基于Alfred模型提高神府煤水煤浆成浆性

王俊哲，王渝岗，方　刚，张建安，李增林，巨　鹏，薛忠新，何　钊，方世剑，白世刚
（陕西煤业化工集团有限责任公司 神木张家峁矿业有限公司水煤浆厂，陕西 神木　719300）

摘　要：为提高神府煤水煤浆的成浆性，结合干法制粉工艺，利用Alfred模型对神府煤煤粉粒度进行计算模拟，计算结果表明，实际煤粉粒度在10 μm以下的含量较低，通过细粉级配优化，使实际分布更接近理论模型分布，从而大幅改善了神府煤粉成浆性，使成浆浓度提高至63%以上，静置稳定性大于2周。

关键词：神府煤；水煤浆；Alfred模型；粒度分布；粒度级配
中图分类号：TQ536　　文献标志码：A　　文章编号：0253－2336（2013）12－0117－03

Study on Improving Coal Water Slurry Ability of Shenfu Coal Based on Alfred Model

WANG Jun-zhe，WANG Yu-gang，FANG Gang，ZHANG Jian-an，LI Zeng-lin，JU Peng，XUE Zhong-xin，HE Zhao，FANG Shi-jian，BAI Shi-gang
（*Coal Water Slurry Plant*，*Zhangjiamao Mining Company Ltd.*，*Shaanxi Coal and Chemical Industry Group Company Ltd.*，*Shenmu*　719300，*China*）

Abstract: In order to improve the coal water slurry ability of Shenfu coal，in combination with dry powder produced process，the paper used the Alfred model to calculate the particle size distribution of Shenfu coal powder. The results showed that the actual content of the coal particle size less than 10 μm was lower，so fine coal powder gradation optimization was used，in order to make the real particle size distribution was closer to the Alfred model distribution. Meanwhile，coal water slurry ability of Shenfu coal power was improved，the concentration of coal water slurry was increased to more than 63%，static stability could reach to more than two weeks.

Key words: Shenfu coal；coal water slurry；Alfred model；particle size distribution；particle size grading

0　引　言

神府煤是低灰、特低硫、低磷，中高发热量的优质动力煤，神府煤田是我国特大煤田之一，因此促进神府煤合理利用，改善神府煤的利用结构是实现可持续发展能源战略的现实选择。水煤浆作为一种新型煤基液态清洁燃料，具有像石油一样的流动特性和比原煤更为优越的燃烧特性，在工业锅炉和窑炉中得到越来越广泛的应用[1]。神府煤属于变质程度低、难成浆的煤种，制浆浓度一般只能达到60%[2-3]。级配是提高水煤浆浓度及改善水煤浆稳定性和流变性的关键技术[4-8]。国内外都针对级配技术提出了不同的数学模型，Furnas最早提出不连续尺寸堆积理论，后人根据他的思想发展了连续尺寸堆积理论，最常用的粒度分布模型有Rosin－Rammler模型和Gaudin－Schuhmann模型[9]。Dinger等[10]通过对Gaudin－Schuhmann模型改进提出了Alfred模型。我国张荣曾教授[11]提出了隔层堆积理论，求得了关于Rosin－Rammler模型与Alfred模型的解析解。由于Alfred模型的变量包括颗粒分布中最大粒径与最小粒径等较为直观的参数，因此笔者选用此模型进行粒度分布计算模拟，结合试验确定最佳粒度分布，从而根据理论的最佳分布调整实际煤粉粒度分布，提高煤粉制备水煤浆的成浆性。

1　Alfred模型及累积分布的计算模拟

Alfred模型是在Gaudin－Schuhmann模型的基础上改进而来[11]：

收稿日期：2013－06－10；责任编辑：代艳玲
作者简介：王俊哲（1986—），男，陕西韩城人，硕士。Tel：18329281802，E－mail：ydwjz@126.com
引用格式：王俊哲，王渝岗，方　刚，等. 基于Alfred模型提高神府煤水煤浆成浆性［J］. 煤炭科学技术，2013，41（12）：117－119.

$$y = (d^n - d_{min}^n)/(d_{max}^n - d_{min}^n) \quad (1)$$

式中：y 为小于粒度 d 的粒级含量；d_{max} 为体系最大粒度；d_{min} 为体系最小粒度，n 为模型参数。

Andreason 采用试验方法得出，对于 Gaudin－Schuhmann 模型，$n = 0.3 \sim 0.5$ 时煤粉粒度分布具有最高的堆积效率[12]。文献[13－14]采用计算机模拟得出 $n = 0.37$ 时 Gaudin－Schuhmann 模型具有最高的堆积效率，该项成果对推动水煤浆发展起到了很大的推动作用[15]。张荣曾教授结合隔层堆积理论，通过计算求得解析解 $n = 0.3$ 时煤粉粒度具有最高堆积效率[11]。

采用 Alfred 模型，对粗粉（煤粉中位径 $D50 = 80$ μm，$d_{max} = 190$ μm，$d_{min} = 0.8$ μm）、细粉（$D50 = 30$ μm，$d_{max} = 160$ μm，$d_{min} = 0.2$ μm）、超细粉（$D50 = 10$ μm，$d_{max} = 75$ μm，$d_{min} = 0.13$ μm）3 种煤粉进行累计含量的数值模拟，其中 $n = 0.3$。所得煤粉粒径－累积含量的关系如图 1 所示。

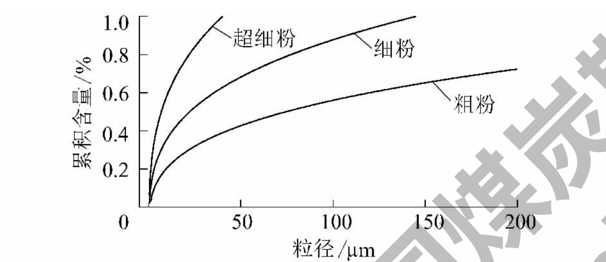

图 1 不同粒径煤粉理论分布曲线

由图 1 可知，不同粒度的煤粉，其累积含量的增长率（曲线斜率）都随煤粉粒度的增大而减小，即煤粉区间含量（即煤粉累积分布的微分）随煤粉粒度增大而减小，对于粗粉，这种变化更为明显。

2 水煤浆成浆性试验与结果分析

选取中位径分别为 8、25、80 μm 不同粒度范围的煤粉按表 1 进行配比，选用 NDF 添加剂，分别制得最大浓度为 59.30%、65.20%、63.40%、61.30% 的水煤浆。由表 1 可知，经过级配的煤粉，其制浆浓度都可以达到 60% 以上，而对于单一粒度分布的煤粉（样品 1），其制浆浓度不到 60%。利用 NXS－4C 型旋转黏度计测试各个样品的黏度，通过对比发现，细粉的填充增大了煤粉的堆积效率，但同时也增大了浆体黏度。对制备好的样品静置评判其稳定性，测试结果表明未经级配的样品 13 d 便出现了软沉淀，5 d 以后基本形成硬沉淀。而对于细粉填充的样品稳定性都达到 2 周以上，且为软沉淀，通过搅拌可以恢复沉淀煤粉的悬浮状态。其中样品 2 黏度最大，稳定性最好，其次为样品 3，样品 4 最差。可见级配可以增加煤颗粒的堆积效率，改善其成浆性，其中细粉的填充可以起到稳定浆体结构的作用。

表 1 不同样品水煤浆的性能指标

样品	中位径煤粉配比（质量比）	浆体浓度/%	黏度/（mPa·s）	稳定性/d
1	$w_{25} = 25$	59.30	987	3
2	$w_{25}:w_8 = 3:2$	65.20	1 536	20
3	$w_{25}:w_8 = 3:1$	63.40	1 248	15
4	$w_{80}:w_{25} = 1:1$	61.30	1 037	6

注：分散剂的添加量均为 0.6%，稳定剂的添加量均为 0.1%。

采用 BT－2001 型激光粒度分布仪对 4 种样品进行粒度测试分析，其粒度分布如图 2 所示，包括区间粒度分布及粒度累积分布。由图 2a 可知，样品 1 区间分布呈正态分布，存在一个峰值，累积分布的增长率随粒度增大而增大，与图 1 模型理论分布中增长率随粒度增大而减小相悖。而经过配比的样品 2—4 的粒度累积分布增长率都不同程度地随粒度增大而减小，相对单一粒度分布的样品 1 有所改善，更加接近图 1 的理论模型曲线。

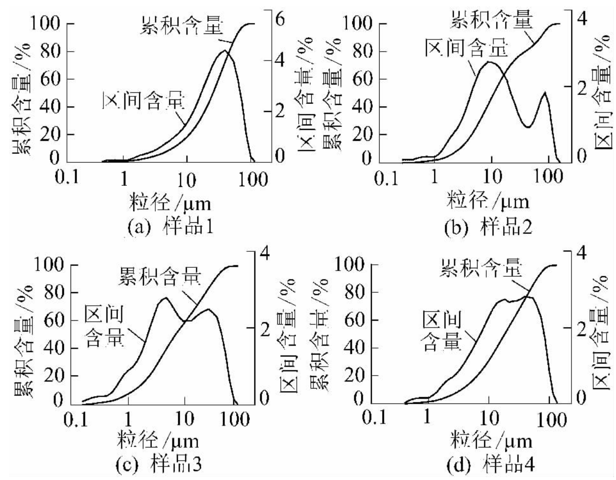

图 2 4 种样品粒度分布曲线

表 2 为中位径 25 μm 煤粉若干粒径下的累积分布，可以看到在 30 μm 以上样品 1 实际粒度分布与模型粒度分布较为接近，在 30 μm 以下与模型差距较大，造成煤粉成浆性差，稳定性差。

通过级配改善了煤粉粒度分布，如样品 2 与样品 3，细粉的填充增加了 10 μm 以下粒级的含量，能

够进一步增大煤粉的堆积效率，从而提高了煤粉的制浆浓度，浓度的提高也大幅促进了煤浆的稳定性。

表 2　$D50 = 25$ μm 煤粉在若干粒径下的累积分布

粒径/μm	累积含量/%				模型计算结果/%
	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	
1	2. 1	5. 7	6. 7	1. 6	10. 7
10	22. 7	54. 1	51. 3	15. 6	36. 4
30	57. 3	76. 9	75. 5	48. 2	56. 6
75	93. 1	87. 6	95. 9	90. 5	79. 3
120	98. 9	98. 0	99. 9	99. 5	93. 6

3　结　　语

采用 Alfred 模型对神府煤煤粉的粒度分布进行评估，单一粒度分布的煤粉的粒度分布曲线与模型差距较大，超细粉的填充在很大程度上能够改善煤粉粒度分布与模型的差距，进而增加煤粉的填充效率，提高煤粉的制浆浓度及稳定性。当然，模型参数 n 的选取会影响到 Alfred 模型对煤粉粒度分布的数值模拟，不同的 n 值会导致数值模拟结果的偏差，进一步优化模型参数将是今后的研究重点。

参考文献:

[1]　郑楚光. 洁净煤技术 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社，1996: 273 – 282.
[2]　段清兵，张　贵，何国锋，等. 神府煤制备高质量水煤浆技术研究 [J]. 煤炭加工与综合利用，2007(5): 28 – 30.
[3]　吴国光，李建亮，孟献梁，等. 煤岩组成与水煤浆成浆性能的关系研究 [J]. 中国矿业大学学报，2009，38(3): 35 – 38.
[4]　周新建. 水煤浆颗粒级配的研究 [J]. 煤炭学报，2001，26(10): 557 – 560.
[5]　支献华. 水煤浆稳定性的影响因素及评定方法 [J]. 煤炭加工与综合利用，2000(1): 38 – 39.
[6]　李　静，董慧茹，刘国文. 改善粒度级配提高大同水煤浆的稳定性 [J]. 北京化工大学学报，2002，29(2): 93 – 95.
[7]　费祥俊. 高浓度煤浆管道运输问题 [J]. 水力采煤与管道运输，1995，20(4): 35 – 40.
[8]　周新建. 水煤浆流变特性的研究 [C] //现代采矿与新技术. 西安: 陕西科技出版社，1999: 255 – 260.
[9]　艾伦 T. 颗粒大小测定 [M]. 北京: 中国建筑出版社，1984: 146.
[10]　余学海. 神华煤水煤浆成浆特性的优化方法、模型预测及改性机理研究 [D]. 杭州: 浙江大学，2008: 15.
[11]　张荣曾. 水煤浆制浆技术 [M]. 北京: 科学出版社，1996.
[12]　曾　凡，胡永平. 矿物加工颗粒学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社，1995.
[13]　Funk J E，Dinger. Control Parameters for a 75 WT% Coal – Water Slurry [J]. Coal，1982(4): 56 – 59.
[14]　Funk J E. Preparation of a Highly Loaded Coal Water Mixture [J]. Coal，1982(4): 64 – 68.
[15]　Funk J E. Coal – Water Slurry and Methods for Its Preparation [P]. US: 4282006. 1979 – 02 – 15.

(上接第 116 页)

复锥 90°、底流口直径 6 mm、溢流口内径 17 mm、压力 0. 17 MPa) 下，可使底流产品灰分达到 81. 33%，且对溢流中 +0. 045 mm 物料实现高效分选，但对溢流中 –0. 045 mm 物料的分选效果却很差。

2) 将水介旋流器溢流与水力旋流器串联，对煤泥进行分选分级试验，可有效脱除分选后溢流中 –0. 045 mm 粒级物料，降低其对精煤的污染，是对单段分选有利的补充。因此寻找高效的细粒分级脱泥方法，是难浮煤泥利用中亟待解决的技术难题。

参考文献:

[1]　徐建文，吴　松，彭　鲲，等. 浅谈我国细粒煤分选技术的现状及发展趋势 [J]. 山西焦煤科技，2010(1): 54 – 56.
[2]　杨俊利，陈文卿. 我国细粒煤分选技术研究现状及发展方向 [J]. 煤，1998，7(6): 11 – 13.
[3]　程　敢，徐宏祥，贾　凯，等. 细粒煤分选技术与设备的发展 [J]. 矿山机械，2012，40(8): 1 – 6.
[4]　徐　博，徐　岩，于　刚. 煤泥浮选技术与实践 [M]. 北京: 化学工业出版社，2006.
[5]　梅国民，王全强，刘焕胜. 细粒煤分选方法评述 [J]. 煤炭技术，2005，24(12): 60 – 62.
[6]　陶有俊，赵跃民. 强化重力场中细粒煤脱硫研究 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社，2007.
[7]　陈　宸. 细粒煤分选设备的现状与发展趋势 [J]. 能源技术与管理，2010(4): 112 – 114.
[8]　焦红光，谌伦建，铁占续. 细粒煤重选设备的技术现状与分析 [J]. 设计技术，2006(1): 14 – 17.
[9]　杨润全，吕子虎，王怀法. 细粒煤重力分选设备与技术发展现状 [J]. 中国矿业，2005，14(12): 4 – 7.
[10]　Honaker R Q，Wang D. Application of the Falcon Concentrator for Fine Coal Cleaning [J]. Minerals Engineering，1996，11(9): 1143 – 1156.
[11]　李建光，夏云凯. 采用水力旋流器和螺旋分选机处理粉煤的工艺计算与选择 [J]. 选煤技术，2007(4): 115 – 119
[12]　Mohanty M K，Honaker R Q，Patwardhan A. An In – plant Eevaluation for Fine Coal Cleaning [J]. Minerals Engineering，2002，17(15): 157 – 166.
[13]　樊民强. 煤泥旋流重选柱. 中国，200910073853. 7 [P]. 2009 – 12 – 02.