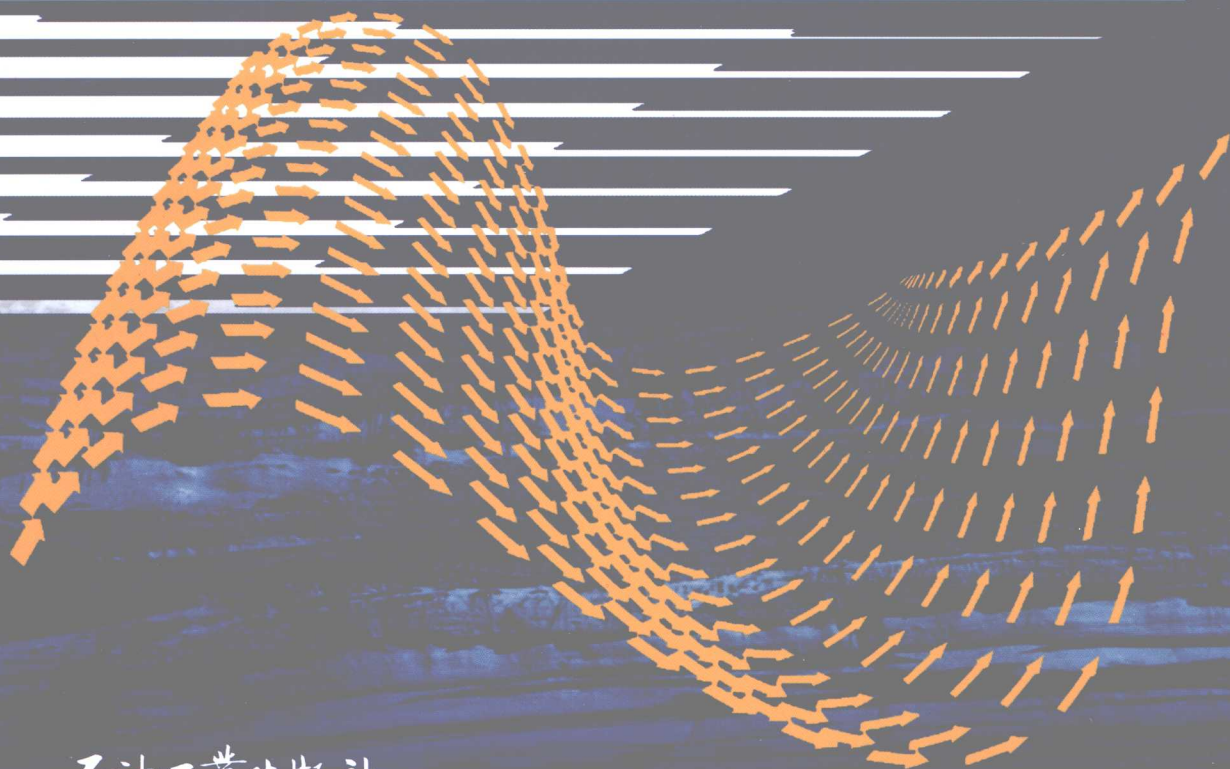




FEICHANGGUI YOUQI KANTAN KAIFA XIN LINGYU YU XINJISHU

非常规油气勘探开发 新领域与新技术

胡文瑞 翟光明 雷 群 李景明 主编



石油工业出版社

非常规油气勘探开发 新领域与新技术

胡文瑞 翟光明 主 编
雷 群 李景明

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是一部论述中国非常规油气资源分布、目标区选择、试验区评价、开发工艺等方面的综合性专著,系统分析了非常规油气资源勘探开发的发展趋势,煤层气勘探新领域及关键技术,油砂地质评价技术及大型油砂矿高效开发技术,页岩油、页岩气资源潜力及勘探开发利用方向,天然气水合物资源潜力及前景展望等。可供非常规油气、石油天然气勘探开发研究者,大专院校相关专业的研究生、本科生使用。

图书在版编目(CIP)数据

非常规油气勘探开发新领域与新技术/胡文瑞,翟光明等主编.
北京:石油工业出版社,2008.10

ISBN 978-7-5021-6711-0

I. 非…

II. ①胡… ②翟…

III. ①油气勘探 ②油田开发

IV. P618.130.8 TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113824 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.com.cn

编辑部:(010)64523541 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:20.25

字数:520 千字 印数:1—1000 册

定价:80.00 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

《非常规油气勘探开发新领域与新技术》

编 委 会

主 编：胡文瑞 翟光明 雷 群 李景明

副主编：王红岩 雷怀玉 林英姬 丁云宏

宁 宁 刘洪林

编 委：（按姓氏笔画排列）

卜苏华	马永乾	马财林	方朝合	毛明陆
王 霞	王 勃	王 莉	王志远	王盛鹏
车长波	包书景	白云来	丛连铸	孙 爱
刘人和	刘兴兵	刘成林	刘虹强	刘银河
刘德勋	闫 刚	许修强	何永光	张一舸
张金华	张秋民	张晓伟	张莉莉	李小明
李术元	李玉喜	李辛子	李贵中	李婧婧
杨 帆	杨 露	杨能宇	郑德温	拜文华
赵 群	赵培华	姚建军	郭永刚	高 健
梁 峰	彭秀丽	童凯军	葛稚新	肇永辉
潘振海	穆福元	魏 伟		

目 录

第一部分 非常规油气勘探开发现状及发展趋势	(1)
关于非常规油气资源勘探开发的三个问题	(3)
中国石油非常规油气业务发展与展望	(6)
加大非常规油气的开发力度,提升能源保障能力	(9)
中国新能源资源基础及发展前景展望	(14)
中国非常规油气资源能源政策探索	(22)
中国非常规油气资源类型和潜力	(26)
中国非常规天然气资源前景	(32)
中国非常规天然气资源潜力评估与开发建议	(39)
第二部分 煤层气勘探方向与开发技术	(45)
中国煤层气解吸特征及其影响因素	(47)
碳封存技术开采煤层气的进展及存在问题	(56)
煤层气目标区模糊综合评价模型及其 GIS 实现	(61)
甘肃省煤层气资源潜力及勘探开发前景分析	(67)
鄂尔多斯盆地煤层气勘探及技术需求	(72)
临县三交南煤层气勘探开发潜力评价	(80)
低煤阶煤层气分形吸附模型研究	(86)
煤层气等温吸附分析及成像测井资料精细评价	(93)
适用于煤层气开发的微小井眼水泥浆体系	(103)
浅议沁水盆地煤层气生产井的排采类型	(110)
第三部分 油砂资源勘探开发和分离工艺技术	(119)
中国油砂资源开发利用前景	(121)
中国斜坡逸散型油砂成矿模式及找矿方向	(126)
准噶尔盆地西北缘黑油山地区油砂成矿模式及分布特征研究	(134)
准噶尔盆地西北缘红山嘴油砂分布特征	(139)
风城地区砂体展布特征及油砂富集成矿规律研究	(144)
Petrel 软件在油砂地质储量计算中的应用	(151)
油砂分布及分离技术和产业化发展研究	(156)
油砂开发利用的研究进展	(163)
新疆油砂水洗分离工艺研究	(168)
油砂热水洗分离提油技术实验研究	(172)
油砂干馏系统的 DEM—CFD 耦合模拟	(176)

第四部分 油页岩资源勘探开发和分离工艺技术	(181)
油页岩——一种必须进行重新认识的能源	(183)
国内外油页岩开发利用现状	(190)
世界油页岩原位开采技术进展	(195)
非常规能源油页岩开发利用的研究进展	(203)
页岩油生产能力及加工利用现状	(208)
新疆乌鲁木齐经济圈油页岩矿床的主要地质特征及开发利用前景	(221)
河北围场油页岩地质特征及开采价值	(229)
大庆柳树河油页岩特点及干馏工艺选择	(232)
龙口油页岩固体热载体法热解研究	(238)
大黄山油页岩干馏程序热模拟研究	(244)
抚顺油页岩干馏炉安全性分析与评价	(251)
油页岩低温干馏剩余瓦斯气利用	(256)
第五部分 页岩气、水合物勘探开发前景	(261)
中国页岩气成藏条件分析及勘探方向	(263)
页岩气成藏模式和选区条件	(270)
天然气水合物的研究及开发技术	(279)
深水天然气水合物藏钻探过程中的井控模拟	(283)
第六部分 其他非常规资源勘探开发前景	(291)
深盆气藏主要特征及其在中国的勘探前景	(293)
松辽盆地徐家围子地区下白垩统登娄库组储层物性研究	(298)
致密砂岩气藏岩石应力敏感特征分析	(304)
油气田地热开发前景潜力分析	(311)
中国的地热资源及产业现状	(316)

第一部分 非常规油气
勘探开发现状及发展趋势

关于非常规油气资源勘探开发的三个问题

翟光明

(中国工程院)

摘要:近几年来,伴随着高油价时代的来临,全球掀起了非常规油气勘探开发热潮。石油资源短缺已是制约全球经济发展的重大难题,开发非常规油气及替代品是各国非常规油气勘探开发研究的主要课题。随着中国国民经济的持续快速发展,油气供需矛盾已经成为制约中国经济和社会发展的主要瓶颈。本文对全球非常规油气资源的发展趋势和非常规资源勘探新领域及关键技术方面进行了分析讨论。

关键词:非常规油气资源;煤层气;油砂;油页岩;页岩气

中国非常规油气资源丰富,煤层气、油砂、油页岩、致密气和页岩气是目前最为现实的非常规资源。由于非常规油气地质条件具有复杂性和特殊性,部分开发技术适用性差、不成熟,低渗储层单井产量低、缺乏有效增产技术,综合利用效率低、环境污染严重等因素决定,要实现非常规能源对常规能源的替代还需要开展大量的研究工作。大家要解放思想,放开思路,多想一些问题,各抒己见,展现各种新思路、新技术、开阔视野,尽快使中国非常规油气勘探开发取得重大突破。非常规油气的勘探开发主要集中在下面三个问题。

一、全球非常重视非常规业务的发展

世界非常规油气资源十分丰富,非常规油产量超过 $7500 \times 10^4 \text{t}$,非常规天然气产量超过 $1800 \times 10^8 \text{m}^3$ 。油砂作为非常规石油资源的主要来源,在世界能源供给中起着举足轻重的作用。根据美国地质调查局(USGS,2004)的研究,世界上油砂可采资源量约为 $6510 \times 10^8 \text{bbl}^{\bullet}$ ($103.51 \times 10^9 \text{m}^3$),约占世界石油资源可采总量的 32%。目前,对油砂的研究和开发,世界各地均在加速进行,随着勘探开发技术的提高,其占全球烃类能源的比重也在不断增大。近年来,壳牌公司、BP 公司、埃克森美孚公司等大石油公司积极投资油砂领域,加大对油砂的勘探开发力度。1997 年加拿大有大约 20% 的原油产量来自油砂,2001 年油砂生产的原油超过常规油产量,2002 年其产量持续增长,达到 $4810 \times 10^4 \text{m}^3$ 油 ($3.03 \times 10^8 \text{bbl}$),2003 年和 2004 年各开采了 $5590 \times 10^4 \text{t}$ 和 $6340 \times 10^4 \text{t}$,2005 年为 $6170 \times 10^4 \text{t}$,2006 年为 $7280 \times 10^4 \text{t}$ 。

2008 年 4 月在美国召开的美国石油地质学家协会(AAPG)会议给大家启发很大。油价上升,使全球的经济状况有所改变,油价上升情况不可阻止,已经达到 120 美元/桶,可能不久会突破 200 美元/桶,这些也是 AAPG 非常关注的。这次会议中最吸引大家的是非常规油气资源的勘探开发,人们已经认识到非常规油气资源将产生重大影响。非常规油气资源里面的重点是页岩油和页岩气,所做报告中的内容主要涉及非常规油气资源的评价、勘探开发技术研究和前景的估计等,展示了非常规油气发展的美好未来。

[●] 1bbl \approx 0.159m³。

AAPG 会议后,结合报告中的内容和对科罗拉多最大油气资源基地的考察,美国已经把注意力放在了非常规油气资源上。皮申斯盆地位于科罗拉多大峡谷中,其页岩油可采资源量是全球自 1859 年到目前为止所有油气生产总量(约 $1400 \times 10^8 \text{t}$)的 2 倍,而这个盆地所控制的面积只有 4000 多平方千米。按这个结果计算,其含油量相当丰富,大概为 $130 \times 10^4 \text{bbl/acre}$ ^①,约折合 $500 \times 10^4 \text{t/km}^2$,这个地区的油量确实是非常大的。美国已经把它提上了开发日程,在这个盆地中到处可见矗立的井架和燃烧的油气,说明油价达到一定程度,就可以把这些非常规油气开采出来。

有两点值得注意:美国正在积极地探索、研究油页岩,对油页岩进行开采,生产页岩油气。页岩油气可以分成两种:(1)吸附的油气;(2)微裂缝和裂缝中存在的油气。另外,还特别注意到存在许多从白垩系生成的运移到新生界致密砂岩中的游离气(也被称为致密气)。

综上所述,可以看出:(1)小盆地孕育大油气,不要小看小盆地。(2)游离气占到生成油气的 2/3,数量很大,一般运移到周边地层或上覆地层。这就为寻找天然气提供了一个新的方法,就是不必拘泥于常规油气的寻找方法(如天然气),可以到周边或上覆地层中寻找。我们也应该认真考虑这种趋势,如沁水盆地,我们就可以考虑寻找能捕获这些气体的气田,中国地形复杂,在这方面更有利,所以这种情况在中国应该大有可为。

二、中国非常规油气非常丰富,在勘探开发上急需新技术、新方法的突破

中国非常规油气资源十分丰富,油页岩、油砂、煤层气和天然气水合物等非常规能源开发利用潜力巨大。根据《中国石油新能源业务“十一五”发展规划》要求,到 2010 年,煤层气提交储量 $1500 \times 10^8 \text{m}^3$ 、建成生产能力 $15 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$;查明油砂埋深 500m 以内的资源,优选 3~4 个区块,落实油砂探明储量 $5000 \times 10^4 \text{t}$,控制储量 $1 \times 10^8 \text{t}$ 。查明埋深 1000m 以内的油页岩资源,提供 3~4 个有利区块,新增探明页岩油储量 $1 \times 10^8 \text{t}$,控制储量 $2 \times 10^8 \text{t}$,建成页岩油产能 $3 \times 10^4 \text{t/a}$ 。为了完成非常规油气业务生产目标,必须对相应的非常规油气资源勘探开发技术进行攻关,创新非常规油气地质理论,找到富集区进行资源开发,研发相应的非常规油气资源,开发相关工艺技术,建成产能。

1953 年,国家给鄂尔多斯盆地的计划是年产 3000t。那个年代在鄂尔多斯盆地只有延长油田产油,而今天中国石油在延长油田已经达到了年产原油 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 和 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 气的 ability(除苏里格气田外),所以说无论是常规油气的勘探开发,还是非常规油气的勘探开发,都有一个认识的过程,需要科研人员不断的思考、讨论和研究。青海柴达木油砂山的浅层存在大量油气,但以前却开采不了,现在随着认识程度的深化,新技术的应用,就可以把它开采出来;今天松辽盆地大面积低渗透油气田都可以通过新方法、新技术进行开采了;江汉的潜江凹陷以前被认为不会存在大量油气而被遗弃,经过重新勘探研究,潜江 25 井不仅产出了油气,还形成了井喷,存在很多被我们扔掉的区块,现在来看完全有办法、有措施来实现油气产出。酒泉花海盆地,白垩系烃源岩含油率非常高,但却找不到油气,有些人就认为该区只有生油层没有储层,我认为这种说法是不正确的。

许多人说中国是贫油的国家,这是不正确的。按油气富集程度可以把世界各国分为四类:

① $1 \text{acre} \approx 4046.86 \text{m}^2$ 。

第一类是油气非常富集的国家,如中东许多国家;第二类是油气比较丰富的国家,如美国(1859—2007年,已累计生产原油 $250 \times 10^8 \text{t}$)、俄罗斯等;第三类是存在油气但不丰富的国家,如中国等;第四类是贫油国家,如日本、德国、法国等,大约有70~80个。之所以存在这种情况,是由于地质条件决定的。

真正的贫油国家不是中国,但中国也不是富油气国家。目前国内生产的原油还不能满足自身需求,所以中国应该走多井的路线,这就要求我们石油工作者要多做工作,工作要精、要细。美国30年前勘探认为,只有供国内8年使用的储量,经过多年的工作,现在美国储量已经上升到了 $3 \times 10^{12} \text{t}$,打了260万口井,远远超过了30年前的预计。所以要多做工作。目前非常规油气的出现也可以部分弥补中国油气的不足,并且可以延伸出去。

三、中国非常规油气发展面临的技术难题

由于非常规油气地质条件具有复杂性和特殊性,部分开发技术适用性差、不成熟,低渗储层单井产量低,缺乏有效增产技术,综合利用效率低,环境污染严重等,因此,要实现非常规能源对常规能源的替代还需要开展大量研究工作。

对非常规油气的勘探开发要抱有一种正确认识、不断改善措施、坚持不懈的工作态度,不能低产就放弃,只要坚持就能改变。很多人说塔中3、4、5、6号井没有什么东西,其实都有微弱的油气显示,所以在工作中不应该放弃一点点希望。

非常规油气的勘探开发应该有一套方法,针对不同的问题采取必要的措施。主要表现在:

(1)创新地质理论,找到优质资源。针对不同非常规油气的成藏特点及储层特征,研究其不同的富集成藏主控因素,通过科学合理的储层评价技术,优选出高产富集有利区。

(2)发展特色技术,开发难采资源。非常规油气具有储层渗透率低、非均质性强的特点,不同地区储层差异性较大,国外的一些开发技术和经验不能完全适用中国的地质特点,因此必须研发适合中国油气储层特点的开发技术。

(3)优化改进现有工艺技术,取得新效果。国内已有非常规油气开发勘探开发技术,但多借鉴常规油气或引进国外技术,成本相对较高、适用性较差。因此,优化改进现有工艺技术,研发低成本、低污染、适合于不同储层地质条件的技术十分重要。其中,包括低污染、低成本钻完井技术、水平井和多分支井钻完井技术、复杂构造条件下的钻完井技术、多储层复合完井技术及不同储层改进压裂技术等技术研究将是今后工作的重点方向。

(4)发展综合利用技术,缓解环境压力。在开发非常规油气的同时,处理好废水、废气、废渣,采用多种途径对其进行综合利用,变废为宝,保护生态环境,走可持续发展道路。

(5)转变理念,加速非常规油气资源开发。根据已有地质资料进行分析,寻找非常规油气高产富集区、优质资源区进行先导开发。在开发过程中,不断总结规律,改进已有工艺技术,创新技术理论,解决非常规油气勘探开发方面的问题。

总之,通过举办非常规油气勘探开发新领域与新技术交流活动,加强国内外非常规油气资源勘探开发方面的技术交流,对非常规油气资源勘探新区进行讨论,提出一系列非常规油气的勘探开发新理论与新技术,为非常规油气资源的勘探开发将起到积极的促进作用。

中国石油非常规油气业务发展与展望

胡文瑞

(中国石油天然气股份有限公司)

摘要:中国非常规油气资源潜力巨大,发展前景广阔。中国石油是中国最大的油气生产商和供应商,理应在非常规油气资源勘探开发当中起到引领作用。本文介绍了中国石油在煤层气、油页岩和油砂等方面开展的大量工作,并对中国石油在非常规油气领域今后要开展的工作进行了展望。

关键词:非常规油气;新能源;煤层气;油页岩;油砂

中国石油是中国最大的油气生产商和供应商,按照综合性国际能源公司的定位,积极有效地推进非常规业务发展,是中国石油义不容辞的责任。中国石油非常规业务主要包括煤层气、油页岩、油砂、页岩气等。

一、中国石油非常规业务发展现状

非常规油气资源已经在全球能源结构中扮演着重要的角色。全球非常规油产量超过 $7500 \times 10^4 \text{t}$,非常天然气产量超过 $1800 \times 10^8 \text{m}^3$ 。中国非常规油气资源也十分丰富,油页岩、油砂、煤层气、天然气水合物等非常规能源开发利用潜力巨大。如中国煤层气总资源量为 $36.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,页岩油资源量为 $476 \times 10^8 \text{t}$,油砂地质资源量为 $59.7 \times 10^8 \text{t}$ 。

自 20 世纪 90 年代开始,中国石油就在煤层气、油砂矿、油页岩等方面开展了大量工作,取得了积极成果,为大规模开展非常规业务奠定了基础。

(1) 中国石油在煤层气产能建设方面,已取得实质性进展,建成了年产 $3 \times 10^8 \text{m}^3$ 生产能力的气田。

在中国石油登记的矿权区内,拥有煤层气资源量 $14 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占国内煤层气资源总量的 60%。近年来,在沁水等 3 个盆地获得三级地质储量 $3500 \times 10^8 \text{m}^3$, 钻煤层气井 600 口,其中包括多分支水平井 50 口。截至 2007 年底,煤层气产能达 $3 \times 10^8 \text{m}^3$, 预计到 2010 年,产能将达到 $15 \times 10^8 \text{m}^3$ 。同时,国内规模最大的 $30 \times 10^8 \text{m}^3$ 煤层气处理厂正在建设中。此外,中国石油还建成了中国最先进的煤层气实验室,拥有煤层水力压裂、绳索取心、煤层气快速解吸等 3 项国家专利技术。

(2) 中国石油开展了油砂资源评价和新疆准噶尔盆地西北缘油砂资源勘查,先导试验基地正在稳步建设。

中国油砂地质资源量为 $59.7 \times 10^8 \text{t}$, 可采资源量为 $22.58 \times 10^8 \text{t}$, 位居世界第五位, 主要分布在西部和东部盆地, 西部和东部盆地油品质好。近几年中国石油系统总结了油砂成矿类型和成矿特点, 提出了油砂“三型三控”的富集成矿特征和四种形成机制。总结出“四步递进优选法”, 优选出中国油砂 10 个有利勘探目标和 5 个有利开采目标。10 个有利勘探目标共控制油砂资源量近 $4.4 \times 10^8 \text{t}$, 是目前油砂勘探开发最现实的区域。风城、红山嘴、白碱滩、黑

油山和包楞是目前中国油砂最富集、开采最有利的目标。

甩开钻探,风城油砂储量钻探取得大发现。风城区块油砂油储量规模超亿吨,储层为白垩系和侏罗系,油砂厚度大,最大单层厚度达 80.09m,总厚度达 110m,含油率高,最高达 21.07%,横向分布较稳定,埋藏浅,顶深最浅 16m,是目前国内发现厚度最大、品质最好的油砂矿,控制储量加预测储量达 11843×10^4 t。

持续攻关,油砂水洗工艺技术取得重大进展。分离温度及药剂用量双降低,实现大幅度节能降耗。新型复合水洗配方使油砂分离温度由 85℃降低为 80℃,药剂用量由 5% 以上降低到 4% 以下,降低 20%,分离时间由 40min 缩短为 20min。不但提高了分离速度,而且节能降耗明显。

(3) 中国石油开展了大庆柳树河盆地油页岩精查,启动 3×10^4 t 中试厂建设。

中国油页岩资源丰富,第三轮中国油气资源评价表明,中国油页岩资源量达 7199×10^8 t,折合页岩油为 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% ~ 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储量多。

中国石油油页岩资源主要集中在吉林、大庆和西北三个地区,页岩油总资源量达 222×10^8 t,占中国页岩油地质资源总量的 46.6%。在大庆柳树河盆地获页岩油探明储量 300×10^4 t。全面开展大庆柳树河油页岩的干馏评价,提出走小颗粒干馏工艺路线;设计了日处理 200t 的油页岩水平旋转高效干馏工艺,为小颗粒固体矿物干馏提油开辟了新的工艺路线;解决了国内传统干馏工艺存在原料利用率低、出油率低、处理量小、环保问题难解决等许多问题;研发了系列分析测试装备、配套了油页岩专业实验室,已经形成油页岩的干馏测试与分析评价技术以及油页岩原位开采室内模拟实验技术,为中国石油新能源重点实验室的建设打下了基础。

(4) 跟踪其他非常规油气资源研究。

科技管理部门专门立项开展天然气水合物和页岩气研究,初步评价了中国天然气水合物和页岩气的资源潜力。

二、非常规业务面临的机遇与挑战

经过近年不懈努力,在非常规油气勘探开发方面取得了可喜的成果,部分非常规油气地质理论和勘探开发技术攻关取得一定的突破。但是,在非常规能源的勘探开发过程中,还存在很多需要攻关的理论技术难题,严重制约了中国非常规油气资源开发利用步伐。加快非常规油气资源的勘探开发和利用,是保障中国能源可持续供给的战略举措,是中国经济社会发展的迫切需要和必然选择。

中国是世界能源生产及消费大国,开发利用非常规油气资源已成为能源战略的重要组成部分,非常规油气资源丰富,开发前景广阔。国家推进节能减排工作十项重点措施中,提出要努力优化能源结构;财政部、国家税务总局等部委陆续出台了针对包括煤层气在内的非常规产业发展的财税扶持政策。

中国非常规油气资源产业起步晚,规模小,与国外发达国家相比,差距较大。国内外能源集团利用自身优势,积极发展非常规油气资源,地方企业也纷纷参与非常规油气资源开发,竞争激烈。在非常规油气资源产业发展过程中,将面临以下几个方面的挑战:一是非常规能源资

源的勘探程度较低,需要加大资源评价力度;二是非常规油气资源部分关键技术需要持续攻关;三是环境保护对非常规油气资源业务发展提出了更高的要求;四是非常规油气资源业务投入大,周期长,经济效益短期内难以体现。

非常规油气资源的发展机遇与挑战并存,中国石油将按照科学发展观的要求,统筹规划、突出重点、扎实推进,加快产业化步伐,努力为社会提供更清洁、更安全、更经济的能源。

三、中国石油非常规油气资源业务的发展思路与目标

发展思路:在国家能源宏观政策指导下,中国石油将充分发挥资源、技术、市场和资金优势,积极推进煤层气规模开发,不断加强油页岩、页岩气、油砂等非常规资源评价,密切跟踪页岩气、天然气水合物等的最新进展,为保障国家能源安全和构建和谐社会作出新的贡献。

发展目标:到2010年,投资100亿元,形成新能源生产能力 300×10^4 t油当量,其中煤层气占中国的40%,页岩油和油砂油产量占中国的20%。其中:

(1)煤层气。将形成 $15 \times 10^8 \text{ m}^3$ 生产能力,建成与西气东输管道相连的 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 外输管道;获得中联煤权益产能 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$;完成鄂尔多斯和准噶尔盆地的煤层气资源评价。

(2)油页岩。完成中国石油矿权区1000m深度以内的油页岩资源评价;建成年产 3×10^4 t页岩油先导试验基地,完成松辽盆地油页岩原位开采试验。

(3)油砂。完成准噶尔等盆地500m深度以内的油砂资源评价;在西北建成年产 1×10^4 t油砂油露天开采示范工程,开展油砂开采、分离及油砂油处理技术研究。

(4)其他业务。将完成可燃冰、页岩气等非常规油气资源开发利用跟踪与研究。

发展非常规油气资源,符合科学发展观和可持续发展的要求。中国石油将在有关部门的指导和各级政府的大力支持下,并通过国际广泛交流与合作,稳步推进非常规油气资源业务又好又快的发展。

加大非常规油气的开发力度,提升能源保障能力

雷 群

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院)

摘 要:随着中国经济的快速发展,国内常规油气的开发已不能满足经济发展的需要。世界各国都很重视非常规能源的开发和利用,油砂、油页岩和煤层气等已经在部分国家实现了有效开发。为此,本文分析了世界油砂、油页岩和煤层气等非常规油气资源的勘探开发技术和现状。中国石油积极开展在油砂、油页岩和煤层气等非常规能源方面的工作,为将来非常规油气资源的发展奠定了良好的基础。

关键词:非常规油气;油页岩;油砂;煤层气

近年来,国际原油价格持续走高、石油需求不断攀升和常规石油资源过度开采等问题引起世界越来越多的关注。随着世界经济对石油需求的不断增加,常规石油资源已不能满足石油需求的快速增长,人们纷纷把目光转向非常规石油资源,非常规油气资源以其储量巨大、分布集中、开发技术日趋进步等特点成为世界石油市场的新宠。

非常规油气资源是指不能用常规的方法和技术手段进行勘探开发的另一类资源,其埋藏、赋存状态与常规油气资源有较大的差别,开发难度大,费用高。非常规油气资源主要是指油页岩、油砂矿、煤层气、页岩气、致密砂岩气等。中国非常规油气资源十分丰富,发展非常规能源对国家能源安全、环境改善、煤炭安全生产、三农问题等具有重要的战略意义。

一、油气资源供需现状

据美国《油气杂志》估计,截至2003年底,全球石油剩余探明储量为 $1733.99 \times 10^8 \text{t}$,还可开采42年。据专家预测,世界石油产量到2015—2020年达到顶峰,此后便走“下坡路”。这意味着随着石油消费的增长快于石油生产的增长,世界石油市场将渐趋紧张。而近年来,亚太地区能源消费是世界上增长最快的地区,十年间该地区能源产量在世界生产总量中只增长了0.5%,但消费总量却从19.9%猛增到26.9%,其增速远远高于世界其他地区。亚太地区这种石油供给缺口及由此引起的持续扩大对外依存度,将是中国石油安全不可回避的矛盾。近年来,随着经济的快速发展,中国的石油供需矛盾日益明显。1993年,中国成为石油净进口国。2007年石油进口量达到近 $2 \times 10^8 \text{t}$,对外依存度高达47%。数据表明:中国在未来一定时期内,石油的对外依存度将达到一个相当高的比例,成为仅次于美国的世界第二大石油消费国。此外,中国国内常规石油资源战略接替存在难度,陆上东部大多数油田已进入开发的中晚期,出水比出油还多;中西部地区石油储量虽然较大,但因地质结构复杂所需勘探投资大,技术要求高,故勘探程度不高。如果没有新的非常规替代能源,缺油的状况将难以改变。因此,中国有必要加快理论创新,研发新型工艺技术,促进非常规油气资源有效开发,缓解中国油气资源短缺的局面。

二、非常规油气资源分布

1. 世界非常规油气资源丰富,潜力巨大

据美国能源部能源信息署最新统计,世界页岩油资源量可以达到 $4110 \times 10^8 \text{t}$,远远超过了常规石油资源量,主要分布在美国、中国、俄罗斯、加拿大、扎伊尔、巴西、爱沙尼亚、澳大利亚等国家。根据美国地质调查局(USGS)统计,世界油砂可采资源量约为 $6507 \times 10^8 \text{bbl}$,占世界石油可采总量($20370 \times 10^8 \text{bbl}$)的32%,已经成为世界能源结构的重要组成部分。全球油砂资源分布很不均衡,主要分布在北美洲、俄罗斯、拉丁美洲和加勒比海地区。全球煤层气资源量为 $256.3 \times 10^{12} \text{m}^3$,约为常规天然气资源量的50%,其中俄罗斯、加拿大、中国、美国和澳大利亚5国占90%。全球页岩气资源量为 $456.24 \times 10^{12} \text{m}^3$,主要分布在北美、中亚和中国、拉美、中东和北非、前苏联等。全球致密气资源量为 $209.72 \times 10^{12} \text{m}^3$,主要分布在北美、拉美、前苏联、中亚和中国、中东和北非等。从世界范围来讲,非常规油气资源是极其丰富的,是常规油气的最佳补充能源。

2. 中国非常规油气资源丰富,开发潜力巨大

2006年中国油页岩资源评价结果表明,中国页岩油地质资源量为 $476.44 \times 10^8 \text{t}$,居世界第二位。主要分布在东部区、青藏区和中部区。页岩油探明储量为 $20 \times 10^8 \text{t}$,主要分布在吉林、广东、辽宁等省。中国油砂资源量为 $59.7 \times 10^8 \text{t}$,主要分布在西部和东部盆地,重点分布在准噶尔、柴达木、松辽、鄂尔多斯、塔里木、四川等大盆地中。11个主要盆地占中国地质资源量的97.6%,可采资源量的97.5%。中国煤层气总资源量为 $36.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,居世界第三位,其中埋深1000m以内煤层气可采资源量为 $6.27 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。资源量大于 $1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 的8个盆地合计 $28 \times 10^{12} \text{m}^3$,占总资源量的76%。中国页岩气资源潜力十分巨大,据统计页岩气的远景资源量可达 $100 \times 10^{12} \text{m}^3$,相当于常规天然气资源量的两倍,主要分布在四川盆地。中国致密砂岩气资源量约为 $12 \times 10^{12} \text{m}^3$,部分与常规气存在着交叉。从中国国情出发,尤其是在高油价时期,积极发展非常规油气资源的勘探开发,可以弥补油气资源的不足。

三、非常规油气资源开发现状

1. 非常规油气资源得到越来越多的重视,进行了商业性开发

油页岩的开发历史悠久,形式多样。目前,世界上油页岩69%用于发电、供热,25%用于提炼页岩油,6%用于建筑、农业等方面。2006年世界油页岩产量超过 $100 \times 10^4 \text{t}$,主要集中在中国、爱沙尼亚、巴西和澳大利亚等国。中国页岩油的生产主要集中在辽宁抚顺矿业集团,2005年产量为 $20 \times 10^4 \text{t}$,2007年产量接近 $30 \times 10^4 \text{t}$ 。加拿大是目前世界上唯一实现油砂商业化开采的国家,2002年油砂油产量为 $4800 \times 10^4 \text{t}$,占艾伯塔(Alberta)省石油供给量的48%,2005年产量为 $6170 \times 10^4 \text{t}$,2006年产量增加到 $7280 \times 10^4 \text{t}$ 。目前,美国、加拿大、澳大利亚三国已经开始煤层气的商业化生产。2006年产量分别达到 $540 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $18 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $60 \times 10^8 \text{m}^3$ 。中国2007年煤层气产量为 $3.8 \times 10^8 \text{m}^3$ 。美国已对密西根、印第安纳等5个盆地的页岩气进行

商业性开采,页岩气产量超过 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$,占天然气产量的 3%,成为一种重要的天然气资源。美国 900 个气田中致密气生产井超过 40000 口,年产气量达 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2. 引领科技发展,解决技术难题

目前非常规油气资源的勘探开发存在的技术问题主要有三个:

1) 需要创新地质理论,指导非常规油气资源勘探

油砂成矿主要在前陆盆地,其成因有以下几种:(1)丰富的烃源岩是油砂成矿的物质基础;(2)山前挤压为油气的运移提供了动力;(3)不整合面和断层为油气的运移提供了良好的通道;(4)斜坡区广布的三角洲砂体为油砂成矿提供了良好的储层;(5)储层露出地表,大气中的水进入储层,水洗作用和生物降解作用促进了原油的降解稠化。

美国绿河油页岩的形成主要有三个成因:(1)巨型的古绿河湖为油页岩成矿提供了广阔空间。绿河湖的面积超过 65000 km^2 ,由于尤因塔山抬升并向西延伸,绿河湖被分割为几个沉积盆地。(2)适宜的沉积环境是油页岩形成的必要条件。超过 1000 万年的绿河湖,主要处于温暖的亚热带环境,局部时期的气候变化引起湖水蒸发,增加了水体高盐度、高碱性。(3)大量繁殖藻类提供了丰富的生油母质。始新世绿河湖水的温暖碱性环境,大量繁殖的蓝绿藻,为后期油页岩的形成提供了丰富的生油母质。

2) 需要加快低渗透技术的研发力度,实现非常规油气的高效开发

(1) 根据储层特点,不断改进压裂技术。

在对页岩气井的压裂过程中,采用了相对密度较轻的支撑剂,取得良好效果。新型支撑剂的相对密度在 1.25 ~ 1.75 之间,远小于相对密度为 2.65 的石英砂。新型压裂技术具有易于输送到裂隙网络的末端、压裂液的黏度低和伤害低等特点。

(2) 二次压裂技术,有效提高页岩气单井产量。

对页岩气井进行二次压裂,可使其产量接近或超过初次压裂的产量。Newark 东区块的老井采用二次压裂技术,增产页岩气 $1472 \times 10^4 \text{ m}^3$ (占总产量的 68%)。

(3) 水平井技术适用于多种低渗透储层的开发。

应用水平井技术可以使无裂缝或少裂缝通道的页岩气藏得到有效开发。水平井技术的特点是:① 主体技术沿着应力较低的方向钻进利于压裂改造;② 水平井段进行水泥固井;③ 采用射孔完井;④ 大排量注入等。

(4) 不断创新的煤层气开发技术,大大提高了产量。

新的煤层气开发技术具有以下特点:① 洞穴完井技术在井筒附近形成渗透率增强带;② 定向水平井,有效开发低渗透储层;③ 氮气解堵;④ 注 N_2/CO_2 技术,提高气井采收率。

3) 需要形成油页岩、油砂矿多种开发技术

世界上油页岩的干馏工艺主要有巴西的 Petrosix 干馏工艺、爱沙尼亚的 Kiviter 干馏工艺、中国的抚顺干馏工艺、俄罗斯的 Galoter 干馏工艺和澳大利亚的 ATP 干馏工艺。随着科学技术的不断进步,干馏技术正朝着低污染、高效率的方向发展。近几年,油页岩原位开采工艺技术引起人们越来越多的关注。当前只有壳牌的 ICP 技术进行了中试试验,被美国能源部评为最为成熟的原位开采技术。原位开采工艺的特点是采收率高、占地少、成本低,对环境几乎没有任何破坏。

油砂的分离方法主要有两种:水洗法和干馏法。地上油砂的分离主要采用热碱水洗方法。2005 年加拿大 Syncrude 公司利用水洗工艺每天生产轻质油 $35 \times 10^4 \text{ bbl}$ 。加拿大在干馏油砂油方面也做了大量的研究工作。