

我国天然气藏的分布特征

戴金星

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

我国开发了世界上第一个天然气田——自流井气田^[1,2]。在公元前二百二十余年前就在该气田背斜构造上开始以寻找天然气为目的的世界上最早的钻探,并于公元前221年钻成深约100米的天然气井^[3]。但由于我国利用现代的油气勘探技术较晚,而且与石油的勘探、研究相比,天然气的勘探、研究又大为逊色,致使我国探明天然气储量、产量和石油很不相称,目前采出的石油对天然气能源比约为7:1,而世界平均约为1.5:1^[4],这说明只要今后加强气的勘探和研究,我国气储量与产量就有迅速增长的可能。同时,现有资料也足以说明我国天然气资源是相当丰富的。

一、在地层上的分布

我国从第四系至前震旦系都发现了天然气显示。从表1可知:从第四纪至晚古生代各层系中均获得气藏;而中、早古生代地层中,只在奥陶系发现气藏;同时震旦系及前震旦系混合花岗岩古风化壳中也发现了气藏。在上三叠统至第四系中的气藏,其生气岩主要是陆相的,储集层主要是砂质岩;而从中三叠统至震旦系中的气藏,其海相生气岩占相当大的比重,储集层主要是碳酸盐岩。

第四系浅层天然气在我国分布极普遍,尤以长江两岸及沿海地区为甚,据不完全统计,共发现气苗近万处,其中长江三角洲上海一启东一带发现6500处,分布面积约5万平方公里,气层埋深8—40米不等。但由于地层或者不厚,或者无大面积稳定展布,构造变形极其微弱,故一般只能形成储量很小、透镜状、埋藏浅含气砂体的“气包”,其中优者可小规模开采就地利用,如在上海^[5]、浙江等地。柴达木盆地则不然,第四系中成气规模之大、气田单井产量之高,是举世罕见的。该盆地东部新生代晚期强烈拗陷,沉积了巨厚的第四系,其残余厚度大于1000米的面积达2.9万平方公里,底界埋深最大3200米。其中以滨湖—浅湖相为主夹沼泽相的七个泉组(Q_{1+2})分布最广,最大厚度可达2700米,生储盖组合良好。青海石油管理局地质研究所对七个泉组研究后指出:主要生气岩(也是盖层)为深灰、灰色、灰绿色泥质岩和炭质泥页岩,有机碳含量分别为0.12—0.36%和11.02—12.66%,以涩深11井为例,生气泥质岩(厚达1593.5米)占剖面约80%。炭质泥页岩干酪根主要为腐殖型,泥质岩的则为腐殖—腐泥型,还处于泥炭化过程中。有机物类型和所处成煤作用初级阶段,是决定着该处能大规模成气,并只形成干气(表2)的原因,这与成气有机物类型与成煤作用阶段一般规律吻合^[6],显然这些气主要具有煤成气性质。目前在此已发现涩北一号气田、盐湖气田等4个气田和若干个含气构造。气体只经短距离运移而聚集在平缓的、往往为同沉积背斜中,形成背斜层状为主的边水气藏,常有3—5个主要由粉砂岩组成的气层组。有3口井气的无阻流量特高。在盐湖气田发现了我国目前最浅的气藏(图1),最浅处仅深88.8米(地中2井)。七个泉组气藏属于生物成因的天然气,这类生物成因的气占世界探明气储量20%以上^[7],因此,今后应加强研究与勘探这种气藏。

我国上、下第三系中均发现有气藏。其中不少是凝析气藏(台湾盆地、渤海湾盆地、塔里木盆地)。台湾盆地以含气为主,在已发现的14个油、气田中,纯气田占6个(其中凝析气田4个),

表1 中国各地层系统气藏类型和储层岩性一览表

地 层 系 统			气 藏 类 型 (原 型)						储 层 岩 性		
界	系	统	背斜型	向斜型	断块型	生物礁型	岩性型	古风化型	碎屑岩	碳酸盐岩	火成岩和变质岩
新 生 界	第四系	全新统									
		更新统	○						△		
	第三系	上新统	○		○				△		
		中新统	○		○		○		△		
		渐新统	○		○		○		△	△	
		始新统	○		○		○		△	△	
		古新统									
中 生 界	白垩系	上统	○						△		
		下统	○		○		○		△	△	
	侏罗系	上统									
		中统									
		下统	○							△	
	三叠系	上统	○				○		△		
		中统	○							△	
古 生 界	二叠系	下统	○	○	○		○			△	
		上统	○			○				△	
	石炭系	下统	○	○	○			○	△	△	
		中统	○							△	
		上统									
		下统									
	泥盆系										
	志留系										
	奥陶系	上统									
		中统			○					△	
		下统	○							△	
	寒武系										
元太古界	震旦系		○							△	
	前震旦系							○			△

纯油田仅1个，其余为以产气为主的油气田^[8]；生产层均为砂岩，主要是中新统，个别为上新统、渐新统；以背斜圈闭为主，另有断层、地层及其它类型圈闭；生油气层主要在中新统，有石榴坎页岩、打鹿页岩与壁岭页岩（大寨组）^[9]和上、中、下三套含煤层系^[8]。渤海湾盆地第三系中气藏较多，就其气体组分而论，它是全国含油气盆地中最复杂的，除一般以烃气组分为主要的气藏外，还

有赵兰庄孔一段硫化氢气藏 (H_2S 占92%), 它是世界上硫化氢含量最高的气藏 (目前已知国外含量最高的是加拿大的 Panther River 气田, H_2S 含量仅为 87%^[10]); 高含 CO_2 (61%) 的滨四气藏 (顶)^[11]。该盆地气体成分之所以复杂, 可能与裂谷盆地分割性大、断裂活动强、岩浆活动多有关。近年来, 在苏北盆地、三水盆地也相继发现了一些第三系气藏。

表2 柴达木盆地东部第四系气体组分表(%)

采样地点	气层深度(米)	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	N_2	CO_2^*
涩东地区60测线和1125测线	30—40	98.46	0.02		1.51	
聂中2井	320—746.24	99.24	0.02		0.71	
涩中6井	782—791.6	98.75	0.06	0.02	1.17	
涩中4井	850—851.6	98.87	0.06	0.02	1.02	0.03
涩中2井	794.4—1141.5	98.59	0.04	0.06	1.31	
涩中8井	910—1152	97.20	0.06	0.02	2.72	
聂中1井	1191.6—1193.0	99.76	0.04	0.01	0.19	
涩中9井	1256.4—1262.0	97.72	0.08	0.02	2.18	
涩中1井	1284—1297.6	98.57	0.08	0.02	1.33	
涩深11井	1403.4—1405.6	98.40	0.09	0.03	1.48	

* 由于采用排水法取样, CO_2 易溶于水, 为避免误差, 故未作 CO_2 测定。(据青海石油管理局地质研究所化验室, 1979)

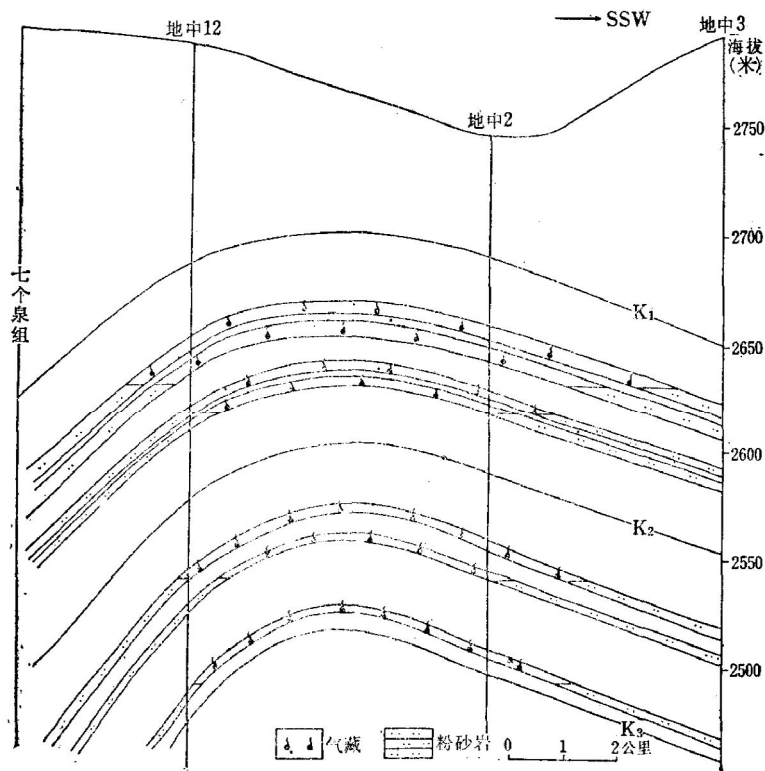


图1 盐湖气田气藏横剖面

白垩系气藏发现在松辽盆地，储层绝大部分为砂质岩，极少部分为碳酸盐岩。特别值得指出红岗油田上白垩统明水组气藏是干气型，并是生物成因气。目前除登娄库组外，在下白垩统各组（嫩江组、姚家组、青山口组和泉头组）均发现气层，而气藏主要位于萨尔图油层与泉头组中。大庆油田中部的萨零组气藏，主要储集在大小不等的细、粉砂岩透镜体中。在万金塔构造泉头组中还发现了 CO_2 气藏， CO_2 最大含量为97%，这个气藏的气是火山源成因^[11]。

侏罗系气藏主要发现于四川盆地大安寨组中，均为背斜型凝析气藏。在吉林营城煤矿上侏罗统煤系中和甘肃窑街煤矿三矿侏罗系煤系中都发生 CO_2 为主突出，故两者可能为受到破坏的 CO_2 为主的浅气藏^[11]。

三叠系气藏既在海相地层中，也在陆相地层中，并以前者居多。三叠系是我国凝析气藏、含凝析油的气藏分布的重要层系之一。四川盆地有大量的三叠系气藏，纵向上有13个含气层系，其中海相碳酸盐岩占11个。晚三叠世须家河组（香溪群）原生型气藏主要发育于川中、川西北，主要是湿气，为煤成气^[6]；次生型气藏只个别发现于川东、川南，规模小，气源是通过断层来自下伏地层，是干气。两类气藏储层均为砂岩。中、早三叠世的雷口坡组、嘉陵江组与飞仙关组皆发现有气藏。以嘉陵江组中气藏尤为发育，储层为碳酸盐岩，川南地区为裂隙-孔隙储气，其中嘉陵江组二段中部为孔隙储气。飞仙关组气藏与裂隙关系密切。

二叠系阳新统、长兴组与山西组-石盒子组中都有气藏发现。四川盆地阳新统中的气藏，是我国目前最主要的产气层之一，储层为碳酸盐岩，裂隙-孔隙及古岩溶风化壳储气。我国目前发现最深的气层（藏）（7153.5—7175米）就是在阳新统中。我国首次发现的生物礁气藏是在上二叠统长兴组中。

近年来，在四川盆地东部相国寺等气田上，相继发现了石炭系黄龙组气藏，储层为白云岩，裂缝-孔隙型，孔隙在横向上分布较稳定，孔隙度与渗透率普遍比二、三叠系碳酸盐储层为好。这些气藏的气主要源自下伏志留系的黑色页岩层¹⁾。

奥陶系气藏在四川盆地与渤海湾盆地有所发现，储层均为碳酸盐岩的古岩溶风化壳。

震旦系上统的气藏出现在四川盆地，这是我国目前发现最老沉积地层中的气藏。如威远气田的震三-震四²⁾气藏，为构造控制的底水衬托的块状气藏，储层为白云岩，裂缝-孔隙储气。

前震旦系混合花岗岩古风化壳中发现了气藏，如下辽河拗陷的齐家气藏。此外，在四川盆地威远气田前震旦纪花岗岩中也发现了气显示，并获得微量气；在松辽盆地中央隆起上的花岗岩（海西期？）中有几口井发现较好气显示，其中肇深1井酸化后获得气4123米³/日。这些气显示可能与这些岩石的古风化壳有关。基岩古风化壳是油气勘探值得注意的目标，国外从中获得不少油、气田，应予以重视。

二、气藏类型的配置特征

据构造、地层、岩性、古风化壳等因素在气藏形成与圈闭中的作用、意义及主次关系，可把我国目前已发现的气藏简化为六类，如表1。其中：

1. 背斜型气藏占首位，在现有发现气藏的地层中，除中奥陶统外，都有背斜型。它既发育在碎屑岩中，也出现在碳酸盐岩中。我国储量最大的气藏就是背斜型的。

2. 断块型气藏占第二位，这与我国大地构造单元活动性较大及许多含油气盆地具有断陷性质有关。这类气藏既在陆相地层中，也在海相地层中。

3. 岩性型气藏，包括透镜体式与上倾尖灭式两种，并以前者占优势。它们主要发育在晚三叠世

1) 包茂等，1981，四川东部中石炭系气藏的勘探方向。天然气工业，第1期。

及更晚的陆相地层中,这一方面因陆相沉积环境变化大,有利于这种气藏储集体形成,另一方面是由于我国对海相碳酸盐储层研究不够所致。

虽然我国目前发现向斜型(如四川盆地云锦向斜嘉陵江组一段和茅口组二段气藏)、生物礁型(建南气田长兴组生物礁气藏^[12])和古风化壳型气藏(齐家气藏和纳溪气田东高点阳新统一气藏)的数目不多,规模不大,但从国外勘探经验分析,切不要忽视这些类型气藏的重要意义。美国和加拿大近年发现了一种层状向斜型气藏,储层呈层状展布,气聚集在向斜底部及附近,气水关系颠倒,水上气下。产层常为低孔低渗的砂岩。北美西部三个最大的砂岩气田(圣胡安盆地向斜气田、瓦腾堡气田、默尔克勒维气田,储量分别为7079亿米³、368亿米³和2549亿米³)都属于层状向斜型气田,三个气田平均孔隙度为7-15%,平均渗透率为0.15-1.5毫达西^[13]。四川盆地川西北坳陷中的须家河组和侏罗纪许多地层、鄂尔多斯盆地天环坳陷侏罗系与延长组,在地层孔渗性能与构造特征上,与上述北美三个气田有相似之处,有可能发现层状向斜型气田。西南地区及其邻区从三叠系至中、上古生界许多碳酸盐地层中发现了不少生物礁^[14],今后可能发现更多礁型气藏。

三、天然气储量的分布特点

(一)在地层系统上的分布特点

我国探明的天然气储量在地层中的分布,如表3。以三叠系所占比例最大,即为30.7%;其次为第三系,占21.8%;再次为二叠系,占20.2%。如果把台湾省的储量计算在内,显然第三系所占的比例更大些。

我国和世界天然气探明储量在不同层系中的分布是很不一致的。我国天然气储量在各系地层中的丰度最大和最小值相差近88倍。世界范围的差异更为悬殊,例如白垩系比寒武系的储量约多1197倍。世界上以白垩系中发现的天然气最多,占47.9%;第二位为二叠系,占23.9%。为什么这两个层系中天然气储量在世界上名列前茅?Meyerhoff认为,在该两系地层中有大量煤层^[3],为气生成提供了丰富源岩。对天然气成因研究表明,大部分天然气来自煤层^[3,6]。因此,我国与世界煤系发育的二叠系中天然气储量占有比例大是不难理解的。我国三叠系与第三系中天然气储量居前两位,一方面与勘探程度有关,另一方面,主要是与我国较强聚煤作用时期有关(我国腐殖煤有七个较强聚煤期:第三纪;晚侏罗世一早白垩世;早一中侏罗世;晚三叠世;晚二叠世;晚石炭世一早二叠世和早石炭世。其中以晚石炭世一早二叠世、晚二叠世、早一中侏罗世和晚侏罗世一早白垩世四个聚煤期最强^[16])。从最强聚煤期分析,预计我国今后能在侏罗系和二叠系中发现更多的天然气资源,特别要注意在四川、鄂尔多斯、沁水、塔里木、准噶尔、二连等盆地对该二系进行天然气勘探。

(二)在盆地类型上的分布特征

根据近年来有关我国含油气盆地的研究,可把这些盆地划分为10种原型^[17]。目前,发现的天然气储量主要在克拉通内部多旋回盆地、克拉通内部裂谷盆

表3 世界和我国天然气探明储量
按地层系统对比表

项 目 地 层	天然气探明储量(%)	
	世 界*	中 国**
第 四 系		3.60
第 三 系	10.31	21.75
白 垩 系	47.91	2.22
侏 罗 系	6.25	0.35
三 叠 系	7.52	30.71
二 叠 系	23.86	20.21
石 炭 系	2.03	4.91
泥 盆 系	1.12	
志 留 系		
奥 陶 系	0.96	
寒 武 系	0.04	
震 旦 系		16.25

* 据B. C. Вышемырский 1978年资料综合;

** 未包括台湾省天然气储量

地、弧后盆地和山间盆地等4种盆地中,其中前一类盆地的天然气储量占总储量的近3/4,而克拉通裂谷盆地中占1/5强。我国各类盆地的储层岩类中,克拉通内部多旋回盆地的天然气主要储集在碳酸盐岩内,而其它三类盆地中的则主要储集在碎屑岩中(表4)。就全国而言,天然气储量的32.1%是在碎屑岩中,67.9%是在碳酸盐岩里。

表4 我国各类盆地中探明天然气储量百分比

盆地类型		克拉通内部 多旋回盆地	克拉通内部 裂谷盆地	弧后盆地	山间盆地
项 目					
探明天然气储量(%)		72.43	21.53	2.42	3.62
储层岩性	碎屑岩	7.07	98.05	93.0	100.0
	碳酸盐岩	92.93	1.95	7.0	

(未包括台湾省天然气储量)

克拉通内部多旋回盆地之所以占有很大比例的天然气储量,这是由于它具有下列有利于天然气形成与保存因素的缘故:1.盆地的构造稳定性良好,如四川盆地、鄂尔多斯盆地稳定性比其它类型盆地都佳,有利于气的聚集、保存。Meyerhoff研究了大油、气田形成的许多基本要素后,特别指出对天然气保存来说,再没有比构造稳定性更重要的了。在西西伯利亚—中亚—中东这个“月牙形区域”内,天然气和石油分别占世界可采储量的70%和61%以上,其原因与该区不寻常的构造稳定性有关^[3,18]。2.多旋回的生、储、盖层,提供了多套生油、气系列,多套储盖组合,如四川盆地目前就发现19个气藏系列;甚至在一个气田内,纵向上就有许多气藏,如卧龙河气田纵向已探明七个(T_3xj 、 $T_{1j_1^5}$ — $T_{1j_3^4}$ 、 $T_{1j_3^3}$ 、 $T_{1j_2^3}$ 、 P_2c 、 P_{1m^3} 、 C)气藏。3.盆地的沉积岩面积大,体积大,如我国四川盆地等四个这类盆地,占全国陆上沉积岩面积的40%。其中充填中生界陆相沉积岩体积占全国的50%,保存了古生界海相碳酸盐岩地层的体积占全国陆上可供勘探的碳酸盐岩体积的37%^[17]。4.发育一套或多套良好的生气源岩——煤系地层,例如四川盆地有龙潭煤系和须家河组(香溪煤系)等,鄂尔多斯盆地有太原组、山西组和延安组等。

克拉通内部多旋回盆地相当于 Klemme 含油气盆地分类中的Ⅰ型陆内复合盆地,在世界大油气田中占有重要位置,据他统计世界上23个这类盆地,包括85个大油气田,其中天然气储量占世界的66%^[19],石油储量占世界的25%,由此可见其气的丰度比油大得多;这类盆地中大约四分之三是产油气的^[20]。我国四川、鄂尔多斯、塔里木、沁水盆地等属于此类盆地,除四川盆地进行较多天然气勘探工作外,其它三个盆地从找气角度进行勘探工作不多,尤其是沁水盆地几乎未进行油气勘探。因此,今后加强这些盆地气的勘探,将可能为我国探明更多的天然气资源。

(收稿日期 1981年8月19日)

参 考 文 献

- [1] 申力生主编,1980,中国石油工业发展史(第一册),石油工业出版社。
- [2] 游气,1977,新中国的新兴工业。(香港)经济导报社出版。
- [3] Meyerhoff, A.A., 1979, Proved and ultimate reserves of natural gas and natural gas liquids in the world, Proceedings of the 10th world petroleum congress.
- [4] 翁文波,1981,油气盆地的早期评价。石油学报,第1期。
- [5] 《天然气资料》编写组,1970,浅层天然气开采与燃烧。上海人民出版社。
- [6] 戴金星,1980,我国煤系地层的含气性初步研究。石油学报,第4期。
- [7] Rice, D.D. et al., 1981, Generation, accumulation, and resource potential of biogenic gas, AAPG, Vol., 65, No. 1, 5—25.
- [8] 戴金星,1980,我国台湾油气地质梗概。石油勘探与开发,第1期。

- [9] United Nations economic and social commission for Asia and the Pacific, 1975, Oil and natural gas map of Asia (second edition), Explanatory brochure, 36—37.
- [10] 阎俊峰、阳建华, 1981, 我赴加拿大、美国进行酸性天然气田考察。地质论评, 第2期。
- [11] 戚厚发、戴金星, 1981, 我国高含CO₂气藏的分布及其成因探讨。石油勘探与开发, 第2期。
- [12] 陈劲人、银玉光, 1981, 建南气田长兴组生物礁气藏的勘探实践。石油勘探与开发, 第2期。
- [13] Masters, J.A., 1979, Deep basin gas trap, Western Canada, AAPG, Vol. 63, No. 2, 152—181.
- [14] 贺自爱等, 1981, 贵州上二叠统“生物礁”的性质及其踪迹。石油与天然气地质, 第1期。
- [15] Вышемирский В. С., 1978, Стратиграфическое размещение горючих ископаемых, Геология и геофизика, No. 6, 3—9.
- [16] 韩德馨、杨起主编, 1980, 中国煤田地质学(下册)。煤炭工业出版社。
- [17] 张 恺、罗志立等, 1980, 中国含油气盆地的划分和远景。石油学报, 第4期。
- [18] Meyerhoff, A. A., 1976, Economic import and geopolitical implications of giant petroleum fields, Am. Scientist, Vol. 64, No. 5, 536—541.
- [19] Klemme, H. D., 1975, Geothermal gradients, heat flow and hydrocarbon recovery, petroleum and global tectonics, Princeton University Press, Princeton and London.
- [20] Klemme, H. D., 1980, Types of petroliferous basins. United Nations International meeting on petroleum geology, Beijing, China.

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF GAS POOLS IN CHINA

Dai Jinxing

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

Abstract

This paper expounds some characteristics of China's gas pools from stratigraphic sequences, lithologic characters of reservoirs, and types of gas pools and basins. They are given as follows.

1. The pool-types discovered in China are mostly anticlines, and then fault blocks and lithological variations. In addition, there are a little of synclines, reefs and weathered crusts.
2. The proved gas reserves in China are 30.7% in Triassic, 21.7% in Tertiary, 20.2% in Permian, and 16.2% in Sinian system.
3. The proved gas reserves occur mainly in intracratonic polycyclic basins, intracratonic rift basins, back-arc basins and intermountainous basins. The first two are make up about 93% of the total reserves.
4. 67.9% and 32.1% of proved gas reserves are contained in carbonates and clastic rocks respectively.