

天然气中硫化氢的成因和预测

王新洲 李 丽 刘守义

(胜利油田地质科学研究院)

天然气中的硫化氢分别起源于生物化学作用、热化学作用、岩浆作用。含硫有机化合物的热分解和硫酸盐的热还原,是硫化氢的最主要来源。

胜利油田某些地区的天然气中含有 H_2S ,有些井的含量还比较高,甚至给钻探和天然气的开发利用带来一定困难。因此, H_2S 的成因、分布、预测和利用等问题,引起了人们的普遍关注。

组成 H_2S 的主要元素——硫,其数量在宇宙中占第9位,在地球中占第6位,在地壳中占第15位^[1,2]。硫在地壳中的重量百分数为0.052%^[3],它主要以金属硫化物、硫酸盐、氧化物、单质硫、含硫有机化合物以及硫化氢等形式存在。硫在有机体内的平均含量为0.05%^[2]。不同生物体的含硫量差别很大,例如,有的藻类高达1%^[4],是生物体平均含硫量的20倍。这些有机和无机含硫物质,为 H_2S 的形成提供了极其广泛而丰富的物源。

H_2S 是一种极不稳定的化合物,只有在特殊的条件下才能在地下长期保存。

一、成因

(一)生物化学成因

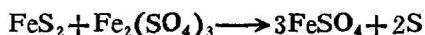
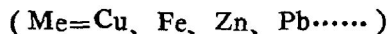
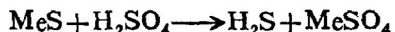
1.生物体的代谢产物和降解产物

生物体内普遍含硫。它们的代谢产物和降解产物中,有脂肪族含硫化合物(如硫醇),有芳香族含硫化合物(磺酸),有含硫的氨基酸(蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸),还有 H_2S 和硫。

当生物死亡时,生物体内的硫和含硫有机化合物与沉积物一起被埋入地下,进一步接受水解、氧化、细菌降解等各种复杂的化学作用和生化作用的改造,并伴有 H_2S 的生成。由于这些过程一般发生在地表或浅层沉积物中, H_2S 难以保存下来。而能够保存的含硫有机化合物、硫酸盐和硫,则为以后的 H_2S 的形成准备了物质条件。

2.金属硫化物的氧化产物

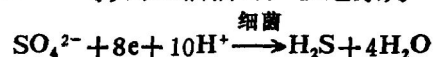
当沉积岩中的金属硫化物处于氧化条件下时,游离氧、硫酸和某些硫酸盐都可以成为它的氧化剂:



在硫化物的氧化和硫酸盐、 H_2S 、硫的形成过程中,细菌(如*Thiobacillus thiooxidans*和*Thiobacillus ferrooxidans*)起着重大作用^[2]。С.И.Кузнецов(1962)等通过实验证实,在细菌参加下,黄铁矿和黄铜矿的氧化速度,要比纯化学氧化快的多。这种氧化反应只能发生在上升剥蚀区的风化带和该带物源供给区的沉积岩氧化带。因此,所形成的 H_2S 很快会被消耗,无法保存下来。而硫酸盐和硫则可保存下来,成为以后地层中 H_2S 形成的一种物源。

3. 硫酸盐的还原产物

硫酸盐以及油田水中的 SO_4^{2-} 在厌氧条件下和有机质参与下,通过硫还原菌(如*Desulforibrio*和*Desulfomaculum*等)的生活活动,被还原为 H_2S ;



自然界中的石膏、硬石膏通过还原形成碳酸钙和 H_2S 就是一例^[2,5];

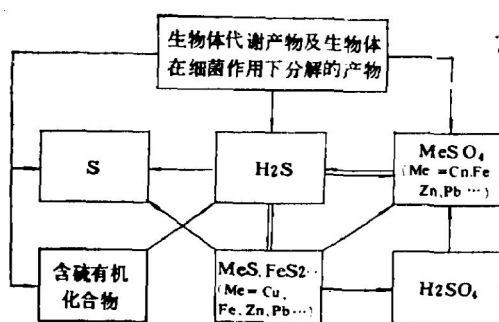
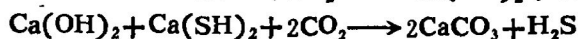
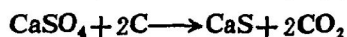


图1 硫化氢的生物化学成因示意图

这种还原反应,随着埋深的增加而减低,因为在温度高于70℃时,硫酸盐还原菌的活性已经降低^[5]。还因为 H_2S 具有毒性,当其含量小于1%时就足以限制细菌的活动。因此,硫酸盐的细菌还原作用不能在浅层油气藏中产生高浓度的 H_2S ^[6,7]。由生物化学作用产生的 H_2S ,其含量一般不超过0.1%,甚至可能低到0.01%^[7]。

(二) 热化学成因

随着井深和地温的增加,细菌作用退居次要地位。在生成 H_2S 的化学反应中,起主导作用的已不是细菌,而是温度,包括不稳定含硫有机化合物的热化学分解和硫酸盐的热化学还原。这是天然气中 H_2S 的最主要的成因和来源。这不仅为 H_2S 热化学成因的人工模拟试验所证实,而且在地层中找到了地质证据。

1. 不稳定含硫有机化合物的热化学分解

为证实地层中热化学成因 H_2S 的生成,我们曾用罗3井含I型干酪根的300g泥岩和等量泥岩再加50g硬石膏的混合样两种样品,在密封充氮的高压釜中作人工模拟对比试验。每个试验做4天,每天取1次气样。试验结果如表1所示。泥岩本身不纯,经X衍射分析,含有约4.5%的石膏和硬石膏。所以在1号釜泥岩样生成的 H_2S 中,含有硫酸盐热化学还原生成的 H_2S 成分。但是,所生成的 H_2S 气体很可能并非完全是由于石膏或硬石膏热化学还原生成,还应该包括泥岩中不稳定含硫有机化合物热分解生成的 H_2S 。而2号釜在高温下 H_2S 生成量的增加,显然是混入硬石膏的结果。

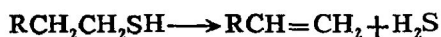
D.J. Saxby(1973)也曾用 Fe^{+2} —胱氨酸络合物做过人工成岩模拟试验。试验结果表明,从温度低于100℃开始, Fe^{+2} —胱氨酸络合物中的大部分硫都可以形成金属硫化物^[8]。这些金属硫化物的生成,正是在模拟试验中,由金属—胱氨酸络合物生成的 H_2S 与

表1 模拟试验气体分析数据表

编 号	釜 号	岩 样	温 度 (℃)	时 间 (h)	生 气 量 (ml)	气 体 组 分 (%)						
						N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ ⁺	H ₂ S
1	1	泥 岩	120	0—24	1034	4.85	85.12	9.95	0.03	0.05		
3	1	泥 岩	240	24—48	278		64.92	16.56	5.93	5.29	6.61	0.96
5	1	泥 岩	360	48—72	3295		66.78	19.83	0.09			13.30
7	1	泥 岩	360	72—96	195	0.75	77.75	11.64	0.12	0.07		9.68
合 计					4802							
2	2	泥岩+石膏	120	0—24	1128	2.82	86.88	10.21	0.03	0.03		0.04
4	2	泥岩+石膏	240	24—48	204		68.12	14.48	5.01	4.91	6.88	0.60
6	2	泥岩+石膏	360	48—72	2307		46.22	34.83	0.56	0.09		18.30
8	2	泥岩+石膏	360	72—96	1345		83.69	6.00	0.07	0.05		10.19
合 计					4984							

金属离子反应的结果。

在济阳坳陷不成熟生油岩的氯仿抽提物中，含氧、氮、硫的非烃化合物很多，有的高达70%以上。当其演化为成熟生油岩时，非烃含量大大降低，有的低达30%以下。这说明非烃随地温增加而不断分解。开始可能有细菌参加，属生物化学反应，而后来地温较高时，则纯属热化学分解反应。其中不稳定含硫有机化合物可分解出H₂S。在本区，反应高峰应在接近门限值以前。对东营凹陷来说，地温应低于93℃，深度浅于2200 m。Khanh Le Tran曾指出，当含硫有机化合物埋深到地温超过80℃（东营凹陷的对应深度是1850 m）时，可能由于C-S或S-S键发生断裂而生成H₂S。例如，硫醇的热分解可能生成H₂S^[9]：

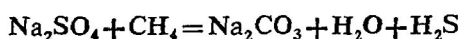


但是，不同的含硫有机化合物，热分解的温度等条件是会有差别的，分解过程也比较缓慢，少数可延续相当长的时期。根据宋一涛（1982）对济阳坳陷45口井的分析资料，在井深达到3290 m（地温144℃）的地层中，仍然有微量的含硫氨基酸存在。因此，这一深度可视为不稳定含硫有机化合物热化学反应接近消失的下限。

上述事实也证实了G.I. Amursky等的如下论断：H₂S含量为0.1—5%的气藏，通常是在1700—2600 m的深度范围内发现的。在2600—3400 m深处，大多数气田的H₂S含量又明显地再次下降到0.01—0.3%，虽然偶尔也出现百分之几的H₂S含量。由于H₂S是在运移和聚集过程中保存下来的，其原始生成带深度有时会受到相当明显的歪曲^[7]。

2. 硫酸盐的热化学还原

表1表明，当模拟试验的温度达到360℃时，2号釜样品生成的H₂S显著高于1号釜。这显然是由于泥岩中增加了硬石膏的结果，证实了硫酸盐在高温下可以被有机质还原成H₂S。这就是含硫酸盐的深部地层大量生成H₂S的主要原因。例如^[15]：



事实上，世界上大多数含H₂S的气田，都集中分布在3000—3500 m深度以下。其原

因之一,就是硫酸盐热化学成因的 H_2S 需要高温才能生成^[7]。

蔡元吉(1984)曾在高温热液条件下,做过硬石膏转化为黄铁矿的模拟试验,获得了黄铁矿和磁黄铁矿^[10]。这一试验也间接证实了石膏在高温热液条件下,同样也可以转化为 H_2S 。

在罗3井以及东风5井沙河街组4段2871—3179 m井段的20块样品中,得到了硫酸盐热化学还原生成 H_2S 的地质证据。通过手标本和偏光显微镜及扫描电镜的观察发现,在含硬石膏地层中,普遍存在白云石、铁白云石、方解石和黄铁矿交代硬石膏的现象,有时在白云石和黄铁矿中,还有被交代的硬石膏残余存在(见图版I和I-5)。为了使观察到的现象有更可靠的证据,还对一些不易辨别的矿物做了扫描电镜的能谱分析和X射线衍射分析。这些地质现象是硬石膏在有机质的参与下,生成碳酸盐和 H_2S 后留下的地质证据。此外还发现,个别样品含有自然硫(图版I-6)。这是 H_2S 与地下水

表2 交代矿物的 $\delta^{13}C$ 特征

井名	井深 (m)	矿物名称	样品数	交代程度*	$\delta^{13}C$ (PDB, 平均值,‰)
罗3	2870.5—2882	灰—深灰色泥岩	2	+++	-6.60
罗3, 东风5	2872—3156	深灰色灰质硬石膏	7	++	-6.06
罗3, 东风5	2874.1—3126	灰色泥膏或膏泥岩	3	+	-4.23
罗3	2878.1—2931	深灰或灰褐色泥岩	3	-	-3.07

* 系指在偏光镜下观察白云石、方解石等交代硬石膏的程度,“+++”为完全交代,“++”为交代明显,“+”为有交代,“-”为未发现交代。

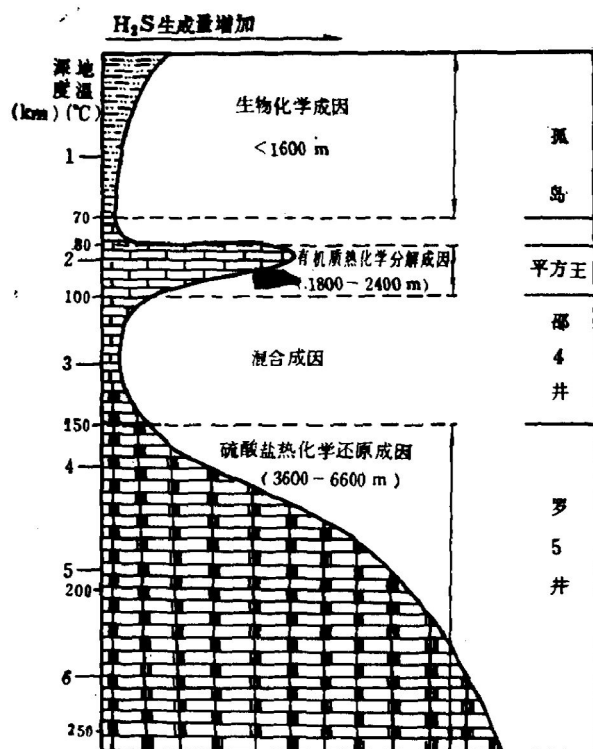


图2 硫化氢生成阶段划分示意图

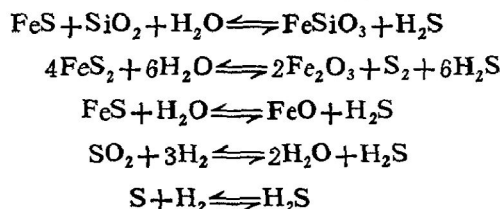
中的氧进一步发生反应的结果。当新生成的碳酸盐的碳含有来自有机质的碳时,因有机碳的 $\delta^{13}C$ 值要比无机碳低得多,据此可用交代矿物碳同位素值的变化与交代程度的关系,来推断是否在地层中存在有机碳还原硫酸盐的反应。结果如表2所示。

从表2可以看出, $\delta^{13}C$ 相差不多,说明碳酸盐中的碳主要是来自地层中的无机碳。但它又与交代程度密切相关,交代程度越明显, $\delta^{13}C$ 值越低,说明有机碳参与了交代过程。

(三) 岩浆成因

岩浆活动使地壳深处的岩石熔融,产生含 H_2S 的挥发成分。因为地球内部硫元素的丰度远远高于地壳,因此火山喷发产物中,往往含有大量含 H_2S 的气体。但是,这种火山气体中, H_2S 的浓

度是极不稳定的，可以很高（如那须茶臼岳和谢维乌奇火山喷出的气体，扣除水分后， H_2S 含量分别占所剩气体的 37.5% 和 61%^[10]），也可以很低，甚至没有。它在很大程度上取决于岩浆的成分。显然，对岩浆中的 H_2S 的形成，起主导作用的是如下反应^[5]：



火山喷发时产生的 H_2S 是无法保存下来的。但是，岩浆侵入地层而未喷出地表时产生的 H_2S ，在特定的运移和储存条件下，也有可能保存下来。

二、控制运移、聚集的主要因素和预测方法

H_2S 是一种很不稳定的强还原剂，在运移中将大量消耗。能否和天然气一起聚集并保存下来，除天然气的一般运移、聚集规律也完全适用外，主要受下列因素控制：

1. 成因类型及生成量

必须有足够的 H_2S 的生成量，并且在运移聚集中生成供给量大于消耗量，才有可能与其它天然气成分一起聚集保存下来。

生成 H_2S 最丰富的，是深层巨厚蒸发岩中硬石膏的热化学还原。其次是较深的巨厚碳酸盐中含硫有机化合物的热化学分解。浅层生物化学成因的 H_2S 是有限的。至于岩浆活动生成的 H_2S ，并不具普遍意义，亦难保存。

2. 深度与地温

深度与地温，和 H_2S 的成因、聚集关系密切。参照苏联含 H_2S 气藏在纵向上的分布规律^[9]，结合考虑不同成因 H_2S 的形成温度，以及运移、聚集等有关条件，我们认为济阳拗陷深度为 3600—6600m、地温为 150—250℃ 的层段，是聚集含 H_2S 天然气的最佳地带。在生储条件具备的前提下，有可能找到高含硫的（ $\text{H}_2\text{S} > 5\%$ ）或中含硫的（ $\text{H}_2\text{S} = 1—5\%$ ）天然气。这不仅因为这一地温条件是硬石膏热化学还原生成 H_2S 的最佳条件，而且还因为，当地温达到 200℃ 时， H_2S 溶解度接近最小值，溶解在地层水和油中的量最小。在 150—250℃ 的温度范围内， H_2S 的溶解度没有明显的变化^[7]。

地温 80—100℃，深度 1800—2400m，为寻找碳酸盐中含硫有机化合物热化学反应生成 H_2S 的有利层段。在其他条件具备的前提下，可能找到中含硫的或含硫的（ $\text{H}_2\text{S} = 0.3—1.0\%$ ）天然气。

在地温低于 70℃、深度小于 1600m 的浅层，一般只有实际上无 H_2S 的（ $\text{H}_2\text{S} < 0.0014\%$ ）或低含硫的（ $\text{H}_2\text{S} = 0.0014—0.3\%$ ）天然气。

不同的沉积盆地，有不同的地质发展经历和岩石组合。因此，上述垂向分布模式会有相应的变化，有的会打破界线互相交错。

3. 地层岩性

组成地层的岩性不同，对 H_2S 的消耗量也大不相同，主要受下列因素控制：

（1）某些重金属矿物的含量 很多含重金属（如 Fe、Co、Ni、Cu、Pb 等）特别

是含铁的矿物, 当与 H_2S 相遇时, 就立刻发生反应, 生成金属硫化物, 从而消耗 H_2S 。一般来说, 碎屑岩, 特别是泥岩, 能与 H_2S 反应的重金属矿物含量丰富; 而碳酸盐岩, 这种矿物较少。但这一差别也不是绝对的, 例如从页岩递变到中粒和粗粒砂岩时, 氧化铁的含量实际上大大减少了。有时碳酸盐岩中铁的含量还超过砂岩中的含量^[6]。

(2) 地层岩石孔隙的影响 碳酸盐储层的总比表面比碎屑岩储层平均小 1—2 个数量级, 如果只考虑高孔隙碳酸盐的比表面 (主要含气), 那么这个差别可达 3—4 个数量级^[6]。因此, H_2S 与碳酸盐中重金属矿物接触的机会最少, 生成金属硫化物所消耗的 H_2S 也最少, 对 H_2S 的运移和保存更为有利。碎屑岩储层恰好相反。

4. 储层位置和运移距离

在正常情况下, H_2S 的运移距离越长, 沿途消耗 (形成金属硫化物) 和散失就越多, 对聚集也越不利。因此短距离运移有利, 自生自储就更有利。

5. 地下水

H_2S 溶于水并发生电离, 从而造成金属硫化物形成的必要条件。当水中有氧时, H_2S 很容易被氧化成硫沉积下来。因此当地层中存在与大气相通的地下水时, 将使 H_2S 通过上述两种方式被大量消耗, 对运移聚集不利。

对上述控制 H_2S 运移、聚集的诸因素进行综合分析后, 可以看出, 硫酸盐-碳酸盐储层是含硫天然气最有利的聚集场所。实际上, 已知世界上有 400 个以上的含硫气田是在含硫盆地中, 有 90% 以上 (包括高 H_2S 含量的气田) 是与碳酸盐有关的^[6]。根据这些控制因素, 还可以进一步归纳出一种含 H_2S 天然气的预测表 (表 3)。

由于 H_2S 的特殊不稳定性以及各种控制因素的制约, 它在沉积盆地的储气层中的分布是不均匀的。

表 3 含 H_2S 天然气的典型综合预测指标

含 H_2S 天然气的类型	H_2S 的主要成因类型	储层地温和深度	储层及运移途径的岩性	储层位置及运移距离	地下水
高含硫的或中含硫的	硫酸盐的热化学成因	150—250℃ 3600—6500m	巨厚蒸发岩—碳酸盐岩组合	自生自储	具封闭型地下水
中含硫的、含硫的或低含硫的	含硫有机化合物的热化学成因	80—100℃ 1800—2400m	巨厚碳酸盐岩	自生自储或短距离运移	具封闭型地下水
含硫的或低含硫的	上述两种热化学作用的过渡区	100—150℃ 2400—3600m	主要为碳酸盐岩, 含石膏	自生自储或短距离运移	具封闭型地下水或活动性较差的地下水
实际上无 H_2S 的	生物化学成因	<70℃ <1600m	碎屑岩	自生自储或有不同程度的运移	地下水活动较差或与地表相通

三、不同成因类型的实例

根据 H_2S 的含量, 苏联学者把含 H_2S 的天然气划分为如下类型^[7]: 实质上无 H_2S 的 ($H_2S < 0.0014\%$)、低含硫的 (H_2S 为 0.0014—0.3%)、含硫的 (H_2S 为 0.3—1.0%)、中含硫的 (H_2S 为 1—5%) 和高含硫的 ($H_2S > 5\%$)。按这一分类, 胜利油田目前发现的各油气藏的天然气 (个别单井除外), 基本上都应归在“实质上无 H_2S 的”一类里,

只有平方王够低含硫的级别，此外有个别单井可达高含硫的级别。

1. 生物化学成因类型——孤岛油气藏

产气层为 Nm 和 Ng, 多数井深为 900—1100 m。产气层有效厚度 6 m, 为细粉砂和泥质粉砂岩。H₂S 含量为 0.1—1.15 mg/m³, 平均为 0.59 mg/m³。从烃类组成分析, 显然是干气, 因此有人认为是自生自储的生物成因气。但是碳同位素值却在 -42‰ 左右, 应属于伴生气和凝析气之间的过渡气。孤东、孤北和孤南 Nm-g 层的天然气亦在此范围之内 (表 4)。这两个相互矛盾的结论, 不难从具体地质情况的分析中得到解释。孤岛中部上第三系馆陶组直接与奥陶系、南缘局部与石炭二叠系不整合接触。北坡陡, 在 2600m 以下沙 4 段与中生界不整合接触。深部断层发育, 与馆陶组相通。中生界和古生界的煤层均发育 (图 3, 4)。如桩古 9 井, 据电测解释, 侏罗系、石炭系和二叠系, 自 3717 至 4245m, 厚度大于 1m 的煤达 18 层计 60m。根据埋深推测, 全区从气煤、肥煤—

表 4 天然气综合分析数据表

油气藏名称	层位	平均井深及井段 (m)	CO ₂ +H ₂ S (%)	δ ¹³ C (‰)	$\frac{C_1}{C_{2+3}}$	$\frac{C_1}{\sum C_{1-5}}$
胜坨	Nm	1032±57	0.21(16)	-46.89(8)	825 (16)	0.9985(16)
	Ng	1169±91	0.18(9)	—	831 (9)	0.9937(9)
	Es ₁	1764±54	0.43(8)	-44.47(4)	58 (8)	0.9553(8)
	Es ₂	1899±15	0.78(2)	-49.80(1)	6.7(2)	0.8065(2)
孤岛	Nm	1002±189	0.31(35)	-42.48(9)	411 (35)	0.9915(35)
	Ng	1160±30	0.31(15)	-41.95(2)	378 (15)	0.9883(15)
平方王	Es ₁	1386±24	13.10(8)	—	22.03(8)	0.9500(8)
	Es ₄	1473±35	63.77(11)	-48.24(3)	11.64(11)	0.8810(11)

数据为平均值, 括号内为样品数

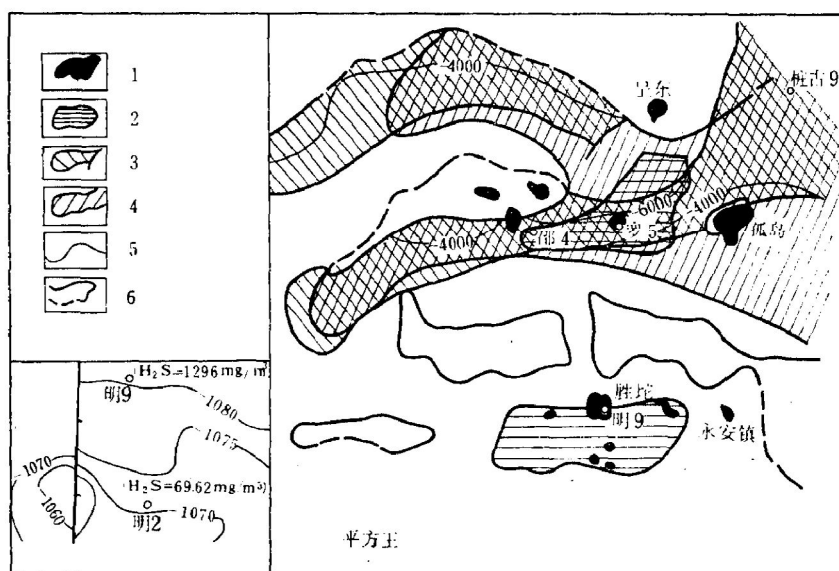


图3 济阳坳陷天然气、煤和硬石膏分布图

1—天然气藏, 2—沙四段硬石膏层, 3—石炭二叠纪煤系, 4—侏罗纪煤系, 5—煤层等深线(m), 6—凸起边界

直到贫煤都有。距孤岛越远,埋藏越深,变质程度也越高。曾生成过数量可观的煤成气,又有断层做通道,因此可以运移至Nm-g层。但是浅层本身也有少量生物成因的天然气。这两种气都是干气,碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值一个极轻,一个最重,二者混合就呈现了目前的特点。因为煤成气是以缺少 H_2S 为特征的(张子枢,1983),经过运移后也不会有 H_2S 混入,因此孤岛的 H_2S 是生物成因的,孤岛Nm-g层温度一般为46—55℃,适于细菌生长,又有次生石膏存在,因此在硫酸盐还原菌参与下可以生成 H_2S 。

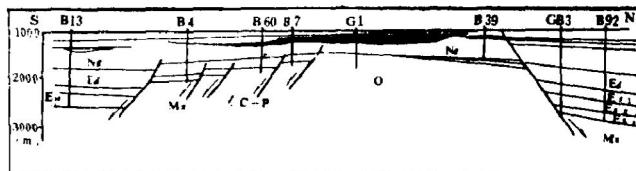


图4 孤岛油气藏南北向剖面图

总之,孤岛的浅层气以煤成气为主,混有少量自生自储的生物成因气,而其中的 H_2S 则完全是生物成因的。

2. 有机质热化学分解成因类型——平方王油气藏

目前已开发的油气层为 Es_4 , Es_4 上为灰岩, Es_4 中为砂岩,气藏埋深1400—1500 m,地温80℃。从气体成分和碳同位素值(表4)判断,应属热化学成因的气,是 Es_4 层自身产生的伴生气。 H_2S 为岩层中不稳定含硫有机化合物热分解的产物。因为 Es_4 上是灰岩,对 H_2S 的消耗很少,使剩余的 H_2S 得以在该层较多地保存下来。

3. 硫酸盐热化学还原成因类型——罗5井

据井史记载,1973年9月21日19时45分,钻至2849.4 m Es_4 含硬石膏地层时发生井喷, H_2S 含量约为5—8%,产气层相应地温为116℃。因此可以认为,该层气体中的 H_2S 是硬石膏热化学还原的产物。

4. 生物化学成因与硫酸盐热化学还原成因混合型——胜坨油气藏

胜坨的产气层主要是Nm、Ng及 Es_1 层。一般认为(张子枢,1983),天然气中 $\text{C}_1/\text{C}_{2+3}$ 在100至1000之间, $\text{C}_1/\text{C}_{1-5}$ 大于0.99时为生物成因气。按照这一标准,Nm、Ng应为生物成因气(表4)。但是如果天然气是经过长途运移后储存下来的,由于重烃在沿途被粘土矿物吸附,同样也可能使甲烷更加富集。在这种情况下,二者是难区分的,



气样取自Es₄,井深为2634—2650m。2633.5—2694m井段岩心表明,岩性为厚层生物灰岩夹薄层泥岩和少量泥灰岩,底部出现硬石膏。地温已达110℃,天然气中甲烷占69.5%,重烃占16.46%,甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-53‰,H₂S=198mg/m³(0.013%)。由此可见,该井段的天然气主要是自身产生的伴生气,H₂S是有机质热解和硬石膏热还原混合成因的产物。

四、结 论

1. 生物化学成因的H₂S,分布在地温低于70℃,井深浅于1600m的地层中。孤岛油气藏天然气中的H₂S是典型的生物化学成因H₂S,其含量为0.1—1.15 mg/m³。胜坨油气藏中的H₂S也是生物化学成因的,但有地层深处硫酸盐热化学成因的H₂S混入。

2. 有机质热化学分解生成的H₂S主要生成于地温80—100℃,井深1800—2400m的范围内。如平方王油气藏,天然气中的H₂S即为灰岩中含硫有机化合物热化学分解的产物。

3. 硫酸盐热化学还原生成的H₂S,是形成高含硫天然气的主要原因,主要生成于地温150—250℃的深度(3600—6500m)。如罗5井Es₄硬石膏层喷出的高含H₂S的天然气,就是典型实例。

4. 2400—3600m为有机质和硫酸盐两种热化学反应生成H₂S的过渡混合成因区,H₂S生成量为低值。如邵4井Es₄的天然气。

5. 预计在东营凹陷北部和沾化凹陷东部埋深超过3600m的Es₄硫酸盐分布区内,如果有油气藏存在,其天然气可能为高含硫的。

6. 预计井深超过1800m或地温超过80℃的,由灰岩组成的古潜山油气藏储层中的天然气,其H₂S的最大含量也可能达到含硫—中含硫的水平。

7. 济阳拗陷碎屑岩储层的天然气,一般都是实际上无H₂S的,除非有断层与深层的硬石膏层相通。

致谢:张安英、刘文芝、黄开权、张林晔、曾新英、魏庆印、李树青、殷沫、曹庆英、包于进、金江超、李素娟、于静华、崔爱芹等同志参加了模拟试验和样品分析工作,宋一涛提供了氨基酸方面的分析资料,刘保元协助拍摄了样品照片。对此,表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] A.H.布朗洛著,地球化学。张翔等译,1982,地质出版社。
- [2] 武汉地质学院地球化学教研室编,1979,地球化学。地质出版社。
- [3] 无机化学编写组编,1979,无机化学(下册)。人民教育出版社。
- [4] 中国科学院地球化学研究所译,1983,沉积矿床有机地球化学(译文集)。科学出版社。
- [5] A.K.Иванов,1982,天然气中的硫化氢。李濂清译,1984,地质地球化学,第4期。
- [6] I.P.Zhabrev等,1979,天然气中H₂S分布的预测。李祐佑译,1980,第十届世界石油会议报告论文集。
- [7] G.I.Amursky等,1983,苏联天然气中的有用组分。刘方槐译,1984,第十一届世界石油会议报告论文集,石油工业出版社。
- [8] J.D.Saxby,1973,沉积物中金属—有机络合物的成岩作用——由胱氨酸络合物形成的金属硫化物。汪本善等译,1983,沉积矿床有机地球化学(译文集),科学出版社。
- [9] 蔡元吉,1984,中国地质科学院南京地质矿产研究所刊,第5卷,第4期。
- [10] 野津亮治,1984,地质地球化学,第7卷,第2期。

THE GENESIS AND PREDICTION OF H₂S IN NATURAL GAS

Wang Xinzhou Li Li Liu Shouyi

(Geological Research Institute of Shengli Oilfield)

Abstract

H₂S in natural gas can be produced by biochemical process, thermochemical process or magmatism. The decomposition of sulphur-bearing organic matter and the reduction of sulfate in higher temperature are the main geneses of H₂S. Simulating test made by the authors indicates that sulfate can produce H₂S in higher temperature. Some evidences found in rock samples show that carbonate and pyrite replaced anhydrite and formed H₂S. It is predicted that natural gas at the depth of 3600—6600m in the Jiyang Depression has the highest content of H₂S.

国家“六五”科技研究项目《东海地质构造特征及 油气资源研究》在沪通过评审验收

由地质矿产部海洋地质调查局承担的“六五”国家科技研究项目《东海地质构造特征及油气资源研究》，于1986年末在上海通过评审验收。评审会由国家科委新技术局和地质矿产部科技司、石油地质海洋地质局共同主持，有国家科委、地质矿产部、石油工业部等16个单位24名专家参加。

此项研究始于1981年。整个研究工作充分利用我局和兄弟单位的资料，解释了地震、重力、磁力和测深等总计约50多万公里的资料，采集了地层、微古生物、油气等各类化验鉴定样品近8000块，分析数据5万多个。按照区域大小、调查程度差别，分别编绘了东海的研究程度、重力、磁力、构造、地形地貌和区域构造、地层、岩相、油气及综合评价等一整套不同比例尺（东海1:100万、大陆架1:50万、浙东和台北坳陷1:20万、有利构造1:10万）的系列图件，这次提交评审的总报告及五个专题报告附图为101幅，提交的浙东坳陷一批阶段性研究报告附图85幅。在研究过程中密切结合生产，为生产服务的有关专题调查报告和井位建议等各类报告共54份。

通过此项研究，取得了丰硕的地质成果和良好的经济效益。①根据大量的古生物资料，建立了完整的东海陆架盆地新生代地层层序，首次发现了海相下第三系；②划分了东海大地构造单元，研究了盆地的发展演化史；③通过“灵峰一井”发现的16.8亿年的古老变质基底，对东海的大地构造属性和古地理环境提出了新的见解，丰富了中国大陆边缘地质研究内容；④发现和圈定了18个大型构造带，共208个局部构造；⑤根据钻井资料，确定了东海陆架盆地有多层生油岩系，总结和探讨了东海的油气富集规律，计算了油气资源量；⑥自1980年以来，在龙二、龙四、平湖、玉泉、灵峰、天外天等构造上钻探了7口油气普查井，其中4口见到了工业性油气流或天然气流，其它几口井均见到了原油或天然气流，发现了平湖油气田和两个大型含气构造，显示了东海的良好油气远景，其探井成功率达到了国内外先进水平，取得了显著的经济效益。

评审会认为：“该研究项目全面系统地总结了十多年来我国在东海进行的海洋地质调查和石油普查成果，它不仅是一份具有国内先进水平的研究成果，而且还是一份油气普查阶段的高水平的总结报告，其经济效益在国内外是领先的。”评审委员们还对加速东海油气勘探开发发表了许多宝贵意见。

(卢林松)