

中国科协2005年学术年会论文集



西部石油天然气资源 及发展战略

陈新发 主编

石油工业出版社

中国科协 2005 年学术年会论文集

西部石油天然气资源及发展战略

陈新发 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是中国科协 2005 年学术年会论文集的组成部分,共收录了石油石化单位的 27 篇论文,内容涵盖中国西部地区鄂尔多斯、柴达木、准噶尔、吐哈、塔里木、四川六大盆地的油气勘探、开发、环保到油气资源的深加工,涉及西部石油的各个领域。

本书可供从事石油天然气勘探开发、石油化工等研究工作的相关科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国科协 2005 年学术年会论文集西部石油天然气资源及发展战略/
陈新发主编. —北京:石油工业出版社, 2006.5

ISBN 7-5021-5518-X

I. 中…

II. 陈…

III. ①石油资源-资源开发-经济发展战略-西北地区-文集

②石油资源-资源开发-经济发展战略-西南地区-文集

③天然气资源-资源开发-经济发展战略-西北地区-文集

④天然气资源-资源开发-经济发展战略-西南地区-文集

IV. F426.22-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 040823 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12

字数: 300 千字 印数: 1—1000 册

定价: 35.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《西部石油天然气资源及发展战略》

编 委 会

主 任：陈新发

副主任：何庆华 孙龙德 匡立春 翟晓先 王仲林

李丕龙 夏义平 徐富贵 李石新 秦本记

委 员：徐洪德 张占峰 相建民 陈 凯 龙道江

牟泽辉 夏代学 王子君 甄新平 吴双清

宋清山 胡小房

编 辑：胡小房 彭晓玉 王贵权 李泳胜 张育民

龚树鹏 周 玲 于林会 张怀文 周 江

在中国科协 2005 年学术年会石油石化 分会开幕式上的致辞（代前言）

各位领导、各位专家，同志们、朋友们：

值此中国科协 2005 年学术年会即将胜利开幕之际，我们石油石化系统在第 19 分会场隆重召开“西部石油天然气资源及发展战略”研讨会，这是我国石油石化工业科技界的一次盛会。在此，我谨代表新疆维吾尔自治区科学技术协会、新疆石油学会和全疆科技战线、特别是石油石化战线的广大科技工作者，向莅临今天会议的中国工程院关兴亚院士，向来自全国石油石化届的各位领导、专家学者和全体与会代表，表示热烈的欢迎和诚挚的敬意！

当人类社会即将跨入 21 世纪的第二个 5 年之际，我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段，党中央提出了坚持科学发展观、构建社会主义和谐社会的指导方针。贯彻落实科学发展观，要求加快经济增长方式由粗放型向集约型转变，实现经济、生态环境的可持续发展。科学技术作为第一生产力，在实现这一转变的过程中发挥着巨大作用。在这一全新的时代背景下，中国科协坚持与时俱进，把本届学术年会的主题确定为“科学发展观与资源可持续利用”。围绕这一主题，结合我国经济发展对石油天然气资源的战略需求，我们把本届年会石油石化分会的研讨主题确定为“西部石油天然气资源及发展战略”，具有重要的现实意义和深远的历史意义。我们相信，通过与会专家学者围绕分会主题，广泛交流学术思想，充分展示科研成果，一定能把这次研讨会开成闪耀着智慧光芒的盛会，开成团结合作、共谋西部石油石化工业科技发展大计的盛会。这次研讨会的成功举办，必将有力地促进西部与全国石油石化领域科学技术的交流与创新，进一步推动石油石化科技事业的繁荣与发展，特别是对于加快西部石油天然气资源开发、推进西部大开发战略实施，都将产生积极的推动作用。

幅员辽阔的西部是我国经济发展的重要战略区域，也是我国能源生产的重要战略基地。当前，我国正在大力推进实施西部大开发战略，加快石油石化工业发展是西部大开发战略的重要组成部分。西部地区的鄂尔多斯、柴达木、准噶尔、吐哈、塔里木、四川六大盆地，油气资源丰富，根据最新一轮资源评价结果，西部地区拥有石油可采资源量 46 亿吨，占全国总资源量的 31%，截至 2004 年年底已累计探明 11.07 亿吨，探明率仅为 22%；待探明 34.93 亿吨，占全国总剩余石油可采资源量的 42%。陆上天然气可采资源量也主要分布在西部地区，占陆上可采天然气总资源量的 70% 以上，目前探明率不到 27%。因此，西部地区油气资源潜力大，发展前景广阔。从 20 世纪中叶、特别是自“八五”以来，我国石油工业在党中央、国务院提出的“稳定东部、发展西部”的战略方针指导下，在保持东部油田油气生产稳定的同时挥师西进，充分发扬广大石油科技工作者特别能吃苦、特别能战斗、特别能创新的精神，在加快勘探开发的同时，大力推动科技进步，在前陆盆地冲断带、克拉通内大型古隆起、地层岩性圈闭研究等方面取得长足进展，丰富了石油地质理论，形成了适应于山地、沙漠、黄土塬、戈壁滩等复杂地表条件的综合勘探技术，克服了西部含油气盆地地下油气藏复杂、勘探开发难度大等不利因素，经过坚持不懈的努力，使西部石油天然气生产规模不断扩大，成为我国石油工业最大的战略接替区。

新疆地处亚欧大陆腹地，是我国实施西部大开发战略的重要省份之一。这里幅员辽阔，区域面积达 166 万平方公里；区位优势优越，周边与俄罗斯、哈萨克斯坦等 8 个国家接壤，是历史上古丝绸之路的重要通道，也是现在第二座“亚欧大陆桥”的必经之地；油气资源丰富，蕴藏着 209 亿吨石油资源，占全国陆上石油总资源量 822 亿吨的 25.5%，蕴藏着 11 万亿立方米天然气资源，占全国陆上天然气总资源量 38.82 万亿立方米的 28%，石油石化工业的发展前景十分广阔。多年来，在自治区党委、自治区人民政府和中国科协的正确领导和关心支持下，新疆的科技事业不断发展壮大，科技创新能力不断提高，科技对经济社会发展的支撑作用日益增强，有力地促进了经济建设和各项社会事业蓬勃发展，人民生活水平稳步提高，2004 年实现国民生产总值 2200 亿元，比上年增长 11%。石油石化工业作为新疆最重要的支柱产业之一，近年来紧紧抓住西部大开发和中国石油工业加快发展西部的历史机遇，与时俱进，依靠科技，加快发展，不断取得长足进步，自 1955 年发现克拉玛依油田以来，已先后探明和基本探明了准噶尔盆地、塔里木盆地和吐鲁番—哈密盆地油气蕴藏的基本情况。油气勘探取得一系列重大成果，油气产量保持持续稳定增长，2004 年新疆生产原油 2228 万吨、天然气 55 亿立方米，分别位居全国第三位和第二位。实践证明，新疆拥有丰富的油气资源，具有形成大型油气田的石油地质条件，是我国石油工业最为现实的战略接替地区。目前，新疆新一轮大规模油气勘探开发和石化基地建设已经拉开序幕。按照自治区的发展规划，2010 年新疆的原油产量将达到 3000 万吨，天然气产量达到 180 亿立方米，哈萨克斯坦原油引进达到 2000 万吨，届时新疆将成为我国第一大产油气省区。目前，哈萨克斯坦原油进疆管道已经开工建设，使新疆成为中亚油气资源东进的桥头堡；原油出疆管道业已破土动工，使新疆在国家能源战略中的地位更加突出；独山子—克拉玛依、乌鲁木齐、南疆、吐哈四大石化基地建设正在加紧实施，其中投资近 300 亿元的独山子 1000 万吨炼油及 120 万吨乙烯工程是中国石油迄今为止最大的石油化工项目。所有这些，都表明新疆石油石化工业大发展的步伐已经迈开。

各位领导、各位专家，同志们、朋友们，本届年会在新疆举行，为全疆广大干部和科技工作者提供了学习请教的良机，对自治区进一步推动科技创新，增强广大公众的科技意识，形成“尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造”的氛围，提高人才和智力引进工作水平，将产生重大而深远的影响。特别是这次石油石化分会由新疆石油学会承办，为全疆的广大石油科技工作者提供了非常难得的学习机会。我们将借此东风，把新疆的科技工作做得更好，把新疆石油学会的工作做得更好，为推进西部大开发战略的加快实施、为新疆经济建设和社会事业的繁荣发展做出新的、更大的贡献。

各位领导，各位专家，同志们，朋友们，新疆地大物博，物产丰富，地质地貌景观独特，民族风情浓郁。初秋的新疆正是瓜果飘香、气候宜人、山川多姿的美好季节，期望大家会后到新疆各地走一走、看一看，品尝棍地瓜果美食，领略各民族特色风情，并对我们的工作提出宝贵意见。希望大家一如既往地关心支持新疆的科技工作，一如既往地关心支持新疆石油学会的发展。

最后，祝愿大家在新疆期间身体健康，开心快乐！预祝大会圆满成功！

谢谢！

自治区科协副主席、新疆石油学会理事长：陈新发

2005 年 8 月 18 日

目 录

准噶尔盆地天然气勘探潜力及领域分析	陈新发 匡立春 杨海波等 (1)
准噶尔盆地油气资源勘探实践与非常规油气资源前景	匡立春 张义杰 王绪龙等 (7)
塔里木盆地油气勘探开发与西气东输资源	宋文杰 江同文 相建民 (17)
中石化西部新区勘探发展战略	冯建辉 (24)
鄂尔多斯盆地石油资源潜力及勘探方向	杨 华 罗安湘 付金华等 (32)
四川盆地油气资源特点及勘探对策	冉隆辉 (38)
新疆油气资源开发战略研究	康玉柱 (44)
新疆地区油气勘探新领域及前景展望	夏义平 (52)
塔河油田勘探开发实践与面临的挑战	翟晓先 漆立新 (58)
吐哈盆地大油气田勘探方向	李新宁 (66)
柴达木盆地油气资源潜力分析及发展战略	彭德华 陈新领 张敏等 (71)
云南第三系盆地油气勘探潜力与开发技术	陈跃昆 陈昭全 陈玉华等 (77)
准噶尔盆地西北缘稠油开发潜力评价	孙晓岗 霍 进 单朝晖 (83)
加快物探技术进步 推进中国西部油气资源的可持续发展	钱荣钧 (88)
准噶尔盆地地震勘探技术攻关与应用新进展	雷德文 姜 兵 杨晓海等 (93)
鄂尔多斯盆地天然气资源现状与发展前景	席胜利 刘新社 (105)
中国西部盆地旋回划分与油气聚集方式	何治亮 高山林 顾 忆 (111)
西部地区复杂油气藏压裂酸化增产改造面临的挑战和对策	赵金洲 郭建春 李勇明 (118)
塔里木盆地油气勘探开发中的生态建设	孙龙德 江同文 周宏伟 (125)
新疆乙烯工业的资源及发展前景	卢光明 初青柏 杨丽芳等 (129)
利用新疆天然气和煤资源发展碳—化工	李石新 张 靖 (136)
北疆稠油资源优化利用	丛新兴 陈晓华 (143)
新疆石油化工发展战略方向探讨	宋清山 耿振坤 (148)
对发展天然气化工的认识与建议	常宏岗 黄黎明 陈康良 (159)
新疆天然气产业发展思路研究	林永辉 (163)
独山子大炼油项目原油资源及加工方案优化	刘成林 朱晓彬 (170)
加拿大油砂沥青改质经验对中国西部稠油资源利用的启示	江茂修 (176)

准噶尔盆地天然气勘探潜力及领域分析

陈新发 匡立春

杨海波 王绪龙

(中国石油新疆油田分公司)

(中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院)

1 天然气勘探现状

准噶尔盆地沉积面积约 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$, 石炭系之上发育有二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系等盖层, 最大沉积盖层厚度可达 15000m, 经历了晚海西、印支、燕山和喜马拉雅等多期构造运动, 油气具有多源、多期成藏特征。

准噶尔盆地天然气勘探历经了 20 多年, 从 1982 年发现第一个气藏——夏 21 井区三叠系气藏至今, 在全盆地已经发现气藏 50 多个, 其中探明气藏 37 个, 累计探明天然气地质储量 $764.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。此外, 还有 115 井 162 层剩余出气点, 主要分布在盆地腹部、西北缘, 其次是南缘, 东部相对较少。整体看, 盆地天然气分布现状具有点多面广气藏少、量小源杂丰度低的特点。盆地天然气资源丰富, 根据 2000 年资源评价及新近对陆东—五彩湾地区天然气资源估算结果, 盆地共有常规天然气资源约 $2.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 但目前探明率仅 3%。

2 天然气成藏条件

2.1 气源条件

准噶尔盆地主要气源岩有石炭系、二叠系、侏罗系。二叠系主要有下二叠统佳木河组、风城组和中二叠统下乌尔禾组(南缘东部的芦苇沟组、东北缘的平地泉组与之相当), 侏罗系主要有中一下侏罗统西山窑组、八道湾组。

2.1.1 石炭系

石炭系气源岩主要分布在陆东—五彩湾地区的下石炭统滴水泉组和上石炭统巴塔玛依内山组, 气源岩岩性主要为暗色泥岩、碳质泥岩和沉凝灰岩。陆东—五彩湾地区钻揭石炭系井共 45 口, 钻揭石炭系厚度在 52~1775m, 平均厚 403m, 钻揭石炭系烃源岩 0~354m, 平均厚 46.2m, 占地层平均钻揭厚度的 11.4%, 有机质类型以Ⅲ型为主, 个别为Ⅱ₂型。根据现有资料, 该区石炭系气源岩成熟度差异较大, 处于成熟—过成熟阶段^[1], 气源中心可能位于滴水泉凹陷、五彩湾凹陷及东道海子凹陷内。

2.1.2 二叠系

下二叠统佳木河组: 在准噶尔盆地分布较广, 集中于中央坳陷西部。烃源岩主要分布在下亚组, 其厚度向盆地西部边缘方向加厚, 最大可达 250m 以上。有机质类型以Ⅲ型为主, 个别为Ⅱ₂型和Ⅱ₁型。该套烃源岩在三叠纪以后开始进入生气阶段。生、排气中心区分布在玛湖凹陷西南部、西北缘断裂带、沙湾凹陷西侧等。

下二叠统风城组: 风城组烃源岩主要分布于玛湖、盆 1 井西和沙湾这三个凹陷中, 与之

相邻的凸起上也有范围大小不等的分布,如达巴松凸起。有机质类型多为Ⅰ—Ⅱ型,该组烃源岩以生油为主,演化到高成熟阶段后仍可生成大量天然气,生气中心区集中在玛湖凹陷、盆1井西凹陷,主要生、排气期为中晚侏罗世—早白垩世。

中二叠统:中二叠统气源岩主要包括西北缘、腹部地区下乌尔禾组和南缘东部芦苇沟组。中二叠统气源岩在中央坳陷几乎均有分布。下乌尔禾组有机质丰度普遍较低,有机质类型为Ⅲ型,个别为Ⅱ₂型和Ⅱ₁型,处于成熟—高成熟阶段,在整个白垩纪都处于生气高峰阶段,有利于燕山运动形成的圈闭成藏。芦苇沟组是盆地中有机质最丰富的地层,有机质类型大多为Ⅰ—Ⅱ₁型,阜康凹陷内已达到高成熟—过成熟阶段。

2.1.3 侏罗系

侏罗系是一套湖沼相的含煤沉积建造,在准噶尔盆地分布广,厚度也大。气源岩主要发育于中下侏罗统八道湾组、西山窑组。八道湾组气源岩最发育的区域有两个:一个在阜康凹陷,向北至东道海子凹陷西部;另一个在沙湾凹陷,向南至北天山山前冲断带的石河子至沙湾段,最大厚度可达300m以上。第三纪达到了大量生、排气阶段。各套烃源岩生、排气强度累加结果表明,生气区为中央坳陷,生、排气强度高的地区集中在北天山山前冲断带—沙湾凹陷—阜康凹陷。

天然气在盆地内的分布具有“近源”的特点。南缘地区天然气主要源于中下侏罗统烃源岩;陆东—五彩湾地区天然气主要源于石炭系;腹部陆西地区天然气主要源于中二叠统下乌尔禾组;西北缘乌—夏地区天然气主要源于下二叠统风城组,中拐凸起北侧天然气主要源于下二叠统佳木河组,中拐凸起南侧—车排子地区天然气主要源于中二叠统下乌尔禾组。

2.2 储层特征

准噶尔盆地气藏储层绝大部分为低孔低渗储层,尤其是石炭系、二叠系和三叠系气藏,侏罗系气藏储层物性要好些,第三系气藏储层物性最好。

石炭系和二叠系佳木河组气藏储层岩性为火山岩和碎屑岩。火山岩一般为安山岩、火山角砾岩等,储集空间有气孔、溶蚀孔、晶间孔及裂缝等,构成孔隙—裂缝双重储集空间。碎屑岩主要为砂砾岩。平均有效孔隙度一般为8%~12%,渗透率为 $(0.04 \sim 33.8) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,但绝大部分小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于Ⅲ、Ⅳ储层。

二叠系上乌尔禾组气藏储层为冲积扇相的砂质不等粒砾岩和含砾中粗砂岩,砾石含量一般为70%~90%。孔隙类型主要有粒间孔、粒间溶孔和界面缝。西北缘五区南克75井上乌尔禾组平均有效孔隙度为11.5%,渗透率为 $26.27 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。整体看,绝大部分属于Ⅲ、Ⅳ储层。

三叠系克拉玛依组气藏储层为冲积扇相的砂砾岩和中粗砂岩,储集空间以粒间孔为主,次为粒间溶孔。孔隙度为9%~15%,渗透率为 $(0.3 \sim 90) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $2.31 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。整体上看,大部分属于Ⅱ、Ⅲ储层。

侏罗系气藏储层为三角洲亚相中的河口坝、水下分流河道砂体和三角洲前缘席状砂。储集空间以粒间孔为主,次为粒间溶孔。平均有效孔隙度为13%~22%,渗透率为 $(1.39 \sim 150.40) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。整体看,大部分属于Ⅱ、Ⅲ类储层。

古近系气藏储层以紫泥泉子组为主,为三角洲亚相中的河口坝、水下分流河道砂体。储集空间仍以粒间孔为主,次为粒间溶孔。平均有效孔隙度为19%,渗透率为 $19.50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为Ⅰ—Ⅱ类储层。古近系砂体与侏罗系砂体的最大差别在于砂体横向变化快,分布不稳定,原因是侏罗系三角洲规模远大于古近系。呼图壁气田气层为中等储层,但与其不远的

吐谷鲁背斜及其以西地区储层的储集性能都已变差,基本为Ⅲ、Ⅳ储层。

2.3 盖层条件

准噶尔盆地发育 5 套重要的区域性盖层,即中二叠统下乌尔禾组、上三叠统白碱滩组、下侏罗统三工河组、下白垩统吐谷鲁群以及古近系安集海河组。它们均是一套稳定的湖相泥岩沉积为主的地层,最大单层厚度近百米,累计厚度一般为 100~300m。多数盖层不但具有良好的物性封闭能力,而且还具有超压封闭和烃浓度封闭能力。如安集海河组普遍存在异常高压,压力系数为 1.50~2.30,下乌尔禾组本身既是盖层,又是烃源层。直接盖层一般为与储层互层的泥岩,厚度较薄的直接盖层都以区域盖层为背景,而且两者距离很近,共同封盖气层。

盖层的封闭条件好坏对天然气成藏起到了极其重要的控制作用。从盆地内目前已发现探明的天然气地质储量和各层系天然气资源量对比看,天然气主要富集在侏罗系和二叠系,这与盆地内最广泛发育的下侏罗统三工河组、上三叠统白碱滩组良好盖层有着直接的关系。

2.4 圈闭条件

准噶尔盆地天然气藏圈闭类型主要有两大类 4 亚类,即构造、地层两大类和断背斜、断块、断鼻、岩性及构造—岩性 5 个亚类。6 个中型气藏圈闭类型为断背斜和构造—岩性的各占 2 个,其余为断块和断鼻。15 个小型气藏的圈闭类型以断块和构造—岩性为主,其次为背斜等,可见缺乏背斜型气藏。背斜型气藏天然气充满度最高,一般大于 85%;断块型气藏的充满度低,一般小于 70%。这是因为背斜型构造对天然气的封闭能力最好,而断块型气藏是靠边界断裂封堵的,断裂对气藏封闭性比较差。其实岩性气藏充满度也很低,岩性圈闭聚集天然气的的能力比聚集石油差,同样的岩性圈闭形成油藏的高度可远大于气藏。

3 天然气勘探潜力分析

3.1 天然气资源丰富、探明程度低

根据 2000 年准噶尔盆地第三次油气资源评价结果,盆地内从二叠系到古近系 5 个层系烃源岩总生油量、总生气量基本接近,分别为 $3042 \times 10^8 \text{t}$ 、 $287.5 \times 10^{12} \text{m}^3$,油气资源量分别为 $85.87 \times 10^8 \text{t}$ 、 $2.1 \times 10^{12} \text{m}^3$,基本为 1:4;新近对陆东—五彩湾地区石炭系气源岩进行了天然气资源初步估算,为 $0.3698 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。盆地天然气总资源量共约为 $2.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

截至 2004 年 12 月 31 日,准噶尔盆地共探明天然气藏 35 个,探明天然气储量 $743.16 \times 10^8 \text{m}^3$,探明率仅 3%,表明准噶尔盆地天然气勘探程度低、潜力巨大。

3.2 剩余出气点多、分布广,优选可升级探明

准噶尔盆地剩余出气点较多,经过全盆地普查,共统计有 115 井 162 层。区带上,主要分布在腹部和西北缘;在层位上,主要集中在侏罗系、二叠系及三叠系,石炭系和第三系分布较少;按照单层产量统计,单层产量大于 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ 的共有 27 井 31 层,而产量小于 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ 的所占比重较大。剩余出气点中,单井单层产量最高的是泉 1 井,日产近 $25 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

这些剩余出气点中,虽然有些单井产量高,但由于厚度薄、平面展布范围小等原因难以升级,也有一部分经优选评价,已纳入近期天然气评价计划中,如红 96 井区、车 38 井区、泉 1 井区。

此外,还有不少井点虽然单井单层天然气日产量低,但埋藏浅且分布相对集中,属于浅层气,表明盆地内也有一定的浅层气资源。

3.3 盆地内侏罗系、二叠系天然气勘探潜力最大

从准噶尔盆地各层位天然气资源序列中,二叠系、侏罗系天然气不管是总资源量还是推测资源量,都是非常丰富的,其次为三叠系和石炭系,而白垩系与第三系的天然气资源相对最少。二叠系资源除主要分布在西北缘中拐一五八区外,还分布在深大构造中如莫索湾背斜、玛湖背斜等,埋藏深度偏大。侏罗系整体埋藏深度较浅,最近几年,连续在石南、石西、莫北、莫索湾地区发现三工河组、西山窑组气藏,尤其是围绕盆1井西凹陷东环带,距离烃源岩近,不缺少沟通烃源岩的桥梁,加之构造发育,因此腹部靠近烃源岩的广大地区都将是未来天然气勘探的有利区。第三系和白垩系虽然天然气资源相对较少,但仍有大量的推测资源量,其绝大多数资源都分布在霍玛吐背斜带上。

另外,陆东一五彩湾地区石炭系天然气资源丰富,目前仅探明天然气地质储量约 $50 \times 10^8 \text{m}^3$,勘探潜力很大,尤其是石炭系内幕火山岩、内幕构造是一个还几乎没有涉足的勘探领域。

4 天然气勘探领域

根据盆地天然气成藏条件和勘探潜力,确定天然气重要的勘探领域有:陆东一五彩湾地区、中拐一五八区、南缘前陆冲断带、深大构造等。它们是盆地的气聚集带,气田和出气点绝大部分集中在这些区带内。

4.1 陆东一五彩湾地区

该区位于大井一东道海子复合油气系统内。天然气总资源量 $7039 \times 10^8 \text{m}^3$,目前已发现探明5个气藏,累计探明天然气地质储量 $51.25 \times 10^8 \text{m}^3$,此外还有丰富的剩余出气点如滴西5、泉1、滴西9等,层位上主要分布在石炭系、侏罗系、白垩系等。主要气源岩是石炭系,主要富集层位也是以石炭系为主^[2]。

该区油气成藏有两种模式:一是石炭系自生自储型;另一种是侏罗系和白垩系下生上储的次生成藏型。断裂沟通是该区侏罗系和白垩系天然气成藏的关键。

该区有三种勘探目标类型:一是石炭系顶面的风化淋滤型火山岩;二是石炭系的内幕火山岩或内幕构造;三是侏罗系和白垩系的低幅度构造与岩性目标。该区是近期盆地天然气勘探的重点领域。

4.2 中拐一五八区

中拐一五八区位于三四(玛湖凹陷、盆1井西凹陷、沙湾凹陷)油气汇集区。下二叠统佳木河组、风城组和中二叠统下乌尔禾组油气系统共同控制了该区天然气藏的空间分布。该区天然气资源为 $1850 \times 10^8 \text{m}^3$,目前已发现的气藏有5个,探明天然气地质储量 $209.91 \times 10^8 \text{m}^3$,富集层位主要为佳木河组,其次为中二叠统上乌尔禾组与下侏罗统八道湾组,它们的地理分布都严格受佳木河组气源岩分布的限制。

勘探目标类型为断层、地层、岩性及不整合圈闭等。非构造圈闭可靠程度低,地震识别困难。目的层应该以佳木河组与上乌尔禾组为主,因为它们本身发育有较好的直接盖层,而且位于区域盖层之下。该区是形成中小型气田的有利地区^[3,4]。

4.3 南缘前陆冲断带

该区位于昌吉复合油气系统内,气源以中、下侏罗统为主,天然气总资源量为 $7455 \times 10^8 \text{m}^3$,已发现的气藏有霍尔果斯紫泥泉子组气藏、呼图壁紫泥泉子组气藏、齐古三工河组

气藏、独山子古近系塔西河组气藏, 累计探明天然气地质储量 $131 \times 10^8 \text{m}^3$, 该区目前探明率仅为 1.8%。

主要勘探方向是二、三排霍玛吐背斜带, 勘探目的层以中组合(古近系+上白垩统)为主, 背斜圈闭面积大, 油气源断裂发育, 安集海河组是一套很好的区带性盖层, 为该区天然气聚集创造了有利条件^[2]。此外, 该区上组合(新近系塔西河组+沙湾组)中也可能聚集了一定规模的浅层气, 目前已在独山子构造、霍尔果斯构造古近系塔西河组发现了浅层气。

4.4 深大构造

目前盆地内已识别的深大构造主要有莫索湾背斜、玛湖背斜、玛南背斜、呼图壁深层构造等。这些深大构造位于富烃凹陷内或边缘, 多为长期继承性古隆起, 为油气运移的有利指向区, 是天然气有利富集目标。

莫索湾背斜位于盆 1 井西、沙湾凹陷、阜康凹陷三个生气中心区的边缘, 为典型的凹中隆构造, 发育石炭系—侏罗系多个圈层, 其中石炭系圈闭面积为 780km^2 , 闭合度为 1150m, 圈闭天然气资源量为 $3290 \times 10^8 \text{m}^3$ 。石炭系火山岩储层与埋深关系不大, 预测其岩类与石西油田类似, 除溶蚀孔外, 裂缝也应较为发育。上乌尔禾组是二叠系中最好的一套储盖组合, 应作为深部地层中最重要的目的层。

4.5 其他领域

环盆 1 井西凹陷各个凸起带: 该区带处于盆 1 井西凹陷二叠系含油气系统之内, 是一个油气共存区。具源外成藏特征, 下乌尔禾组生成的天然气沿断裂与不整合面运移至凸起带, 三工河组上部泥岩为有效的区域盖层, 控制了绝大部分气藏的垂向分布, 所以找气的主要目的层为三工河组, 圈闭类型以低幅度构造型为主^[5]。目前腹部所发现的几个中小型气藏均集中在该区带内, 例如石南油气田三工河组气藏、盆 5 井区三工河组气藏等。

西北缘天然气勘探领域及目标类型还有: 玛湖斜坡区二叠系尖灭线附近的地层—岩性型、乌—夏地区三叠系、二叠系构造及构造—岩性复合型以及克拉玛依—红山嘴地区断裂上盘地层超覆尖灭带三叠系浅层地层—岩性型。

东部天然气勘探领域及目标类型还有: 阜东斜坡区三叠系岩性型、阜康断裂带三叠系—侏罗系构造型、沙—帐地区二叠系浅层构造型。

5 结 论

(1) 准噶尔盆地天然气具有成藏的有利条件。盆地内发育 5 套区域型盖层及多套区带型盖层。气源丰富, 陆东—五彩湾地区天然气主要源于石炭系, 南缘地区天然气主要源于侏罗系, 盆地其他地区主要包括西北缘和腹部盆 1 井西东环带天然气主要源于二叠系。

(2) 天然气资源丰富、勘探潜力大, 尤以二叠系、侏罗系居首位。盆地天然气资源不同区带、不同层系差别较大。侏罗系具有以下优势: 在盆地内广泛分布, 发育良好的储盖组合, 勘探目的层以三工河组构造型为主, 埋藏相对较浅; 二叠系天然气资源量最大, 但埋深较大, 主要分布在中拐—五八区、玛湖西斜坡以及盆地深大构造如莫索湾深层等。

(3) 盆地天然气有 4 个重要勘探领域: 陆东—五彩湾地区(以石炭系、侏罗系、白垩系为主)、中拐—五八区(以二叠系为主)、南缘冲断带(以古近系、新近系为主)、深大构造(以石炭系、二叠系为主)。

参 考 文 献

- [1] 邱楠生, 查明, 王绪龙. 准噶尔盆地热演化史模拟. 新疆石油地质, 2000, 21 (1): 38~41
- [2] 赵殿栋, 刘传虎. 准噶尔盆地油气勘探潜力及方向. 新疆石油地质, 2005, 26 (1): 283~285
- [3] 况军, 齐雪峰. 准噶尔前陆盆地构造特征与油气勘探方向. 新疆石油地质, 2006, 27 (1): 5~9
- [4] 杨海波, 钱永新, 李振华, 等. 准噶尔盆地玛湖西斜坡勘探潜力分析. 石油学报, 2005, 26 (增刊): 82~85
- [5] 陈中红, 查明, 吴孔友, 等. 陆梁隆起白垩系底部不整合特征与油气运聚. 新疆石油地质, 2002, 23 (4): 283~285

第一作者简介: 陈新发, 男, 博士, 教授级高级工程师, 现任新疆油田分公司总经理, 新疆石油学会理事长, 新疆维吾尔自治区科协副主席, 《新疆石油地质》编委会主任。

准噶尔盆地油气资源勘探实践与 非常规油气资源前景

匡立春 张义杰 王绪龙 贾希玉

(中国石油新疆油田分公司)

1 基本石油地质特征

准噶尔盆地是在准噶尔地体上发育起来的复合叠加含油气盆地,具有前寒武系结晶基底和加里东—海西褶皱基底双层结构,自二叠纪到第四纪经历了前陆盆地(二叠纪)、陆内坳陷(三叠纪—古近纪)、再生前陆(新近纪—第四纪)等3个构造演化阶段。

准噶尔盆地自下而上发育石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和古近系6套烃源层。二叠系是最重要的烃源层,主要分布于中央坳陷区;侏罗系是仅次于二叠系的烃源岩,在北天山山前冲断带埋藏深的地方成熟排烃;白垩系、古近系烃源层仅分布于北天山山前冲断带,成熟度普遍较低。

多旋回沉积演化形成了多套生储盖组合。石炭系至第三系各个层位都发育储层,石炭系及佳木河组储层以火成岩为主,中二叠统以上层位以碎屑岩为主。西北缘的碎屑岩以冲积相砂砾岩、砾岩为主,其他地区以砂岩为主。

全盆地分布的区域性盖层有上三叠统、下侏罗统及下白垩统吐谷鲁群,局部盖层在各层系皆发育。

准噶尔盆地油气成藏具有以下特点:

(1) 多生烃中心、多层系成藏,纵向含油层系多。就整个盆地而言,不同烃源油气基本围绕生烃凹陷呈环带状分布,生烃凹陷控制了油气分布,富生烃凹陷则控制了大油气田分布,在断裂作用下,纵向上多层系含油、多层系成藏。

(2) 储层多样,油藏质量差异性较大。盆地内油气储集岩主要为碎屑岩,厚度大,分布广,但不均一性强;火成岩为次要储层。受其物性制约,油气成藏质量变化较大。

(3) 圈闭类型多样,油藏类型丰富。不同时期形成的圈闭其类型和分布都有差异,多期次的构造运动导致断裂活动频繁,油气在平面与垂向的多次调整与再分配,也造就了油气藏类型的多层次与多样性。

(4) 区域、区带盖层发育,纵向上含油丰度不均。对于古生界烃源生成的油气来说,只要白碱滩组有效盖层范围内,若无断裂断开白碱滩组,则油气集中分布在该套盖层之下;从侏罗系自生自储油气或其聚集的古源型油气来看,同样严格受三工河组上部泥岩和吐谷鲁群两套区域性盖层控制。盆地各层系局部盖层十分发育,其对具体油气藏的形成、保存起着十分关键的作用。

(5) 断裂多期活动,油气纵向、横向运移活跃。如呼图壁气田侏罗系所生成的高成熟天然气最大垂直运移距离可达4300m,陆梁油田中源于二叠系的油气横向运移距离达64km。

(6) 多源、多期混合成藏, 成藏历史漫长。腹部、西北缘主要为二叠系各层组烃源的多期混源成藏; 在白家海凸起及阜东斜坡区主要为平地泉组与侏罗系多源混合成藏; 在陆东地区主要为平地泉组与石炭系滴水泉组多源多期混合成藏; 盆地南缘则为二叠系与侏罗系或侏罗系与白垩系、古近系烃源混源成藏。

2 勘探实践

2.1 勘探历程

准噶尔盆地的油气勘探大致可以分为 5 个阶段:

(1) 1909—1949 年起步阶段。新疆近代石油工业的开端可追溯至 1909 年, 而真正的现代钻探始于 1937 年独山子油田的发现。1947 年独山子油田年产原油 1391t。该阶段的特点是以地面油气苗为主要找油线索。

(2) 1950—1961 年突破阶段。该阶段的特点是以地面地质调查和钻探地质大剖面为主要找油手段。20 世纪 50 年代初期主要进行地面地质调查、重磁力普查及电法勘探, 除基本探明独山子油田外, 最重要的成果是 1955 年 10 月 29 日在克拉玛依 1 号井三叠系获工业油流, 发现了克拉玛依油田, 盆地油气勘探获得历史性突破, 勘探工作迅速展开。除继续进行地质调查和地球物理勘探外, 在克拉玛依—乌尔禾探区长 130km、宽 30km 的范围内, 部署了 10 条钻井大剖面, 基本查明了克拉玛依大油田的范围, 并发现了百口泉、红山嘴油田。同时还在盆地其他地区钻探了 9 口参数井和探井, 发现了齐古油田。盆地探明石油地质储量由 $239 \times 10^4 \text{t}$ 增加到 $2.4 \times 10^8 \text{t}$ 。

(3) 1962—1977 年调整阶段。该阶段的特点是由于勘探力量调出, 盆地内勘探工作量急剧减少, 勘探工作基本停滞, 其中有 5 年未开展地震工作。在克拉玛依油区评价工作中, 发现了新的含油层系, 1965 年 3 月首次在二叠系发现工业油气流。盆地探明石油地质储量增加到 $3.2 \times 10^8 \text{t}$, 16 年只增加探明储量 $0.8 \times 10^8 \text{t}$ 。

(4) 1978—1989 年发展阶段。主要做了 4 项工作: 一是争取尽可能实现西北缘断裂带含油面积的叠合连片; 二是争取稠油资源探明开发利用; 三是开展新一轮的盆地区域勘探; 四是开辟盆地东部探区。这期间勘探手段和技术大为提高, 对油气地质条件的认识进一步深化, 勘探工作量剧增, 油区勘探开拓了逆掩断裂带找油的新领域, 发现了乌尔禾、夏子街、车排子、风城等油田, 扩大了百口泉、克拉玛依、红山嘴油田。准东探区发现了火烧山、北三台、三台、甘河等油气田。累计新增探明石油地质储量 $6.2635 \times 10^8 \text{t}$, 累计产原油 $5524 \times 10^4 \text{t}$, 1989 年原油年产量为 $629 \times 10^4 \text{t}$ 。

(5) 1990 年起加快阶段。随着沙漠区地震勘探技术的突破, 人们对盆地构造格局及油气地质条件的认识逐步深化, 在综合评价基础上, 最终选定盆地腹部为今后勘探开发主目标区。20 世纪 90 年代以来盆地的腹部突破, 表明这次战略转移是正确和及时的。勘探进入沙漠区, 腹部、东部勘探取得了重大突破, 腹部发现了石西、石南、莫北、陆梁及莫索湾油气田, 东部发现了整装沙漠油田——彩南油田, 南缘勘探取得历史性突破, 发现了呼图壁气田、卡因迪克油田及霍尔果斯等多个含油气构造, 西北缘斜坡区发现了五区南油气藏、玛北油田、中拐侏罗系油气藏。这一时期, 新增探明石油地质储量 $10.169 \times 10^8 \text{t}$, 新增探明天然气地质储量 $704.35 \times 10^8 \text{m}^3$, 新建百万吨级油田 3 个。

截至目前, 盆地共发现 26 个油气田, 核算后累计探明石油地质储量 $17.69 \times 10^8 \text{t}$, 探明

天然气地质储量 $736.62 \times 10^8 \text{m}^3$ ，探明率分别为 20.6% 和 3.5%。

2.2 勘探成果

2.2.1 离开山前，走向台地，百里油区初步显现

从 1951 年起，中苏石油公司在恢复独山子油田勘探与开采的同时，开始盆地地区勘探。区域勘探在盆地边缘以地面地质调查为主，重点是盆地南缘的山前拗陷区，发现了齐古油田及一系列构造和地面油气苗。但随后在南缘卡因迪克等一系列构造上钻探未获突破。与此同时，在克拉玛依—乌尔禾进行的地质调查发现了多处沥青丘和含油砂岩，部分专家认为该区属于地台性质的稳定地块，地层由边缘向盆地中心逐渐增厚，含油气远景很好，建议进行物探和钻探。

1955 年 1 月，新疆石油公司决定在黑油山地区“为探明侏罗系的含油气情况以及研究准噶尔盆地西北缘的地质构造”钻井两口，克 1 号井即为其中之一。

克 1 号井（当时称黑油山 1 号井）于 1955 年 7 月 6 日开钻，10 月 29 日试油，在 487.5~507.5m 的三叠系克拉玛依组获得工业油流，宣告了中国第一个新的大油田——克拉玛依油田的诞生。

为了尽快地探明油田的规模和建设产能，从局内和全国各地迅速调集物资装备和勘探队伍，在从南到北长百余千米、宽数十千米无人无路的荒漠上掀起了勘探高潮。由于当年的光点地震技术反映地质构造的能力有限，高速勘探主要根据地面地质所见的平缓单斜的构造特点，采用垂直盆地边缘走向的大剖面甩开钻探法，“撒大网、捞大鱼”，以迅速了解区域含油气规模。共部署钻探剖面 10 条：在已出油的湖湾区排距 5km，井距 2~4km，以扩大含油面积、探明储量为目的；在克拉玛依—乌尔禾 $130\text{km} \times 30\text{km}$ 范围内的大排距剖面，目的是寻找新的出油气点和有利含油区。这种方法在当年仅有地面地质资料而毫无区域物探成果的情况下，是加快勘探的正确部署和决策。至 1957 年，克拉玛依油田投入试采的井增至 74 口，年产原油 $7.02 \times 10^4 \text{t}$ 。1958 年，百口泉 230 井、乌尔禾 132 井相继出油，发现了百口泉油田和乌尔禾油田；接着又在克拉玛依东南的 214 井及红山嘴 122 井、80 井获得工业油气流，发现了红山嘴油田。至此，从红山嘴经克拉玛依、白碱滩、百口泉到乌尔禾，油田分布区长达 150km，百里油区的态势已初步显现。

2.2.2 深化西北缘，拓展准东，选准未来勘探目标区

(1) 建立西北缘大逆掩断裂带构造含油模式。

20 世纪 60 年代“沿断裂找高产”有效地指导了油区三叠系勘探。1979 年为落实百口泉油田西部边界断裂位置，由第一排生产井外推扩边，钻井钻遇断层，断点位置较高，继续外扩钻井，仍钻遇断层，与第一排井连成垂直剖面后，发现断面倾角上陡（ $50^\circ \sim 60^\circ$ ）下缓（ $25^\circ \sim 45^\circ$ ），上盘古生界对下盘三叠系百口泉组有封闭作用，成为一个新的含油领域，即推覆型含油带，俗称“断裂帽檐”油藏。经过对 1979 年前克拉玛依、百口泉油田钻遇断层的 377 口井做的 262 条横切剖面的分析研究，证实断面上陡下缓在克—乌断裂带具有普遍性。1981 年以后，沿断裂带进行地震详查和精查，共用 42 个队年，完成测线 20006km，三维地震 215km^2 ；在百口泉南斜坡部署艾参 1 井（井深 5700m），取得高精度区域性地层、岩性解释资料。经过对各种资料的综合研究，查清克拉玛依大断裂（车排子—红旗坝）是一个推覆型大逆掩断裂带，由红（红山嘴）—车（车排子）、克（克拉玛依）—乌（乌尔禾）、风（风城）—夏（夏子街）3 个断裂带组成，弧形展布，环绕玛纳斯湖生油凹陷和安集海生油凹陷，下盘延伸较长，形成“帽檐”。根据断裂含油特点，分为 4 个勘探领域、4 个含油层系、

10 个含油层组。

至此，人们对克—乌断裂带成藏条件的认识发生了飞跃。这是一个邻近源区，具有多个生油层和多含油气层系、多套盖层、沿断裂形成宝塔式复合油藏和多个含油气领域呈交错叠合关系的复合含油气区。

(2) 发现并开发大规模稠油资源。

20 世纪 50—60 年代分别在乌尔禾侏罗系、车排子断裂带上盘白垩系及克拉玛依大逆掩断裂带主干断裂上盘中生界、新生界超覆尖灭带发现丰富的重质原油资源，限于当时的开发技术而未能开采。

20 世纪 80 年代开始进行热采，逐步形成以蒸汽吞吐和汽驱为主体的稠油热采配套技术。截至 2004 年底，盆地内已探明稠油地质储量 $2.8583 \times 10^8 \text{t}$ ，目前年产稠油达到 $300 \times 10^4 \text{t}$ 以上，已成为油田产能支柱之一。

(3) 新增非常规储层油气藏。

夏子街油田勘探开发 20 多年，由于二叠系储层渗透率低，连通性差，仅数口井获低产油流，始终未取得大的突破。夏 40 井背斜上的第一口预探井夏 40 井于 1986 年实施压裂，效果不理想。为了进一步评价夏 40 井背斜勘探潜力，2003 年钻探夏 72 井，该井目的层采用欠平衡钻进，以最大限度保护油气层，欠平衡井段长达 1511m，实现了真正意义上的全过程欠平衡。完井后试油射开二叠系风城组火山岩，进行了 2000 型大型压裂，造缝长度达到了 180m，压裂后日产液量是改造前的 10 倍多，采用新工艺后，大型压裂取得了良好的效果。夏 72 井获得高产油气流是油田公司科学决策、运用新工艺、新技术的结果，标志着夏子街老区也可找到高产区块，对重新认识西北缘老油区、重新展开勘探工作具有重要意义。夏 72 井的成功不仅仅只是夏 40 井背斜的突破，更重要的是：①开阔了思路，突破了深层储层物性差、不能获得高产、无效益的观念；②先进的钻试工艺技术可以使非常规储层获得高产；③西北缘存在优质的火山岩储层，开辟了该区找油新领域。

(4) 准东油田的发现与下步勘探领域的确定。

准东地区位于准噶尔盆地东部克拉美丽山与博格达山之间，一直是勘探家们长期关注的有利领域。20 世纪 50 年代后期到 60 年代初，先后完成大部分地区地质普查、详查、重磁力普查，钻了一批浅探井，发现一批构造和大量油苗，部分井见到油气显示。

1980 年开始引入法国 CGG 公司地震队在该地区进行数字地震勘探，发现火（火烧山）南背斜、沙南背斜等潜伏构造。

1983 年在火南背斜钻探火南 1 井，在二叠系平地泉组获日产油 5~6t，机抽试产日产原油 19.54t，宣告火烧山油田的诞生。1983—1985 年，只用 7 口井、13478m 进尺，就获得了远大于构造闭合范围的含油面积 (41.4km^2)，在平地泉组三段和二段油水界面不统一的多层油藏中，探明石油地质储量 $7708 \times 10^4 \text{t}$ 。探井成功率在当年是全国最高的，实现了高速度、高水平、高效益。

成功的原因主要得益于：一是勘探工作者对地质结构、成藏条件、远景评价的认识调整较快；二是石油地质条件相对较简单，对自生自储的构造—岩性油藏，在基本查清生油凹陷以后，其中心附近的背斜圈闭必为油田所在，目标很明确，故而钻探获得成功。

发现火烧山油田后，对帐北断褶带进行了大规模勘探。1984 年 7 月，东泉堤隆西地 1 号背斜北 4 井二叠系平地泉组机抽试产日产原油 5.07t，1985 年北 12 井在二叠系平地泉组机抽试产日产原油 7.6t，发现了北三台油田。