

# 综掘工作面压入式通风粉尘分布规律实验

张俊泽\*

(霍州煤电集团沁安煤电有限责任公司,山西 长治 046500)

**摘要:**为掌握综掘工作面压入式通风粉尘的浓度分布规律,利用相似模拟方法模拟河南某矿 21007 工作面,设计一个模拟实验装置,通风方式采用压入式通风,在实验装置中布置测点,分析工作面不同位置粉尘的分布规律.结果表明:工作面回风侧的粉尘浓度明显高于中部空间和进风侧,粉煤尘是煤矿岩尘和煤尘的统称,粉尘危害是煤矿的重大危害之一.随着煤矿采掘机械化程度的提高,产尘量也剧增,粉尘治理的好坏直接关系到煤矿的安全生产,关系到矿工的身体健康.

**关键词:**压入式通风;粉尘;分布规律;相似模拟

**中图分类号:**TD714      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-9102(2019)02-0018-04

## Experimental Study on Distribution Law of Pressed-in Ventilation Dust in Fully Mechanized Workface

Zhang Junze

(Qin'an Coal Electricity Co., Ltd., Huozhou Coal Electricity Group Company, Changzhi 046500, China)

**Abstract:** In order to grasp the concentration distribution law of press-in ventilation dust in comprehensive excavation workface, a similar simulation method is used to simulate the 21007 working face of a mine in Henan Province, and a simulation experiment device is designed. The ventilation method is carried out by press-in ventilation, and the test point is arranged in the experimental device to analyze the distribution of dust at different locations on the working surface. Results show that the dust concentration on the return side of the working face is significantly higher than that in the middle space and the inlet side. Coal dust is the collective name of rock dust and coal dust. Dust hazard is one of the major hazards of coal mines. With the improvement of mechanization of coal mining, the amount of dust generated has also increased dramatically. The quality of dust control is directly related to the safe production of coal mines and to the health of miners.

**Keywords:** press-in ventilation; dust; distribution law; similar simulation

煤尘是煤矿生产过程中产生的微粒,能造成极大的危害:危害人类健康,引发尘肺病;能够加速煤矿设备的磨损,减少使用寿命;当粉尘到达一定浓度时,还会引起爆炸,造成人员伤亡和经济损失.目前煤矿综掘工作面普遍采用压入式通风方式,同时掘进工作面是一个煤尘产生的主要源头,因此对综掘工作面压入式通风的粉尘分布规律进行研究具有重大意义.

近几年国内外研究学者对综掘工作面压入式通风粉尘做了大量的研究工作:刘荣华<sup>[1]</sup>针对压入式通风掘进工作面风流流场结构特点,把工作面粉尘分布划分射流区、回流区及涡流区来对粉尘分布进行研究;董军<sup>[2]</sup>和龚剑<sup>[3]</sup>分别通过离散相(DEM)模型、Fluent 计算模拟软件对粉尘运移规律进行了模拟;秦跃平<sup>[4]</sup>研究得出粉尘质量浓度从掘进面到巷道出口沿程上总体先快速下降,然后缓慢下降,最终趋于稳定,在掘进机前出现质量浓度峰值的结论;陈举师<sup>[5]</sup>以压入式通风条件为基准,安装附壁风筒、安装除尘器及

二者同时安装条件下平均除尘率分别为 49.4%, 67.1% 及 86.2%; 蒋仲安、赵肖冰等<sup>[6,7]</sup>以岩巷掘进工作面为研究对象,采用 Fluent 软件对岩巷掘进巷道通风系统参数进行了优化;吴兵<sup>[8]</sup>根据煤矿中常用的通风方式和气固两相流的理论,得出需要在掘进机的前面和回风侧增加除尘措施,以确保司机处的粉尘浓度符合标准;张福宏等<sup>[9]</sup>为有效地减轻煤层干式钻孔粉尘污染,改善现有粉尘防治效果,运用 SolidWorks 联合 Design Modeler 建模,采用 Fluent 对煤层干式钻孔粉尘运动进行数值模拟;周智勇等<sup>[10]</sup>针对深部通风面临的粉尘污染问题,结合气固两相流理论,采用长压短抽-前压后抽式通风方式,建立掘进巷道混合式通风三维模型。

## 1 地质概况

试验巷道 21007 皮带顺槽用于 21007 工作面回采时的通风、物料运输和行人等,设计长度为 1 245 m。21007 掘进工作面 2 煤层厚度变化不大,最大 3.40 m,最小 2.00 m,平均 2.73 m,结构简单,属较稳定煤层,为一宽缓的单斜构造,煤层倾角为  $0^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ,平均  $7^{\circ}$ 。本矿为低瓦斯矿井,十采区瓦斯含量较低,根据附近地质钻孔中抽检瓦斯含量资料,预计 21007 皮带顺槽瓦斯含量较低,预计 21007 皮带顺槽掘进工作面绝对瓦斯涌出量为  $0.49\sim 0.75\text{ m}^3/\text{min}$ 。

## 2 综掘工作面相似模拟实验设计

### 2.1 相似实验装置设计

由于在各种工序操作中粉尘运动到距离尘源 20 m 左右时都已经达到稳定,所以取工作面模型长度 20 m,用以上的数据按照  $C=\text{实}:\text{模}=2:1$  来设计实验模型。模型以空气为介质,其密度、粘性系数在对应点上与实型保持相等,颗粒的物质密度相等。

以试验巷道综掘工作面为原型进行设计,并参照工作面的实际情况对模型进行一定的简化。实际建立的模型的长度为 12 m,高 1.6 m,宽 2 m,实验时测定前 10 m 的数据,实验巷道模型示意图如图 1 所示,将相似实验模型的独头端模拟为综掘工作面,在其中心位置(高 1.2 m,距侧壁 1.0 m)采用人工撒尘(发尘强度约为  $20\text{ g}/\text{min}$ )的方式模拟产尘源。

#### 1) 压入式通风除尘系统相似实验装置

将压入式风机及风筒安装在相似实验模型内右侧(风筒中心位置高 1.2 m,距右壁 0.2 m)实现压入式通风除尘,如图 1 所示。



图 1 压入式通风除尘系统相似实验装置

因相似实验模型的内部空间有限,设置掘进机模型较为困难,而且不易把握全断面的风速和粉尘浓度变化情况,因此,在此相似实验装置中不设掘进机模型。

#### 2) 实验选取设备和仪器

本次实验所采用的设备有粉尘采样仪、风机、风速仪、天平、滤膜、采样头、滤膜夹及样品盒。

### 2.2 实验材料制备

为了更好地研究粉尘运动规律,明确影响粉尘分布的因素,符合现场的实际情况,本实验采用 21007 综掘面的粉尘,从 21007 综掘面取回的较大煤块,实验中将其先用破碎机破碎,再用棒磨机将其磨细至  $75\text{ }\mu\text{m}$  以下,作为实验中使用的主要粉尘。

实验中使用可充电式 QDF-6 型数字风速仪测量风速,该仪器测风速的范围  $0\sim 30\text{ m}/\text{s}$ ,分辨率是  $0.01\text{ m}/\text{s}$ 。开动风机后,用风速仪测定尘源处的风速。通过改变出口风量大小来调整巷道中的风速,实验中此模拟实验通过“样品盒”收集粉尘,“粉尘采样仪”对实验断面测点进行粉尘浓度测定,测定方法为“滤膜质量浓度法”。

### 2.3 测点布置

根据 21007 工作面的具体情况,在模型中布置测点。具体布点方式如下:在与工作面距离为 1, 2, 3, 5, 7, 10 m 处,高度为 0.5, 1.0, 1.5 m 的交线上,分别取在 0.3, 1.0, 1.7 m 处的测点,如图 2 所示。

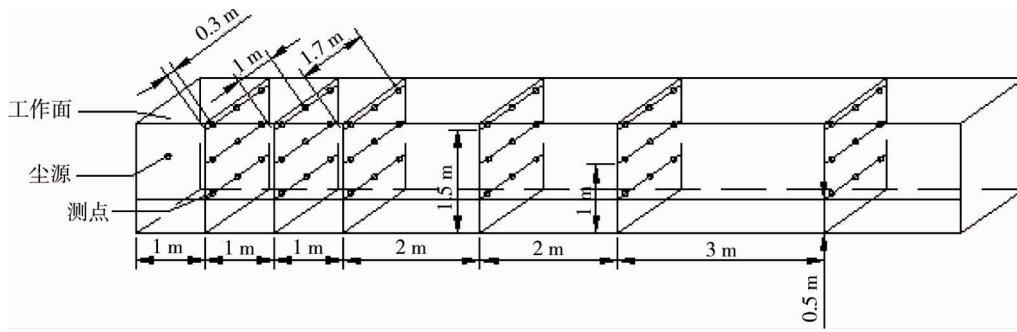


图2 相似实验装置测点布置

### 3 掘进工作面粉尘分布实验结果及分析

井下综掘工作面的风量一旦确定后不得任意改变参数,但是,随着工作面的不断拓进,压入式风筒口与综掘工作面的距离会发生变化,综掘工作面的流场也随之发生变化,粉尘浓度的分布也会受到影响.根据综掘工作面断面面积  $S=10.4 \text{ m}^2$  得式(1):

$$L_p \leq L_j = (4 \sim 5) \sqrt{S} = 12.9 \sim 16.2 \text{ m}. \tag{1}$$

式中:  $L_p$  为合理煤尘监测距离;  $L_j$  为最大煤尘监测距离.由式(1)得出压入式风筒口与工作面的距离应在 13 m 以内.因此,本实验保持压风风速恒定为 7.5 m/s,通过改变压入式风筒口与工作面的距离参数,分别为 1.6 ,2.6 ,4.6 m,研究相应的粉尘浓度的分布规律.

由于工作面中部,即高程  $H=100 \text{ cm}$  时最能反映工作面粉尘浓度的沿程变化,故选择  $H=100 \text{ cm}$  时进行分析.

当风筒口与工作面的距离分别为 1.6 ,2.6 ,4.6 m 时,  $H=100 \text{ cm}$  平面与监测点间距  $W=30 \text{ cm}$ ,  $W=100 \text{ cm}$ ,  $W=170 \text{ cm}$  断面的交线上风速的变化规律如图 3~图 5 所示.

从图 3~图 5 中所示的曲线,可以分析得出:

- 1) 工作面风速是影响模型巷道中粉尘浓度及其变化的主要因素,压入式风筒口与工作面间距越小,中层空间的粉尘浓度值越高,变化幅度越大;
- 2) 压入式风筒口与工作面间距不同时,顺着风流方向,与工作面距离不断增加的过程中粉尘浓度变化曲线相似,呈现出多次升高降低的曲线趋势,但是粉尘浓度均在离工作面 5 m 处出现,这是由于粉尘受风流作用向回风侧运动,而小颗粒的粉尘也被大颗粒粉尘裹挟着向下沉降,而后在沉降过程中受风流作用不断发生分离、上升,使得上层空间的粉尘浓度不断增大,其后粉尘的扩散作用占据主导地位,粉尘浓度逐渐减小,并趋于稳定;
- 3) 进风侧与中部空间的粉尘浓度较低,且变化较为复杂.可以认为这两个区域主要因高速风流的冲击作用和涡旋作用对小颗粒粉尘的影响,导致在粉尘浓度变化过程中有多个峰值出现.

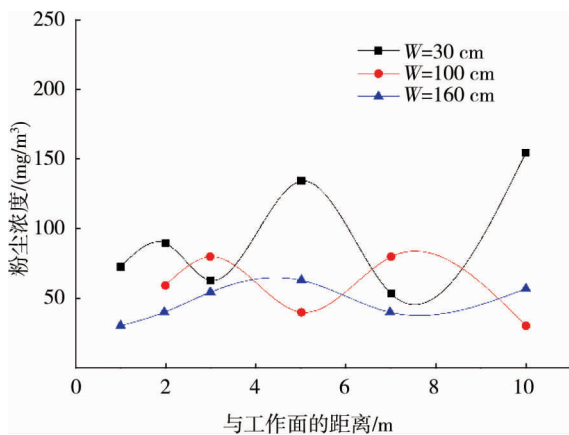


图3 风筒口距工作面 1.6 m,  $H=100 \text{ cm}$  时,平面粉尘浓度的沿程变化

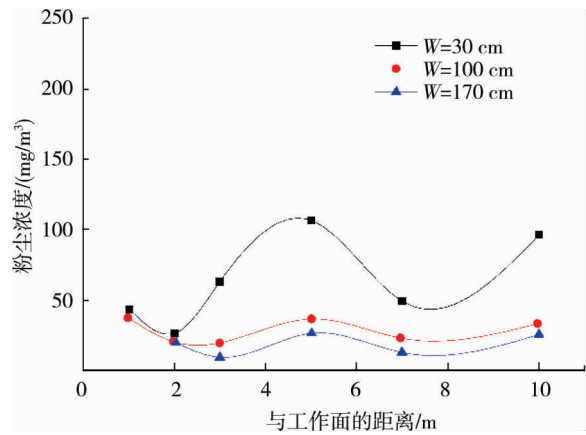


图4 风筒口距工作面 2.6 m,  $H=100 \text{ cm}$  时,平面粉尘浓度的沿程变化

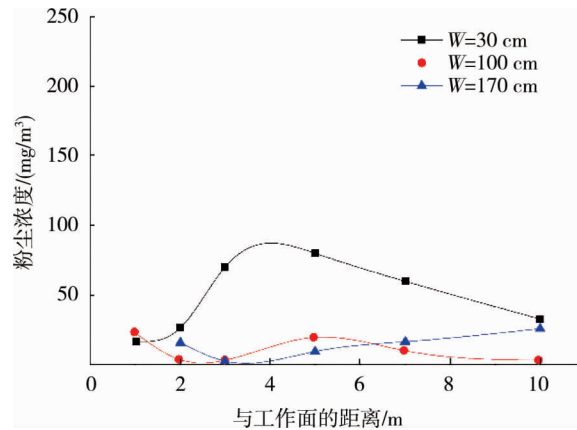


图5 风筒口距工作面4.6 m,  $H=100$  cm时平面粉尘浓度的沿程变化

## 4 结论

1) 压入式风筒口与工作面间距离不同时,回风侧的粉尘浓度均较高,这是由于粉尘受风流作用向回风侧运动,而小颗粒的粉尘也被大颗粒粉尘裹挟着向下沉降,而后在沉降过程中受风流作用不断发生分离、上升,使得上层空间的粉尘浓度不断增大,其后粉尘的扩散作用占据主导地位,粉尘浓度逐渐减小,并趋于稳定。

2) 工作面风速是影响模型巷道中粉尘浓度及其变化的主要因素,压入式风筒口与工作面间距越小,中层空间的粉尘浓度值越高,变化幅度越大。

3) 总体上粉尘浓度在巷道底部较高,随着高度的减小,粉尘的浓度增大,但是在距工作面8 m后趋于平稳,由于粉尘受到风流的影响向回风侧运动,而其中的大颗粒粉尘同时做沉降运动,导致下层空间的粉尘浓度很大。

4) 风筒口离工作面越近,工作面的风速越大,粉尘越不容易沉降,导致巷道前段上层空间的粉尘浓度较高,粉尘浓度变化幅度也越大。

## 参考文献:

- [1] 刘荣华,王海桥,施式亮,等.压入式通风掘进工作面粉尘分布规律研究[J].煤炭学报,2002(3):233-236.
- [2] 董军,汪日生,于贵生,等.基于DPM压入式通风全岩巷综掘面粉尘运移规律数值模拟[J].煤矿安全,2016,47(6):190-193.
- [3] 龚剑,胡乃联,林荣汉,等.掘进巷道压入式通风粉尘运移规律数值模拟[J].有色金属(矿山部分),2015,67(1):65-68.
- [4] 秦跃平,姜振军,张苗苗,等.综掘面粉尘运移规律模拟及实测对比[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2014,33(3):289-293.
- [5] 陈举师,蒋仲安,谭聪.岩巷综掘工作面通风除尘系统的数值模拟[J].哈尔滨工业大学学报,2015,47(2):98-103.
- [6] 蒋仲安,闫鹏,陈举师,等.岩巷掘进巷道长压短抽通风系统参数优化[J].煤炭科学技术,2015,43(1):54-58.
- [7] 赵肖冰,陶占宇,吴福喜,等.长压短抽式通风掘进面粉尘浓度分布规律数值模拟研究[J].中州煤炭,2014(1):34-37.
- [8] 吴兵,于振江,周瑶,等.常村煤矿综掘面合理除尘方式选择及其应用[J].安全与环境工程,2014,21(5):98-103.
- [9] 张福宏,陈举师,高杨,等.煤层干式钻孔粉尘运动及粒径分布的数值模拟[J].清华大学学报(自然科学版),2018,58(10):872-880.
- [10] 周智勇,胡培,韩章程,等.掘进工作面通风布置对粉尘分布规律的影响[J].中南大学学报(自然科学版),2018,49(9):2264-2271.