

煤的厌氧微生物降解研究^①

李明宅 张洪年

(地矿部石油地质研究所,北京 100083)

张辉 邓宇 连莉文 尹小波

(农业部成都沼气科学研究所,成都 610041)

煤能否被厌氧微生物降解产气,是地学界长期争论的地质及方法技术问题。本文以生物气模拟试验为基础,对该问题进行了研究,证实了煤可以被厌氧微生物降解这一事实,同时文中探讨了煤的厌氧降解产气作用对煤层气勘探选区的意义。

关键词 煤 厌氧微生物 二次产气 勘探选区

第一作者简介 李明宅 男 33岁 高级工程师 石油地质

煤能否被厌氧微生物降解产气是地学界长期争论的地质及方法技术问题。研究该问题具有一定的理论意义和实践意义,有助于煤层甲烷的勘探选区,因此,“八五”攻关研究期间,地矿部石油地质研究所与成都沼气科学研究所联合攻关,进行了煤的厌氧降解产气试验。

1 试验方法简介

煤是地壳中存在的可燃有机岩,是由非常复杂的有机物和无机物混合组成,在煤中有大量的矿物质存在,这些矿物质会给生物降解试验带来极大困难,为此,“八五”期间对模拟试验接种源进行了改进,获取了“悬浮接种物”,其驯化和富集流程如图1所示。与“七五”期间使用的“常规接种物”相比较,“悬浮接种物”由于弃去了大部分非活性有机物,总有机物含量大幅度下降,发酵引入的接种物基质含量大大降低,从而使接种物自身产气量下降,其结果缩短了试验周期(由原来220天缩短为49天),并且提高了煤样模拟试验结果的精确度,以及扩大了接种物的适应性。

试验的具体方法步骤简述如下:

- (1)种泥驯化、富集
- (2)出发种源

①高温厌氧消化器发酵流出液

②中温厌氧消化器发酵流出液

(3)低碳培养液组成

① 35℃ 培养液

② 55℃ 培养液

③ 65℃ 培养液

(4)培养驯化装置

(5)分析测定方法

① 产甲烷菌形态观察:采用Olympas落射荧光显微镜进行湿片观察;

② 甲烷、二氧化碳含量分析:采用SC3A型GC分析仪测定;

③ 菌活性分析:采用氢酶活性分析法;

④ 有机质含量测定:采用550℃灼烧减重法测定,以“V_s”(挥发性固体)表示;

⑤ pH与AIK:采用PHS-25型酸度计分析。

(6)获取试验结果

2 试验结果讨论

本次试验样品采自山西柳林庙湾矿石炭系和二叠系的两个煤样(鄂-1、鄂-2),两个煤样的演化程度较高,R⁰值分别为1.29%和1.24%,接近焦煤演化阶段,有机质经历过约130℃以上的地温作用,已发

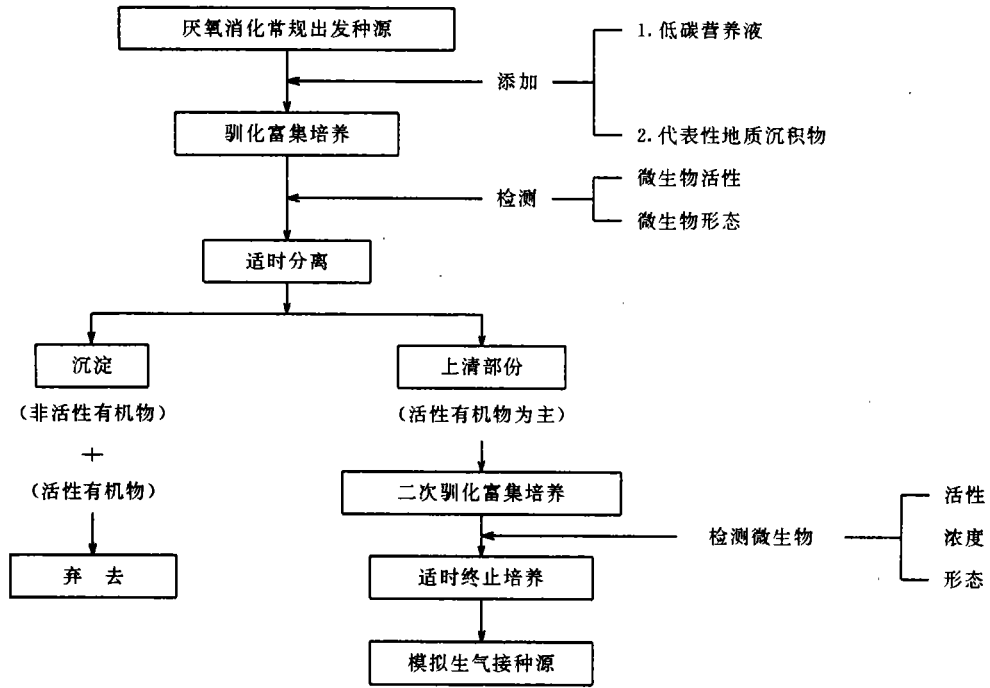


图 1 驯化、富集流程

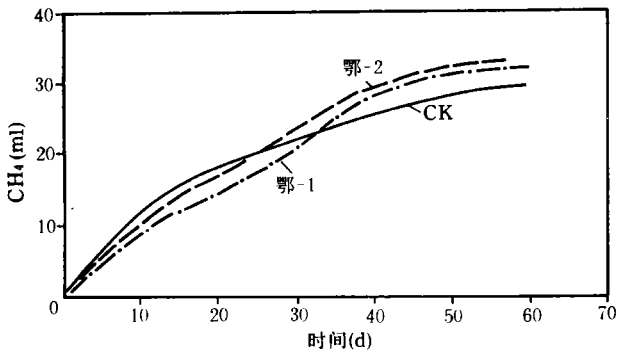


图 2 煤样在 35°C 温阶的产气率累计曲线

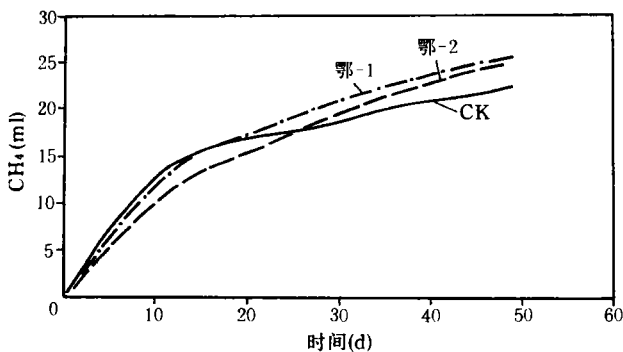


图 3 煤样在 55°C 温阶的产气率累计曲线

生质的变化。但是，在实验室引进菌种的情况下，分别于 35°C、55°C 和 65°C 3 个温阶获得了生物气(图 2、3、4)，样品在 75°C 温阶停止产气，所产气的甲烷碳同位素 $\delta^{13}C_1 = -49.16\%$ ，两个煤样的产气率为 7.34m³/t 有机质和 6.08m³/t 有机质，对演化程度较低的煤其产气率可能更高。图中 CK 为空白对照线，即在不加煤样的条件下，由引进接种物基质本身所产气的累计曲线。从图中可以看出，样品总的表现为从低温到高温产气量逐渐降低的趋势，这是因为产甲烷菌的活性与温度和可降解物含量有着密切关系。试验证明，煤可以被厌氧降解产气这一事实。

张义纲(1991)曾提出煤层二次产生物气问题，推测煤层中同位素轻的气体是二次产的生物气，以模拟试验结果来看，这一推断是正确的，如果煤层甲烷中确保有二次生物气贡献，其意义不仅是解释了很多浅层煤层甲烷的碳同位素较轻，以及煤层甲烷碳同位素不依煤的变质程度增高而增重的原因(表 1)，更重要的意义是对煤层甲烷勘探选区具有重要的指导意义。

厌氧微生物学研究表明，产甲烷菌在适当的条件下表现出富集轻碳同位素的动力效应，微生物细菌对基质的利用和选择上存在着差异。生物气的

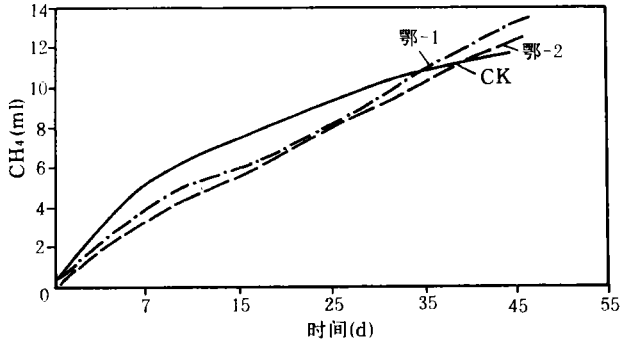


图 4 煤样在 65°C 温阶的产气率累计曲线

$\delta^{13}C_1$ 组成受原始母质的碳同位素和同位素动力效应两个因素制约,一是厌氧微生物分解有机质所产生的 CO_2 及脱羧基产生的 CO_2 都具轻同位素 (^{12}C) 的特征,二是在有机质中 ^{12}C 的化学活性比 ^{13}C 大,也即细菌利用 ^{12}C 所需要的活化能比利用 ^{13}C 小,因此厌氧微生物首先利用 ^{12}C ,使形成的生物甲烷具轻同位素特征。

3 煤的二次产气作用及其意义

煤层厌氧降解生物气(或生物瓦斯)在我国已查明 20 余处(表 1),石油部门已估算了其中之一的江

表 1 我国部分地区煤层甲烷特征

煤矿名称	深度 (m)	层位	气体成分 (%)				R^o (%)	$\delta^{13}C_1$ (‰)
			N_2	CO_2	CH_4	C_2H_6		
辽宁抚顺老虎台	630	E	0.58	4.71	94.71		0.52	-55.80
辽宁沈阳林盛	210							-63.39
黑龙江勃利铁东							1.54	-66.90
黑龙江鸡西荣华七煤		J					1.00	-57.20
河北开滦赵各庄八煤	639.8	C、P	4.27	0.26	95.47		0.82	-66.90
河北唐山气 2 井		C、P						-70.30
河北峰峰煤矿		C、P					1.54	-65.59
河南鹤壁二矿	220	P_1	64.20	0.82	34.98		1.77	-55.30
河南鹤壁六矿		P_1	8.09	0.51	91.4			-63.40
陕西吴堡		P_1	2.62		97.3	0.08		-60.70
山西柳林		C_3						-62.10
内蒙海渤湾		C_3	97.47		2.43	0.1	1.15	-59.90
安徽淮北芦林	383	P_1	3.57	0.73	95.59	0.11	0.9	-60.40
安徽淮南潘集二矿	500	P_1					0.83	-66.80
浙江长广一矿	249	P_1					0.76	-59.09
江苏园田		P_1						-54.94
江西丰城平湖矿	252	P_2	6.03		93.58	0.39	1.47	-54.80
贵州水城三五矿		C、P						-55.83
广西田东煤矿	21	E	12.24	1.32	86.44			-68.04
安徽淮南一矿十三煤	550	P_1					0.82	-58.09
河北唐山唐 2 井		C、P						-69.80
四川中梁山煤矿		P_2					1.78	-38.10
山西阳泉煤矿		P_1					2.5	-48.00

西丰城煤矿的生物瓦斯储量达 60 多亿立方米(李赞豪, 1994), 这种类型的二次生物气有着较大的勘探前景。对煤层而言, 一个重要的条件就是要求煤层浅埋, 再度适合厌氧细菌的活动, 才能有利于煤的二次厌氧生气。煤层的后期微生物活动取决于煤层中营养物质的数量、温度和有害物质的数量, 这一适合于厌氧细菌生存环境的不均匀分布, 直接反映在瓦斯突出的不均匀性上。

实际上, 当煤层甲烷的生成速度低于其扩散速度时, 煤层甲烷便开始减少, 这一般发生在煤层经受构造抬升, 上覆地层被大量剥蚀之后。构造抬升幅度越大, 上升时间越久, 煤层甲烷逸散的数量越多, 衰减幅度越大。煤层的构造抬升后, 一旦脱离了其成气的温压条件, 便停止产气, 但当抬升至接近地表, 地温低于 80℃ 时, 生物成因的生气机制开始启动。这一机制的启动并不是很快的, 而需要经历很长的地质时间才启动。这是因为煤层中存在着有害于微生物生长的物质, 例如, 萘等含不饱和键的化合物(张义纲, 1991), 需要等待这类有害挥发性物质缓慢地逸散掉之后, 微生物才有条件生长, 并产生次生生物气。

作者从微生物学中得知, 产甲烷过程实际上是多种群细菌共同作用的结果, 而产甲烷菌只是这个过程的最后一个环节。在厌氧细菌中, 除专性厌氧菌外, 还有一部分兼性细菌, 这部分细菌既能在厌氧环境中生存, 也能在有氧环境中生存, 这种细菌对有机质有较强的降解能力。地层抬升过程中少量含氧水的渗入, 就能使兼性菌启动, 细菌对煤的降解作用首

先起始于这种兼性细菌, 结果带动了整个厌氧降解过程, 实现煤的厌氧降解产气。但其详细的降解过程和具体条件还有待于进一步研究。

近几年在煤层气的勘探开发中, 主要从热作用成气角度考虑煤层甲烷的气源, 而没有考虑次生生物气这一气体来源。对于演化程度较高的地区, 煤的二次成气或叠加成气作用可能具有重要的意义。有的地区从煤的演化程度来看, 认为气源比较充足, 但实际勘探效果不佳, 其原因一方面与煤层的孔渗、封盖等条件有关, 另一方面与实际的气源不足有关。煤层被抬升浅埋后, 失去了温压这一产热成因气的关键因素, 不能继续产气, 而且浅埋也会造成气体的散失, 使煤层含气量大大降低, 影响勘探效果, 但是, 浅埋煤层的二次厌氧降解产气作用恰恰可在一定程度上弥补这一不足, 它在低温条件下产气, 使得在同等情况下增加煤层甲烷的绝对量, 相应地提高煤层甲烷的勘探成功率, 鄂尔多斯盆地柳林地区就是煤层甲烷(包括煤层次生生物气)勘探成功的一个例证; 厌氧环境的存在从另一个侧面也反映煤层甲烷的保存条件较好, 因此, 存在煤层次生生物气是寻找煤层甲烷气藏的一个标志。

参 考 文 献

- 1 张义纲等编著. 天然气的生成聚集和保存. 南京: 河海大学出版社, 1991
- 2 李赞豪, 具有广阔前景的一种新型浅层天然气. 石油实验地质, 1994, 16(3)

(收稿日期: 1996 年 7 月 17 日)

STUDY OF ANAEROBIC BIO-DEGRADATION OF COAL

Li Mingzhai Zhang Hongnian

(*Institute of Petroleum Geology, MGMR, Beijing*)

Zhang Hui Deng Yu Lian Liwen Yin Xiaobo

(*Chengdu Institute of Marsh Gas Science, Chengdu, 610041*)

Abstract

Over a long period of time, whether coal can be degraded by anaerobic microorganism into gas, has been a controversy concerning geology, method and technique in geoscience. The paper deals with this subject based on the simulation experiments on biogas. It is proved that coal can be degraded by anaerobic microorganisms. Furthermore the paper discusses the significance of gas derived from the anaerobic degradation of coal for the selection of prospect areas of coal bed gas.