

Zhou Xingxi *et al.*

GENERATION AND OCCURRENCE OF NATURAL GAS IN TARIM BASIN

周兴熙 等著

塔里木盆地天然气形成条件及分布规律

石油工业出版社

塔里木盆地天然气 形成条件及分布规律

周兴熙 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是在国家“八五”科技攻关项目三级专题“塔里木盆地天然气形成条件与分布规律”的研究成果的基础上编写而成的。主要论述了盆地中天然气的物理、化学性质、成因类型、相态和天然气生成、运移、聚集、保存、分布规律等。其中在天然气运移格局、聚集模式、凝析气藏成藏机制、盖层和资源前景定量评价等方面有独到之处。研究成果不仅在理论上具有开拓性,而且在实际应用方面已经取得了明显的经济效益和社会效益,推动了塔里木的天然气勘探工作。

本书可供从事和关心塔里木盆地天然气地质勘探的决策人员、学者及科研、技术人员和有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔里木盆地天然气形成条件及分布规律/周兴熙等著.
北京:石油工业出版社,1998.5

ISBN 7-5021-2315-6

I. 塔…

II. 周…

III. 油气藏-形成-塔里木盆地

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 12895 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京宇辰贸易公司照排部排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 320 千字 印 1-1000

1998 年 5 月北京第 1 版 1998 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2315-6/TE·1931

定价:21.00 元

序

塔里木盆地是中国内陆最大的盆地,由于恶劣的自然环境和地处边疆,成为中国最后进入大规模勘探的最有远景的盆地。

1989年以来勘探工作量的大量投入,积累了丰富的地质资料,发现了一批油气田。然而,塔里木盆地复杂的地质结构和演化历史,给油气勘探带来了一系列难题,天然气生成、运移和聚集规律就是其中之一。

周兴熙教授领导下的“八五”塔里木天然气地质科技攻关,取得了突破性进展,本书对盆地天然气形成与分布的基本问题作了系统论述,至少在下列几个方面的成果是十分显著的:

(1)已经发现的天然气就地球化学特征而言,可以分为三种成因类型:腐殖型热解气,腐泥型热解气,腐泥型高成熟—高温裂解气。

(2)存在两个天然气系统,即克拉通天然气系统和前陆盆地天然气系统。这两个系统的成藏条件和气藏特点各不相同。前陆盆地天然气系统,以中生界腐殖型气源为基础,成气高峰期末,天然气的聚集系数大,气藏形成规律比较清楚,易于勘探。

(3)塔里木盆地的气藏富含凝析气。作者提出了四种凝析气藏,即腐泥型和腐殖型的两种初始型凝析气藏和两种变异型凝析气藏(分异型凝析气藏,富化型凝析气藏)。同时也分析了塔里木盆地凝析气藏广泛分布的地质条件,认为主要由于低地温的地质效应,多期生烃,多期成藏,以及晚期盆地强烈沉降。这大大地推动了对塔里木盆地凝析气藏的研究。

(4)作者引用了封存箱的概念,认为以生油凹陷为“分隔槽”,大规模向上倾方向运移的模式,并非在任何生油凹陷和任何阶段都适用。在满加尔凹陷就存在若干个独立的封存箱(即运移单元),每个封存箱内的天然气发生短距离运移,近源聚集成藏。

(5)作者在天然气资源量计算方面取得了重要进展。以生烃量法为基础的资源评价,一般来说,生烃量的计算已具有了相当程度的可靠性。然而烃类生成后的运移、聚集和保存复杂的全过程还难以确切地进行定量描述。作者比较系统地论述了可供聚集气量的概念,这对天然气资源量定量评价是一个改进,是十分有意义的。

迄今为止,塔里木盆地还没有发现人们所期望的大气田。有没有我们所期望的大气田,大气田在哪里,以及克拉通天然气系统的天然气分布规律等,这些问题仍然严峻地摆在中国石油地质家的面前。塔里木盆地天然气地质学的许多问题有待于有志者去探索和深入研究。但毋庸置疑,本书作者已起了可贵的先导作用。

因此我认为本书值得从事天然气地质和塔里木盆地勘探的地质工作者阅读和参考,将会给读者有益的启迪。

童晓光

1996.07.12

前 言

塔里木盆地是全球未经充分勘探的巨型盆地之一,它的油气资源为世人瞩目。“八五”期间大规模的油气勘探取得了丰硕成果,天然气的勘探也是成绩斐然,获得的储量已经使它进入了全国富气盆地的行列,其巨大的远景资源量更是令人振奋,大家共识塔里木盆地应作为我国发展天然气工业的最重要的勘探地区。

作为系统的天然气地质研究是“八五”国家重点科技攻关起步的,本书为“塔里木盆地油气资源”项目中“塔里木盆地天然气形成条件及分布规律”(85—101—01—08—)专题研究成果。书中有关凝析气(藏)形成机制、压力系统和运移格局、盖层评价、天然气可供运聚量的计算和成气体系—成气区—成藏系统评价系统等方面是作者们努力探索的领域,无疑尚有需要深入研究和商榷之处。

书中的研究成果是在大量的现场调查和野外观察、分析化验了 400 余个油气样品和岩石样品、6 项热压模拟实验、综合研究了近 2000 个分析化验数据和万余个勘探、开发工作提出的数据的基础上,由石油勘探开发科学研究院及其廊坊分院、塔里木石油勘探开发指挥部、石油大学、西南石油学院、煤炭科学研究院、华北油田等 6 个单位的 30 余位专家、学者,经过五年通力合作完成的。经国家验收通过,评为“国际先进”的科研成果。

研究工作自始至终与塔里木盆地的天然气勘探密切结合,对生产起了一定的推动作用,被生产单位誉为“系统地总结了塔里木盆地天然气形成条件及分布规律,推动了会战区天然气勘探工作,推动了‘八五’期间塔里木盆地天然气勘探和天然气储量大幅度的增加……,收到了明显的经济和社会效益”。特别是 1992 年对英买力—牙哈—提尔根富气带的评价与预测,为后来勘探实践证实是完全正确的,现在英买力—牙哈气区也是盆地中最重要的天然气储量集中地带。

本书是在塔指和“85—101”项目组领导的大力支持下,各参加单位奋力协同,专题组内老、中、青科学工作者密切合作、艰苦工作的结果。研究工作全过程和本书的编写都得到了郝石生教授的指导,还承蒙戴金星院士、童晓光、胡朝元、石宝珩、宋建国、李晋超、黄第藩各位教授关心和指导。特别要感谢塔里木石油勘探开发指挥部副指挥贾承造教授审阅全书,并予以修改。

本书编写分工如下:第一章由刘士荣执笔、第二章由周兴熙和李景明执笔,第三章由刚文哲、张伍济执笔、第四章由柳广第执笔,第五章由李绍基执笔,第六章由柳广第、庞雄奇执笔,前言、结论、第一章的第二节、第三章第一节、第五章第一节和第六章第四节由周兴熙执笔。最后由周兴熙统稿,错误和不妥之处一定很多,望专家和读者批评指正。

周兴熙

1996.07.26

目 录

第一章 塔里木盆地天然气地质概况	(1)
第一节 天然气发现历程.....	(1)
一、“八五”以前油气勘探成果	(1)
二、“八五”期间天然气的重要发现	(1)
第二节 天然气资源特点.....	(3)
一、天然气分布特点	(3)
二、天然气流体特性	(6)
三、天然气赋存的地质特点	(7)
第三节 天然气资源的形成条件	(13)
一、天然气资源形成的有利条件.....	(13)
二、天然气资源的主要形成时期.....	(17)
三、天然气成因类型.....	(21)
四、天然气形成与分布区.....	(24)
第二章 天然气的地球化学特征	(28)
第一节 天然气烃与非烃类气体组成	(28)
一、天然气中甲烷的分布.....	(28)
二、天然气中氮气的分布.....	(29)
三、天然气中二氧化碳的分布.....	(31)
四、天然气组分分布(组分谱)特点.....	(31)
五、“轻烃组分”分布特点.....	(32)
第二节 同位素分布特点	(35)
一、($\delta^{13}\text{C}_2 - \delta^{13}\text{C}_1$)的分布	(35)
二、($\delta^{13}\text{C}_4 - \delta^{13}\text{C}_3$)的分布	(35)
三、凝析油碳同位素分布特点.....	(36)
四、天然气、凝析油、气源岩干酪根同位素分布组合.....	(36)
五、天然气氢同位素.....	(37)
六、非烃气体同位素分布.....	(38)
第三章 塔里木盆地天然气的生成	(45)
第一节 生气模式	(45)
一、凝析气形成的控制因素.....	(45)
二、腐殖型体系生气模式.....	(47)
三、腐泥型体系生气模式.....	(53)
四、腐泥—腐殖型体系生气模式的探讨.....	(58)
第二节 中生界气源条件	(61)
一、中生界气源岩的发育特征.....	(61)

二、中生界气源岩的有机地球化学特征	(62)
第三节 古生界气源条件	(74)
一、古生界气源岩的分布	(74)
二、古生界气源岩的有机质丰度	(77)
三、古生界气源岩的有机质类型	(80)
四、古生界气源岩的成熟度及热演化史	(83)
五、古生界气源岩生气潜力	(90)
第四章 塔里木盆地天然气运移和聚集	(95)
第一节 盖层封闭条件与评价	(95)
一、评价方法	(95)
二、主要盖层的宏观特征	(99)
三、主要盖层封闭性能及其演化的定量评价	(102)
四、盖层封闭性综合评价	(106)
第二节 天然气成藏系统与流体封存箱	(111)
一、盆地现今压力结构的差异	(111)
二、不同聚集区天然气性质的差异	(113)
三、流体封存箱的划分、基本特征及形成机理	(114)
第三节 天然气运移与聚集	(120)
一、前新生代天然气运移格局	(120)
二、新生代天然气运移	(124)
第四节 天然气运聚模式	(124)
一、以垂向运移为主的天然气运聚模式(轮南模式)	(125)
二、以垂向运移和侧向运移并重的天然气运聚模式(塔中模式)	(125)
三、以侧向运移为主的天然气运聚模式(轮台模式)	(125)
第五章 凝析气藏形成条件	(127)
第一节 凝析气藏成因类型	(127)
一、初始型凝析气藏	(127)
二、分异型凝析气藏	(128)
三、富化型凝析气藏	(129)
四、凝析气藏广泛分布的原因	(130)
第二节 轮台凸起成藏模式及成藏史分析	(131)
一、天然气富集的地质条件	(131)
二、运聚成藏模式分析	(133)
第三节 吉拉克、雅克拉、塔中成藏模式及成藏史分析	(133)
一、吉拉克凝析气田	(133)
二、雅克拉凝析气田	(139)
三、塔中凝析气藏	(142)
第四节 柯克亚油气藏成藏模式分析	(146)
一、油气田基本地质特征	(146)
二、柯克亚凝析油气藏的形成时期	(149)

第五节 塔里木盆地气藏成藏模式小结.....	(151)
一、次生油气藏的两种成藏机制	(151)
二、“下沉型”气藏成藏模式	(151)
三、次生油气藏多期运聚成藏机制综述	(152)
第六章 天然气资源远景评价.....	(154)
第一节 天然气成气区评价.....	(154)
一、评价方法	(154)
二、源岩排气特征评价	(155)
三、影响天然气远景地质因素的定量分析及评价	(166)
四、天然气成气区评价及有利探区预测	(171)
第二节 天然气成藏系统评价.....	(173)
一、评价思路	(173)
二、成藏系统评价	(174)
三、天然气区带评价及有利区带预测	(180)
第七章 主要结论.....	(183)
参考文献.....	(185)

第一章 塔里木盆地天然气地质概况

近年来,塔里木盆地天然气勘探取得了重大进展,发现了 65 个以凝析气为主的气藏,探明天然气储量达千亿立方米以上,其中 94% 的储量分布于中、新生界,73% 的储量集中于前陆盆地。“八五”期间在塔北隆起轮台凸起上发现了英买力—牙哈—提尔根天然气富集带,在该带上已经探明天然气储量占盆地天然气总探明储量的 50% 以上。

第一节 天然气发现历程

塔里木盆地油气勘探工作始于 1951 年,至今已有 40 多年的历史。天然气勘探经历了一个由“兼探天然气”向“油气并举”的转变过程。据推算盆地可供运聚的天然气量可达 98 亿 m^3 ,显示了天然气资源在盆地的烃类能源中占有重要的地位。

一、“八五”以前油气勘探成果

(一)依奇克里克油田

油田(1958 年 10 月发现)位于天山南麓山前库车坳陷东北部第二排背斜构造上,产层为侏罗系砂岩,地质储量 347 万 t,共采出轻质原油 110 万 t。这是塔里木盆地发现的第一个油田,并含有若干小的伴生气藏,初次证明了盆地有天然气资源的存在,而且并不排除它原本是凝析油气田,后因天然气大量失散而形成今日油田的可能性。

(二)柯克亚高产凝析气田

气田(1977 年 5 月发现)位于盆地西南昆仑山前叶城凹陷第二排背斜构造上,产层为上第三系中新统砂岩,埋深 2800~3800m。柯参 1 井钻至井深 3738.1m 发生强烈井喷,日产天然气 276 万 m^3 ,凝析油 1647 m^3 。这表明前陆盆地可以形成高产油气田。

(三)雅克拉凝析气田

气田(1984 年 9 月发现)位于塔北隆起轮台凸起中段的雅克拉潜山构造带上,产层为下奥陶统顶部碳酸盐岩风化带,埋深 5350~5450m。沙参 2 井于井深 5391.18m 喷出天然气 200 万 m^3/d ,凝析油 1000 m^3/d 。随后又在侏罗、白垩系发现高产凝析气藏。它揭示了塔里木盆地从山前带到盆地内部隆起,从陆相碎屑岩到海相碳酸盐岩,从中生界到古生界都有寻找天然气的广阔前景。

二、“八五”期间天然气的重要发现

(一)塔中 1 号古潜山凝析气藏

气藏(1989 年 10 月发现)位于沙漠腹地塔中 1 号潜山披覆背斜带上,发现井——塔中 1 井,产层为奥陶系,岩溶化的白云岩及石炭系底砾岩,埋深 3600m,获日产天然气 34.1 万 m^3 、凝析油 576 m^3 (产量数据为测试结果,下同),为底水块状潜山凝析油气藏。这一重大发现,证实了不仅在山前带及盆地边缘台地有气,而且在盆地腹部也有天然气的分布。

(二)吉拉克凝析气田

气田(1991年5月发现)位于塔北隆起轮南低凸起东南的解放渠东—吉拉克背斜构造带的东部,气田由三叠系和石炭系两个气藏组成。

三叠系Ⅱ油组产层,埋深4286~4356m,发现井——轮南57、58井,获日产天然气28.87~55.24万 m^3 ,凝析油345~455 m^3 。

于同年10月轮南59井在石炭系Ⅲ油组,获日产天然气119万 m^3 、油97.47 m^3 ,它是会战以来最高产量的气井。属以岩性型圈闭为主的气藏,埋深5354~5429m。这是塔里木盆地非背斜型气藏的重要发现

(三)解放渠东气顶气藏

解放100井(1991年11月)于4406~4420m三叠系Ⅱ油组气层,对4406~4416m的井段测试日产气29.7万 m^3 、凝析油129 m^3 。

(四)沙漠腹地的塔中4号油田CⅢ油组的气顶气藏

该气田(1992年1月发现)位于塔克拉玛干沙漠腹地塔中低凸起中央断垒带东端塔中4号构造上,油气产层为石炭系的CⅠ、CⅡ、CⅢ三个油组,其中CⅢ油组即东河砂岩为主力产层,属于底水油气藏,CⅡ油组为气层气藏;CⅢ油组具有一气顶气藏,埋深3600m,属背斜型气顶气藏。

(五)桑一号构造奥陶系内幕气藏

气藏(1992年4月发现)位于桑塔木断垒带东段,发现井——轮南48井于井深5336~5470m奥陶系内幕完井测试,获日产天然气18.6万 m^3 ,凝析油30.3 m^3 。

(六)英买7号下第三系凝析气田

气田(1992年4月发现)位于塔北隆起轮台凸起西端的英买7号断裂构造带上,产层为下第三系底部砂岩。发现井——英买9井,在4444~4705m,获日产天然气15.7万 m^3 、凝析油43.6 m^3 。

次年11月在该构造带西端的英买21号构造的下第三系又发现一个凝析气藏,埋深4444.74~4461.94m,获日产天然气18.8万 m^3 ,凝析油37.2 m^3 ;同年12月又在英买17号断鼻上发现下第三系高产凝析气藏,获日产天然气26.5万 m^3 ,凝析油106.5 m^3 。从而证实了该带具有大面积含油气的特点。

(七)提尔根凝析气田

气田(1992年5月发现)位于塔北隆起二八台—提尔根构造带上的提尔根构造。发现井——提1井,分别在吉迪克组(4831~4847m)和白垩系(5035.5~5122.0m)获日产天然气13.4万 m^3 和2.2万 m^3 、凝析油108 m^3 和10.7 m^3 。属层状背斜气藏。

(八)红旗断裂构造带凝析气田

气田(1993年2月发现)位于塔北隆起轮台凸起西部的红旗断裂构造带上。发现井——英买6井,于4420~4426m上第三系吉迪克组,获日产气10.1万 m^3 ,凝析油93.36 m^3 ;东河12井于井深4657.5~4660.5m下第三系,获日产天然气16.0万 m^3 ,凝析油196.8 m^3 。

(九)桑三号潜山下奥陶统气顶气藏

气顶气藏(1993年2月发现)位于桑塔木断垒带的中段,发现井——解放126井,于下奥陶统顶部碳酸盐岩风化壳中埋深5163.52~5241.0m,获日产气16.2~29.9万 m^3 。

(十)塔中6号凝析气藏

气藏(1993年7月发现)位于塔中地区中央断垒带的东端;处于塔中4号和1号构造之

间。发现井——塔中6井,井深3710.0~3728.7m于CⅢ油组中测,获日产天然气10.03万 m^3 ,凝析油17.3 m^3 。

(十一)牙哈凝析气田

该气田(1993年11月发现)位于塔北隆起轮台凸起中段北侧的牙哈断裂构造带上,产层为上第三系吉迪克组和下第三系底部砂岩。发现井——牙哈4井,在井深4997~5001m吉迪克组测试,获日产天然气2.51万 m^3 ,凝析油38.39 m^3 ;牙哈3井在井深5160~5166m的下第三系底部砂岩测试,获日产天然气16.01万 m^3 ,凝析油110 m^3 。至1994年,在该带已基本探明上、下第三系9个凝析气田、2个油藏,从而证实了牙哈断裂构造带富集油气。这是迄今盆地中最大的气田。气田为背斜型边水和底水气藏群。牙哈气田的发现是“八五”期间天然气勘探的重要成就。

(十二)塔中101地层圈闭凝析气藏

该气藏(1994年2月发现)位于塔中1号背斜北翼围斜部分,产层石炭系东河砂岩呈裙边式分布于潜山周围,发现井——塔中101井,于3720~3733m的CⅢ油组中测,获日产天然气20.5万 m^3 ,凝析油25.2 m^3 。这是塔中地区首次发现地层圈闭凝析气藏。这一发现拓宽了塔中地区的勘探领域。

(十三)东河1号背斜(东河20井)侏罗系气藏

该气藏(1994年7月发现)位于塔北隆起中段东河塘断裂背斜带东河1号背斜上。发现井——东河20井,于5411.49~5443m的侏罗系测试,获日产天然气14.4万 m^3 ,油170 m^3 。属背斜凝析气藏,共有两个含气层,分别为侏罗系Ⅲ油组和Ⅳ油组。这是在东河塘地区首次发现侏罗系天然气藏。

(十四)羊塔克凝析气藏

该气藏(1994年9月发现)位于塔北隆起轮台凸起西端的羊塔克断裂构造带中段。产层为下第三系底部砂岩。发现井——羊塔1井,于5224~5231m中测,用7mm油嘴求产,获日产天然气32~35万 m^3 。

第二节 天然气资源特点

一、天然气分布特点

截止1994年底,塔里木盆地共发现了8个气田:柯克亚油气田、吉拉克气田、英买7气田、牙哈气田、塔中1、6井气田、提尔根气田、红旗气田和雅克拉气田其中包括65个气藏。

气藏空间分布的特点可用“宽、广、深”来表述。在地域上几乎遍及每一个勘探过的构造单元,宽于油藏;在层系分布上,跨度大,广于油藏;气藏埋深大,大于世界上大多数盆地的深度。

(一)天然气的层系分布

已经发现的气藏时代跨度是很大的,从上第三系至震旦系,比油藏分布的层系要宽得多(至今在上、下第三系,寒武系和震旦系尚未找到独立的、有一定规模的油藏),尤其第三系是最重要的含气层位(图1—1),但尚未发现重要的油藏。

气藏分布在9个层系中,已获得的储量分布以第三系和白垩系最为重要,两者所占比例高达88.2%(表1—1)。这种分布与原油分布存在明显区别,原油的储量集中在石炭系和三叠系,呈现了气富集的层系比油要新的特点。

(二)天然气的地域分布

天然气分布的地域也广于原油。目前已经在轮台凸起、轮南低凸起、英买力低凸起、叶城凹陷、麦盖提斜坡、塔中低凸起都找到了气田(藏)(表 1—2)。

表 1—1 塔里木盆地天然气层系分布简表

层 位	探明储量 (%)	
R	70.1	70.1
K	18.1	24.0
J	0.6	
T	5.3	
C	5.8	5.9
O	0.1	

表 1—2 塔里木盆地气藏地域分布略表

层位	塔中隆起	盖斜坡	西南坳陷	塔 北 隆 起												
				羊塔克	英买力北段	红旗	牙哈	东河塘	雅克拉	二八台	轮南断垒带	轮南中区	桑塔木断垒带	轮南区	解放东	吉拉克背斜
N			柯克亚			YM6	YH2、4、5、6 YH310				TE1					
E				YT1	YM7 YM9	HQ1 YM6 DH12	YH2、3 YH4、5 YH6、7、9				S3					
K				YT1			YH、2YH3		S5	TE1						
J								DH20	S4、S7							
T											LN101			LM51	JF100	吉拉克气田
C	TZ402 TZ6 TZ101	曲 3 麦 3										LN9	S18、LN44 LN22 LF126 JF124	LN50		J107 - LN59
O	TZ1								SC2		LN4 LN10	LN30	LN4 - 48 JF126 LN44	LN54		
C							YH301		S7							
Z									S4							

轮台凸起是近两年发现的一个以中、新生界为主要含气层的富气带,已经找到了 5 个凝析气田。这里也是当前天然气重点勘探区。

轮南低凸起是一个油气共存地区,气藏多与油藏叠置分布,其中吉拉克气田,储量超过百亿立方米,属中型气田。

西南坳陷的叶城凹陷中的柯克亚油气田已建立一个天然气和轻质油生产基地。麦盖提斜

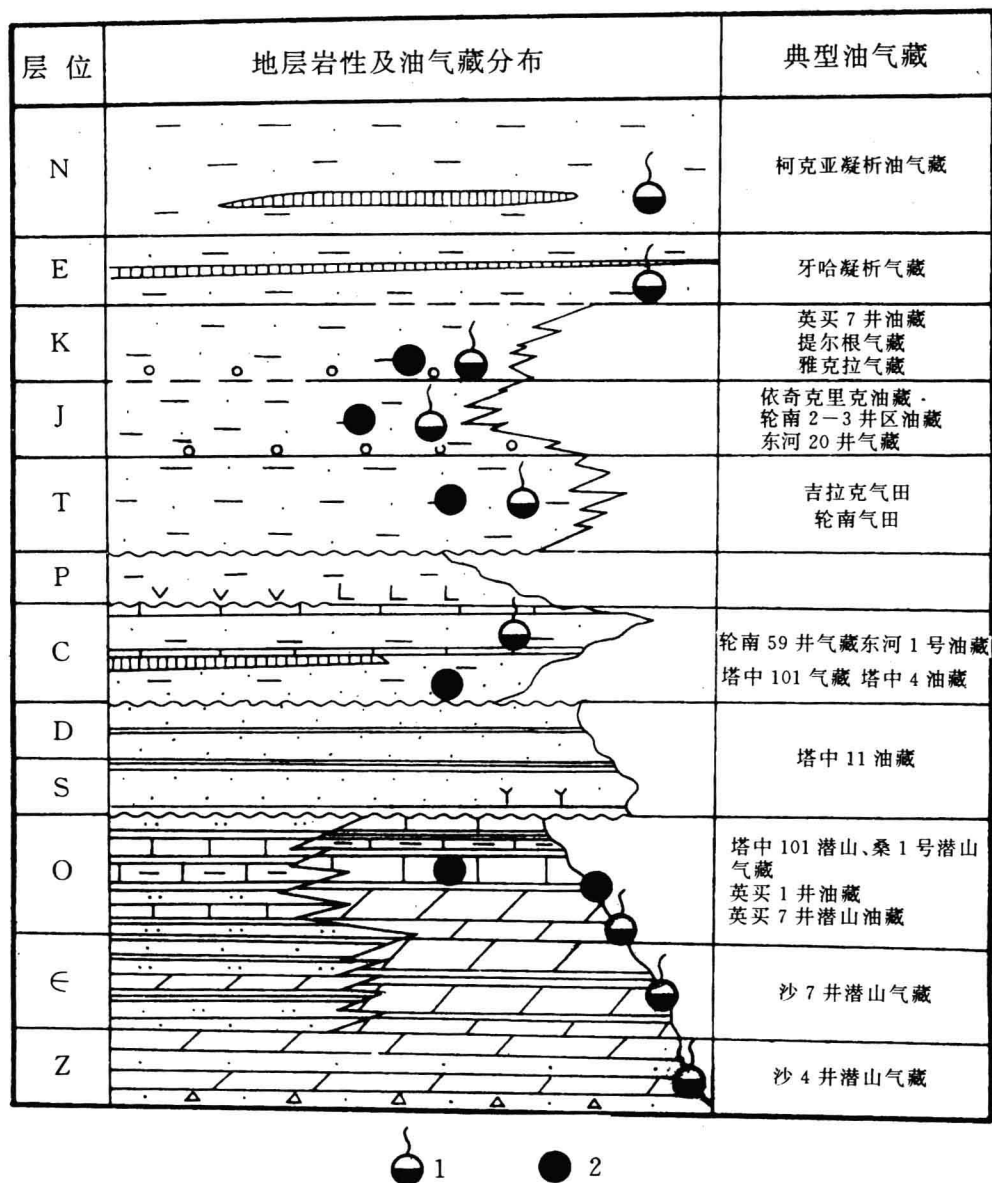


图 1—1 塔里木盆地油气藏分布层位示意图

1—凝析气藏;2—油藏

坡西北部曲苦恰克背斜带发现了高产气流。预示了这两个构造单元天然气勘探的良好前景。

塔中低凸起东段,分布着塔中1号潜山气藏、塔中6井气藏、塔中101地层圈闭气藏和塔中4号气顶气藏,形成另一个天然气富集带。

此外位于草湖凹陷中间小干湖地带中的草2井在石炭系底部气显示强烈,曾发生过井喷,是盆地深部富集天然气的一种迹象,有可能是一种新的聚集类型。

可见,轮台凸起、塔中低凸起东段、桑塔木—吉拉克属三个独立的天然气富集区带;叶城凹陷、麦盖提斜坡是即将证实的天然气富集地区。

综上所述可以认为,塔里木盆地天然气勘探有着比原油更加广阔的领域。

(三)天然气的深度分布

气藏埋深大是一个很突出的特点。天然气产层埋藏深度分布在 3000~5500m 范围内。以储量分布统计,4200m 以下深度段占 76%,4200m 以上只占 24%(表 1—3)。

塔里木盆地凝析气藏的分布与世界其它地区对比,特点就更为突出(表 1—4)。在世界其它地区 65.4%的气藏都分布在 2000~3000m 范围内,大于 4000m 的只占 0.5%;而在塔里木目前尚未在该深度内发现气藏,所发现的气藏中有 79.5%埋深大于 4000m,在 4200m 以下的为 76%。

表 1—3 塔里木盆地天然气储量深度分布

埋深(m)	储量百分比 (%)
3000~4200	24.1
4200~5300	55.6
>5300	20.3

表 1—4 塔里木盆地与世界凝析气藏深度对比

埋深(m)	世界*(%)	塔里木盆地(%)
2000~3000	65.4	0
3000~4000	20	20.5
>4000	0.5	79.5

* 据颜婉荪,1989。

研究表明,气藏埋深如此之大与盆地形成晚期强烈沉降和地温梯度低关系密切。

二、天然气流体特性

塔里木盆地的天然气基本上是以凝析气的形式存在。凝析气是指在地下烃类以气态存在,当地层压力降低时,烃类在地下的地层中发生反凝析,产生液态烃的气藏。而不是像一般气藏那样在地面才析出凝析液。确定凝析气最可靠的方法是 PVT 高温高压物性实验。

目前已知的 65 个气藏中,有 20 余个已作过 PVT 实验,证实都是凝析气藏,这些气藏气油比变化范围很宽,从 843~11864.9m³/m³,甲烷含量从 72%~94%,井流物轻组分(C₁+N₂)从 73.58%~97.47%,中间组分(C₂₋₆+CO₂)从 1.46%~16.58%,重组分(C₇⁺)从 1.07%~7.42%,从而可以初步判断已发现的气藏基本上都是凝析气藏。

轮南 59 井石炭系气藏甲烷含量高达 94%,气油比为 11864.9m³/m³,以前曾认为是个干气气藏,经 PVT 实验证实是个贫凝析油的气藏;塔中 402 井 CⅢ气顶气藏的甲烷含量只有 74.09%,气油比只有 843m³/m³,曾认为是高气油比的油藏,实验证实是一个特富凝析油的气顶气藏。

总之,这些气藏在盆地中形成一个从贫凝析气藏到特富凝析气藏的系列。已证实的贫凝气藏(凝析油含量<100g/m³)以轮南 59 井气藏为代表,轮南 9 井(CⅠ)、桑 6 号潜山气藏也可能属于该类型;低凝析气藏(凝析油含量 100~200g/m³)以轮南 22 井(CⅠ)、英买 7 号(E)气藏

为典型;轮南 101 井(T)、吉拉克(TⅡ)、塔中 1 号(O)、牙哈(E)和柯克亚气田中大部分气藏凝析油含量高达 500~800g/m³,属富和特富凝析气藏。在探明储量中 53.4% 的天然气和 79.8% 的凝析油蕴藏在特富凝析气之中(表 1—5),于是就大大地提高了本区天然气经济价值。据统计,探明 1000 亿 m³ 的天然气,平均就含有 5000 万 t 凝析油。

表 1—5 塔里木盆地不同的凝析气藏凝析气(油)富集程度

	气田(藏)名称	天然气 (%)	凝析油 (%)
贫凝析气	吉拉克(C)	5.1	0.8
低凝析气	英买 7 号(E)、雅克拉(K)	36.9	14.9
中凝析气	桑塔木 1 号(O)	0.1	
富凝析气	吉拉克(T)	4.5	4.4
特富凝析气	提尔根 1 号(N、K)、解放渠东(T)、 塔中 4 (C)、柯克亚(N ₁)、牙哈 (N _{1j} 、E、K)	53.4	79.8

值得注意的是在带油环的气藏或气顶气藏中原油和凝析气共存于一个连续空间中,油与气的关系有两种情况:一种是互相匹配,相态基本平衡,它们的油环油为轻质油、凝析油,如柯克亚、塔中 1 号气藏;另一种是油气藏油气组分和相态出现明显的不平衡、不匹配现象,油环(垫)油为中比重原油,原油凝固点较高,有的气油比很低,如桑 1 号潜山气藏,轮南 14 井获得的油环油油气比只有 46.4m³/m³,吉拉克、塔中 4 号和解放渠东气藏油气比虽然稍高(153~170m³/m³),但是地饱压差很大,达到 11.24~14.14MPa,都属于低饱和油藏,说明烃类体系中气、液两相未达到平衡,若达到平衡,油环(垫)油和气顶之下油藏油应为饱和或近饱和油。这种不匹配的现象主要是不同期次烃类注入、多次成藏造成的。

三、天然气赋存的地质特点

已经发现的天然气聚集具有较好的储、盖条件,储盖组合配置良好,多种类型的圈闭,较低的地温条件,较高的压力条件,并以中型、小型气田(藏)为主等特征。

(一)良好的储盖组合

除潜山型气藏外,中、新生界和上古生界各层系气藏都储集在“连续式”组合之中,绝大多数都为砂岩和泥岩构成。盖层厚度在 30~679m,一般都大于 100m。储层厚度在 10~59m。盖层厚度是储层的 2~60 倍,大部分为 2~5 倍(表 1—6)。

潜山型油藏储层为下古生界碳酸盐岩,盖层多为石炭系、侏罗系,此外还可以有中、新生界其它层系,形成“间断式”组合。储盖厚度比例与“连续式”组合相近。

(二)天然气主要聚集在中孔、中渗碎屑岩储层之中

气藏的储层是以碎屑岩孔隙型储层最为重要,其中以中孔、中渗者居多。碳酸盐岩储层绝大部分是分布在下古生界,以裂缝—溶孔—溶洞型为主,储集性能以中等为主(表 1—7)。

据统计已经获得的储量在不同类型、不同级次储层中聚集的比例如下:

中孔、中渗碎屑岩储层: 64.8%

高孔、高渗碎屑岩储层：8.2%

碳酸盐岩储层：27%

上述可见,塔里木盆地已发现天然气主要储集在中孔、中渗碎屑岩储层中。

表 1—6 塔里木盆地成气储盖组合

名 称	时代及厚度(m)		岩 性	沉积相
	储层	盖层		
提尔根 (TE1)	N _{ij} , 9	N _{ij} , 679	盖层:泥岩为主夹含膏泥岩及页岩	浅湖
			储层:粉砂岩、泥质粉砂岩,底部夹薄层小砾岩	河流
英买 7 号(YM7、YM9、YM701)	E, 25~30	E, 168~213	盖层:泥岩夹粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、石膏及石膏质泥岩	浅湖
			储层:细砂岩、粉砂岩	河流
牙哈 (YH2-3)	E + K, 38.5~51	E, 110	盖层:膏泥岩夹泥岩、泥质粉砂岩、石膏	湖泊
			储层:不等粒砂岩、细砂岩、粗砂岩、中砂岩、粉砂岩	河流
提尔根 (TE1)	K, 60~70	K, 50~60	盖层:泥岩及页岩	湖泊
			储层:泥质粉砂岩、砾状砂岩	河流
雅克拉	K, 48.8	K, 400	盖层:粉砂质泥岩、泥岩	浅湖
			储层:细、粗砂岩、细砾岩、砂砾岩	河流
雅克拉	J, 31.9	J, 62	盖层:泥岩夹煤层	浅湖
			储层:细、中砂岩	
东河塘 (DH20)	J, 45.9	K, 530 J, 50	盖层:泥岩	浅湖
			储层:砂岩	
解放渠东 (JF100)	T, 20~30	T, 95~105	盖层:泥岩夹泥质粉砂岩	浅湖
			储层:砂岩	三角洲前缘
吉拉克 (LN57)	T, 45~59	T, 70~130	盖层:泥岩及煤层	浅湖
			储层:中砂岩、细砂岩	三角洲前缘
塔中(TZ402、TZ6、TZ101)	C, 50~200	C, 150~230	盖层:泥岩	潮间—潮下低能带
			储层:细砂岩	(滨岩相)滩坝
吉拉克 (LN59)	C, 25~30	C, 140	盖层:泥岩夹石灰岩	潮滩
			储层:细砂岩、粉砂岩、含砾不等粒砂岩	滨岸
塔中 (TZ1)	O(+C), 84	C, 119	灰岩、白云岩、溶洞发育,少量裂缝	开阔台地
雅克拉潜山	O、C、Z, 28~142	J, 62	盖层:泥岩	潮沼
			储层:白云岩、石灰岩,发育溶洞、裂缝	开阔台地
桑塔木 1 号	O ₁	O ₂₊₃ , 63	盖层:致密泥岩	潮滩
			储层:裂缝型灰岩	台地

(三)较低的地温条件

塔里木盆地是一个地温梯度较低的盆地,反映在气藏温度上,就形成了较低的地温条件。

大多数气藏地层温度(T)与埋深(H)的相关关系为(图 1—2):

表 1-7 塔里木盆地主要凝析气藏储盖层岩性一物性

凝析气藏	层位	储层岩性	物性			直接盖层		区域盖层	
			孔隙度 (%)	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	储层评价	厚度 (m)	岩性	厚度 (m)	岩性
英买7号	E (YM701)	浅灰、棕褐色长石粉、细砂岩、夹棕褐色薄层泥岩	$\frac{6.7824.77}{18.8}$	$\frac{0.846829.4}{554.94}$	高孔 高渗	167.5212.5	泥岩	棕褐色、暗棕色膏质泥岩夹同色泥岩、粉砂质泥岩及夹白色石膏	
	E (YM901)		$\frac{8.1321.5}{17}$	$\frac{2.62845.38}{274.16}$	高孔				
提尔根1号	Nij	细、粗、粉砂岩为主，部分中一细砂岩，少量不等粒砂岩，以粒间孔为主	$\frac{3.6318.54}{12.27}$	$\frac{0.1208.86}{41.81}$	高中 中渗	679	泥岩、粉砂质泥岩、含石膏泥岩及页岩，接近油层段的 地层膏泥岩富集		
	K (气层段)	以长石质岩屑砂岩为主，次为岩屑质长石砂岩，以粒间溶孔为主	$\frac{6.2716.88}{12.82}$	$\frac{0.81167.25}{25.16}$	中孔 中渗				
吉拉克	T II	从南到北储层物性变化大，物性变好，主要为中、细砂岩	$\frac{4.2756.0}{23.27}$	$\frac{0.164937.0}{483.55}$	中-好	7080	泥岩	>100 侏罗系	泥岩、碳质泥岩 夹薄煤层
	C III	中、细砂岩为主	$\frac{1.0424.77}{7.77}$	$\frac{0.06711.33}{50.94}$	非均质中 孔、中渗				
解放渠东	T II	砂岩	$\frac{10.6329.35}{24.7}$	$\frac{1.753489.9}{645.0}$	高孔 高渗	95.5100.5	泥岩	>100	侏罗系煤系地层
	O ₁ (LN14)	石灰岩、礁岩类	$\frac{1.5013.81}{2.95}$	发育裂缝					
桑塔木1号(气层)	O ₁ (LN48)		$\frac{1.009.90}{3.58}$	发育裂缝			致密泥岩	200	石炭系泥岩 夹石灰岩
	N	砂岩	1216	42122	中孔 中渗				
柯克亚						几十米	泥岩	>300	泥岩、膏岩层