

防治技术

# 积分法计算煤与瓦斯突出事故中瓦斯涌出量

吴教锟<sup>1,2</sup>

(1.中煤科工集团重庆研究院有限公司,重庆 400037;2.瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室,重庆 400037)

**摘要:**针对某矿发生煤与瓦斯突出事故,选择积分法计算其瓦斯涌出量。通过确定事故发生时间、合理选择瓦斯监测监控数据、瓦斯涌出量计算过程中风量校正、计算取值时间以及确定拟合函数等,准确计算出瓦斯涌出量的过程,为同类事故发生时计算瓦斯涌出量提供参考,为事故调查,判定事故类型提供依据。

**关键词:**煤与瓦斯突出事故;积分法;瓦斯涌出量;事故调查

中图分类号:TD713

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2015)06-0022-04

## THE CALCULATION OF AMOUNT OF GAS EMISSION IN COAL AND GAS OUTBURST ACCIDENT BY A INTEGRATION METHOD

WU Jiao-kun<sup>1,2</sup>

(1.Chongqing Institute of China Coal Research Institute, Chongqing, 400037, China;2. National Key Laboratory of Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling, Chongqing 400037 China)

**Abstract:** According to a mine coal and gas outburst accident, a integration method was chosen to Calculate the amount of gas emission. Through the determination of the time of the accident, selection proper gas monitoring data, Volume correction in the calculation of amount of gas emission,the calculation of the value of time and the determination of the fitting function ,the amount of gas emission was accurately calculated. It provided reference for the calculation of amount of gas emission in similar accident. It provided the basis for the accident investigation and the determination of the type of accident.

**Key words:** coal and gas outburst accident; integration method; amount of gas emission; the accident investigation

在煤与瓦斯突出矿井鉴定工作中,突出特征和突出吨煤瓦斯涌出量是比较关键的二项判定指标<sup>[1]</sup>。瓦斯涌出量的计算一般有分段法和积分法。由于对关键数据的取值、不同的计量方法,不同的人员对同一次突出事故中瓦斯量计量结果可能相差较大,从而影响对事故的认定。

针对某矿在一掘进工作面发生一起典型的煤

与瓦斯突出事故,通过确定事故发生的时间、查看事故发生地点附近各监控探头数据并合理取值,以及在计算过程的风量修正原则和选择合理的拟合曲线,用积分法计算瓦斯涌出量。为同类事故发生时计算瓦斯涌出量提供参考,为事故调查,判定事故类型提供依据。

### 1 突出发生后的瓦斯涌出规律

煤与瓦斯突出发生后的瓦斯涌出情况一般表现为如下规律:

收稿日期:2015-08-09

第一作者简介:吴教锟(1978.4),男,江西省万年县人,硕士、副研究员,主要从事煤矿安全工作。

突出发生时,工作面 and 回风巷的瓦斯浓度及瓦斯涌出量急剧升高,随后呈衰减趋势,随着时间的延长,逐步恢复到正常水平(图1)。

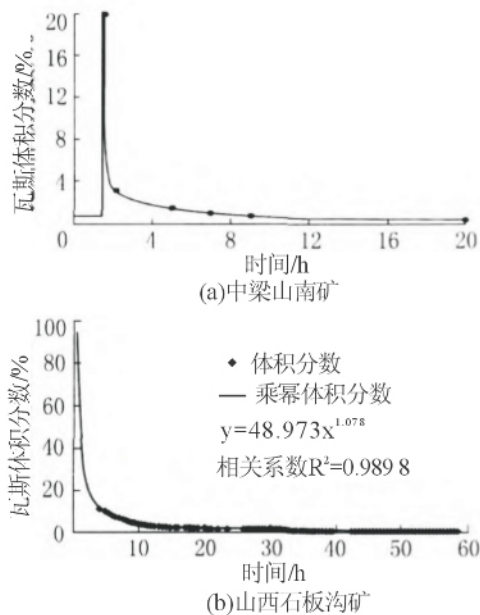


图1 回风巷瓦斯浓度变化

工作面及其回风巷的瓦斯浓度一般会在一定时间内出现超过传感器或检测仪器量程的现象,矿井监测系统得到的瓦斯浓度数据出现中断直到瓦斯浓度下降至传感器量程内<sup>[2]</sup>。

工作面回风系统的总风量会出现急剧增大的现象。

突出强度和瓦斯涌出总量很大时,喷出的瓦斯可能会呈现出暴风的性质,工作面通风系统可能会遭到破坏,反向风门可能被强大的瓦斯流摧毁、工作面局部通风机或风筒可能被掩埋或毁坏,瓦斯会迎着新鲜风流向进风巷道流动(即所谓的瓦斯逆流),甚至可能使采区或矿井的通风系统遭到破坏,使高浓度瓦斯沿着进风流进入其他用风地点,有些矿井曾发生过突出的瓦斯由井下冲进风井到达地面的情况。

## 2 积分法瓦斯涌出量计量原则及方法<sup>[3]</sup>

瓦斯突出发生后,瓦斯涌出量包括直接参与突出的瓦斯量和突出影响范围煤体释放的瓦斯量二部分。直接参与突出的瓦斯量是指短时间内从煤层中抛出、搬运煤炭的瓦斯流和形成瓦斯逆流动力效应的瓦斯;而突出影响范围煤体释放的瓦斯量则是指突出后由突出影响范围煤体(包括抛

出的煤体、未抛出但已经破碎或呈卸压状态的煤体)所正常解吸、缓慢释放出的瓦斯量。但是,要分别计算二者的量是极其困难的,一般情况下,都是根据检测数据进行统一的计算,不再区分二者的关系。

### 2.1 计量原则

计量的起止时间:由于突出后的瓦斯涌出是逐步衰减的,延续时间可能很长,计算到不同时间为止会影响计量的结果,所以,需要统一规定。根据传统计量习惯和现有技术水平,将瓦斯涌出量计算的起止时间定为:从瓦斯浓度急剧升高开始,计算到回风流瓦斯浓度恢复到突出前的水平。对于有些突出(如石门类巷道等),瓦斯浓度要恢复到原来的水平是极其困难的,按照国家煤矿安全监察局《关于加强煤与瓦斯突出矿井鉴定工作的通知》精神,将计算截至时间定为瓦斯涌出量降到 $110 \text{ m}^3/\text{min}$ 时为准,但是,即便如此,对于一些依然降不到该标准的突出,则应将计算截至时间定为:瓦斯浓度降至稳定时,即长时间瓦斯涌出量不再继续下降为止。

数据测点的选择:计算发生瓦斯突出后的瓦斯涌出量时,选择测点数据的原则是突出后的全部瓦斯量可以通过该点的数据得到准确反应且该测点的瓦斯浓度及风量没有超过该点传感器或检测仪的量程。所以,要选择那些尽量靠近突出发生地点、没有超过传感器(或检测仪)量程、区域通风系统没有破坏的回风巷的计量数据。

缺失数据的补充:为保证计算的相对准确性,检测数据应尽量保持完整。特别是瓦斯浓度数据,由于瓦斯浓度常超过仪器的检测量程,而获得的数据较少,影响计算的准确性。在没有完整测定数据的情况下,可根据检测到的一些数据,用数据拟合的方式估算缺失的一段瓦斯浓度数据(图1b),具体数据拟合公式采用相关系数最高的函数形式。对大量实际突出后的数据分析表明,多数突出后的瓦斯浓度变化采用幂函数的形式拟合相关性较高。

风量校正:煤与瓦斯突出发生后,各矿井在计算瓦斯涌出量时,一般是将平均瓦斯浓度乘以固定风量,一般取突出前的风量。但是严格讲,这样的算法是不合适的,因为发生突出后,虽然矿井总风量变化不大,但对于采用压入式局部通风机的

掘进工作面，大量的瓦斯涌出到巷道空间并与空气混合，混合后的总风量应该包括瓦斯涌出量和供风量，用供风量代替混合后的总风量计算瓦斯涌出量的作法显然存在误差，当混合后的瓦斯浓度很高时，这种误差相当大。所以，发生瓦斯突出后，除了要测定回风流瓦斯浓度值及其变化外，还应该测定回风流的总风量及其变化。但一般情况下，各矿井很少进行工作面回风量测定，此时，应该对回风流风量进行修正。当掘进工作面回风流瓦斯浓度较小时，增加的风量不大，可以忽略风量的变化，当回风流中瓦斯体积分数大于 10%，供风量一定时，建议对风量按时间段分别进行校正，见式(1)。

$$Q_t = 100Q_0 / (100 - C) \quad (1)$$

式中  $Q_t$ ——突出后某一时间段内风量修正值， $m^3/min$ ;

$Q_0$ ——突出前回风流供风量值， $m^3/min$ ;

$C$ ——突出后某一时间段内平均瓦斯体积分数，%。

### 2.2 计量方法

按照以上原则，突出的瓦斯涌出量是突出前后瓦斯涌出量增加值，可根据回风巷瓦斯浓度和风量的测值变化规律，采用曲线拟合后再积分的方法计算，见式(2)。

$$Q = \frac{1}{100} \int_0^t (C(t) - C_0) Q'(t) dt \quad (2)$$

式中： $Q$ ——突出瓦斯涌出量， $m^3$ ;

$t$ ——截至时， $min$ ;

$C(t)$ ——回风巷瓦斯体积分数曲线拟合函数，%;

$C_0$ ——突出前回风巷平均瓦斯体积分数，%;

$Q'(t)$ ——回风巷总回风量拟合或校正函数，若用矿井总回风巷数据或当工作面回风巷瓦斯浓度较小时可取正常回风量， $m^3/min$ 。

### 3 事故案例

故事过程：某矿沿煤层底板掘进底板抽采巷，在掘进过程中发生煤与瓦斯突出事故，事故地点示意图见图 2

事故发生后，在底板抽采巷与回风大巷交汇处有人感觉到强大的气流，并及时撤离到回风大巷的进风段，并及时向矿调度室汇报，同时在矿调度室底板抽采巷 T 1 监控探头瓦斯浓度显示该工

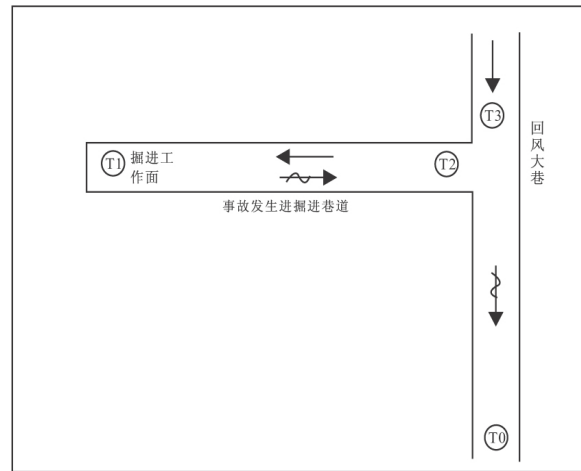


图 2 事故地点示意

作面瓦斯浓度达 39% 以上（传感器上限值为 40%）。

计算起止时间：事故地点安装有瓦斯浓度传感器，迎头的瓦斯浓度传感器为 T 1，进口处的瓦斯浓度传感器为 T 2。根据矿井安全监控系统的监测数据显示：T 1、T 2 瓦斯浓度传感器在事故发

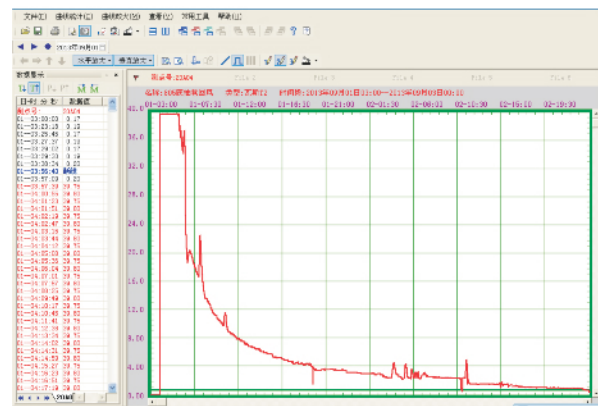
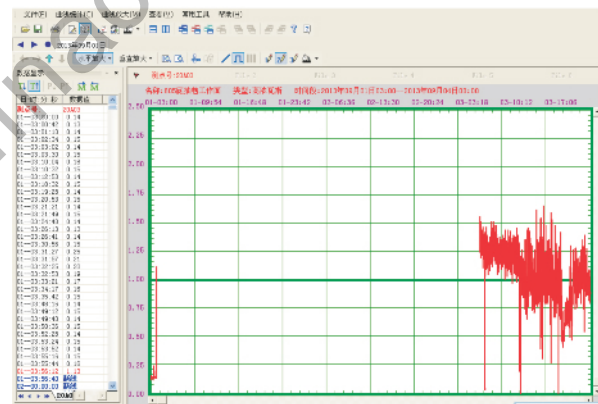


图 3 事故发生时掘进工作面 T1、T2 瓦斯浓度监测数据

生当天 3:56:40 突然中断，其中 T 2 瓦斯浓度传感器在事故发生当天 5:47:47 瓦斯浓度开始下降

至浓度监测范围内,见图3。

根据查阅事故底板瓦斯抽采巷掘进工作面附近的回风大巷瓦斯浓度传感器监控的数据在事故发生前后,其回风大巷瓦斯浓度传感器监控的数据T3没有发生明显的变化,见图4,证实事故发生后井下瓦斯没有形成逆流现象,事故发生后,瓦斯由事故底板瓦斯抽采巷直接进入总回风大巷,总回风大巷的监控探头T0瓦斯浓度发生了明显的变化,但没有中断,见图5。

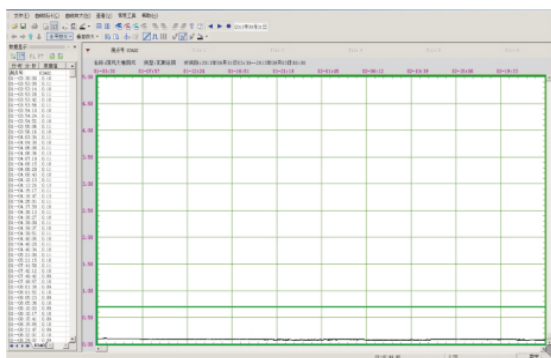


图4 回风大巷事故发生前瓦斯浓度监测数据

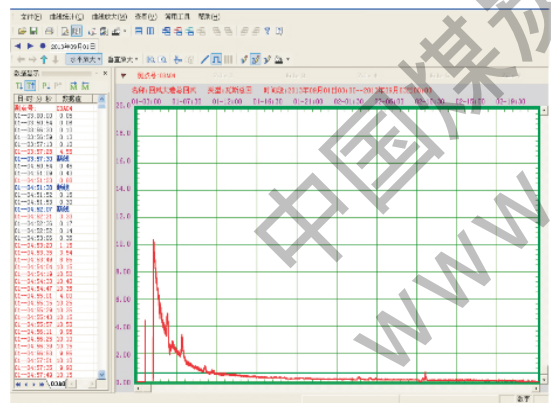


图5 回风大巷事故发生后瓦斯浓度监测数据

根据调取的瓦斯监测数据,突出巷道在47h后瓦斯浓度降为0.85%,但长时间没有降到突出前的瓦斯浓度0.2%。因此,根据计算原则把计算瓦斯涌出量定在47h。

风量校正:巷道在突出前正常生产时为两趟风筒,一个供风 $380\text{ m}^3/\text{min}$ ,一个为 $300\text{ m}^3/\text{min}$ 。事故发生后,其中一趟风筒被损坏,在事故发生后34h修理好。根据风量修正原则,在前期发生事故时,瓦斯体积浓度大于10%时,应该对风量进行修正,所以风量计算应该分为三个阶段。第一阶段

为瓦斯体积浓度大于10%时对风量进行修正,第二阶段为在风筒修好前巷道内风量,第三阶段为风筒修好后巷道内风量。

数据取值及拟合函数:调取的突出事故前后附近各监测探头的数据的对比情况,T1监控探头数据不稳,不可用,T3监控探头没有监测到突出的数据,T2和T0监控探头都监测到了数据,都能用,T2监控探头较完整的记录了事故发生后瓦斯涌出情况,根据就近原则选用T2的数据。根据T2的数据拟合,见图6。拟合指标达到了0.9615。拟合程度高。由于T2探头量程有限,根据拟合曲线推算事故发生时最高瓦斯浓度为66.45%,见图7。

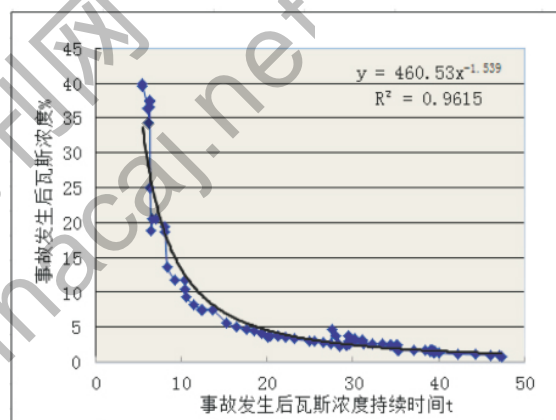


图6 T2数据拟合曲线

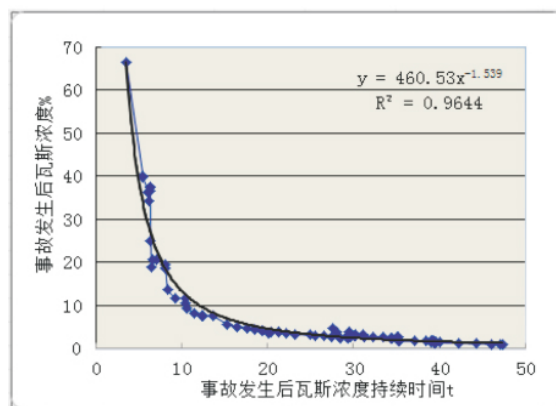


图7 T2数据推算拟合曲线

计算结果:结合瓦斯涌出量时间取值、风量取值以及拟合的函数,瓦斯涌出量按三段计算(表1):

(下转第28页)



表 2 u=1.1m/s 时 ηSO<sub>2</sub>-L 关系

SO <sub>2</sub> 去除率 η 吸收率	吸收液流量 l/hr					
	10	20	30	40	50	60
10%NaOH	98.01	99.60	99.70	99.70	99.70	99.70
5%NaOH	63.49	69.62	78.96	83.26	83.68	87.74
5%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	51.97	61.72	69.52	79.58	81.87	87.14
5%Na <sub>2</sub> S	64.48	64.74	68.66	71.48	77.20	82.40
2.5%Na <sub>2</sub> S+2.5%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	52.07	56.88	57.50	58.12	64.71	71.25

表 3 u=2m/s 时 ηSO<sub>2</sub>-L 关系

SO <sub>2</sub> 去除率 η 吸收率	吸收液流量 l/hr					
	10	20	30	40	50	60
10%NaOH	>98	>99	>99	>99	>99	>99
5%NaOH	91.7	94.0	95.0	95.8	96.3	97.2
5%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	45.3	48.6	67.1	73.3	81.6	84.1
5%Na <sub>2</sub> S	62.4	68.1	71.8	76.6	79.3	80.8

碎作用,增加了气液接触面积。

### 3 治理实效

经检测废气抽吸量为 2 000 m<sup>3</sup>/h 时,二氧化硫排放浓度为 3 040 mg/m<sup>3</sup>,氯化氢排放浓度为 5 185mg/m<sup>3</sup>。经上述工艺设备处理后氯化亚砷车间废气处理设施出口废气二个周期氯化氢最高排放浓度分别为 3.34 mg/m<sup>3</sup>、1.93 mg/m<sup>3</sup>,排放速率分

别为 1.76×10<sup>-3</sup> kg/h、8.96×10<sup>-4</sup> kg/h; 二氧化硫最高排放浓度分别为 1.02 mg/m<sup>3</sup>、8.33 mg/m<sup>3</sup>,排放速率分别为 5.10×10<sup>-4</sup> kg/h、2.07×10<sup>-3</sup> kg/h; 氯气最高排放浓度分别为 0.13 mg/m<sup>3</sup>、0.15 mg/m<sup>3</sup>,排放速率分别为 5.22×10<sup>-5</sup>kg/h、6.16×10<sup>-5</sup> kg/h;均低于《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 中的二级标准相应限值要求,达标排放。

(上接第 25 页)

表 1 瓦斯涌出量计算过程中各阶段参数

计算参数	T0(h)	T1(h)	C(t)	C <sub>0</sub>	Q'(t) (m <sup>3</sup> /min)
第一阶段	3.5159	10.5547	$f(x)=460.53x^{-1.539}$	0.2	380
第二阶段	10.5547	34.5622			
第三阶段	34.5622	47.3352			

$$Q = \frac{1}{100} \int_{3.5159}^{10.5547} (460.53x^{-1.539} - 0.2)452dt + \frac{1}{100} \int_{10.5547}^{34.5622} (460.53x^{-1.539} - 0.2)380dt + \frac{1}{100} \int_{34.5622}^{47.3352} (460.53x^{-1.539} - 0.2)680dt$$

经计算,本次瓦斯突出事故共涌出瓦斯量约 84130m<sup>3</sup>。

### 4 结论

通过实际案例对采用积分法计算发生煤与瓦斯突出事故后,瓦斯涌出量计算过程中时间取值、风量校正以及选择合理的监控数据,并对其进行数据拟合,推算事故发生时事故巷道内最高瓦斯

浓度,最终计算出瓦斯涌出量的大小。为同类事故发生时,计算瓦斯涌出量提供了参考。

### 参考文献

[1]MT639-1996 煤与瓦斯突出矿井鉴定规范[S]  
 [2]刘秉钧.利用监测系统推算突出瓦斯量的方法[J].矿业安全与环保,1995(4).  
 [3]赵旭生.梁开武.煤与瓦斯突出强度和瓦斯量的计量方法[J].煤炭科技技术,2008(3)