

文章编号:1671-251X(2016)07-0070-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.07.017
吕龙辉,靳红霞.提高保护层卸压瓦斯量的方法研究[J].工矿自动化,2016,42(7):70-72.

提高保护层卸压瓦斯量的方法研究

吕龙辉, 靳红霞

(河南质量工程职业学院 信息工程系, 河南 平顶山 467000)

摘要:根据气体径向流动理论和能量守恒定律,建立了地面钻孔瓦斯抽放模型及流动网络,提出了通过提高井眼底部阻力来增加保护层泄压瓦斯量的方法。工程应用结果表明,通过增加井眼底部的流动阻力,可以显著提高保护层卸压瓦斯量。

关键词:瓦斯抽放;地面钻孔;钻孔阻力;卸压瓦斯

中图分类号:TD712.62 文献标志码:B 网络出版时间:2016-07-05 15:04

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160705.1504.017.html>

Methods of increasing amount of pressure-relief gas of protective layer

LYU Longhui, JIN Hongxia

(Department of Information Engineering, Henan Quality Engineering Vocational College, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: According to gas radial flow theory and energy conservation law, gas drainage model and flow network using surface drilling were established, and method of increasing amount of pressure-relief gas of protective layer by increasing resistance of the bottom of the wellbore was proposed. The engineering application results show that by increasing the flow resistance of the bottom of the wellbore, the amount of pressure-relief gas of protective layer can be significantly increased.

Key words: gas drainage; surface drilling; drilling resistance; pressure-relief gas

0 引言

中国煤矿通常通过煤层钻孔从保护层释放瓦斯压力,这种方法存在工程量大、修建风险高、对其他生产活动有干扰等缺陷。地表钻孔的施工和操作不受地下空间或生产活动的限制,钻孔不仅能从保护层和开采层的采空区抽排瓦斯,而且能实现大量高浓度瓦斯的排放。通过地表钻孔,早期瓦斯抽排量和浓度迅速达到峰值,随着工作面的进展,瓦斯抽排量会随着底部裂缝程度的增加逐渐减小^[1]。当工作面钻孔深度为150~200 m时,钻孔和采空区之间的大量低浓度瓦斯从采空区排出,卸压瓦斯量减少。为了消除瓦斯突出,必须采取有效措施提高保护层瓦斯抽放量。本文建立了通过地面钻孔卸压开采煤层瓦斯的数学模型,提出了一种通过提高井眼底部

阻力来提高保护层卸压瓦斯量的方法。

1 地面钻孔卸压瓦斯数学模型

1.1 模型参数

地面钻孔瓦斯抽放模型如图1所示,其中 Q_0 为混合气体抽放流量, m^3/s ; P 为瓦斯抽放的负压, MPa ; b 为地面钻孔井口混合气体体积分数, $\%$; p_m 为上覆煤层边界瓦斯抽放压力, MPa ; D 为上覆煤层的厚度, m ; λ_1 为上覆煤层瓦斯抽放区的平均渗透系数, $\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$; Q_1 为开采上覆煤层时瓦斯流量, m^3/s ; P_1 为地面钻孔与上覆煤层交界处的气体绝对压力, MPa ; Q_2 为从采空区抽放的瓦斯流量, m^3/s ; h_1 为从地面到上覆煤层的距离, m ; R 为地面钻孔的半径, m 。

收稿日期:2015-11-30;修回日期:2016-05-13;责任编辑:胡娴。

作者简介:吕龙辉(1981—),男,河南平顶山人,讲师,工程硕士,研究方向为计算机网络技术,E-mail:804403258@qq.com。

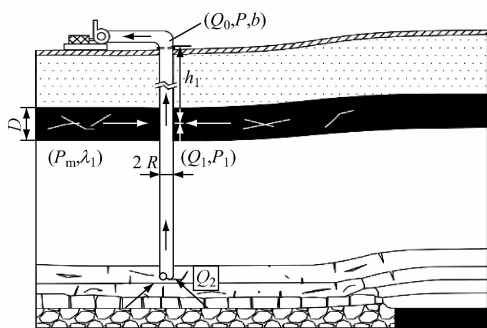


图1 地面钻孔瓦斯抽放模型

1.2 模型构建

在负压引流压力的作用下,利用径向流模型计算上覆煤层的压力释放气体流量^[2]:

$$Q_1 = 2\pi D\alpha_1 \lambda_1 \frac{P_m^2 - P_1^2}{1440 \ln(R_1/R)} \quad (1)$$

式中: R_1 为上覆煤层开采区瓦斯分布半径,m; α_1 为上覆煤层瓦斯抽放流量修正系数。

根据能量守恒定律,将上覆煤层瓦斯流动的伯努利方程表示为

$$Q_1 = 2\pi D\alpha_1 \lambda_1 \frac{P_m^2 - [(P_0 - P) + gh_1(1.237 - 0.52b)(1 + kQ_0^2) \times 10^{-6}]^2}{1440 \ln(R_1/R)} \quad (5)$$

2 提高保护层卸压瓦斯量的方法

2.1 卸压瓦斯量决定因素

式(5)中, P_0 是本地忽略温度变化的大气压力常数;参数 D , R_1 和 h_1 分别是保护层、地面钻孔和煤层的地质条件的特性参数。当工作面通过地面钻孔推进到更远的距离(钻孔瓦斯抽放的后期阶段),保护层裂隙发展到比较稳定的瓦斯抽放区时,参数 λ_1 , α_1 , P_m 和 R 在较短的时间内可视为常数。瓦斯抽放钻孔后期的 Q_1 值主要由 P , b 和 Q_0 决定。

根据式(5), Q_1 值随着 P 和 b 值的增大而增大,随 Q_0 值减小而增大。因此,要想增大 Q_1 的值,必须采取措施增大 P 和 b 的值,并减小 Q_0 值。

2.2 气体流动网络分析

钻孔和各种气体源的流动网络如图2所示,其中 a 点为钻井井口, b 点为井眼与保护层的交界处, c 点为受保护层的瓦斯抽放区边界, d 点是钻孔的井下, e 点是瓦斯抽放裂缝区域的边界。

气流的总阻力 h_f 可以由式(6)计算:

$$h_f = R'Q_0^2 \quad (6)$$

式中: R' 为地面钻孔等效风阻力, $N \cdot s^2/m^3$ 。

根据负压气体泵的特性曲线和钻孔的等效风阻曲线可以确定泵的操作点,即气体流量和气体所需的负压引流。2BEC40真空泵负压特性曲线(转速为440 r/min)如图3所示。瓦斯抽放泵的工作点如

$$\frac{P_1 \times 10^6}{\rho_0 g} + \frac{v_0^2}{2g} = h_1 + \frac{(P_0 - P) \times 10^6}{\rho_0 g} + \frac{v_0^2}{2g} + \lambda \frac{h_1}{2R} \frac{v_0^2}{2g} \quad (2)$$

式中: ρ_0 为井口气体的密度, kg/m^3 ; g 为重力加速度; v_0 为地面井内气体的流速, m/s ; P_0 为地表的绝对大气压力,MPa; λ 为损耗系数。

进一步简化式(2)得

$$P_1 = (P_0 - P) + \rho_0 gh_1(1 + kQ_0^2) \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中: k 为钻孔的阻力系数^[3], $k = \frac{\lambda}{4\pi^2 g R^5}$ 。

根据混合气体的密度和体积分数之间的关系, ρ_0 可以表示为

$$\rho_0 = \rho_m b + \rho_g(1 - b) = 1.237 - 0.52b \quad (4)$$

式中: ρ_m 为纯瓦斯气体密度, kg/m^3 ; ρ_g 为不含瓦斯的空气密度, kg/m^3 。

联立式(1)、式(3)和式(4)求解,得到从保护层中排出卸压气体 Q_1 的数学模型^[4]为

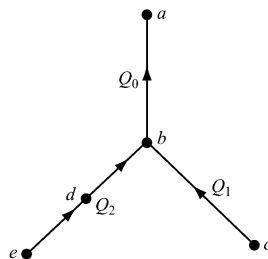


图2 气体流动网络

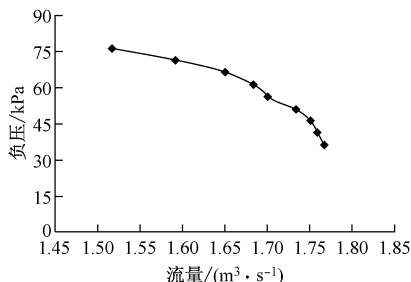


图3 真空泵负压特性曲线

图4所示,随着参数 R' 的增大, P 值增大, Q_0 值减小。当 P 增大, Q_0 减小时, Q_1 值增大。

如图2所示, bc 和 de 分别是保护层和采空区的气体流动路径,风阻值 R_{bc} 和 R_{de} 不变。因此,要提高 Q_1 的值,只能增大风阻值 R_{ab} 和 R_{bd} 。

当 R_{ab} 增加时,由于 R_{bc} 和 R_{de} 不变, Q_1/Q_2 也保持不变,所以 b 值不变。如果 R_{bd} 值增大后, Q_2 值减小,则 Q_1/Q_2 的值增加,导致 b 值增大。通过增大 b 值可使 Q_1 值增大,因此,与增大 R_{ab} 值相比,增大

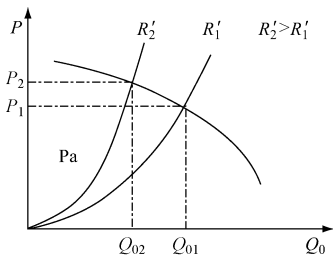


图 4 瓦斯抽放泵的工作点

R_{bd} 值是一种更好的提高卸压瓦斯抽放的方法^[5]。

2.3 钻孔底部阻力提高方法

基于上述理论分析,可以通过向钻孔投掷可渗透材料(固体碎片、沙袋等)来增加钻孔底部的风阻力。根据瓦斯抽放条件和钻孔直径确定投放材料的类型和尺寸,该材料的堆叠高度应保持在 0.5~1 m。如果使用沙袋增加风阻,优先选择直径为 2~5 cm 的沙袋。

3 工程应用

平煤集团十矿的 2 号、3 号、7 号、8 号煤层具有每年 1 000 万 t 的生产能力。2 号和 8 号煤层为煤与瓦斯突出煤层。瓦斯突出事故发生在采矿过程中的 2 号煤层。由于瓦斯突出问题不能有效解决,所以矿井放弃 2 号煤层开采,生产转向 3 号煤层,但是瓦斯过量排放对生产有着严重影响。为了消除 2 号煤层突出危险性,解决 3 号煤层的瓦斯排放问题,改变了传统的下采顺序。首先开采 7 号煤层,该层是 8 号煤层的保护层,然后开采 8 号煤层,2 号和 3 号煤层进行双重保护。从 2 号和 3 号煤层抽放瓦斯 2 次,从而消除煤与瓦斯突出危险,减少接缝瓦斯含量。地面钻孔从保护层和采空区同时抽放瓦斯。地面钻孔结构^[6]如图 5 所示。

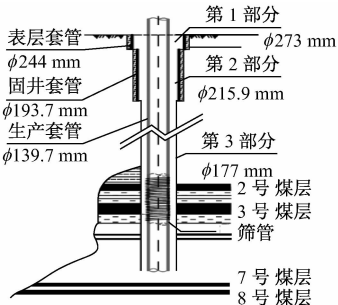


图 5 地面钻孔结构

2012 年 7 月,该矿 8 号煤层排出钻孔的瓦斯体积分数已降到 20%左右,为了进一步提高卸压瓦斯量,将一些沙袋放入钻孔底部以增加阻力。为了避免阻力过大,选择大小约 2~3 mm 的沙粒,沙袋直径约 5 cm,将大约 30 个沙袋放入井眼。增加井眼底部阻力前后瓦斯抽放参数的变化如图 6 所示。

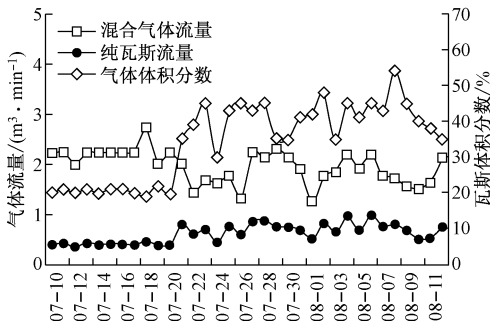


图 6 地面钻孔瓦斯抽放参数的变化

从图 6 可知,增加井眼底部阻力后,混合气体流量略下降,但平均纯瓦斯流量增加了 0.31 m³/min,平均抽放瓦斯体积分数增加了 20.7%,参数对比如图 7 所示。此外,由于钻孔底部风阻力的增大,从保护层卸压瓦斯的量增加,从而在采空区提取的纯瓦斯气体浓度减小。因此,增加井眼底部阻力的方法可有效增加瓦斯排放量。

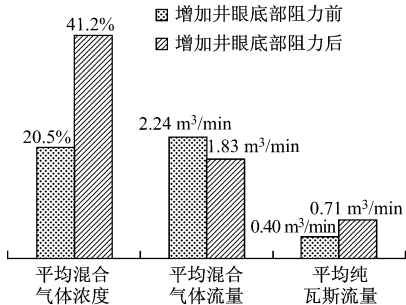


图 7 增加井眼底部阻力前后瓦斯抽放参数对比

4 结语

根据径向气体流动理论,建立了地面钻孔卸压瓦斯数学模型,建立了地面钻孔瓦斯抽放的流动网络,提出了一种通过提高井眼底部阻力来增加保护层卸压瓦斯量的方法。该方法在平煤集团十矿 8 号煤层进行了工业试验,试验结果表明,增加钻孔底部的风阻可以使保护层卸压瓦斯量显著增加。

参考文献:

- [1] 殷文韬,刘明举,温志辉,等. 煤层瓦斯抽放封孔工艺研究与应用[J]. 煤炭工程,2011,43(2):31-33.
- [2] 梁运培,胡千庭,郭华,等. 地面采空区瓦斯抽放钻孔稳定性分析[J]. 煤矿安全,2007,38(3):1-4.
- [3] 张波. 突出煤层双动力排渣钻杆的分析与研究[D]. 焦作:河南理工大学,2011.
- [4] 张健,荣向东. 瓦斯抽放钻孔封孔工艺改进及效果检测研究[J]. 煤炭工程,2012,44(10):33-35.
- [5] 马永庆. 提高底板岩巷穿层钻孔瓦斯抽放效果的技术措施[J]. 煤矿安全,2011,42(5):34-36.
- [6] 冯大钧,孔伟,徐树斌,等. 新型瓦斯抽放钻孔技术在平煤十矿松软煤层中的应用[J]. 矿业安全与环保,2013,40(4):69-72.