

美国非常规天然气开发的政策效益及启示

王亚娟^{1,2} 马 旭^{1,2} 张矿生^{1,2} 古永红^{1,2} 李红英^{1,2}

1.低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 2.中国石油长庆油田公司油气工艺技术研究院

王亚娟等.美国非常规天然气开发的政策效益及启示.天然气工业,2013,33(3):113-118.

摘 要 近年来随着美国非常规能源开发的繁荣,国内非常规天然气的开发也逐渐拉开序幕。非常规天然气的开发技术以多层多段技术为主,开发难度及开发成本远大于常规天然气,盈利能力不强。为此,通过文献调研分析了北美非常规能源开发的成功经验。结果表明:①美国政府在北美非常规天然气开发过程中从税收补贴、税收优惠、政策监管及研究基金投入等方面给予了极大的支持力度,这对推动美国非常规天然气产量在不到 20 a 的时间迅速增长起到了至关重要的作用;②对多个页岩气、致密气气藏经济效益的分析结果表明,假定 10% 的内部收益率,美国非常规气达到收益平衡的基准气价是 1.61 元/m³。结论认为,鉴于中国较低的气价和非常规储层较高的开发成本,要达到盈亏平衡,政府需要进一步加强政策扶持力度,同时对企业也提出了提高施工效率、降低作业成本的要求。

关键词 美国 非常规天然气 开发 扶持政策 经济效益 启示 施工效率 作业成本

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2013.03.023

Policies benefit analysis of the development of unconventional natural gas in the United States

Wang Yajuan^{1,2}, Ma Xu^{1,2}, Zhang Kuangsheng^{1,2}, Gu Yonghong^{1,2}, Li Hongying^{1,2}

(1. State Engineering Laboratory for Exploration and Development of Low-Permeability Oil & Gas Fields, Xi'an, Shaanxi 710021, China; 2. Oil & Gas Technology Research Institute of Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 33, ISSUE 3, pp.113-118, 3/25/2013. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: In recent years, along with the rapidly developed unconventional natural gas resources in the United States, China has just come into the initial stage in this sector. In addition, the involved multi-layer and multi-stage development technologies make its difficulty degree and input cost greater than the recovery of conventional natural gas resources. In view of this, this paper made an investigation into a number of literatures to learn about the successful experience from the unconventional natural gas resource exploitation in North America. First, robust support from the U.S. government has been provided including tax subsidies, tax incentives, supervisory policies, research foundation input, etc., which contributes a lot to a surge in the unconventional natural gas production in less than 20 years. Through the analysis of economic benefits from the development of multiple shale gas and tight gas reservoirs, it was found that assuming a 10% internal rate of return, the benchmark unconventional gas price would be 1.61 Yuan Renminbi (CNY) per m³ to achieve revenue balance. As for Chinese operators in this sector, great challenge will have to be met due to the rather low gas price and high development investment; if expecting breakeven, besides government's helpful policies, they also need to improve their working efficiency and cut down their operation costs by all means.

Key words: USA, unconventional natural gas, energy policy, economic benefit

作者简介:王亚娟,女,1979年生,工程师,硕士研究生;2005年毕业于原西南石油学院油气田开发工程专业;目前主要从事油气田压裂酸化技术研究工作。地址:(710021)陕西省西安市未央区明光路。电话:(029)86590662。E-mail:wyajuan_cq@petrochina.com.cn

1 美国非常规天然气发展概况及开采技术

1.1 美国致密气、页岩气发展概况

美国致密气藏的开发起步于西部圣胡安盆地,致密气藏起始的十年里开发脚步比较缓慢,1980 年经济效益和低渗透(渗透率低于 0.1 mD)储层开发技术的提高加快了致密气开发的脚步。1990 年,三维地震预测技术、水平井技术以及水力压裂增产技术使得开发井的定位和完井更加有效。到了 2000 年,天然气价格上涨到开发投资支出的两倍价格,因此大量的气井开始开发出来。由于技术上的发展,开发从 1970 年的渗透率在 0.1 mD 以下,到 1980 年的 0.01 mD 以下,到今天的低于 0.001 mD 的储层。最终,致密气藏的产量占美国天然气供应量的 30%。占美国非常规气藏产量的 70%,而非常规气藏产量占国内天然气供应量的 43%^[1-2]。

美国于 19 世纪 30 年代开始对页岩气进行研究和钻探,但直到 1980 年美国实施了非常规燃料免税政策后,页岩气才得到广泛的商业性开采,特别是 1981 年 Mitchell 能源公司在得克萨斯州北部 Fort Worth 盆地 Barnett 页岩的成功钻探,再一次引起了人们对页岩气的兴趣,但由于技术等原因,直到 20 世纪 90 年代,在政策、价格和技术进步等因素的推动下,美国页岩气产量增速加快,特别是 2003 年采用水平井开发技术后,页岩气产量大幅增长。到 2009 年的 6 年间,美国参与页岩气开发的石油公司和页岩气井剧增,页岩气产量增加到原来的 4 倍还多,其中 Barnett 页岩气占总产量的 57%。页岩气的快速开发使得美国天然气储量增加了 40%,据预测,美国页岩气产量到 2020 年将达到 $2\ 066 \times 10^8\ \text{m}^3$ 。

1.2 美国致密气、页岩气开发技术及开发成本

美国页岩气开发广泛采用水平井分段压裂技术,水平段一般在 1 000~1 500 m;分段压裂的技术特点为:大液量($4\ 000 \sim 6\ 000\ \text{m}^3$)、大排量($8 \sim 12\ \text{m}^3/\text{min}$)、大射孔段(100~150 m)、低砂比、小粒径支撑等。

北美致密气开发技术以美国落基山脉地区的透镜体气藏为代表,针对其连续性较差的情况,主要的开发政策为:通过缩小井距提高采收率;通过单井 5~15 层的直井多层压裂技术大幅提高单井产量;采用更快的多层压裂技术和对效率的强调大大降低了开发成本^[1-2]。

非常规天然气单井成本变化很大,以页岩气为例,开发成本跟页岩特点、埋藏深度、技术熟练程度、工艺配方、建模、井型、水平段长度、压裂方式等因素有关

(表 1)。目前北美开发成熟区页岩气单井钻完井费用为 1 658 万元。由于国内页岩气仍然处于刚起步阶段,目前对于国内页岩气开采成本的估算并不够准确。从目前四川典型的页岩井来分析,国内单口页岩井钻完井成本约 1 961 万元。根据美国的经验,在同一地区,页岩气井开采的成本也将随着经验的积累和技术的进步而下降^[3]。

表 1 中、美典型页岩井钻完井成本比较表 万元

项目	美国	四川
垂直钻井	136	245
水平钻井	205	290
完井服务及其他	341	425
裂缝监测服务	171	266
测井及射孔	123	85
压裂增产	682	650
钻完井总成本	1 658	1 961

2 美国非常规天然气优惠政策及价格

2.1 天然气价格

1978 年美国颁布了《天然气政策法》,取消了天然气价格管制,逐步形成市场定价机制。1973—1978 年的两次石油危机导致天然气需求量持续增长和价格不断攀升,激发了美国企业开发非常规天然气的积极性,培育了良好的市场环境。20 世纪 80 年代随着水平井技术的发展,气价开始大幅下跌;90 年代末到 2000 年后,能源再次供不应求,气价高居不下(图 1)。

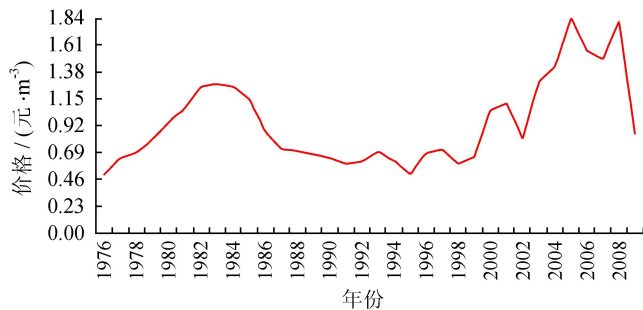


图 1 1976—2009 年美国天然气价格变化趋势图

注:按照美元与人民币汇率 1 美元折合 6.5 元人民币计算,下文未作特殊说明均按照此汇率计算

1980 年政府颁布《能源意外获利法》,对非常规能源开发实施长期的税收补贴,这项政策推动美国非常规天然气产量在不到 20 a 的时间内迅速增长,产量达到天然气总产量的 30% 以上^[4]。

2.2 美国非常规天然气优惠政策

2.2.1 致密气、页岩气优惠政策

20 世纪 70 年代中期,美国石油工业已经掌握有大批量致密气(低渗透性)地层存在。然而,生产气流太慢而无法获得经济回报。极少数的独立生产商在存在天然裂缝的区域勘探来获得产能,但成功的记录很少。能源部、天然气研究所和工业研发(GRI 和工业 R&D)项目联合,再加上一套适度的税收优惠,解放了这些岩石中的致密天然气资源^[5-7]。

2.2.1.1 对非常规能源的上游开发实施税收优惠

根据 1978 年天然气政策法案规定,平均就地渗透率为 0.1 mD 或更低的含气层限定为致密气层。

1980 年对原油意外获利法进行了修订,一套独立的非常规天然气经济激励机制加入了原油意外获利税法。第 29 条修订后规定:为符合条件的非常规天然气井地层提供税收优惠,新非常规气井税收抵免资格期一直持续到 1992 年底,即 1980—1992 年钻探的非常规天然气可享受税收优惠政策,包括致密气在内的非常规天然气田实行税收豁免(页岩气减税为 3.5 美分/ m^3 ,按照 1995 年汇率计算为 0.28 元),天然气生产提供税收优惠至 2002 年。

第 29 条税收抵免的目的是奖励高效率的非常规天然气的开发和性能,并且该激励达到了预期目的。在一段时期,当时全国平均井口天然气价格在 1.50~2.50 美元/ ft^3 之间(按照 1995 年汇率计算为 0.43~0.72 元/ m^3),致密气、页岩气税收抵免约为 0.50 美元/ ft^3 (按照 1995 年汇率计算为 0.14 元/ m^3),煤层气税收抵免为 1.00 美元/ ft^3 (按照 1995 年汇率计算为 0.28 元/ m^3 ,1 ft=0.304 8 m),为这些资源的高效率生产增加了可观的经济价值。

除此之外,针对油气行业还有其他 5 种税收优惠,包括无形钻探费用扣除、有形钻探费用扣除、租赁费用扣除、工作权益视为主动收入、小生产商的耗竭补贴等。这些税收优惠政策鼓励了小企业的钻探开发投资积极性,促进了油气行业的发展。

2.2.1.2 NGPA(天然气政策法案)制定价格激励

第一套鼓励非常规天然气勘探和开发的经济激励机制载于 1978 年 11 月天然气政策法中。法案第 107 条放开泥盆系页岩气、煤层气和高压卤水井气的井口销售价格。该法案第 102 条使得致密气成为在 NGPA 监管类别的最高价格上限的资格,为致密气资源提供了适度的经济激励。

2.2.1.3 其他扶持政策

政府还先后投入大量资金用于非常规天然气理论研究、资源调查和开发工作(图 2)。2004 年通过的《美国能源法案》规定,10 a 内每年投资 4 500 万美元用于非常规气的研究。

2.2.2 煤层气优惠政策

美国煤层气能够迅速发展,主要得益于政府在煤层气产业发展初期的宏观调控政策,特别是卓有成效的财政支持和政策激励,如 1980 年颁布的《能源意外获利法》中的第 29 条非常规能源开发税收补贴政策,最初规定,煤层气的税收优惠政策适用期为 10 a,即 1980 年 1 月 1 日—1989 年底。为保障煤层气产业的迅速发展,1988 年美国把该项优惠政策截止日期延迟到 1990 年底。后来美国政府又第二次把截止期推迟到 1992 年底,即在 1980 年 1 月 1 日—1992 年 12 月 31 日之间钻探井中生产出的煤层气,在 2003 年 1 月 1 日以前都可以享受到第 29 条税收政策规定的补贴,使这一政策优惠期长达 23 a。

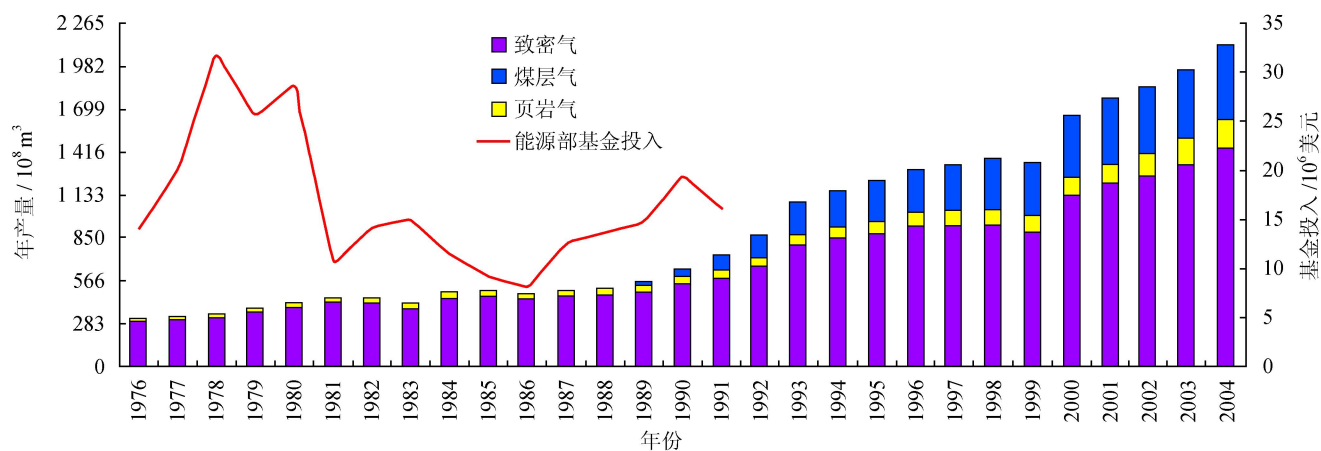


图 2 美国能源部 20 世纪 70—80 年代研究基金投入对非常规天然气产量的影响(EIA)

另外,税收补贴值随着产量的增加而增加,随着通货膨胀系数的变化而调整。例如,自1980年该法规出台以后的10 a内,美国黑勇士盆地煤层气开采所得到的税收补贴约2.7亿美元,圣胡安盆地的税收补贴为8.6亿美元。煤层气成为政府鼓励和支持开发的非常规气体能源,这极大地增强了煤层气产业的竞争能力,刺激了企业投资煤层气开发的积极性,对煤层气产业的发展起到了至关重要的推动作用。

2.2.3 州级地方政府对常规天然气的优惠政策

美国各州也出台了相关的天然气政策,对除非常规天然气以外的其他高成本天然气开发也进行了政策扶持。以得克萨斯州为例,其优惠政策主要如下:

2.2.3.1 高成本天然气补贴(最初由1989年第71届立法引入)

根据现行的激励,符合旧联邦天然气政策法(NG-PA)107条下定义的高成本油气井有降低开采税资格。而降低水平是基于钻井和完井成本。1996年9月1日以后钻完井的油气井也可取得减税资格。较早的方案对于1989年5月24日和1996年9月1日之间钻井或完井的油气井给予免税。

2.2.3.2 2年不活跃气井补贴

根据新的激励政策,如果在刚过去的两年中油井或气井已处于非活跃状态(即因成本原因生产工作维持不超过一个月),任何新的油气井生产可获得长达10 a的免开采税资格。认证始于1997年9月1日,结束于2010年2月28日。

2.2.3.3 边际气井开采税减免

这项立法规定当油气价格低于一定水平时,为不只是非常规气边际油气井生产提供开采税的减免。2005年9月1日生效。该法案规定对任何给定月份的符合条件的低产天然气井提供的3种税收抵免的水

平,税收抵免标准根据主审计长的平均应税石油和天然气价格而定,主要参考过去3个月适用的价格指数。

一个合格的低产气井运营商将有权获得:①如果平均应税气价均超过3.00美元/ft³(0.69元/m³)但不超过3.50美元/ft³(0.80元/m³),税收抵免25%;②如果价格超过2.50美元/MCF(千立方英尺)(0.57元/m³)但不超过3.00美元(0.69元/m³),50%的税收抵免;③如果价格分别为2.50美元/MCF(0.57元/m³)或以下,100%的税收抵免。该法案定义了符合条件的低产气井为3个月平均日产 0.25×10^4 m³或更少的井。

3 非常规天然气开发效益分析

据2007年资料,由于勘探开发成本的增加以及天然气开发向非常规气的转向设定了天然气基准价格为7美元/MMBtu(1.61元/m³,1 MMBtu折合28.26 m³,下同)(图3)^[8-9],对美国94个非常规资源的评价表明,27个在高于7美元/MMBtu的长期气价下是有经济效益的。其余67个中有21个获得微利,46个需要高气价才能获利。

3.1 IEA 2009年资料

据IEA2009年资料,美国Barnett页岩气项目的税后内部收益率为11%,盈亏平衡价为1.29元/m³。

3.2 石油公司对页岩气开采的效益预测

EnCana公司是北美最大的天然气生产公司,预计长期天然气供应成本为6~7美元/MMBtu(1.38~1.61元/m³)^[10],见图4。

Aurora油气公司对页岩气直井和水平井的经济分析表明,在1.15元/m³的气价下,New Albany页岩水平井的内部回收率为45%,Antrim页岩直井内部回收率为30%^[11](表2)。

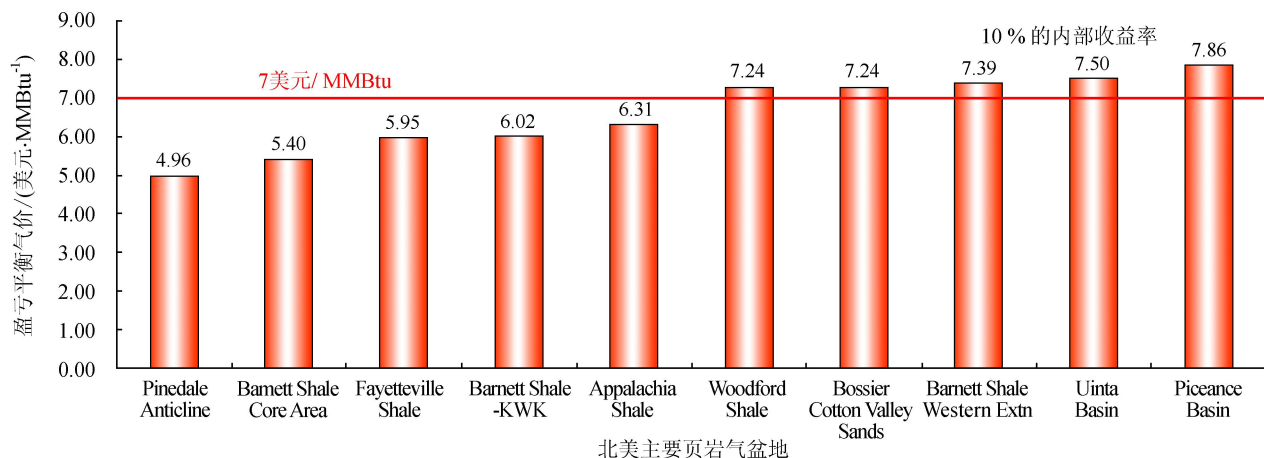


图3 成本增加及向非常规气的转向设定了天然气基准价格图

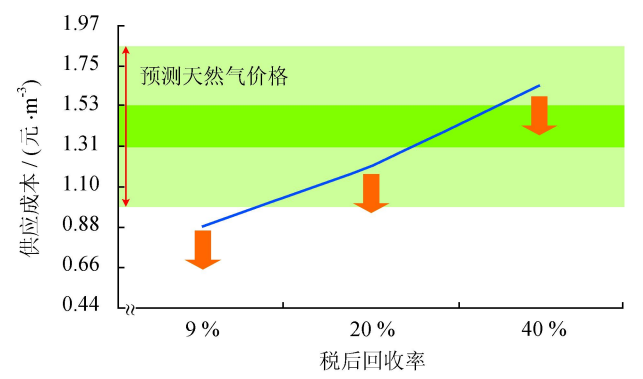


图 4 EnCana 公司页岩气开采的效益预测图
注:来源于 Source EnCana (2009)

表 2 New Albany 页岩水平井和 Antrim 页岩直井的实际经济效益表

盆地及井型	New Albany 页岩水平井	Antrim 页岩直井
水平井成本	\$ 750 000(487.5 万元)	\$ 300 000(195 万元)
井深/m	152~762	76~457
单井储量/ 10^8 m^3	198~340	142
产量峰值/ $(10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1})$	0.57~0.85	0.42
生产时间峰值	6~12 个月	6~12 个月
年衰减率	5%	7%
生产周期/a	30	40
平均开发效益	43%	46%
内部回收率	45%	30% 以上

4 美国非常规天然气开发对我国的启示

4.1 非常规天然气开发技术

美国非常规天然气资源量丰富,页岩气开发以水平井多段压裂为主,致密气开发以直井多层的开发方式居多,开发技术的突破与成熟大大降低了开发成本,同时提高了非常规天然气的产气量。中国的页岩气、致密气面临的地质条件和地面条件有别于美国,比如更深的埋藏深度、山区和丘陵地带的地貌以及水资源不足,这些问题导致中国开发非常规气需要更高的开采成本^[12-13]。因而大规模开发可在借鉴常规油气藏和低渗透气藏钻完井技术的基础上,引进试验国外先进技术,加以消化吸收再创造,通过有的放矢的基础研究和工程技术的先导性试验,创造性地提出适合我国地质特点的技术和方法。

4.2 天然气定价机制与政策扶持

从美国天然气的管制模式和发展历程我们可以看出,天然气定价机制与天然气工业发展阶段和市场结

构密切相关。同时美国通过《天然气政策法案》,在国家层面对非常规气价格进行激励,使得致密气等处于在政策监管范围的能源最高价格上限。较高油价与国家政策扶持为非常规油气发展提供强劲动力。根据我国天然气所处的发展阶段和市场结构来看,我国天然气定价机制改革必须处理好两种矛盾:①天然气国内外价格接轨与消费用户承受能力的矛盾;②如何协调上下游利益分配的矛盾。

美国政府颁布的《能源意外获利法》对非常规能源开发实施长期的税收补贴、对上游开发实施税收优惠(主要包括为符合条件的非常规天然气井提供税收豁免,以及对相关油气行业提供税收优惠),对推动美国非常规天然气产量在不到 20 年的时间内迅速增长起到至关重要的作用。美国政府还先后投入大量资金用于非常规天然气理论研究、资源调查和开发工作,其支持力度通过法案进行了规定。地方政府也大力支持除非常规天然气之外的天然气开发,部分州出台政策对开采成本高的常规天然气井进行了税收减免。从美国经验可以看出,非常规油气的重大突破,需要长期的资金投入和基础研究的持续创新。为加快中国页岩气的发展,2011 年以来,我国页岩气、煤层气等非常规油气政策频频出台,页岩气被正式列为新矿种,将对其按单独矿种进行投资管理,有资质的民营企业也可参与招标,允许外商投资非常规油气勘探开发,放开页岩气、煤层气等非常规天然气出厂价格,实行市场调节等。这些新政策无疑将对未来产业的发展产生很大的正面效应。但国内非常规天然气开发因处于起步阶段,钻完井成本较高,目前还有待于国家在勘探开发方面出台实质性的财政税收扶持政策,如采气补贴及勘探权和采矿权的减免等。

4.3 经济效益评估

对多个页岩气、致密气气藏经济效益的调研表明,假定 10% 的内部收益率,美国非常规气能够达到收益平衡的平均气价是 1.61 元/ m^3 。根据资料,参照国内低渗透气田开发投资、操作成本、税费及 2012 年天然气含税价格等基础参数,当天然气价格达到 1.37 元/ m^3 时,开发才能达到盈亏平衡点^[14]。而我国天然气出厂价格自 1997 年以来一直未做大的调整,天然气生产平均出厂价不到 1 元/ m^3 ,即使将天然气价格小幅上调也难以达到效益平衡点。因此,对于国内石油企业而言,提高作业效率、降低施工成本是非常规天然气商业化盈利的必然选择。

参 考 文 献

[1] SLUTZ J A. Well completion and production challenges

- [R].Beijing: Unconventional Gas Resources Methane to Markets Partnership Expo, 2007.
- [2] VELLO KUUSKRAA. Paradigm shift in domestic natural gas resources, supplies and costs[R].Washington, D C: EFGAS to Market Energy Conversion Forum, 2009.
- [3] 马冬凡. 页岩气行业系列报告之一: 美国页岩气发展改变全球能源格局; 中国相关勘探钻采设备将率先受益[EB/OL]. (2012-03-31) [2013-01-30]. <http://stock.stockstar.com/JC2012033100009925.shtml>.
MA Dongfan. One of the series of reports of the shale gas industry: The development of U.S. shale gas shale gas industry to change the pattern of global energy, exploration and drilling equipment in China will be the first to benefit [EB/OL]. (2012-03-31) [2013-01-30]. <http://stock.stockstar.com/JC2012033100009925.shtml>.
- [4] HAAS M R, GOULDING A J. Impact of Section 29 tax credits on unconventional gas development and gas markets [C]// paper 24889-MS presented at the 67th SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 4-7 October 1992, Washington, D C, USA. New York: SPE, 1992.
- [5] SAKMAR S L. Shale gas development in North America: An overview of the regulatory and environmental challenges facing the industry [C]// paper 144279-MS presented at the SPE North American Unconventional Gas Conference and Exhibition, 14-16 June 2011, The Woodlands, Texas, USA. New York: SPE, 2011.
- [6] EYNON G, HILL C, GOODMAN T. Unconventional resource development and the role of the Alberta Regulator [C]// paper 139019-MS presented at the Canadian Unconventional Resources & International Petroleum Conference, 19-21 October 2010, Calgary, Alberta, Canada. New York: SPE, 2010.
- [7] MOORE M C. Policy and regulation in the face of uncertainty: The case of disruptive markets for unconventional natural gas in North America [C]// paper 1381676-MS presented at the Canadian Unconventional Resources & International Petroleum Conference, 19-21 October 2010, Calgary, Alberta, Canada. New York: SPE, 2010.
- [8] AGRAWAL A, WEI Y, HOLDITCH S A. Technical and economic study of completion techniques in five emerging US gas shales: A Woodford Shale example [J] SPE Drilling and Completion, March 2012, 39-49.
- [9] AGRAWAL A, WEI Y, CHENG K, et al. A technical and economic study of completion techniques in five emerging US gas shales [C]// paper 135396-MS presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 19-22 September 2010, Florence, Italy. New York: SPE, 2010.
- [10] SCHOEFFMANN FERDINAND. Untapping tight gas reservoir commercial incentives global/local [R]. Islamabad: PPEPCA Seminar, 2008.
- [11] FLORES C P, HOLDITCH S A, AYERS W B. Economics and technology drive development of unconventional oil and gas reservoirs lessons learned in the United States [C]// paper 146765-MS presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 30 October - 2 November 2011, Denver, Colorado, USA. New York: SPE, 2011.
- [12] 闫存章, 黄玉珍, 葛春梅, 等. 页岩气是潜力巨大的非常规天然气资源 [J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 1-6.
YAN Cunzhang, HUANG Yuzhen, GE Chunmei, et al. Shale gas: Enormous potential of unconventional natural gas resources [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 1-6.
- [13] 雷群, 王红岩, 赵群, 等. 国内外非常规油气资源勘探开发现状及建议 [J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 7-10.
LEI Qun, WANG Hongyan, ZHAO Qun, et al. Status analysis and advices on exploration and development of unconventional hydrocarbon resources [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(12): 7-10.
- [14] 郭宏, 李凌, 杨震, 等. 有效开发中国页岩气 [J]. 天然气工业, 2010, 30(12): 110-113.
GUO Hong, LI Ling, YANG Zhen, et al. Efficient development of shale gas in China [J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(12): 110-113.

(修改回稿日期 2013-01-21 编辑 赵 勤)