

中国浅层天然气资源及开发前景

丁国生 田信义

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 102801)

浅层气指埋深小于1 500 m的各类天然气资源, 主要包括生物气、油型气、煤成气、水溶气等。我国的浅层天然气资源主要分布在南方沿海小型中新世盆地, 东、西部含油气盆地及主要含煤盆地。气藏类型分为3种: 原生超浅层微气藏、近源浅层小气藏和浅埋常规气藏。其开发特点是: 压力低、产量小、开采工艺简单、投资规模小。

关键词 浅层天然气 资源分布 气藏类型 开发前景

第一作者简介 丁国生 男 30岁 工程师 石油地质

1 类型

1.1 生物气

生物气是我国浅层气资源的一个重要部分, 从已发现的浅层气资源及生物气的形成与保存条件来看, 生物气资源主要分布在第四系, 部分在上第三系。据估算, 我国生物气总资源量为 $2\,300 \times 10^8 \sim 4\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1.2 煤成气(煤层气除外)

煤成气是浅层气资源的又一重要组成部分。我国蕴藏着 $5 \times 10^{12} \text{ t}$ 煤炭资源, 而煤在形成和演化过程中产生大量的甲烷气体, 相当数量的气体运移扩散进入其它储集层, 形成气藏或气田。据估算, 我国小于1 000 m 浅层煤成气资源量为 $12\,400 \times 10^8 \sim 40\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ (煤层气除外), 小于2 000 m 的浅层煤成气资源量达到 $70\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1.3 油型气

浅层油型气主要出现在含油气盆地的上部地层, 如渤海湾盆地和松辽盆地的上第三系。由于浅层油型气大规模成藏的可能性较小, 故未对其形成和分布进行深入的研究和探讨。目前已发现的浅层气分布于渤海湾盆地、松辽盆地和四川盆地, 总资源量约几千亿方。

1.4 水溶气

水溶气是指溶解在水层中的天然气, 天然气在水中的溶解度与水层的温度、压力、矿化度等因素有关, 不受构造等因素的控制, 因而其分布范围较广。日本是世界上水溶气开采最成功的国家, 水溶气可采储量逾 $7\,400 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年产量达 $5 \times 10^8 \sim 6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

我国水溶气资源尚未进行全面研究, 王雪吾等用体积法初步估算我国的水溶气资源量约为 $120\,000 \times 10^8 \sim 650\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中浅层水溶气总面积 $4.5 \times 10^4 \sim 9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 资源量达几万亿方^[1]。

1.5 特殊气体

特殊气体是指除甲烷以外的其它天然气，包括二氧化碳、氮气、氦气等等，主要属于无机成因。如江苏黄桥地区和广东三水的高含二氧化碳气藏和四川自贡的氦气等，但作为浅层气资源则相当稀少和珍贵，一旦发现，就必须加以保护和利用。

2 分布

浅层天然气主要分布在第四系和上第三系，个别地区侏罗系和白垩系及我国南方海相石炭、二叠系也有分布。

2.1 浙江第四系

浙江省的第四系主要分布在杭州湾两岸和沿海平原（图1），总面积 $15\,850\text{ km}^2$ 。浅层天然气分布于全新统，气层深度小于 70 m ，产气层主要为河流相及海湾相，主要储层为砂层、多孔性粘土层和砂泥互层层^[2]。

第四系浅层气属生物成因的甲烷气，甲烷含量一般在 95% 左右，乙烷以上的重烃含量甚微，其余成分为氮、二氧化碳和氧，不含硫化氢等有毒气体。

二轮油气资源评价对浙江省第四系浅层气进行了资源量估算，V级资源量为 $108 \times 10^8\text{ m}^3$ ，某些勘探程度较高的地区Ⅲ级资源量为 $4\,832 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

2.2 长江三角洲

长江三角洲由于其优越的地理和沉积环境，浅层天然气很丰富（图2）。

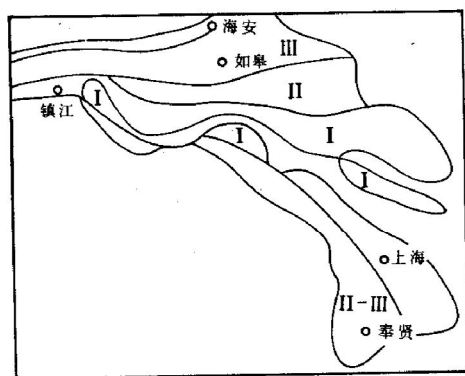


图2 长江三角洲浅层气分布图

- I—气苗密集，气藏较多，埋深 $7 \sim 40\text{ m}$ ；
- II—气苗较多，气藏较少，埋深 $20 \sim 40\text{ m}$ ；
- III—气苗零星，气藏较少，埋深 35 m 内

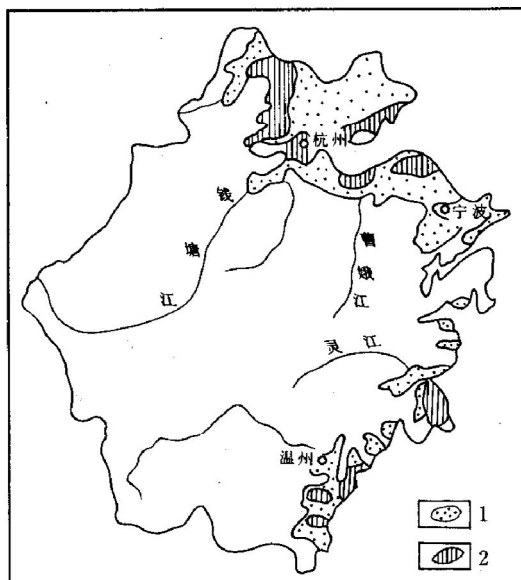


图1 浙江第四系浅层天然气分布图
1—浅层气分布区；2—第四系浅层气富集区

全新世长江三角洲面积 $5.18 \times 10^4\text{ km}^2$ ，其中陆上面积 $2.28 \times 10^4\text{ km}^2$ ，区内第四系为一套疏松的碎屑和泥质沉积。

长江三角洲每年以 $6 \times 10^8\text{ t}$ 泥沙的搬运速度进行三角洲建设。前缘斜坡和前三三角洲都是有利于有机质快速埋藏的地区，为三角洲浅层气的生成提供了丰富的物质基础。长江三角洲浅层气主要为气苗显示，具明显的分带性，浅层气 95% 以上属于干气^[3]。

根据浙江省沿海浅层气的资源丰度 $69 \times 10^4\text{ m}^3/\text{km}^2$ 估算，长江三角洲地区陆上面积内天然气资源量可达 $157 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

2.3 渤海湾盆地

渤海湾盆地是油气资源富集的地区。浅层气主要分布在馆陶组和明化镇组，深度从 200 m 到 $1\,500\text{ m}$ ，气藏储量随深度而增加，控制储量从几百万方到几亿方。其中济阳坳陷浅层气的探明储量占气层气探明储量的 80% ，浅层气藏受上第三系河流相砂体和局部构造的控制，平面上分布相当分

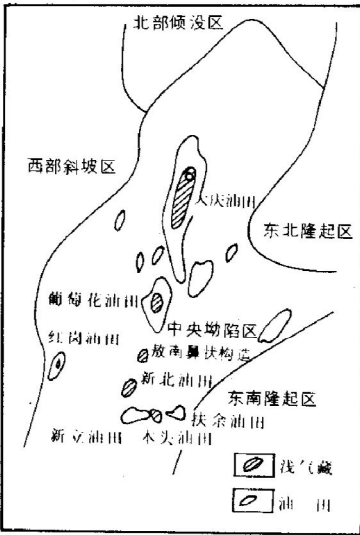


图 3 松辽盆地浅层天然气平面分布图^[4]

散，单个气藏的储量也很小，胜利油田已发现了几个浅层气富集区。迄今，已控制含气面积 136 km²，预测浅层气 138×10⁸ m³，探明含气面积 23 km²，探明储量 19.1×10⁸ m³。

2.4 松辽盆地

松辽盆地的浅层天然气主要是下白垩统嫩江组二、三、四段和上白垩统明水组一段，多为纯气层或气水同层，主要分布在盆地中部及外围油气田含油气组合的上部（图 3）。

已发现的浅层气田主要分布在白垩系的萨尔图、葡萄花、高台子、扶余、杨大城子、黑帝庙油层。目前探明含气面积逾 150 km²，探明地质储量 150×10⁸ m³。

2.5 滇黔桂粤地区

滇黔桂粤是我国南方浅层气资源比较丰富的地区，在许多中小型盆地内均发现了浅层气，其中广东的三水盆地，云南的陆良、杨林盆地、广西的百色盆地*，云南的昆明盆地**及贵州赤水地区浅层天然气的勘探开发取得了较大的进展，总的浅层天然气资源

量逾 600×10⁸ m³（表 1）。

表 1 滇黔粤桂浅层气资源统计表

盆地名称	盆地面积/km ²	浅层气层位	气层埋深/m	资源量/10 ⁸ m ³
三水	2 500	第三系	780~1 400	—
杨林	337	第三、第四系	300	46
陆良	325	第三系茨营组	571~603	251
曲靖越州	356	第三系	<700	267
百色	830	伏平组、那独组	300~700	31
昆明	810	第四系	30~150	40

2.6 四川盆地

四川盆地中生界和古生界共 10 套气源岩，总厚度逾 3 400 m，天然气资源量几万亿立方米，已探明天然气储量数千亿立方米，发现的气田大多数埋藏较深，属于中小型气田，黄君权等^[5]认为，四川盆地浅层的储层物性较好，并且具有中深层天然气向上部运移的压力条件，而且晚期的燕山~喜山构造运动使中、深层气藏再分配，这些条件对盆地内的浅层天然气藏的形成极其有利。

盆地内浅层天然气藏的主要层位是侏罗系和白垩系，川西和川西南地区的三叠系也是有利的浅层气层位。四川盆地总的浅层气资源量近万亿立方米，主要分布在中西部地区，目前已探明的储量达 350×10⁸ m³ 以上。

2.7 柴达木盆地

柴达木盆地东部地区的三湖坳陷面积在 37 000 km² 以上，是新生代晚期形成的一个大型

* 吴大华. 广西百色盆地生物气形成与分布. 广西石油地质与勘探, 1989, (1): 3

** 滇黔桂石油勘探局地质科学研究所. 昆明盆地北部三角洲含气性预测评价报告. 1984

沉积拗陷,其中发现了迄今为止我国最大的第四系生物成因气田,已探明储量几百亿立方米^[6]。

三湖拗陷第四系为一套以湖相暗色泥岩为主的沉积。巨厚的暗色泥岩为生物气的形成提供了丰富的物质基础,而且为生物气的聚集提供了良好的盖层。到目前为止,三湖拗陷内北部斜坡带和南部斜坡带已发现4个天然气聚集带,气藏的埋藏深度小于1 400 m,其中南斜坡带的盐湖和涇北聚集带已探明储量 $272.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,北斜坡带的台南和船形丘聚集带已探明储量 $198.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。第2轮资源评价认为,三湖拗陷第四系天然气总资源量为 $1\,881.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2.8 江汉盆地

江汉盆地浅层气主要分布在潭口地区上第三系广华寺组底部,埋深在610~640 m之间,岩性为松散的细砾岩和粗砂岩,可能属于网状河沉积,气层上部有15~26 m稳定的杂色泥岩,顶部有厚约1 m的膏质泥岩,是良好的盖层。

据江汉盆地石油地质条件分析,潜北断裂带的两侧、天门河断裂带的两侧、丫角-新沟低凸起、沔阳凹陷南部斜坡及潜江与小板凹陷之间凸起的斜坡带,是浅层气藏分布的有利地区^[7]。

2.9 主要含煤盆地

我国的煤成气资源量达几十万亿立方米,其中煤层气占83.3%,聚集煤成气占16.7%。在我国华北的鄂尔多斯、沁水等盆地和京津唐、豫北、太行山东麓等地区,华南的四川盆地、云贵地区、湖南和江西、安徽等地,东北的阜新、抚顺、下辽河、三江穆棱河地区,西北的准噶尔、吐哈等盆地,浅层煤层气资源相当丰富。

张五倬等^[9]对我国主要煤田的浅层煤成气资源量作了估算,大于 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的煤田或盆地共有43个,其中大于 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的有4个, $1\,500 \sim 5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的有6个,鄂尔多斯盆地是最有利的远景区,四川盆地、东北各盆地以及准噶尔盆地也是浅层煤成气开发的有利地区^[10]。

3 浅层气藏基本类型及开发特征

根据浅层气藏的埋深及与气源的关系,可划分为如下3种气藏类型:

3.1 原生超浅层微气藏

这类气藏埋深很浅,主要以气包的形式出现,属于岩性原生气藏,一般埋深小于150 m。气源主要为第四系浅层生物气,主要受第四系沉积体系的控制,往往在平面上大面积展布。典型代表是浙江第四系。

原生超浅层微气藏的开发特点主要是:投资少,周期短,产量低,工艺简单,民用为主。

3.2 近源浅层小气藏

近源浅层小气藏是浅层气藏的一个主要类型,这类气藏埋深一般为150~1 000 m,气藏的成因比较复杂,气源主要是生物气、低成熟气及煤成气。

这类气藏主要以岩性气藏和局部小型构造气藏为主。由于深度大,气源供给比较充足,保存条件较好,具备了形成一定储量规模的小型气藏的条件,在个别成藏条件优越的地区,可能形成局部浅小气藏带。这类气藏具有压力和产量较低、工艺相对简单、投资较少的特点。

气藏的开采可采用常规完井方法,除控制一定的生产压差和简单的工艺措施外,基本上采取自喷开采。

3.3 浅埋常规气藏

常规气藏是浅层气藏的另一主要类型,根据其形成过程的不同,又可分为以下两个类型:

3.3.1 原生常规气藏

原生浅埋常规气藏的深度从400 m到1 500 m不等,它与常规气藏的形成过程相同。气体类型包括生物气和热解气,典型的代表分别是柴达木盆地第四系生物气藏和云南陆良第三系浅气藏。

3.3.2 次生常规气藏

次生常规气藏主要分布在油气田范围内,浅层气来源于其下部的油气藏,这种气藏与原生油气藏上方的断层发育情况、断达层位及其封盖层配置的情况密切相关。我国东部油气区,特别是渤海湾盆地,由于新生代断裂发育,天然气可以沿断层运移进入浅层形成浅层次生气藏。

浅埋常规气藏的开采特点与常规气藏开采特点相同,只是在压力和产量上略有差异,特别是这类气藏多出现在主要油气田的上部地层或新生代含油气盆地内,对储量较大的气田如柴达木第四系生物气田可按正规方案上下游工程配套开采;而对储量相对较小位于油气田上方的次生气藏,它的开采可以依赖于主力油气田的开采,作为调节和接替天然气产量的后备资源。

我国浅层气藏的基本特征可以概括为埋藏浅、成因复杂,储量小、丰度低,类型多、分布广,开采投资小、工艺简单等四大特点。

4 开发前景

我国浅层气开发虽然取得了一定的成果,但仅限于局部地区,开发的气藏类型较为单一,探明的储量也有限,浅层气资源未得到有效利用,尤其在某些领域(如水溶气、浅层煤成气等)有着相当大的潜力,因此浅层气开发具有广阔前景。

首先是物质基础丰富,我国浅层气资源量 $2 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,而探明储量仅 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,探明程度仅3%,尚有相当大的资源有待发现和利用。

其次是我国天然气产量很低,仅相当于石油产量的3%,而目前常规天然气资源勘探的难度很大,要寻找大气田比较困难,开发利用浅层气资源可以起到很大的缓解和补充作用。

再次是浅层气的勘探开发投资较小,资源分布范围又很广,各地区可根据当地的地质条件进行勘探开发,特别是远离油气富集区的南方中小型盆地,浅层气开发的经济和社会效益都将是巨大的。

浅层气的开发前景广阔,但要真正有效地开发利用须做好以下四个方面工作:

一是以效益为中心,以开发促勘探。如果提高了浅层气开发的经济效益,那么,浅层气的勘探就会得到加强,浅层气的储量也将会有较大的增长。

二是因地制宜,优选地区,加快发展。在油气资源十分缺乏的南方,优先加快开发超浅层微气藏和近源浅层小气藏;在北方和中西部含油气盆地或成煤盆地,应着重以浅埋藏常规气藏和近源浅层小型气藏开发为主,特别是应加强寻找油气田范围内的浅层次生气藏。

三是积极与地方合作,风险与利益共担。由于目前发现的浅层气储量有限,特别是在储量很少的地区,开发浅层气须承担一定的风险,因此,积极与地方合作对浅层气的开发有着十分重要的意义。1994年,石油天然气总公司与湖南冷水江市合作在株目山地区进行浅层气

的钻探取得良好的效果，今后应加强这类合作。

四是加强浅层气地质研究，寻找丰富浅层气资源。要加快浅层气的开发就必须寻找到丰富的资源和储量，要找到较大的储量，就必须研究浅层气的形成与富集规律。因此，要加强浅层气的地质研究，研究浅层气的形成、聚集、成藏和保存的基本规律，研究各种类型浅层气藏的形成与分布，指出浅层气富集的有利地区，为浅层气的勘探指明方向。

参 考 文 献

- 1 王雪吾,刘济民.我国水溶性天然气资源分析与预测.天然气工业,1994,14(4):20
- 2 陆逊,陈理民,周胜福.浙江第四系天然气概况.天然气工业,1983,3(2):9
- 3 王明义.长江三角洲浅层天然气.天然气工业,1982,2(2):3
- 4 许运新,谭保祥,杨明杰等.松辽盆地浅层气藏地质特征与勘探前景.天然气工业,1995,15(1):13
- 5 黄君权,罗志立.加强四川盆地浅层气勘探是解决四川能源紧缺的重要策略.天然气工业,1995,15(1):3
- 6 顾树松.柴达木盆地东部第四系气田形成条件与勘探实践.北京:石油工业出版社,1993.
- 7 戴世昭,汪继纲.江汉盆地浅层天然气地质、地化特征及成因.石油勘探与开发,1990,17(6):13
- 8 戴世昭,汪继纲.江汉盆地浅层油气藏预测.石油与天然气地质,1988,9(2):205
- 9 张五倬,李明潮,李静等.中国主要煤田浅层煤成气资源远景.天然气工业,1988,8(2):12

CHINA'S SHALLOW GAS RESOURCES AND EXPLORATION PROSPECTS

Ding Guosheng Tian Xinyi

(Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration &
Development, CNPC, Langfang, Hebei)

Abstract

Shallow gas is specialized to various natural gas resources buried shallower than 1 500 m, including biogas, oil gas, coal-formed gas, water soluble gas and etc.. China's natural gas resources are primarily distributed in south China coastal regions, small Mesozoic basins, hydrocarbon-bearing basins in East and West China and major coal basins. Gas pools could be divided into three kinds: 1. super-shallow primary micro-pools; 2. proximal shallow small pools; 3. shallow conventional pools. The exploration of shallow gas is characterized by lower pressure, small production, simple technique and less investment.