

具有广阔勘探前景的一种新型浅层天然气

——油层、煤层厌氧菌解再生生物气

李 赞 豪

(地矿部石油地质综合大队, 湖北江陵 434100)

再生型生物成因天然气是一种分布相当广泛的浅层天然气,它是浅层的油层、煤层在还原条件下受厌氧细菌(主要是产甲烷菌)降解作用新生成的一种再生能源。它突破了只能在热不成熟的地层中勘探生物天然气的束缚,将其勘探领域扩展到目前处于浅埋的热成熟含油含煤盆地以及某些含盐含碱盆地。它是我国今后浅层天然气勘探的重要领域,并可能成为我国生物气的主要资源类型。

关键词 浅层天然气 厌氧菌解 再生型生物气

作者简介 李赞豪 男 60岁 高级工程师 石油地质

在研究我国的油气资源分布及形成条件时,发现了一种分布相当广泛的、多与重油伴生的新类型生物成因天然气,它们不同于通常所说的那种氧化、水洗和喜氧细菌降解的天然气,而是浅层油层、煤层在还原条件下由厌氧细菌降解新生成的生物型天然气。为了区别于早期成岩阶段(有机质未成熟阶段)的原生生物成因天然气,可将此类天然气称之为再生型生物天然气。

再生型生物天然气的大量发现,突破了只能在热不成熟阶段勘探生物天然气的束缚,大大地扩展了勘探生物天然气的领域。在我国的具体地质条件下,它是一种具有很大潜力的再生能源,在未来的油气产能构成中,它将占有重要的地位,进行这方面的深入研究,已是十分必要。

1 再生型生物天然气的地质分布与组份特征

1.1 分布广、埋藏浅

我国许多含油气盆地、含煤盆地都已发现了由厌氧细菌降解原油、原煤新生成的生物天然气。例如:松辽、渤海湾、二连、泌阳、苏北、百色、三水、东海、南海珠江口等含油气盆地都已证实其存在,其埋藏深度一般都在数百米至一千五、六百米;在含煤盆地其分布也很普遍,从我国最北部的黑龙江省鸡西、勃利,辽宁抚顺、林盛,河北开滦、峰峰,河南鹤壁,安徽两淮,内蒙海勃湾,陕西吴堡等和南方的江、浙、广西、云、贵等地区的一些煤矿中都有产量大小不等的煤层菌解生物天然气,它是煤层瓦斯的一个重要成因类型。我国的情况如此,外国的情况也差不多,都大量发现了碳同位素值很轻的煤层甲烷($\delta^{13}\text{C}_1 < -55\%$),但至今对其成因的研究欠深入,众说纷纭。我们将它定名为煤层菌解再生生物天然气。

1.2 产出类型和产层特殊

再生型生物气的产层一般都是油层、煤层或是紧邻其上方的碎屑岩层;天然气存在的状

态可以是吸附气、气层气,也可以是油藏气顶气或溶解气。天然气的产层并不局限于未成熟阶段,有的产层其相应的 R° 值可以达到 1.0% 以上,煤层的 R° 值的范围更宽,可以从 0.4% 到 1.5% (个别的 R° 值可达 1.77%)。一个重要因素是由于后期构造抬升使它们的埋深变浅,并再度适合于厌氧细菌活动,利于再生生物气的生成和聚集。

1.3 有独特的组份和碳同位素组成

(1)绝大部分是干气,但也有湿气。天然气的甲烷系数可在很大范围内波动, $C_1/\Sigma C_n$ 为 0.70~0.999,乙烷以上的重烃成分可延续到丙烷、丁烷、戊烷乃至己烷等系列烃类成分。

(2)具有典型的生物甲烷碳同位素特征。 $\delta^{13}C_1 < -55\%$,但乙烷以上重烃成分却大都是热成因的碳同位素值,如 $\delta^{13}C_2$ 值为 $-32 \sim -42\%$,值得注意的是我国还发现了 $\delta^{13}C_2$ 值为 -54.30% 和 -69.01% 的最负值,据张义纲的最新研究成果(1991)认为这也应属于二次微生物作用的结果,目前发现的数量尚不多。

2 再生型生物气与原生生物气以及氧化降解天然气的比较

据初步研究,再生型生物气与原生生物气在成因机制上没有本质的区别,都属于生物气,只是由于生气时间早晚不同和厌氧细菌(主要是甲烷菌)消化物料的差异而已;但是厌氧菌解油层、煤层再生生物气与通常所说的那种氧化降解天然气在成因机制上却有着本质的不同。简言之,前者是属于新生生物气,后者多属于热成熟残留气,它们的地球化学特征差别也是明显的,不能混淆。这三种天然气的不同特征比较列于表 1。

表 1 三种不同类型的浅层天然气对比

原生生物气	再生生物气(原油、原煤菌解气)	氧化降解天然气
1. 还原条件下由专性厌氧的细菌群体对有机质发酵分解并合成的甲烷气(含部分 CO_2 和 N_2),一般不含(或微含) C_2^+ 重烃。 $\delta^{13}C_1 < -55\%$ $C_1/\Sigma C_n > 0.99$ 2. 仅在有机质不成熟的成岩作用早期生成($R^\circ < 0.5\%$),一般不和原油、烟煤共生。 3. 埋藏较浅,一般 $< 2000m$。 4. 只有早期抑制产甲烷菌的异常地质条件(晚期生气)才能聚集成藏具有勘探价值。(柴达木模式……等)	1. 还原条件下厌氧细菌作用于原油原煤新生成的天然气。$\delta^{13}C_1 < -55\%$ 2. 含有多少不等的乙烷以上重烃,其碳同位素组成多是热成因气特征,(目前已发现少量微生物成因碳同位素特轻的乙烷丙烷的天然气)。 3. 基本上是和原油(包括稠油)共生,也可以和泥炭、褐煤以及中变质烟煤共生。 R° 值从 $< 0.5\%$ 到 $> 1.50\%$ 的范围内都可能有这类天然气生成。 4. 目前埋藏较浅: 油层菌解气 500~1800m 煤层菌解物 近地表~600m	1. 热成熟的天然气受到氧化、水洗、喜氧细菌降解后残留下来的天然气;一般是干气 $C_1/\Sigma C_n > 0.96$, C_2^+ 系列同时存在。 2. 烃类组分碳同位素值明显增重尤以甲烷、丙烷最明显 $\delta^{13}C_1$ 增重 2~7%, $\delta^{13}C_3$ 增重 1~20%,并出现碳同位素的反常分布,即: $\delta^{13}C_1 < \delta^{13}C_2 < \delta^{13}C_3 > \delta^{13}C_4$ 3. 埋藏较浅,一般和浅层稠油共生;油气都是氧化降解的残留物也不受成熟度的限制。 (和煤共生的氧化降解气资料暂缺)

由于过去在油气勘探开发研究中侧重对氧化、水洗及喜氧细菌降解原油、天然气的研究,对其认识得比较深入,而对厌氧降解油气的研究只是最近几年的事,“七·五”期间,中国科学院、石油部、地矿部都做过一些工作,提出了“生物-热催化过渡带天然气”(徐永昌,

1990),“生物-低温热解气”^①、“浅层混合气”^②、“未熟—低熟气”^③、“表生油层(或煤层)菌解气”(张义纲,1991)、“次生物气”(胡惕麟,1992)、“后期生物成因气”(戴金星,1986)……等等一系列的名词令人眼花缭乱,值得注意的是他们这些命名及其内容都有一些共同之点,即:(1)都指的浅层气;(2)并非都是干气;(3)具有生物气和热成油气混合的特点,并只局限于未熟—低熟阶段。但是上述的大部分名称都不能圆满地解释如下两个问题:

第一:这类生物气基本上都是依附于油层和煤层而存在并成为油藏的溶解气、气顶气、夹层气以及煤层瓦斯气等等,而原生生物气则是独立存在的。

第二:这类生物气不仅可以和未熟—低熟油煤共生,还可以和成熟原油和中—高变质级别的煤层共生。有关此类天然气的定名和特征列于表 2。从表 2 可见,我们和张义纲的观点完全一致,并在实践中验证它是广泛存在的一类型天然气。

表 2 浅层厌氧菌解天然气的特征及命名

项 目	本 文 (1992)	张义纲 (1991)	徐永星 (1990)	黄汝昌 (1990)	胡惕麟 (1992)		葛荣耀 (1991)	戴金星 (1986)	邵建军 (1990)
$C_1/\Sigma C_n$	0.70~0.99		0.7~0.98	>0.95	>0.95			>0.95	干气型>0.95 湿气型<0.80
C_2^+ 分布情况	一般都有 C_2 , 有的含 $C_3\sim C_5$								
$\delta^{13}C_1\%$	<-55.0	1. -45~-55 2. <-55.0	-48~-60	-50~-55	<-52	<-50	-45~-55	-55~-66.0	-50~-55
$R_o\%$	0.4~1.50		0.25~0.60	0.25~0.75	<0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	烟煤阶段	0.3~0.7
母质类型	不 限	不 限	Ⅱ型有利	Ⅱ _A -Ⅱ _A 型			Ⅰ-Ⅱ型	Ⅱ	
目前地温 及埋深	一般<70℃ <2000m		50~70℃ 1000~2500m		<80℃ <1500m		35~75℃ 1000~3000m		75~90~150℃ <2200m
产出特征	主要分布在 产油层、煤 层及附近	1. 浅层储层 2. 油层、煤 层	可伴生原油	有时伴产低 熟油	主要产 于含油 层段含 煤层段	伴产未 熟油	伴产生物降 解原油、凝 析油	原型煤层气 和后期煤层 生物气混合	有时可伴产原 油、凝析油
成因类型及 命名	再生型生物 气	1. 后期浅层 混合气 2. 表生菌解 气	生物-热-催 化过液带气	生物-低-温 热解气	次生生物 气	未熟-热 解气	生物-低-温 热解气	后期生物气	未熟(后期) 低 熟气

此外,作者还研究了近几年成都沼气研究所所做数十件人工模拟原油、原煤和各种有机质发酵生成生物甲烷的实验数据(包括现代农村沼气池)^④,其 $\delta^{13}C_1$ 值大都在-47~-56‰(平均为-50.73‰)范围内,而自然界浅油层菌解天然气的成分中总多多少少又包含了一些热成因甲烷,所以,即使 $\delta^{13}C_1$ 值>-50~-55‰的天然气也不能绝对排除厌氧细菌所起的作用,这要视具体情况而定,且可以采用某种技术(如检测甲烷菌的数量)来研究生化作用的存在。

① 黄汝昌,华北地区天然气形成富集规律及资源评价,1991

② 张洪年,生物气模拟实验及地质应用,1989

③ 邵建军,我国天然气与气源岩研究与评价,1990

④ 连莉文等,生化甲烷形成试验与重油厌氧生物降解初步试验,1990

3 原油厌氧降解再生型生物天然气的模拟实验

石油微生物学早在半个世纪以前就曾伴随着“早期生油”学说,生物直接成烃作用就发展起来了。60年代末期兴起的“干酪根晚期生油”理论一统天下二十余年,把石油微生物学的研究挤到“分子生物学”和“油气的氧化降解”等从属性的专门领域以及油田开发工程中的细菌脱蜡、三次采油等方面。

我国在进行天然气资源评价的若干专题研究中,许多单位都提出了和微生物成因有关的天然气新类型(详见本文第二部分)。1989~1990年间,长庆油田、地矿部石油地质研究所相继开展了有关生物气发酵模拟实验及其聚集条件的研究;1992年,作者和成都沼气所合作开展了原油厌氧降解再生生物气的专项实验,并以此理论验证了一批不同地质条件下由原油厌氧降解再生的生物气藏,获得了良好的效果。现仅就所获初步成果,并结合以前的研究结果提出下面的初步认识。

3.1 原油厌氧降解再生生物气模拟实验方法(略)

3.2 实验结果与讨论(表3)

表3 原油厌氧菌解再生生物气模拟结果

原油类别	模拟温度		菌种来源		新生天然气		产气量 (甲烷 ml/g 原油)
	35℃	55℃	外加菌种	本源菌种	$\delta^{13}\text{C}_1\%$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}\%$	
1. 淡水湖相原湖		✓	✓	✓	-76.11	-9.64	产气
				✓	-56.33, -64.58	-7.13	
2. 音盐湖相原油		✓	✓	✓	-68.76	-7.99	产气
3. 氧化降解稠油		✓		✓	-72.41		产气
			✓	✓	-69.43	-8.84	
4. 外加的驯化菌种		✓	✓		-50.05		产气
5. 氧化降解稠油*	✓		✓		-52.12		162~176

* 引自张洪年,1990

3.2.1 原油厌氧降解再生天然气的机理

据成都沼气所连莉文等近年来对现代生物、近代沉积物、不同地质时代的沉积岩类、原煤和原油进行多批量厌氧微生物降解实验的结果,表明它们都能产生多少不等量的天然气(主要成分是甲烷和二氧化碳),其原理和人工沼气池发酵生成甲烷无什么差别。原油的人工厌氧降解前后的GC总谱图见图1。

从谱图A、B对比中可以看到,原油的厌氧降解首先也是从正烷烃开始,小于 C_{24} 的正烷烃大部分消失或减弱,残留物主要是异构烷烃和高碳数的环烷烃,这和喜氧降解原油情况类似。有关厌氧降解和喜氧降解原油的生物标记化合物究竟有什么差别将在另文中讨论。原油厌氧降解过程中正烷烃的减弱或消失可以被看做是再生甲烷和二氧化碳的碳源(在微生物采油MEOR研究中称之为重油的甲烷化),而且这只能在还原条件下由厌氧细菌中产甲烷菌来完成;所以,当浅层原油处于保存良好的还原环境及适宜厌氧细菌活动的条件下,应

该存在着烃类的新生作用。大庆长垣喇嘛甸油田的气顶气藏在若干井中就有这类天然气。相反,在氧化条件下,原油受到氧化、水洗和喜氧细菌降解的过程,则是烃类的消耗和破坏(转化为非烃),而没有甲烷的再生。

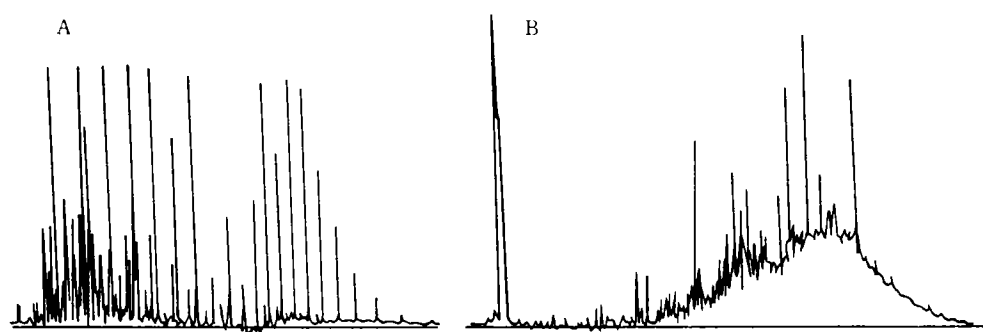


图1 试验稠油 GC 总谱图

(据连莉文,1990)

A. 未经生物降解;B. 经生物降解

3.2.2 原油厌氧降解再生甲烷的潜量

成都沼气所对辽河稠油进行厌氧微生物降解实验(35℃下历时360天),测出其新生态产物的组成和潜量分别是:CH₄ 162.70~176.75m³/t,CO₂ 63.33~78.00m³/t,即1吨原油能生成226.03~264.75m³的天然气,其中甲烷约占70%,如按重量计算,则原油重量的1/4可以转化成天然气。柴达木盆地涇湖地区第四系泥岩的生化甲烷潜量变化很大(17.9~442.38m³/t·有机质),原煤的生化甲烷潜量又很低(0.68~2.09m³/t),据此可以推测不同类型和不同演化程度的原油可能也会有不同的生化甲烷潜量。研究结果表明,影响各种有机质(包括原油、沥青、原煤等)厌氧降解再生甲烷潜量的因素较多,关键因素是各种原料中营养物质含量和介质中毒害物质(无机盐类)含量的多寡。这也是生化成烃和地化成烃作用的根本性区别之一。

3.2.3 原油厌氧降解再生甲烷的碳同位素特征

作者做了三件原油的人工降解实验(外加一个人工驯化菌种和接种物),它们的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值相差较大(-50.05‰、-59.00‰、-76.11‰)。根据分析表中的碳同位素数据,这可能代表着三种不同的情况:A是未加外来菌种(人工驯化的)而只有本源菌种的原油所生成的甲烷同位素最轻, $\delta^{13}\text{C}_1$ 为-72.41~-76.11‰;B是驯化菌种本身生成的甲烷最重, $\delta^{13}\text{C}_1$ 为-50.05‰;C是原油中即检测有本源菌种,又加入了驯化菌种,这两类细菌混合作用于原油生成的甲烷,其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值介于中间(-59.00‰)。如何解释这种现象呢?我们反复研究了成都沼气所过去做的数批发酵实验数据后发现,不论是现代植物、现代淤泥,还是不同地质时代的泥岩、泥类、褐煤、烟煤以及原油,发酵模拟实验所产的甲烷其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值基本上都落在-48.0~-53.0‰之间(38件 $\delta^{13}\text{C}_1$ 数据平均值为-50.73‰),这和我们此次实验中使用的菌种所产的甲烷 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值-50.05‰一致。这可能是人工驯化菌种单一并只适应某种培养基

的结果。而原油中的本源菌种又是另一类菌种并适应另一种营养液的结果。这是否可以说明不同菌种和营养物是生成甲烷有不同碳同位素值的原因？这个问题尚待做进一步的研究。

4 再生型生物天然气的前景

(1) 现有资料表明, 我国的再生型生物天然气分布十分广泛, 可供勘探的地区很多, 是大部分老油区增加天然气储量的重要对象, 也是一大批中、小盆地(尤其是浅层煤盆地)比较现实的勘探对象之一。

我国东部各个油区浅层油藏占有重要的地位, 在许多地方都已发现了氧化降解型天然气和再生型生物气这两类天然气。前者主要和氧化降解的重油共生, 后者既可以和重油共生也可以和一般原油共生, 已有确凿资料证据的油层厌氧菌解再生生物气藏就有数十处之多(见表4), 其储量有的可达数亿立方米至十几亿立方米。但这都是在过去油气勘探中当做附属品找出来的, 如按照我们的观点, 有意识地开拓这个领域, 其前景应是十分可观的。1992年, 辽河油田东部凹陷在长达60km的大范围内发现了一大批浅层东营组天然气井(一般井深千余米, 日产气数万立方米), 很可能与再生生物气有关(待落实)。至于煤层菌解再生型生物气已查明的也有二十余处(见表5), 石油部门已估算了其中之一的江西丰城煤矿的生物瓦斯储量达六十亿立方米, 这种瓦斯类型的再生生物气的勘探前景也是不可低估的。

(2) 勘探再生型生物气藏要比勘探原生生物气藏的难度小得多, 且投资少, 见效快, 并有可能成为我国生物气的主要类型。

“七·五”期间我国对原生型生物成因天然气藏的研究成果表明, 在一般地质条件下, 生物化学作用主要在浅表地带进行, 埋藏后的生化甲烷潜量所剩无几, 它的成藏条件的配置也不很理想。

即早期大量生成的天然气因为没有良好的聚集保存条件而难以成藏, 而能形成象柴达木盆地涇湖地区第四系生物气藏(已探明储量亿立方米)的那种特定成藏条件(高盐度水介质条件下快速沉积并埋藏, 造成对生成甲烷有强烈的早期抑制作用, 生化作用延迟到地下适当深度或在漫长地史中缓慢生气, 才对天然气的聚集成藏具有积极地质意义), 在我国只限于少数几个地区(柴达木、渤海中部凹陷、南海的雷-琼盆地……等), 尤其是海域勘探的风险大, 成本高, 相对而言, 再生生物气的成藏条件要优越的多, 浅层油藏已经具有的圈闭和储盖条件对于晚期生成的再生生物气是很理想的成藏条件, 这也是各地普遍发现再生生物气的重要原因之一。我们初步总结了有利于再生生物气形成的有利地质条件是: I. 浅层中-低成熟度的油层(特别是重油)煤层存在, 并有生物甲烷显示的地区; II. 封闭的地层水, 并特别排斥高浓度硫酸根离子的存在; III. 可能还有晚近地质时期的火山活动地带; IV. 不受原始有机质类型的限制等等。尽管目前的探明储量尚未超过原生生物气, 但其资源量无疑大大超过它, 在未来年代是有可能成为我国生物气藏的主要资源类型和浅层勘探的重要领域。

(收稿日期: 1993年7月12日)

表 4 中国东部若干含油盆地厌氧细菌降解原油新生成的生物天然气藏实例

地区(油气田名称及井号)	层位	井深(m)	天然气成分及碳同位素组成										原油性质						井号、井段	水型	备注		
			C ₁ (%)	C ₂ (%)	C ₃ (%)	C ₄ (%)	C ₅ ⁺ (%)	(O ₂)(%)	N ₂ (%)	δ ¹³ C ₁ (‰)	δ ¹³ C ₂ (‰)	δ ¹³ C _{CO₂} (‰)	存在状态	密度(g/cm ³)	粘度(mPa·s)	凝固点(℃)	含蜡(%)	含硫(%)				胶质-沥青质(%)	
百色	台 2 16	E ₂ 6	328.6~335.4	92.83	C ₇ ⁺ 3.93						2.92	68.6	-54.3	38.92	油气藏上方浅层气藏	0.84~0.88	6.5~26	25~35	16~27	0.13	19.75	台 15 井 1059m	δ ¹³ C数据引自戚家庆, 1990
	台 2 3 16	E ₂ 4	813~939	78.69	C ₇ ⁺ 17.65						2.87	59.99			油气藏							台 2 井	
渤海	港 1	E ₃ 1	1810~1821	98.79	0.2					0.2	0.8	-59.9	-40.77	16.45	油藏上方浅层气藏	0.9584	328.9	26	8~1	3.45	29.3	1858.3m	张忠辉, 1991
	港 2	E ₃ 3	1135~1149	98.64						1.10	0.26	56.7				0.8231	4.9	33	19	0.06	8.02		
南海	永 80	E ₃ 2	1700	88	C ₇ ⁺						3				油藏气顶气	0.9459							向嘉, 1992
	河 50	F ₃ 2	1800												油藏上方浅层气藏								
苏北	气东 9	N		96	8						5				油藏气顶气	0.91~0.92	40~135			0.73		阿 13 井 1178~1155m	张忠辉, 1991
	东 60	E ₂ 2	1138~1157.4	94.54	0.38					0.31	4.23	56.3	-36.5			油藏气顶气							
南阳	古 124	E ₄ 3	619~823		91.89					0.71	7.40	-59.46			油层上方浅气藏	0.957	38055	6~22	8.15		37.39	708~763m	张马万性, 1988
	宝 1	E ₄ 3	754~776	93.58	1.20	0.25				1.81	3.16	-59.45	-33.88										曾建远, 1988
三水	宝 7	E ₄ 3	850~853	87.87	2.29	2.56	1.93				5.35	61.02	61.02										
	阿尔善															0.8973	24.7	25	17	0.137	24	阿 3 井 1425m	戚家庆, 1992
二连	402														油藏上方浅气藏	0.8872	37.91	23	128	0.08	29.93	阿 2 井, 675m	
东海	451		341~525	89.75	0.44	0.02					9.05	-64.97			日产油 80.8m ³ 气 69.81m ³	0.7903		18	0.71	0.02	0.6	2189.4~2201.4m	张林壬
	452																						
平湖 1	N ₁	2308~2311	92.41	2.5	2.4						2.7	55.41	-29.4			0.8764							
南博丰 131	N ₁	2372~2376	22.89									-61.18								0.29			

(续表 4 接排)

中国东部若干含油盆地厌氧细菌降解原油新生成的生物天然气藏实例

(续表 4)

地区(油气田名称及井号)	层位	井深(m)	天然气成分及碳同位素组成										原油性质						水型	备注			
			C ₁ (%)	C ₂ (%)	C ₃ (%)	C ₄ (%)	C ₅ (%)	C ₇ (%)	(O ₂)(%)	N ₂ (%)	δ ¹³ C ₁ (‰)	δ ¹³ C ₂ (‰)	δ ¹³ C _{CO₂} (‰)	存在状态	密度(g/cm ³)	粘度(MPa·s)	凝固点(℃)	含蜡(%)			含硫(%)	胶质+沥青质(%)	油井号
辽东	杜 613	S	705	84.26	0.01					0.80	14.86	65.98			0.92 ~0.95		7.5	21.5	0.12	29.27		杜 12 杜 605	δ ¹³ C 数据引自黄福堂, 1991
	江 37-5	SG	551~572	89.76						0.31	9.68	67.25	油藏气	0.9118	178.4	1.5	23.0		28.6		江 37 井		
	莱 63	S	589.6~625	91.89	0.06					0.19	7.64	59.02		0.9220	200.7	6	28.3	0.17	26.6		莱 65 井		
辽河	葡浅 1	H	401.8~411.2	93.05	0.94	0.21	0.89			0.21	4.82	-58.72 - 33.72	稠油环气藏									NaHCO ₃ 水型	
	喇 102	S	839.2~874.4	97.49	0.64	0.53	0.38	0.04	0.15	0.74	-55.89			0.854	14.68	22	22.23	0.02	14.5			NaHCO ₃ 水型	
盆地	扶 101	F	145~245										痕少量稠油、天然气	0.93 ~0.98	2700	6~15	6.9		39.5				
	红气 20	H	386	93.16	0.18							-34.3 - 32.96	红气 18井数据浅层气									NaHCO ₃ 水型 11266mg/l	
辽地	红 201	S	1185.6~1216.0	93.42	C ₇ 1.42					1.97	3.10	-50.46 - 33.91	油藏气顶气	0.885	36.8	19	17.2 ~ 20.1				红 12 井		
	金 6	G	1740~1756	73.34	6.92	6.08	2.38	0.89	0.12	10.28	-58.7		油藏潜解气	0.8793	19.9	35.5	27.4		14.7		金 71 井	NaHCO ₃ 水型	

表5 厌氧细菌降解煤层新生成的生物天然气实例

煤 矿 名 称	深度 (m)	层位	气 体 成 分				R°%	$\delta^{13}\text{C}_1\%$
			N ₂ %	CO ₂ %	C ₁ %	C ₂ %		
辽宁顺老虎台	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					1.00	-57.20
河北开滦赵各庄八煤	639.8	CP	4.27	0.26	95.91		0.82	-66.90
河北唐山气2井		CP						-70.30
河北峰峰		CP						-65.59
河南鹤壁二矿	220	P _{1s}	64.20	0.82	34.98		1.77	-55.3
河南鹤壁六矿		P _{1g}	8.09	0.51	91.38			-63.40
陕西吴堡		P _{1s}	2.62		97.30	0.42		-55.2, -60.7
内蒙海勃湾		C _{3t}	97.47		2.43	0.10		-59.90
安徽淮北芦林	383	P _{1x}	3.57	0.73	95.69		0.90	-60.40, -58.34
安徽淮北袁庄		P _{1x}						-73.65
安徽淮南一矿十一煤		P _{1x}					0.82	-72.27
安徽淮南潘集二矿	500	P _{1x}					0.83	-66.80
浙江长广一矿	249	P _{1x}					0.76	-58.09
江苏园田		P _{1x}						-54.94
江西丰城平湖矿	252	P _{2t}	6.03		93.58	0.43	1.47	-54.80
贵州水城三五矿		CP						-55.83
广西田东煤矿	21	E	12.24	1.32	84.48			-68.04
安徽淮南一矿十三煤	550	P _{1x}					0.82	-58.09

(根据张义纲,1991;戴金星,1986;吴俊,1989;李赞豪,1985)

参 考 文 献

- 1 张义纲. 天然气的生成聚集和保存. 南京: 河海大学出版社, 1991
- 2 徐永昌. 一种新的天然气成因类型——生物热催化过渡带气. 中国科学(B辑), 1990, (9): 975~980
- 3 胡锡麟. 天然气成因类型的划分与判别. 全国第五届有机地球化学学术会议论文, 1992
- 4 惠荣耀. 一种值得重视的天然气类型. 天然气工业, 1991, 11(1): 1~5
- 5 戴金星. 我国煤层气组份碳同位素类型及其成因和意义. 中国科学(B辑), 1986, (12): 1317~1326
- 6 吴 俊. 中国煤层烃类气体组份 δ 地球化学特征. 中国科学(B辑), 1989, (9): 971~981
- 7 李赞豪. 甲烷碳同位素在天然气勘探中的应用. 石油与天然气地质, 1985, 6(4): 426~433
- 8 戴家庆. 广西百色盆地浅层气简介. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 346
- 9 张忠辉. 石油与天然气地质文集. 北京: 地质出版社, 1991
- 10 曾观运. 广东三水盆地烃与非烃气体的成因. 石油与天然气地质, 1988, 9(4): 365
- 11 向 奎. 济阳拗陷天然气地质特征及勘探方向. 天然气工业, 1992, (5): 13~19
- 12 戴金星. 各类天然气的成因鉴别. 中国海上油气, 1992, 6(1): 11~19

**A NEW TYPE OF SHALLOW NATURAL GAS WITH
BROAD EXPLORATION PROSPECT
—THE REGENERATED BIOGENIC GAS FROM OIL
RESERVOIR AND COAL SEAMS
BY THE DEGRADATION OF ANAEROBIC BACTERIA**

Li Zanhao

(Comprehensive Party of Petroleum Geology, MGMR)

Abstract

The biogenous natural gas of regenerated type is a widespread shallow natural gas which is a regenerated energy source by the degradation of the anaerobic bacteria (mainly-methane-generated bacteria) from shallow oil reservoir and coal seams under a reduction condition. Such an understanding breaks through the conception that biogenic natural gas could only be discovered in shallow unmaturing players, and expands the exploration field-into oil-bearing and coal-bearing basins and even some salt-bearing and alkali-bearing basins, which are attributed to shallow buried and thermal mature type. So this kind of shallow natural gas would be a significant prospecting and can probably become a main resource type of biogenic gas of our country in the future.