

文章编号: 1000-0550(2007) 02-0314-05

淮南煤田次生生物成因气的比例及资源意义

张小军^{1,2} 陶明信^{1,3} 解光新⁴ 王彦龙⁴ 史宝光¹

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所气体地球化学重点实验室 兰州 730000; 2. 中国科学院研究生院 北京 100039
3. 北京师范大学资源学院 北京 100875; 4. 煤炭科学研究总院西安分院 西安 710054)

摘要 主要利用实验的方法,并结合计算,对淮南煤田各研究矿区次生生物成因和热成因混合煤层气的比例进行了对比估算。结果显示:两种方法估算的研究区煤层气的混合比例较为一致。淮南煤田混合煤层气中次生生物成因气所占比例较大,最高达到了 79%,最低的也占到了 43%。同时,国内外的研究也表明,煤层中后期次生生物气的生成可明显提高煤储层的含气量。因此,淮南煤田中后期次生生物气的生成对矿区煤层气资源的贡献重大。

关键词 煤层气 热成因气 次生生物成因气 混合比例 资源意义

第一作者简介 张小军 男 1967 年出生 在读博士生 气体地球化学

中图分类号 P593 **文献标识码** A

1 引言

对于热成因和次生生物成因混合煤层气的研究,国外报道的较多^[1,2,3]。美国圣胡安盆地的煤层气中,以热成因气为主,次生生物成因气占甲烷产量的 15%,由于该盆地煤层气产量高,按比例计算,至 1992 年次生生物成因煤层气累计产量已达到 $34 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[1];而美国粉河盆地的煤层气中,主要以次生生物成因气为主,含有少量早期的热成因气,1998 年由于粉河盆地煤层气开发成功,带动当年美国煤层气产量跃升到 320 亿立方米^[4,5]。因此,对混合煤层气中不同成因气类型和比例的研究,对煤层气的勘探和资源评价有很重要的现实意义。

近年来,陶明信等^[6]在我国安徽淮南新集、山西霍州李雅庄、云南恩洪等地也发现了次生生物成因和热成因的混合煤层气,对其同位素的变化特征及成因类型进行了研究与探讨。在此基础上,本文主要通过实验的方法,研究了具有不同 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的煤层气,以不同比例混合后的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的变化特征,并结合对淮南煤田各研究矿区煤层气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的测试与分析,进一步研究淮南煤田煤层气中次生生物成因和热成因气的混合比例。以期对淮南煤田煤层气的勘探和资源评价提供依据。

2 淮南煤田煤层气成因类型

2.1 地质背景

淮南煤田位于华北石炭—二叠纪聚煤盆地的南

缘。含煤地层主要为下二叠统山西组和下石盒子组、上二叠统上石盒子组构成。煤层层数多,厚度大,相对较为稳定。一般含煤 30 多层,主要集中在二叠系下部。其中 13-1 和 11-2 煤层厚度大,是全区最为稳定的可采煤层,也是矿区煤层甲烷资源开发利用的最主要煤层。

淮南煤田为一复向斜构造,其轴向近东西向。呈 NNE 展布的郟庐断裂带和阜阳深断裂分别控制了它的东、西边界。复向斜内褶皱、断裂构造比较发育。次一级的背、向斜构造主要有谢桥—古沟向斜、陈桥背斜、潘集背斜等。断裂构造主要有两组,一组是随褶皱形成的走向逆冲、逆掩断层,主要分布在复向斜的两翼;另一组是与郟庐断裂带大致平行的 NNE 向的横切正断层,它们横切 NWW 向的褶皱与断裂构造,构成由东向西的阶梯状构造。

淮南煤田煤变质主要属于深成变质作用,煤田内煤种以气煤为主,部分为肥煤、焦煤。

2.2 煤层气的地球化学特征与成因类型

国际上目前将煤层气的成因类型分为生物成因和热成因两大类^[7,8]。而生物成因煤层气一般又可分为原生和次生生物成因。次生生物成因煤层气的地球化学组成与原生生物成因煤层气较为相似,但主要差别在于煤(源)岩的热演化超过原生生物气的生成阶段,其 R_o 值的范围很宽,一般为 0.30% ~ 1.50% 之间,且煤层一般被抬升到浅部,是在成煤后的煤化过程中产生的湿气、正烷烃及其它有机物经细菌(地

表水渗入煤层时携带的细菌)作用而形成的一种生物气^[1]。

淮南煤田的煤层气组分分析结果表明:各矿区组分构成基本相似。煤层气中甲烷占绝对优势,平均含量 94.79% 以上,重烃含量甚微,其中乙烷平均为 0.06%,丙烷平均为 0.04%;非烃成分主要为 CO₂,其平均含量 0.92%,还含有其它少量的 N₂、Ar 等非烃气体; C₁/C₁₋₃ 大于 0.99。表现出了甲烷含量高、重烃和二氧化碳含量低的干燥气体的特征,这与国内外含次生生物成因煤层气的组分特征一致^[2,3,6]。

研究区煤层气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值总体分布范围为 -56.7‰ ~ -67.9‰,平均 -61.3‰。属于生物成因气的分布范围,明显与该区煤岩所处的热演化程度 (R_o 为 0.81% ~ 1.09%) 不相符。 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值主要分布在 -22‰ ~ -29‰,为热成因的特征。显示出淮南煤田的煤层气为热成因乙烷和微生物成因甲烷的混合煤层气。其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 和 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值与国内外已研究报道^[2,3,6] 的含次生生物成因煤层气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 和 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值基本处于同一范围。

淮南煤田二叠纪煤层在深成变质作用下,变质程度达到气、肥煤阶段后,在 120~23 Ma 经历了长达近 100 Ma 的强烈隆升和剥蚀作用,使该区煤层埋藏变浅,部分地段煤层出露古地表,自 23 Ma 以来,才接受了 50~700 m 厚的新近系和第四系沉积^[9,10]。长期强烈的区域隆升,使煤层浅埋,为地表水向煤层的渗入,并携带细菌进入煤层提供了条件。而且,此时煤田主要煤层中的地温基本低于 45℃^[9],处于生物气生成的最佳温度^[11]。因此,在地质特征方面淮南煤田具有适合的煤阶、区域强烈隆升煤层被抬升到浅部、地表水渗入煤层、生物气体生成的最佳温度等次生生物成因煤层气(甲烷)生成的有利条件。

综上所述,淮南煤田煤层气属于热成因和次生生物成因气的混合气。

3 实验方法与实验结果

由于淮南煤田煤层气为次生生物成因与热成因的混合气,为了估算其混合比例,本次实验把所采得的具生物成因特征的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的煤层气与不同演化阶段的热成因煤层气,按不同比例进行混合。根据实验获得的不同比例混合气体的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的变化结果,利用实测的淮南煤田各矿区的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值,来估算两种成因气在混合煤层气中所占的比例。

3.1 样品制备与测试方法

实验所用原始样品为采自内蒙古海拉尔盆地具生物成因气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的煤层气样、山西李雅庄煤岩的 350℃ 的热模拟气样、山西沁水盆地和甘肃靖远煤田的热成因煤层气样(在本文中分别用 A、B、C 和 D 样表示)。以上各原始气样的甲烷含量和 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值如表 1 中所列(表 1)。由于样品之间甲烷含量相差较大,考虑到甲烷含量对其混合后气体样品的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的影响,本次实验根据气样(A、B、C 和 D)的甲烷含量,把三组样品 B 和 A、C 和 A、D 和 A 分别按 80% 和 20%、60% 和 40%、50% 和 50%、40% 和 60%、20% 和 80% 的五种比例混合。对混合后气样中甲烷的碳同位素进行了测试分析。

样品测试分析和制备在中国科学院气体地球化学重点实验室完成。碳同位素用 Delta Plus XP 质谱计分析。碳同位素分析精度 $\leq \pm 0.25\%$,所用标准为国际 PDB 标准;气体组分在 MAT-271 微量气体质谱计上测试。气体样品用排水集气法收集。

3.2 测试结果

对三组气样按五种比例混合后的样品进行了甲烷碳同位素测试,结果如下表(表 2):

从表 2 和图 1 可以看出,三组气样以不同比例混合后,随着具生物成因气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值的 A 样在混合气中比例的增大,混合气甲烷碳同位素组成逐渐变轻,而

表 1 实验所用原始样品的地球化学组成数据(%)

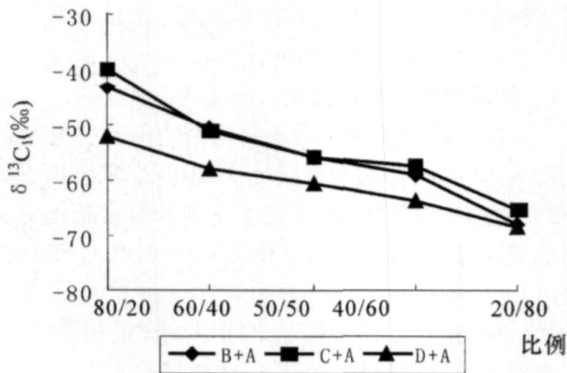
Table 1 Geochemical composition of samples in the experiment (%)

样品代号	CH ₄	C ₂₋₄	CO ₂	N ₂	H ₂	SO ₂	H ₂ O	H ₂ S	Ar	He	$\delta^{13}\text{C}_1$	R_o
											/(‰, PDB)	%
A	89.23	0.16	0.31	9.96	0.00	0.00	0.14	0.00	0.19	0.02	73.2	< 0.6
B	31.13	26.82	13.17	24.7	4.1	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	36.3	0.94
C	98.96	0.007	0.13	0.89	0.00	0.0003	0.00	0.0005	0.009	0.0049	31.2	> 2.5
D	97.45	0.27	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	42.4	0.75~0.85

表 2 不同比例混合气甲烷碳同位素组成的测试值

Table 2 $\delta^{13}C_1$ values of test in mixed gases of different proportion

混合比例		80/20	60/40	50/50	40/60	20/80
$\delta^{13}C_1$	B/A	-43.5	-50.3	-55.9	-59.1	-67.9
	C/A	-39.9	-51.2	-55.5	-57.7	-65.2
ρ_{∞} , PDB	D/A	-52.1	-57.9	-60.5	-63.3	-68.3

图 1 不同比例混合气的 $\delta^{13}C_1$ 值的变化特征Fig 1 Variational characteristics of $\delta^{13}C_1$ values in mixed gases of different proportion

且当 A 样在混合气中的比例超过 50% 时, 混合气的 $\delta^{13}C_1$ 值大多小于 -55‰ , 显示出生物气的碳同位素组成特征^{[7][8]}。

4 混合煤层气的比例估算

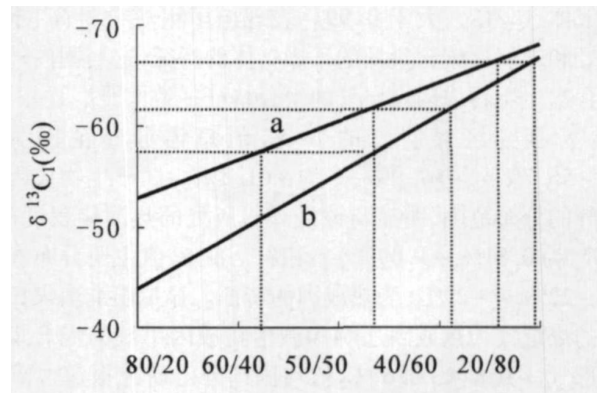
4.1 用实验结果对混合煤层气比例的估算

靖远煤田的煤层气样 (D)、350℃ 的煤岩热模拟气样 (B) 与淮南煤田混合煤层气中的热成因气都属于中低演化阶段煤岩所生成的气体, 热演化程度极为相似。因此, 利用实验测得的靖远煤田的煤层气 (D)、350℃ 的煤岩热模拟气 (B) 分别与具生物成因气 $\delta^{13}C_1$ 值的煤层气样 (A) 以不同比例混合后气体的 $\delta^{13}C_1$ 值 (表 2), 可以得到两条表示混合气甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 值随混合比例变化的直线 a 和 b (图 2) (a、b 直线分别为 D 和 A、B 和 A 以五种比例混合后, 测得的混合气的 $\delta^{13}C_1$ 值和对应的混合比例的变化趋势线)。

本次研究我们还采集了淮南煤田的潘集第一煤矿、潘集第三煤矿和张集煤矿 13-1 和 11-2 煤层的煤层气样, 并对这些煤层气样品进行了同位素的测试与分析。研究表明: 潘集第一煤矿混合煤层气的 $\delta^{13}C_1$ 值分布范围为 $-64.4\text{‰} \sim -67.9\text{‰}$ 之间, 平均为 -65.8‰ ; 潘集第三煤矿混合煤层气的 $\delta^{13}C_1$ 值分布范

围为 $-56.7\text{‰} \sim -57.8\text{‰}$, 平均为 -57.1‰ ; 张集煤矿混合煤层气的 $\delta^{13}C_1$ 值分布范围为 $-59.9\text{‰} \sim -61.2\text{‰}$, 平均为 -60.6‰ 。

根据以上淮南煤田各矿区煤层气的 $\delta^{13}C_1$ 平均值, 在图 2 中, 利用获得的混合气甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 值随混合比例变化的直线 a 和 b 分别对应确定所研究各研究矿区混合煤层气中热成因气和次生生物气的比例。



D/A、B/A 样的混合比例

图 2 混合煤层气比例含量估算图

Fig 2 Calculation figure of mixing proportion in coalbed gases

所得结果是: 潘集第一煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 21% ~ 28%, 次生生物气占 72% ~ 79%; 潘集第三煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 47% ~ 57%, 次生生物气占 43% ~ 53%; 张集煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 39% ~ 47%, 次生生物气占 53% ~ 61%。

4.2 用计算方法对混合煤层气比例的估算

陶明信等曾利用热成因煤型气的 $\delta^{13}C_1$ 值与 R_o 值的关系式:

$$\delta^{13}C_1 = 40.51 \lg R_o - 34.0^{[11]} \quad (1)$$

求得淮南新集热成因煤层气的 $\delta^{13}C_1$ 估算值; 同时又对世界若干地区 576 个常规生物气的 $\delta^{13}C_1$ 值数据进行了统计分析, 其主峰值约为 $-70\text{‰} \sim -75\text{‰}$, 以此作为微生物成因煤层甲烷 $\delta^{13}C_1$ 值的端元值, 并以 $\delta^{13}C_1$ 估算值作为新集热成因煤层气的端元值, 通过二元混合模式对新集煤层气中次生生物成因气和热成因煤层气的比例进行了估算。该估算结果显示, 新集煤层气以次生生物气为主, 所占比例为 60.1%^[12]。

在前述实验结果的基础上, 根据本次研究所采集的淮南潘集、张集等其它矿区煤层气的相关测试数据, 运用与以上估算次生生物成因气和热成因煤层气

比例相同的原理和方法,对淮南煤田次生生物成因气和热成因煤层气的比例进行了估算与研究。

淮南煤田煤岩 R_o 值的分布范围约为 0.81% ~ 1.09%。据此,以 0.81% 和 1.09% 作为淮南煤田研究矿区热成因煤层气的煤岩 R_o 值的两个端元值,利用公式 (1) 计算获得淮南煤田热成因甲烷的两个相应的 $\delta^{13}C$ 端元值,分别为 -37.7‰ 和 -32.5‰。

结合以上已知的淮南煤田各研究矿区煤层气的实测 $\delta^{13}C_i$ 值、微生物成因煤层甲烷 $\delta^{13}C$ 值的端元值 (-75‰) 和淮南煤田热成因甲烷 $\delta^{13}C$ 的两个端元值,根据二元复合模式,分别计算获得淮南煤田各研究矿区混合煤层气中热成因气和次生生物气的比例。

计算结果是:潘集第一煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 22% ~ 25%,次生生物气为 75% ~ 78%;潘集第三煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 42% ~ 48%,次生生物气为 52% ~ 58%;张集煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 34% ~ 39%,次生生物气为 61% ~ 66%。

上述实验和计算两种方法获得的淮南煤田各研究矿区煤层气中热成因气和次生生物成因气的比例较为一致。潘集第一煤矿和张集煤矿的混合煤层气中基本是以次生生物成因气为主;潘集第三煤矿混合煤层气中热成因气和次生生物成因气所占比例相当。这与矿区的地质背景和地球化学特征是相符的。上述计算结果与前述陶明信等对淮南新集煤层气的计算结果相近,但潘集第一煤矿煤层气中次生生物气所占比例明显比新集煤层气高。

在两种方法获得的比例范围中,取其最大值和最小值。最后根据两种方法对比确定的淮南煤田各研究矿区煤层气的混合比例分别为:潘集第一煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 21% ~ 28%,次生生物气占 72% ~ 79%;潘集第三煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 42% ~ 57%,次生生物气占 43% ~ 58%;张集煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 35% ~ 47%,次生生物气占 53% ~ 66%。

5 后期次生生物成因气的生成对淮南煤田煤层气资源的意义

淮南煤田的煤层被抬升浅埋后,改变了气体原有的储藏条件,气体就会发生逸散,使煤层含气量大大降低,而浅煤层中由微生物降解产生的次生生物气恰可以在一定程度上弥补这一不足,增加煤层气的含量。

为了说明抬升过程中吸附态煤层甲烷含量的变化情况,前人利用淮南煤田主煤层在不同温度条件下的 Langmuir 参数,并结合压力梯度和古地温梯度数据,计算了温度和压力(深度)的综合效应对煤层气储集的影响^[10]。该结果表明,古地温梯度为 35°C/km 时,假定煤层生气后从最大埋深(2780 m)抬升了 2000 m,其吸附量仅减少 8.3%;但若煤层从该深度抬升到地表,将会损失整个吸附态煤层气的 90%。淮南煤田二叠纪煤层在早白垩世开始大幅度抬升至中新世结束,煤层被抬升至近地表,有的地区已经出露地表,热成因气大量逸散。从我们对淮南煤田各研究矿区煤层气中热成因气和次生生物成因气的所含比例的估算结果也显示:混合煤层气中次生生物成因气所占比例较大,其中最大的达到了近 79%,最小的也占到了 43%。

国外的实验也表明^[13]:埋藏小于 914 m,且保存条件好的煤层,平均含气量为 5.64 m³/t 而淮南煤田的煤层,经过了一次主要的生气阶段后,在以后经历了强烈的隆升和长时间的剥蚀作用,就是在接受了新近纪和第四纪沉积后,各矿区的主要煤储层(13-1、11-2 煤层)埋深也在 50 ~ 700 m^[9]。但测试结果表明,淮南煤田主要矿区的主采煤层的平均含气量都基本大于 6 m³/t 有的地区甚至高出很多^[14]。

由此可见,淮南煤田煤层中后期次生生物气的生成提高了该区主要煤储层的含气量,对矿区煤层气资源的贡献意义重大。

6 结论

(1) 实验表明:随着具生物成因气 $\delta^{13}C_i$ 值的煤层气在混合气中比例的增大,混合气甲烷碳同位素组成逐渐变轻,而且当其在混合气中的比例超过 50% 时,混合气的 $\delta^{13}C_i$ 值大多小于 -55‰,显示出生物气的碳同位素组成特征。

(2) 采用实验和计算两种方法,对比估算出了淮南煤田混合煤层气中次生生物成因和热成因气的混合比例。结果显示:两种方法估算的各研究矿区煤层气的混合比例较为一致。其中潘集第一煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 21% ~ 28%,次生生物气占 72% ~ 79%;潘集第三煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 42% ~ 57%,次生生物气占 43% ~ 58%;张集煤矿混合煤层气中热成因气所占比例为 35% ~ 47%,次生生物气占 53% ~ 66%。

(3) 淮南煤田煤层气中次生生物成因气所占比

例较大,其中最高达到了79%,最低的也占到了43%;而且后期次生生物气的生成提高了该区主要煤储层的含气量。因此,淮南煤田次生生物气的资源意义重大。

致谢 样品测试分析得到了李立武研究员、杜丽工程师、李中平同学等的帮助;采样得到了安徽理工大学唐修义教授和煤炭科学总院西安分院张新民研究员等的帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献 (References)

- 1 Scott A R, Kaiser W R, Ayers W B *et al*. Thermogenic and secondary biogenic gases, San Juan Basin. *AAPG Bulletin*, 1994, 78(8): 1186-1209
- 2 Smith J W, Pallasser R J. Microbial origin of Australian coalbed methane. *AAPG Bulletin*, 1996, 80(6): 891-897
- 3 Kotarba M J. Composition and origin of coalbed gases in the Upper Silesian and Lublin basins, Poland. *Organic Geochemistry*, 2001, 32: 163-180
- 4 Scott A R. Coal methane in the San Juan and Powder River basins: differences and similarities. *AAPG Annual Meeting*, 2005
- 5 张建博, 王红岩, 钱凯, 等. 煤层气勘探研究进展. *中国煤层气*, 2004, 1(1): 13-16 [Zhang Jianbo, Wang Hongyan, Qian Kai *et al*. Advances on exploration of coalbed methane. *China Coalbed Methane*, 2004, 1(1): 13-16].
- 6 陶明信, 王万春, 解光新, 等. 中国部分煤田发现的次生物成因煤层气. *科学通报*, 2005, 50(增刊): 14-18 [Tao Mingxin, Wang Wanchun, Xie Guangxin *et al*. The secondary biogenic methane found in China. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50(Suppl): 14-18]
- 7 Rightmire C T, Eddy G E, and Kerr J N. Coalbed methane resources of the United States. *AAPG Studies in Geology Series* #17, -, 1-14P.
- 8 Rice D D. Composition and Origins of Coalbed Gas. In: Law Ben E, and Rice D D. *Hydrocarbons from Coal. AAPG Studies in Geology (Series 38)*, 1993. 159-184
- 9 张新民, 李建武, 韩保山, 等. 淮南煤田煤层气藏划分及形成机制. *科学通报*, 2005, 50(增刊): 6-13 [Zhang Xinmin, Li Jianwu, Han Baoshan, *et al*. Formation mechanism and compartmentalizing of coalbed gas in Huainan coalfield. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50(Suppl): 6-13].
- 10 张泓, 崔永君, 陶明信, 等. 淮南煤田次生生物成因与热成因混合型煤层气成藏动力学系统研究. *科学通报*, 2005, 50(增刊): 19-26 [Zhang Hong, Cui Yongjun, Tao Mingxin, *et al*. Studies on reservoir-forming dynamics of mixed coalbed gas of the secondary biogenic gas and the thermogenic gas in Huainan coalfield. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50(Suppl): 19-26].
- 11 Xu Y C, Shen P. A study of natural gas in China. *AAPG Bulletin*, 1996, 80: 1604-1614
- 12 Mingxin Tao, Baoguang Shi, jinying Li *et al*. Secondary biological coalbed gas in the Xijia area, Anhui Province, China: evidence from the geochemical features and secondary changes. *International Journal of Coal Geology*, 2007, doi:10.1016/j.coal.2006.12.002
- 13 秦勇, 曾勇编译. 煤层甲烷储层评价及生产技术. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 1996. 16-48 [Palmer ID, Metcalfe R S, Yee D, *et al*. *Reservoir Evaluation and Produced Technology of Coalbed Methane*. Translated by Qin Yong and Zeng Yong. Xuzhou: Jiangsu China University of Mining Press, 1996. 16-48]
- 14 徐磊, 张华, 桑树勋, 等. 淮南地区煤储层含气性总体特征. *中国煤田地质*, 2002, 14(2): 28-30 [Xu Lei, Zhang Hua, Sang Shuxun *et al*. Overall properties on gas-bearing coal gas reservoir in Huainan Region. *Coal Geology of China*, 2002, 14(2): 28-30]

Studies on Resources Significance and Mixing Proportion of Secondary Biogenic Gas in Coalbed Gases, Huainan Coalfield

ZHANG Xiao-jun^{1,2} TAO Ming-xin^{1,3} XIE Guang-xin⁴
WANG Yan-long⁴ SHI Bao-guang¹

(1. Key Laboratory of Gas Geochemistry, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;

3. College of Resources Sciences and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875;

4. Xian Branch of China Coal Research Institute, Xian 710054)

Abstract Using experiment and formula method, this study calculated mixing proportion of the thermogenic gases and secondary biogenic gases, and evaluated resources significance of secondary biogenic gases in Huainan coalfield. The result showed that mixing proportion is accordant by two different methods. The content of secondary biogenic gases is large in coalbed gases, the distribution range is from 43% to 79%. Moreover, the research results of domestic and overseas show that the generation of secondary biogenic gases increases gas content of coalbed. Therefore, the contribution of secondary biogenic gases is great for coalbed gases resources in Huainan coalfield.

Key words coalbed gases, thermogenic gases, secondary biogenic gases, mixing proportion, resources significance