DOI:10.11918/j.issn.0367-6234.201605096

掘进巷道爆破后排烟时间计算

曹 杨[1],纪洪广[1],周启明[2]

(1.北京科技大学 土木与资源工程学院,北京 100083; 2.山东黄金归来庄矿业有限公司,山东 临沂 273307)

摘 要: 为研究掘进面爆破后排烟时间,推导掘进面炮烟运移规律公式,对排烟时间影响因素进行灰色关联度计算,得出主要影响因素的敏感性大小排序为:巷道出口到掘进面迎头的距离(0.827)>风筒口到掘进面迎头的距离(0.738)>风筒供风量(0.628)>炮烟中 CO 初始体积分数(0.547).在归来庄金矿掘进巷道中进行炮烟监测试验,研究了压入式通风条件下,风筒口到掘进面迎头的距离 L_0 分别为 10、15、20、25、30 m 时,巷道出口到掘进面迎头的距离 L_P 分别为 40、60、80、100、120 m 的排烟时间.研究结果表明:排烟时间随巷道出口到掘进面迎头的距离增加而变长,两者拟合成线性关系;排烟时间随风筒口到掘进面迎头的距离增加而变长,成非线性增加;排烟系数 c 与 L_0 拟合成线性关系,并推导出不同工况下排烟时间的计算式;在试验及相似巷道的 5 个工况下进行验证,相对误差为 6.1%,3.8%,5.4%、8.8%,9.3%,具有较好的准确性和可靠性.

关键词: 掘进巷道;炮烟;排烟时间;影响因素;排烟时间系数

中图分类号: X9 **文献标志码**: A **文章编号**: 0367-6234(2017)08-0135-06

Calculation of fume-drainage time of tunnel after blasting

CAO Yang[1], JI Hongguang[1], ZHOU Qiming[2]

(1.School of Civil and Resource Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;
2.Guilaizhuang Mining Co., Ltd., Shandong Gold Group, Linyi 273307, Shandong, China)

Abstract: To research fume-drainage time of tunnel after blasting, the formula of removal law of blasting fume in tunnel is deduced. Through calculating the grey correlation degree of influential factors of fume-drainage time, the ranking results of sensitive degree of main influential factors are: distance of entrance to tunnel face (0.827)> distance of duct to tunnel face(0.738)>air flow in duct(0.628)>initial volumetric concentration of CO in blasting fume(0.547). Blasting fume monitoring tests were conducted in tunnel to study the fume-drainage time when the distance of duct to tunnel face L_0 are respectively 10,15,20,25,30 m and the distance of entrance to tunnel face L_P are respectively 40, 60, 80, 100, 120 m under the condition of forced ventilation. Research findings reveal that: fume-drainage time increases with the longer distance of entrance to tunnel face. The fitting result of the both is linear relation; fume-drainage time shows nonlinear rise with the addition of the distance of duct to tunnel face. The fitting result of fume-drainage coefficient c and L_0 is linear relation, and calculation formulas of fume-drainage time in different working condition are concluded. Verification of equation is carried out in 5 tested similar tunnels. And relative errors are respectively 6.1%, 3.8%, 5.4%, 8.8%, 9.3%, which have remarkable accuracy and reliability.

Keywords: tunnel; blasting fume; fume-drainage time; influential factor; fume-drainage time coefficient

矿山掘进巷道常采用钻爆法进行凿掘[1].爆破产生的炮烟污染整个巷道,对作业人员的安全与健康构成威胁,并影响掘进循环作业效率[2].掘进巷道排烟时间是指爆破后在机械通风方式作用下掘进巷道出口处有毒有害气体降低到规定质量浓度限值的时间.在实际生产中,由于对排烟时间把握不准确,常常会影响掘进循环作业正常进度,严重时还会导致炮烟中毒事故的发生[3-4].

目前对掘进巷道排烟时间的研究,文献[5-7]从气体扩散理论的角度建模,推导掘进巷道排炮烟的理论通风时间的表达式,其不足之处是缺乏实际数据的验证且计算式过于复杂;文献[8-10]运用相关数值软件对掘进巷道建模,研究炮烟运移规律及不同工况下的排烟时间,其不足之处是数值模拟的模型过于简化、参数设定与实际情况相符情况未知;Torano 等[11]研究压入式通风下煤矿通风排瓦斯,对研究炮烟排出有一定的借鉴作用但不能完全等同;Wang 等[12]对掘进面通风时间进行优化研究,并拟合通风时间与巷道长度的表达式,但只考虑巷道长度对通风时间的影响;Torno 等[13]研究不同爆破条件后掘进面气体运移情况及通风时间,但侧重于不同爆破条件对通风时间的影响研究;Gillies 等[14]推导出通风时间与风量的表达式,却忽略考虑其他影

收稿日期: 2016-05-23
基金项目: 国家"十二五"科技支撑计划项目(2012BAK09B07)
作者简介: 曹 杨(1988—),男,博士研究生;
纪洪广(1963—),男,教授,博士生导师
通信作者: 纪洪广,jihongguang@ces.ustb.edu.cn

响因素.

掘进巷道实际排烟时间的影响因素很多,但在巷道开挖动态掘进中巷道出口到掘进面迎头的距离、风筒口到掘进面迎头的距离对掘进巷道实际排烟时间影响很大[15],而相关的研究却很少.因此,通过在归来庄金矿掘进巷道中进行现场炮烟监测试验,研究压入式通风条件下排烟时间与风筒口到掘进面迎头的距离及巷道出口到掘进面迎头的距离之间的数学关系,并推导爆破后不同工况条件下排烟时间表达式,可为测算掘进巷道排烟时间提供的参考价值,对提高掘进循环作业效率及保护作业人员安全与健康有重要的现实意义.

1 掘进面炮烟运移模型

通过建立炮烟运移数学模型,研究掘进巷道中炮烟排出过程及运移规律.设巷道的断面面积为 S,风筒的供风量为 Q,风筒出口到掘进面迎头的距离为 L_0,1-1 截面到掘进巷道迎头的距离为 L_P,选取 0-0面到 1-1 面为研究 CO 运移模型的控制体,控制体中 CO 的初始质量浓度为 C_0, 1-1 截面瞬时时刻 CO 的质量浓度为 C,控制体的体积 $V=L_P \cdot S$.大巷中 CO 的值为 C_{out},如图 1 所示.

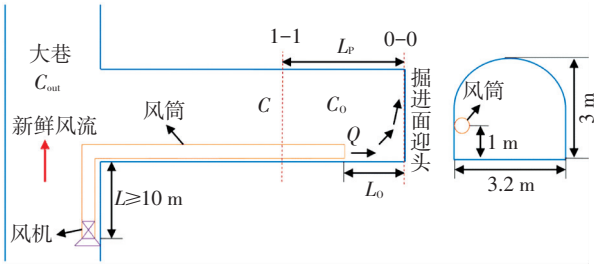


图 1 掘进面通风示意

Fig.1 Schematic map ventilation in tunnel

假设掘进巷道中空气不可压缩、温度对炮烟运移无影响、风筒不存在漏风等.单位时间内,控制体中发散出的 CO 的质量和控制体外巷道中增加的 CO 的质量相等.由质量守恒定律可得

$$Vk\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}t} + Q(C - C_{out}) = 0,$$

解得

$$C = (C - C_{out})\,\mathrm{e}^{-\frac{Q}{Vk}t} + C_{out}. \tag{1}$$

式中:V 为控制体的体积,m^3;k 为 CO 扩散系数;$\mathrm{d}C/\mathrm{d}t$为CO质量浓度随时间变化值,$\mathrm{mg/(m^3 \cdot s)}$;$Q$为风筒的通风量,$\mathrm{m^3/s}$;$C$ 为 1-1 面瞬时时刻 CO 的质量浓度,$\mathrm{mg/m^3}$;C_{out}为风筒供风中 CO 的质量浓度,$\mathrm{mg/m^3}$;C_0 为控制体中 CO 的初始质量浓度,$\mathrm{mg/m^3}$.CO 的扩散系数 k 取 1,大巷进风流中的 CO 的质量浓度可近似为 0,即 $C_{out}=0$,故式(1)可以简化为

$$C = C_0\mathrm{e}^{-\frac{Q}{V}t}. \tag{2}$$

矿山安全相关规程规定,短时间内巷道中 CO 的质量浓度限值为 30 $\mathrm{mg/m^3}$[16],忽略温度变化影响,折算成体积分数为 24×10^{-6}(下文中用 CO 体积分数代替 C_0 质量浓度).将 $C=24\times10^{-6}$代入式(2),变形可得

$$t = \frac{V}{Q}\ln\frac{C_V}{24}, \tag{3}$$

式中,C_V 为 CO 初始体积分数.由式(3)可见,排烟时间的影响因素是初始体积分数、控制体体积、风筒供风量.实际作业中以掘进巷道出口处的有毒有害气体的体积分数安全值来判断掘进巷道安全,巷道出口到掘进面迎头的距离是排烟时间的影响因素;风筒口到掘进面迎头的距离大于风筒风流的有效射程时,掘进面会出现循环涡流区,排烟效果恶化[17],因此,巷道出口到掘进面迎头的距离、风筒口到掘进面迎头的距离也是排烟时间的影响因素.

2 排烟时间影响因素灰色关联分析

对排烟时间的影响因素进行权重分析,为掘进面排烟工作提供参考.查阅归来庄金矿安环部相关的实际通风数据资料,排烟时间影响因素的数据具有“小样本、贫信息”的特点,利用灰色关联度模型[18]对排烟时间影响因素进行计算与评价.排烟时间的影响因素见表 1.

表 1 排烟时间主要影响因素

Tab.1 Data of main influential factors of fume-drainage time

序号	排烟时间 X_0/min	CO 初始体积分数 $X_1/10^{-6}$	风筒供风量 $X_2/(\mathrm{m^3 \cdot s^{-1}})$	风筒口到掘进面迎头的距离 X_3/m	巷道出口到掘进面迎头的距离 X_4/m
1	80	4 693 779	2.0	20	48
2	70	859 407	2.5	23	53
3	150	1 648 480	1.8	24	72
4	176	1 443 226	1.7	28	76
5	105	1 629 623	1.4	18	58
6	186	5 289 709	1.5	35	83
7	50	508 339	2.4	10	31
8	54	491 464	2.2	19	35
9	81	443 656	1.6	24	45

灰色关联系数矩阵计算结果为

$$\boldsymbol{R}_{0i} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.566 & 0.372 & 0.323 & 0.484 & 0.430 & 0.636 & 0.613 & 0.496 \\ 1.000 & 0.707 & 0.481 & 0.401 & 0.596 & 0.365 & 0.611 & 0.680 & 0.809 \\ 1.000 & 0.767 & 0.573 & 0.531 & 0.687 & 0.611 & 0.879 & 0.767 & 0.828 \\ 1.000 & 0.798 & 0.707 & 0.595 & 0.897 & 0.603 & 0.977 & 0.943 & 0.923 \end{pmatrix}.$$

灰色关联度计算结果为：

$$\bar{R}_{0i} = (\gamma_{01},\gamma_{02},\gamma_{03},\gamma_{04}) = (0.547,0.628,0.738,0.827).$$

排烟时间影响因素的灰色关联度计算结果可得：4 个影响因子对排烟时间的敏感程度排序为 $X_4>X_3>X_2>X_1$. 巷道出口到掘进面迎头的距离（X_4）对排烟时间的敏感度最大，风筒口到掘进面迎头的距离（X_3）对排烟时间的敏感度其次，CO 初始体积分数（X_1）对排烟时间的敏感度最小.

3　炮烟监测试验

3.1　工程概况

归来庄金矿是露天转入地下开采的矿山，采用进路式采矿方法，与巷道掘进工法相似. 矿井通风方式主要是自然通风与两翼对角抽出式. 该金矿不同水平的中段有若干条穿脉巷道，巷道掘进采用钻爆法，炸药为 2 号岩石乳化炸药，每次起爆量约为 36 kg. 巷道断面形状均为半圆拱，宽约为 3.2 m，高约为 3.0 m，巷道长度约为 120 m. 掘进面采用压入式通风方式，风筒直径为 40 cm，供风量约为 2.0 ~ 2.5 m^3/s，风筒悬挂在巷道左侧，中心点距离地面高度约 1 m.

3.2　炮烟监测系统及试验设计

炮烟监测系统由软、硬件系统构成. 软件系统包括监控软件平台、SQL 数据库等. 硬件系统包括笔记本电脑（监控主机）、层间管理主机、阅读器、路由器及气体无线传感器等. 炮烟中 CO 具有含量大、化学稳定性好、易测量等特点[19]，将 CO 作为监测对象能够很好地反映出炮烟运移情况. 考虑到安全及现场实际情况，选择 CO 监测点位置到掘进面的距离 L_P 不小于 40 m 布置 CO 传感器，风筒距离掘进面的距离为 L_0，掘进巷道炮烟监测如图 2 所示.

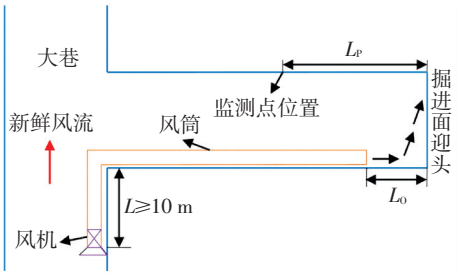


图 2　掘进巷道炮烟监测示意

Fig.2　Schematic map of blasting monitoring in tunnel

试验前，先确定好 CO 传感器以及其他监测设备的安放位置，然后固定安装好设备并调试运行正常. 炮烟监测试验过程中，CO 无线传感器每 20 s 采集一次巷道中的 CO 的体积分数值，存储在 SQL 数据库中. 监控软件平台自动实现炮烟监测，并对数据采集与管理. 为保证巷道中 CO 能充分排出，并达到规定的安全体积分数值，炮烟监测试验时间大约持续 2 ~ 3 h. 炮烟监测试验分 5 组进行：保持 L_P 不变，每次试验改变风筒口到掘进面的距离 L_0 为 10、15、20、25、30 m，目的是在 L_P 不变的情况下监测不同 L_0 对排烟时间变化. 保持 L_0 不变，分别在巷道出口距离掘进面迎头距离为 40、60、80、100、120 m 布置 CO 传感器监测 CO 体积分数值，目的是在 L_0 不变的情况下监测不同 L_P 对排烟时间的变化. 需要说明的是，炮烟监测试验中监测点处 CO 传感器监测 CO 体积分数变化情况可以看作巷道出口处的 CO 体积分数变化，监测点到掘进面迎头的距离视作巷道出口到掘进面迎头的距离.

4　排烟时间计算

当风筒口到掘进面迎头的距离 $L_0 = 10$ m 时，CO 传感器布置点到掘进面迎头的距离 $L_P = 40$ m 处 CO 体积分数降低到安全值的时间为 $t = 36$ min. 当 $L_P = 40$ m 时，L_0 分别等于 15、20、25、30 m 的 CO 体积分数变化曲线，如图 3 所示.

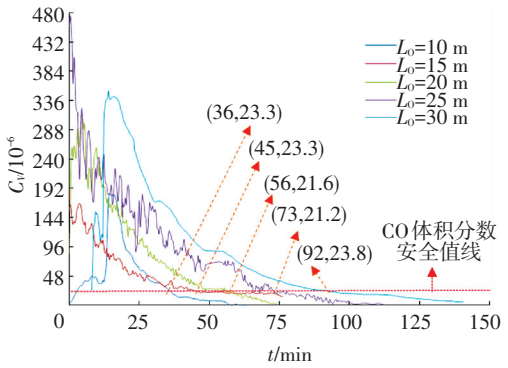


图 3　$L_P = 40$ m 处不同 L_0 对应的 CO 体积分数变化曲线

Fig.3　Curves of CO volumetric concentrations in $L_P = 40$ m with different L_0

炮烟监测试验分别在 L_P 为 40、60、80、100、120 m 布置 CO 传感器监测 CO 体积分数衰减到规定限值的时间，试验结果见表 2.

表 2　不同 L_0、L_P 时掘进巷道的排烟时间

Tab.2　Fume-drainage time of tunnel with different L_0, L_P

L_P/m	排烟时间 t/min				
	$L_0 = 10$ m	$L_0 = 15$ m	$L_0 = 20$ m	$L_0 = 25$ m	$L_0 = 30$ m
40	36	45	56	73	92
60	47	58	72	93	117
80	56	70	87	114	143
100	66	82	103	131	168
120	77	94	118	155	193

由图 4 可见，当 $L_0 = 10$、15、20、25、30 m 时，巷道掘进长度增加量 $\Delta L = 20$ m，排烟时间增加量 Δt

分别为 10.0、12.3、15.5、21.0、25.0 min.当 $L_0 = 10$ m 时,排烟时间 t 与 L_P 拟合关系式为

$$t = 0.505L_P + 16, \quad 40\ \text{m} \leqslant L_P \leqslant 120\ \text{m}. \tag{4}$$

可见,当风筒口到掘进面迎头的距离相同时,巷道出口到掘进面迎头的距离越长,排烟时间越长;风筒口到掘进面迎头的距离变大,排烟时间增加量变大;排烟时间与巷道出口到掘进面迎头的距离成线性关系.

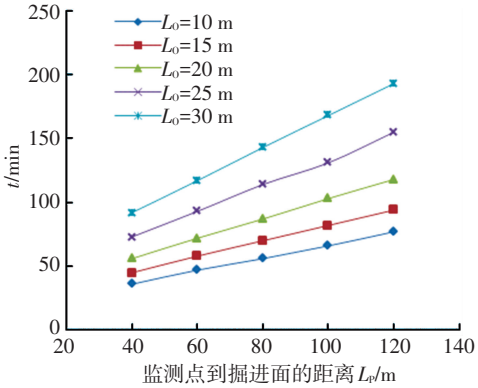


图 4 不同 L_0 时掘进巷道排烟时间

Fig.4 Fume-drainage time of tunnel with different L_0

由图 5 可见,巷道出口到掘进面迎头的距离相同时,排烟时间随着风筒口到掘进面迎头的距离的增加而变长,且随风筒口到掘进面迎头的距离越长,排烟时间增加量也增大.当风筒口到掘进面迎头的距离小于风筒有效射程时,排烟效果最好;当风筒口到掘进面迎头的距离大于风筒的有效射程时,排烟效果变差,排烟时间变长.排烟时间系数是指当巷道出口到掘进面迎头的距离固定时,风筒口到掘进面迎头的距离大于风筒有效射程的排烟时间与风筒口到掘进面迎头的距离小于或等于风筒有效射程的排烟时间之比.在炮烟监测试验中,将 L_0>10 m 的排烟时间与 $L_0 = 10$ m 的排烟时间的比值为 c,c 定义为排烟时间系数.L_0 分别等于 10、15、20、25、30 m 时,L_P 分别等于 40、60、80、100、120 m 时的排烟时间系数,见表 3.

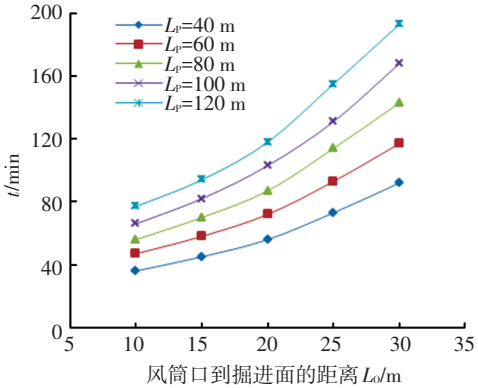


图 5 不同 L_P 时掘进巷道的排烟时间

Fig.5 Fume-drainage time of tunnel with different L_P

表 3 排烟时间系数

Tab.3 Coefficient of fume-drainage time

L_0/m	排烟时间系数 c					平均值
	L_P=40 m	L_P=60 m	L_P=80 m	L_P=100 m	L_P=120 m	
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.25	1.23	1.25	1.24	1.22	1.24
20	1.56	1.53	1.55	1.56	1.52	1.54
25	2.03	1.98	2.04	1.98	2.01	2.01
30	2.56	2.49	2.55	2.54	2.51	2.53

由表 3 可知,风筒口到掘进面迎头的距离增大,排烟时间系数相应增大.而巷道出口到掘进面迎头的距离增加,排烟时间系数变化不大.排烟时间系数 c 表征了在风筒口到掘进面迎头距离的大小对掘进面迎头排烟难易程度.排烟时间系数 c 越大,说明掘进面迎头的排烟效果越差,所需要的排烟时间越长.c 与 L_0 的拟合函数曲线,如图 6 所示.

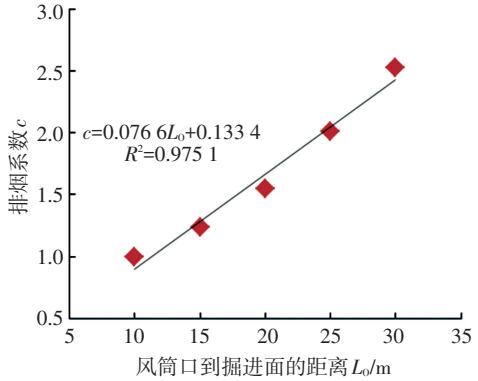


图 6 排烟系数 c 与风筒口到掘进面的距离 L_0 拟合关系

Fig.6 Fitting relation between fume-drainage coefficient c and distance of duct to tunnel face L_0

排烟系数 c 与 L_0 的拟合关系式为

$$c = 0.076\ 6L_0 + 0.133\ 4, 10\ \text{m} \leqslant L_0 \leqslant 30\ \text{m}. \tag{5}$$

式(5)可以用来估算 $L_0 = 10 \sim 30$ m 范围内的排烟时间系数.结合式(4)排烟时间与巷道出口到掘进面迎头的关系式,可得排烟时间的计算式为

$$\begin{cases} t = (0.505L_P + 16)c, \\ c = 0.076\ 6L_0 + 0.133\ 4. \end{cases} \tag{6}$$

对式(6)进行验证,选取试验巷道中的 3 个不同工况点及相同型号的通风机、巷道情况相似的其他巷道的 2 个工况点进行验证.

由表 4 可知,式(6)计算的掘进巷道排烟时间与实际排烟时间相对误差均不超过 10%.其中,对试验巷道 3 个不同工况点的测算的结果分别为 6.1%、3.8%和 5.4%,可能原因有 CO 体积分数不均匀、风筒风量的波动及巷道中机器设备的变迁等原因;其他两个情况相似的巷道中的验证结果相对误差分别

为 8.8%和 9.3%,相比较试验巷道中的相对误差稍大,其原因可能为局部通风机工况点波动、巷道断面及巷道粗糙度等略微的差异造成的.式(6)对估算爆破后排烟时间有较好的准确性和可靠性.为保证巷道中炮烟排除的更完全及安全性,可将排烟时间乘以一个安全系数 s(1.1-1.2)加以放大.对排烟时间的测算,可为后续的出渣及掘进循环工作安排提供一定的参考,为工作人员安全与健康提供保障.当金属矿山中段中有多条相同设计的穿脉巷道掘进作业时,而目前炮烟自动监测系统不完善条件下,相比作业人员盲目进入巷道中进行检测 CO,排烟时间的测算要更有效率性、目的性和安全性.

表 4　排烟时间计算式的验证

Tab.4　Verification of fume-drainage time equation

巷道	L_0/m	L_p/m	t/min	$t_{实际}$/min	t 与 $t_{实际}$ 的相对误差/%
试验	12.5	70.0	56.0	52.6	6.1
	17.5	90.0	90.6	87.3	3.8
	22.5	85.0	109.4	115.3	5.4
其他	15.0	53.0	54.8	59.6	8.8
	20.0	78.0	92.3	100.9	9.3

5　结　论

1)对掘进巷道中爆破后排烟问题进行了相关研究,推导了爆破后掘进面炮烟运移规律的数学表达式,理论上分析了爆破后排烟时间的主要影响因素为炮烟初始体积分数、风筒供风量、巷道出口到掘进面迎头的距离及风筒口到掘进面迎头的距离,并结合归来庄金矿通风资料数据进行灰色关联度计算,得出排烟时间影响因素的敏感性大小排序为:巷道出口到掘进面迎头的距离(0.827)>风筒口到掘进面迎头的距离(0.738)>风筒供风量(0.628)>CO 初始体积分数(0.547).

2)在归来庄金矿穿脉掘进巷道中进行炮烟监测正交试验,研究风筒口到掘进面迎头的距离分别为 10、15、20、25、30 m 时,巷道出口到掘进面迎头的距离分别为 40、60、80、100、120 m 时的排烟时间变化,通过引入排烟时间系数推导出风筒口到掘进面的距离在 10~30 m 范围内和巷道出口到掘进面迎头距离在 40~120 m 时的排烟时间表达式,以测算该工况范围内的排烟时间.

3)对试验巷道及巷道情况相似的其他 2 个巷道共 5 个不同工况点进行排烟时间验证,相对误差分别为 6.1%、3.8%、5.4%、8.8%、9.3%.排烟时间公式有较好的准确性和可靠性,可用来测算相似设计施工的巷道在此工况范围内的排烟时间,为作业人员安全与健康提供保障,也为掘进循环工作安排提供参考.

参考文献

[1] 郑建军, 王卫忠, 任仲罕, 等. 某金矿有毒有害气体的来源组成及影响因素分析[J]. 金属矿山, 2013(6): 148-150. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1250.2013.06.040.
ZHENG Jianjun, WANG Weizhong, REN Zhonghan, et al. Research on source and composition of the toxic and harmful gas and its influence factor in a certain gold deposit[J]. Metal Mine, 2013(6): 148-150. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1250.2013.06.040.

[2] 刘钊春, 柴军瑞, 贾晓梅, 等. 压入式通风掘进面有害气体浓度扩散数值模拟[J].岩土力学, 2009, 30(S2): 536-539. DOI:10.16285/j.rsm.2009.s2.038.
LIU Zhaochun, CAI Junrui, JIA Xiaomei. Numerical simulation of concentration diffusion of harmful gas in heading face with forced ventilation[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(S2): 536-539. DOI:10.16285/j.rsm.2009.s2.038.

[3] 纪洪广, 曹杨, 张舸, 等. 独头巷道掘进过程中排烟时间预测[J]. 金属矿山, 2014(5):142-145.
JI Hongguang, CAO Yang, ZHANG Ge, et al. Prediction of drain-fume time of single-end roadway in tunneling process[J]. Metal Mine, 2014(5): 142-145.

[4] 曹杨, 纪洪广, 由爽, 等. 炮烟中毒事故致因机理研究及预防技术[J]. 工业安全与环保, 2015, 41(6):73-75.DOI: 10.3969/j.issn.1001-425X.2015.06.020.
CAO Yang, JI Hongguang, YOU Shuang, et al. Research on mechanism of blasting fume poisoning and prevention technology[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2015, 41(6):73-75. DOI: 10.3969/j.issn.1001-425X.2015.06.020.

[5] 叶勇军, 江俊廷, 丁德馨, 等. 独头巷道爆破后氡及炮烟的运移规律[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(5) :131-137. DOI: 10.16265 /j.cnki.issn1003-3033.2015.05.023.
YE Yongjun, JIANG Junting, DING Dexin, et al. Transport of radon and blasting-fume in blind roadway with exhaust ventilation after blasting[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(5): 131-137. DOI:10.16265 /j.cnki.issn1003-3033.2015.05.023.

[6] 杨立新,陆茂成,赵军喜. 隧道施工爆破后通风排烟风量计算的探讨[J].西部探矿工程, 2000(1):55-56, 90.
YANG Lixin, LU Maocheng, ZHAO Junxi. Discussion on ventilation smoke-drain calculation in tunnel construction after blasting[J]. West-China Exploration Engineering,2000(1):55-56, 90.

[7] 苏利军, 卢文波.地下巷道钻爆开挖过程中炮烟扩散及通风[J]. 爆破,2000,17(1):1-6. DOI: 10.3963/j.issn.1001-487X.2000.01.001.
SU Lijun, LU Wenbo. Study on diffusion of blasting fumes and ventilation technique during construction of underground tunnel[J]. Blasting, 2000, 17(1):1-6. DOI: 10.3963/j.issn.1001-487X.2000.01.001.

[8] 邓祥辉, 刘钊, 刘钊春, 等. 两河口长隧道独头掘进压入式施工通风三维数值模拟[J]. 土木建筑与环境工程, 2014, 36(2) : 35-41.DOI:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.02.006.
DENG Xianghui, LIU Zhao, LIU Zhaochun, et al. 3D numerical simulation on forced construction ventilation of long single head

tunnel of Lianghekou [J]. Journal of Civil, Architecture & Environmental Engineering, 2014, 36(2):35-41. DOI:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.02.006.

[9]刘钊, 陈兴周, 冯璐, 等. 长隧道独头掘进压入式施工通风数值模拟[J]. 西北水电, 2012(1):66-69.
LIU Zhao, CHEN Xingzhou, FENG Lu, et al. Simulation of values of forced ventilation for construction of long tunnel excavated from a single end[J]. Northwest Hydropower, 2012(1):66-69.

[10]陈赞成, 杨鹏, 吕文生, 等. 高寒矿井穿脉巷道掘进炮烟扩散规律的数值模拟[J]. 北京科技大学学报, 2011, 33(5): 521-525. DOI:10.13374/j.issn1001-053x.2011.05.003.
CHEN Zancheng, YANG Peng, LÜ Wensheng, Numerical simulation on the diffusion law of blasting fume during roadway tunneling across a vein in an alpine mine[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2011, 33(5):521-525. DOI: 10.13374/j.issn1001-053x.2011.05.003.

[11]TORANO J, TORNO S, MENENDEZ M, et al. Models of methane behaviour in auxiliary ventilation of underground coal mining[J]. International Journal of Coal Geology, 2009,80(1):35-43. DOI: 10.1016/j.coal.2009.07.008.

[12]WANG Xiaoling, LIU Xuepeng, SUN Yuefeng, et al. Construction schedule simulation of a diversion tunnel based on the optimized ventilation time[J]. Journal of Hazardous Material, 2009, 165(1/2/3): 933-943. DOI:10.1016/j.jhazmat.2008.10.115.

[13]TORNO S, TORANO J, ULECIA M, et al. Conventional and numerical models of blasting gas behavior in auxiliary ventilation of mining headings [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2013, 34: 73-81. DOI: 10.1016/j.tust.2012.11.003.

[14]GILLIES A D S, WU H W, SHIRES D. Development of an assessment tool to minimize safe after blast re-entry time to improve the mining cycle[C]//Proceedings of the 10th US/North American Mine Ventilation Symposium, Anchorage. Alaska, USA: AA Balkeme publishers, 2004: 315-324.

[15]何磊, 张少杰. 基于 CFD 的锡铁山矿穿脉掘进巷道炮烟扩散规律研究[J]. 中国矿山工程, 2012, 41(5): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1672-609X.2012.05.001.
HE Lei, ZHANG Shaojie. Study on diffusion of blasting fume in blind drift of xitieshan mine based on CFD [J]. China Mine Engineering, 2012, 41(5):1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1672-609X.2012.05.001.

[16]国家安全生产监督管理总局. 金属非金属矿山安全规程, GB l6423—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
State Administration of Work Safety. Safety regulation in metal and nonmetal Mine, GB l6423—2006 [S]. Beijing: Standard Press of China, 2006.

[17]张国枢, 谭允祯, 陈开岩, 等. 通风安全学[M]. 修订版. 徐州: 中国矿业大学出版, 2007.
ZHANG Guoshu, TAN Yunzhen, CHEN Kaiyan, et al. Safety ventilation [M]. Revised edition. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2007.

[18]刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 6 版. 北京: 科学出版社, 2013.
LIU Sifeng, XIE Naiming. Grey system theory and its aapplication [M]. 6th ed. Beijing: Science Press, 2013.

[19]南春子, 张文辉, 赵晓, 等. 复杂洞室群施工期通风有害气体扩散数值模拟[J]. 清华大学学报(自然科学版),2014, 54(8): 993-998. DOI:10.16511/j.cnki.qhdxxb.2014.08.011.
NAN Chunzi, ZHANG Wenhui, ZHAO Xiao, et al. Numerical simulations of ventilation to remove noxious gases during excavation of complicated tunnels[J]. Journal of Tsinghua University(Science & Technology, 2014, 54(8):993-998. DOI: 10.16511/j.cnki.qhdxxb.2014.08.011.

(编辑 张 红)

撤稿声明

撤销论文:小波光学在模糊图像处理中的应用.哈尔滨工业大学学报,2005,37(增刊 4):54-57.

作者:边莉(1),车向前(2).

作者单位:(1)黑龙江科技学院电子与信息工程学院;(2)黑龙江科技学院计算机与信息工程学院.

撤稿原因:该论文与哈尔滨工业大学谭立英博士学位论文《小波光学理论构建及应用研究》(该博士论文未上网)部分章节内容重复,涉嫌抄袭.

本刊严正谴责这种学术不端行为,经研究决定对该文予以撤销,特此声明.

Retraction notice

We have to retract the article [Journal of Harbin Institute of Technology, 2005, 37(S4):54-57.

Title: Application of the fuzzy image processing based on wavelet optics

Authors: Bian Li (1); Che Xiangqian (2)

Author affiliation: (1) School of Electric and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China; (2) School of Computer and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China

Reason: The content of the above paper was found in some overlap with the doctoral dissertation of 'Constructing the Theory of Wavelet Optics and Research on the Application' (it had not been published online) authored by Tan Liying from Harbin Institute of Technology, and it was suspected of plagiarism.

We hereby declare that this article is retracted.

《哈尔滨工业大学学报》编辑部

2017 年 8 月