

我国致密砂岩气和页岩气的发展前景和战略意义

邱中建¹, 赵文智², 邓松涛¹

(1. 中国石油天然气集团公司, 北京 100724; 2. 中国石油勘探与生产分公司, 北京 100007)

[摘要] 根据资源、技术和现状全面分析了我国致密气和页岩气发展的关键因素。从资源品质、类型和政策等出发, 提出我国致密气和页岩气发展路线和三步走的发展前景。系统论述了我国致密气和页岩气发展对于改善能源结构和保障国家能源安全具有重要战略意义。

[关键词] 致密气和页岩气; 关键因素; 发展路线; 能源安全; 能源结构

[中图分类号] TE132 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)06-0004-05

1 前言

世界范围内, 致密砂岩气(简称致密气)和页岩气作为两种重要非常规天然气资源, 已经逐渐成为天然气产量的主要增长点。近年来随着我国天然气产业的快速发展, 致密气和页岩气也得到不同程度的发展。正确分析我国致密气和页岩气发展的关键因素, 准确把握我国致密气和页岩气的发展路线, 对我国天然气的有序开发利用至关重要, 更对我国能源结构的持续稳定改善和可持续发展意义重大。

2 我国致密气和页岩气发展的关键因素

2.1 我国致密气发展的关键因素

2.1.1 储量和产量快速增长

我国致密气早在 20 世纪 60 年代在四川盆地就已有发现, 但受认识和技术限制, 发展较为缓慢。近几年, 我国致密气地质储量年增 3 000 亿 m^3 , 产量年增 50 亿 m^3 , 呈快速增长态势(见图 1)。至 2011 年年底致密气累计探明地质储量为 3.3 万亿 m^3 , 已占全国天然气总探明地质储量的 40%; 可采储量 1.8 万亿 m^3 , 约占全国天然气可采储量的 1/3。2011 年致密气产量达 256 亿 m^3 , 约占全国天然气总产量的 1/4, 成为我国天然气勘探开发中重要的领域^[1]。

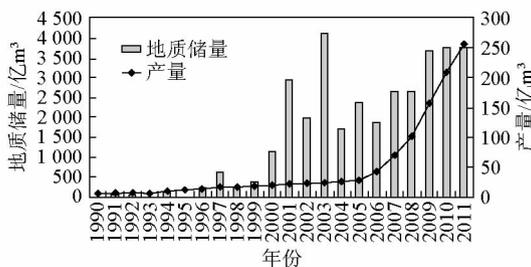


图 1 1990—2011 年我国致密气地质储量、产量增长形势图

Fig. 1 Geological reservoir and production growth trend of tight gas in China

2.1.2 资源潜力很大

资源调查表明, 我国致密气重点分布在鄂尔多斯和四川盆地, 其次是塔里木、准噶尔和松辽盆地, 约占资源总量的 90%。采用类比法, 初步评估我国致密气技术可采资源量为 10 万亿 m^3 左右^[2], 目前累计探明率仅 18%, 加快勘探开发进度, 仍具有很大潜力。

2.1.3 关键技术已基本过关

近年来, 借鉴世界致密气开采的关键技术, 包括直井、丛式井、水平井分段压裂技术, 我国致密气开发技术取得长足进步。随着大型压裂改造技术的进

[收稿日期] 2012-04-15

[基金项目] 中国工程院重大咨询研究项目“我国非常规天然气开发利用战略研究”(2011-ZD-19-2)

[作者简介] 邱中建(1933—), 男, 四川广安市人, 中国工程院院士, 长期从事油气地质勘探和石油天然气发展战略研究;

E-mail: dengst@petrochina.com.cn

步和规模化应用以及生产组织运行管理模式的创新,单井产量大幅提高,成本大大降低,有力地促进了鄂尔多斯盆地上古生界、四川盆地川中须家河组等一批大型致密气田的商业性开发利用。在鄂尔多斯盆地苏里格地区成功开发的经验表明,早期天然气几乎完全不能动用,单井产量极低,一般无自然产能;引入市场化机制后,在中国石油天然气集团公司长庆油田主导下,其他油气田企业、相关技术服务企业和大量民营企业进入,大大调动了甲、乙方的积极性,科技攻关不断取得突破。经过压裂改造,单井产量达到日产1万~2万 m^3 ,开发产能迅速提升^[3]。以苏里格气田为例,共投产2 681口气井,平均单井日产量1万 m^3 ,生产动态表明,单井稳产4年,平均单井累产可达到2 300万 m^3 。2011年苏里格气田产量达到121亿 m^3 ,储量动用程度逐步提高^[4]。总体而言,有序监控下的市场化机制促使我国致密气开采效果有突破性进展。

2.1.4 全面动用致密气地质储量的能力较差

我国致密气具有大面积分布的特点,但由于当前的天然气价格未到位,我国全面动用致密气的能力还较差。以苏里格地区为例,按照直井单井产量划分,大于2万 m^3/d 的为I类气,1万~2万 m^3/d 的为II类气(包括1万 m^3/d),0.5万~1万 m^3/d 的为III类气,小于0.5万 m^3/d 的为表外气,前三类气的储量占到60%,第四类气的储量达到40%(见表1)^[5]。目前,苏里格地区主要动用的是I类气和II类气的一部分,III类气和表外气的储量基本没有动用,主要原因是在现行天然气价格体系下,开发成本偏高,产出投入比较小,经济效益很差,甚至亏损。

总体上,我国致密气资源品位差异较大,全面动用我国致密气资源的能力还较差。较好的致密气资源,如长庆油田苏里格地区I类气,目前开发具有一定的经济效益。II、III类气和表外气资源开发的关键难点是资源品位差、开发成本高、核心技术需要持续攻关。

表1 苏里格地区致密气资源类型(按单井产量)

Table 1 Resource types of tight gas in Sulige area (production of each well)

	I类	II类	III类	表外
直井产量/ (万 $m^3 \cdot d^{-1}$)	>2	1~2 (包括1)	0.5~1	<0.5
储量比例/%	24	22	14	~40

2.2 我国页岩气发展的关键因素

中国工程院、国土资源部、国家能源局、中国石

油天然气集团公司、中国石油化工集团公司、中国海洋石油总公司等单位均就页岩气开展了相关工作。普遍认为,我国页岩气勘探开发尚处于起步阶段,目前已成立国家级页岩气实验中心和若干国家级试验区,进行攻关试验。总体而言,我国页岩气已引起足够的重视,具备大力发展的舆论和社会环境。

2.2.1 我国暗色页岩沉积规模很大

我国暗色页岩沉积规模很大,主要体现在:

a. 面积大,在我国西部塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、柴达木盆地、吐哈盆地、准噶尔盆地、羌塘盆地,东部渤海湾盆地、松辽盆地和南方大部分盆地均有暗色页岩分布;b. 类型多,柴达木盆地、吐哈盆地、准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地和松辽盆地为陆相和海陆过渡相页岩,塔里木盆地、南方盆地和羌塘盆地主要为海相页岩;c. 厚度大,我国各主要沉积盆地烃源岩累计厚度均达数百米以上,这些烃源岩具备富气页岩基本特征。

采用类比法评价表明,我国页岩气技术可采资源量为10万亿 m^3 左右^[2]。其中,我国稳定区海相页岩气资源量达7.5万亿 m^3 。这一资源量评估较为保守,随着勘探程度的增加,资源量可能还会增大。但从可靠程度来看,美国页岩气技术可采资源量为18万亿 m^3 ,有约10万口页岩气井的资料支撑,我国页岩气资源量可靠性显然较差,不确定性因素较多。即使与我国致密气可采资源量相比,因为我国有大量的致密气井,有规模化的采气区,致密气可采资源量也比页岩气可采资源量相对可靠一些。

2.2.2 我国海相页岩气特征

我国海相页岩产气层位主要以古生界较老岩层为主,经历了较长的地质演化历史。与美国海相页岩相比较,在有机质含量、有效厚度、脆性矿物含量等方面基本相当。但我国海相页岩普遍具有埋藏深度大、成熟度高、含气性偏低、资源丰度偏低的特点。此外,我国海相页岩大部分比较破碎,部分页岩已出露地表,保存条件较差。按照其特征可以分为稳定区海相页岩和破碎区海相页岩。稳定区海相页岩与已知的页岩气产区有较大的相似性,但破碎区的海相页岩含气性需要进一步勘探工作验证。

2.2.3 我国陆相页岩与海陆过渡相页岩的潜力

我国海陆过渡相页岩分布范围也较大,主要为华北地区,鄂尔多斯、准噶尔、塔里木等盆地的石炭二叠系地层所分布的厚层页岩。这些页岩均经历了较长的地质演化,受后期改造影响较大。以鄂尔多

斯盆地为例,海陆过渡相烃源岩对致密气形成贡献很大,如考虑滞留烃源岩内部的天然气,鄂尔多斯盆地海陆过渡相页岩气资源量将相当大。

我国陆相页岩主要是中生代厚层烃源岩,在各中生代沉积盆地中均有分布。由于这类页岩形成时间较晚,热演化程度低,大部分在凹陷中心部分达到生气门限。在一些热演化程度较高的盆地,如四川盆地,陆相页岩也可大量生烃。

目前,我国对海陆过渡相和陆相页岩的研究已经开始起步,并有重要发现。济阳凹陷、泌阳凹陷等地区的陆相页岩油的试验,四川地区侏罗系、三叠系的陆相页岩气和致密油试验均取得很好效果,显示了很好的潜力和前景^[6]。

2.2.4 我国页岩气经济规模开发需要大力开展技术攻关

我国页岩气开发目前处于起步阶段,面临的问题很多。当务之急是根据我国页岩特征,在借鉴国外成熟技术基础上,开辟相当数量的先导试验区,大力开展技术攻关,尽快实现页岩气经济规模开发。这些核心技术包括三维地震精细勘探、页岩的全方位地质评价、压裂过程中的人工微地震检测、井场钻完井、测试、分段压裂的规模施工和工厂化运行、气井投入生产后的递减规律研究等,要在不同的试验区进行有针对性的技术攻关,取得成效后尽快推广。

我国南方海相页岩地区,大部分地形崎岖陡峭,大规模压裂施工难度很大;另外,有些地区严重缺水。中生代陆相页岩和海陆过渡相煤系地层中粘土矿物含量较高,也严重考验水力压裂。

因此,我国页岩气的经济规模开发,要立足于自身特点,根据地面、地下的特征,创新性地技术攻关,取得实效。

3 我国致密气和页岩气的发展路线

3.1 致密气现实性最好,是发展非常规天然气的领头羊,具备优先加快发展的条件,应尽快形成规模产量

3.1.1 以鄂尔多斯、四川、塔里木等盆地作为重点,加快致密气探明储量和增加产量的步伐

鄂尔多斯盆地上古生界致密气探明储量和产量逐年大幅增加,是致密气快速发展的基础和保障;川中地区须家河组气藏分布较为复杂,2006—2011年累计探明储量近6 000亿 m^3 ,但2011年产量仅15亿 m^3 ,若加快增产步伐,有望成为致密气产量的重要增长区;塔里

木盆地库车地区深层白垩系致密气资源潜力大,是增储上产的重要地区,同时,库车地区侏罗系致密气资源近期也有大的突破,应积极勘探。另外,塔里木盆地东部志留系致密砂岩普遍含有大量的天然气,并有工业气井,是一个不可忽视的地区。

3.1.2 把火山岩天然气纳入致密气范围,加快发展准噶尔及松辽盆地的火山岩天然气及致密气

准噶尔盆地侏罗系致密气资源潜力丰富,具有5 000亿 m^3 规模的可采资源量,最近几年还在准噶尔盆地的东部火山岩中发现大量的天然气,以克拉美丽火山岩气田为例,储层渗透率都很低,应当归属致密气的范畴。松辽盆地白垩系致密气具有1万亿 m^3 规模的可采资源量。同时,在松辽盆地的北部和南部,徐家围子及长岭地区发现大量火山岩天然气,岩性也非常致密,应纳入致密气的范畴共同加快发展。

3.1.3 积极勘探开发吐哈、渤海湾和柴达木盆地的致密气

吐哈、渤海湾和柴达木盆地的致密气勘探开发应积极进行,争取紧跟鄂尔多斯、四川、塔里木等主要致密气区的勘探开发,尽快实现规模上产。

3.1.4 政策扶持

我国致密气完全动用难度很大,主要原因是关键技术尚需进一步攻关,对于难以动用的储量,高投入产生的高成本与气价不匹配,完全没有经济效益。因此,在科技攻关的同时,需要国家政策扶持,尽快推动气价改革到位,使致密气储量尽可能多地动起来。此外,国家应通过优惠政策扶持来促进科技攻关。如科技攻关相关进口仪器的税收优惠、将前期研究和勘探费用冲抵部分上缴税费、免交探矿权和采矿权使用费、适当减免企业所得税、对新技术和新工艺的研发费用参照煤层气税费优惠政策等。

3.2 页岩气发展前途光明,但需要踏实工作,尽快实现页岩气经济规模开发

3.2.1 以四川及附近地区海相页岩为重点,开拓若干先导试验区,大力进行技术攻关,是第一要务

四川盆地及附近地区海相页岩与美国海相页岩具有较好的可比性,应作为重点地区开展页岩气勘探开发的先导试验,一方面检验美国成熟技术在我国适用程度,另一方面对关键技术、管理模式、经营方式等进行全方位的试验,使尽快实现经济规模开发成为可能。

3.2.2 加快页岩气勘探开发,需要市场化机制

加快我国页岩气勘探开发,需要调动各方积极

因素。美国页岩气大发展的经验表明,中小企业是开发页岩气的主力军。目前,国家设立页岩气为独立矿种,享有单独矿权,允许民营资本进入,对页岩气开发是一大积极因素。市场化以后,人才非常重要,可考虑直接从国外引进和自身培养相结合的方式,尽快完成人才队伍的建设。此外,页岩气开发的市场化机制要进行有效地管理,要有监督、进入和退出机制,总结煤炭、稀土等资源型行业市场化以后的经验和教训,保证市场化机制的高效、有序、健康运行。

3.2.3 政策扶持

我国页岩气勘探开发能否开局良好和健康发展,政策扶持非常重要。对我国页岩气勘探开发的政策扶持应注重3个方面:a. 价格补贴,国家应尽快推动并落实天然气价格改革方案,同时,对于页岩气在市场定价基础上,再给予一定的政策补贴;b. 税费减免,页岩气实现规模开发以前,将前期研究和勘探费用冲抵部分上缴税费,免交探矿权和采矿权使用费,页岩气规模开发出现盈利后,前若干年免征企业所得税,对增值税实施先征后返或即征即返,页岩气新技术、新工艺研发费参照煤层气税费优惠政策;c. 设立国家重大科技专项,推动页岩气工程技术与设备配套发展。

4 我国致密气和页岩气的发展前景

美国非常规天然气发展的经验证明,致密气和页岩气是非常规天然气的两个最重要的增长极。我国致密气关键技术已基本过关,部分地区致密气已建成规模产能,应加快发展。页岩气处于起步阶段,正在加紧试验和技术攻关,若攻关顺利,在未来20年将形成规模产能。

4.1 我国致密气发展三步走设想

我国致密气已经建成规模产能,应分步实施,加快发展。第一步,“十二五”期间加快鄂尔多斯、四川、塔里木三大气区的上产步伐,同时全面加强准噶尔、松辽、吐哈、渤海湾和柴达木等盆地致密气勘探,落实可利用资源,发展完善勘探开发配套技术,2015年全国致密气产量达到500亿 m^3 ;第二步,“十三五”期间在主要盆地全面实现致密气大规模开发利用,形成系统配套、高效、低成本的技术体系,进入产量增长高峰,2020年致密气产量达到800亿 m^3 ;第三步,2020年以后致密气产量稳定增长,2030年产量达到1000亿 m^3 。

4.2 我国页岩气发展三步走设想

我国页岩气勘探开发利用处于起步阶段,由于

能源供需缺口的增大,决定了我国页岩气勘探开发必须加快进行,应按照三步走的模式来发展。第一步,“十二五”期间以四川盆地海相页岩气为重点,开辟若干先导试验区,初步形成适合我国特点的页岩气勘探开发关键技术和经济有效开发方式,同时加强全国页岩气资源落实和有利区优选,2015年形成10亿 m^3 左右页岩气工业产量;第二步,“十三五”期间全面突破南方海相页岩气,落实页岩气核心开发区,形成先进适用的勘探开发配套技术与装备,实现页岩气规模开发利用的起步,并探索陆相和海陆过渡相页岩气开发技术,2020年页岩气产量达到100亿 m^3 ;第三步,2020年以后形成高效、低成本、环境友好的页岩气勘探开发配套技术,产量快速增长,2030年页岩气产量达到600亿 m^3 左右。

5 我国致密气和页岩气发展的战略意义

2011年我国一次能源消费总量34.8亿t标准煤当量,煤炭占总消费量的70%。天然气的消费量1185亿 m^3 ,折合约1.58亿t标准煤当量,仅占总消费量的4.5%。我国致密气、页岩气和煤层气等非常规气资源非常丰富,如果政策引导得好,通过常规气和非常规气并重加快发展,到2020年,我国天然气年总产量有望达到2300亿 m^3 ,其中,常规气1100亿 m^3 ,非常规气可快速增长至1200亿 m^3 (包括致密气800亿 m^3 ,煤层气300亿 m^3 ,页岩气100亿 m^3),占国产天然气总量的52%,成为国产天然气的主体(见表2)。从消费情况来看,2020年进口天然气约1500亿 m^3 ,消费总量约3800亿 m^3 。若按我国2020年一次能源消费总量43亿t标准煤当量计算,天然气在一次能源消费结构中比重有望超过10%(见表3),成为真正的支柱性能源产业。继续发展,2030年左右,预计我国常规和非常规天然气合计年产量有望达到3800亿 m^3 ,其中非常规气可达2300亿 m^3 (致密气1000亿 m^3 ,煤层气700亿 m^3 ,页岩气600亿 m^3),占国产天然气总量的61%(见表2)。加上进口气2500亿 m^3 ,总消费量约为6300亿 m^3 ,按2030年我国一次能源消费总量52亿t标准煤当量计算,天然气在一次能源消费结构中比例有望突破15%(见表3)。若保持石油消费比重基本不变,加上核能、水能及其他可再生能源的发展,煤炭在我国一次能源消费结构中的比重将明显下降,我国能源结构将发生重大改变。从生产角度看,按照上述产能,以2020年我国自产能源折

合 36 亿 t 标准煤当量计算,天然气在一次能源产量中的比重将占到 7.8%,2030 年按照自产能源折合

43 亿 t 标准煤当量计算,天然气在一次能源产量中的比重将突破 10%。

表 2 我国天然气产量发展设想表

Table 2 Assumption of production of natural gas in China

年份	天然气/亿 m ³	常规气/亿 m ³	非常规气/亿 m ³	非常规气比重/%	致密气/亿 m ³	煤层气/亿 m ³	页岩气/亿 m ³
2020	2 300	1 100	1 200	52	800	300	100
2030	3 800	1 500	2 300	61	1 000	700	600

表 3 我国天然气消费量设想表

Table 3 Assumption of consumption of natural gas in China

年份	国产气/亿 m ³	进口气/亿 m ³	总气量/亿 m ³	一次能源消费总量/亿 t 标准煤	占一次能源比例/%
2020	2 300	1 500	3 800	43	11
2030	3 800	2 500	6 300	52	15

我国致密气和页岩气的快速发展,必将推动天然气的生产和消费^[7]。天然气产能的提升,不仅加快了我国自身天然气产业的发展,还将使我国在天然气进口和碳排放谈判上掌握更多主动权,改善我国能源安全状况,为我国经济社会健康发展创造良好条件。随着以致密气、页岩气、煤层气为代表的非常规天然气的快速发展,以及进口天然气的大量进入,我国天然气总消费量快速增长,天然气必将成为改善我国长期以煤为主的能源结构的生力军。

[2] 邱中建,邓松涛.中国非常规天然气的战略地位[J].天然气工业,2012(1):1-5.

[3] 杨 华,刘新社,孟培龙.苏里格地区天然气勘探新进展[J].天然气工业,2011(2):1-8.

[4] 冉新权,何光怀.关键技术突破 集成技术创新 实现苏里格气田规模有效开发[J].天然气工业,2007(12):1-5.

[5] 中国工程院.我国页岩气和致密气资源潜力与开发利用战略研究[R]. 2012.

[6] 马永生,冯建辉,牟泽辉,等.中国石化非常规油气资源潜力及勘探进展[J].中国工程科学,2012,14(6):22-30.

[7] 邱中建,赵文智,胡素云,等.我国天然气资源潜力及其在未来低碳经济发展中的重要地位[J].中国工程科学,2011,13(6):81-87.

参考文献

[1] 杨 涛,张国生,梁 坤,等.全球致密气勘探开发进展及中国发展趋势预测[J].中国工程科学,2012,14(6):64-68.

Development prospect and strategic significance of tight gas and shale gas in China

Qiu Zhongjian¹, Zhao Wenzhi², Deng Songtao¹

(1. China National Petroleum Corporation, Beijing 100724, China; 2. Petrochina Exploration & Production Company, Beijing 100007, China)

[Abstract] Based on resource, technology and actuality, the critical factors of the development of tight gas and shale gas are discussed. The development graph from quality and types of resource and foreground of “three-step development” are presented. The development of tight gas and shale gas will help to improve the quality of China’s energy structure and ensure the safety of energy demands.

[Key words] tight gas and shale gas; critical factors; development graph; energy security; energy structure