

页岩气:全球油气资源开发的新亮点

——我国页岩气开发的现状与关键问题*

张鸿翔

(中国科学院资源环境科学与技术局 北京 100864)

摘要 目前以美国为代表的国家在页岩气开发领域取得了巨大的成功,页岩气资源勘探开发已成为世界能源焦点。我国页岩气资源潜力大且地质条件优越,但勘探开发尚停留于初级阶段。本文重点论述了我国在页岩气开发领域面临的一些关键问题,包括:地质控制条件评价、战略选区、技术、环境、政策、合作等。页岩气的开发必将改变我国油气资源战略调查和勘探开发格局。

关键词 页岩气,开发,勘探,问题

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2010.04.006

随着世界各国对于化石资源需求的不断攀升,各国能源压力日益增大。非常规天然气作为常规油气的重要战略接替能源,近年来已引起各国政府和科学界的广泛关注。非常规与常规天然气的定义不是按成因进行的分类,而主要是按天然气的赋存状态进行界定。常规天然气是指赋存在常规的构造、地层等圈闭类型中的气;其余赋存状态的天然气可通称为非常规天然气,包括:煤层气(主要为煤层吸附储存)、深层气(位于当前勘探目的层以下,传统生气窗以下生烃)、致密砂岩气、页岩气、水溶气(天然气溶解在水中)、天然气水合物等。页岩气是指主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中,以吸附或游离状态为主要存在方式的天然气^[1],其通常分布在盆地内厚度较大的页岩烃源岩地层中。与常规天然气相比,页岩气开发具有资源潜力大、开采寿命长

和生产周期长的优点,页岩气田开采寿命一般可达30—50年,甚至更长。美国联邦地质调查局最新数据显示,美国沃思堡盆地Barnett页岩气田开采寿命可达80—100年,预示了页岩气巨大的发展潜力。

1 页岩气的储量与国内外开发现状

全球页岩气资源分布广泛,储量约为 $456.23 \times 10^{12} \text{m}^3$,相当于煤层气和致密砂岩气的总和^[2],主要分布在北美、中亚和中国、中东和北非、拉丁美洲、苏联等地区(图1)。

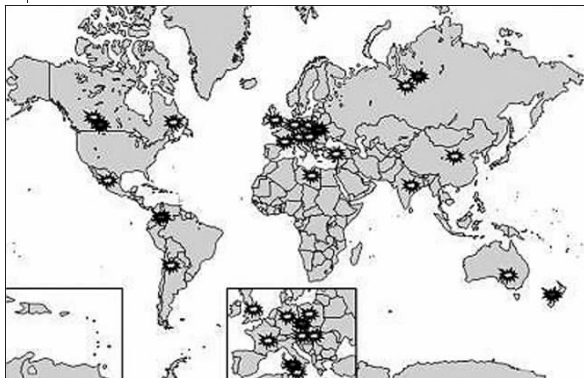


图1 全球潜在可开发的页岩气分布

* 收稿日期:2010年7月6日

目前取得开采成功的主要是美国和加拿大。2000 年以来,由于相关勘探开发技术得到了广泛应用,页岩气的年产量和经济、技术可采储量迅速攀升。2000 年,美国页岩气年产量为 $122 \times 10^8 \text{m}^3$ (图 2),美国天然气研究所与 ARI 公司的研究数据表明,2007 年美国页岩气生产井近 42 000 口,页岩气年产量为 $450 \times 10^8 \text{m}^3$,约占美国年天然气总产量的 8%^[3]。2009 年美国页岩气产量接近 1 000 亿 m^3 ,超过我国常规天然气的年产量(2009 年我国天然气产量 830 亿 m^3),基本弥补了美国天然气的市场缺口,也摆脱了美国对外天然气市场的依赖,从而直接影响了世界天然气市场的价格,具有重要的政治和经济双重意义。

Barnett 页岩气项目的 25% 股权^[4]。页岩气已成为全球油气资源勘探开发的新亮点,必将改变世界油气资源勘探开发的格局。

我国页岩气资源潜力大且地质条件优越,据估算,页岩气可采资源量约为 26 万亿 m^3 ,与美国大致相当。从现有资料分析,除分布在四川、鄂尔多斯、渤海湾、松辽、江汉、吐哈、塔里木和准噶尔等含油气盆地外,在我国广泛分布的海相页岩地层、海陆交互页岩地层及陆相煤系地层也都有分布。海相富含有机质泥页岩最主要发育于下古生界的下寒武统、下志留统——上奥陶统顶部,以扬子克拉通地区最为典型。上扬子地区下寒武统普遍发育的黑色泥页岩,有机碳含量高,最高达到 12%,为我国页岩气勘探最有

潜力的地区^[5]。

以四川盆地为例,仅评价的寒武系和志留系两套页岩,页岩气资源量就相当于该盆地常规天然气资源量的 1.5—2.5 倍^[6]。

2004 年,国土资源部油气中心与中国地质大学(北京)开始调研我国页岩气资源状况,2009 年在全国油气资源战略选区专项中,实施了“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区带优选”项目,并在重庆市彭水县连湖乡实施了我国第一口页岩气战略调查井(图 3),见到了良好的页岩气显示^[6],标志着继美国和加拿大之后,中国正式开始这一新型能源页岩气资源的勘探开发。

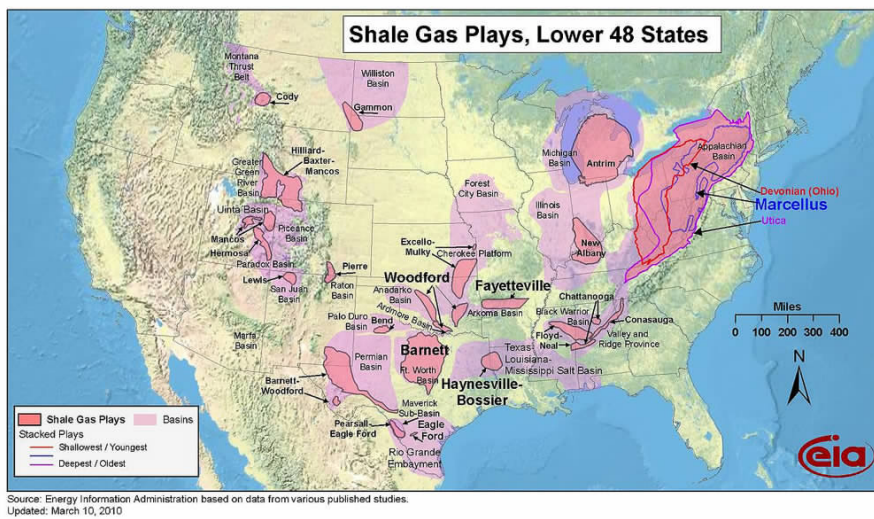


图 2 美国的页岩气前景

目前,除美国和加拿大外,澳大利亚、德国、法国、瑞典、波兰等国家也开始了页岩气的研究和勘探开发,页岩气勘探开发正由北美向全球扩展,2009 年 12 月,石油巨头埃克森美孚石油公司以 310 亿美元巨资收购非传统天然气公司 XTO 能源公司,这是迄今为止最大金额的页岩气合同;法国道达尔石油公司 2010 年 1 月以 8 亿美元的价格获得切萨皮克石油公司位于得克萨斯州的

页岩气资源勘探开发。



中国科学院



图3 国内第一口页岩气勘探井彭水开钻

2 页岩气开发的关键问题

2.1 地质控制条件评价

页岩气和传统的油气勘探在地质控制条件上有着很大差别,常规油气勘探地质条件可概括为:“生、储、盖、运、圈、保”,而页岩气没有“盖”、“运”、“圈”、“保”的问题,“生”就是“储”,“盖”也是“储”。

高产且经济效益好的页岩气大多为含油气系统中主力烃源岩,尤以受上升洋流影响、倾油混合型干酪根为主的海进体系黑色页岩为佳,且现今处于大量生气阶段或充注过程中,既保存了较高的残余有机质丰度,储集大量吸附气,又能新增一定孔隙度,容纳足够数量的游离气,有助于提高基质系统的渗透性,使生产井保持较高产气速度,规模化开发生产的经济效益达到最大化^[7]。我国页岩气勘探才刚刚起步,目前研究主要集中在页岩气成藏条件和有利区评价方面。受复杂地质背景和多阶段演化过程的影响,我国含油气盆地类型多、盆地结构复杂,盆地的不同演化规律直接控制着富含有机质泥页岩的发育与分布^[8]。尽管页岩气成藏机理条件可与美国页岩气地质条件进行对比,但我国页岩气的主要储层与美国有很大区

别,如四川盆地的页岩气层埋深比美国大:美国的页岩气层深度在800—2 600m,四川盆地的页岩气层埋深在2 000—3 500m^[9]。因此需要建立适合于我国地质条件且对我国页岩气资源战略调查和勘探开发具有指导意义的中国页岩气地质理论体系。应重点研究我国页岩发育的构造背景、成藏条件与机理(成藏主要受控于页岩厚度、面积、总有机碳含量、有机质成熟度、矿物岩石成分、压力和温度等因素)、页岩成烃能力(如有机质类型及含量、成

熟度等)、页岩聚烃能力(如吸附能力及影响因素等)、含气页岩区域沉积环境、储层特征、页岩气富集类型与模式,系统研究我国页岩气资源分布规律、资源潜力和评价方法参数体系等。

2.2 战略选区

作为可商业规模化开采的页岩气,战略选区是页岩气勘探开发前的基础性、前瞻性工作,除了地质控制因素的考虑,还应特别重视页岩气开发可行性。我国页岩气起步阶段应首先要考虑海相厚层页岩中那些总有机碳含量大于1.0%、 R_o 介于1.0%—2.5%之间、埋深介于200—3 000m之间、厚度大于30m的富含有机质页岩发育区;其次考虑海陆交互相富含有机质泥页岩与致密砂岩和煤层在层位上的紧密共生区;但同时要研发不同类型天然气资源多层合采技术;对于湖相富含有机质泥页岩,重点考虑硅质成分高、岩石强度大、有利于井眼稳定的层系^[8]。

2.3 技术

页岩气开发相对常规天然气来说,因页岩气藏的储层一般呈低孔、低渗透率的物性特征,通常孔隙度最高仅为4%—5%,渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}$,气流的阻力比常规天然

气大,需实施储层液压破碎才能开采^[10]。目前页岩气的开采技术主要有水平井+多段压裂技术、清水压裂技术和近期出现的最新压裂技术——同步压裂技术,创新的水平井钻井和完井技术是保证生产成功的关键。采用水力压裂和水平井技术、微地震裂缝成像技术,能直接监测水力裂缝网络的扩展动态,可极大地提高页岩储层中页岩气的开采量^[11]。正是这些先进技术的加速研发和成功应用,促进了美国页岩气开发的快速发展^[9]。

目前我国已在地震储集层预测、大型压裂应用于低渗透气藏储集层改造、裂缝性油藏压裂井产能评价以及微地震监测技术等方面积累了丰富的经验。但目前的技术储备尚难以解决我国的页岩气勘探开发问题。要遵循我国页岩气资源的地质条件、成藏特点等客观规律,加大地质理论与配套关键技术的研究力度,应充分利用技术上的“后发优势”,引进吸收和提高创新地球物理、地球化学、钻探完井和压裂等技术方法、页岩气储层评价技术、射孔优化技术、水平井技术和压裂技术,提高页岩气勘探开发技术水平。

2.4 环境

页岩气本身是一种洁净能源,燃烧产生的二氧化碳仅为煤的50%,但由于目前开发主要采用的压裂法,每次液压破碎需要200万—400万吨水,而且在注入的压裂液中会加入化学物质,这些化学物质可能会对地下水产生污染。类似于现在国家大力推广的太阳能发电,太阳能本身是一种低碳环保的新型能源,但其使用的多晶硅则是一种高耗能高污染的材料。2010年4月20日英国石油公司(BP)在墨西哥湾的“深水地平线”钻井平台爆炸所造成的生态灾难至今仍未控制。油气开采环节的环境灾难是油气行业不可回避的一个严重问题,需要高度重视对页岩气开采中潜在污染的评估。

2.5 政策

美国页岩气发展速度之快,离不开国家政策上的支持和先进的开发技术,而这是我国目前所不具备的。20世纪70年代末,美国政府在《能源意外获利法》中规定了非常规能源开发税收补贴政策,得克萨斯州自20世纪90年代初以来,则更进一步明确了对页岩气的开发不收生产税;另外,美国还专门设立了非常规油气资源研究基金^[12]。一系列有利的政策支持大大降低了页岩气开发成本,刺激了美国页岩气的迅猛发展。

天然气的价格因素也是限制页岩气发展的一个原因,我国天然气价格较之国外市场明显偏低,2009年金融危机时,美国天然气价格为120—180美元/1000立方米,而我国华北地区为70多美元/1000立方米,这在一定程度上挫伤了国内页岩气市场的积极性,不利于页岩气行业的发展。

国家财政应加大对页岩气资源战略调查的投入,鼓励社会资金投入,对页岩气开采企业增值税实行先征后退政策,企业所得税实行优惠等特殊行业政策。

2.6 合作

2007年10月,中国石油天然气集团公司与美国新田石油公司签署了“威远地区页岩气联合研究”协议,研究内容是四川威远地区页岩气资源勘探开发前景综合评价,这是我国页岩气开发对外合作签署的第一个协议。2009年11月,美国总统奥巴马同意通过投资中国的页岩天然气开发,承诺与中国共享这一领域的技术^[4]。我国应抓住契机,进一步加强与国外有实力公司的合作开发,引进先进理念与开发技术,通过引进和消化页岩气开发技术,探索和创新适合我国页岩气开发的核心技术。

在“大型油气田与煤层气开发”国家重大专项的“十二五”规划草案中,页岩气的开



中国科学院

发已列入了战略攻关内容；国土资源部表示，中国计划到2020年将页岩气年生产能力提高到 $(150—300) \times 10^8 \text{m}^3$ ，我国致力于到2020年能够发现20—30个大型勘探开发区块，获得 $1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 的页岩气可采储量^[11]。相信随着国家对页岩气的日益重视和科技力量的投入，页岩气将改变我国油气资源战略调查和勘探开发格局，甚至改变整个能源结构，缓解我国油气资源短缺，保障国家能源安全，促进经济社会发展。

主要参考文献

- 1 张金川, 薛会, 张德明等. 页岩气及其成藏机理. 现代地质, 2003, 17(4): 466.
- 2 钱伯章. 新能源技术与应用: 石油和天然气分册. 北京: 科学出版社, 2010.
- 3 谭蓉蓉. 21世纪初的美国页岩气勘探开发情况. 天然气工业, 2009, 5: 62.
- 4 特蕾西. 页岩气: 资源接替的新曙光? CEOCIO, 2010(3): 78.
- 5 陈波, 兰正凯. 上扬子地区下寒武统页岩气资源潜力, 中国石油勘探, 2009, 3: 1-15.
- 6 高慧丽. 唤醒沉睡的页岩气. 山东国土资源, 2010, 26(4): 60-61.
- 7 John B Curtis. Fractured shale-gas systems. AAPG, 2002, 86(11): 1 921-1 938.
- 8 李玉喜, 聂海宽, 龙鹏宇. 我国富含有机质泥页岩发育特点与页岩气战略选区. 天然气工业, 2009, 29(12): 115-118.
- 9 蒋志文. 页岩气简介. 云南地质, 2010年, 29(1): 109-110.
- 10 张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布. 天然气工业, 2004, 24(7): 15-18.
- 11 钱伯章, 朱建芳. 页岩气开发的现状与前景. 天然气技术, 2010, 4(2): 11-13.
- 12 安晓璇, 黄文辉, 刘思宇等. 页岩气资源分布、开发现状及展望. 资源与产业, 2010, 12(2): 103-109.

Shale Gas: New Bright Point of the Exploitation of the Global Oil-gas Resources

—The Present Status and Key Problems of the Exploitation of Shale Gas

Zhang Hongxiang

(Bureau of Resources Environment Science and Technology, CAS 100864 Beijing)

Abstracts At the present, the great exploitation success in the realm of shale gas resources has been achieved in the countries with the USA as the representative. The exploration and exploitation of shale gas resources have become the focus of the world energy. There are also plenty of potential shale gas resources in China and advantages in geological conditions. However, the exploration and exploitation of shale gas resources in China are still at the preliminary stage. Some key problems are discussed in this paper, which include the evaluation of geological controlling conditions, strategic chosen regions of resources, technology, environments, policy and cooperation. The exploitation of shale gas will change the pattern of the oil-gas resources investigation, exploration and exploitation in China in the future.

Keywords shale gas, exploitation, exploration, problems

张鸿翔 男, 中科院资源环境科学与技术局固体地球科学处处长。2001年获中科院地质与地球物理所地球动力学博士学位, 主要从事地幔地球化学和环境地球化学的工作, 发表科研及管理文章40篇。E-mail: hxzhang@cashq.ac.cn