

中国含硫化氢的天然气分布 特征、分类及其成因探讨

戴金星

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

研究天然气中硫化氢,特别是研究高含硫化氢的天然气,一方面不仅是油气钻探安全工作的重要一环,对气井油管与集输管线防止“氢脆”提供依据和采取防腐措施,而且从其中能回收硫磺资源;另一方面在一定条件下,天然气中硫化氢含量多少还可作为气源对比的一个标志。故研究天然气中的硫化氢,在实践上和理论上均有重要意义。

我国天然气中硫化氢含量有无与高低,明显受储集层的岩性控制,在碎屑岩里天然气中硫化氢含量很低甚至没有,而碳酸盐岩中的则较普遍有硫化氢,有时很高。我国天然气中硫化氢含量大于1%的全在碳酸盐岩中(图1),地层层位上有震旦系(灯影组)、奥陶系(南津关组)、二叠系(茅口组、长兴组)、三叠系(飞仙关组、嘉陵江组、雷口坡组)和下第三系(孔店组、沙河街组)。含量大于1%硫化氢的气目前仅在四川盆地和渤海湾盆地发现。我国天然气中硫化氢含量平均大于1%气藏的储量占全国气层气储量约1/4,它是我国目前硫磺生产的主要来源之一。

我国碎屑岩和碳酸盐岩赋存天然气中硫化氢含量、分布特征

1. 碎屑岩中天然气硫化氢

我国目前发现气藏的储集层在上三叠统及较晚的地层中,以碎屑岩占绝对优势,在古生界中仅只在下二叠统中有少量碎屑岩储集层,我国气层气储量32.1%在碎屑岩中^[1]。由于碎屑岩中气的硫化氢含量很低,大部分几乎没有,故其采出后都没有经过脱硫直接输供民用或工业用。由于其含量绝大多数在民用标准界限之下(20毫克/米³),故我国碎屑岩气中硫化氢含量普遍很少单独测定之,多数仅分析酸性气(H₂S+CO₂)。但有些层位还较系统测定气中硫化氢含量,如四川盆地早三叠世须家河组的天然气。渤海湾盆地的一些油田也分析过气中硫化氢含量。辽河油田对碎屑岩储集层中900口井进行2800井次天然气分析证明是贫硫化氢的(H₂S含量小于4毫克/米³,即小于0.00025%)¹⁾;大港油田各区天然气中硫化氢含量也很低(表1),据414个分析数据,天然气中硫化氢含量为3.8—21毫克/米³,其中港西三区相对较高也仅21毫克/米³(0.0013%),胜利油田曾对东营、孤岛地区22口气井、15个转油站的气层气和伴生气中硫化氢含量进行了

1) 赵庆波,1983,辽河油田1982年天然气勘探成果及83—85年勘探规划。

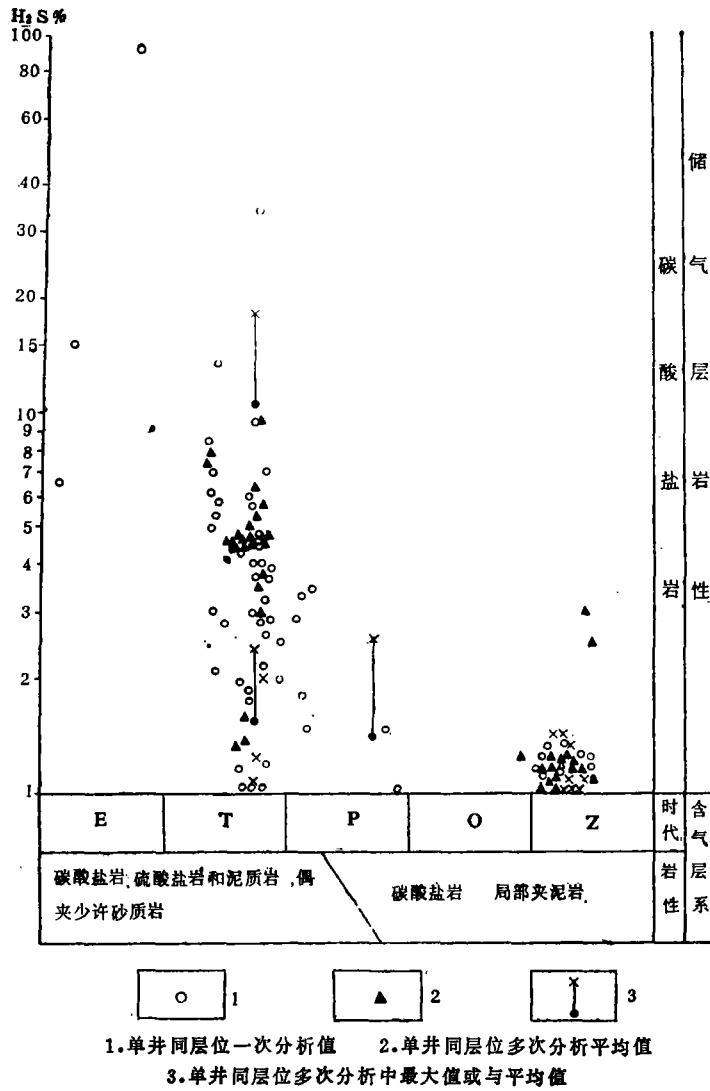


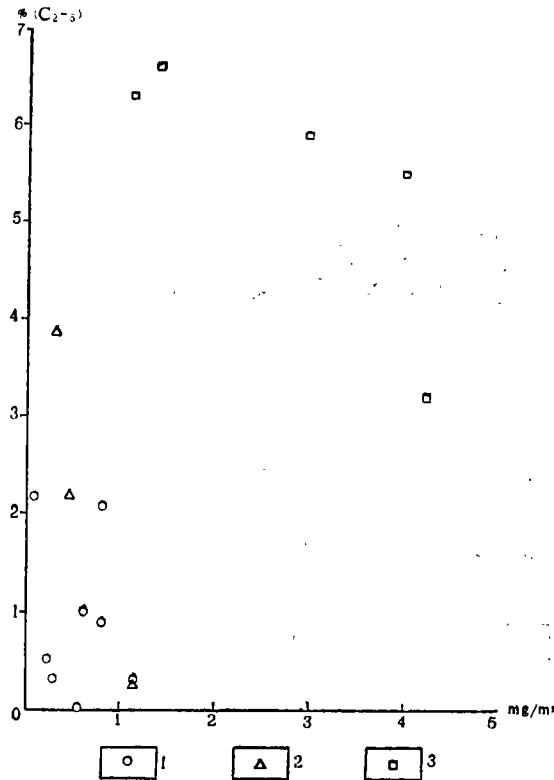
图1 中国硫化氢含量大于1%的气分布的地层系统和储集的地层组合

Fig. 1 Distributional stratigraphic sequences of sour gas (H₂S>1%) and their reserved stratigraphic composition in China

现场专项分析。虽然分析气井数不多,但由于一个转油站是汇集许多油井的伴生气的,所以这些分析成果基本代表了天然气中硫化氢含量面貌。现场专项分析结果是绝大部分硫化氢含量低于14毫克/米³,孤岛地区其含量较低,即该区气层气和伴生气中硫化氢含量均在4.22毫克/米³以下(图2);而胜坨地区气层气和伴生气中硫化氢含量相对比孤岛地区高,但绝大多数在70毫克/米³以下,一般为0.80—37.0毫克/米³,仅明9井明化镇组气层气中硫化氢高达1296.0毫克/米³(0.0841%)¹⁾。

四川盆地须家河组(香溪群)是该盆地最重要的碎屑岩储集层,也是目前主要的生产层系之一,其天然气也是不含或贫含硫化氢,仅有个别井硫化氢含量稍高,我国迄今

1) 胜利油田地质处,1975,关于东营、孤岛地区天然气中硫化氢含量复查结果报告。



1. 明化镇组气层气 2. 馆陶组气层气 3. 以沙河街组伴生气为主的转油站混合气

图 2 孤岛地区气层气和伴生气中的硫化氢含量

Fig. 2 The H_2S contents of non-associated gas and associated gas in the Gudao area

表 1 大港油田各区天然气中硫化氢含量变化表

Table 1 The H_2S contents in the gas of various areas in Dagang Oil Field

地 区	硫化氢含量(毫克/米 ³)	地 区	硫化氢含量(毫克/米 ³)
唐 家 河	8.5	港西二区	15
港东一区	9.4	港西三区	21
港东二区	4.3	周 清 庄	13
滨 海	8.5	羊 三 木	8.3
港 中	4.3	王 徐 庄	17
港西一区	8.5		

(据大港油田)

碎屑岩中发现含硫化氢最高的天然气，就在香溪群中（卧浅 2 井，其中一次分析 H_2S 含量最高达 10.46 克/米³，即 0.68% ）。笔者根据四川石油管理局下属有关单位须家河组

的113口井225井次气组分分析资料统计, 不含硫化氢的井104口204井次, 其余9口井除卧龙河气田的卧浅1、2井外, 硫化氢含量均 $\leq 0.03\%$, 详细情况见表2。由此可见, 须家河组中天然气的硫化氢含量皆极低或不含硫化氢。

表2 四川盆地须家河组砂岩中天然气硫化氢含量等级统计表

Table 2 Statistics of the H_2S contents in the gas of Xujiahe Formation sandstone, Sichuan

硫化氢含量(%)	分析井次	占总分析井次百分比	硫化氢含量(%)	分析井次	占总分析井次百分比
0	204	90.67	0.14~0.29	4	1.77
极微~0.003	3	2.22	0.32~0.40	4	1.77
0.01~0.04	7	3.11	0.68	1	0.44

由上可见, 我国碎屑岩中天然气的硫化氢含量, 最大不超过0.68%, 一般均 $\leq 0.0841\%$, 大部分几乎不含硫化氢。故除个别井外, 所有碎屑岩中的天然气, 可以不经脱硫直接利用。

2. 碳酸盐岩天然气中硫化氢

我国迄今发现碳酸盐岩储集层的气藏主要在中三叠统及其较早的地层中, 全国气层气储量67.9%在碳酸盐岩中^[1], 高硫化氢的天然气皆蕴藏在碳酸盐地层中。

碳酸盐岩中含硫化氢气藏(井)存在于以下地层组合类型及储集层类型中:

(1) 地层组合类型

碳酸盐型 碳酸盐岩是含硫化氢气藏(井)所在地层组合的主要组成部分, 如四川盆地威远气田震三一四气藏和茅口组中的一些气藏。这类地层组合里气藏的硫化氢含量相对不高, 通常在1—1.5%, 个别含量最高的也均在3%以下。

硫酸盐-碳酸盐型 硫酸盐和碳酸盐是含硫化氢气藏(井)所在地层组合的主要组成部分(如卧龙河气田嘉五¹气藏), 并夹有部分泥质岩, 有的还夹少许砂质岩(如赵兰庄气藏)。此组合中, 硫酸盐有两种赋存形式: 其一, 以层状与碳酸盐岩呈夹层或互层, 如嘉陵江组、孔店组和沙河街组中的一些气藏(井), 其特征是气体中 H_2S 含量很高, 如赵兰庄孔一段气藏、卧龙河气田嘉四³气藏; 其二, 以透镜状、团块状、星散状包容于碳酸盐岩中(有的以含膏灰岩、含膏泥岩形式出现), 如四川盆地东部建南气田的长兴组生物礁气藏。此种类型中 H_2S 含量一般比前者低, 但较碳酸盐型中的高, 即含量一般大于1.5%, 时常大于3%, 由图1可明显看出这样情况: 发育在震旦系碳酸盐型地层组合中气藏, 硫化氢含量一般均小于1.5%, 个别高的也不超过3%(以威远气田为代表); 而在上二叠统硫酸盐-碳酸盐地层组合中气藏, 硫化氢含量一般均大于1.5%, 高含量的超过3%(以建南气田长兴组气藏为代表)。

(2) 储集层类型

根据储集层岩性, 可分出:

石灰岩型储集层 以石灰岩、白云质灰岩储集层为主体, 储集空间为裂隙, 孔隙为辅, 如四川盆地茅口组的一些气藏; 渤海湾盆地大王庄地区沙四段中一些伴生气。

白云岩型储集层 即以白云岩、灰质白云岩储集层为主体, 储集空间主要是孔隙型(溶孔、溶洞)和孔隙-裂缝型, 例如赵兰庄孔一段气藏。

含硫化氢天然气的分类

天然气中并不都含硫化氢, 有的本来含硫化氢的天然气, 由于后来不利的地质条件使硫化氢没有保存下来。即使含有硫化氢的天然气, 由于受到各种地质因素的影响与控制, 含量也不同。硫化氢气总是与其它气体共生, 最常与烃类气伴生。根据气体中硫化氢所占比例与其赋存的地层组合特征为主, 同时参考在气藏中原始相态与开发后可否需经脱硫或能否直接应用等原则, 进行如下分类, 这种分类既具成因性, 又考虑了工业意义。

1. 硫化氢型气(藏)

气体中硫化氢含量在70%以上, 发育在硫酸盐-碳酸盐型地层组合中。如赵兰庄孔一段气藏, H_2S 含量为92%, CO_2 为3.6%、 CH_4 占0.3%、 C_2H_6 为0.3%、 C_3H_8 占0.1%、 C_4H_{10} 为0.1%、空气占3.5%。若排除可能在取样时混入气体中的3.5%空气, 则 H_2S 含量高达95.4%左右。该气藏埋藏深度一般大于2000米, 地温80—90℃, 地层压力大于200大气压, 由于 H_2S 临界温度为100.4℃, 临界压力为88.9公斤/厘米², 故该气藏的硫化氢在地腹处于液态^[2]。赵兰庄孔一段硫化氢型气藏是世界上含硫化氢最高的气藏之一, 因为它比目前世界上已知含 H_2S 极高的加拿大Panther River气田和Bearberry气田(H_2S 含量分别为87%和90%^[3])的高, 而仅低于世界上硫化氢含量最高的美国得克萨斯州南部上侏罗统Smackover石灰岩中(井深5793—6098米)硫化氢含量(达98%)的气藏^[6]。该州Murray Franklin也发现 H_2S 高达98%的气, 并在井底有液态硫^[2]。可见, H_2S 或与之有成因联系的硫在井底呈液态是硫化氢型气(藏)的一个特征。

2. 高硫化氢型气(藏)

气体中硫化氢含量一般在2—70%, 在井下不呈液态。多发育在硫酸盐-碳酸盐型地层组合中。四川盆地嘉陵江组中的一些气藏、中坝气田雷三气藏、建南气田长兴组气藏等属于此类及渤海湾盆地罗家地区沙四段的一些天然气。四川盆地中坝气田雷三气藏 H_2S 含量一般为5—13%。

3. 低硫化氢型气(藏)

气体中硫化氢含量一般在0.5—2%之间, 大部分低于1.5%, 个别的也不超过3%, 发育在碳酸盐型地层组合中。四川盆地威远气田震三一四气藏和茅口组中少量气藏属此类型。

4. 微(贫)硫化氢型气(藏)

气体中硫化氢含量一般 $>0 < 0.5\%$, 绝大部分在0.05%以下, 故一般可不经脱硫输供利用。它既发育在碳酸盐型地层中, 也发现在碎屑岩地层组合里。如四川盆地茅口组

表3 我国一些层系中天然气含硫化氢的最大值
Table 3 The H₂S maximal content in the gas of some measures in China

地层年代	层位	井号	储集岩	气体组分(%)											备注	
				H ₂ S		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂		
				(%)	(克/米 ³)											
中新世	明化镇组	明9	砂岩	0.084		92.87								0.19	6.94	
渐新世	沙河街组	义42	碳酸盐岩	6.58		54.25	6.11	7.76	3.43					20.84	1.7	
始新世	孔店组	赵2		92		0.3	0.3	0.1	0.1					3.6		
晚三叠世	须家河组 (香溪群)	卧浅2	砂岩	0.68 ($\frac{0.46}{3}$)*	10.463 ($\frac{7.051}{3}$)*	94.76			重烃气 2.428							
中三叠世	雷口坡组	中7		13.30	204.607	74.45	3.73	1.37	1.4		0.20		3.58	1.56		含H ₂ 0.13%
早三叠世	嘉陵江组	嘉五 ¹⁻²	砂	17.98 ($\frac{10.39}{3}$)	276.712 ($\frac{159.897}{3}$)	77.99	1.47	0.65	0.127	0.217	0.118	0.054	0.91	0.48		
		嘉四 ³		31.95	491.490	64.91	0.35	0.09	0.047	0.046	0.017	0.016	0.69	0.69		
	嘉四 ¹	4.78	73.56	92.27	1.19	0.25	0.08	0.12	0.04	0.02	0.24	0.87				
	嘉二 ³	6.99	107.61	90.64	0.46	0.05					0.24	1.10				含H ₂ 0.10%
	飞仙关组	建41	建41	2.486	38.271	92.02	0.14						4.51	0.84		
晚二叠世	长兴组	建16	盐	3.365	51.801	86.73	0.17					8.56	1.19			
早二叠世	阳新统	女基井	岩	2.55 ($\frac{1.43}{3}$)	39.23	95.52	0.21					1.43	0.29			
早奥陶世	南津关组	女基井		$\frac{1.25}{4}$		95.24	1.73	0.30				0.63	0.66			
晚震旦世	灯影组	威基井		3.44 ($\frac{3.06}{3}$)	52.988 ($\frac{47.107}{3}$)	80.40	0.11					8.62	7.05			含He 0.317%

*分子为同层位几次分析值的平均值,分母为分析次数,下同。

中许多气藏^[4]; 四川盆地须家河组(香溪群)的气藏和渤海湾盆地上、下第三系碎屑岩中的气藏。

5. 无硫化氢型气(藏)

天然气中没有硫化氢。主要发育于碎屑岩地层中, 碳酸盐岩储集层中少有发育。

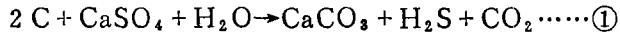
从图 1 与表 3 中, 可以清楚地看出: 1) 硫化氢型气(藏)、高硫化氢型气(藏)和低硫化氢型气(藏)的储集层均为碳酸盐岩, 而前两者仅出现在硫酸盐-碳酸盐型地层组合中, 后者发现于碳酸盐型地层组合里; 微硫化氢型气(藏)既出现在碳酸盐型地层组合中, 又发现在碎屑岩型地层组合中, 在后者中发育更为广泛。2) 我国各类含硫化氢型气(藏)中, 以高硫化氢型气(藏)最发育, 主要在中、下三叠统中, 即在雷口坡组和嘉陵江组上、中部。3) 我国天然气中硫化氢含量大于 1% 的皆发育于碳酸盐岩储集层中, 最高含量达 92% (排除取样对混入空气后, 则约为 95.4%), 而碎屑岩型储集层(砂质岩)中的最高含量仅 0.68%, 且绝大部分小于 0.05%, 大量的含硫化氢极微, 甚至没有。

含硫化氢气的成因探讨

根据我国发育含硫化氢气所在地层组合类型和特点、储集层性质、地球化学特征等, 可归纳为以下几种成因:

1. 非生物还原成因的硫化氢(非生物还原型)

硫化氢是由于硫酸盐在烃类或有机质参与下的高温化学还原作用的产物, 其形成可用下反应式概括之:



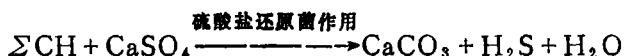
①式中 C 为生油岩中有机化合物的碳; ②式中 ΣCH 为烃气或石油, 或者两者皆有。显然, 这种成因的硫化氢只能发育于硫酸盐-碳酸盐型地层组合中, 由于该地层组合中硫的来源丰富, 所以就能形成硫化氢含量高或很高的气(藏)。中坝气田雷口坡组三段气藏、卧龙河气田嘉五'气藏及世界上硫化氢含量高的气藏, 多属此成因。已知世界上含硫化氢盆地中大约 400 个含硫化氢气藏中, 有 360 多个(所有气藏皆为含高浓度的硫化氢)均在硫酸盐-碳酸盐地层中^[9]。苏联爱伦堡地区、阿斯特拉罕地区、滨里海洼地东部下二叠统、石炭系许多气藏^[10], 北美落基山东麓许多气田、法国拉克气田高含硫化氢气藏绝大部分是这种成因形成。

关于这种高温还原型成因的硫化氢, 其形成古地温要求多高? 现以非生物还原型的中坝气田雷口坡组气藏中硫化氢形成要求的古地温为例, 作一探讨。雷口坡组气藏之上有须家河组二段顶、底含煤地层, 这些地层镜煤反射率为 0.740-0.960%, 即主要是肥气煤, 一般形成这种煤地温要超过 100—120℃, 这显然是该地层的最高古地温, 因为该气藏上的中 40 井须家河组二段顶现地温约 53℃。由于雷口坡组气藏比须家河组二段深 800 米左右, 故雷口坡组古地温应超过 119—139℃ (古地温梯度借用中 40 井今地温梯度 42.3 米/度计算)。雷口坡组气源是自生自储的, 其主要成气期是地史上该地层埋深最大

时。可见,中坝气田雷口坡组中非生物还原型硫化氢形成的古地温在119—139℃以上。考虑到地史上时间与地温存在补偿关系,所以若非生物还原型硫化氢形成期比雷口坡组(中三叠世)晚,其要求古地温比119—139℃更高,反之,则可以比119—139℃低。

2. 生物还原成因的硫化氢(生物还原型)

硫酸盐还原菌利用各种有机物(包括石油和天然气)作为给氢体来还原硫酸盐而形成硫化氢,可用下反应式概括:



我国赵兰庄硫化氢气藏属生物还原型成因。依据是:其一,该气藏2000米多深处岩石裂隙中的自然硫在电镜下发现了硫细菌^[2];其二,与气藏同地层组合中原油的正烷烃分布,往往有前后两个峰群,前主峰为C₁₈,与细菌中含量最丰富的C₁₄—C₁₈脂肪酸的碳数相当¹⁾。该气藏生气源岩是盐湖相地层,其中硫酸盐还原菌特别活跃。故赵兰庄硫化氢气藏的气源是有细菌参与作用还原硫酸盐而形成硫化氢。

3. 裂解成因的硫化氢(裂解型)

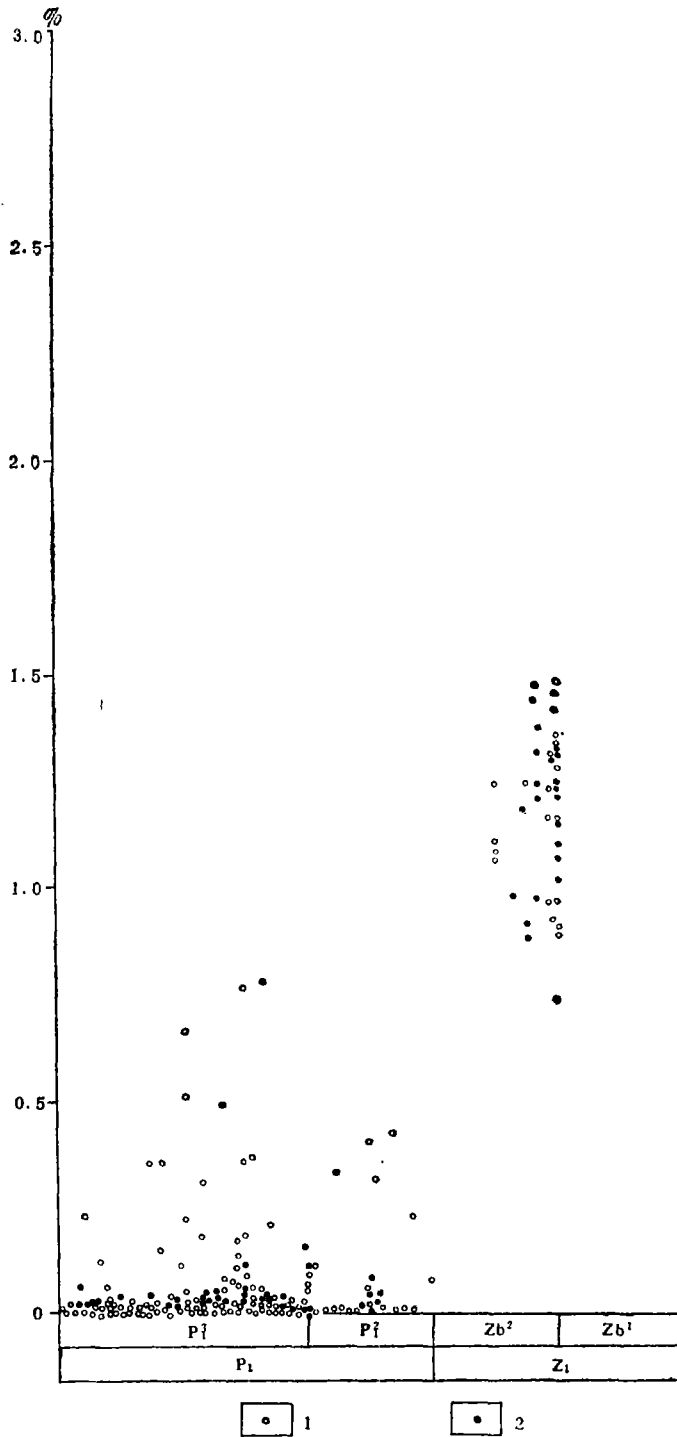
它是由石油与腐泥型干酪根裂解,形成碳残渣、水、二氧化碳、干气和少量硫化氢。这种成因的硫化氢特点是:1)位于过热阶段碳酸盐岩地层组合中;2)硫化氢在气体中含量一般小于2%。如威远气田震旦系气藏是干气,含3—5%CO₂,R_{0max}3.136—4.64%左右,H₂S含量(截止1980年底各井气分析资料)绝大部分为0.9—1.5%,仅有2口井的含量大于2%,少数井含量为0.5—0.9%(图3)。为什么其含量一般不大于2%?这是由于其硫来源远不及硫酸盐-碳酸盐地层组合中丰富。石油与凝析油过热气化形成的气体成分组合是:4CO₂·46CH₄·N₂·H₂S+痕量氢^[8]。据此组合气体分子式换算可得过热形式的气组合中H₂S含量占该气组合总体积的约1.9%,即这决定了此种成因的H₂S含量小于2%。B.P.蒂索等也曾指出石油与干酪根在过热阶段裂解能生成少量H₂S^[5]。

裂解成因的硫化氢气体如果和其它成因天然气混合,就会使原来裂解型形成的H₂S在天然气中所占比例起变化。如四川盆地阳新统中的天然气,多数H₂S含量为0—0.25%,相当一部分为0.25—0.5%,极少部分为0.5%以上(大于0.5%至2.55%)(图3)。初步认为H₂S含量>0.25—0.5%那些气藏是由于混入了含H₂S极贫的煤成气的结果^[4]。即由煤成气和H₂S含量小于2%裂解天然气混合,其H₂S含量势必处于两者之间。四川盆地阳新统灰岩沉积之后由于东吴运动而上升,使灰岩溶蚀,为上覆龙潭组形成的煤成气,提供了良好的储集空间,并为煤成气与阳新统本身形成的裂解气混合创造了条件,故后者H₂S含量比震旦系的低。

4. 次生成因的硫化氢(次生型)

气中所含的硫化氢不是与储集层有关的地层组合中形成的,而是由外运移来的,它通常发育于碎屑岩储集层中,一般来说这种成因的硫化氢含量都较低或很低,绝大部分属微(贫)硫化氢型气,为什么我国碎屑岩储集层气中硫化氢含量没有大于1%的,而

1) 梁狄刚等,1983,冀中坳陷油气的生成。



1. 同层位一次分析值 2. 同层位多次分析中的最大值

图3 四川盆地震旦系和阳新统中气的硫化氢含量对比图

Fig. 3 The H₂S contents in the gas of Sinian System and Yangxin Formation in the Sichuan basin

含量大于1%的都在碳酸盐储集层中呢?这是因为其一, H_2S 在化学上比甲烷及其同系物活性大得多,它是一种具有高度化学活动性的气体,特别易于与地层中铁的氧化物反应而消失,而一般碳酸盐岩石比砂质岩铁的氧化物贫乏;其二,碎屑岩储集层的孔隙结构与粘土矿物中Fe、Zn等金属离子有天然脱硫作用〔7〕;其三,砂岩储集层比碳酸盐岩储集层具有高活动性的比表面;其四,即使地史上有硫化氢含量较高的气运移入碎屑岩中,若其后没有继续运移来硫化氢予以补充,也由上述原因而使气中硫化氢大为下降以至消失。由于上述原因,我国的与国外的绝大部分高含硫化氢的气藏的储集层都在碳酸盐岩中〔7、9〕。

我国碎屑岩储集层天然气中硫化氢均为次生成因的,其中除个别者外,都为微(贫)硫化氢型的气。卧龙河气田卧浅2井香溪群砂岩气中硫化氢含量达0.68%,是我国碎屑岩中目前发现含硫化氢气最高的,它的硫化氢来源大概是通过断裂或裂缝系统由该气田下伏的高含硫化氢的嘉五¹气藏、嘉四³气藏、嘉三气藏和嘉二³气藏中运移来的(表3)。由于它的硫化氢含量高,可能是下伏高含硫化氢的气现在还在向香溪群运移的结果。在卡拉库姆盆地道列塔巴德-顿麦兹气田早白垩世沙特雷克层红色砂岩的天然气中硫化氢含量达0.94%,也是次生成因的,这种硫化氢是沿着断裂和大裂缝系统从穆尔加勃坳陷等深部含硫化氢的流体运移来的,而且这种运移至今还未结束〔11〕。由上可知,碎屑岩中 H_2S 含量高,可作为硫化氢气源仍在供应的标志。

(收稿日期1983年11月14日)

参 考 文 献

- 〔1〕 戴金星, 1982, 石油与天然气地质, 第3卷, 第3期, 270—276页。
- 〔2〕 阎俊峰等, 1982, 地质论评, 第28卷, 第4期, 372—373页。
- 〔3〕 阎俊峰等, 1982, 地质论评, 第27卷, 第2期, 115页。
- 〔4〕 戴金星, 1983, 石油勘探与开发, 第4期, 369—75页。
- 〔5〕 B. P. 蒂索, D. H. 威尔特, 1982, 石油形成和分布, 石油工业出版社。
- 〔6〕 Hunt, J. M. 1979, Petroleum Geochemistry and Geology, W. H. Freeman and Company P. 169—172.
- 〔7〕 Zhabrev, P. et al., 1979, Prediction of hydrogen sulphide distribution in natural gases, Proceedings of the 10th World Petroleum Congress, P. 1—7.
- 〔8〕 Высоцкий, И. В. 1979, Геология природного газа, Недра.
- 〔9〕 Амурский, Г. И. и др., 1980, Геология Нефти и Газа, No 5, P. 11—18.
- 〔10〕 Аксенов, А. А. и др., 1982, Советская Геология, No10, P. 46—52.
- 〔11〕 Ломако, П. М. и др., 1983, Геология Нефти и газа, No 9, P. 42—46.

DISTRIBUTION, CLASSIFICATION AND ORIGIN OF NATURAL GAS WITH HYDROGEN SULPHIDE IN CHINA

Dai Jinxing

(Scientific Research Institute of Petroleum
Exploration and Development, Beijing)

Abstract

In china, hydrogen sulphide contents of natural gas are obviously controlled by reservoir lithology. H_2S contents of natural gas in clastic rocks are very low even down to zero. The highest H_2S contents of natural gas in those rocks are 0.68%, which can be found in Upper Triassic Xiangxi sandstones in Sichuan Basin. Carbonate reservoirs commonly contain H_2S , sometimes with high contents. Natural gas containing H_2S more than 1% is all in carbonate rocks (Fig. 1) in China, which consist of Sinian system (Dengying Formation), Ordovician system (Nanjinguan Formation), Permian system (Maokou and Changxing Formations), Triassic system (Feixianguan, Jialingjiang and Leikoupo Formations) and lower Tertiary system (Kongdian and Shahejie Formations) in succession of strata. The highest H_2S contents of natural gas in carbonate reservoirs are about 92%, which are accumulated in Kongdian Formation of lower Tertiary. H_2S reservoirs of natural gas higher than 1% cover a quarter of the total non-associated gas reserves in China. At present, it is one of the main sources for sulphur-producing.

According to the H_2S contents of natural gas, and their characteristics of stratigraphic suite, with reference to the original phase in gas pools or in natural gas, and the demands of desulphurization process after gas development, gas pools containing H_2S can be classified as follows:

1. H_2S gas pools: H_2S contents in natural gas are over 70%, which are distributed in sulfate-carbonate sequence, for example, H_2S contents in Zhaolanzhuang gas pools are about 92%. Underground H_2S is in liquid phase.

2. High H_2S gas pools: H_2S contents in natural gas are about 2-70%, which are also accumulated in stratigraphic suite of sulfate-carbonate, such a gas pools of Changxing, Jialingjiang and Leikoupo Formations in Sichuan Basin. Underground H_2S is not in liquid phase.

3. Low H_2S gas pools: H_2S contents in natural gas are about 0.5-2%, most of them are less than 1.5%, which developed in carbonate sequence, such as the Weiyuan gas pool in Sichuan Basin.

4. poor H_2S gas pools, H_2S contents are only a little, about 0—0.5%, most of them are less than 0.05%, which developed in carbonate sequence as well as clastic sequence.

5. Gas pools without H_2S or non H_2S gas pools, which mainly developed in clastic strata as well as carbonate reservoirs.

Maximum H_2S contents of natural gas for individual stratum are listed in Table 3.

Based on the characteristics of stratigraphic suites containing H_2S gas, reservoir behaviours and geochemical characteristics of gas generation, the genesis of H_2S can be classified into four types.

1. Nonbiogenic reduction type

Under reducing environment with high temperature, hydrocarbon or organic matters are able to convert sulfates into H_2S gas, So H_2S gas pools and high H_2S gas pools are commonly formed in these conditions.

2. Biogenic reduction type

Hydrocarbon contained in sulfate stratum was converted into H_2S by decomposition of sulfate bacterial reduction.

3. Thermal cracking type

Oil and sapropel types of kerogen in carbonate sequence underwent thermal cracking during the stage of over heating. After the thermal cracking, only a small amount of H_2S gas could be formed, because the source of sulphur in carbonates is not so abundant as that in sulfate-carbonate sequence, thus, all these gas pools belong to low H_2S gas pool.

4. Secondary type

H_2S -generating was not in relation to reservoirs, it migrated from other strata into clastic reservoirs in various ways, so all gas pools are poor H_2S gas pools.