

文章编号: 1001-1986(2015)06-0008-04

黄陵矿区煤层底板异常涌出气体成因类型

唐恩贤

(黄陵矿业集团有限责任公司, 陕西 黄陵 727307)

摘要: 黄陵矿区属于煤油气共生矿区, 区内多个工作面发生底板气异常涌出。为探明底板异常涌出气体的成因类型, 采集煤层底板气样 44 个、2 号煤层气样 12 个, 进行甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)、乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)及甲烷氢同位素($\delta\text{D}_{\text{CH}_4}$)等地球化学参数测试。测试分析结果表明, 煤层底板异常涌出气不是来源于 2 号煤层, 其甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)测值为 $-52.20\%\sim-42.80\%$, 乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)值为 $-37.20\%\sim-29.01\%$, 成因类型属油型气。通过对区域烃源岩分布及地层裂隙系统的分析, 认为黄陵矿区底板异常涌出气可能来源于三叠系延长组烃源岩。

关键词: 黄陵矿区; 煤油气共生; 成因类型; 油型气

中图分类号: TD712 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2015.06.002

Genetic type of abnormal gas emission from coal seam floor in Huangling mining area

TANG Enxian¹

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

Abstract: Coal and oil-gas exist in Huangling mining area together, abnormal gas emission from coal seam floor has occurred in multiple working faces. In order to ascertain the genetic type of abnormal gas emission, 44 gas samples were collected from seam floor and 12 samples from NO.2 coal seam, test of geochemical parameters for carbon isotope of methane and hydrogen isotope was conducted. Test and analysis result shows that the abnormal gas is not derived from NO.2 coal seam, the value of carbon isotope of methane($\delta^{13}\text{C}_1$) is $-52.20\%\sim-42.80\%$, and the value of carbon isotope of ethane ($\delta^{13}\text{C}_2$) is $-37.20\%\sim-29.01\%$, the genetic type of abnormal gas emission from coal seam floor belongs to the oil-type gas. By analyzing the distribution of source rocks and the fracture system, it is suggested that abnormal gas emission comes from the sourcerock of Yanchang Formation.

Key words: Huangling mining area; coal and oil-gas symbiosis; genetic type; oil-type gas

井工煤矿的瓦斯主要来源于开采煤层、邻近煤层及围岩, 通常情况下, 围岩瓦斯涌出在时间与空间上比较均匀, 但若围岩裂隙发育、储气能力强, 其瓦斯聚集量往往较大, 当应力突然释放、裂隙导通时会引起围岩瓦斯的异常涌出^[1], 我国的焦坪、窑街、阳泉等矿区均发生过围岩瓦斯异常涌出现象, 由于其发生的突然性, 极易造成瓦斯超限, 影响安全生产。

黄陵矿区煤田勘查钻孔揭露区内含油气钻孔近 150 个, 其中, 5 个钻孔出现天然气喷出或逸出。随着矿井开采活动的进行, 黄陵二号煤矿 405 工作面、201 辅运巷和 203 掘进巷等地点相继发生底板气异常涌出。异常涌出气体导致采掘面瓦斯浓度超限, 造成采掘停滞, 增加监测难度, 危及工人生命

安全, 给矿井安全高效生产造成严重威胁, 底板气异常涌出已成为影响矿井安全高效开采新的隐蔽致灾因素。

针对黄陵矿区瓦斯涌出的新形势和新特点, 亟待查清底板异常涌出气体的成因类型, 以期对矿井的瓦斯防治工作提供基础依据。天然气成因类型分为无机成因气、有机成因气和混合成因气 3 大类型, 有机成因气根据其母质类型划分为煤成气和油型气^[1]。煤成气(又称煤型气)指腐殖煤及腐殖型煤系有机质在变质作用阶段形成的天然气; 油型气系指成油有机质(腐泥型和混合型干酪根)在热力作用下以及石油热裂解形成的各种天然气, 主要包括石油伴生气、凝析油伴生气和热裂解干气^[2-6]。

收稿日期: 2015-01-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(41202122); 国家科技重大专项课题(2011ZX05040-003)

作者简介: 唐恩贤(1962—), 男, 陕西蓝田人, 高级工程师, 从事矿井安全工作。E-mail: chendong6186@163.com

引用格式: 唐恩贤. 黄陵矿区煤层底板异常涌出气体成因类型[J]. 煤田地质与勘探, 2015, 43(6): 8-11.

1 矿区概况

黄陵矿区位于黄陵侏罗纪煤田东部,构造总体格架是一个具有波状起伏的倾向北西的单斜构造,地层倾角一般 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$,未发现较大断层及岩浆岩活动。矿区内煤、油、气共生,开采技术条件较复杂。

钻孔揭露矿区地层由老至新有上三叠统永坪组(T_{3y})、瓦窑堡组(T_{3w});侏罗系下统富县组(J_{1f});中统延安组(J_{2y})、直罗组(J_{2z})、安定组(J_{2a});白垩系下统宜君组(K_{1y})、洛河组(K_{1l})、环河华池组(K_{1h});新近系上新统(N_2);第四系(Q)等地层。中侏罗统延安组(J_{2y})为矿区含煤地层,一般厚 80~120 m,北厚南薄,最厚可达 180 m,含煤 4 层(组),自上而下依次编号为 0 号煤、1 号煤、2 号煤和 3 号煤(组),其中,2 号煤层为区内主采可采煤层,厚度为 2 m 左右,分布广、厚度稳定。2 号煤变质程度低, R_{\max} 为 0.625%~0.830%,煤种为弱粘煤、气煤。

2 底板气异常涌出情况

矿区内 5 个钻孔出现天然气喷出或逸出,其中,P50 孔钻至三叠系时发生天然气喷出、导管引出气体点燃火焰达 1 m,F₂₈孔现场估计气量为 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}^{[7]}$ 。在矿井开采过程中,区内多个工作面出现了底板气异常涌出现象,具有突发性及瞬时量大的特点:2011 年 7 月 3 日,黄陵二号煤矿 405 回采工作面运输机头至机尾煤层底板发生大面积底板气异常涌出,24 h 累计涌出量约 $6.4 \times 10^4 \text{ m}^3$;2012 年 10 月 12 日,黄陵二号煤矿 201 胶带巷掘进面发生底板气异常涌出,至 10 月 19 日,累计涌出量为 8 500 m^3 ;2012 年 10 月 26 日,黄陵二号煤矿 201 辅运巷掘进面发生底板气异常涌出,至 11 月 30 日,累计涌出量约 $21 \times 10^4 \text{ m}^3$;2014 年 8 月 27 日,黄陵二号煤矿 409 回采工作面底板及采空区出现大面积底板气异常涌出,至 9 月 1 日四时三十分累计风排总量达 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。当前已经发生的几次底板气异常涌出无明显的诱因和征兆,而且由于底板气主要气体成分也是甲烷,与煤层瓦斯有一定共性,易被误认为煤层瓦斯,底板气异常涌出具有隐蔽性,给现有的监测及矿井瓦斯防治工作带来极大难度。

3 气样组分同位素特征

3.1 采样测试

在黄陵二号煤矿 201 回采面、203 掘进面和 205 掘进面采集底板异常涌出气样 44 个,在 409 回采面和 205 掘进面采集煤层气体样品 12 个,实验室进行甲烷碳同位素、乙烷碳同位素和甲烷氢同位素等地

球化学参数测试,测得底板异常涌出气甲烷碳同位素 44 个、乙烷碳同位素 30 个、甲烷氢同位素 7 个,煤层气甲烷碳同位素 12 个、乙烷碳同位素 5 个、甲烷氢同位素 3 个,结果见表 1。

表 1 底板气及煤层气地球化学参数测试结果
Table 1 Test result of geochemical parameters of the gas from seam floor and NO.2 coal seam

气样类别	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} / \text{‰}$		$\delta\text{H}_{\text{SMOW}} / \text{‰}$
	$\text{CH}_4(\delta^{13}\text{C}_1)$	$\text{C}_2\text{H}_6(\delta^{13}\text{C}_2)$	$\text{CH}_4(\delta\text{H}_1)$
底板气	-52.20~-42.80	-37.20~-29.01	-236.28~-228.26
	-48.96	-30.85	-232.75
煤层气(2煤)	-70.30~-60.30	-27.40~-26.45	-250.70~-243.64
	-66.18	-26.92	-248.12

注:表中数据为最小值~最大值/平均值。

3.2 结果分析

底板异常涌出气和 2 号煤层气测得的碳、氢同位素数据中,同一层位数据具有较好的集中性和一致性,不同层位测得的数据普遍存在明显差异:

a. 底板气甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)测值为-52.20‰~-42.80‰,2 号煤层气甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)测值为-70.30‰~-60.30‰(表 1),整体表现出煤层气样品的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 比底板气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 要轻,二者测值存在明显差异(图 1)。

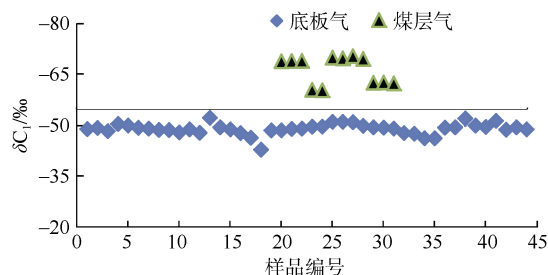


图 1 甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)测值散点图

Fig.1 Scatter diagram of the measured values of carbon isotope of methane($\delta^{13}\text{C}_1$)

b. 底板气乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)测值为-37.20‰~-29.01‰,2 号煤层气乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)测值为-27.40‰~-26.45‰,整体表现出 $\delta^{13}\text{C}_{2(\text{底板气})} < \delta^{13}\text{C}_{2(\text{煤层气})}$ 的规律(图 2)。

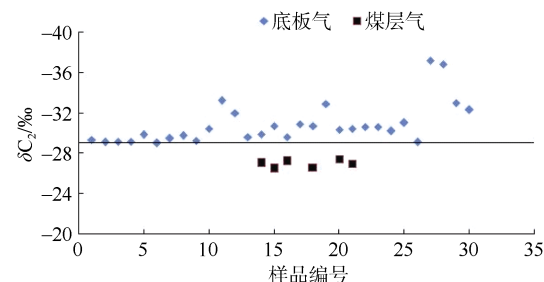


图 2 乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)测值散点图

Fig.2 Scatter diagram of the measured values of carbon isotope of ethane($\delta^{13}\text{C}_2$)

c. 底板气甲烷氢同位素(δD_{CH_4})测值在 -236.28‰ ~ -228.26‰ , 2 号煤层气甲烷氢同位素(δD_{CH_4})测值在 -250.70‰ ~ -243.64‰ , 气体甲烷氢同位素(δD_{CH_4})测值差别不大, 但仍表现出 $\delta D_{CH_4}(\text{煤层气}) < \delta D_{CH_4}(\text{底板气})$ 的规律, 不同层位气体的甲烷氢同位素(δD_{CH_4})测值存在差异性(图 3)。

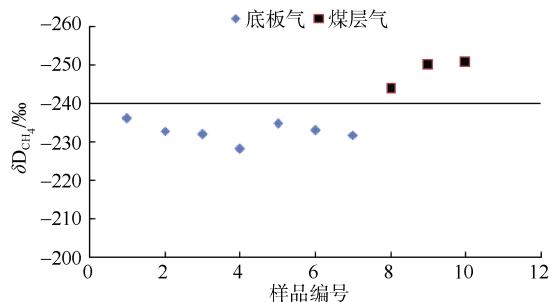


图 3 甲烷氢同位素(δD_{CH_4})测值散点图

Fig.3 Scatter diagram of the measured values of hydrogen isotope of methane(δD_{CH_4})

从碳、氢同位素分析结果看, 底板异常涌出气和 2 号煤层气地球化学特征存在明显差异, 初步得出黄陵矿区底板异常涌出的气体与 2 号煤层的气源不同, 即底板中异常涌出气体不是来源于 2 号煤层。

4 底板气成因类型

4.1 油型气与煤成气的鉴别

统计数据表明, 我国煤成气甲烷的碳同位素($\delta^{13}C_1$)值分布范围为 -52‰ ~ -24‰ , 其中主要分布区间为 -38‰ ~ -32‰ ; 油型气的甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)分布范围为 -58‰ ~ -30‰ , 主要分布于 -40‰ ~ -35‰ 。戴金星^[8]认为油型气甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值分布范围为 -52‰ ~ -36‰ , 煤成气甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值分布范围为 -36‰ ~ -31‰ 。张士亚等^[9]认为油型气甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值主要集中在 -46‰ ~ -30‰ , 而煤成气甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)值主要集中在 -42‰ ~ -26‰ 。

煤成气与油型气甲烷碳同位素测值具有重叠性, 难以简单区别, 但 $\delta^{13}C_1$ 值是反映演化程度和生气作用的主要指标, 研究表明, 不论是煤成气还是油型气, 其甲烷碳同位素都与相应烃源岩的演化程度(R_{max})有较好的对应关系, 我国的煤成气和油型气的 $\delta^{13}C_1$ 与 R_{max} 的关系见图 4。

重烃气的碳同位素具有较强的母质类型继承性, 能更有效地区别两类不同母质形成的天然气。研究表明, 有机质类型不同的烃源岩生成的天然气其乙烷碳同位素($\delta^{13}C_2$)值有显著差异。张士亚等^[9]认为可以将 $\delta^{13}C_2$ 值为 -29‰ 作为判别油型气与煤成气的界线, 即 $\delta^{13}C_2 > -29\text{‰}$ 为煤成气, $\delta^{13}C_2 < -29\text{‰}$ 为油型气。

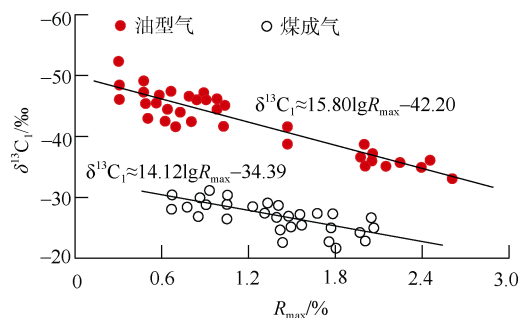


图 4 我国油型气和煤成气 $\delta^{13}C_1$ - R_{max} 关系(据文献[10])

Fig.4 The relationship of $\delta^{13}C_1$ and R_{max} in oil-type gas and coal-formed gas

为油型气。刚文哲等^[10]通过煤、泥岩、油页岩、生物灰岩和泥灰岩的热模拟实验, 得出腐泥型和腐殖型 $\delta^{13}C_2$ 界限值为 -29‰ ; 宋岩等^[2]根据我国前陆盆地天然气成因类型, 认为煤成气 $\delta^{13}C_2 > -26\text{‰}$ 、油型气 $\delta^{13}C_2 < -29\text{‰}$, $-29\text{‰} < \delta^{13}C_2 < 26\text{‰}$ 是煤成气和油型气叠加或混合气。王世谦^[11]在研究了四川盆地侏罗系-震旦系天然气的地球化学特征后, 指出 $\delta^{13}C_2 > -29\text{‰}$ 为煤成气。戴金星等^[4]指出, $\delta^{13}C_2 < -29\text{‰}$ 是油型气、 $\delta^{13}C_2 > -27.5\text{‰}$ 为煤成气。综上所述, 不同的学者虽然对 $\delta^{13}C_2 > -29\text{‰}$ 为煤成气的结论存在争议, 但对于将 $\delta^{13}C_2 < -29\text{‰}$ 划分为油型气却存在着普遍共识。

4.2 底板异常涌出气成因类型

煤成气与油型气甲烷碳同位素测值具有重叠性, 但此次所采集黄陵矿区底板气样的甲烷碳同位素($\delta^{13}C_1$)测值为 -52.20‰ ~ -42.80‰ (表 1), 测值更倾向于油型气范畴。同时, 将 $\delta^{13}C_1$ 测值(-52.20‰ ~ -42.80‰)代入上述 $\delta^{13}C_1$ 与 R_{max} 关系式得出, 黄陵矿区底板异常涌出气若为煤成气, 其所对应的烃源岩的 R_{max} 为 0.055% ~ 0.245% , 显然, 有机质成熟度较低, 与该区的地质演化程度明显不符。若为油型气, 则所对应的 R_{max} 值为 0.233% ~ 0.916% , 符合该区的地质演化程度且烃源岩具备生成一定气量的条件^[12]。因此, 从 $\delta^{13}C_1$ 与 R_{max} 的关系式计算结果来看, 黄陵矿区 2 号煤层底板异常涌出气成因类型属于油型气。

为了进一步确定底板异常涌出气体的成因类型, 采用乙烷碳同位素($\delta^{13}C_2$)测值法进行分析, 底板异常涌出气样的乙烷碳同位素($\delta^{13}C_2$)测值为 -37.20‰ ~ -29.01‰ , 均小于 -29‰ (表 1 和图 2), 属油型气。

5 底板气来源分析

5.1 烃源岩分布

a. 侏罗系烃源岩

煤本身是良好的烃源岩、属 型干酪根。黄陵

矿区煤的变质程度虽然较低,但仍具备一定的生气潜力。由前面分析可知,底板异常涌出气与2号煤层的气体来源不同,故底板异常涌出气不是来源于侏罗系煤层烃源岩。

b. 三叠系烃源岩

鄂尔多斯盆地延长组属于大型内陆湖盆沉积,油源充足,在沉积过程中形成一套深湖-半深湖相富含有机质的暗色泥岩,盆地中烃源岩具有较高产烃能力^[13-14]。盆地南部烃源岩累计厚度大,140~240 m,有效烃源岩厚度达20~100 m,不同湖泛面形成多层烃源岩,黄陵矿区位于数层烃源岩叠合分布深湖区范围。华池-正宁-黄陵一带为长7期的沉积中心,沉积了一套厚度大、有机质丰度高的暗色泥岩和油页岩,俗称“张家滩页岩”,面积约 $9 \times 10^4 \text{ km}^2$,是本区最好的生油气源岩。分析认为黄陵矿区底板异常涌出气体来源于三叠系延长组烃源岩。

5.2 油气运移通道

地球物理方面的研究已证实鄂尔多斯盆地内至少存在EW、NE、NW三组不同方向的基底断裂^[15];这些断裂的“隐性”活动及其活动过程中产生的小断层和微裂缝,区域上构成了油气垂向运移的通道。黄陵矿区位于7号断裂东侧。同时,2号煤层底板地层内发育多条正断层和裂隙,这些规模较小的断层、裂隙同样是下部三叠系油气向上运移的通道,在保存条件适宜的地方,可能形成岩性圈闭或构造圈闭富集气体。

6 结论

a. 黄陵矿区底板异常涌出的气体与2号煤层气源的甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)、甲烷氢同位素($\delta\text{D}_{\text{CH}_4}$)及乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)测值,在同一层位数据具有较好的集中性和一致性,不同层位测得的数据普遍存在明显差异,初步分析认为黄陵矿区底板异常涌出的气体不来源于2号煤层。

b. 黄陵矿区2号煤层底板异常涌出气体的甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$)测值为-50.39‰~-48.24‰,乙烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_2$)测值为-29.84‰~-29.01‰,根据 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与 R_{max} 的关系,确定黄陵矿区2号煤层底板异常涌出的气体成因类型属油型气。

c. 鄂尔多斯盆地内基底断裂系统及底板地层中发育的正断层和裂隙为油气运移提供了通道,结合同位素分析,认为黄陵矿区煤层底板异常涌出气可能来源三叠系延长组烃源岩。此项工作有待于在今后的工作中进一步通过参数测试及对比分析进行验证。

参考文献

- [1] 林柏泉,崔恒信. 矿井瓦斯防治理论与技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1998:27-29.
- [2] 宋岩,徐永昌. 天然气成因类型及其鉴别[J]. 石油勘探与开发,2005,32(4):24-28.
- [3] 任怀强,杨勇,单素红. 煤成气与油型气的地球化学识别方法评述[J]. 西部探矿工程,2005(9):64-66.
- [4] 戴金星,戚厚发,宋岩. 鉴别煤成气和油型气若干指标的初步探讨[J]. 石油学报,1985,6(2):35-42.
- [5] 戴金星,戚厚发,宋岩,等. 我国煤层气组份、碳同位素类型及其成因和意义[J]. 中国科学(B辑),1986(12):1317-1326.
- [6] 方祖康,庞雄奇,高春文. 煤型气和油型气的概念及其类型划分[J]. 天然气工业,1988,8(1):13-17.
- [7] 俞桂英,冯景昌. 黄陵矿区煤、油、气共生概况及综合勘探的重要性[J]. 中国煤田地质,1993,5(3):3-7.
- [8] 戴金星. 天然气碳氢同位素特征和各类天然气鉴别[J]. 天然气地球科学,1993(2/3):1-40.
- [9] 张士亚,郝建军,蒋泰然. 利用甲、乙烷碳同位素判识天然气类型的一种新方法[C]//地质矿产部石油地质研究所. 石油与天然气地质文集(第一集)—中国煤成气研究. 北京:地质出版社,1988:48-58.
- [10] 刚文哲,高岗,郝石生,等. 论乙烷碳同位素在天然气成因类型研究中的应用[J]. 石油实验地质,1997,19(2):164-167.
- [11] 王世谦. 四川盆地侏罗系—震旦系天然气的地球化学特征[J]. 天然气工业,1994,14(6):1-5.
- [12] 李智学,邵龙义,李明培,等. 鄂尔多斯盆地黄陵北部延安组页岩气勘探潜力分析[J]. 煤田地质与勘探,2014,42(4):31-35.
- [13] 张文正,李剑峰. 鄂尔多斯盆地油气源研究[J]. 中国石油勘探,2001,6(4):28-36.
- [14] 杨友运. 印支期秦岭造山活动对鄂尔多斯盆地延长组沉积特征的影响[J]. 煤田地质与勘探,2004,32(5):7-9.
- [15] 赵文智,胡素云,汪泽成,等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集中的控制作用[J]. 石油勘探与开发,2003,30(5):1-5.

(责任编辑 晋香兰)