

中国凝析气藏的形成与分布*

黄汝昌 李景明 谢增业 李 剑

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 102801)

我国凝析气藏主要分布在渤海湾、塔里木、吐哈等盆地及东、南沿海陆架区。凝析气总储量约 $4\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占天然气总储量的三分之一。气藏主要形成于陆源母质成烃体系和煤成烃体系, 湖相和海相腐泥型成烃体系形成的此类气藏很少。腐殖型或偏腐殖型源岩是凝析气藏富集的内在因素, 除常规气藏要求的地质条件外, 温压条件必不可少, 该类气藏富集的温度为 $70 \sim 130^\circ\text{C}$, 压力为 $30 \sim 60 \text{ MPa}$ 。综合分析认为新疆三大盆地、东北-内蒙裂谷系和东部裂陷盆地及南海、东海、渤海湾等地为凝析气藏的重点勘探地区。

关键词 凝析气藏 成烃体系 富集条件 勘探方向

第一作者简介 黄汝昌 男 69岁(已故) 教授级高级工程师 石油地球化学及沉积学

我国目前共发现凝析气藏44个, 其中大中型凝析气藏(田)13个, 总储量约 $4\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占常规气层气储量的三分之一, 表明研究这类气藏的形成、分布具有重要意义。

在凝析气探明储量中陆源有机气的比例最大, 占47.5%, 其次是混源气和煤型气, 分别占22.7%和17.3%, 海、陆相腐泥型凝析气(油型气)的比例最小。特别是陆源型凝析油在各类凝析油中所占比例更大, 为77.3%; 而海、陆相腐泥型凝析油的比例则很小, 一般不超过5%。由此得出结论, 在我国已知凝析气藏中, 大约80%~90%的凝析油气是来自海、陆相腐殖-偏腐殖型烃源岩, 与陆源有机质(包括由陆地输入到浅海、海湾中的陆源有机质)和煤系有机质有着密切的成因联系。

1 形成机制

不同的烃源岩形成不同的凝析油气体系, 我国的凝析气藏主要属陆源有机质油气体系。

1.1 陆源母质成烃体系

热模拟实验证实, 陆源有机质的各种富氢显微组分, 如树脂体、木栓质体、孢子体、角质体及富氢镜质体等均可产生大量低分子量烃类(包括气态烃)。这些烃类在适宜的温、压条件下, 即可形成陆源凝析油气体系。

未成熟~低成熟阶段为生物气形成阶段, 未见凝析油。当 R_o 为0.35%~0.70%时, 活化能较低的富氢显微组分, 如树脂体、木栓质体及细菌改造陆源有机质最先进入生烃高峰, 形成“低熟轻质油”。只有当低熟油与生物-低温降解气混合, 方可形成“低熟凝析油气”。成熟阶段 R_o 从0.8%至1.13%, 各种富氢显微组分先后进入生烃高峰, 轻质液态烃($C_6 \sim C_{15}$)和气态烃

* 国控85-102-02-06专题部分成果

收稿日期: 1996-06-28

($C_1 \sim C_5$)急剧增多, $R_o \geq 1.13\%$ 时, 轻质液态烃及气态烃产率均达到最高值。高成熟阶段 $R_o > 1.35\%$, 凝析油显著减少, 烃类裂解, 形成大量湿气和干气。过成熟阶段 $R_o > 2.0\%$ 生烃作用基本结束。相态数值模拟进一步证实: R_o 为 $0.8\% \sim 1.3\%$ 时是陆源凝析油气体体系形成的主要阶段*。

1.2 煤成烃体系

煤型烃源岩生烃母质的壳质组(树脂体、木栓质体、孢子体、角质体及壳屑体)及富氢镜质组, 属于既生油又生气的有机显微组分, 贫氢镜质体仅能产出少量天然气, 属于生气的显微组分。煤系有机质中的各种富氢显微组分由于活化能的不同, 从低成熟~成熟阶段即先后进入生烃高峰, 其中树脂体及木栓质体在未成熟~低成熟阶段($R_o = 0.35\% \sim 0.7\%$)即可进入生烃高峰, 形成低温早熟的非常规油气。相态计算结果: R_o 为 $0.75\% \sim 1.30\%$ 区间是煤型凝析油气体体系形成的主要阶段。

1.3 湖相腐泥型有机质成烃体系

淡水~半咸水湖相腐泥型源岩在未成熟~低成熟阶段($R_o < 0.7\%$), 藻类(绿藻及丛粒藻)类脂物中的脂肪酸和藻甾醇等在低温条件下, 即能脱官能团生烃, 形成大量“低熟油”。成熟阶段早、中期($R_o = 0.7\% \sim 1.1\%$)干酪根热降解进入生油高峰, 以正常原油为主, 含少量石油伴生气。成熟阶段晚期($R_o = 1.1\% \sim 1.35\%$), 轻质油气增多, 有气顶型凝析气藏的形成。高成熟阶段早期 $R_o \geq 1.4\%$, 进入凝析油气体体系形成的高峰期, 所形成的凝析油主要是链烷烃型, 芳烃含量甚微。随着热演化程度的升高, 干酪根的 C—C 键继续断裂, 烃类进一步裂解, 形成大量湿气和干气。

1.4 海相腐泥型有机质成烃体系

海相腐泥型烃源岩生油高峰及生气高峰出现的都很晚, 热模拟实验及相态计算结果均说明, $R_o = 1.6\% \sim 1.8\%$ 是海相腐泥型凝析油气体体系形成的主要阶段。凝析油中正烷烃含量很高, 通常属于链烷烃型凝析油。 $R_o \geq 2\%$ 时进入生气高峰, 可以形成大量高温裂解气。如果高温裂解气对油藏发生气侵, 也可产生“气侵型凝析油气”。

总之, 通过对凝析油气形成的综合研究, 可以看出各种类型原始有机质具有“连续生烃”及“多阶演化”等特点。对于气态烃($C_1 \sim C_5$)和轻质液态烃($C_6 \sim C_{15}$)来说, 共经历了 3 个大的演化阶段:

第 1 阶段($R_o < 0.7\%$): 以生物化学及低温热催化作用为主, 除形成生物气及生物-低温降解气外, 还可形成“低熟油”。在特殊地质条件下, 如果生物-低温降解气与低熟油混合, 也可形成“低熟凝析油气”。

第 2 阶段($R_o = 0.5\% \sim 1.35\%$): 以热催化作用为主, 腐殖-偏腐殖型有机质进入生烃高峰, 有大量气态烃($C_1 \sim C_5$)及轻质液态烃($C_6 \sim C_{15}$)的形成。 $R_o = 0.75\% \sim 1.30\%$ 是煤型凝析油气体体系和陆源型凝析油气体体系形成的主要阶段。与此同时, 正常原油还可形成少量石油伴生气(油型气)。在这一演化阶段, 煤系有机质和陆源有机质所形成的低分子量烃类, 包括轻质油、凝析油和天然气, 比湖相腐泥型有机质要多得多。

第 3 阶段($R_o = 1.35\% \sim 2.0\%$): 以热裂解作用为主, 湖相及海相腐泥型有机质先后进入生烃高峰, 形成凝析油气体体系。 $R_o \geq 2\%$ 时全部变为干气(高温裂解气)。这一阶段, 腐泥型有机

* 王廷栋, 戴鸿鸣, 王顺玉. 凝析气藏的成藏模式研究, 1995

质形成的凝析油气比腐殖型有机质要多,海相腐泥型有机质的生气量则更大。

2 凝析气藏的分布

2.1 区域分布

我国凝析气藏主要分布在渤海湾、塔里木、吐哈等盆地及东、南沿海陆架地区(图1)。

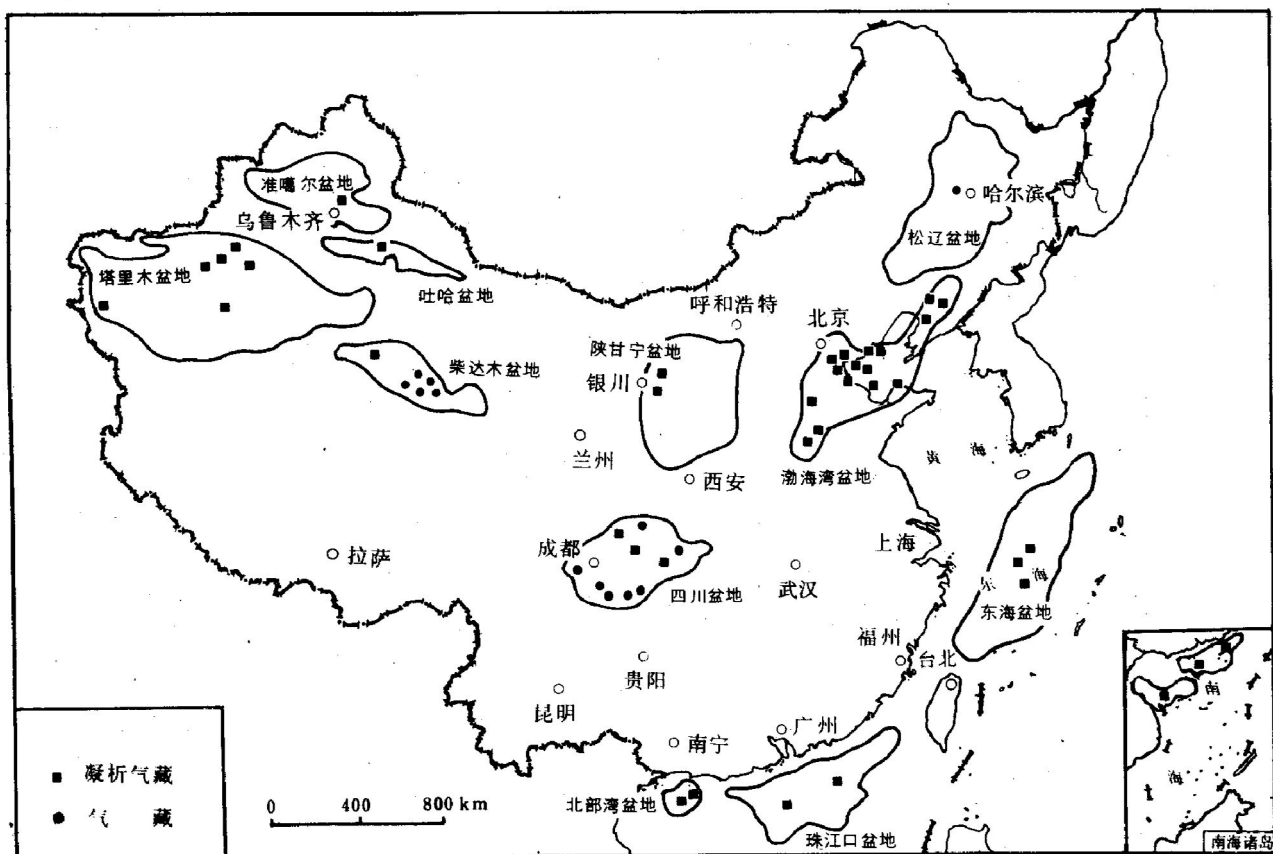


图1 中国凝析气藏分布图

凝析气藏的区域分布受控于盆地演化过程中区域古地温场和气候带。塔里木盆地海相碳酸盐岩烃源岩在热衰退型的地温背景下,隆起及斜坡区大部分碳酸盐岩地层处于高成熟阶段,形成了海相腐泥型凝析气藏,我国西北侏罗纪前陆型盆地在热衰退型的地温背景下,煤系地层正处于成熟阶段,形成丰富的煤系凝析气藏;东部裂谷盆地属热盆、高热盆,在高热流背景下,年代较新的第三系煤系烃源岩、陆源有机质烃源岩、盆地深层腐泥质烃源岩处于成熟、高成熟阶段,形成了煤系凝析气藏、陆源凝析气藏和高熟腐泥型凝析气藏。东南沿海大陆架盆地,属热带、亚热带潮湿气候区,有利于高等植物发育,形成了第三系煤系烃源岩,渤海湾盆地北部及伊兰-伊通地区属温带潮湿气候,高等植物发育,形成陆源有机质烃源岩,为凝析油气体系的形成,提供了丰富的物质基础。

2.2 垂向分布

2.2.1 层位分布

据不完全统计,凝析气主要聚集在下第三系,占总储量的二分之一,其次是上第三系,占总储量的四分之一。另外奥陶系碳酸盐岩中亦是凝析气富集层位,占总储量的五分之一。显然,

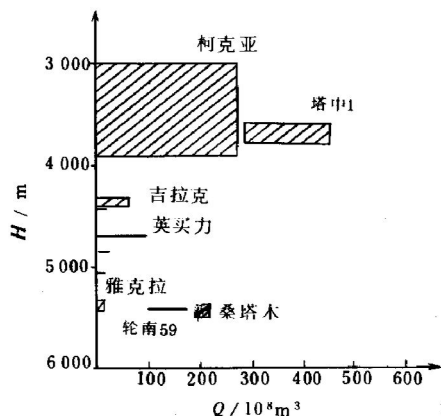


图2 塔里木盆地凝析气藏储量分布图

中国含油气盆地凝析气藏主要聚集在第三系,主要是因为东部及东南沿海大陆架盆地处于近海湿温气候带和高地温场,煤及陆源有机质在成熟和中高成熟阶段大量形成凝析油、天然气的结果。

2.2.2 深度分布

渤海湾盆地和塔里木盆地是中国含油气盆地中凝析气藏最丰富,各具特色的盆地。盆地的地温演化模式不同,凝析气藏起始富集的深度亦不同。

塔里木盆地凝析气藏分布深度在3 000 m以下,主要富集在3 000~4 500 m深度范围内(图2)。

渤海湾盆地凝析气藏分布深度在2 000 m以下,主要富集在2 000~3 000 m深度范围内,深层凝析气藏3 200~4 500 m亦有一定的储量(图3)。

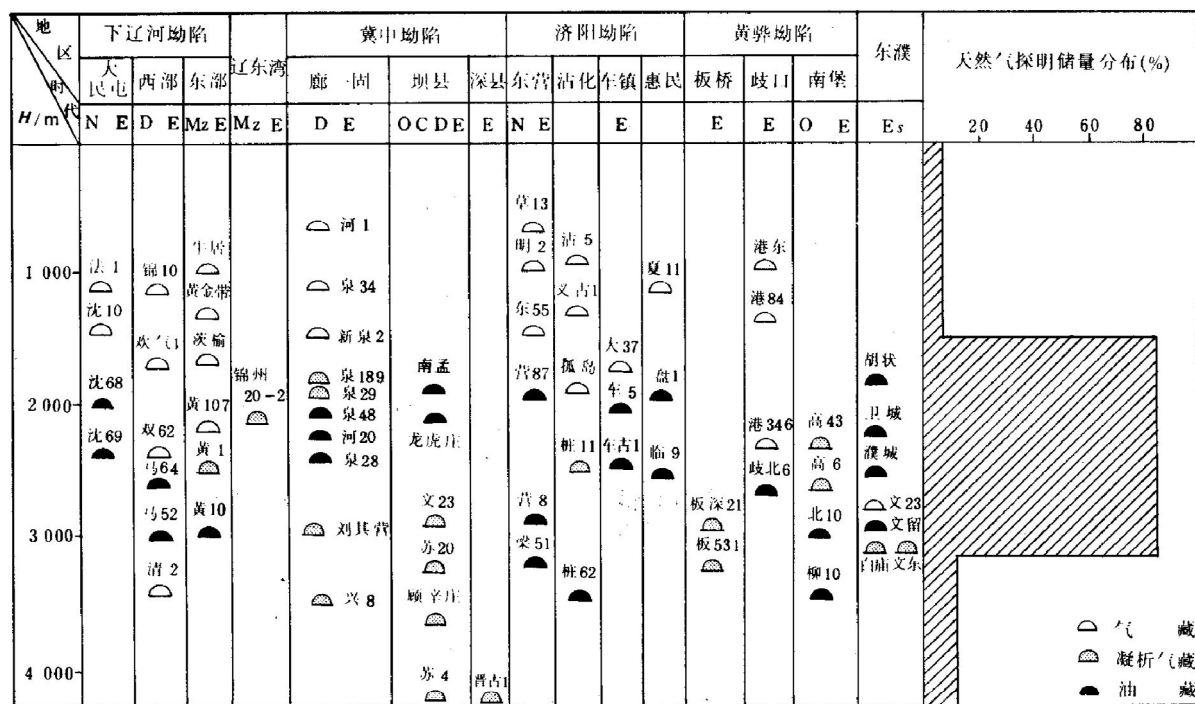


图3 渤海盆地凝析气藏深度分布图

3 凝析气藏的富集条件

凝析气藏的分布十分广泛,但富集区块并不太多,这是由于凝析气藏富集需要特殊的地质条件。

3.1 内在因素

我国已探明的凝析气藏储量中,偏腐殖型有机质形成的凝析气藏占80%,海相腐泥型有机质形成的凝析气藏占11%。这种分布格局,是由凝析气藏的原始母质所决定的。

3.1.1 偏腐殖型有机质的短支链结构,决定了其成烃体系富集凝析气

由于偏腐殖型有机质有这种内在结构,在其有机质的成烃过程中,短支链结构脱落,形成低分子量烃,为凝析气藏的富集提供了物质基础。腐泥型有机质主要为一些长直链的大分子化合物,其反应的活化能比较大,仅在一些高演化阶段形成低分子量烃;而我国的大部分中、新生代盆地,其陆相腐泥型烃源岩还达不到高演化阶段。所以东部盆地如板桥、辽东湾等凹陷,松辽盆地,西部的中新生代盆地如吐哈、库车等凹陷,凝析气都是富集在偏腐殖型烃源岩发育区。这是凝析气富集的内在因素。

3.1.2 地质背景

三叠纪以前,我国大部分地区接受海相沉积,陆相偏腐殖型烃源岩分布十分有限;三叠纪以后,大部分地区接受了陆相沉积,东部地区气候逐渐变得温暖潮湿,植被增加,降水量增多,水系发育,在许多湖盆中形成了大量的偏腐殖型烃源岩,为凝析气藏的富集提供了物质基础。我国中、新生界烃源岩的演化程度不高,一般盆地的 R_o 值都小于 1.3%,而 R_o 值在 0.7%~1.3% 时,正是偏腐殖型烃源岩形成凝析油体系的主要阶段,中、新生界成为凝析气的富集层位。华北石炭~二叠系烃源岩大部分地区 R_o 值大于 1.3%,故凝析油气不富集;渤海湾盆地的石炭~二叠系烃源岩,在 R_o 值小于 1.3% 的地区,则形成了凝析气藏;吐哈盆地的三叠~侏罗系凝析气藏,其烃源岩的 R_o 值也都小于 1.3%。

3.2 温压条件

凝析气藏是一种特殊的气藏,它的富集必须满足一定的温压条件。渤海湾盆地地温梯度较高,凝析气藏主要分布在 2 000~4 000 m 的范围;塔里木盆地地温梯度较低,凝析气藏一般分布在 3 000~5 500 m 的深度范围,其富集的温度范围是 70~130℃,压力范围 30~60 MPa。

3.3 封盖条件

凝析气藏与常规气藏一样,形成富集必须具备一定的封盖条件。塔里木盆地的吉拉克、轮南凝析气藏以三叠系为封盖层,凝析气藏都分布在该层系或该层系以下。图 4 为轮南-吉拉克

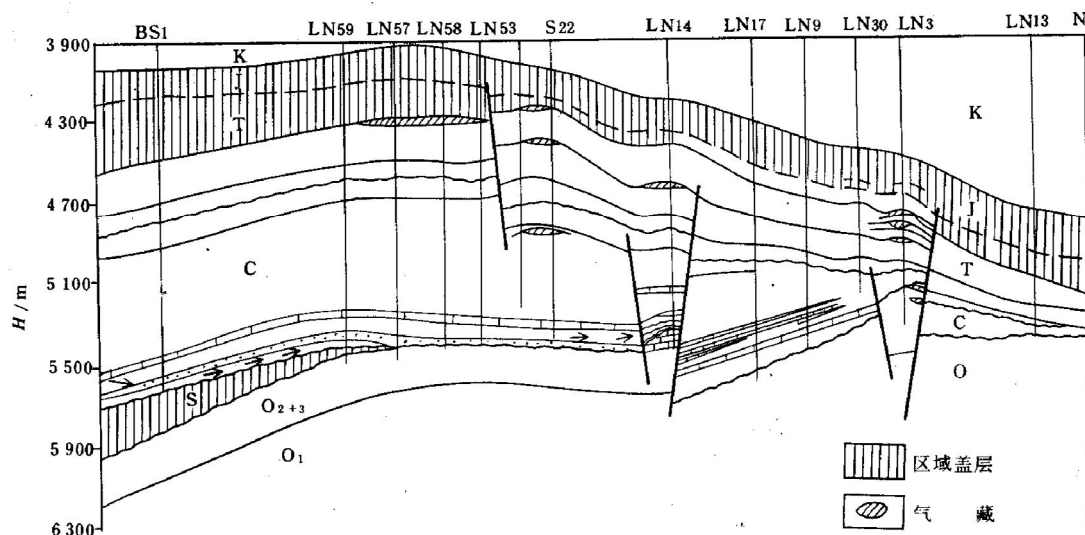


图4 塔里木盆地轮南地区油气藏与盖层关系示意图

T₁油组凝析气藏与盖层关系图,说明了吉拉克T₁油组凝析气藏主要受到T₁组封盖层的封

堵。吐哈盆地的凝析气藏也是这样,富集在区域盖层和局部盖层之下。

4 勘探方向

- (1)新疆三大盆地重点勘探侏罗系、上三叠统及二叠系凝析气藏;
- (2)东北-内蒙裂谷系重点勘探白垩系凝析气藏;
- (3)东部裂陷盆地及南海、东海、渤海湾重点勘探第三系凝析气藏。

FORMATION AND DISTRIBUTION OF CONDENSATE GAS POOLS IN CHINA

Huang Ruchang Li Jingming Xie Zengye Li Jian

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

Abstract

China's condensate gas pools are mainly distributed in Bohai Bay, Tarim, Turpan-Hami Basins, the East and South China coastal regions. The total reserve of the condensate gas is about $4\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, which is one third of total natural gas reserve. The gas pools are primarily formed from terrigenous parent materials and coal, the pools formed from lacustrine or marine sapropelic hydrocarbon-forming systems are seldom. The internal factor of condensate gas pool enrichment is humic or near humic source rocks. Excepting geological conditions needed by conventional gas pools, the condensate gas pools need temperature ranging from 70°C to 130°C , and pressure of 30~60 MPa. According to synthetic analysis, the target areas of condensate gas exploration should be Tarim, Turpan and Hami Basins in Xinjiang, the rift systems in Northeast China and Inner Mongolia, the rift basins in the East China, the South China, the East China and Bohai Bay regions.