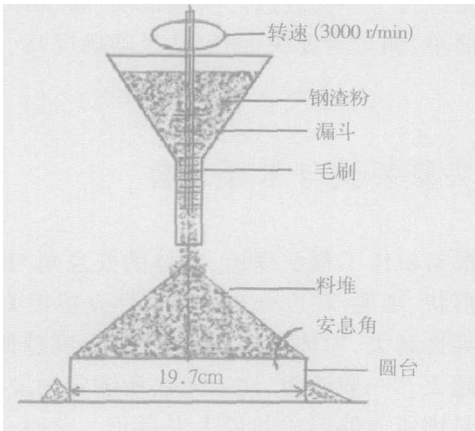

图 2　新设计的安息角测定装置

Fig.2　New apparatus of stopping angle of powder

2　测试效果对比

2.1　实验

2.1.1　粉体的制备

采用广东省韶关钢铁集团有限公司的水淬和慢冷两种钢渣，利用 φ 500 mm×500 mm 水泥厂标准试验球磨机磨制得到不同细度的粉体各 8 种,编号分别为 M20~M300 和 H20~H300。按照 GB8074-87《水泥比表面积测定方法(勃氏法)》测定各钢渣粉体的比表面积。

2.1.2　安息角的测定

分别采用传统的实验装置(见图 1,下文称为 A 装置)、新设计的实验装置(见图 2,下文称为 B 装置) 测定各粉体的安息角，测试粉体数量为 700～1000 g,以两次测定值的平均值来表示。

2.1.3　精密度的评价

为检验测量结果的稳定性和精密度,选择样号为 M30、M300、S30、S300 的钢渣粉体平行测定 8 次,用相对平均偏差来衡量,结果见表 2。

2.2　结果与讨论

2.2.1　A、B 两种装置测得的粉体安息角的比较

采用 A、B 两种装置测得的两种钢渣粉体的比表面积与安息角的关系见图 3 和图 4。

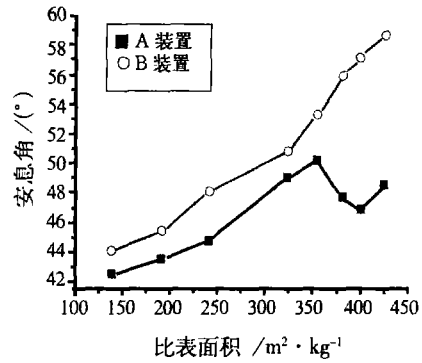

图 3　水淬钢渣粉的比表面积与安息角的关系

Fig.3　Relationship between specific area and stopping angle of water colded slag powder

表 2　不同装置测钢渣粉体安息角的精密度比较

Tab.2　Comparison of precision measured by different apparatus

测定装置	试样	安息角测定值 /(□)								相对平均偏差 /%
A装置	M30	44.7	47.3	47.2	41.4	43.3	41.9	40.4	42.8	4.57
	M300	49.9	49.4	52.8	46.1	48.4	49.6	45.2	55.1	5.26
	S30	43.2	44.1	41.9	44.1	42.7	43.9	47.4	40.8	4.84
	S300	50.0	47.3	54.9	46.1	46.3	50.8	45.2	53.1	7.80
B装置	M30	50.4	51.2	49.8	52.1	50.8	49.9	50.7	49.1	1.81
	M300	57.2	58.3	57.2	59.0	57.5	56.8	56.0	57.6	1.59
	S30	45.4	45.2	44.3	44.1	46.0	43.9	45.3	45.1	1.75
	S300	58.2	58.9	56.8	59.1	57.7	58.2	60.2	58.4	1.77

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

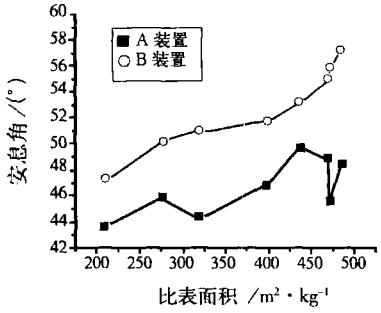

图 4 慢冷钢渣粉的比表面积与安息角的关系

Fig.4 Relationship between specific area and stopping angle of slowly colded slag powder

由图 3、图 4 可知，采用 B 装置，安息角测定值随着比表面积的提高而增大，这与粉体工程的理论基本吻合，相对于 A 装置，测定值普遍提高。而 A 装置对于比表面积较低的粗粉，测定的结果规律尚好，当粉体细度较高时，测定值偏低且波动较大。造成上述结果的原因是：(1)B 装置显著降低了粉体下落的冲击力和振动，使料堆更易接近平衡状态，即更易形成完好的料锥锥顶；(2)有效消除了由于振动给料堆带来的致密化倾向；(3)B 装置的旋转毛刷对粉体实施了解聚，降低了粉体团聚对安息角测定值的影响。后两点对高细度的粉体尤为明显。

2.2.2 两种装置测得的粉体安息角的精密度比较

由表 2 可知，采用传统的装置测得的数据重复性较差，相对平均偏差均大于 4%，而新设计的装置测得的数据重复性较好，相对平均偏差均在 2%以内。

3 结 论

通过利用传统的测量装置和新设计的测量装置的对不同细度的粉体进行安息角的测量比较，得出新设计的安息角测量装置具有结构简单，测量速度快，测量结果准确度高、重复性好的优点，对高比表面积粉体安息角的测量尤为适用。

参考文献(References):

[1] 谢洪勇. 粉体力学与工程[M]. 北京：化学工业出版社，2003：35-36.
XIE Hong-yong. Mechanics and Process Engineering of Powder and Particles[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 35-36. (in Chinese)

[2] 赵旭光，赵三银，文梓芸，等. 球磨和立磨高炉矿渣粉体基本特性的比较研究[J]. 武汉理工大学学报，2003，25(11): 32-35.
ZHAO Xu-guang, ZHAO San-yin, WEN Zi-yun. et al .The comparative research on the basic characteristics of blast-furnace slag powders prepared with different grinding systems[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2003, 25 (11): 32-35. (in Chinese)

[3] 赵旭光，赵三银，文梓芸. 高炉矿渣微细粉的粉体特性研究[J]. 中国粉体技术，2004，10(1): 5-9.
ZHAO Xu-guang, ZHAO San-yin, WEN Zi-yun. Characteristics of ground granulated blast furnace slag particles [J]. China Powder Science and Technolohy, 2004, 10(1): 5-9. (in Chinese)

寻求合作项目

超微粉碎机专用的特种耐磨刀具

技术难题：当超微粉碎机以高速或超高速运转时，粉碎机的金属磨块(锤片)和齿板(定子)由于始终受到刚性物料粒子的高速冲击，尤如钢铁铸件处在砂洗除锈状态，磨耗十分严重。所以磨块和齿板的使用寿命是使用粉碎机的厂家降低生产成本、提高生产率的决定性因素。

本项目设想通过与有关单位的技术合作来开发高耐磨刀具，通过配比材料的合金成分和良好的热处理，来保证硬度和韧性的最佳结合点，从而保证材料的高耐磨性。

提供资金：50 万元
有效时间：2006 年 1～12 月
联系单位：浙江省粉体工程研究开发中心、浙江丰利粉碎设备有限公司
联系人：张再江主任
电话：0575-3103829
传真：0575-3180066
电子信箱：zjfengli@mail.sxptt.zj.cn

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net