

文章编号: 0253-2697(2003)03-0034-04

# 从天然气富集的主控因素 剖析我国主要含气盆地天然气的勘探前景

卢双舫 王朋岩 付 广 张云峰

(大庆石油学院 黑龙江大庆 163318)

**摘要:** 生成条件和保存条件是决定一个盆地或探区天然气富集程度的主控因素。利用目前对我国重点含气盆地气源条件和保存条件的研究成果,定义并计算了基于其气源条件(生气量、生气强度和生气期)和保存条件(盖层质量、构造活动性)的各盆地的“含气远景得分”。在此基础上,对我国主要含气盆地天然气的勘探前景进行了对比和评价。我国各含气盆地中,含气远景得分在 400 分以上的盆地有四川盆地、莺-琼盆地、塔里木盆地和鄂尔多斯盆地,表明这些盆地应该是我国天然气勘探潜力最大、勘探前景最好的地区。

**关键词:** 含气盆地;天然气富集;主控因素;含气远景评价;勘探前景

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

## Exploration potential analysis of natural gas in the main gas-bearing basins based on factors controlling natural gas enrichment

LU Shuang-fang WANG Peng-yan FU Guang ZHANG Yun-feng

(Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, China)

**Abstract:** The degree of natural gas enrichment depends mainly upon the conditions of gas generation and preservation in a basin or an exploration region. By the use of the present research achievements about gas generation and preservation in the main gas-bearing basins, a concept of “score of gas potential” was defined. The score is related to the conditions of gas generation including the amount, intensity and period of gas generation, as well as to the preservation conditions including quality of caprock and structure activity. The scores of the important basins were calculated. The exploration prospect of natural gas for these basins was evaluated and compared on the basis of calculation. The results indicate that the Sichuan Basin, Yinggehai-qiongdongnan Basin, Tarim Basin and Ordos Basin are of the most favorable and greatest potential for gas exploration.

**Key words:** gas-bearing basin; natural gas enrichment; controlling factors; gas potential evaluation; exploration prospect

对现有的研究及勘探成果的剖析表明,一个盆地或探区天然气的生成条件和保存条件是决定其可能的富集规模和分布规律的全局性、战略性的制约因素,即生成、保存条件越好的盆地或地区,天然气富集的程度将越高。而运移、储集和圈闭条件虽然是天然气成藏至关重要、甚至是必不可少的成藏要素,但它们主要是决定气田(藏)的具体位置及最大的可能规模,因此,可视为是局域性和战术性的从属要素。或者说,在石油地质理论所概括的五大成藏要素,即生、运、储、聚(圈)、散(盖、保)中,天然气的小分子及其易运移、易扩散的特点使它对于运、储、圈(聚)条件的要求相对较弱,

而生、散(盖、保)条件则成为制约其成藏规模和分布规律的主控因素。按照这一思路,笔者利用近期对松辽盆地深层和塔里木盆地及前人对我国其他主要含气盆地气源条件和保存条件研究的成果,定义并评价有关盆地的含气远景及我国重点含气盆地的天然气勘探前景。

### 1 评价思路及方法

从原理上讲,一个盆地或探区天然气的资源量是反映其天然气可能富集规模的量化指标,因而也应该是用来评价其勘探远景并进行盆地或探区间横向对比

**基金项目:** 中国石油天然气集团公司中青年创新基金(200011)和黑龙江省杰出青年基金(200003)资助项目研究成果。

**作者简介:** 卢双舫,男,1962年6月生,1993年北京石油勘探开发研究院博士毕业,现任大庆石油学院地科院副院长,教授,博士生导师,研究方向为石油地质学和石油地球化学。

的合适指标。不过,由于从生气量计算资源量时所乘的运聚系数有很大的取值范围(西西伯利亚富气区为 10 %<sup>[1]</sup>,贫气区不足 0.1 %),从而使具体到一个评价区的取值带有很大的主观成分,由此进行的评价和对比具有较大的不确定性。

由于决定一个盆地天然气富集规模(资源潜力)的主控因素是气源条件和保存条件,而不同盆地内气源

条件(包括生气量、生气强度、生气期)和保存条件(指盖层的质量及分布、构造运动的规模、强度及性质等)差别很大(表 1)。因此,笔者按照主控因素决定天然气富集规模(资源潜力)的思路,利用前人对我国主要含气盆地气源条件和保存条件的研究成果<sup>[2~16]</sup>(表 1),以一定方式对各项气源和保存条件进行量化(表 2),并最终计算出各个盆地的含气远景得分,由此

表 1 我国主要含气盆地气源条件、保存条件及远景得分综合数据

Table 1 Conditions of gas generation and preservation as well as score of gas potential in key gas-bearing basins of China

盆 地	气 源 条 件			保 存 条 件							远景 得分		
	源岩 时代	生气期 (Ma)	生气量 $Q/(10^{12}\text{m}^3)$	盖层 时代	盖层岩性 $r_c$	厚度 $h/\text{m}$	分布 $d_c$	排压 $p_d/\text{MPa}$	超压 $p_t/\text{MPa}$	构造背景 $f_{sb}$		不整合	
四川 盆地	Z	600 ~ 195	121.6		页岩	235	区域 局部 缺失 区域 局部 缺失 区域	22 13		前 陆 盆 地 ( $T_3^{2-N}$ ) 克拉通 盆 地 ( $Pz-T_3^{2-}$ )	4	703	
		440 ~ 195	1009.8	$S_1$	页岩	405							
	S	400 ~ 65	567.1	$P_2^1$	泥岩	65							
	P	210 ~ 65	541.86	$T_{1+2}$	膏盐岩	350							
	T	195 ~ 65	251	$J_2$	泥岩								
鄂尔多斯 盆地	O	440 ~ 65	302.35	$P_2$	泥岩	295	区域 直接 盖层	3.6	20	前陆 (J-K) 克拉通 (Pz)	4	420	
	C-P	195 ~ 65	450.5	C	泥岩								
松辽 盆地	sh-yc	125 ~ 85	136.7	登娄 库组 泉一、 二段	泥岩	275	断陷 内部 局部 缺失	11	0	裂谷盆 地(Mz)	3	49	
	D	119 ~ 83	7.299		泥岩	280							7
渤海湾 盆 地	C-P	195 ~ 65	67.45	沙三段 和 沙 一 段	泥岩、	500 (辽河) 800 (黄骅)	区域			裂谷盆 地(Kz)	8	121	
	E	22.5 ~ 2	100.79		膏盐岩								
塔里 木库 车区	下古 生界	440 ~ 350	152.73	J	泥岩	500	区域	6	12	前陆 盆地	5	186	
				E	泥岩及 膏盐岩	550	区域	10	12				
	中生界	22.5 ~ 2	47.625	N	泥岩	500	区域	11 5	13				
塔里 木台 盆区	下古	440 ~ 350	1450.615	S	泥岩	200	区域	11	克拉通 盆地 (Pz)	5	236		
	上古	280 ~ 65	75.445	C	泥岩	350	区域	15				8	
	中生界	22.5 ~ 2	67.765	P	泥岩	450	区域	4				6	
				T	泥岩	200	区域	2.5					
准噶尔 盆 地	P	195 ~ 65	202.17	T	泥岩	250	区域	3.0	前陆 盆地	8	83		
	J	137 ~ 2	180.55	J	泥岩	130	区域	5.2					
吐哈 盆地	P	230 ~ 65	8.04	$J_2q,J_3q$	泥岩	800	局部 缺失	2.8	15	前陆 盆地	3	129	
	T	137 ~ 65	3.28	$J_2s$	泥岩	175	局部 缺失						
	J	22.5 ~ 2	198.35	$J_1b,J_1s$	泥岩	550	局部 缺失						
				K-Cz	泥膏岩		区域						
柴达木 盆 地	J	100 ~ 22.5	60	Q	泥岩	750	区域		前陆 盆地(N)	3	101		
	E-N	2 ~ 1	14.5									K-E	泥岩
	Q	2 ~ 1	120.76										
琼东南 盆 地	E	2 ~ 1	211	E	泥岩	900	区域		裂谷 盆地	1	126		
莺歌海 盆 地	N	2 ~ 1	447.8	N	泥岩		区域		走滑-伸 展盆地	1	358		
东海 盆地	E-N	2 ~ 1	119.5	E-N	泥岩		区域		裂谷 盆地	2	7		

表 2 盆地保存条件定量评价标准

Table 2 Quantitative evaluate criterion of preservation condition for a basin

影响因素		量化方式			
宏观分布特征	盖层分布特征	区域盖层面积 生气区面积			
	盖层平均厚度	$\frac{h_c}{h_{\max}}$ ( $h_c$ 为盖层厚度, $h_{\max}$ 为下限, 可取 200m, 比值大于 1 时取 1)			
微观封闭能力	盖层岩性	大面积膏盐岩分布 (1.0)	泥岩及膏盐岩 (0.8)	以泥岩为主, 局部膏盐岩 (0.7)	泥岩及碳酸盐岩 (0.6)
	排替压力	$\frac{p_d}{p_{\max}}$ ( $p_d$ 为排替压力, $p_{\max}$ 为常数值, 可取 15MPa, 比值大于 1 时取 1)			
	超 压	$\frac{p_t}{p_{\max}}$ ( $p_t$ 为异常压力, $p_{\max}$ 为常数值, 可取 2MPa, 比值大于 1 时取 1)			
构造背景	剥蚀量	生气门限深度-最大剥蚀量 生气门限深度			
	构造运动	$r^n$ ( $n$ 为构造运动次数, $r=0.7$ 为一次构造运动对富气的影响)			
	盆地类型	克拉通盆地 (1.0)	克拉通-前陆复合盆地 (0.8)	前陆-挤压型盆地 (0.6)	拉张型盆地 (0.5)

来对比并评价各个盆地的天然气勘探远景。

天然气的生成是其聚集成藏的物质基础,因此,盆地的含气远景得分首先应该正比于生气量。在此基础上,考虑了生气期、生气强度及保存条件的各个方面对含气远景的影响。具体计算公式为

$$\text{含气远景得分} = \sum_i \sum_j Q_{ij} f_p f_i f_{sm} r_c h_c d_c p_d p_t f_{sb}$$

式中  $Q_{ij}$  为第  $i$  层源岩于  $j$  时期的生气量;  $f_p$  体现生气期对含气远景的影响,按  $f_p = (t_{\max} - t) / t_{\max}$  量化,  $t$  为对应  $Q_{ij}$  的生气时期,  $t_{\max} = 800\text{Ma}$ , 为最早的源岩 (Z) 生气期,这一项体现了生成越早的天然气对成藏的贡献越小;  $f_i$  体现生气强度对含气远景的影响,按  $f_i = \frac{q}{20}$  量化,  $q$  为源岩的生气强度, 20 为形成大中型气田所要求的最小生气强度,  $f_i$  大于 1 时取 1。由于部分层位资料不全,本次计算过程中,实际上暂未考虑生气强度的影响。

后面各项为保存条件的各个方面对富气的影响,按表 2 所列实行量化。如:  $f_{sm}$  为构造运动对富气的影响,量化方式为  $f_{sm} = 0.7^n$ ,  $n$  为气体生成后所经历的构造运动的次数, 0.7 代表每经历一次构造运动,先期生成的气体的有效性降低 30%。

## 2 我国主要含气盆地天然气远景及勘探前景评价

按上述思路和方法,计算出能综合反映气源条件和保存条件的我国主要盆地的含气远景得分,见表 1。可以看出,我国主要含气盆地中,含气远景得分在 400 分以上的盆地有四川盆地 (703 分)、莺-琼盆地 (483.6 分)、塔里木盆地 (台盆区 + 库车区 422.8 分) 和鄂尔多斯盆地 (420 分),表明这几个盆地应该是我国天然气勘探潜力最大、勘探前景最好的地区,其中,尤以四川盆地最为突出。显然,这不仅与该盆地总生气量最大有关,而且与盆地内时代相对较新 (因而生气期较新) 的 P、T 源岩的生气量较大 (表 1)、保存条件也较好有关。值得注意的是,与塔里木盆地相比,沿海气区的莺-琼盆地的面积不到 1/3,总生气量仅为 1/3 强,但其远景得分并不比塔里木盆地低,这主要得益于莺-琼盆地源岩的成气期新 (N~Q),因而耗散损失量相对较小。同时也表明,莺-琼盆地具有可与塔里木盆地相媲美的天然气勘探前景。由于沿海气区毗邻工业发达、市场广阔的东部地区,因而其经济意义值得引起足够的重视。

将各盆地的天然气远景得分除以盆地面积可得单位面积得分 (图 1)。显然,该值越高表明天然气聚集

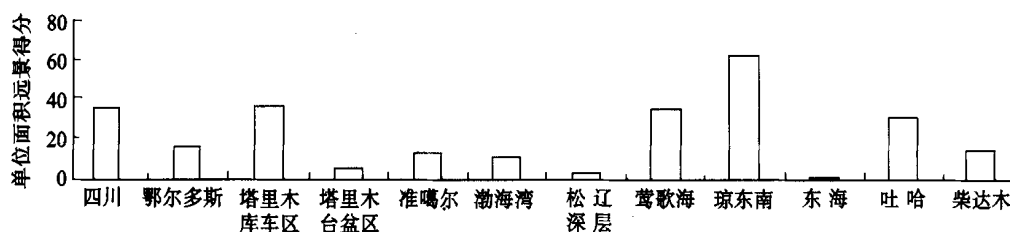


图 1 我国主要含气盆地单位面积远景得分

Fig. 1 Score of gas potential per unit area for the main gas-bearing basins

丰度(资源丰度)越高,因而应该越容易取得勘探突破。这可能正是与塔里木盆地台盆区油气系统相比,库车区虽然总的远景得分较低(表1),但迄今的勘探成效却远远好于台盆区的基本原因。由此来看,只要投入相应的勘探工作量,莺歌海盆地、吐哈盆地、柴达木盆地可望获得重要收获(对累积远景得分在200分以下的吐哈盆地和柴达木盆地,这里指的是投入工作量与产出的比值,而不是指最终能获得的储量)。

图2给出了我国主要含气盆地的天然气远景得分

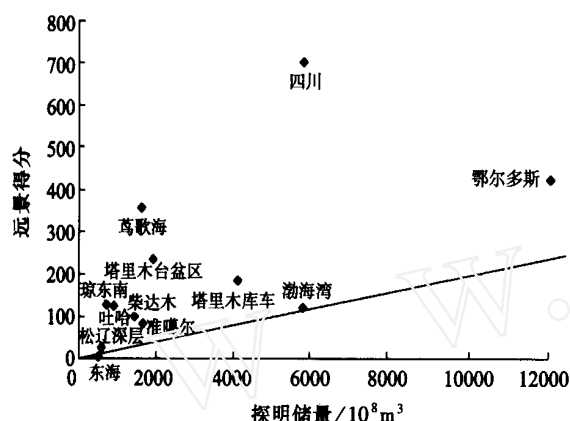


图2 我国主要含气盆地天然气远景得分与探明储量关系  
Fig. 2 Relationship between score of gas potential with reserves proved in important gas-bearing basins

与探明储量的关系。可以看出,渤海湾盆地虽然远景得分不是很高,但由于其勘探程度较高,探明储量已接近四川盆地。如果仅达到渤海湾盆地的勘探程度,我国主要含气盆地中绝大多数都还应有巨大的勘探潜力。

### 3 结束语

尽管笔者在本文中力图按统一的原则、标准对各含气盆地进行平行评价,但除塔里木盆地和松辽盆地深层是利用自己的系统研究的成果之外,其他盆地的生气量、生气强度、生气期及保存条件是利用前人已经发表的研究成果。由于不同盆地的勘探程度不同,资料丰富程度、可靠程度不一,不同学者所用的评价方法有别,因而,对同一盆地气源条件和保存条件的认识,不同的学者或在不同时期的研究成果会有较大的差别。比如,本文中所用生气量主要来自李剑等的数据<sup>[7]</sup>,其中东海盆地的生气量为  $119.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,而若按冯福恺等的数据<sup>[4]</sup>,东海盆地的生气量高达  $1157 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,约为上一数值的10倍。若由此来计算该盆地的天然气远景得分,无疑会高得多;四川盆地的含气远景得分远高于其他盆地的重要原因是其生气总量大,

并且生气期较新部分所占的比例较高(表1)。这是盆地内气源条件的客观反映,还是评价方法或技术上的差别所致,还有待今后进一步确认。相信随着勘探程度的加深及研究资料的积累,对各个盆地气源及保存条件的认识会进一步深化,各自的含气远景得分也会相应有所变化。但总体上讲,本文所作的对比评价已尽可能地利用了“九五”以来的最新研究成果,因此有关认识和结论应该有较为可信的基础。

### 参 考 文 献

- [1] Nikolai Lopatin. Supergiant gas accumulations and coal-type kerogen: geological geochemical relationship [A]. 见:戴金星,傅诚德,夏新宇. 煤成烃国际学术研讨会论文集[C]. 北京:石油工业出版社,2000:16-35.
- [2] 戴金星,王庭斌,宋岩. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律[M]. 北京:地质出版社,1997:10-80.
- [3] 戴金星,钟宁宁,刘德汉. 中国煤成大中型气田地质基础和主控因素[M]. 北京:石油工业出版社,2000:206-230.
- [4] 冯福恺,王庭斌,张士亚,等. 中国天然气地质学[M]. 北京:地质出版社,1995:323-348.
- [5] 郝石生,陈章明,高耀斌,等. 天然气藏的形成与保存[M]. 北京:石油工业出版社,1995:91-187.
- [6] 康竹林,傅诚德,崔淑芬,等. 中国大中型气田概论[M]. 北京:石油工业出版社,2000:1-18.
- [7] 李剑. 中国重点含气盆地气源特征与资源丰度[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2000:68-78.
- [8] 钱凯,马新华,李景明. 中国天然气资源[M]. 北京:石油工业出版社,1999:20-37.
- [9] 宋岩,王震亮,王毅. 准噶尔盆地天然气成藏条件[M]. 北京:科学出版社,2000:151-168.
- [10] 王涛. 中国天然气地质理论基础与实践[M]. 北京:石油工业出版社,1997:236-276.
- [11] 夏新宇. 碳酸盐岩生烃与长庆气田气源[M]. 北京:石油工业出版社,2000:60-94.
- [12] 杨甲明. 中国近海天然气资源[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(5):300-305.
- [13] 龚再升,杨甲明,郝芳,等. 莺歌海盆地与琼东南盆地成藏条件的比较及天然气勘探方向[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2001,26(3):286-290.
- [14] 卢双舫,王振平,赵孟军,等. 从成油成气期论塔里木盆地的油气勘探[J]. 石油学报,2000,21(4):7-12.
- [15] 陈章明,吕延防. 泥岩盖层封闭性的确定及其与源岩排气史的匹配[J]. 大庆石油学院学报,1990,14(2):1-6.
- [16] 石波,付广,徐明霞. 我国主要含气盆地盖层封闭特征[J]. 天然气地球科学,1999,10(3-4):49-53.

(收稿日期 2002-02-06 改回日期 2002-06-17 编辑 张占峰)