

非常规油气资源发展现状及关键问题^{*}

刘洪林^{1,2} 王红岩² 刘人和² 赵群² 张晓伟² 雍洪³

1. 中国地质大学能源学院 2. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 3. 中国石油天然气集团公司国际事业部

刘洪林等. 非常规油气资源发展现状及关键问题. 天然气工业, 2009, 29(9): 113-116.

摘要 我国非常规油气资源非常丰富, 加快对其的开发利用对确保国家能源安全具有重要的战略意义。为此介绍了我国煤层气、油砂、油页岩、页岩气、天然气水合物、致密砂岩气等非常规油气的资源状况, 分析了国家对非常规油气资源的战略需求。结论指出, 为加快我国非常规油气资源开发利用步伐, 需对以下非常规油气领域的关键科学问题开展攻关: 油砂成矿规律及提高分离效率基础研究、油页岩成矿规律及原位开采基础研究、页岩气成藏机制及高效开采基础研究、致密砂岩气成藏机理及开采基础研究、天然气水合物成藏富集规律及开采工艺基础研究。

关键词 中国 非常规油气 勘探 开发 现状 需求 基础研究

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.09.032

1 我国非常规油气资源基础

1.1 煤层气

据国土资源部新一轮全国油气资源评价结果, 我国42个主要含煤盆地煤层埋深2000 m以浅的煤层气地质资源为 $36.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[1]。目前煤层气的开采方式主要有两种: 一种为地面开采方式, 通过地面钻井方式进行开采, 目前国内已经建成产能大约 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$; 另一种为煤矿井下抽放开采, 2007年井下抽放产能大约为 $47 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。我国地质构造普遍比较复杂, 受多期构造活动影响, 煤层渗透率、储层的压力普遍偏低, 给开采带来一定的技术难度, 经过近20 a的发展, 煤层气勘探技术已经比较成熟, 开发技术已经取得突破, 煤层气正处于快速发展的时期, 就目前煤层气产量与资源量比例关系来看, 煤层气还有很大的发展潜力。

1.2 油砂

油砂又称沥青砂, 通常是由砂、沥青、矿物质、黏土和水组成的混合物, 一般将油砂油定义为在油层温度条件下, 黏度大于 $1 \times 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 或相对密度大于0.95的原油^[2]。我国地质历史构造运动复杂, 为

油砂的形成提供基础条件, 几乎各个含油气盆地都有油砂分布。国土资源部新一轮全国油气资源评价结果表明, 我国陆地24个盆地埋深500 m以浅油砂油地质资源量为 $59.7 \times 10^8 \text{ t}$, 可采资源量为 $22.58 \times 10^8 \text{ t}$, 其中0~100 m埋深油砂油地质资源量为 $18.56 \times 10^8 \text{ t}$, 100~500 m埋深油砂油地质资源量为 $41.14 \times 10^8 \text{ t}$, 主要分布于西部和东部的盆地。准噶尔、塔里木、羌塘、柴达木、松辽、四川和鄂尔多斯等7个盆地油砂油地质资源量为 $52.92 \times 10^8 \text{ t}$, 占全国总资源量的88.6%^[2]。中国石油勘探开发研究院廊坊分院从2003年开始系统开展了新疆油砂野外地质调查和油砂资源评价工作, 基本查明了新疆油砂矿的分布和资源量; 优选出准噶尔盆地西北缘的6个油砂开采有利区块, 摸清重点区块油砂矿体的空间展布、含油率变化及分布规律; 在准噶尔盆地西北缘风城地区发现了我国首个大型油砂矿, 建立了年处理 $1 \times 10^4 \text{ t}$ 油砂的水洗分离基地, 显示了该地区良好的开发前景。

1.3 油页岩

油页岩又称油母页岩, 是一种高灰分、低热值的化石燃料, 含不溶于溶剂的有机质, 经低温干馏可得

^{*} 本文受到国家重大专项“页岩油有效开采关键技术”(编号: 2008ZX05018)的资助。

作者简介: 刘洪林, 1973年生, 高级工程师; 1995年毕业于中国矿业大学, 主要从事非常规油气勘探开发研究工作。地址: (065007)河北省廊坊市44号信箱新能源所。电话: (010)69213733。E-mail: liuhonglin69@petrochina.com.cn

到页岩油、干馏气和页岩半焦。我国油页岩资源十分丰富,全国油页岩资源量 7199×10^8 t。页岩油资源量 476×10^8 t,位居世界第二,主要集中在东部、青藏和中部地区。其中含油率为 $5\% \sim 10\%$ 的页岩油资源量占 182×10^8 t,含油率大于 10% 的页岩油资源量占 140×10^8 t,远比国内已经发现的天然石油的储量要多。页岩油探明程度较低,全国页岩油探明储量约 20×10^8 t,主要分布在吉林、广东、辽宁等省^[3]。我国油页岩的开发利用有 70 多年历史,主要用于提炼页岩油和发电。2006 年页岩油产量超过 20×10^4 t,生产地区有辽宁省抚顺、广东省茂名、吉林省桦甸、汪清、山东龙口和甘肃省炭山岭等。

1.4 页岩气

页岩气也是一种自生自储型非常规天然气,与煤层气具有一定的相似性,其储层主要是页岩和泥岩,其中吸附气含量一般为 $20\% \sim 80\%$ 。我国南方古生界海相页岩、华北地区下古生界海相页岩、塔里木盆地寒武—奥陶系海相页岩、松辽盆地白垩系湖相页岩、准噶尔盆地南缘上二叠统、中一下侏罗统湖相页岩和鄂尔多斯盆地上三叠统湖相页岩等具有分布范围广、厚度大、成熟度高等特点,具有页岩气成藏的基本地质条件。笔者通过与美国页岩气成藏条件对比,采用类比法初步估算我国页岩气资源总量约为 30.7×10^{12} m³。通过对已有油气井资料井下复查与解释,四川盆地威远地区具有页岩气成藏的有利条件,是目前页岩气勘探开发的现实有利区^[4]。

1.5 天然气水合物

天然气水合物俗称“可燃冰”,1 m³ 的天然气水合物可释放出 164 m³ 的甲烷气和 0.8 m³ 的水。天然气水合物的形成需要低温和高压的环境条件,所以一般分布于深水的海底沉积物中或寒冷的永冻土中。据能源专家估算,全球天然气水合物中蕴藏的天然气总量为 $1.8 \times 10^{12} \sim 2.1 \times 10^{12}$ m³^[5]。但是天然气水合物的开采是一项世界性的难题,海底天然气水合物开采方式和控制方法不当,可能导致海底失稳,大量天然气水合物释放到大气之中,引起强烈的温室效应,将使全球气候发生灾难性的改变。

1.6 致密砂岩气

致密砂岩气藏存在于世界许多盆地中,资源量巨大,其开发活动主要集中于美国、加拿大等国家。以致密砂岩气开采最为成功的美国为例,其非常规

天然气产量占天然气总产量比重逐年增加,而致密砂岩气产量居非常规天然气产量首位,2008 年致密砂岩气产量占美国天然气总产量的 24.1%,已成为美国天然气产量的重要组成部分。致密砂岩气藏几乎在世界范围内各个产气盆地的低渗透含气层中都存在,加拿大、澳大利亚、墨西哥、委内瑞拉、阿根廷、印度尼西亚、俄罗斯、埃及、沙特阿拉伯在过去的 10 a 中已经对致密砂岩气藏进行了开发和生产。1970 年以后我国根据北美的经验结合我国含气盆地的地质条件,开展了致密砂岩气藏的研究和勘探工作,随着苏里格大气田的开发,致密砂岩气逐渐成为我国天然气勘探生产的重要组成部分。

2 国家对油气能源的战略需求

我国常规石油资源的勘探开发已经处于中期阶段,预测 2020 年达到产量峰值(约为 2×10^8 t)^[6],之后中国的石油产量将不断下降;常规天然气资源开发处于快速发展阶段,市场需求强劲,预计 2020 年缺口将达到 800×10^8 m³。我国非常规油气资源丰富,开发潜力大,大力开发利用非常规油气资源是我国能源领域的一项重要的战略决策。

2.1 发展非常规油气是国家能源安全的需要

我国经济长期保持较快速度发展对油气资源的需求日益加大,油气供需矛盾日益突出。2008 年原油产量超过 1.89×10^8 t,部分老油田的开发进入了“双高阶段”,其主力油田综合含水高达 90%,油田可采储量的采出程度高达 80%,开发难度越来越大。1993 年我国成为石油净进口国,2008 年石油进口量近 2×10^8 t,对外依存度达到 47%。天然气产量同样不能满足需求,2008 年产量超过 770×10^8 m³,预计 2020 年中国天然气需求量将达 1200×10^8 m³,缺口将达 800×10^8 m³^[7]。开发丰富的非常规油气资源可以缓解我国日益严峻的能源压力,在能源安全方面具有重要的意义。我国应借鉴国外非常规油气发展的技术理论以及产业化模式尽快实现非常规油气的规模开发。同时加大非常规油气理论创新,研发适用于我国地质特点的技术设备,促进非常规油气有效开发,缓解油气短缺的局面^[8-9]。

2.2 加快非常规油资源开发利用,可以提高石油的自给水平

2.2.1 加快油砂开发利用

根据美国地质调查局(USGS, 2003)的研究,世

界上油砂可采资源量约为 6.507×10^8 bbl (1 bbl = 0.159 m^3), 约占世界石油资源可采总量的 32%^[1]。目前, 世界各国均在加速进行对油砂的研究和开发, 随着勘探开发技术的提高, 油砂占全球烃类能源的比重也在不断增大, 加拿大油砂利用已进入大规模商业开发阶段。中国油砂资源丰富, 具有点多、面广、类型复杂的特点, 油砂成矿理论尚不系统, 油砂资源研究处于起步阶段, 怎样寻找高丰度的油砂区块是油砂勘探面临的最主要难题, 这些问题严重制约了我国油砂的勘探及开发。

2.2.2 加快油页岩开发利用

世界油页岩资源量巨大, 随着油价高位运行, 大规模商业化开发油页岩资源已成为可能, 并成为世界大石油(能源)公司新的经济增长点。近几年, 埃克森美孚公司、英荷壳牌公司集团、BP 公司、雪佛龙公司、德士古公司等大油公司积极投资油页岩领域, 加大对油页岩的勘探开发力度, 2005 年世界页岩油产量超过 100×10^4 t。中国应适应国内外能源发展形势, 满足国家能源需求, 加大油页岩勘探开发的投资力度, 通过研发和引进, 掌握和使用先进技术, 加快油页岩产业化步伐, 以保障我国国家能源安全。

2.3 加快开发非常规天然气, 补充常规天然气长远资源量的不足

2.3.1 加快煤层气勘探开发

我国具有丰富的煤层气资源, 目前我国已探明煤层气储量为 $1.043 \times 10^8 \text{ m}^3$, 控制储量超过 $3.000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 已经在沁水盆地南部钻井 2 000 多口, 形成年生产能力近 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。因此, 煤层气是除常规天然气以外, 资源量最大、最为现实的洁净能源, 勘探开发煤层气是国家能源可持续发展战略最为现实的选择之一。

2.3.2 加快页岩气勘探开发

我国页岩气资源丰富, 笔者认为四川盆地威远地区的九老洞组页岩和泸州地区下志留统龙马溪组页岩两个地层的页岩气资源潜力达 $(5.0 \sim 8.0) \times 10^{12} \text{ m}^3$, 相当于四川盆地的常规天然气资源总量。我国黑色页岩分布十分广泛, 南方、鄂尔多斯、吐哈等地区的页岩, 都富含有机质, 具有形成页岩气的良好基础与条件。但页岩气成藏、富集机理相关研究还相当欠缺, 对页岩气地球物理探测技术、压裂增产技术、排采技术等缺乏相关的基础理论支撑。因此十分有必要加强对页岩气的理论基础研究。

2.3.3 加快其他非常规天然气的勘探开发

我国致密砂岩气资源潜力巨大, 在我国能源需求不断增长和传统化石能源储量有限的情况下, 它可以作为一个稳定的接替能源来满足我国不断增长的能源需求。对致密砂岩气藏类型、成藏条件、成藏机理、成藏模式、分布规律和开采技术的研究具有重要的能源战略意义。我国海域辽阔, 初步调查表明天然气水合物资源潜力巨大, 其广阔的资源前景引起了我国政府的高度重视。

3 非常规油气领域的关键科学问题

3.1 油砂成矿规律及提高分离效率基础研究

通过对典型含油砂盆地进行剖析, 建立油砂成矿理论, 剖析不同类型油砂成矿特点, 开展油砂资源成矿条件研究, 总结其富集分布规律, 建立不同类型油砂的成矿模式。开展油砂分离微观机理研究, 搞清油、砂分离机制, 研制油砂分离药剂, 发展低成本分离技术。

3.2 油页岩成矿规律及原位开采基础研究

剖析不同类型盆地油页岩成矿特点, 划分不同盆地油页岩的成因类型, 建立不同类型油页岩的成矿模式, 指出不同盆地油页岩富集的主要控制因素以及富集条件, 总结其富集分布规律, 指出其有利勘探方向。开展页岩油原位开采关键技术和小颗粒地面干馏技术攻关, 形成页岩油综合利用技术。

3.3 中国页岩气成藏机制及高效开采基础研究

针对页岩气藏的特殊性和复杂性, 开展页岩气成藏机理和富集主控因素研究, 建立页岩气富集成藏规律, 丰富我国非常规油气地质理论, 为页岩气资源的勘探评价以及相关技术研发提供理论依据。针对页岩气储集的特殊性和储层低孔、低渗的特点, 开展页岩气开采过程中渗流机理及增产改造机理研究, 形成页岩气的开采理论和页岩气增产理论, 为页岩气排采工艺、开采设备和增产技术研发提供理论基础。

3.4 致密砂岩气成藏机理及开采基础研究

开展全国致密砂岩气藏资源潜力评价, 确立我国致密砂岩成藏理论, 对致密砂岩气藏类型、成藏条件、成藏机理、成藏模式、分布规律做出系统的科学阐述。完善致密砂岩气藏地质评价技术、地球物理探测技术、致密砂岩气藏储层改造技术等系列勘探开发技术系列, 形成针对致密砂岩气藏从勘探到开

发的技术体系。

3.5 天然气水合物成藏富集规律及开采工艺基础研究

开展我国陆上永冻土区和海域天然气水合物成藏机理、控制因素研究,建立天然气水合物富集成藏规律和分布规律,为天然气水合物资源的勘探评价提供理论依据。针对天然气水合物成藏、赋存的特点,开展天然气水合物稳定开采机理、增产机理研究,形成天然气水合物的陆上和海域富集区带开采理论,为天然气水合物开采工艺和增产技术研发提供理论基础。

参 考 文 献

- [1] 刘成林,车长波,樊明珠,等.中国煤层气地质与资源评价[J].中国煤层气,2009(3).
- [2] 贾承造.油砂资源状况与储量评估方法[M].北京:石油

工业出版社,2006.

- [3] 刘招君,董清水,叶松青,等.中国油页岩资源现状[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,6(6):869-876.
- [4] 张金川,聂海宽,徐波.四川盆地页岩气成藏地质条件[J].天然气工业,2008,28(2):151-156.
- [5] 樊栓狮.天然气水合物开发利用面临的问题及应对策略[J].中外能源,2007(12):7-12.
- [6] 李莹,李德贵.我国石油产量峰值预测[J].中国能源,2007,29(4):10-12.
- [7] 邱中建,方辉.中国天然气产量发展趋势与多元化供应分析[J].天然气工业,2005,25(8):1-5.
- [8] 邱中建,方辉.对我国油气资源可持续发展的一些看法[J].石油学报,2005,26(2):1-5.
- [9] 章柏洋,朱建芳.世界非常规天然气资源的利用与进展[J].中国石油和化工经济分析,2006(9):42-45.

(收稿日期 2009-07-27 编辑 罗冬梅)

我国发展新能源产业的战略方向

我国积极发展新能源产业,既是着眼于应对当前的金融危机,扩大投资和消费需求,增强市场信心,更是为了从根本上解决能源和环境问题,从战略上抢占未来发展的制高点。

首先应对金融危机,保障经济平稳较快发展。通过新能源产业推动经济增长和产业升级主要有三个方向:一是加强能源基础设施建设,继续发挥重大能源项目在扩内需、保增长和促就业方面的重要作用,着力推进大型核电、西电东送、西气东输、煤电基地、可再生能源和城乡电网改造等工程建设。二是加快能源结构调整。当前能源供需形势出现了相对缓和,为结构调整提供了难得的战略机遇。我国应借机大力发展清洁能源,着力提升可再生能源的比重,进一步淘汰小火电、小煤矿、小炼油等落后生产能力,提高资源利用效率和清洁化水平,减少能源对经济增长的制约。三是加强新能源领域的科技创新和研发力度,并在政府和市场积极推动下与新能源产业融合,降低该产业的生产成本,并逐渐扩大其产业规模。

其次缓解环境对经济可持续发展的阻力。尽管近年来我国环境污染加剧的趋势得到了初步控制,但形势仍相当严重,环境的不断恶化将使得经济可持续发展的阻力越来越大。因此,我国应通过创新发展新能源产业和低碳经济,推动节能减排,减轻经济增长对环境和气候的不利影响,引领经济和社会实现长期可持续繁荣和发展。同时应抓住并跟踪世界新一轮新能源发展方向,加强新能源和节能减排方面的技术研发,增强在减少温室气体排放、全球气候变化等问题上的主动权和话语权。

最后逐步改变依赖传统能源的经济发展模式。我国目前的经济发展模式,导致自身对传统能源具有巨大的需求,将成为制约我国经济增长的重要因素。首先,我国自身的能源储、产量均不足以支撑我国经济的长期高速发展。其次,对传统能源的依赖性很高,而能源对进口的依赖度亦逐步上升。最后,我国部分重要资源大量依赖国际市场进口,不仅极大地影响了经济发展的自主程度,而且还加剧了与其他石油大国争夺国际能源的矛盾,能源安全问题日益突出。在此背景下,我国应通过发展新能源产业,进一步优化能源结构,逐步实现我国能源供应的多元化,改变经济增长对传统能源的过度依赖。

(谭蓉蓉 摘编自东方财富网 http://finance.eastmoney.com/090912_1185528.html)

conditions of reservoirs after being put into production, and even the global economy crisis, and so on, we present some proposals as references for the policy-makers: ①the favorable tax policy will stimulate the development of those gas reservoirs under complicated conditions; ②financing means should be adjusted and more sources of funds should be explored; ③laws and regulations should be established and perfected to create a better investment environment. All these will provide a guarantee for the reasonable investment in natural gas exploitation and for the development of natural gas industry.

KEY WORDS: natural gas, development construction, investment, cost, scale, affecting factor, price, policy, suggestion, reserve type, problem

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.09.031

WANG Ya-li (engineer), born in 1973, graduated from the Jiangnan Petroleum Institute. She is mainly engaged in work of economic analysis of oil and gas field development and planning.

Add: Mail Box 44, Wanzhuang, Langfang, Hebei Province 065007, P.R. China

Tel: +86-10-6921 3217 **E-mail:** wangyali69@petrochina.com.cn

The present status and essential points of developing the unconventional hydrocarbon resources in China

LIU Hong-lin^{1,2}, WANG Hong-yan², LIU Ren-he², ZHAO Qun², ZHANG Xiao-wei², YONG Hong³
(1. School of Energy, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Langfang Branch, PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Langfang 065007, China; 3. International Department of CNPC, Beijing 100724, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 29, ISSUE 9, pp. 113-116, 9/25/2009. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: There are large reserves of unconventional hydrocarbon resources in China and how to quicken the pace of recovering them will contribute most to meet the energy demands, thus playing an important role in the state energy security. Through a brief introduction to the reserves estimates and recovery status of unconventional hydrocarbon resources including coalbed methane, tar sands, oil shale, shale gas, gas hydrates, and tight sand gas, this paper analyzes the strategic needs of these alternative energy resources. To meet the big energy demands, we suggest a series of extensive and intensive fundamental studies as follows to help tackle key problems of exploiting and utilizing the unconventional hydrocarbon resources: tar reservoiring mechanism and how to improve its separation efficiency, oil shale origins, its regular patterns and its in-situ recovery, shale gas reservoirs and their EOR technologies, tight sand gas and its recovery methods, and gas hydrate accumulation and its extraction technology.

KEY WORDS: China, unconventional hydrocarbon, exploration, development, status, demand, fundamental studies, coalbed methane, tar sands, oil shale, shale gas, gas hydrate, tight sand gas

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.09.032

LIU Hong-lin (senior engineer) born in 1973, graduated from China University of Mining and Technology in 1995. He is mainly engaged in studies of unconventional hydrocarbon exploration and development.

Add: Mail Box 44, Wanzhuang, Langfang, Hebei Province 065007, P.R. China

Tel: +86-10-6921 3733 **Mobile:** +86-13831684241 **E-mail:** liuhonglin69@petrochina.com.cn

Characteristics of pre-production performance and technical countermeasures in the coalbed methane gas field of Qinshui Basin

MU Fu-yuan, SUN Fen-jin, WANG Yi-bing, ZHAO Qing-bo

(Langfang Branch, PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Langfang 065007, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 29, ISSUE 9, pp. 117-119, 9/25/2009. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: There are abundant coalbed methane gas resources in the Qinshui Basin, and the China National Petroleum Corporation (CNPC) has performed large-scale exploration, production test and pre-production operation since 1994. Starting with the dynamic analysis of the geological features in the Qinshui methane gas field including structure, coalbed thickness and burial depth, coal rock characters and petrophysical property, gas content, evaluation on coalbed methane gas reservoirs, etc., this paper focuses on the production performance in the production test of this field, the characteristics of which are summarized as follows: ① the CBM gas production stimulated by fracturing and multi-branched horizontal wells are the effective means of de-