

从全球大型气田生气高峰和分布规律 分析我国天然气有利聚集保存区带

张义纲 熊寿生 宋国俊

(地质矿产部石油地质中心实验室, 无锡)

本文对全球已知的84个大型、超大型气田作了较系统的数理统计。天然气藏是生聚散动态平衡的产物; 源岩生气高峰时代越新、构造环境越稳定, 越具前景。早第三纪是全球大气田源岩的主要生气高峰期; 腐殖型大气田为含煤岩系中早期生气阶段所形成, 而腐泥型大气田源岩的生气高峰期较晚; 源岩体积巨大和生气高峰时代较晚并处于相对稳定沉降构造环境, 是形成大气田的有利区带。我国塔里木和南海、东海、台南海域以及鄂尔多斯、四川、楚雄盆地等, 其生气高峰时代较晚、构造环境相对稳定, 都是天然气有利聚集保存区带。

近20多年来, 在西西伯利亚、波斯湾、北海和太平洋沿岸先后发现了近百个大型、超大型气田, 天然气工业有了飞速发展, 从而大大提高了天然气在能源构成中的比重。笔者在对全世界84个大型、超大型气田的统计分析基础上, 概括了富气区块生气高峰和若干分布规律, 并结合我国地质构造特征, 对形成大中型气田的有利地质条件和有利区带作了初步探讨。

一、大型气田的发现改变了 世界能源构成

截止1988年底, 全球已发现25000多个气田, 探明天然气储量 $111.94 \times 10^{12} \text{m}^3$ (油气杂志、1988年终号)。据不完全统计, 其中大型气田 (储量 $>0.10 \times 10^{12} \text{m}^3$) 64个; 超大型气田 (储量 $>1.00 \times 10^{12} \text{m}^3$) 20个。两者已探明储量为 $64.90 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占全球气田总数0.34%和天然气总储量的57.98%; 中小型气田占全球气田总数的99.66%, 而储量仅占全球总储量的42.0% (表1、图1)。从图中可以看出大型气田 (包括超大型气田, 下同) 在全球天然气总储量中占有重要地位, 说明天然气在分散与富集、低产与高产之间的差异比石油更大。因此, 寻找和勘

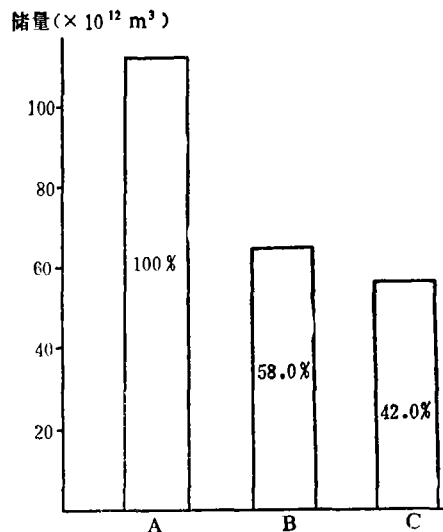


图1 全球天然气总储量与大型气田、中小型气田储量对比图

A. 天然气总储量 B. 大型气田 C. 中小型气田

表1 全球大型气田主要特征一览表

序号	气田名称	国别	盆地	储量 $\times 10^{12} m^3$	源岩		储层		盖层		圈闭	气体组成		类型	时代	生气高峰 连续或间断	生气高峰后 沉积状况	备注	
					岩性	时代	岩性	埋深km	时代	岩性		类型	角度						C_1/C_2^+
1	波尼亚柯夫	苏联	西西伯利亚	4.15	泥岩	K	砂岩	0.6—2.0	K	泥岩	构造	<10	>400	$N_2 > 2\%$	生物气	E	连续	>100	源岩中夹有煤层, 以永冻层作为盖层
2	阿尔克蒂奇	"	"	1.76	"	"	"	0.7—1.8	"	"	"	"	>1000	"	"	"	"	"	"
3	哈拉素夫	"	"	1.27	"	"	"	1.4—2.4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	克鲁津什坚诺夫	"	"	1.12	"	"	"	0.7—1.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	乌连戈依	"	"	8.06	"	"	"	1.0—3.1	"	"	"	"	>800	$N_2 + CO_2 < 0.1\%$	"	"	"	>50	"
6	梅德维日耶-内金	"	"	1.55	"	"	"	1.0—1.2	"	"	"	"	150—800	$N_2 0.7 - 3.7\%$	"	"	"	"	"
7	亚姆堡	"	"	4.75	"	"	"	1.0—1.3	"	"	"	"	>800	$N_2 < 2\%$	"	"	"	"	"
8	扎布利扬	"	"	2.67	"	"	"	1.0—3.8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9	麦德诺维奇	"	"	1.55	"	"	"	1.0—1.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10	塔佐夫	"	"	1.14	"	"	"	1.1—3.7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
11	尤别连	"	"	1.98	"	"	"	1.1—1.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
12	奥伦堡	"	伏尔加-乌拉尔	1.86	灰岩 泥岩	P_1 (C)	灰岩 白云岩	1.3—1.8	P_2	膏盐 层	"	<5	13	$H_2S + CO_2 > 2.0\%$	腐泥气	K	E间断	>30	CH_4 与 H_2S 负相关
13	沙特利克	"	卡拉库姆	1.48	含煤 岩系	K (J)	砂岩 灰岩	3.3—3.7	K (E)	"	地层	<10	37	$N_2 1.7\%$ $CO_2 1.9\%$	腐殖气	E	连续	>100	沙漠 J_3 海相
14	坎甘	伊朗	波斯湾	5.00	灰岩 泥岩	P_2	灰岩 白云岩	2.5—3.0	E (PJ)	"	构造	10—20	30	$H_2S + CO_2 > 2.0\%$	腐泥气	E	N间断	0	"
15	巴尔斯	"	"	2.80	"	"	"	2.6—2.9	"	"	"	<10	26	$H_2S + CO_2 > 5.62\%$	"	"	连续	>50	海域
16	帕扎农	"	"	1.42	"	E (K)	"	1.8—2.8	E	"	"	"	<20	>2.0%	"	"	N间断	0	"
17	西北"D"	卡塔尔	"	1.68	"	P (P_{*1})	"	2.7	J (P)	"	"	"	<10	"	"	"	"	>50	海域
18	格罗宁根	荷兰	北海	2.50	含煤 岩系	P_1	砂岩	2.0—3.0	P_2	构造 地层	"	"	32	$N_2 > 14\%$	腐殖气	J	J_3 间断	>100	"
19	哈西鲁迈勒	阿尔及利亚	三叠	1.54	灰岩 泥岩	T	"	2.5	T	"	"	<5	<10	$N_2 5.8\%$ He 0.19%	腐泥气	K	K_2 缺失	<50	"
20	潘汉德-胡果顿	美国	阿纳达科	2.04	灰岩 页岩	P (C)	灰岩 白云岩	0.7—2.6	P	"	"	>10	"	$N_2 > 10\%$ He > 0.5%	"	"	K, E 间断	<30	局部富含 H_2S
21	鲁斯	苏联	西西伯利亚	0.30	泥岩	K	砂岩	0.8—1.1	K	泥岩	构造	<10	>500	$N_2 > 2.0\%$	生物气	E	连续	>50	源岩中夹有煤层, 以永冻层作为盖层

续表

序号	气田名称	国别	盆地	储量 x10 ¹² m ³	源岩 时代	岩性	时代	储层 岩性	埋深km	盖层 时代	岩性	圈闭 类型	角度 C ₁ /C ₂	气体组成		类型	生气 高峰 时代	连续或 间断	生气高峰后 沉积状况	备注	
														非	烃						Q厚度
22	共青城	苏联	西伯利亚	0.30	K	泥岩	K	砂岩	0.9—1.0	K	泥岩	构造	<10	>500	N ₂ >2.0%	生物气	E	连续	>50	源岩中夹有煤层,以永冻层作为盖层	
23	文加普尔	"	"	0.30	K(J)	"	"	"	1.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
24	诺威港	"	"	0.41	"	"	"	"	0.9—2.1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
25	米尔德律诺	"	"	0.14	K(J)	"	"	"	2.1—2.7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
26	美索亚卡	"	"	0.39	"	"	"	"	0.8—1.7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
27	古勒金	"	"	0.35	"	"	"	"	0.7—2.9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
28	卡赞	"	"	0.10	J	"	"	"	2.8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
29	乌克蒂尔	"	伯朝拉	0.50	C(D-P)	灰岩 泥灰岩	P (C)	灰岩白 云岩	2.0—3.4	P	膏 盐层	"	>80	<10	N ₂ >5%	腐泥气	T	J、K间断	<50	"	
30	拉亚伏兹	"	"	0.50	"	"	"	"	2.0—2.6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
31	谢别林卡	"	第聂伯-顿涅茨	0.53	C(D)	"	"	砂岩 灰岩	1.3—3.0	P (C、T)	"	盐丘	>20	18	N ₂ 1.8% Ar0.05%	"	K	E间断	<50	"	
32	耶夫利莫夫	"	"	0.13	"	"	"	砂岩	1.7—3.5	"	"	"	"	<20	N ₂ <1.7% CO ₂ <2%	腐殖气	E	"	"	"	
33	坎迪姆	"	滨里海	0.10	J	含煤 岩系	J	灰岩 砂岩	2.5	K	泥岩 膏盐	构造	"	>20	"	"	"	连续	"	"	"
34	萨曼特佩	"	卡拉俾姆	0.10	"	"	"	"	2.4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
35	乌塔布拉克	"	"	0.15	"	"	"	"	2.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
36	阿恰克	"	"	0.14	"	"	"	砂岩	1.5—2.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
37	加兹里	"	"	0.48	K(J)	"	"	"	1.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
38	北斯塔夫罗波尔	"	北高加索	0.23	E(K)	泥岩 泥灰岩	E	"	0.5—1.2	E	泥岩	"	<10	>800	N ₂ 1.1% CO ₂ 12%	生物气	N+Q	"	>50	"	
39	中维柳伊	"	东西伯利亚	0.45	J(PT)	含煤 岩系	J	"	1.0—3.0	K	泥岩 膏盐	构造	>20	>20	"	腐殖气	K	EN间断	"	"	
40	马斯塔克	"	"	0.19	"	"	"	"	1.8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
41	克雷斯季什切	"	第聂伯-顿涅茨	0.19	C(D)	灰岩 泥灰岩	P (C)	灰岩 砂岩	2.5	P (T、J)	膏 盐层	盐丘	"	20	"	腐泥气	"	E间断	"	"	"
42	帕里斯	伊朗	札格罗斯山前	0.13	K(E)	灰岩 泥岩	E (K)	灰岩白 云岩	0.6—2.5	E	"	构造	>10	<10	"	"	"	EN间断	0	"	"

续表

序号	气田名称	国别	盆地	储量 $\times 10^{12} \text{m}^3$	源岩		储层		盖层		圈闭		气体组成			生气高峰		备注
					时代	岩性	时代	岩性	时代	岩性	类型	角度	C_1/C_2^+	非烃	烃	类型	时代	
43	罕吉朗	伊朗	札格罗斯山前	0.51	K(J)	灰岩泥岩	K(J)	砂岩灰岩	E	膏盐层	>10	<10	腐泥气	E	N间断	0		
44	阿隆	印尼	北苏门答腊	0.48	E	泥岩	N	礁灰岩砂岩	N	泥岩	<10	"	$CO_2 >$	N+Q	连续	>150	井温178℃	
45	北兰金	澳大利亚	卡纳尔文	0.22	T	"	T	砂岩	J	"	>20	"	$CO_2 > 2.1\%$	K	"	>50	井温115℃ 海域	
46	古德温	"	"	0.14	T	"	"	"	"	地层	"	>10	"	"	"	"	"	
47	马尔林	"	"	0.15	K	含煤岩系	E	"	E	构造	<10	15	腐泥气	E	"	"	"	
48	毛伊	新西兰	吉普斯兰	0.15	E(K)	"	"	灰岩泥岩	"	"	"	<10	$N_2 > 2.5\%$ $CO_2 > 5\%$	N+Q	"	"	"	
49	苏伊	巴基斯坦	印度河	0.24	K(E)	泥岩	"	灰岩泥岩	"	膏盐层	<5°	>58	$N_2 > 2\%$ $H_2S + CO_2 > 10\%$	"	"	<50	"	
50	马里	"	"	0.11	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
51	多达克	"	"	0.11	K	"	K(E)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
52	巴尔坎	沙特	红海	0.10	K(E)	"	E	砂岩灰岩	"	"	<10	>100	"	"	"	>50	海域	
53	哈提巴	利比亚	苏尔特	0.34	K	"	K	灰岩白云岩	"	膏盐层	>10	14	$CO_2 > 10\%$	腐泥气	N间断	"	"	
54	阿布马迪	埃及	尼罗河口	0.10	N	"	N	砂岩	N	泥岩	<10	14	$N_2 < 0.4\%$	N+Q	连续	"	海域	
55	利曼	英	北海(南)	0.35	C	含煤岩系	P	"	P	膏盐层	"	27	$N_2 > 1.3\%$	T	J间断	"	"	
56	不屈	"	"	0.16	"	"	"	"	"	"	"	19	$N_2 > 2.7\%$	"	"	"	"	
57	维京	"	"	0.12	"	"	"	"	"	"	"	16	$N_2 > 3.0\%$	"	"	"	"	
58	赫维特	"	"	0.10	"	"	"	"	"	"	"	10	$N_2 > 8.4\%$	"	KB间断	"	"	
59	弗里格	挪威	"	0.27	K(C)	"	E	"	E	泥岩	"	26	$N_2 < 1.0\%$	N+Q	连续	"	"	
60	萨尔茨韦德尔	东德	德意志	0.10	C	"	P	"	J	膏盐层	>10	25	$N_2 > 3.0\%$	J	K间断	"	局部富含 N_2	
61	格劳特胡森	西德	"	0.10	"	"	"	灰岩白云岩	P(J)	"	<10	"	$N_2 > 7\%$	T	J间断	"	海域	
62	拉克	法	阿基坦	0.26	K(J)	泥岩泥岩	K(J)	"	E(K)	"	>20	14	$H_2S > 15.6\%$	腐泥气	连续	"	"	
63	蓬达斯特福斯	"	"	0.11	J(T)	"	J	白云岩	K	泥岩	>10	12	"	"	"	"	"	

续表

序号	气田名称	国别	盆地	储量 $\times 10^{12} \text{m}^3$	源		岩		储层		盖层		圈闭		气体组成		类型	生气高峰时代	生气高峰后沉积状况		备注
					时代	岩性	时代	岩性	埋深km	时代	岩性	类型	角度	C_2/C_1	非烃	$\text{H}_2\text{S}+\text{CO}_2$			连续或同断	Q厚度	
64	卡布南	加拿大	阿尔伯特	0.10	D	灰岩 页岩	D	白云 岩礁	2.3	D	泥岩	地层 埋藏	>20	<10	$\text{H}_2\text{S}+\text{CO}_2$ >20%	腐泥气	K	E同断	<50		
65	帕宾纳	"	"	0.14	K	含煤 岩系	K	砂岩	1.0-1.9	K	泥岩	地层	>10	>20		腐泥气	"	N同断	"		
66	洛特一巴特	"	"	0.16	C	灰岩 页岩	C	灰岩 白云	3.6	K (J)	"	构造	"	<10	H_2+CO_2 >7.0%	腐泥气	"	"	"		
67	瓦罗斯-菲尔德	"	"	0.14	K (C)	含煤 岩系	K (C)	砂岩 灰岩	2.6	K	"	"	"	>20		腐泥气	"	"	"		
68	塔鲁	"	波弗特	0.10	E (K)	砂岩	E	泥岩	2.8	E	"	"	"	>500	H_2S 0.10%	生物气	N+ Q	连续	>50		
69	戈梅兹	美	二叠	0.28	Pz ₁	灰岩	O	灰岩 白云	7.1	P	膏盐 层	"	"	<10		腐泥气	K	KE同断	<50		
70	劳克里吉	"	"	0.10	"	"	O	"	5.8	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
71	普盖特	"	"	0.18	P	"	P	灰岩礁	1.8	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
72	考耶诺散	"	"	0.10	"	"	"	"	4.7	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
73	瓦尔马特	"	"	0.10	P (C)	灰岩 页岩	"	礁岩	1.2	"	"	"	"	"		"	"	"	<30		
74	威特尼谷-卡特溪	"	西部掩冲带	0.15	K (P*)	页岩	C (O T)	灰岩 白云	3.9-4.5	J	"	"	>20	"	$\text{H}_2\text{S}+\text{CO}_2$ >10%	"	"	"	"		
75	卡提	"	墨西哥湾	0.23	K (JE)	泥岩	E	砂岩	2.3	E	"	"	<10	"		"	"	连续	>50		
76	老大洋	"	"	0.14	"	"	"	"	3.5	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
77	伊腊斯	"	"	0.14	"	"	"	"	2.2	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
78	卡西奇	"	"	0.22	J (K)	"	K	灰岩 砂岩	2.0	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
79	门罗	"	"	0.27	"	"	"	灰岩	0.7	"	"	"	"	"		"	"	"	"		
80	南水道24号	"	"	0.30	E	"	E	砂岩	3.5	"	"	"	"	"		"	"	"	"	海域	
81	莫加恩-拉维恩	"	阿纳达科	0.14	Pz ₁	灰岩	C	灰岩	2.4	P	"	"	"	"		"	"	N同断	"		
82	圣胡安	"	圣胡安	0.42	K	泥岩	K	砂岩	1.6	E	"	"	>10	<10		"	"	连续	"		
83	壶人山	"	圣华金	0.10	K (E)	"	E	"	2.2-3.5	"	"	"	<10	"		"	"	"	"		
84	北库克湾	"	库克湾	0.74	E	"	"	泥岩	1.2	"	泥岩	"	"	>350		生物气	N+ Q	"	>100	源岩中夹煤层永冻层为盖层, 海域.	

据世界油气田、北美天然气和石油气杂志等综合编制而成。

探大型气田已成为当代油气科研的热点。

近年来天然气工业科研和生产,都取得了重大的突破,从过去附属于石油工业部门已发展为独立的天然气工业体系,先后在西西伯利亚至阿拉斯加的北冰洋沿岸发现了超大型生物气田富集带;在北海经黑海、里海至苏联的卡拉库姆盆地发现了储量巨大的腐殖型天然气富集带;在地中海、红海和阿拉伯湾的欧亚非接壤带发现与原油伴存的腐殖腐泥型天然气富集带;在阿尔伯特、落基山至墨西哥湾沿岸老油区内亦发现了碳酸盐岩晚期腐泥型天然气富集带。正是这些富集区带和大型气田的连续发现,天然气的储、产量才快速上升(图2)。1970年全世界探明天然气储量为 $25.00 \times 10^{12} \text{m}^3$,1980年为 $111.00 \times 10^{12} \text{m}^3$,1988年为 $111.94 \times 10^{12} \text{m}^3$,平均年增长率为9.4%;1970年全世界天然气产量为 $1.03 \times 10^{12} \text{m}^3$,1980年为 $1.66 \times 10^{12} \text{m}^3$,1988年增加为 $2.30 \times 10^{12} \text{m}^3$,平均年增长率为4.8%。伴随天然气的储、产量快速增加,天然气在世界能源构成中的比重亦急剧上升,1970年天然气在能源构成中小于20%,1980年上升到28.0%,到1988年已增至34.0%^①。有人预测到本世纪末,天然气在能源构成中所占比重可能达到40.0%。如果说我国原油在能源构成中的比重上升较快,是有赖于几个大中型油田的发现和补给,那么要增加我国天然气在能源构成中的比重,也需致力于寻找和开发一批大中型气田。

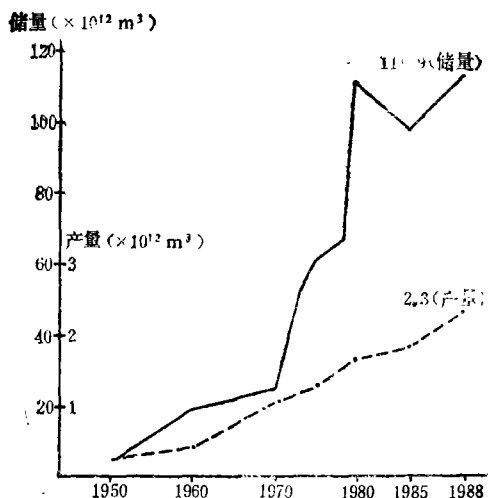


图2 全球天然气历年储、产量变化图
(据油气杂志编制)

二、全球大型气田形成与分布的若干规律

天然气虽与石油一样,同受“源控论”的制约,围绕一定的盆地或沉积凹陷呈有规律的分布。但因天然气具有多母质来源、多温阶成气作用和多成因类型,因而与石油形成和分布也有所不同。海相碳酸盐岩和泥质岩能生气,陆相含煤岩系和泥质岩也能生气;有机质从沉积埋藏起,经中低级演化直至高演化变质阶段都能生气;天然气能到处生成,到处散失,只有在特定地质构造条件的地区才能聚集成藏。从物质动态平衡观点分析,天然气属高流动气体,天然气藏是不断生成、不断聚集和不断散失动态平衡的产物。只有源岩处于主要生气阶段,在其上部或周边具有适当的圈闭保存条件,生气速度大于散失速度时才能形成气藏^②。基于这些认识,现对已初步了解的全世界84个大型气田的形成和分布规律作如下的概括。

①刘淑童,世界富气区的形成与油气相态分异规律,1986年4月。

②张义纲,1989年10月在中国科学院地学部召开的“我国天然气和东南核能发展研讨会”的发言稿

1. 天然气藏是生聚散动态平衡的产物

天然气分子量小、结构简单,具有易溶解、易扩散、易挥发的特性,圈闭封盖条件是一个相对概念,不可能绝对阻止天然气的运移和散失。据Teichmüller等对鲁尔和萨尔地区16个煤矿的煤层气研究,原生煤层气经后期抬升进入浅于700m的解吸带后,在没有构造破坏的情况下,仅需100Ma或稍长时间,煤层中的烃类气即可全部逸散;B.A. СОКОЛОВ在研究含煤区的天然气古散失也指出,当气藏埋深100m,气藏压力为1.1MPa,上部地层渗透率为 $0.01\mu\text{m}^2$,其烃类气的散失量为 $42\text{m}^3/\text{m}^2(\text{day})$,年散失量达1.5万立方米;康特洛维奇(КОНТОРОВИЧ, 1967)对埋藏深度较大的气藏古散失也作过研究,当含气砂岩厚10m,孔隙率20%,在砂泥岩互层组成的圈闭中,埋深为1000m,扩散系数为 $n \cdot 10^{-7}$,气藏中的天然气经过31.7Ma年即可散失殆尽。因此,可以认为天然气的散失速度和散失数量是较快较大的。从漫长地质历史条件来看,天然气藏是生、聚、散动态平衡的产物,即源岩不断生气补给新气源、圈闭封盖层不断散失和捕获新气源之间的动态平衡的结果。假使圈闭封盖条件不变,源岩生气补给量大于圈闭的散失量,气藏储量就能渐次增大,直至充满为止;当源岩补给量小于散失量,气藏储量即渐次减少而失去商业价值。这种动态平衡关系,在天然气开发实践中也可得到证明,很多气藏经数十年的开发,其产气总量远大于原始储量,有的已超出原始储量数十倍和数百倍,除周围输导层不断运聚补给外,源岩不断生气补给也是重要原因,因此,评价一个地区天然气的前景,必需用动态平衡观点来认识天然气的成藏条件。

全球已知的84个大型气田的统计表明,从源岩生气条件来说,都有巨大体积的源岩和较新、较晚的生气高峰期;从聚集和储集来说,都有与源岩沟通的高孔渗砂岩体或多孔洞缝的储集体;从保存和散失来说,都有良好的圈闭和区域性盖层及稳定沉降的构造环境。显然,优越的生、聚、保条件是动态平衡过程中形成大型气藏的重要因素。

2. 源岩生气高峰的时代越新越好

有机质从沉积埋藏开始,经中低热演化至高演化变质阶段,各阶段都有天然气生成。生气的速度与埋深、地温有关,生气的早晚与母质类型有关。生气速度最大的时期可称之为生气高峰期。不同母质类型的源岩在不同地质构造条件下,具有不同生气高峰期,腐殖型源岩处于中早期演化阶段即可进入生气高峰,而腐泥型源岩在热演化中晚期才进入生气高峰,根据源岩母质类型、气体组成和反映热演化特征的实验数据(包括 R^0 、 $\delta^{13}\text{C}$ 等),可大致推定其生气高峰期。

全球大型超大型气田的储量按源岩生气高峰期的地质时代分类:三叠纪生气高峰期占总储量的2.8%,侏罗纪占9.7%,白垩纪占10.5%,早第三纪占72.5%,晚第三纪占4.4%(图3、表1)。有的源岩在古生代已进入生气高峰,但均未能形成大气田。表明源岩生气高峰的时代越新越好,早第三纪是大型气田的主要生气高峰期。

3. 全球大气田的源岩组成和时代

不同类型天然气常依附一定的源岩展布而分布,天然气的分布与源岩岩石组成和时

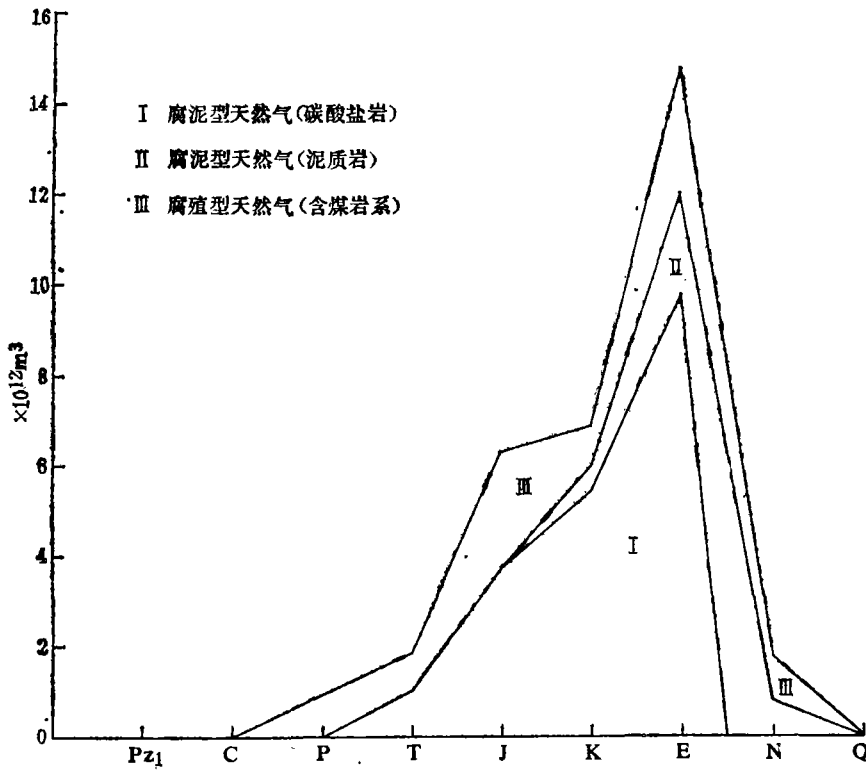


图3 全球大型气田不同类型天然气生气高峰期图

代密切相关。全球大气田总储量按主要源岩时代进行统计，白垩系源岩占总储量的58.2%，二叠系源岩占15.2%，石炭系占11.2%，下古生界占6.5%，侏罗系占5.1%（图4）。其中侏罗白垩系源岩占总储量的63.3%，石炭二叠系源岩占26.4%。显然，

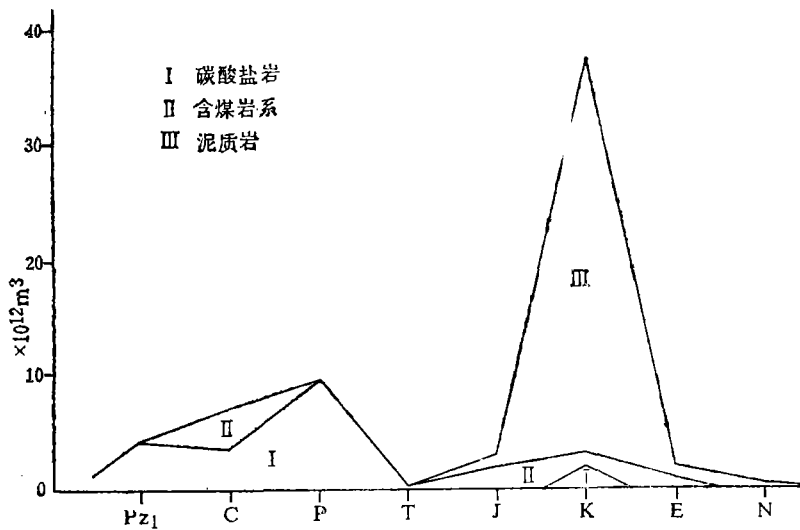


图4 全球大型气田源岩时代组成图

石炭二叠系和侏罗白垩系是全球大型气田的源岩主要时代层组。如按源岩的岩石组成区分,全球大型气田的源岩主要为泥质岩,以泥质岩为气源岩占总储量的57.8%,碳酸盐岩源岩占总储量的30.8%,含煤岩系源岩占11.4%。在新近查明的大气田中,由泥质岩和含煤岩系为气源岩的气田占有重要比重。考虑到以泥质岩和含煤岩系为气源岩的生物气,主要分布在永冻带,地区较为局限,扣除生物气的总储量则全球大型气田的源岩主要为古生界碳酸盐岩所组成,占总储量的63.4%,其次为中生界含煤岩系和泥质岩(图5)。

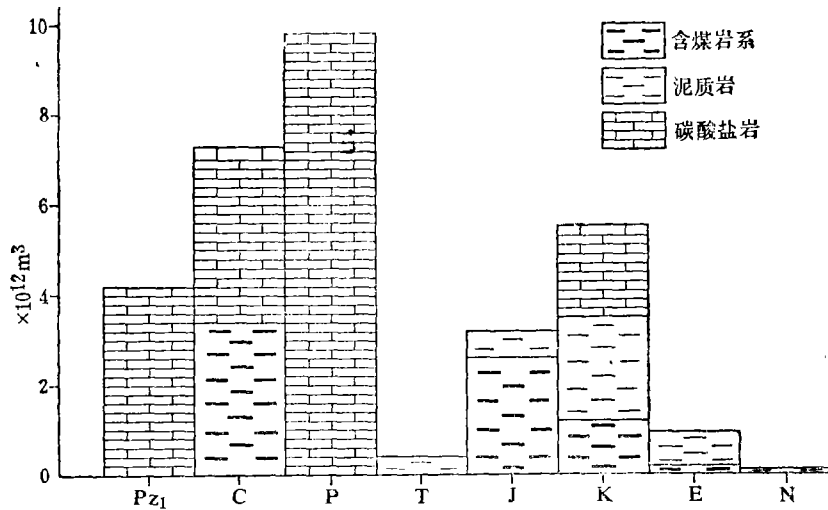


图5 全球大型气田源岩岩石组成图 (不含生物气)

4. 腐殖型大气田为源岩中早期生气高峰所形成

腐殖型源岩的煤系泥岩和煤岩,从沉积埋藏起的褐煤煤阶直至贫煤、无烟煤煤阶,虽均有数量不等的烃类气生成,但从模拟实验和碳同位素可知,其生气速度和生气量差别较大,以中低煤阶的生气速度和生气量最高最多,而晚期高煤阶相对较低较少(图6)。

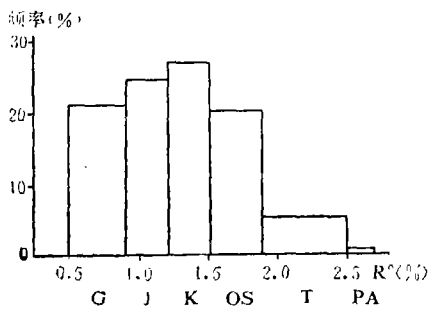


图6 腐殖型源岩生气高峰与R^o关系图
(据吴耀兴)

富含Ⅲ型干酪根的腐殖型源岩,含氧键多、芳香结构多,脂链短而少,在中低演化阶段(相应R^o值介于0.6—1.2%),含氧键即可优先断裂(脱羧基等),故生成的烃类气较早而形成—个生气高峰期。具Ⅲ型干酪根的煤系泥岩含有较多的粘土矿物和水分,粘土矿物对有机质向烃类转化具有催化作用,所含水份在失水时可作为烃类的载体向外运移;煤岩虽Ⅲ型干酪根较为富集,但因缺乏粘土催化剂而生成较晚,其吸附性强、失水期早,

不利于烃类气向外运移,故含煤系的泥质岩生气高峰较煤岩为早,且生气条件亦较为优

越。全球腐殖型大气田的源岩，其热演化程度均相对较低， R° 值大多介于0.75~1.20%之间，煤层多为气煤、肥煤和焦煤煤阶，局部地段 R° 值可达1.50%或瘦、贫煤煤阶。显然大多数属于源岩中早期生气高峰所形成。如北海格罗宁根超大型气田， R° 值大多小于1.20%，所夹煤层处于气煤和肥煤煤阶；同样，在苏联卡拉库姆盆地、巴基斯坦的印度河盆地和新西兰的塔拉纳基盆地等腐殖型大气田，源岩的 R° 值也都小于1.20%，所夹煤层也都为气煤和肥煤。

在西西伯利亚至阿拉斯加北冰洋沿岸的大型生物气气田， $\delta^{13}C_1 < -65\%$ ，源岩 R° 值介于0.4~0.7%，所夹煤层多为褐煤和长焰煤，更应属腐殖型源岩低煤阶早期生气高峰所形成。

5. 腐泥型大气田为源岩晚期生气高峰所形成

大量实验数据和油气纵向分带表明，腐泥型源岩生气高峰较迟较晚。在中低演化阶段主要为液态烃生成阶段，只有当其进入高演化阶段（ R° 值介于1.50~2.50%），除所含干酪根直接裂解为烃类气外，已生成的液态烃也渐次裂解为气态烃，其生气速度和气态烃生成量较前期均大，生气高峰出现较晚（图7）。从全球大型腐泥型气田的统计数据可知，源岩的原始埋深均大于2.5km，镜煤反射率 $R^{\circ} > 1.5\%$ ， C_1/C_2^+ 介于10—40之间，凝析气所占比例较少，表明源岩均已进入高成熟至过成熟阶段，为源岩晚期生气高峰所形成。值得指出的是，腐泥型大气田的源岩地质时代虽相对较老，大多由晚古生代和早古生代碳酸盐岩所组成，但其生气高峰期相对较新，多延至侏罗白垩纪乃至早第三纪才达到生气高峰。波斯湾的坎甘(Kangan)、

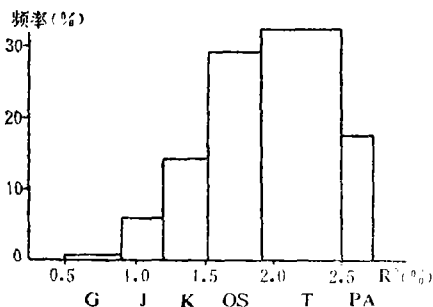


图7 腐泥型源岩生气高峰与 R° 关系图
(据吴耀兴)

巴尔斯(Pars)气田，源岩为二叠—三叠系灰岩和泥岩，侏罗白垩纪处于主要成油阶段，早第三纪才进入生气高峰，美国著名的潘汉德—胡果顿(Panhandle-Hugoton)气田，源岩为奥陶系、石炭系的灰岩和页岩，三叠纪处于成油阶段，侏罗白垩纪才进入生气高峰。在全球大型气田中还没有数据表明存在古生代已进入生气高峰的气田。

段，早第三纪才进入生气高峰，美国著名的潘汉德—胡果顿(Panhandle-Hugoton)气田，源岩为奥陶系、石炭系的灰岩和页岩，三叠纪处于成油阶段，侏罗白垩纪才进入生气高峰。在全球大型气田中还没有数据表明存在古生代已进入生气高峰的气田。

6. 二叠系和白垩系为大型气田的主要储层

全球大型气田的总储量按储层的地质时代进行区分，下古生界储层占总储量的0.7%，石炭系占0.7%，二叠系占29.3%，三叠系占2.9%，侏罗系占1.7%，白垩系占56.7%，下第三系占7.0，上第三系占0.9%（图8）。从拥有大气田的总储量和数量来说，白垩系和二叠系都是全球大气田的主要储集层。从储集层的岩石组成来说，全球大气田的储集层主要为砂质岩所组成，砂质岩储集层占总储量的85.7%，而碳酸盐岩储层仅占总储量的14.3%。即使生物气田除外，全球大气田的砂质岩储层仍占较大比重，碳酸盐岩储层在古生界相对较多。

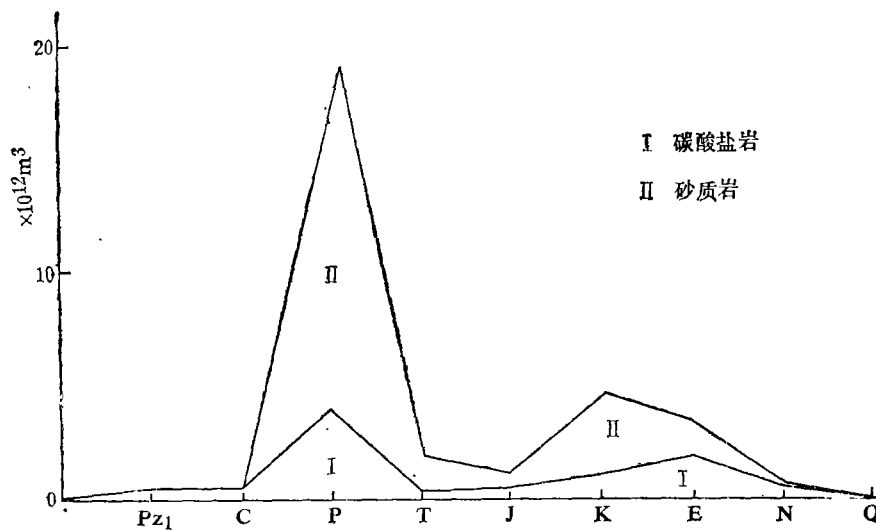


图8 全球大型气田储层时代组成图

7. 全球大气田膏盐盖层多于泥质岩盖层

从天然气的保存和散失来说，盖层对气藏的形成具有重要意义。全球大气田的盖层除泥质岩和膏盐层外，还有一种较为特殊的冰成盖层。冰成盖层是岩石的孔隙和裂缝被冰和气的水合物充填而形成，主要出现在西西伯利亚和阿拉斯加北冰洋沿岸的含油气盆地，其埋深可达450~550m，钻开冻土层后常可发生气喷。在这些气田中冰成盖层应属于区域盖层，下部的泥质岩为直接盖层。全球大型气田的储量按盖层岩石组成特征区分：膏盐层盖层占42.8%，泥质岩盖层占8.3%，冰成盖层占48.9%。按盖层的地质时代区分：白垩系占55.4%，

下第三系占22.3%，二叠系占15.4%，侏罗系占3.5%，三叠系占2.4%，其它时代的岩系仅占1.0%。与储层时代比较，中新生的盖层比重显著增加，除表明天然气的形成较晚外，也说明盖层时代较新具有较好的封盖性能（图9）。全球大气田常发育有较多的直接盖层，分隔各储集体成为不同厚度的含气层，因而常形成多层叠加的大气田。

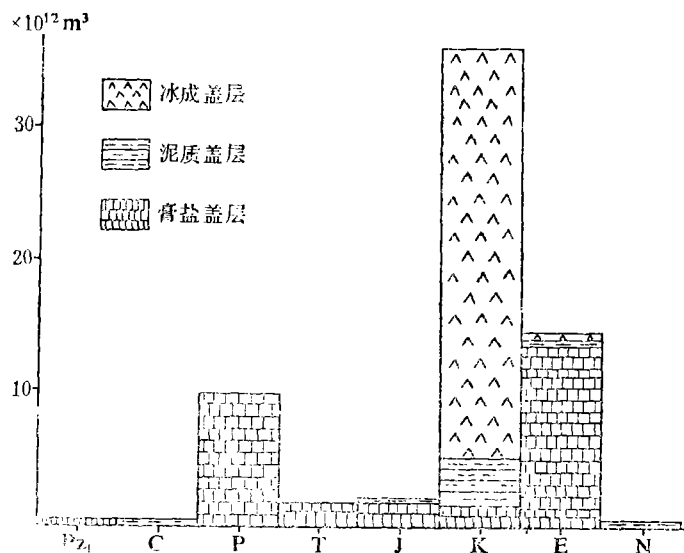


图9 全球大型气田盖层时代组成图

8. 全球大气田的主要成因类型

天然气具有多母质来源和多温阶成气作用的特点。根据全球大型气田有关资料可知, 浅海相碳酸盐岩和深湖-较深湖相泥质岩的腐泥型有机质 (I 型、II 型干酪根), 在成熟阶段晚期和高成熟阶段可形成大气田; 湖沼相和滨海沼泽相含煤岩系的腐殖型有机质 (III 型干酪根), 在中低成熟阶段亦可形成大气田; 各类有机质在浅层低温、缺氧、低硫酸盐环境经菌解成气作用也可形成大气田。另外, 地幔和岩浆、火山喷溢的脱气作用以及热液活动导致有机质的加氢生气作用, 也能提供一定量的气源。不同沉积环境的源岩、不同母质类型和不同温阶的成气作用均有天然气的形成, 但沉积环境和母质类型是天然气赖以形成的基础, 不同演化阶段的成气作用则是天然气形成的地化、地质条件。因此, 优先考察源岩的母质类型, 再按不同演化阶段的成气作用, 才能较为正确地区分不同成因类型天然气。按照这一分类原则可将全球大型气田划分为腐泥型天然气、腐殖型天然气和生物气三种主要成因类型 (图10)。

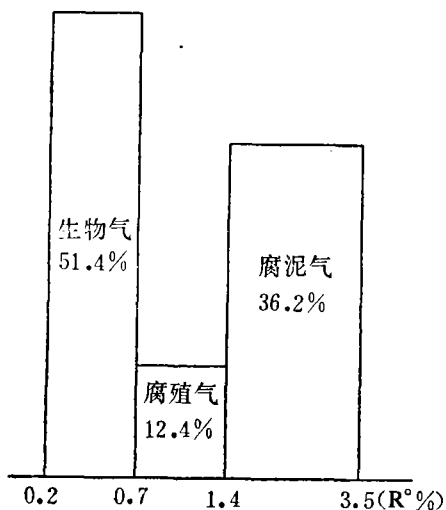


图10 全球大型气田成因类型组成图

全球大型气田储量按成因类型区分, 腐泥型天然气占总储量的36.2%, 腐殖型天然气占总储量的12.4%, 生物气占51.4%。虽然生物气在全球大型气田中占有较大比重, 但其分布多在永冻区, 巨厚的冻土层成为控制生物气过早生成的抑制层和制止生物气散失的封盖层 (张义纲, 1983)。全球其它地区不具有此类优越的地理、地质条件, 而仍以腐泥型和腐殖型天然气为主。

9. 全球大型气田埋藏深度大多浅于3.5km

天然气藏埋藏深度虽与各地区油气勘探程度有关, 但从全球已知大型气田储层的埋深统计, 主要集中于1.5—3.5km的埋深段, 占总储量的65.1%, 其次是浅层气 (埋深小于1.5km), 占31.4% (表2、图11)。埋深大于3.5km所占比重较小。美国的油气勘探程度较高, 埋深大于5.0km气藏仅占总储量的7.0%, 埋深1.0—3.0km占41%, 浅于1.0km占27.0%, 介于3.0—5.0km埋深的气藏占25.0%^①。苏联的浅层生物气较多, 1.2km以内的浅层天然气储量占55.0%, 1.2—3.0km埋深的气藏占39.2%, 3.0—5.0km占5.7%, 而5.0km以下的储量只占0.1%。从天然气储量的纵向分布规律分析, 浅于2.5km气藏大多为生物气和腐殖型气, 而深于2.5km的气藏多为腐泥型气。天然气的纵向宏观分布规律与气源岩热演化的纵向分带基本吻合。深部虽有天然气藏分布, 但均未发现大气田, 深层气的勘探成本高昂也是重要原因。

①刘淑莹, 1986, 世界富气区的形成与油气相态分异规律

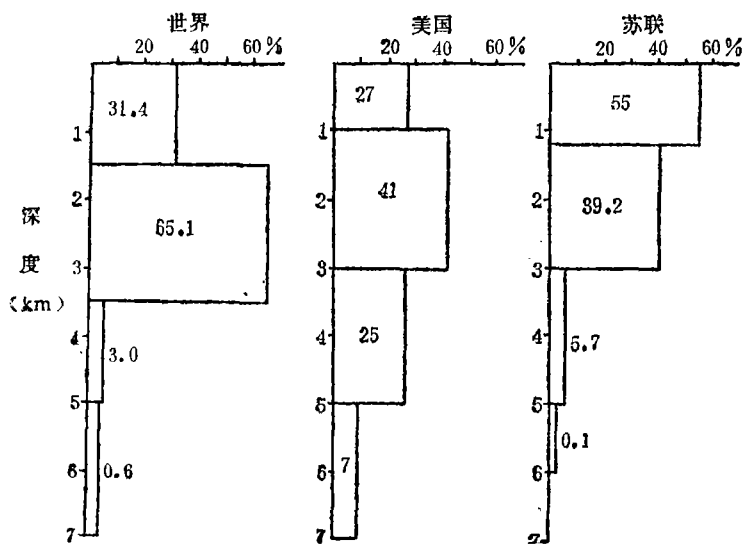


图11 天然气储量按埋藏深度分布图 (据刘淑萱改编)

10. 生气高峰后所处构造环境越稳定越好

天然气的保存要求上覆地层厚度大, 具有渗透性能差的区域盖层, 断裂活动少而晚。亦即在源岩生气高峰及其以后没有较大抬升或沉积间断, 而处于稳定沉降的构造环境。全球大气田储量按源岩生气高峰以后的地层是否缺失进行统计, 后期地层基本齐全的气田占66.5%, 地层缺失或较长期沉积间断的气田占33.5% (图12A)。就同一盆地的不

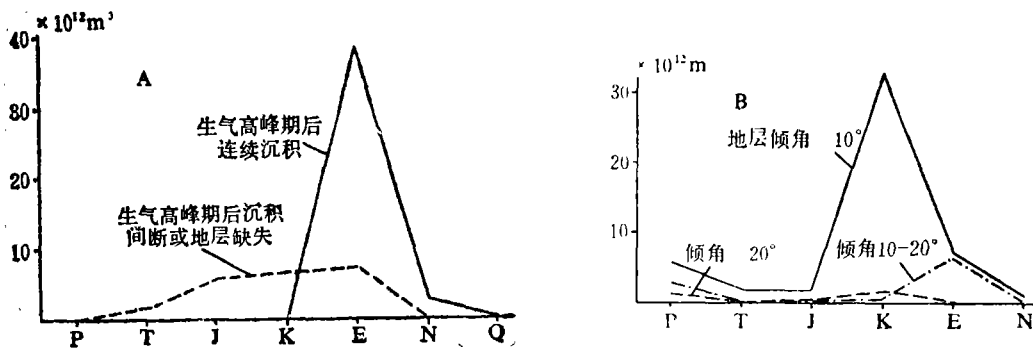


图12 全球大气田生气高峰期后构造环境统计
A. 地层发育状况 B. 地层倾角

同构造部位而言, 处于相对抬升的构造活动环境, 天然气较易散失, 而处于相对沉降的稳定构造环境, 天然气较易保存, 这也就是连续沉积区比抬升活动区天然气远为富集的主要原因。从全球大气田圈闭的岩层倾角统计, 倾角 $<10^\circ$ 的气田占总储量的78.0%, 倾角介于 $10^\circ-20^\circ$ 的气田占15.3%, 倾角 $>20^\circ$ 的气田仅占6.7% (图12B), 也可间接说明在生气高峰期后构造环境越稳定, 天然气前景越好。

三、我国天然气形成的有利地质条件和区带

我国目前所勘探和开发的天然气藏，大多属中小型气田或原油伴生气，远不能满足国民经济发展的需要，为了扩大天然气的储量和产量，需要不断深化和更新对我国天然气地质的认识。

1. 我国天然气形成的有利地质条件

(1) 众多深埋的上古生界和中新生界含煤岩系生气高峰时代较晚

含煤岩系的泥质岩和煤层为腐殖型大气田的良好源岩。我国上古生界和中新生界含煤岩系均较发育，除因煤系埋深较浅，缺失封盖条件或已超越主要生气阶段的地区外，均具有腐殖型气藏的潜在前景。

华北和鄂尔多斯广大地区的石炭-二叠系泥质岩和煤层分布广泛，煤层厚度大，泥质岩最大厚度达300m，有机质丰度高。根据反映有机质热演化特征的镜质体反射率等值图(图13)，大致可以庆阳、洛川、太原、阳泉、商丘联线为界，联线以南为高变质区，以北为中低变质区(张士亚, 1989)，

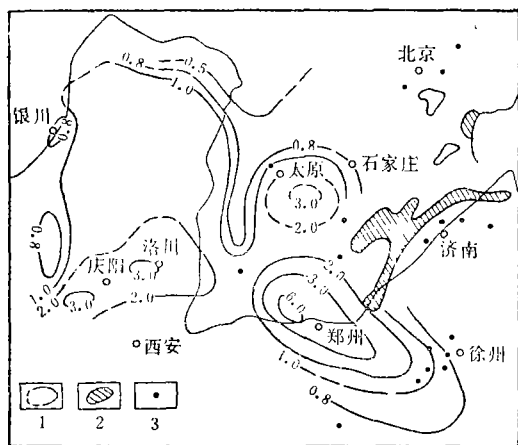


图13 华北地台上古生界 R_0 等值图(据张士亚)

1. R_0 等值线 2. 中生代断陷区 3. 局部 R_0 高值

在高变质区 $R_0 > 2\%$ 、多为焦瘦贫煤和无烟煤，大致与石盒子组至延长组沉积凹陷相一致，自煤系沉积到三叠纪末，煤系累计埋深已达3.5—4.5km，在三叠纪中晚期已进入生气高峰。在中低变质区， R_0 值介于0.7—1.4%者，多为气肥煤和焦煤，其上覆三叠系较薄或缺失， R_0 值常随上覆侏罗白垩系(鄂尔多斯)或下第三系(华北)厚度增大而变大，表明其生气高峰时代较晚。从天然气保存条件来说，高变质区生气高峰较早，除其上有较厚泥质岩或膏盐层的封盖条件外，天然气散失量较大，而中低变质区生气高峰较晚，均有较好找气前景。

扬子、华南和塔里木中西部广大地区，在晚古生代虽主要为陆表海和陆棚相沉积，但二叠-三叠系的滨海湖相含煤岩系亦较为发育，如四川、楚雄、湘中、赣西等地含煤岩系，当其上覆地层较厚并有较好盖层时亦具较好含气前景。

侏罗白垩系含煤岩系为内陆河湖沼泽相沉积，塔里木、准噶尔、吐鲁番、柴达木和河西走廊为中下侏罗系含煤岩系，海拉尔、二连和松辽为侏罗白垩系含煤岩系。含煤岩系常发育有两个完整沉积旋回，泥质岩和煤层厚度占剖面总厚40—60%(黄振裕, 1987)。 R_0 值一般介于0.7—1.4%，其上部中新生界砂泥岩厚度一般大于2.0km，主要生气阶段都发生在白垩纪末期和早第三纪，具有较好的保存条件。

东海和南海海域的下第三系含煤岩系, 分布面积广, 沉积厚度大, 泥质岩和煤层厚度占总剖面的50%。 R° 值 $\sim 1.0\%$, 晚第三纪以来正处于生气高峰, 在没有削蚀或抬升地段具有较好前景。我国第一个大气田即发现在下第三系崖城组含煤岩系中。

(2) 中新世界盆地下伏的碳酸盐岩展布区生气高峰时代也较晚

海相碳酸盐岩地层中的有机质, 大多为腐泥型并常被碳酸盐矿物所包裹, 其热演化作用发生较迟较晚, 在中低成熟阶段主要为成油高峰期, 在高成熟阶段晚期和过成熟阶段(R° 介于 $1.7-3.2\%$), 液态烃才裂解为气态烃, 出现生气高峰, 碳酸盐岩源岩即便时代较老、埋深较大也很少能超越生气高峰阶段^①。全球腐泥型大气田大多分布在时代较老、埋深较大或热演化较高的碳酸盐岩展布区, 就是最好的实例。我国中新世界盆地下伏的碳酸盐岩展布区, 长期处于稳定沉降构造环境, 在未被中生代地层深埋以前热演化普遍较低。大量数据表明, 反映热演化特征的镜质体反射率或沥青质反射率, 常随上覆中生代地层加厚而增高, 亦即当其上覆地层具有一定厚度时, 才能达到生气高峰阶段。因此在中生代界盆地下伏的碳酸盐岩展布区, 其生气高峰时代也都较晚。如四川的震旦-寒武系碳酸盐岩, R° 介于 $2.5-3.5\%$, 二叠纪末为主要成油阶段, 三叠纪才渐次进入生气高峰; 四川古生界和三叠系碳酸盐岩是重要的气源层系, 其 R° 值介于 $1.5-2.5\%$ 之间, 三叠-侏罗纪渐次进入生气高峰(包茨, 1988)。华北和塔里木中新世界盆地下伏的碳酸盐岩, 其生气高峰期均比四川盆地古生代碳酸盐岩晚。如冀北宽城中上元古界和寒武系的碳酸盐岩中有机质热演化均较低(蓟县系沥青镜煤反射率 $R^{\circ} < 0.7\%$, 长城系、青白口系和寒武系演化相对较高, R° 值亦仅介于 $1.0-1.45\%$), 未进入主要生气阶段。华北-渤海湾盆地下伏的同期碳酸盐岩, 上覆有较厚的中生代地层, 但亦未达到主要生气阶段。鄂尔多斯中上元古界和下古碳酸盐岩热演化相对较高, 任1、2井奥陶系泥岩镜质体反射率 R° 大多介于 $0.7-1.5\%$, 局部可达 1.8% , 从沉积埋藏史分析, 三叠-侏罗纪进入成油阶段, 白垩纪才渐次进入生气高峰。塔里木盆地从中晚元古代至古生代末先后经历两次较大海浸, 沉积了巨厚的海相碳酸盐岩夹泥质岩, R° 值大多介于 $1.0-2.0\%$ 之间, 处于成油阶段晚期和生气阶段早期。从沉积演化史分析, 三叠侏罗纪进入主要成油阶段, 白垩、早第三纪才进入生气高峰。

中新世界盆地下伏的碳酸盐岩展布区, 长期处于稳定构造环境, 其有机质热演化常随上覆中生代地层增厚而加深, 故生气高峰时代也较晚。南方海相碳酸盐岩展布区, 处于活动构造环境, 其有机热演化程度常随古生代地层增厚而加深, 主要成油阶段大多发生于早海西期及其以前, 在晚海西至印支期均相继进入生气高峰阶段。在生气高峰以后, 长期处于剧烈抬升的不稳定构造环境, 天然气藏大多遭受破坏和散失。

(3) 与源岩共生伴存的成盐组合是天然气良好的直接盖层和区域盖层

在含气层序或圈闭中常有多个不同的压力异常层或浓度异常层, 高压异常层可阻滞顶底部次高压异常层天然气的散失, 次高压异常层可缓解高压异常层天然气的扩散速率。分隔各压力异常层或浓度异常层的致密直接盖层, 可使各层组天然气或压力异常层之间产生相互保护作用, 可称之为直接盖层综合效应。显然, 直接盖层愈多, 直接盖层

^①张义纲, 1988年10月在中国科学院地学部召开的“国家天然气和东南核能发展研讨会”上的发言稿。

综合效应愈大,天然气聚集保存就愈多。直接盖层与区域盖层同属评价天然气保存的主要条件。

我国地史期内有三个重要成盐层系,即下古生界(包括震旦系)、三叠系和白垩下第三系,在每个成盐期前后也是我国油气源岩最为发育的时期。在古生界常由碳酸盐岩和含膏盐碳酸盐岩互层发展为以岩盐、石膏为主的膏盐层;在中新生界则常由砂岩、泥质岩与含膏盐泥岩互层,发展以岩盐、石膏为主的膏盐层;分别构成了天然气的分散状直接盖层和厚层状区域盖层,这种与源岩伴存的成盐组合,对天然气的聚集和保存具有重要作用。震旦-寒武系膏盐层对威远气田的封盖作用已得到证实,塔里木、鄂尔多斯和华北的同期膏盐层较发育,对各该地区天然气的封盖保存作用更有重要意义;同样,三叠系和下第三系与源岩伴存的成盐组合,对川西、东濮地区气田的封盖保存作用,也分别得到了验证。因此,对其它含油气盆地具有与源岩伴存的成盐组合,也应值得重视。

(4) 与源岩伴存的火山喷溢沉积旋回是天然气的又一成藏模式

日本和美国是发现和开发火山岩油气藏最多的国家。近十几年来,在我国西北、东北和广大海域油气盆地中也先后发现了很多与火山岩有关的油气藏。火山岩不仅可作为油气的储集体,而且在主力油气源岩中伴存有火山喷溢沉积杂岩体,对油气的形成、聚集和保存都有重要意义,为油气勘探者所瞩目,使研究的层次已从单纯研究火山岩的储集性能及其分布向与火山岩有关的成藏模式发展。油气源岩是在拉张机制下沉降速度大于沉积速度的产物,火山喷溢沉积旋回则是拉张极限时地壳断裂的产物。与源岩伴存的火山喷溢沉积的堆积速度,远大于正常沉积速度,当其为“中心式”水下火山喷溢沉积时则形成火山锥式的水下潜山;当其表现为“裂隙式”的火山喷溢沉积时,则形成链状的水下长垣。中基性火山岩常具气孔结构,凝灰质砂泥岩裂隙孔隙发育,在横向上常与油气源岩呈指状交错,能优先捕获并储集油气,故常构成油气藏。从太平洋扩张中心的考察成果发表以后,油气地质科研者又从成烃理论作了深入探讨,认为火山喷溢的高温气液,不仅可改变水域温度、水质、生态环境和沉积环境,有利于生物繁衍和富集,而且也可提高地温,促使有机质向油气转化,火山喷溢的深源氢和被高温裂解的水所放出的活性氢有利于天然气的形成。显然,火山油气藏已渐次发展为与火山喷溢沉积有关的天然气形成和聚集的又一模式。

准噶尔克拉玛依-乌尔禾断阶的主力源岩为二叠系风城组和乌尔河组,在该二组中都见有同沉积期的中基性火山喷溢沉积杂岩体,在风17井中已获天然气流(刘明高,1987)^①;黄骅拗陷南部与油气源岩同沉积期的火山喷溢活动较为强烈,由下而上依次可划分为前第三系、孔三段、孔二段、孔一段、沙三段和沙一沙二段火山喷溢活动期等六个火山喷溢沉积旋回(高知云,1987)^②。其中以孔二段和沙三段的火山喷溢活动最强,玄武岩层次最多,厚度最大,既有裂隙式的喷溢岩流及其凝灰岩,也有中心式喷溢的火山锥或火山丘,孔二段和沙三段是该区的主力油气源岩,在横向上与火山喷溢沉积杂

①刘明高,准噶尔盆地西北缘石炭系储层研究

②高知云,黄骅拗陷中生代火山岩特征、成因及其与盆地构造演化关系

岩体呈指状交错, 风化店复式油气藏即为与火山岩有关油气藏的产物(高锡兴, 1990)。同样在济阳拗陷的惠民和东营凹陷, 沙三段主力油气源岩中也见有多期火山喷溢活动, 并已在其中发现多处天然气流; 在三水和珠江口盆地中也有类似发现。显然, 与源岩伴存的火山喷溢沉积也是我国天然气形成、聚集的又一模式。

2. 天然气有利聚集保存区带

从全球大型气田的宏观分布规律可知, 海相或陆相沉积环境、腐泥型或腐殖型有机母质、中低演化阶段或高演化阶段都有形成大气田的可能, 重要的是后期需要有一个较好的聚集保存条件。从天然气藏的动态平衡分析, 源岩生气高峰的时代越早、气藏形成时代越老, 越不利于天然气的聚集保存。古生代或中生代初期源岩已进入生气高峰和已形成的气藏, 如不具备较好的封盖条件和稳定构造环境, 同样也不利于天然气的聚集和保存。因此在评价一个地区天然气有利的聚集保存区带时, 首先应考察有否巨大体积源岩及其较新较晚生气高峰的气源区, 其次是考察有否较好的封盖圈闭条件及稳定沉降的构造环境。

(1) 生气高峰较新并处于相对稳定沉降构造环境的区带

东海、南海海域的各个早第三纪凹陷, 下第三系含煤岩系相当发育, 在早第三纪晚期和晚第三纪进入生气高峰, 是腐殖型天然气的有利聚集保存区带, 已先后发现了滙13-1气田和17口发现井。腐殖型源岩在中低演化阶段即可进入生气高峰, 应选择含煤岩系沉积后没有较大沉积间断或抬升区带的圈闭施钻, 避开古隆起、古构造或具有削蚀区带的圈闭进行勘探。内陆大中型盆地下伏的含煤岩系, 也是具有较大体积和生气高峰时代较晚的气源区。如四川和楚雄盆地的上三叠统含煤岩系, 鄂尔多斯上古生界和三叠侏罗系的含煤岩系, 塔里木、柴达木、准噶尔和河西走廊的三叠侏罗系含煤岩系, 华北的石炭二叠系含煤岩系, 松辽和二连、开鲁、辽河的侏罗白垩系含煤岩系展布区, 应根据沉积埋藏史和有机质演化史, 选择在生气高峰期后相对处于稳定沉降区带的圈闭进行勘探。就同一盆地而言, 生气高峰较晚并处于相对沉降区带较之生气早、处于抬升区带, 天然气的聚集保存条件要优越得多。

中生界盆地下伏的海相碳酸盐岩展布区, 源岩体积大、生气高峰相对较晚, 是腐泥型天然气有利聚集保存区带。四川和楚雄盆地的古生代海相碳酸盐岩源岩(包括震旦系和三叠系)的生气高峰期为三叠侏罗纪, 鄂尔多斯下古生界的生气高峰为侏罗白垩纪, 塔里木和柴达木的古生界生气高峰为白垩第三纪, 华北下古生界在早第三纪至晚第三纪才进入生气阶段, 按照生气高峰时代越新越具前景, 显然塔里木盆地的古生界更具天然气前景。川西与川东北比较, 前者生气高峰相对较晚而且处于沉降构造环境, 后者具有巨厚膏盐层, 各有千秋; 鄂尔多斯西北部与东南部比较, 西北部下古生界相对演化较低、生气高峰较晚, 且处于相对沉降构造环境, 故优于东南部; 同样, 塔里木盆地的塔北、塔西南地区要远较塔东地区更具找气前景。

(2) 盆地构造迁移前沿的盐沼相和泥沼相展布区

全球大气田有很多是与大油田在同一沉积盆地产出, 但油气横向分布不一致, 有的在盆地中心盛产石油而在边部产气(吉普斯兰盆地); 有的在盆地一侧产油而另一侧产

气(北海和波斯湾盆地)。不少学者曾以天然气较易运移来解释油气这一分带现象,结果不能自圆其说。众所周知,油气源岩的沉积常受盆地沉降中心的制约,而沉降中心则又受一定指向的构造迁移而变动。不论构造迁移呈单向或多向,都常能在构造迁移的前沿发育有巨厚的盐沼相或泥沼相沉积,形成“残余海盆或残余湖盆”^①。这些残余盆地的盐沼相或泥沼相沉积,富含腐殖型有机质,是良好的气源岩,也是区域盖层。四川印支期的构造迁移形成众多的残留海盆,发育有巨厚的盐沼相沉积,在残留海盆及其周边均富含天然气;鄂尔多斯和松辽分别在延长组和嫩江组沉积晚期,发育不同的残留湖盆,沉积有较厚的泥沼相地层,在原残留湖盆及其周边天然气较为富集。塔里木盆地经历了巨大构造旋回,发育了五套油气层序。在每一构造旋回都有一定指向的构造迁移,在构造迁移前沿都分别发育了巨厚的盐沼相或泥沼相沉积,如加里东期早志留世残留的盐沼相、海西期的盐沼相、燕山早期和晚期的泥沼相、喜山期的盐沼相和泥沼相等。在这些残留海盆和湖盆及其周边,也同样是天然气聚集保存的有利区带。

(3) 处于相对沉降区的先张后压构造演化的区带,如四川龙门山、楚雄西缘、鄂尔多斯西缘、准噶尔西北缘俯冲带和不对称深凹陷的陡侧等等,都有利于天然气的聚集和保存。

(4) 含油气区的火山喷溢沉积杂岩体分布区。

参 考 文 献

- [1] B.W.Beebe, 1968, Natural Gases of North America, AAPG Memoir 9.
- [2] Worldwide Production, Oil & Gas Jour.1987.1988.
- [3] W.J.Stahl, 1979, Geochemische Daten Nordwestdeutscher Oberkarbon, Zechstein and Buntsandsteingase, Erdoel and Kohle-Erdgas Petro chemie,32, Heft 2.
- [4] Б.А.Сокопов, 1977, Условия Образования Нефти и Газа в Осадочных Бассейнах Наука, Москва, С. 80—90.
- [5] А.Э.Конторович, 1967, Масштабы Образования Углеводородных Газов в Мезозойских Отложениях Западно-Сибирской Низменности, «Труды СНИИГМС», Вып 65, С.197.
- [6] 史训知等, 1985, 联邦德国煤成气的甲烷碳同位素研究和对我们的启示, 天然气工业, 5卷5期。
- [7] 甘克文等, 1982, 世界含油气盆地图集, 石油工业出版社。
- [8] 熊寿生等, 1984, 试论我国天然气多源成气作用与多种成气模式, 石油实验地质, 6卷3期。
- [9] 陈辉煌, 1987, 崖13-1气田煤成气特征及气藏形成条件, 煤成气地质研究, 石油工业出版社。
- [10] 关德师等, 1987, 煤和煤系泥岩产气率实验结果讨论, 煤成气地质研究, 石油工业出版社。
- [11] 黄振裕, 1987, 试论我国东北部中生代陆相含煤地层沉积序列模式, 长春地质学院学报, 17卷4期。
- [12] 刘宝泉, 1989, 冀北宽城地区中上元古界寒武系有机质热演化特征及油源探讨, 石油实验地质, 11卷1期。
- [13] 张义纲, 1990, 天然气地质的若干认识, 地球科学进展, 2期。

^①姜春发, 1990年4月在无锡石油地质中心实验室的学术报告“盆地构造迁移论”