



中国天然气地质概述

杜永林 张玉清

(国家计委工业综合一司)

内容提要 本文在剖析我国含气盆地的地质特征之后,综合国内外资料,对天然气的分布规律进行了分析,认为在富气盆地中若发现一个气田就预示着可能发现一个含气区;在油气共存盆地中油气在横向上按不同位置富存,纵向上石油往往居中,天然气位其上、下部。据此,对我国找气的有利地区和层位提出了宏观的看法。

中国天然气工业历史悠久。近年来,随着工农业的迅猛发展,发展我国天然气工业的重要性越来越引起有关各方的重视。在大规模发展天然气工业的前夕,除需继续落实有关政策外,有必要研究我国天然气工业的现状及对今后发展方向进行地质论证,以期选准最佳的发展途径。

主要含气盆地的勘探 现状及基本地质特征

1. 发现了一批含气盆地

迄至1986年底,我国相继在四川、渤海湾、松辽、塔里木、莺歌海、柴达木等沉积盆地共发现了89个气田,其中大多数分布在四川盆地内,全国年产气量达100多亿 m^3 。各主要含气盆地的地质概况如下:

(1) 四川盆地

面积23万 km^2 ,地壳厚38~54km,具地幔隆起,地温梯度为 $2.5\sim 3.0^{\circ}C/100m$ 。盆地内的沉积盖层从震旦系到第三系,除泥盆、石炭、白垩及第三系分布局限外,其余各系分布广泛,沉积岩总厚度达6000~12000m。

到1986年底,已在盆地内发现了15个含

气层系、70个气田、12个油田和19个含气构造,形成了川东、川南、川西南和川西北等四个含气区(图1)。年产气量约占全国总产气量的一半,其储量和产气量均为全国之冠。

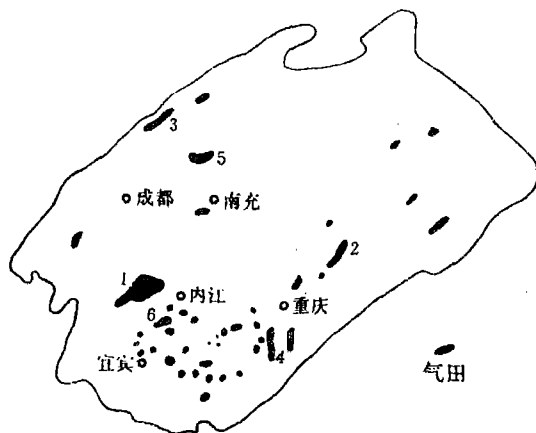


图1 四川盆地气田分布略图

1.威远气田; 2.卧龙河气田; 3.中坝气田;
4.石油沟气田; 5.八角场气田; 6.自流井气田

盆地内从下古生界~三叠系共有11个生气层系。生气母岩以海相泥页岩及碳酸盐岩为主,次为湖相泥页岩,此外,据徐永昌等证明可能还有来自深部的气源。盆地内具有

含气层位多,气藏数量多,已知气藏储量小,单井产能悬殊的特点。储集空间主要靠缝洞,由于缝洞发育的不均一性,导致单井气产量变化大,忽高忽低,忽有忽无。

四川盆地为一压性盆地,约400多个线型背斜均主要形成于早第三纪末的喜山运动,在盆地全面褶皱之前的各期运动均以区域升降为主,表现微弱,对天然气保存有利。

(2) 渤海湾盆地

已发现气田、气顶气藏和凝析气藏40多个及一批工业气井(图2),探明气储量数千亿 m^3 ,其储、产量仅次于四川盆地。

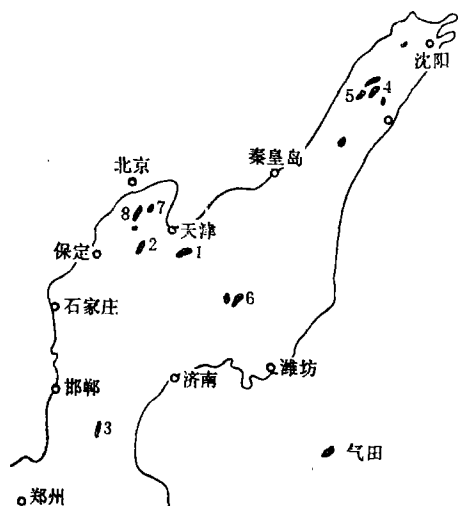


图2 渤海湾盆地气田分布略图

1.板桥气田; 2.苏桥气田; 3.文留气田; 4.兴隆台油田; 5.欢喜岭油田; 6.孤岛上第三系气藏; 7.别古庄下第三系气顶气藏; 8.柳泉油田

天然气多以伴生气形式赋存于50多个小型第三纪箕状断陷中。生气层主要为第三纪内陆湖相沉积。天然气以近距离运移为主,多富集在深部和浅部地层中。深部气多受古隆起控制,气由四周生气凹陷沿不整合面或深断层运移进入古隆起的储层内而形成气藏(田),如苏桥、永清、大民屯、顾辛庄等

古潜山气藏;浅部气多分布在断层附近的浅部圈闭中,是天然气沿断层向上运移的结果,如孤岛、别古庄、文留、板桥等第三系气顶气藏。盆地内第三系之下断裂十分发育,断距多达千米,下第三系内断层亦很发育,众多的断层常切割小而分散的透镜状砂体,使气藏形成复杂的气水关系,导致一些纯气藏具面积小、储量小、资源分散的特点。过去在该区的天然气勘探是和找油混着进行的,并多局限在下第三系的生气区内找热裂解成因气为主。因此,目前的勘探成果尚不能全面地反映全盆地天然气资源的分布状况。

(3) 松辽盆地

除六十年代发现的喇嘛甸、莎尔图气顶气藏及浅气藏外,近几年又在新店、龙南、朝阳沟、升平~宋站、汪家屯、梨树、泰康等地发现了10多个气藏(图3),控制了几百亿 m^3 的天然气地质储量。

盆地内的主要生气层除白垩系的青山口

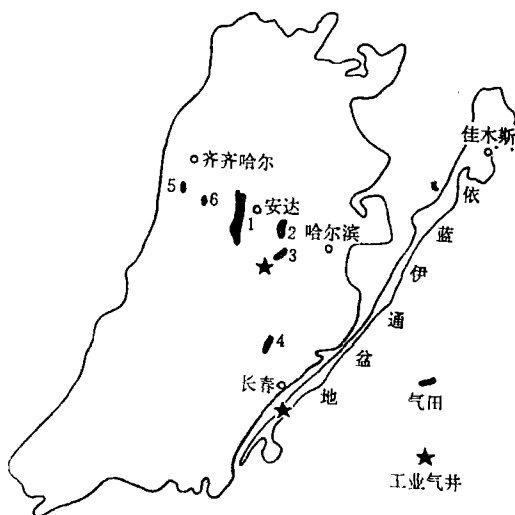


图3 松辽盆地气田分布略图

1.莎、喇、杏白垩系气顶气藏; 2.汪家屯-升平-宋站泉头组气藏; 3.朝阳沟泉头组气藏; 4.梨树泉头组气藏; 5.阿拉新气田; 6.白音诺勒青山口组气藏

组和嫩江组外,侏罗系中的暗色泥岩及煤系亦为生气层系。气藏多分布在主要拗陷区的四周,以热裂解气为主,次为生物成因气(如红岗明水组气藏)和过成熟气(如卫深1、三深1、肇深1等井的气)。目前发现的气主要储集在泉头组三段杨大城子气层的砂岩中,储层物性较好;侏罗系中的砂岩储层物性一般较差,气井产能较低;泰康地区还发现有介形虫灰岩储层,储层类型较多。

松辽盆地为侏罗纪断陷,白垩纪拗陷的拉张型盆地,盆地内发育有明显的构造带和超覆带,断层的断距一般较小,后期构造稳定,区域性盖层发育,对天然气的聚集与保存有利。

(4) 陕甘宁盆地

面积 37 万 km^2 , 地壳厚 43~44 km, 地温梯度 $2.2\sim 2.7^\circ\text{C}/100\text{m}$, 沉积厚 $>6000\text{m}$ 。以往发现有直罗气顶气和胜利井、刘家庄等石炭系的小气藏。自天池和麒麟沟地区在奥陶系发现天然气后(图4), 使该盆地的天然气勘探进入了一个新阶段。该盆地是我国一个稳定、大型的中生代内陆拗陷盆地, 西陡东缓, 北隆南拗, 局部构造相对平缓。生气层除石炭~二叠系太原组、山西组外, 海相奥陶系也可能是生气层。寒武、奥陶系在盆地内分布广泛, 目前已发现有含气层, 但问题在于储集条件不清, 储层孔、渗性变化较大, 气井初期产能较低。因此, 应加强储层的研究, 增加勘探、开发投资, 改造气层。

此外, 塔里木盆地于1977年在中新统砂岩中发现了柯克亚高产凝析气藏; 柴达木盆地发现了马海、盐湖、涩北、骆驼峰、南翼山等气田; 东海盆地发现了平湖凝析气田; 莺歌海盆地发现了我国目前最大的崖13-1气田。这些盆地都可能成为新的含气盆地。然而, 在这些盆地中目前尚未发现大型气田或高产量、高丰度的中、小型气田群, 各盆地



图4 陕甘宁盆地气田分布略图

1. 天池奥陶系气藏; 2. 刘家庄二叠系气藏; 3. 胜利井二叠系气藏; 4. 直罗三叠系气顶气藏; 5. 榆林石炭二叠系气藏; 6. 伊盟石炭二叠系气藏

已找到的气储量均不到该盆地远景资源量的 $1/10$, 盆地中天然气生成、运移、聚集规律还不十分清楚。因此, 急需对天然气资源分布进行研究, 作出较为准确的评价, 以加速天然气勘探。

2. 已发现的气田均属中小型气田

参照世界一般对气田规模的划分标准, 结合我国的实际情况, 将天然气地质储量 $>1000\text{亿m}^3$ 的称为大气田, $1000\sim 300\text{亿m}^3$ 的称为中型气田, $<300\text{亿m}^3$ 的称为小型气田。按照这个标准, 在我国已发现的89个纯气田中, 只有2个为中型气田, 其余87个均为小型气田。在这些小气田中, 除卧龙河、柯克亚、文留、中坝、兴隆台、苏桥、板桥等气田及近年来在大陆架发现的几个气田的地质储量 $>100\text{亿m}^3$ 外, 其余气田均 $<50\text{亿m}^3$, 属超小型气田。这反映我国对天然气的勘探程度很低, 但从另一个侧面也反映我国天然气勘探的潜力很大。

3. 天然气赋存于中深部层位, 但浅层具有很大的找气潜力

根据对我国89个气田的统计: 井深<1500m的天然气地质储量占总气储量的7.6%, 1500~3000m的储量占37.2%, >3000m的储量占55.2%。可见我国目前的天然气资源主要分布在中深部地层, 并以>3000m为主。但是, 从国外的统计资料来看, 浅层气具有很大的勘探潜力。据刘淑萱资料^{*}: 目前天然气勘探程度较高的美国, 井深<1000m的气储量占27%, 1000~3000m的占41%, >3000m的占32%; 天然气勘探程度相对较低的苏联其情况则更加明显, 井深<1200m的气储量占55%, 1200~3000m的占39.2%, >3000m的仅占3.8%。由此可见, 浅层蕴藏着丰富的天然气。我国天然气工业尚处于起步阶段, 无论从天然气在纵向的分布规律或从钻井成本考虑, 都应加强浅部天然气勘探为起点。

4. 以第三系和三叠系含气为主, 但应重视其它层系的勘探

按地层时代统计, 我国与世界天然气的储量对比情况见表1。

从表中可看出, 我国已知气田的天然气主要赋存于第三系及三叠系中; 与世界气田对比, 我国白垩系、侏罗系和石炭~二叠系的气储量明显偏底。当然, 各地区的成气地质条件有所不同, 不能用统一的标准去衡量。但是, 全球地史上的成气地质环境是有一定内在联系的, 不能分割、孤立地去看待。因此, 从世界天然气的富集层位看, 我国今后应从成气条件去研究富气层位, 加强对白垩系、侏罗系和石炭~二叠系的天然气勘探。

5. 天然气主要储集在碳酸盐岩中, 也应重视砂岩储层的勘探

我国与世界天然气储量对比表 表 1

地 层	天然气储量占总气储量的百分比 (%)	
	中 国	世 界
第 四 系	2.0	
第 三 系	35.4	10.6
白 垩 系	2.2	53.1
侏 罗 系	0.2	6.6
三 叠 系	38.1	0.8
石炭~二叠系	9.3	27.8
奥 陶 系	3.5	1.1
震 旦 系	9.3	

注: 我国气田统计中包括第三系一些伴生气田, 国外第三系气田为纯气田。

据统计, 我国砂岩储层的气储量占总气储量的39.1%, 碳酸盐岩储层却占60.9%, 说明我国已知气田的天然气主要富集在碳酸盐岩中。但是, 在世界上的总气储量中, 砂岩储层占64.1%, 碳酸盐岩储层占28.1%, 混合岩系储层占7.8%。显然, 我国砂岩储层所占比例偏低, 这与我国浅层天然气所占比例较小有关。一般来说, 深部地层中的碳酸盐岩由于受高温、高压作用, 次生孔隙和裂缝较砂岩发育, 可能形成较好的储层; 而浅层砂岩储层中原生孔隙易于保存, 物性一般较好, 利于储集丰富的天然气, 因此, 今后应加强浅层砂岩储层的勘探。

天然气分布规律及远景展望

根据国内外对含气盆地的勘探、研究成果, 结合我国天然气地质基本特征综合分析, 对天然气在纵、横向上的分布规律及今后在我国找气前景有如下主要认识。

1. 在含气盆地中找到一个气田就预示着可能发现一个含气区

* 刘淑萱 世界富气区的形成与油、气相态 石油部石油勘探开发科学研究院 1986年

世界天然气勘探实践证明,有一类盆地是富气的,在其中发现了众多的气田和丰富的气储量。如苏联西西伯利亚北部盆地,发现了66个大中型气田,探明气储量22万亿 m^3 ,其中拥有世界10个特大气田的大多数;西欧北德意志含气盆地,发现了70个大中型气田,其中格罗宁根大气田的可采储量就达2万亿 m^3 。此外,苏联的卡拉库姆、阿尔及利亚的阿赫内特等含气盆地,也都发现了多个大中型气田或凝析气田。勘探证明,在这类盆地中,只要找到一个气田就可能接二连三地发现一大批气田。因此,研究富气盆地的形成、演化和气田展布规律是很重要的。据地质条件分析,这类盆地具有以下特征:(1)具大型或较大型稳定拗陷型构造演化特征;(2)有机质处于过成熟的有效体积较大;(3)有机质类型以腐植型或混合型为主;(4)具有较高的地温异常;

(5)具有由大面积水进→暂短水退→再次广泛水进的演化史;(6)构造应力适中,既形成有大型构造,又不至使构造破坏。按这些条件剖析我国沉积盆地后认为:晚第三纪的渤海湾、侏罗~白垩纪的松辽、中新世的东海、奥陶纪的华北(含陕甘宁)、第四纪的柴达木、中~新生代的塔里木和准噶尔等大型拗陷盆地及第三纪莺歌海断陷型盆地均大体具有上述特征,有可能继四川盆地之后成为我国新的大型含气盆地。

2. 在油气共存盆地中油气按不同位置富存

除含气盆地外,世界上有很多盆地油、气田是共存的(不包括油田伴生气,因几乎所有油田都含有气)。致于油、气田在盆地内是如何分布的?这里首先列举实例予以说明。苏联第聂伯-顿涅茨盆地,油、气田在平面上按一定规律分布,盆地东南部是气田分布区,西北部为油田分布区,中部为油、气田混存区;巴基斯坦印度河盆地亦是如

此,盆地北部(亦称波特瓦尔盆地)主要为油田,中部油、气田共存,南部为纯气田区。其他诸如法国阿基斯坦盆地、波兰前喀尔巴阡山盆地、委内瑞拉特立尼达盆地、墨西哥湾海岸盆地等,油气田在盆地内的分布也都如此,这样的例子不胜枚举。上述实例表明,油、气田在盆地内是按一定位置展布的,认识其成因,对于提高油气田勘探成效具有十分重要的意义。据已有资料证明,在这类盆地中油、气田呈现规律展布的原因主要受三种因素控制:(1)母岩的有机质类型。腐泥型母岩区多分布油田,腐植型母岩区多分布气田,混合型母岩区多为油气田混存区;(2)沉积岩厚度及地温的高低。一般在盆地厚度较大的拗陷区内的高温异常区多为气田分布区,反之,为油田分布区;

(3)油气运移方向及距离。天然气分子小,比重轻,流动性强,一般比油运移距离远。因此,距生油区近处多为油田分布区,反之,则多为气田分布区。当然,在特定地质条件下,一系列圈闭中也常出现格索的油气差异聚集模式,即在盆地低洼处的圈闭中充满气,稍高处的圈闭中聚集油和气,更高处的圈闭中则为油直至充满水。

由于每个盆地的地质特征各异,含油、气层位不尽相同,油气运移动力和途径千差万别,因此,在研究我国油、气田的分布规律中,要结合含油气盆地的沉积构造条件、母岩类型及分布、油气运移的特点等综合分析,指出盆地内可能富气与富油的大致位置,以指导勘探。如早白垩世松辽拗陷盆地的中央拗陷区为主要生油中心,大庆油田就位于其中,拗陷周缘则以天然气分布为主,现已发现西部泰康的阿拉新气田、新店、白音诺勒等气藏及红岗的明水组气藏;东部德惠-梨树一带的气藏;东北部三召的汪家屯、升平-宋站等气藏环其四周,构成围绕中央拗陷的环形气田分布带。冀中拗陷早第三纪

霸县断陷,呈西陡东缓形态,油气由生油中心向两侧运移,由于天然气运移较远,在东部斜坡带形成苏桥气田。此外,在两个生气凹陷夹持的中央背斜带上,在侧向压应力作用下,常易于形成气田,如板桥与歧口凹陷间的板桥气田;廊房与固安凹陷间的柳泉油气田都是这种成因。综上所述,在我国东部今后应在以下盆地的适当部位寻找气田:松辽盆地大庆油区四周泉头组及以下地层;晚第三纪渤海湾盆地大型披覆背斜及其四周的超覆带;早第三纪渤海湾盆地各断陷、凹陷的斜坡带;四川盆地各时期生气中心周围的环状地带等。

3. 深浅层全面勘探,现阶段以浅层为重点

在油气共存的地质剖面中,石油往往居中,天然气单独聚集在上部的浅层或埋藏在“石油死亡线”以下的深层,世界上很多油气田的剖面上都具这样的特征,我国松辽、四川、鄂尔多斯、柴达木等盆地都是此如。如松辽盆地的石油多集中在下白垩统姚家组、青山口组,而天然气则储集在其上的嫩江组、明水组及其下的泉头组、登娄库组和基岩风化壳中;四川盆地石油多储集在侏罗系凉高山组、大安寨组,天然气则多储集在其下的三叠、二叠及震旦系中;鄂尔多斯盆地石油储集于侏罗~三叠系,天然气则分布于其下的二叠系~石炭系、奥陶系中;柴达木盆地石油主要集中在下第三系,而天然气则在上第三系及第四系中。因此,在各盆地的钻探中,应加强录井工作,认真研究油气的分带规律,对于提高油气勘探成效,及早发现天然气富集带具有十分重要的现实意义。据已有资料分析认为,在我国东部的渤海湾、苏北、江汉等盆地,已在下第三系找到了丰富的石油储量,按油气分异规律,今后应注意在渤海湾盆地上第三系找浅层气藏,在下第三系下部找深层气藏,在下古生

界及其以下地层找“古潜山气藏”。因为在该盆地中,浅层可以生成部分生物成因气,深层可以生成相当数量的过成熟热裂解气,同时下第三系的热裂解气还可运移到这些地层中而形成气田。鄂尔多斯盆地应以中央古隆起及天环向斜为重点,并注意在石炭~二叠系、奥陶系勘探深部气田。松辽盆地应对主要油层之下的泉头组、登娄库组、侏罗系及其上的嫩江组、上白垩统等层系加强天然气勘探。对于南海、东海、柴达木等勘探程度较低的盆地,在勘探初期就要运用油气的分带规律去研究天然气的富集层位,以期及早发现更多气田。只要我们不断地总结富气规律,并用于指导勘探,相信我国天然气工业必将迅猛发展。

参 考 文 献

- [1] 胡朝元 对我国天然气类型及资源潜力的初步分析 《石油勘探与开发》1983年第2期
- [2] 杜永林 中国东部地区油田形成的条件 《石油勘探与开发》1985年第5期

(本文收到日期 1987年11月2日)



To Overseas Readers

title page

CONTENTS

- 1 Making Fracture Trap as the Unit to Accelerate Development of Natural Gas Industry in Sichuan

Kang Shien

EXPLORATION AND DEVELOPMENT

- 4 A Brief Description of Natural Gas Geology of China

After having dissected the geological characteristics of the gas-bearing basins in our country and synthesized the data at home and abroad, the distribution rules of natural gas are analyzed in this paper. It is considered that in a gas-rich basin, if a gas field has been discovered, it predicts that a gas-bearing region will be found, and that in an oil and gas-coexisting basin, oil and gas exist at different places laterally and oil always exists in the middle but gas at the upper and lower parts vertically. Based on this, a macroscopic view about favourable regions and horizons for our country to search after gas is proposed.

Du Yonglin Zhang Yuqing

- 10 Primarily Analyzing the Diapir Structures of Lower Palaeozoic in the Transition Belt between the Southern and Central Parts of Sichuan

Mainly based on seismic data and combining with aeromagnetic survey materials, the author discusses the discovery, property, distribution and genesis of the diapir structures of Lower Palaeozoic in the transition belt between the Southern and Central Parts of Sichuan and points out that they might be the granite intrusions formed during early Indo-China Movement, and are of obvious effect on the formation and distribution of the present local and regional structures. The interior and vicinity of the diapir structures may all be the frontiers for exploring natural gas.

Liu Kaishi

- 15 Forming Conditions and Predication of Coal-Formed Gas Reservoir in upper Palaeozoic in Erduosi Basin

Based on the Conditions of source, reservoir and cap rock and their combination in upper Palaeozoic coal series of Erduosi basin, this paper discusses the forming conditions of coal-formed gas reservoir, and according to the structure, burial and thermal evolution history of coal series, it also discusses the matching conditions of forming coal-formed gas reservoir and predicts the gas reservoir types and favourable areas.

Wang Shaochang