

中国天然气评价勘探的几个问题

冯福閤

(地质矿产部石油地质研究所, 北京 100083)

本文重点分析了有关我国天然气评价、勘探的四个问题: 天然气勘探、开发的基本方针, 在东部陆相油区内找气, 南海相碳酸盐岩构造复杂区的评价选区, 低孔渗致密层气的勘探。

关键词 天然气 含气领域 评价选区 致密层气 碳酸盐岩区

作者简介 冯福閤 男 63岁 教授级高级工程师 石油与天然气地质

一、天然气评价勘探基本方针的建议

在制定我国今后天然气发展规划时, 资源的宏观分布状况和地质环境应该是分析问题的基础, 同时还必须考虑其他一些重要因素, 诸如: 勘探技术、经济地理、开发利用条件等。在综合分析以上诸因素的基础上, 作者提出“大、中、小(型)并举, 长、中、近(期)兼顾”的找气基本方针, 供有关决策部门在制定我国天然气发展规划时参考。

“大、中、小(型)并举”是指发展天然气的方向, 立足于找多大规模的气田。实质上是走苏联发展的道路, 依靠大型-巨型气田起家高速度发展, 还是采取美国式的模式, 依靠数量众多的大、中、小型气田*, 积少成多的发展方式?

一个地区, 一个国家资源的分布、富集程度、规模, 取决于该地区的地质环境, 因而必须立足于客观地、实事求是的分析预测, 方能制定出符合国情的方案。中国的地质背景既不同于西伯利亚地台, 也不同于北美地台, 地质环境要复杂的多, 必然造成气聚集的多样性和分散性。因而, 必须根据不同盆地的地质特点和气资源分布状况, 因地制宜各有不同要求, 方是合理的、可行的。

“长、中、近(期)兼顾”强调规划要有轻重缓急之分, 必须根据各地区地质的、经济的、地理的、所处勘探阶段和开发利用时间的不同, 在时间上有不同的计划安排。近期指“八五”期间, 中期到本世纪末, 长期指下世纪初。

1. 西北含气区 塔里木盆地气资源潜力最大, 其次是准噶尔盆地, 这两个盆地均有大型气田形成的条件, 是未来主要找气对象之一。但是由于地处边陲, 地理、气候、交通、工业经济诸条件均很差。主要气层深埋地下, 一般在5000 m以下, 而且目前尚处于油气勘探的初级阶段, 全盆地的基本情况还不很清楚, 尤其是将来开发输气非常困难。以国家当前的经

收稿日期: 1992-01-25

* 大、中、小型气田均按我国标准: 大型 $>300 \times 10^8 \text{ m}^3$, 中型 $50 \times 10^8 - 300 \times 10^8 \text{ m}^3$, 小型 $<50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

济条件,即使有大的发现,估计从发现到开发起码需时10年,显然本世纪之内难以利用,只能作为东部油气区的资源接替区。“八五”到“九五”期间可作为重点勘探区之一采取油气兼探的方针。

2. 近海气区 根据分析,这里有条件发展成我国最主要的产气区之一。以琼东南-莺歌海盆地和东海盆地西湖凹陷成气条件最好,已发现了一批大、中型气田,有充分的依据说明,这里有形成大、中型级气田的地质环境和资源潜力。

海域诸盆和西北诸盆必须立足于找大型级的气田,否则难以开发利用。海域勘探总体上讲也属于为下世纪开发做准备,但海上交通条件较陆上边远沙漠区好,而且邻近沿海工业发达区,只要投资解决,加上向国外招标的有利因素,很有可能比西北诸盆上马速度快一些。如果“八五”期间在海域能再探明1—2个相当崖13-1规模的大型级气田,在顺利情况下本世纪末就有可能部分利用。建议“八五”期间采取向海域倾斜的政策。从资源实力、经济效果和开发速度衡量,海域优于塔里木盆地。

3. 中部气区 从地质条件、资源潜力和可能发现气田的规模对比,四川盆地优于鄂尔多斯盆地。四川盆地与鄂尔多斯盆地均有找大、中型气田的条件,但数量却以中、小型占优势。因此“大、中、小型并举”是合适的、可行的。近年来在鄂尔多斯盆地中部的奥陶系碳酸盐岩层顶部不整合风化带,发现了大面积的含气层是一大型气田;四川盆地先后在川东北、川中发现了一批中型气田。这两个含气盆地可作为中、近期的重点勘探、开发区。

4. 东部油区 以松辽、渤海湾含气情况最好,主要解决中、近期需要,近水可以解决近渴,以找中、小型气田为主要对象。

经过近十年的天然气专题攻关研究和同步勘探,对我国天然气资源前景、分布格局、赋存条件,已逐步由知之不多到初步明朗化,这是一个大的进展,在此认识的基础上可以提出一个战略性的找气意见:①西北诸盆、近海诸盆以找大、中型气田为主要目标,预测今后10年内将会有大的发现,不仅可找到中国标准的大型气田,而且也有找到国际标准的大气田($>1000 \times 10^8 \text{m}^3$)的可能性,下世纪初初期将成为我国的主要产气区。②中部气区的川、鄂二盆,东部油区的松、渤二盆,以找中小型级气田为主要目标兼顾大型气田,这四个盆地是2000年之内的主要依靠对象,预测在“八五”至“九五”期间,将会发现一大批气田,可以起到部分缓解天然气紧张局面的作用,但不能解决根本问题。

二、四个含气领域

我国天然气资源较为雄厚,近期可供勘查、并可取得较好效果的主要有四大含气领域:

(1) 煤成气领域;(2) 海相碳酸盐岩含气领域;(3) 油田伴生气及高熟油型气领域;(4) 未成熟层系生物气领域。其中前两类气是主力气源占天然气总资源量的67.5%,是现在和未来找气的主要目标。油田伴生气虽然目前约占储、产量的一半左右,但按照国际惯例不计算在天然气总量的(指气层气)范围之内;不过深层生油岩中的高、过熟气应纳入气层气范围,一些油盆的深部有相当大的找气潜力,只是深度偏大。目前只在少数盆地发现了一些生物气气田。但却是一个重要的很有潜力的找气新领域。尤其是一些盆地的浅层新生界,过去从找油出发对其浅层未成熟层系是否定的,如果从找气出发,则应给予再认识、再评价,选择一些条件较好的盆地重新勘查是很必要的。

经过“六五”和“七五”两轮专题研究和初步勘探，充分肯定我国含煤层系有很好的气资源潜力和广阔的找气前景，煤成气预测资源 $28.4 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、煤层甲烷（煤层气） $16.46 \times 10^{12} \text{m}^3$ （后者未计入天然气总资源量内）。全国已发现的16个大中、型气田中煤成气田有8个，“七五”期间新发现的气田（仅以大、中型气田统计）以煤成气田最多。以上事实足以说明我国的含煤岩系不仅具有生气和聚集成藏的条件，而且还有形成大、中型级气田的能力。目前我国最大的气田崖13-1即属于煤成气，这就为今后在煤系中和以煤系为气源的其他层系中找气增强了信心，从而改变了过去对我国煤系的成气条件持怀疑态度的种种观点。

当然，并非所有煤盆和煤系均有形成工业性气聚集的条件。那么究竟哪一类煤盆，哪些煤系具有较好的成气条件呢？过去只是笼统地提出煤系成气，显然不能满足勘探、选区、选层的要求。根据近年来的专题研究和勘探成果分析，我国分布最广的有三类煤盆：裂谷型（或裂陷型）、前陆型、克拉通型。其中以裂谷型的成气条件最好，发现的气田也最多，前陆型和克拉通型煤系稍差。从沉积环境而言，深覆水亚煤系优于浅覆水煤系，异地沉积的陆源有机物优于原地沉积的煤系，源岩有机组分中荧光镜质组或壳质组含量较高，有机质类型Ⅲ型为主含少量Ⅱ型。具有上述特征的煤系和亚煤系主要发育在裂谷型盆地，它们往往是在快速沉降下形成的欠补偿到补偿性沉积。这类层系中所发现的气田特征是以含原油的凝析气田为主，如南海神狐9-2凝析气田、东海平湖凝析气田、辽东湾锦州20-2凝析气田、松辽盆地小五家子油气田和三肇凹陷汪家屯气田等。

“八五”天然气攻关项目中四大盆地（东海、四川、鄂尔多斯、松辽）均涉及到煤成气，而且有些盆地的气源问题尚未完全解决，如东海盆地主要气源是“煤层、还是碎屑岩？松辽盆地伏龙泉构造泉头组气层的气来自上覆层青山口组，还是来自深部下白垩统亚煤系？鄂尔多斯盆地地下古生界气源与煤系的关系等等均有不同的认识。因而，继续深化研究煤成气仍然是非常必要的，尚要详细分析哪一类煤系的成气条件较好，从盆地类型、沉积环境等方面做进一步研究，以便于更准确地选出勘探区块和层系。

三、东部陆相油盆内找气问题

近年来在渤海湾和松辽两个油盆内先后发现了一批中、小型气田、气藏。渤海湾盆地已探明气储量占全国总储量的40%，其中气层气约占1/3，伴生气约占2/3。全国16个中、大型气田中，渤海湾即占5个：文留、兴隆台、板桥、苏桥、锦州20-2。松辽盆地探明储量约占全国总储量20%，其中气层气约占1/8，伴生气约占7/8。三肇凹陷的汪家屯气田已确认为中型气田；东南隆起带的后五家户气田也可能属于中型气田；预测泉头组是松辽盆地主要产气层。以上两大油盆内的含气情况足以说明在这些油盆（区）内找气是大有可为的。在东部油盆内勘探天然气有很多有利条件，油气兼探，成本低、速度快、效益高，便于近期开发利用，即使气田（气藏）规模小一点也是很有经济价值的。

渤海湾盆地是典型的多源、多阶段、多类型含气区，包括油田伴生气、煤成气、陆源有机气、浅层气、生物气等，其中“陆源有机气”即湖相腐殖型气，应给予足够的重视，五个中型气田中有三个属于这类气。这类气在渤海湾盆地甚至东部其他盆地均有分布，有可能是未来东部诸盆中主要找气对象。

新老层系多层次的叠合，多期断裂活动，导致渤海湾盆地构造复杂，隆凹断块交错，多

种气源发生了诸如：“下生上储”、“上生下储”、“油田内聚气”、“气田内有油”的复杂成藏格局。这种油气混杂现象，很容易造成一种假象，似乎大多数气藏和油田相联系，其实并非完全如此。

松辽盆地的油、气产状远比渤海湾盆地简单而清晰，油气相态三层结构非常明显，一般油气产状为：浅层生物气—中层石油和伴生气—深层煤成气或腐殖腐泥混合气。三层结构决定了松辽盆地有两个找气目标：一个是泉头组以下的深层气，是近期最主要的勘探层，气源是下白垩统煤系夹湖相沉积，主力气层是泉头组（下生上储）。重点勘探区为三肇凹陷和东南隆起的长春岭-扶余Ⅰ、Ⅱ-伏龙泉带，万金塔-农安-小五家子、后五家户带。浅层生物气是第二个找气领域，嫩江组大部、明水组全部均未成熟，这些湖相沉积尤其是深湖相沉积岩具有非常优越的生气条件，已发现4、5个小型生物气田（藏）。对于松辽盆地生物气的前景似乎尚未引起人们的足够重视，预测西部斜坡带、北部倾没带和三肇凹陷都是生物气的分布区，含气层系嫩3、嫩4段为主，其次是嫩1、2段的浊积砂体和明水组。

四、南方海相碳酸盐岩区的评价和选区

四川盆地是我国最主要的海相碳酸盐岩含气区，为什么除四川盆地以外的南方碳酸盐岩分布区（以下简称南方区）至今没有重要油气发现，原因何在？是勘探程度问题，还是地质条件问题？对南方区找气（油）的前景如何评价，能否选出几个可供勘探的区块，选区的主要思路和依据如何？四川盆地碳酸盐岩气的赋存规律对其他地区有无可借鉴之处？凡此种问题均须我们认真思考。

1. 三种地质条件的对比分析

四川盆地：（1）中生代构造沉降区，碳酸盐岩层系保存良好；（2）印支-燕山期构造活动较弱；（3）低地温区生气期偏晚（侏罗纪），主要成藏期更晚（第三纪）。

碳酸盐岩裸露区：（1）中生代构造隆褶区；（2）印支-燕山期构造活动强烈，碳酸盐岩埋藏浅，保存条件差；（3）中生代热事件频繁，古地温高，有机质演化程度高；（4）早期生气早期成藏，多已散失。

苏北-南黄海盆地、江汉盆地：（1）印支-燕山期构造形变强烈与裸露区相似；（2）中生代早期隆褶剥蚀，晚中生代-新生代断陷沉降；（3）地温场高，碳酸盐岩成熟度偏高；（4）成藏期分两种情况：一种是早期成藏（碳酸盐岩层内部的原生气藏），晚期次生成藏（上覆白垩—第三系）；第二种情况假若古生界具有二次生气条件者，有存在晚期成藏的可能性。

上述三类区块的含气条件，以四川盆地最好，苏北盆地、江汉盆地中等，碳酸盐岩裸露区最差。

2. 四川盆地以外的南方区

当前的主要问题是“总体地质评价”，而不应该是方法攻关。对于南方区应该有个总体认识，究竟有无找油气前景？如果结论是否定的，就应暂时放一放，不再继续投入工作量，包括物探方法攻关在内；如果是肯定的或半肯定的结论，就有继续勘查的必要性。在总体地质评价基础上，选择条件较好的区块，进行专题性的研究，并投入一定数量物探、钻探工作量，物探方法攻关，尤其地震方法攻关，一定要在地质总评之后，而不是同步展开，更不应在总评之前。

3. 对南方区总体评价的认识

本文将四川盆地以外的扬子区称为“克拉通隆褶区”，而没有称其为“造山带”，就意味着对这一地区的油气前景未采取完全否定的态度，即在总体不利的地区内，仍有可能选择出几块稍有希望的区块。评价选区的主要思路和原则有以下几点：(1) 相对沉降区、相对低构造区，并在碳酸盐岩层系之上仍保留一定厚度的碎屑岩层作为区域盖层；(2) 避开复背斜带，选择复向斜带；(3) 低地热区可能比高地热区有利于油气的保存。

参照以上几条原则选出以下几个地区作为深入研究的实验地区。

(1) 南盘江区块的三叠系沉降带、印支褶皱带或可称复向斜带，近轴部构造并不复杂，局部构造基本上为穹窿和短轴背斜。勘探目标主要是二叠系和下三叠统，下古生界情况不详，待研究。

(2) 桑植-澧县复向斜、当阳复向斜及其伸向江汉盆地之下的延伸部分，目标是三叠系以下的古生界。

(3) 建始-秭归复向斜，目标二叠系及下古生界。

(4) 萍乡-鄱阳构造带，目标三叠系-上古生界。

(5) 安庆-句容构造带，目标三叠系-上古生界。

4. 借鉴川东构造复杂带的天然气聚集规律

四川盆地川东高背斜带过去认为构造复杂、出露层系较老、保存条件欠佳，评价并不太高。但是，经过十几年来的研究和勘探，已发现了一批气田，而且有的已达到中型气田规模，从而大大提高了川东的地位，并已探索出在构造相对复杂区的天然气聚集规律。

(1) 高陡背斜带之间宽缓向斜内的低背斜和隐伏背斜几乎都含气，如卧龙河、福成寨、张家坝等气田。

(2) 高陡背斜带的轴向倾没带是较好的含气地段，如大池干-明月峡背斜带的北东倾没端的五百梯气田，北倾没端的高峰场气田。

(3) 高陡背斜翼部断层的下盘半边圈闭也是较有利的气聚集区，如明月峡背斜带东翼的张家场气田。

对于川东复杂构造带聚气规律的认识，将有助于开展南方碳酸盐岩区的找气工作。建始-秭归复向斜、桑植-澧县复向斜、南盘江复向斜轴部的局部构造并不太复杂，可以挑选一些低背斜进行地震勘查，在条件成熟时可适当打少数科学探索井，或者有可能打开一个新的勘查局面。

五、低孔渗致密层气的勘探问题

低孔渗层系在各个盆地中占有很大比重，尤其是一些沉降幅度大的盆地和深拗陷的深部层系，几乎完全致密化，有的盆地低孔渗层系所占比重可超过中、高孔隙层系。在盆地演化过程中某一层系沉降到一定深度后即达到致密化，孔渗性急剧降低。本文以孔隙度小于10%、渗透率小于 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ 作为致密层系（称为非常规储层）的上限。东部热盆转折深度为2000—3000 m，西部冷盆为4000—6000 m。

当碎屑岩层进入致密化时，也正好是有机质进入高成熟阶段的生气高峰期，因而在进行深层勘探时，致密层气可以说是无法回避的。问题在于这类气藏应如何评价，如何勘探？

根据川西上三叠统-侏罗系, 松辽盆地的下白垩统登娄库组-沙河子组, 鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地的石炭二叠系和东明凹陷深层下第三系等致密层气的勘探和研究结果, 总括起来有以下几个特征:

(1) 低孔渗砂岩储气为主, 少数泥页岩含气, 不完全受岩性影响, 次生孔隙和裂隙起主要作用。

(2) 致密层气的地层压力几乎都为异常压力, 一种是高压-超高压, 以川西须家河组-侏罗系为代表; 另一种是低压-超低压, 以松辽盆地十屋断陷下白垩统为代表。常压气层很少。

(3) 气水同层, 气层含水饱和度普遍高, 基本上是束缚水, 在测试时出水很少或不出水; 大部分气藏无底水, 少部分有底水。说明气水未分异或分异差。

(4) 气藏聚集类型复杂, 现在只能说发现了其中的一部分: ①储集体圈闭气藏, 裂隙控气为主, 如四川盆地孝泉气田; ②背斜似层状气藏, 如四川合兴场气田; ③背斜层状气藏, 如松辽盆地小五家子油气田 K_1 气藏。

我国目前尚未发现深盆气的确切证据, 作者认为北美的深盆地也应是属于低孔渗致密层气藏的一种类型, 在那里气水是倒挂的, 即水封气藏, 气聚集于向斜内。我国致密层气的成藏类型比深盆地要复杂一些, 在研究它的聚集形式时应主要立足于我国具体的地质条件, 不一定非要套用国外的类型。

我国一些盆地在勘探致密层气中有较为成功的经验, 也有不成功的教训。

(1) 在致密层中已找到一些气田、气藏, 如四川盆地孝泉、合兴场气田, 中坝气藏。除中坝气藏属于中型级致密层气藏外, 其他无一例外均为小型气藏。

(2) 气藏类型、产状复杂, 勘探难度大, 成功率较低。

(3) 钻井、固井测试工程工艺复杂。

据以上情况, 对于低孔渗致密层气的评价不能估计过高, 勘探宜采取谨慎态度。勘探效果较好, 而且对于气的成藏规律有一定了解的地区, 方可继续投入适量的勘探工作量, 如川西上三叠统-侏罗系、鄂尔多斯石炭二叠系; 勘探效果较差的地区, 可暂时放一放, 以免陷入“食之无味, 弃之可惜”的境地。

SOME PROBLEMS ON NATURAL GAS EVALUATION AND EXPLORATION IN CHINA

Feng Fukai

(Institute of Petroleum Geology, MGMR Beijing)

Abstract

Four problems on the evaluation and exploration of natural gas resources in China are discussed in this paper.

1. Exploration stratagem of natural gas: our development policy is "to explore

large-, medium- and small - size gas fields simultaneously, and to give consideration to long-, medium- and short-term planning” .

2. Prospecting natural gas in oil-rich provinces: Songliao and Bohai Bay basins are the largest oil-bearing basins in China, and are relatively rich in different types of natural gas resources. Many medium- and small-size gas fields (pools) have been discovered in both basins. There are not only bright prospects, but also favorable conditions for exploring natural gas in the oil-rich provinces. Oil and gas can be explored simultaneously with low cost, high efficiency and high profit, and they can be explored and utilized in the near future.

3. Resource evaluation and determination of exploration areas in structurally complex carbonate area in Southern China: an “overall geologic evaluation” should firstly be made in the area where the carbonates have been cropped out, and then choose some areas for key researches and experiments on exploration methods. The principles for favorable exploration area determination are (1) keeping away from the anticlinorium and focusing on the synclinorium; (2) preserving hydrocarbon better in low thermal regions than in high thermal regions.

4. Gas exploration in low-porosity and low-permeability tight formation: we have successful experiences and unsuccessful lessons in exploring tight formation gas. Reasonable caution should be taken in exploration deployment for such gas.