

殷民胜, 陈冬冬, 郑凯歌. 基于混源气计算模型的煤油气共存采空区瓦斯定量分析[J]. 矿业安全与环保, 2016, 43(5): 99-102.
文章编号: 1008-4495(2016)05-0099-04

问题探讨

基于混源气计算模型的煤油气共存 采空区瓦斯定量分析

殷民胜¹, 陈冬冬², 郑凯歌²

(1. 黄陵矿业集团有限责任公司, 陕西 黄陵 727307; 2. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了查明黄陵二号煤矿 203 工作面采空区煤层气与油型气混源瓦斯的构成比例, 通过分析采空区瓦斯涌出来源, 建立了煤层气与油型气混源构成比例同位素的计算模型, 并利用该模型计算得出: 203 工作面采空区中油型气占比为 77.61%, 煤层气占比为 22.39%。模型计算结果与统计法获得的油型气和煤层气构成比例相比误差为 1.9%, 验证了混源天然气比例计算模型的合理性。

关键词: 煤矿; 煤油气共存; 采空区; 油型气; 计算模型

中图分类号: TD712⁺.6

文献标志码: A

网络出版时间: 2016-09-29 09:02

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1062.td.20160929.0902.048.html>

Quantitative Analysis of Gob Gas with Coal-bed Gas and Oil-type Gas Coexistence Based on Calculation Model of Source-mixed Gas

YIN Minsheng¹, CHEN Dongdong², ZHENG Kaige²

(1. Huangling Mining (Group) Co., Ltd., Huangling 727307, China;

2. China Coal Technology and Engineering Group Xi'an Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to find out the mixing ratio of coal-bed gas and oil-type gas in the gob of 303 working face in Huangling No.2 Mine, a calculation model of the proportional isotope of the coal-bed gas and oil-type gas mixing sources was established by analyzing the gas emission source in the gob. It was calculated with this model that the oil-type gas in the gob of 203 working face accounted for 77.61% of the source-mixed gas and the coal-bed gas accounted for 22.39%. The error between the results obtained by the model calculation and the mixing ratio of the coal-bed gas and oil-type gas obtained by statistical calculation was 1.9%, the reasonability of the calculation model of the source-mixed gas was thus verified.

Keywords: coal mine; coal-bed gas and oil-type gas coexistence; gob; oil-type gas; calculation model

鄂尔多斯盆地是我国陆上油气勘探最早的盆地之一, 该盆地在延长群中期发育了相当规模的深湖区, 为油气的生成提供了良好的沉积环境条件^[1]。近年来, 许多研究人员对盆地的煤油气的富集规律进行了总结和研究所, 阐述了盆地内煤油气共存的客观事实和部分赋存规律^[2-4]。

黄陵矿区位于鄂尔多斯盆地南缘, 具有煤油气共存的客观条件^[5-7]。区内黄陵二号煤矿煤层开采过程中发生了多次油型气异常涌出现象, 同时, 在对其 2 号煤层(瓦斯含量本身较小)进行瓦斯预抽后, 仍存在采空区瓦斯涌出量大的问题, 采空区瓦斯涌向工作面造成工作面或上隅角瓦斯超限, 给区内矿井的瓦斯治理工作带来较大难度, 严重影响了矿井的安全高效生产。因此需要对煤层气、油型气共存的采空区的瓦斯构成进行定量分析, 确定二者的构成比例, 为矿井采空区瓦斯治理指明重点。

对于不同类型来源气体混合的比例定量分析问

收稿日期: 2015-12-06; 2016-08-16 修订

基金项目: 国家自然科学基金项目(41202122); 中煤科工集团西安研究院有限公司科技创新基金项目(2015XAYMS15)

作者简介: 殷民胜(1969—), 男, 湖北荆门人, 高级工程师, 从事矿井“一通三防”技术及管理工作。

题, 研究人员提出了相关的研究方法和技术。高先志提出了利用甲烷同位素组成, 计算混合气混合比例; 王玉顺等基于混源气中某一具体组分的碳同位素值, 取决于天然气在混合前各自的组成和碳同位素值, 以及混合后各自所占比例, 总结出混源气定量分析的计算公式^[8-10]。这些研究为定量确定采空区不同来源气体的比例提供了理论支持。据此, 以黄陵二号煤矿 203 工作面为研究对象, 通过构建煤层气、油型气混合计算模型, 利用两者碳同位素值的不同对采空区煤层气与油型气进行定量分析, 以确定气源比例, 为采空区瓦斯异常涌出防治与预测提供可靠依据。

1 研究区概况

黄陵二号煤矿 203 工作面走向长 2 840 m, 工作面长 280 m。煤层厚度 3.1~3.6 m, 平均煤厚 3.3 m。工作面为一单斜构造, 煤岩倾向为西南, 倾角为 0°~5°, 一般为 2°, 工作面掘进巷道揭露有小断裂构造, 地质构造简单。2 号煤层原始瓦斯含量为 0.71~0.82 m³/t, 在煤层回采与底板钻孔施工过程中常出现油型气异常涌出现象。

2 混源气构成比例计算模型

煤层气与油型气的混合是一个物理混合, 化学组分基本不发生变化^[11]。而且两气体在混合过程中, 遵循质量守恒的基本定律, 混源气的某一组分碳同位素值, 取决于两者在混合前的成分组成和同位素组成, 以及混合后各自占有的比例。通过总结获得如下混源气碳同位素计算模型:

$$\delta^{13}\text{C}_i(\text{混}) = \frac{\delta^{13}\text{C}_i(\text{A}) \cdot n_{\text{A}}x + \delta^{13}\text{C}_i(\text{B}) \cdot n_{\text{B}}(1-x)}{n_{\text{A}}x + n_{\text{B}}(1-x)} \quad (1)$$

式中: A、B 表示 A、B 端元气; $\delta^{13}\text{C}_i(\text{A})$ 、 $\delta^{13}\text{C}_i(\text{B})$ 、 $\delta^{13}\text{C}_i(\text{混})$ 分别为 A 来源气、B 来源气和混合气中某种烷烃 i 的碳同位素组成, ‰; n_{A} 、 n_{B} 分别表示 A 天然气和 B 天然气中该烷烃的百分比; x 、 $(1-x)$ 分别表示 A、B 天然气在混合气中的比例。

3 不同混合比气体同位素模拟实验

3.1 端元气的选择

典型煤层气样选取研究区新施工的浓度高且为自然涌出状态下的本煤层抽采钻孔气样, 样品编号 203JD1; 油型气样采用研究区喷孔或浓度高且能够自然涌出的油型气抽采孔气样, 样品编号为 203FY1。两种气样量均不小于 500 mL, 其具体参数

见表 1。

表 1 端元气组分和同位素值

样品编号	组分 / %					同位素值 / ‰	
	CH ₄	N ₂	CO ₂	C ₂₊	C ₃	$\delta^{13}\text{C}$	δD
203FY1	91.29	5.93	0.84	1.38	0.56	-49.00	-241.70
203JD1	88.48	7.87	1.10	2.52	0.03	-70.60	-254.80

注: $\delta^{13}\text{C}$ 表示气体甲烷碳同位素值, δD 表示气体甲烷氢同位素值。

3.2 模拟实验方案

在等压条件下采用注射器对端元油型气及煤层气气样按表 2 中的比例进行混合, 气体混合后在恒定温度下静置 3 d 左右, 待天然气充分混合后, 进行混源气组分及碳氢同位素的测试分析。测试结果见表 2。

表 2 不同比例天然气混源模拟实验结果

端元气混合比 / %		$\delta^{13}\text{C} / \text{‰}$	$\delta\text{D} / \text{‰}$
203FY1	203JD1		
100	0	-49.00	-241.70
80	20	-53.20	-242.60
60	40	-57.20	-244.50
40	60	-61.50	-252.60
20	80	-66.70	-253.30
0	100	-70.60	-254.80

3.3 结果分析

通过计算结果与模拟实验结果对比可知, 对煤层气与油型气按不同比例进行混合, 混源气的甲烷的碳氢同位素值随着油型气比例的降低逐渐变小; 另外, 将不同比例的油型气与煤层气碳同位素的测试结果代入式 (1), 计算得到了油型气与煤层气混合气的构成比例, 并与制备比例 (见表 2) 进行对比, 发现计算结果与制备比例绝对误差最大值为 2.45, 变化趋势基本一致, 见表 3。实际不同比例混源气的地球化学特征与混源气构成比例计算模型基本吻合, 证明了采用碳同位素混合计算模型预测混源气构成比例的可行性。

表 3 计算结果对比

甲烷碳同位素 $\delta^{13}\text{C}_1(\text{混}) / \text{‰}$	气样构成比 / %		计算构成比 / %		绝对 误差
	油型气	煤层气	油型气	煤层气	
-49.0	100	0	100	0	0
-70.6	0	100	0	100	0
-66.7	20	80	17.55	82.45	2.45
-61.5	40	60	41.29	58.71	1.29
-57.2	60	40	61.22	38.78	1.22
-53.2	80	20	80.01	19.99	0.01

4 采空区混源气构成比例计算

4.1 计算原则

由于实验采用的气样为单一样品,测试的甲烷碳同位素为单一值,而实际上不同的气样的甲烷碳同位素不一样。对于黄陵二号煤矿而言,甲烷同位素测试值油型气为 $-46.20\text{‰} \sim -49.20\text{‰}$,煤层气为 $69.70\text{‰} \sim 70.60\text{‰}$,由测试结果及计算模型公式可以看出,当油型气甲烷碳同位素小于 -49.00‰ 时,按照计算模型公式得出的结果会含有煤层气,根据在二号煤矿测得的油型气碳同位素最小为 49.20‰ ,将其代入式(1),所得到的结果为油型气占 99.20% 、煤层气占 0.80% ;同样当甲烷碳同位素大于 -70.60‰ 时,计算得出气体中含有油型气,虽然不能完全反映实际情况但能整体反映煤层气与油型气主导性。基于此,根据黄陵二号煤矿实际,计算采空区瓦斯涌出来源及构成比例时,制订了如下原则:

- 1) 当甲烷碳同位素为 $-70.60\text{‰} \sim -49.00\text{‰}$ 时,按混源气计算模型计算二者比例;
- 2) 当甲烷碳同位素大于 -49.00‰ 时,涌出来源全部为油型气;
- 3) 当甲烷碳同位素小于 -70.60‰ 时,涌出来源全部为煤层气。

4.2 测点的选择及构成比例计算

结合井下钻场平面分布实际情况,在 203 回采工作面回风侧 2 号(测点 1)、7 号(测点 2)、10 号(测点 3)、17 号(测点 4)钻场采集高位钻孔气样,共采集 4 组测试气样,实验室进行了碳同位素分析,测试结果见表 4。

表 4 各测点油型气与煤层气构成比计算结果

类别	甲烷碳同位素测试值/ ‰	构成比/ $\%$	
		油型气	煤层气
测点 1	-49.10	99.52	0.48
测点 2	-61.90	39.45	60.55
测点 3	-54.20	75.29	24.71
测点 4	-49.80	96.17	3.83
平均值	-53.75	77.61	22.39

由表 4 可以看出,测点范围碳同位素为 $-49.10\text{‰} \sim -61.90\text{‰}$,其均在 $-70.60\text{‰} \sim -49.00\text{‰}$ 内,根据计算原则,按碳同位素混合模型进行煤层气和油型气构成比例计算,结果表明:采空区中煤层气与油型气混源的天然气中油型气整体在 $39.45\% \sim 99.52\%$ 内,平均为 77.61% ;煤层气整体在 $0.48\% \sim 60.55\%$ 内,平均为 22.39% 。

5 采空区混源气比例统计验证

虽然通过实验结果验证了煤层气与油型气混源气同位素计算模型的合理性,但是实际地质情况的多变性容易引起混源气构成比例的变化,因此需要通过针对 203 采空区进行实际跟踪和监测数据统计,进一步判定实验及计算模型的合理性。

5.1 研究区涌出量的计算

统计 203 工作面从开始回采(2014 年 5 月 6 日)至 2014 年 12 月 30 日的高位钻场、上隅角瓦斯抽采量,得出 203 工作面采空区瓦斯涌出量为 $0.60 \sim 11.98 \text{ m}^3/\text{min}$,平均为 $4.93 \text{ m}^3/\text{min}$,其瓦斯涌出量变化曲线如图 1 所示。分析图 1 可知:煤油气共存采空区瓦斯涌出量整体呈增大趋势,受油型气赋存不均衡性的影响,很难发现采空区瓦斯涌出平衡点,这与非煤油气共生矿井采空区瓦斯涌出有明显区别。

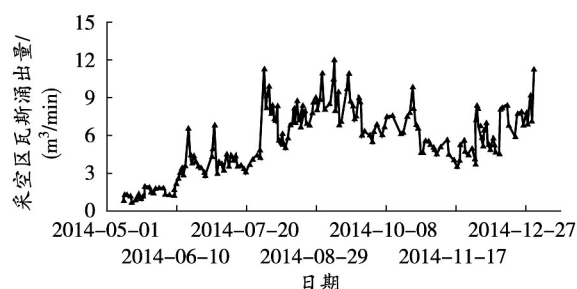


图 1 203 工作面采空区瓦斯涌出量变化曲线

5.2 研究区混源比统计结果

为统计各混源气不同来源的涌出量,将初次来压前的采空区瓦斯涌出量确定为采空区遗煤瓦斯涌出量。从 203 工作面上隅角、高位钻孔抽采量和回风巷瓦斯浓度变化情况(见图 2)来看,在 2014 年 5 月 22 日以前比较平稳,之后回风巷瓦斯浓度开始上升,上隅角瓦斯抽采量上升,高位钻孔瓦斯抽采量在 22 日开始上升,也就是从 21 日开始采空区开始慢慢垮落,此时工作面推进进尺为 26 m ,因此,认为 22 日之前的采空区瓦斯涌出为采空区遗煤瓦斯涌出,统计该期间的采空区瓦斯涌出量即遗煤瓦斯涌出纯度为 $1.03 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

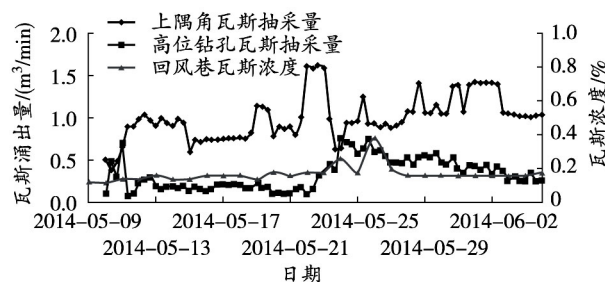


图 2 203 工作面上隅角、高位钻孔瓦斯抽采量和回风巷瓦斯浓度变化情况

结合统计数据可知采空区瓦斯涌出纯量平均为 $4.93 \text{ m}^3/\text{min}$ 。其中,采空区遗煤瓦斯涌出纯量为 $1.03 \text{ m}^3/\text{min}$,比例为 20.88%;油型气涌出纯量平均为 $3.90 \text{ m}^3/\text{min}$,比例为 79.12%。

统计油型气结果与混源气同位素模拟计算结果(77.61%)相差不大,充分验证了计算公式的合理性。因此,通过收集不同监测点的气体样品进行测试,结合混源气碳同位素计算模型公式进行计算,可以认清研究区不同位置混源气构成比例,以便采取合理的钻孔及抽采布置,以防治采空区瓦斯大量涌出。

6 结论

1) 利用天然气混源比理论基础,结合煤层气与油型气本身同位素的差异,构建了煤油气共生矿井采空区瓦斯构成比例计算模型。

2) 不同混合比同位素模拟实验测定结果与计算模型的计算结果对比绝对误差最大值为 2.45,利用混源模型计算得知采空区内煤层气与油型气混源的天然气中油型气平均为 77.61%,煤层气为 22.39%,与通过实地跟踪监测并统计计算获得的混源气中油型气和煤层气构成比例相比误差为 1.9%。

3) 通过同位素测定结果,利用混源气计算模型不仅可以确定采空区的煤层气与油型气混合比例,在测点均匀分布的条件下还可以确定平面分布及异常涌出主控气源,为采空区瓦斯异常涌出的防治提供依据。

参考文献:

- [1] 赵龙军,谭成仟,刘池阳,等.鄂尔多斯盆地油、气、煤、铀富集特征分析[J].石油学报,2006,27(2):58-63.
- [2] 何自新.鄂尔多斯盆地演化与油气[M].北京:石油工业出版社,2003:3-4.
- [3] 戴金星,夏新宇.长庆气田奥陶系风化壳气藏、气源研究[J].地学前缘,1999,6(增刊):195-202.
- [4] 杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M].北京:石油工业出版社,2002:104-163.
- [5] 祁满意.陕西黄陵煤田侏罗系煤层气开发关键技术[J].中国煤炭地质,2014,26(2):21-24.
- [6] 唐恩贤.矿井瓦斯与油型气共生灾害防治技术在黄陵矿区的探索与实践[J].矿业安全与环保,2016,43(1):81-84.
- [7] 霍春秀.黄陵二号煤矿瓦斯抽采技术分析[J].矿业安全与环保,2010,37(6):56-58.
- [8] 金强,程付启,刘文汇.混源天然气成藏研究[J].石油大学学报(自然科学版),2004,28(6):1-4.
- [9] 王顺玉,戴鸿鸣,王海清,等.四川盆地海相碳酸盐岩大型气田天然气地球化学特征与气源[J].天然气地球科学,2000,11(2):10-17.
- [10] 王顺玉,戴鸿鸣,王海清.混源天然气定量计算方法——以川西地区白马庙气田为例[J].天然气地球科学,2003,14(5):351-353.
- [11] 程付启,金强,刘文汇.两元混合天然气定量研究新方法[J].沉积学报,2005,23(3):554-557.

(责任编辑:陈玉涛)

(上接第 98 页)

- [3] 张军.深部巷道围岩破坏机理及支护对策研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2010.
- [4] 何满潮,吕晓俭,景海河.深部工程围岩特性及非线性动态力学设计理念[J].岩石力学与工程学报,2002,21(8):1215-1224.
- [5] 王焘.基于危险源理论的采煤工作面风险评价研究[D].西安:西安科技大学,2008.
- [6] 郭亚军.综合评价理论、方法及拓展[M].北京:科学出版社,2012.
- [7] 杜栋,庞庆华.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [8] 周琳,栗继祖.关于煤矿安全评价中危险源辨识的研究[J].

矿业安全与环保,2014,41(5):116-119.

- [9] 乔荣庆.基于层次分析法和模糊综合评价法的信息安全风险评估研究与应用[D].西安:西安电子科技大学,2009.
- [10] 陈斌.煤矿危险源风险评价研究及应用[D].西安:西安科技大学,2011.
- [11] 吴超,王婷.安全统计学[M].北京:机械工业出版社,2014.
- [12] 王正辉,叶正亮,王长元.煤矿安全评价量化计算方法[J].矿业安全与环保,2005,32(1):36-39.

(责任编辑:李 琴)