

# 中国页岩气资源潜力及其在天然气 未来发展中的地位

赵文智<sup>1</sup>, 董大忠<sup>2</sup>, 李建忠<sup>2</sup>, 张国生<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探与生产分公司, 北京 100007; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

[摘要] 中国页岩气勘探已在四川、鄂尔多斯等盆地及重庆、云南、贵州、湖南等地区获得发现,证实具有良好资源前景。依据最新资料,落实了稳定区面积、集中段厚度、可采资源丰度、含气量等资源评价关键参数,采用3种方法预测了我国页岩气可采资源量及分布。借鉴美国典型页岩气区发展经验,采用多种方法预测了我国页岩气未来达到的产量规模和发展路线图,明确提出了页岩气在我国未来天然气发展中的地位和作用。

[关键词] 页岩气;资源潜力;天然气;未来发展;地位

[中图分类号] TE8 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)07-0046-07

## 1 前言

中国石油与天然气供给的对外依存度在不断攀升。据国家发展和改革委员会(简称国家发改委)统计,2011年中国石油对外依存度超过了56%,天然气在一次能源消费构成中的比例也接近5%,其对外依存度已上升到了24%。当前,中国正在采取有效措施,加快非常规天然气资源的勘探开发,以进一步遏制石油和天然气资源的进口。

页岩气是一种清洁、优质的化石能源,产自富有机质页岩为主的沉积岩系。北美对页岩气的开采利用已经改变了北美区域能源供给格局,并正对全球能源结构产生着重大影响<sup>[1]</sup>。2005年以来,中国相继开展了页岩气形成条件与富集规律、资源潜力与有利区带评价等前期研究,并在四川盆地、渤海湾盆地等广泛进行了资源调查和工业化勘探开发先导性试验<sup>[2]</sup>。目前,已经在古生界海相、中生代陆相页岩地层中发现了工业性页岩气流,成为全球除北美以外地区率先实现页岩气工业突破的国家,标志着中国在页岩气资源开发利用上迈出了重要的一

步,未来将进入关键发展期。

据中国工程院、国土资源部、中国石油天然气集团公司(简称中国石油)、中国石油化工集团有限公司(简称中国石化)等机构预测,中国页岩气资源有着较为良好的发展前景,有效勘探开发页岩气将会加快提高天然气在中国一次能源消费结构中的比重,保障中国能源安全供给,改善中国能源结构。为此,探索中国页岩气资源潜力与未来发展地位具有重要意义。

## 2 中国页岩气资源基础

### 2.1 形成领域广、类型丰富

中国大陆处于太平洋、印度和西伯利亚等板块交汇处,成盆演化体系复杂,早古生代发育海相地层沉积,晚古生代—中生代发育过渡相与湖相煤系页岩沉积,同时中生代还发育湖相页岩沉积<sup>[3]</sup>。上述3种环境下发育的富有机质页岩沉积共同构成了页岩气资源形成的基本地质条件。中国工程院2011年“中国页岩气和致密气资源潜力与开发利用战略研究”项目成果认为,中国页岩气勘探开发领

[收稿日期] 2012-04-06

[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] 赵文智(1958—),男,河北昌黎县人,教授级高级工程师、博士生导师,长期从事石油地质综合研究;

E-mail: zwz@petrochina.com.cn

域广泛,但不同地质发展演化阶段、不同类型沉积盆地不仅直接控制了富有机质页岩的发育与分布,也直接影响着页岩气资源潜力。

中国海相页岩主要发育在前古生代及早古生代,分布于华北、南方、塔里木和青藏4个地区。早古生代形成了多套海相富有机质页岩,如南方地区古生代海相富有机质页岩有(见图1)<sup>[2-9]</sup>:下寒武

统的筇竹寺组页岩( $\epsilon_{1q}$ )、中—上奥陶统的大乘寺—五峰组页岩( $O_{2-3d-w}$ )、下志留统龙马溪组页岩( $S_{1l}$ )、中—上泥盆统印堂—罗富组( $D_{2-3y-l}$ )页岩和下石炭统旧司组( $C_{1j}$ )页岩。中国海相页岩分布范围广,厚度大,高总有机碳(total organic carbon, TOC)含量页岩段发育,热成熟度高,微—纳米级孔隙丰富,脆性矿物含量高,页岩气成藏条件优越。

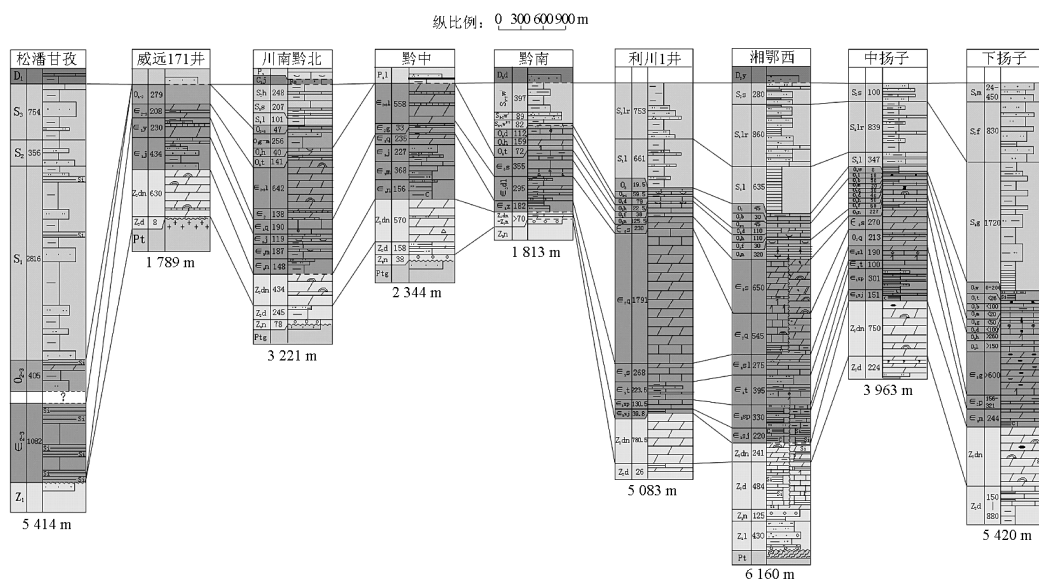


图1 中国南方地区下古生界页岩地层对比图

Fig 1 Strata correlation of the lower Palaeozoic shale formation of the South China

海陆过渡相—煤系页岩在中国南方、陕甘宁、西北等地区广泛发育<sup>[8,9]</sup>。研究表明,四川盆地的上三叠统须家河组和二叠系、南方地区的上二叠统龙潭组、渤海湾和鄂尔多斯盆地的石炭—二叠系、西北地区的侏罗系等海陆过渡相与陆相煤系页岩面积大、有机碳含量高、有机质类型以III型干酪根为主,热演化程度适中, $R_o$ (镜质体反射率)为0.6%~2.5%,处于生气阶段,部分处于生气高峰期。因此,煤系页岩可能成为中国页岩气勘探开发的重要领域。

中国中生代盆地多为陆相沉积,深湖和半深湖相形成了丰富的富有机质泥页岩,成为盆地的主力烃源岩<sup>[8,9]</sup>。现阶段多数湖相泥页岩正处于大量生油期,仅在埋深较大的凹陷内部进入生气阶段。因此,湖相泥页岩中页岩油和页岩气并存,纵向上具有“上油下气”、横向上具有“边油中气”展布特点。渤海湾盆地沙河街组、松辽盆地的青山口组、鄂尔多斯盆地延长统、四川盆地侏罗系可能具备形成一定

规模湖相页岩气的地质条件。

综上所述,中国陆上富有机质页岩类型多,时代广,分布范围大,具备页岩气形成的良好物质基础。页岩气勘探开发领域广泛,只要成气地质条件合适,未来勘探发现潜力也会比常规油气更大。

## 2.2 页岩气资源丰富

早在20世纪60年代,中国就在四川盆地发现了页岩气<sup>[3,7]</sup>。随着北美地区页岩气资源的大规模开发利用,页岩气资源已得到中国政府和企业的高度重视,不仅开展了广泛的形成与富集理论研究和全国性的资源战略调查与评价,也在不同地区进行着资源勘探开发先导性试验和关键技术攻关。2010年中国页岩气勘探在南方古生界海相页岩中率先实现突破,在四川盆地、鄂尔多斯盆地陆相页岩中获得重要发现,证实了页岩气资源广泛存在,显示出良好的发展前景。

自2009年以来,许多学者与机构从不同角度对中国页岩气资源开展了预测(见表1)。结果表明中

国页岩气资源丰富,其地质资源量为30万亿~166万亿 $m^3$ ,技术可采资源量为7万亿~45万亿 $m^3$ 。

该预测结果反映中国页岩气发展具有较好的资源基础。

表1 中国陆上页岩气资源量预测统计表

Table 1 Statistical list of resources prediction of onshore shale gas in China

年份	机构与专家	范围	预测结果/(万亿 $m^3$ )			
			地质资源量		技术可采资源量	
			区间值	期望值	区间值	期望值
2009	中国石油勘探开发研究院董大忠、程克明等	全国陆上	86~166	100	15~32	20.0
2010	中国石油勘探开发研究院李建忠、王社教等	全国陆上	—	—	15.1~33.7	24.5
2010	中国石油勘探开发研究院邹才能等	全国陆上	—	—	15~20	—
2010	中国石油勘探开发研究院刘洪林等	全国陆上	—	—	21.4~45	30.7
2010	中国地质大学(北京)张金川等	全国陆上	—	—	15~30	26.5
2010	中国工程院邱中建等	全国陆上	—	—	18~29	10.0
2011	国土资源部油气战略中心张大伟、李玉喜等	全国陆上	—	—	—	31.0
2011	中国石油勘探开发研究院董大忠、王社教等	全国陆上	—	—	12~18	15.0
2011	中国石油勘探与生产分公司赵文智等	全国陆上	—	—	7~10	—
2011	中国工程院邱中建等	全国陆上	—	—	9~12	10.0
2011	美国能源局(Energy Information Agency, EIA)	四川、塔里木	—	144.4	—	36.1
2012	国土资源部油气战略中心	全国陆上	—	134.4	—	25.1

### 2.3 页岩气资源主体在海相

2011年中国工程院开展的“中国非常规天然气开发利用战略研究”重大咨询研究项目进一步加强了我国海相页岩气资源潜力评价。通过中美页岩气地质与勘探开发条件类比,厘定了中国页岩气形成与富集条件;通过富有机质页岩基础图件编制,落实有利页岩气与核心区分布范围;把有限的单井资料与地质分区结合,实现了由点到面/由点到类的总体评价,保证评价的客观性;做好与美国产气页岩的类比,保证评价数量级的准确性。按表2所列的条件与标准,系统落实了有利海相页岩气区范围(稳定区面积与深度)、富有机质( TOC > 2 % )页岩厚度(集中段厚度与连续分布范围)、成熟度、页岩含气量地层压力系数等关键参数,采用专家问卷调查法、类比法、含气量法等多种方法重点评价了海相页岩气,概略评价了海陆过渡相—煤系和湖相页岩气,并对预测结果进行特尔菲法综合,获得较为客观、准确的页岩气技术可采资源量。

专家问卷调查法中,共获得了19位中国油气行业及近年来对中国页岩气做了大量研究的专家的预测(见表3)。对19位专家的预测结果经加权计算得页岩气技术可采资源量为8.3万亿~16.1万亿 $m^3$ ,期望值为10.5万亿 $m^3$ 。类比法中,页岩气资源丰

表2 中国页岩气形成与富集有利区评价条件与标准

Table 2 Advantageous conditions and standard of shale gas formation and enrichment in China

评价条件	有利区标准	意义
富有机质页岩面积/ $km^2$	> 50	烃源岩质量与有效范围
有机碳( TOC )/ %	> 2.0	
成熟度( $R_o$ )/ %	> 1.1	
石英等脆性矿物量/ %	> 40	储层质量
粘土矿物含量/ %	< 30	
孔隙度/ %	> 2	潜力与前景
页岩含气量/( $m^3 \cdot t^{-1}$ )	> 2	
地层压力	超压或常压	生产方式与产能
富有机质页岩连续厚度/ m	> 30	
页岩埋深( $H$ )/ m	$800 < H < 4\ 500$	
保存条件	改造程度低	
地表条件	有利	

度既参考了美国页岩气可采资源丰度(0.32亿 $m^3/km^2$ , EIA, 2011)<sup>[1,10,11]</sup>,也研究了四川盆地蜀南地区页岩气资源丰度(0.30亿 $m^3/km^2$ )。类比法预测中国海相页岩气技术可采资源为7万亿~8万亿 $m^3$ ,期望值为7.5万亿 $m^3$ 。含气量法中,页岩含气量取值依据四川盆地及周边井下岩芯实测数据,剔除构造影响,按分布频率综合确定。筇竹寺组页岩含气量主体为1.5~3.5 $m^3/t$ ,龙马溪组页岩含气量主体为2.0~4.0 $m^3/t$ ,含气量综合取值

2.3 m<sup>3</sup>/t,由此预测的海相页岩气技术可采资源为9 万亿~11 万亿 m<sup>3</sup>,期望值为 10 万亿 m<sup>3</sup>。

表 3 中国油气专家对中国页岩气资源预测结果表

Table 3 Prediction list of shale gas resources in China made by Chinese experts

序号	预测专家	亿万 m <sup>3</sup>			
		地质资源量		技术可采资源量	
		区间值	期望值	区间值	期望值
1	胡见义	—	—	—	8
2	翟光明	—	—	8~15	10
3	康玉柱	—	100	—	—
4	邱中建	—	—	9~12	10
5	高瑞祺	25~60	43	5~12	8.5
6	查全衡	40~120	100	4~12	10
7	顾家裕	—	50	5~15	10
8	宋建国	—	50	—	5
9	王庭斌	—	—	5~15	7.5
10	赵文智	—	—	8~15	10
11	马新华	20~30	—	4~6	—
12	邹才能	—	—	15~20	—
13	龙胜祥	60~150	100	12~30	20
14	乔德武	50~120	—	—	—
15	吴国干	50~100	80	16~30	20
16	李建忠	55~80	60	8~14	10
17	潘仁芳	30~80	60	10~20	15
18	张国生	—	—	6~11	8
19	王社教	—	—	8~15	12
加权综合		45~80	60	8.3~16.1	10.5

对上述预测结果进行蒙特卡洛概率综合(见表4),中国页岩气技术可采资源量为9.2 万亿~11.8 万亿 m<sup>3</sup>,期望值为 10 万亿 m<sup>3</sup>。其中海相页岩气技术可采资源量为7.5 万亿 m<sup>3</sup>,煤系页岩气技术可采资源量为2.2 万亿 m<sup>3</sup>,湖相页岩气技术可采资源量为0.3 万亿 m<sup>3</sup>。中国页岩气资源以海相为主(主要

分布在南方地区),占 75 %;煤系和湖相页岩气资源(以上扬子、华北地区为主)仅占 25 % (见图2)。需要说明的是文章对中国页岩气技术可采资源的预测,除考虑技术条件外,还考虑了部分经济因素,因此,为介于技术资源与经济资源间的一个预测结果。

表 4 中国页岩气技术可采资源总量测算表

Table 4 Prediction list of technical recoverable resources of shale gas in China

序号	预测方法	预测范围	亿万 m <sup>3</sup>	
			技术可采资源量	
			区间值	期望值
1	特尔菲法	全国陆上	8.3~16.1	10.5
2	类比法	海相页岩为主	7~8	7.5
3	含气量法	海相页岩为主	9~11	10
4	蒙特卡洛	全国陆上	9.2~11.8	10
综合结果				

综上所述,中国页岩气资源与煤层气、致密气等非常规天然气资源大体相当。海相页岩厚度大、分布面积广、有机质丰度高、有机质类型好,先导性试验已有多口井在四川盆地及周缘下古生界海相页岩层系获得工业气流,显示出良好的勘探开发前景。研究也发现海相页岩热演化程度高,在盆地内部埋深较大,经济成本及工程工艺技术的适应性将是海相页岩气有效勘探开发的重要因素;在盆地以外地区,海相页岩受多期构造活动的叠加改造,断裂发育程度、构造复杂程度与页岩气保存条件的有效性会成为海相页岩气富集的关键因素。

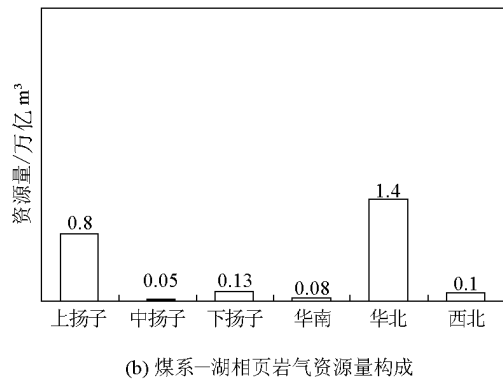
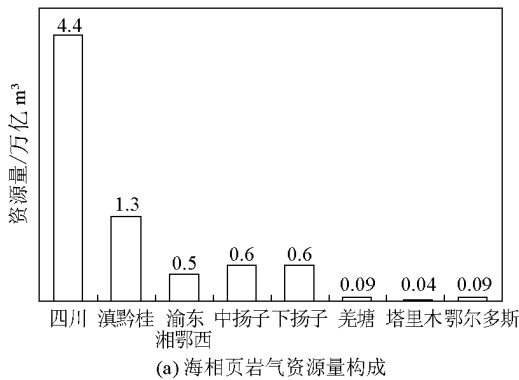


图 2 中国页岩气资源构成图

Fig. 2 Constitute map of the shale gas resources in China

### 3 中国页岩气未来发展前景

#### 3.1 发展刚刚起步,具有快速发展的潜力和良好前景

美国天然气的利用经历了先常规气、后非常规气的发展历程。美国的页岩气早在 1821 年就已发

现,但直到 2000 年页岩气产量才突破 100 亿 m<sup>3</sup> (实际为 112 亿 m<sup>3</sup>)。21 世纪初以来,随着水平井钻探及分段多级压裂技术的进步,美国页岩气勘探开发取得突破性进展,产量大幅度快速增长。2010 年页岩气产量达到了 1 378 亿 m<sup>3</sup>,占美国天然气总产量

的 23 %<sup>[1,12]</sup>。加上致密气和煤层气产量,2010 年美国非常规天然气产量已占总产量的 60 %,助推美国成为全球第一大产气国,改变了美国天然气供应格局,对世界油气供应格局产生了深远影响。在美国页岩气快速发展的影响下,全球掀起了一场“页岩气革命”,欧洲的德国、英国、法国、瑞典、奥地利与波兰,亚洲的中国与印度,大洋洲的澳大利亚与新西兰,非洲的南非等国家开始对本国页岩气资源进行前期研究与评价,其中中国、印度、新西兰已经取得了单井突破并进入试验性开采阶段。

同北美相比,中国页岩气勘探开发仅处于起步阶段。但自 2000 年以来,中国已进行了广泛的前期地质条件评价与全国页岩气资源潜力调查,并在多个地区不同类型页岩地层中进行了页岩气勘探开发先导试验。2009 年中国石油与壳牌 (Shell) 在四川盆地富顺—永川区块启动了第一个页岩气国际合作勘探开发项目,在四川盆地威远—长宁、云南昭通等地区率先开展了页岩气工业生产先导试验区建设。2010 年中国石化与英国石油公司 (BP) 合作开展贵州凯里、苏北黄桥等地区的页岩气前期评价。与此同时,国土资源部、石油企业及相关科研院所开展了中国扬子地区页岩气资源调查与选区评价示范区建设。据不完全统计(见图 3),至 2011 年中国已在四川、鄂尔多斯、渤海湾、沁水、泌阳等盆地,云南昭通、贵州大方、建南、铜仁等地区开展了页岩气钻探与水力压裂试气,完钻页岩气井 35 口(水平井 5 口),水力压裂试气井 14 口(水平井 2 口),获工业气(油)流井 11 口(水平井 1 口),初产过万立方米气井 7 口,尤其是阳 101 井(直井),其初始日产量达 6 万 m<sup>3</sup>,在四川盆地、云南昭通实现了古生界海相页岩气突破,在四川盆地、鄂尔多斯盆地实现了陆相页岩气突破,在泌阳盆地实现了陆相页岩油突破。总之,借鉴北美页岩气勘探开发经验,开展广泛国际交流与合作,中国页岩气勘探开发已见到好苗头,相信在国家政策扶持下,通过进一步加强基础研究和工程技术攻关,加大勘探开发先导试验,中国页岩气会得到更大发展,从而增强中国天然气开发利用规模,实现能源结构优化和环境质量改善。

### 3.2 未来发展产量规模预测

页岩气资源的勘探开发前景日益凸显,已引起人们的广泛关注,有效利用页岩气资源可以在较大程度上满足未来能源需求。据预测,未来全球页岩气产量将有较快速度的增长,如美国预测页岩气产

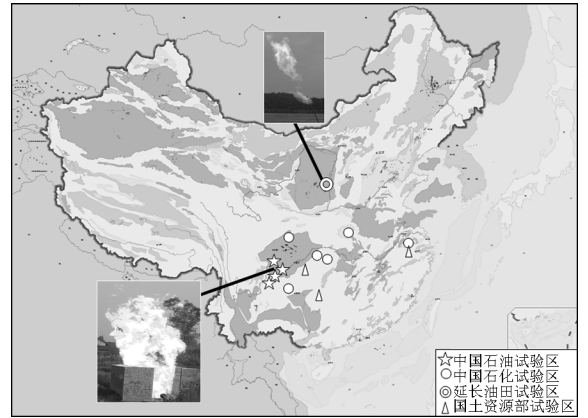


图 3 中国页岩气勘探开发形势图  
Fig. 3 Situation of exploration and development of shale gas in China

量将在 2035 年占其天然气总产量的 45 % 以上<sup>[1]</sup>。

关于中国页岩气未来发展规模,依据中国页岩气资源潜力,已有机构预测 2015 年页岩气产量规模有望达到 65 亿 m<sup>3</sup>,2020 年有望实现 800 亿 m<sup>3</sup>。研究中,按照美国页岩气前 20 年(1980—2000 年)平均年新增产量 5 亿 m<sup>3</sup>,后 10 年(2001—2010 年)平均年新增产量 90 亿 m<sup>3</sup> 的综合发展趋势,如果中国页岩气产量按稳产 20 年,采用 Pad 井场,每个井场钻 6 口水平井,可控制面积 3 km<sup>2</sup>,在不同单井产量规模下,核心区面积估算为:单井初始产量为 10 万 m<sup>3</sup>/d,最小页岩气核心区面积为 0.77 万 km<sup>2</sup>;单井初始产量为 8 万 m<sup>3</sup>/d,最小页岩气核心区面积为 0.96 万 km<sup>2</sup>;单井初始产量为 6 万 m<sup>3</sup>/d,最小页岩气核心区面积为 1.28 万 km<sup>2</sup>;单井初始产量为 5 万 m<sup>3</sup>/d,最小页岩气核心区面积为 1.53 万 km<sup>2</sup>。中国页岩气有利区面积为 25 万~30 万 km<sup>2</sup>,预计可以满足产量目标,即 2020 年达到 100 亿 m<sup>3</sup>、2030 年达到 600 亿 m<sup>3</sup>。

### 3.3 发展节奏预测

页岩气为典型的非常规气藏,要实现有效动用,工程工艺技术和规模化生产是关键。美国经过多年攻关,探索出一套先进的页岩气开采技术,主要有微地震监测技术、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。这些先进技术的规模推广应用不但大幅提高了页岩气单井产能,而且延长了页岩气井开采期限;规模化生产(即“井工厂”)方式的采用,缩短了钻井和压裂周期,有效降低了页岩气开采成本。中国页岩气勘探开发尚为起步阶段,发展基础与北美页岩气成熟

区相比有较大差距。因此,中国页岩气勘探开发不会一蹴而就,需要一定时间的探索与实践。未来中国页岩气勘探开发应采取“三步走”的发展思路,通过加强工程技术攻关和先导试验、引入市场机制和扶持政策等措施,扎实推进,尽早实现工业突破和大规模开发利用。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,初步形成适合中国特点的勘探开发关键技术和经济有效开发方式,同时加强全国资源落实和有利区优选,2015年形成10亿 $m^3$ 左右工业产量,实现工业化生产起步。第二步,“十三五”期间全面突破南方海相页岩气,落实核心开发区,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年产量达到100亿 $m^3$ 。第三步,2020年以后形成便捷、高效、低成本和环境友好的勘探开发配套技术,产量快速增长,2030年产量达到600亿 $m^3$ 左右。

## 4 页岩气在未来天然气发展中具有重要地位

### 4.1 页岩气发展将有效改善中国天然气利用比例过低的状况

页岩气成分以甲烷为主,不含硫化氢,相比其他天然气气质更好。众所周知,同等条件下,天然气排放的 $CO_2$ 为石油的67%,为煤的44%;与煤排放的污染物相比,灰分为1:148, $SO_2$ 为1:2700, $NO_x$ 为1:29。若考虑到煤炭开发利用的外部成本,页岩气将比煤炭更具竞争力。

未来发展中,随着勘探开发理论与技术突破,中国页岩气产量将快速增长,推动天然气消费量整体快速上升。2011年中国已成为全球第四大天然气消费国,但天然气在一次能源消费结构中的比例仍然不足5%,与世界平均水平23.8%相差较大,与亚太地区11.2%的平均水平相比差距也非常明显,具有进一步加大天然气消费量、提升消费比例的空间。页岩气的大规模开发利用必将能够促进中国天然气的大发展。

### 4.2 中国天然气需求旺盛,页岩气有望实现快速发展

2009年来美国天然气年产量突破6000亿 $m^3$ ,成为世界上最大的天然气生产国,基本实现自给,主要得益于页岩气的快速开发。自1993年中国成为石油净进口国之后,2011年对外依存度达到56%以上。中国天然气的情况也不容乐观,2005年也开

始进口。尽管中国天然气产量大幅度提高,但是需求量加大、对外依存度不断增加,2011年对外依存度超过了20%,预计将很快超过30%。因此,中国的能源安全问题十分严峻,积极开发中国天然气后备资源是当务之急。我国未来页岩气发展应以海相页岩气为重点,创新管理体制,调动各方面积极性,大力加强工业化先导试验,用5~10年时间,突破关键工程技术,实现规模开发利用。

## 5 结语

1) 中国发育海相、海陆过渡相和陆相三类富有机质页岩,页岩气技术可采资源量为9亿~12亿 $m^3$ ,其中海相页岩气最现实,煤系页岩气存在很大不确定性,湖相页岩气可能具有一定的资源潜力。

2) 中国页岩气基础研究与勘探开发先导试验刚刚起步,已见到好苗头,但大规模开发利用需要加强技术攻关和准备。预计2011—2020年将是我国页岩气发展的关键期,将进入技术试验、准备与工业化应用阶段,初步形成适合我国地质特点、低成本的页岩气开发技术,形成较为完善的有效开发方式。

3) 预计2020年前后我国页岩气年产量为100亿 $m^3$ 左右,实现工业化起步;之后进入快速发展阶段,2030年有望达到600亿 $m^3$ 。

4) 页岩气的发展将有效助推我国天然气的快速发展,提升天然气在一次能源结构中的比例,对改善能源结构、保障能源安全具有重要意义。

## 参考文献

- [1] EIA. World shale gas resources: an initial assessment of 14 regions outside the United States [EB/OL]. [2011-04-05]. [http://www.eia.doe.gov/dnav/ng/ng\\_prod\\_shalegas\\_sl\\_a.htm](http://www.eia.doe.gov/dnav/ng/ng_prod_shalegas_sl_a.htm).
- [2] 董大忠,程克明,王玉满,等. 中国上扬子区下古生界页岩气形成条件及特征[J]. 石油与天然气地质,2010,31(3):288-299.
- [3] 张金川,徐波,聂海宽,等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业,2008,28(6):136-140.
- [4] 梁狄刚,郭彤楼,陈建平,等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(一):南方四套区域性海相烃源岩的分布[J]. 海相油气地质,2008,13(2):1-16.
- [5] 梁狄刚,郭彤楼,陈建平,等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(二):南方四套区域性海相烃源岩的地球化学特征[J]. 海相油气地质,2009,14(1):1-15.
- [6] 陈波,兰正凯. 上扬子地区下寒武统页岩气资源潜力[J]. 中国石油勘探,2009,14(3):10-14.
- [7] 陈波,皮定成. 中上扬子地区志留系龙马溪组页岩气资源潜

- 力评价[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(3):15-19.
- [8] 邹才能,董大忠,王社教,等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(6):641-653.
- [9] 李玉喜,聂海,龙鹏宇,等. 我国富含有机质泥页岩发育特点与页岩气战略选区[J]. 天然气工业, 2010, 29(12):115-118.
- [10] 江怀友,宋新民,安晓璇,等. 世界页岩气资源与勘探开发技术综述[J]. 天然气技术, 2008, 2(6):26-30.
- [11] Ambrose R J, Hartman R C, Diaz C M. New pore-scale considerations for shale gas in place calculations[C]// SPE Unconventional Gas Conference. Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2010.
- [12] Rogner H H. An assessment of world hydrocarbon resources[J]. Annual Review of Energy and the Environment, 1997, 22:217-262.

## The resource potential and future status in natural gas development of shale gas in China

Zhao Wenzhi<sup>1</sup>, Dong Dazhong<sup>2</sup>, Li Jianzhong<sup>2</sup>, Zhang Guosheng<sup>2</sup>

(1. Petrochina Exploration and Development Company, Beijing 100007, China;

2. Petrochina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China)

[**Abstract**] Based on shale gas resource potential the paper studies the development conditions, volume of production, the future status of shale gas in natural gas development of China. It is showed that shale gas resources are rich in China. Shale gas has been found in Sichuan basin, Ordos basin, Nanyang basin, Chongqing City, Yunnan Province, Guizhou Province, Hunan Province, and other areas with average production of one well being more than  $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . A good development prospect of shale gas is showed in China. By many kinds of resources forecasting methods, the volume of shale gas technical recoverable resources is  $(9 \sim 12) \times 10^{12} \text{ m}^3$ . According to comprehensive development tendency of north American, exploitation ways of 20-year stable production, Pad drilling site, and advantageous exploitation area of  $(25 \sim 30) \times 10^4 \text{ km}^2$ , the producing rate of shale gas in China could be expected to  $100 \times 10^8 \text{ m}^3$  in 2020 and  $600 \times 10^8 \text{ m}^3$  in 2030. Shale gas development in China would occupy an important position of natural gas development in the future, and play an important role to improve the energy structure, ensure energy supply and promote a low carbon economic development.

[**Key words**] shale gas; resource potential; natural gas; future development; status