

文章编号: 025322697(2010)042068206

综述

## 中国页岩气研究现状与发展趋势

陈尚斌<sup>1,2</sup> 朱炎铭<sup>1,2</sup> 王红岩<sup>3</sup> 刘洪林<sup>3</sup> 魏伟<sup>3</sup> 罗跃<sup>1,2</sup> 李伍<sup>1,2</sup> 方俊华<sup>1,2</sup>

(1 中国矿业大学煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室 江苏徐州 221116; 2 中国矿业大学资源与地球科学学院 江苏徐州 221008;  
3 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007)

**摘要:** 借助维普中文科技期刊全文数据库,系统检索了中国页岩气的研究论文,分析了这百余篇论文的分布特征,归纳了研究机构、科研群体及基金资助等情况,综述了中国页岩气研究现状,探讨了未来其研究的走向和发展需求。研究结果表明:<sup>1</sup> 中国页岩气论文总数少,具有典型发展初期阶段分布特征,说明基础研究与勘探开发刚驶入一个全新的起步发展阶段,在未来一个较长时期,页岩气资源评价理论与方法将是研究的主要方向,地质基础研究工作必受重视,勘探试井及与之相关的产能模拟、压裂等增产开发措施研究也会逐步展开;<sup>2</sup> 基于地质条件、成藏要素及油气产区特殊条件的综合分析,四川盆地南部地区很可能会成为中国第一个页岩气勘探开发的先导性试验建设基地;<sup>3</sup> 在政策扶植和基金支持下,坚持科技攻关,开展多种合作,增进学术交流,促进人才培养,中国页岩气研究将迅速发展,并会较早结束探索阶段而逐步向商业化方向发展。

**关键词:** 页岩气; 论文分布特征; 研究现状; 发展趋势; 综述; 维普中文科技期刊全文数据库; 中国

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

## Research status and trends of shale gas in China

CHEN Shangbin<sup>1,2</sup> ZHU Yanming<sup>1,2</sup> WANG Hongyan<sup>3</sup> LIU Honglin<sup>3</sup>  
WEI Wei<sup>3</sup> LUO Yue<sup>1,2</sup> LI Wu<sup>1,2</sup> FANG Junhua<sup>1,2</sup>

- (1. Key Laboratory of Coalbed Methane Resources and Reservoir Formation Process of the Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;  
2. School of Resources and Earth Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou, 221008, China;  
3. Langfang Branch, PetroChina Exploration and Development Research Institute, Langfang 065007, China)

**Abstract:** With the aid of VIP Chinese sci&tech periodical full-text database, the present paper systematically searched for the research papers on shale gas in Chinese, analyzed the distribution characteristics of these over one hundred papers, summarized the research units, research groups and foundation sponsorships, etc. involved in shale gas researches, reviewed the current status of shale gas researches in China, and probed into the trend and development necessity of shale gas researches in the future. The results showed that firstly, shale gas papers in Chinese are characterized by a limited number and a typical distribution of the initial research, indicating an infancy for both the basic research and the exploration and development. Within a longer period of time in the future, the assessment theory and methods on shale gas resources will be the focus of the research, basic researches on geological analyses will be highlighted, and studies on the prospecting well testing and the related production and development measures including capacity simulation and fracturing will be gradually put on the agenda as well. Secondly, comprehensive analyses of geological conditions, reservoir elements and specific conditions of oil&gas provinces indicated that the southern region of the Sichuan Basin is more likely to be the first pioneering experimental area for shale gas exploration and development in China. Thirdly, the shale gas research in China will develop rapidly, end the exploring stage soon and trend to the commercial development progressively provided that the policy fostering and fund support are available, key problems in scientific and technological researches are solved via persistent efforts, varieties of cooperation are expanded, academic exchanges are enhanced and personnel training is promoted.

**Key words:** shale gas; paper distribution characteristics; research status; developing trend; review; VIP China sci&tech periodical full-text database; China

随着油气资源的日趋紧缺和对于能源安全的考虑,页岩气这一新能源已成为世界能源研究的热点

之一,而中国的页岩气研究与勘探开发尚处于探索起步阶段<sup>[12]</sup>。一个领域内论文的分布蕴含着丰富

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(No. 40730422)资助。

**作者简介:** 陈尚斌,男,1983年3月生,2009年获中国矿业大学硕士学位,现为中国矿业大学在读博士研究生,主要从事煤层气与页岩气地质学习和研究工作。E2mail: shangbinchen@163.com

的发展历程信息,并在一定程度上可预示其发展趋势<sup>[3]</sup>,因而分析中国页岩气论文产出特点,追踪研究机构和研究团队,对回顾其页岩气研究历程、分析研究现状、预测发展趋势均有裨益。笔者长期关注页岩气论文产出情况,所在科研团队也正在开展四川盆地南部页岩气综合地质评价攻关。为此,在利用维普中文科技期刊全文数据库对 1990 年以来中国页岩气论文进行系统检索基础上,归纳了论文在发表时间等方面的分布特征,总结了页岩气研究现状,并预测和展望了其未来产业发展的趋势及相关科学技术问题。

1 页岩气论文检索分析

利用维普中文科技期刊全文数据库系统检索结果显示,该数据库收录了 1990 年至今页岩气文献 108 篇(表 1)。

表 1 维普中文科技期刊全文数据库页岩气文献检索统计

Table 1 Literature search result of shale gas papers with VIP Chinese sc2tech periodical fulltext database

年 份	数量/ 篇			类别/ 篇				
	全部 期刊	重要 期刊	核心 期刊	翻译 评述	综述	地质 勘探	资讯 简报	其他
1990) 2000	7	1	1	7				
2001	1	1	0	1				
2002	1	0	0	1				
2003	5	4	3	4	1			
2004	4	3	2	1	1	2		
2005	0	0	0					
2006	5	3	2	2		3		
2007	9	8	4(1)	5	1	2	1	
2008	35	21	14(2)	11	4	8	8	4
2009*	41	28	27(9)	3	5	18	11	4
合计	108	69	53(12)	35	12	33	20	8

注: 2009 年数据截至 2009 年 10 月 15 日; 2007) 2009 年核心期刊数据括弧中为资讯简报类短文数。

1.1 论文总体分布特征

- (1) 中国页岩气论文近 20 年内总数极少, 年均仅约 6 篇, 与同为非常规天然气的中国煤层气文献年均 122 篇<sup>[3]</sup> 相差悬殊, 反映出中国页岩气研究程度很低。
- (2) 在论文类别分布方面, 翻译评述类所占比例最大, 为 32.1%, 综述类占 11.1%, 地质勘探类占 30.6%, 资讯简报类占 18.5%。即近一半论文属于翻译评述及综述类, 揭示出中国页岩气的研究尚处于起步探索阶段。自 2007 年以来, 论文数量和质量均有较大提高; 从 2009 年起, 地质勘探类论文数量显著增长, 体现出中国页岩气研究驶入了一个全新的起步阶段。

1.2 论文分布揭示的中国页岩气发展特征

学术论文的数量、质量以及学术交流活动的活跃

度在很大程度上反映一个学科或领域的研究进展。1990 年以来中国页岩气文献的分布体现出其页岩气研究具有典型初期阶段特征, 且以 2004 年出现地质勘探类文献为界分为两个阶段(图 1)。

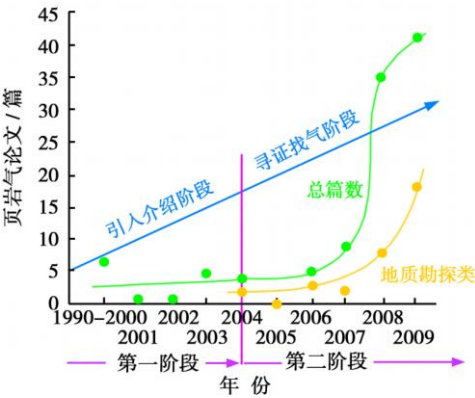


图 1 页岩气论文时序分布特征

Fig. 1 Temporal distribution of shale gas papers

第一阶段是引入介绍国外页岩气基础理论及勘探开发实践阶段。主要是国内部分学者和科研机构早期敏锐地跟踪国外研究状况, 并翻译评述, 对中国页岩气勘探开发起步工作产生了重要的启发作用。翻译评述的内容涵盖了基础理论、成功开采技术、增产措施和极少量的经济社会效益类文献。如 Curtis 的经典文章<sup>[45]</sup> 的翻译引入, 使更多学者全面了解到裂缝性页岩气系统及其在美国的生产、研究现状。

第二阶段是以寻找/ 证据0、框定资源、选择区域和验证目标为主的探索阶段, 这也是其他产业发展初期的典型特征<sup>[3]</sup>。将美国 5 套页岩特征<sup>[4]</sup> 与中国地质条件进行对比分析, 初步评估中国页岩气资源潜力和有利区<sup>[122, 411]</sup>。其研究内容覆盖了页岩气研究基础地质理论及勘探开发技术相关要素, 且着重体现在成藏机理、地质条件及关键性要素的对比分析上, 为选区评估奠定了基础。此外, 由中国石油勘探开发研究院设计实施的中国首口页岩气取心浅井))) 长芯 1 井在四川省宜宾市完成, 标志着中国页岩气研究确实步入了勘探开发研究的起步阶段。该阶段在页岩气地质研究上表现为寻证, 在勘探上表现为找气, 在开发试验上表现为摸索。总之, 是试图通过引进和消化国外相关理论与技术来解决中国的页岩气地质问题。因而, 今后一个相当长的时期, 必然是一个积累页岩气地质基本信息, 对全国页岩气资源及其分布规律、页岩气储层特性等一些页岩气地质核心问题展开大量工作和深入研究的阶段, 并逐步开展适合于中国页岩气地质特点开发技术的试验与探索, 以及从区域上开始对全国或区域页岩气产业发展战略展开思考。

11 3 论文的研究机构与学术团队

对页岩气论文的研究机构和学术团队进行归纳, 多家研究机构合作的情况较为普遍, 271 8% 的论文有多个科研机构的研究人员联合署名, 体现出起步阶段页岩气研究工作具有合作的特点。为分析方便, 有多家研究机构和人员联合署名发表的论文, 研究机构只统计前 2 位, 各计 1 篇, 作者统计前 3 位, 也各计 1 篇。由图 2 分析可见, 中国石油天然气集团公司系统(简称/中石油系统0)、高等院校和中国石油化工集团公司系统(简称/中石化系统0)是目前开展页岩气研究的主要机构, 且中石油系统具有绝对优势。具体来看, 中石油系统下属中国石油勘探开发研究院和高等院校中的中国地质大学优势显著。统计还表明, 近年来以张金川为学术带头人, 聂海宽和徐波等为主要成员的中国地质大学团队, 以董大忠和程克明为学术带头人, 李新景和王社教等为主要成员的中国石油勘探开发研究院团队, 以王红岩和李景明为代表的中国石油勘探开发研究院廊坊分院团队, 以及以潘仁芳为代表的长江大学团队等主要学术团队, 走在了页岩气研究队伍的前列。预计在未来研究中这些团队将会承担更多课题, 发挥更大作用, 因而及时追踪这些学术团队的科研成果能更好地把握页岩气在国内的研究进展。

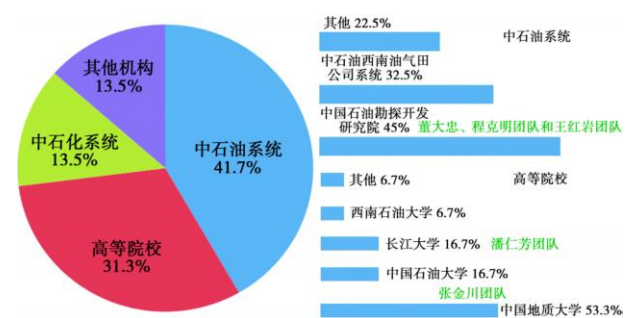


图 2 论文研究机构和学术团队分析

Fig. 2 Analysis diagram of papers research institutions and academic teams

11 4 论文的资金资助情况

对 2006 ) 2009 年核心期刊论文的资金资助情况统计表明(表 2), 近 4 年发表在核心期刊上的页岩气论文有 77% 受到过国家或企业相关基金的资助, 这充分体现了基金资助对科研产出的重要意义。从资助类型看, 国家主要通过国家重点基础研究发展规划(973)项目、国家高技术研究发展计划(863)项目、国家/ 十一五0科技支撑计划项目、国家重大科技专项、国家自然科学基金和博士后科学基金等诸多类型进行资助; 企业资助主要为中国石油天然气集团公司的重大专项、科技攻关项目, 对外合作非常规天然气技术攻关项目

表 2 2006) 2009 年核心期刊论文基金资助情况

Table 2 Statistical results of core journals papers fund in 2006) 2009

年 份	核心期刊 论文/ 篇	基金资助		资助类型/ 篇	
		论文/ 篇	比例/ %	国家	企业
2006	2	2	100	2	
2007	3	2	67	1	1
2008	12	8	67	5	3
2009*	18	15	83	7	8
合计	35	27	77	15	12

注: 多个基金资助时, 同类基金取级别较高者计算, 受两类基金资助取国家基金计算; 2009 年数据截至 2009 年 10 月 15 日。

和石油科技中青年创新基金项目等类型。若国家和企业的资助力度进一步增强, 会对页岩气研究注入更强劲的动力, 产出更多重要成果, 从而促进页岩气研究的良性发展。

2 中国页岩气研究与勘探开发现状

21 1 资源潜力评价

资源潜力评价首先面临的是评价方法的问题。同一个评价单元, 不同阶段采用了不同的评价方法, 由于其参数选择及权重等的不同, 导致评价结果出现较大差异。董大忠等<sup>[12]</sup>在介绍美国地质调查局提出的全含油气系统评价单元概念的基础上, 详细论述了主要的页岩气藏资源评价方法。但不管采用哪种方法, 页岩矿物组成和结构、有机碳含量、热成熟度、吸附气含量、有效厚度、基质孔隙及裂缝都是影响页岩气资源评价的关键因素。

目前, 对中国页岩气资源潜力的系统评价还较少。美国对中国页岩气地质储量的评估是 100 @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 与美国的储量大体相当<sup>[13]</sup>; 中国石油天然气集团公司在 2006 年初步评估威远和泸州两地区下寒武统筇竹寺组和下志留统龙马溪组页岩气资源为(61 8~ 81 4) @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup><sup>[14]</sup>, 李建忠等<sup>[1]</sup>初步估算四川盆地南部筇竹寺组的页岩气资源量达(71 14~ 141 6) @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>; 董大忠等<sup>[12]</sup>对川西南筇竹寺组页岩气资源估算为(41 13~ 81 48) @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 对威远气田区筇竹寺组页岩气估算为(01 868 4~ 31 169 2) @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>; 王社教等<sup>[11]</sup>对四川盆地及邻区龙马溪组页岩气资源量估算为(41 0~ 121 4) @10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>。据此看来, 中国页岩气资源量十分巨大。

21 2 勘探区域和层位优选评价

目前中国页岩气勘探区域的优选评价, 主要是通过与美国 5 套开发成功的含气页岩<sup>[4]</sup>进行地质要素比照分析完成的<sup>[1, 6, 8, 1217]</sup>。初步结论认为, 中国页岩气资源分布极为广泛。

从平面盆地分布来看,四川盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地和准噶尔盆地等具有较好的页岩气资源勘探前景,特别是这些盆地的边缘斜坡部位成藏条件更好。其中四川盆地可以作为中国页岩气勘探开发研究的首选区<sup>[89, 11212, 1418]</sup>。

从垂向地层分布来看,南北两分特点明显:南方为海相页岩,而北方为湖相泥页岩;南方以古生界为主,而北方以中生界为主。中国南方古生界发育上震旦统陡山沱组页岩、下寒武统筇竹寺组页岩、上奥陶统五峰组页岩、下志留统龙马溪组页岩等多套海相黑色硅质页岩建造;中国北方中生代湖相泥页岩发育,如松辽盆地白垩统青山口组黑色泥岩、渤海湾盆地古近系沙河街组沙三段泥页岩、鄂尔多斯盆地上三叠统延长组张家滩、李家坪页岩,准噶尔盆地二叠系泥页岩等,并且这些泥页岩已被勘探实践证实绝大部分为大型盆地中的优质烃源岩。

对页岩气成藏机理及成藏的物质基础等分析表明,中国南方海相地层发育区具有优越的页岩气成藏地质条件和丰富的页岩气资源,有望成为中国油气资源的重要战略接替新领域,其中对四川盆地页岩气成藏的物质基础、地质条件、勘探油气显示以及实验结果等研究较为详细,因此四川盆地最值得首先关注。

### 2.1.3 近期勘探首选目标

尽管将四川盆地作为中国页岩气首要勘探盆地的观点较为普遍,但对盆地内具体区域和层位选择的看法尚不统一。张金川等<sup>[9]</sup>认为四川盆地东部和南部(包括川南与川西南)下寒武统和下志留统页岩层位老但埋深浅,是现今工业技术和经济背景条件下开展页岩气勘探研究的重点目标。唐嘉贵等<sup>[8]</sup>提出南部威远和泸州两地区的龙马溪组为首选目标。王世谦等<sup>[15]</sup>认为南部威远和自贡(泸州)永川两个区块的筇竹寺组和龙马溪组可作为近期开展页岩气勘探开发的有利目标,并建议通过老井复查和加砂压裂测试取得勘探突破。王社教等<sup>[11]</sup>认为川南泸州(宜宾)自贡地区,黔中麻江瓮安,川东南秀山、松桃及湘西吉首一带是志留系,尤其是下统的龙马溪组笔石页岩气藏形成的较有利地区。董大忠等<sup>[12]</sup>认为川西南,特别是威远气田区筇竹寺组页岩气是未来值得重视的重要天然气勘探开发新领域。王兰生等<sup>[14]</sup>在从成熟度、运聚条件和矿物成分角度对寒武系和志留系页岩地球化学特征进行对比基础上,提出勘探开发的首选层系为川南下志留统页岩。程克明等<sup>[17]</sup>认为川南、黔北可作为中国页岩气藏近期突破的重要选区。而黄籍中<sup>[18]</sup>则认为上三叠统须家河组煤系有利于页岩气成藏,川西南威远背斜周缘,川南北段区块和米仓山前缘区块是两个有利

区块;龙马溪组和筇竹寺组成熟度过高及其埋深大,对页岩气成藏不利,但可在老气田/立体勘探0时予以关注,并可重点研究大巴山靠盆地一侧、江南古陆西北缘地带(因其有机质成熟度有降低趋势,预计会成为页岩气成藏的有利地带)。

由此可见,不同的研究者对于关键要素的选择分析不尽相同,因而在近期勘探首选目标区上出现了一些分歧。综合地质条件、成藏要素和研究程度等因素来看,将四川盆地南部威远和泸州(或泸州)自贡(永川,或泸州)宜宾)自贡等地龙马溪组作为未来勘探开发首选目标更为可行。

### 2.1.4 几个重要事件的启示

2007年10月,中国石油天然气股份有限公司与美国新田石油公司签署了中国第一个页岩气开发对外合作协议)))5威远地区页岩气联合研究6,标志着中国页岩气借鉴合作研究的开端。2008年11月26日,长芯1井在四川省宜宾市顺利完钻,意味着中国页岩气研究步入了以/寻证找气0为特点的勘探开发阶段。2009年5月11日,中国页岩气技术国际研讨会在长江大学召开;之后,5中国石油石化6刊登原中石油副总裁胡文瑞的随笔5迎接页岩气发展的春天6。这些重要事件都反映出中国页岩气研究正在悄然兴起,并通过开展技术合作、学术交流和政策引导,在四川盆地等优选探区开展页岩气研究与勘探开采技术先导试验,快速发展页岩气产业,以缓解因石油资源短缺而带来的制约全球经济发展的能源问题。

## 3 需要重点研究的问题与发展趋势

常规油气储量的瓶颈迫使中国天然气工业重心向非常规天然气转移只是个时间的问题,而非常规油气资源中的页岩气资源丰富,开发前景广阔,已经成为研究者的共识<sup>[122, 12]</sup>,但在产业发展上仍面临着资源勘探理论与实践程度低,勘探开发的部分关键技术尚未突破,投入成本高、周期长而短期收益难等方面的巨大挑战<sup>[1, 10, 13, 19220]</sup>。即中国页岩气研究与勘探开发将在极富挑战性的背景下展开,总体上会有如下发展趋势。

(1) 页岩气地质理论及资源评价理论、方法是未来一个时期的主要研究内容。中国页岩气研究尚处于起步阶段,在未来较长时期内,一方面还需要进一步借鉴和消化国外成功理论和经验,特别是美国5套页岩成功实现商业开采所经历的资源评价与地质勘探历程;另一方面需要不断收集和积累国内资料,结合国内沉积地层和盆地构造特征等因素,对页岩气成藏机理、地质条件、资源评价方法等进行科学分析,以形成一套适合中国页岩气资源评价和勘探开发的理论体系。



(2) 页岩气地质基础研究工作必受重视。页岩气与煤层气的成藏机理类似。煤层气研究与勘探开发历史表明<sup>[3,21]</sup>,地质基础研究极为重要,包括早期地质资源评价,初期试井、气体收集输送实验以及中期一些勘探开发过程的各种实验。这些地质基础研究在煤层气研究和成功开采中都起到了举足轻重的作用。所以,要想在页岩气研究与勘探开发中取得突破性进展和长足发展,页岩气地质基础研究理应也必然会受到重视。尽管国内页岩气地质基础研究,包括岩心样品和露头样品测试成果目前报道较少,但随着长芯1井相关成果的发表<sup>[11]</sup>,地质基础研究工作将全面开展。

(3) 页岩气勘探试井及与之相关的产能模拟、压裂等增产开发措施研究也会逐步展开。在优选评价不断寻证的基础上,需要有针对性地在有利区域、有利井段、有利时机展开页岩气勘探开发的试气和试井工作,并逐步开展与之相关的产能模拟、压裂等增产开发关键技术试验工作,将资源评价与有效试井相结合,将详细寻证与尝试寻气相结合,寻找突破口,争取使页岩气产业早日走上商业化发展道路。

(4) 四川盆地在物质基础、地质条件及勘探开发实践条件上的优越性,使之很可能会成为中国第一个页岩气勘探开发的先导性试验建设基地。初步评价认为,中国南方和北方分布的多套厚度大、分布稳定、有机质含量高的海相或湖相黑色或暗色页岩,均具有一定的页岩气成藏条件和较大的资源潜力。其中四川盆地,特别是其南部地区的下志留统龙马溪组页岩是目前认为的最佳目标。并且四川盆地常规油气勘探开发的大量基础研究和生产实践,都会为页岩气勘探开发提供极其重要的参考资料;加之常规油气开采的先进技术和设备的借鉴、借用也极为方便。此外,中国对页岩气资源勘探开发前景综合评价的第一个对外合作联合研究已在四川盆地威远地区展开。因此,四川盆地具有天时地利人和的条件,很可能成为第一个如晋城煤层气的页岩气先导性试验基地,甚至成为首个成功开发的范例。

(5) 争取政策扶植和基金资助,坚持科技攻关。煤层气产业在国内获得较大发展是和政策扶植与基金资助密切相关的。国家从强大的安全社会效益和环境效益出发,对煤层气开采出台多项鼓励政策,不断促进其商业开发利用<sup>[13]</sup>。但页岩气与之相比,目前所能得到的政策引导与扶植较少,故而企业和研究人员应该努力争取基金资助,坚持科技攻关。不管是政府还是企业都不会忽视科技投入与科研产出所具有的良好正比关系事实,相信政府和企业的资助会随着科研产出的增多而进一步加强。所以,紧密依靠政策扶植和基

金资助,开展页岩气勘探开发研究的前景光明。

(6) 开展多种合作,增进学术交流,促进人才培养,将有益于刚刚起步的页岩气研究。合作多赢已成为时代趋势。对于页岩气地质研究与勘探开发而言,借鉴美国成功的勘探开发实践经验,加强合作,可在短期高效学习其先进技术,降低页岩气勘探开发投入成本,并会给国内页岩气的勘探开发带来启发和现实效益。未来,合作理念更为深入,合作方式更为多样,合作机会更为增多。有合作就需交流,而一个产业的繁荣,更会促进该领域学术交流趋于频繁,而相应的国际、国内学术交流活动成果又会补益于产业的发展。同时,合作交流必将促进人才培养,人才也为产业发展不断注入新的活力,从而共同促进页岩气勘探开发研究的大繁荣,并会较早结束探索阶段而向商业化方向发展。

## 4 结 论

(1) 中国页岩气论文总数少,分布上具有典型初期阶段特征,且具有两阶段特点;中石油系统和高等院校在所有参研机构中优势明显,尤以中国石油勘探开发研究院/董大忠、程克明和中国地质大学/张金川两个学术团队成果丰富;国家或企业基金资助对科研产出影响很大,核心期刊中页岩气论文77%都受到过基金资助。

(2) 中国页岩气基础研究与勘探开发刚驶入一个全新的起步发展阶段,在未来一个较长时期内,资源评价理论与方法是研究的主要方向,地质基础研究工作必受重视,勘探试井及与之相关的产能模拟、压裂等增产开发措施研究也会逐步展开。

(3) 基于地质条件、成藏要素和油气产区特殊条件的综合分析,四川盆地南部地区很可能会首先取得突破性进展,并成为第一个页岩气勘探开发的先导性试验建设基地。

(4) 在政策扶植和基金支持下,坚持科技攻关,开展多种合作,增进学术交流,促进人才培养,页岩气研究将迅速发展,并会较早结束探索阶段而逐步向商业化方向发展。

尽管页岩气形成大规模开发尚需时日,但从保障国家能源安全和油气总体发展战略的角度,积极寻找页岩气资源已是当务之急,中国页岩气基础研究和勘探开发任重而道远。展望未来,页岩气资源丰富、开采周期长、产量高,必将成为一个大有可为的新兴产业。

## 参 考 文 献

[1] 李建忠,董大忠,陈更生,等.中国页岩气资源前景与战略地位

- [J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 1216.
- Li Jianzhong, Dong Dazhong, Chen Gengsheng, et al. Prospects and strategic position of shale gas resources in China[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 1216.
- [2] 潘仁芳, 黄晓松. 页岩气及国内勘探前景展望[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(3): 25.
- Pan Renfang, Huang Xiaosong. Shale gas and its exploration prospects in China[J]. China Petroleum Exploration, 2009, 14(3): 125.
- [3] 秦勇. 从 CNKI 论文看中国煤层气产业发展[J]. 天然气工业, 2006, 26(12): 2629.
- Qin Yong. Having a view on Chinese coalbed methane industry development from CNKI publications[J]. Natural Gas Industry, 2006, 26(12): 2629.
- [4] Curtis J B. Fractured shale gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1921938.
- [5] Curtis J B, 李大荣, 黎发文. 裂缝性页岩含气系统[J]. 国外油气地质信息, 2002, 4: 1827.
- Curtis J B, Li Darong, Li Fawen. Fractured shale gas systems[J]. Oil & Gas Geology Information Abroad, 2002, 4: 1827.
- [6] 张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 1218.
- Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng. Reservoiring mechanism of shale gas and its distribution[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(7): 15218.
- [7] 李新景, 胡素云, 程克明. 北美裂缝性页岩气勘探开发的启示[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(4): 392400.
- Li Xinjing, Hu Suyun, Cheng Keming. Suggestions from the development of fractured shale gas in North America[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 392400.
- [8] 唐嘉贵, 吴月先, 赵金洲, 等. 四川盆地页岩气藏勘探开发与技术探讨[J]. 钻采工艺, 2008, 31(3): 3842.
- Tang Jiagui, Wu Yuexian, Zhao Jinzhou, et al. Discussion of shale gas exploration development and technology[J]. Drilling & Production Technology, 2008, 31(3): 3842.
- [9] 张金川, 聂海宽, 徐波, 等. 四川盆地页岩气成藏地质条件[J]. 天然气工业, 2008, 28(2): 152156.
- Zhang Jinchuan, Nie Haikuan, Xu Bo, et al. Geological condition of shale gas accumulation in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(2): 152156.
- [10] 黄玉珍, 黄金亮, 葛春梅, 等. 技术进步是推动美国页岩气快速发展的关键[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 210.
- Huang Yuzhen, Huang Jinliang, Ge Chunmei, et al. A key factor promoting rapid development of shale gas in American: Technological progress[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 210.
- [11] 王社教, 王兰生, 黄金亮, 等. 上扬子区志留系页岩气成藏条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 4250.
- Wang Shejiao, Wang Lansheng, Huang Jinliang, et al. Accumulation conditions of shale gas reservoirs in Silurian of the Upper Yangtze region[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 4250.
- [12] 董大忠, 程克明, 王世谦, 等. 页岩气资源评价方法及其在四川盆地的应用[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 3239.
- Dong Dazhong, Cheng Keming, Wang Shiqian, et al. An evaluation method of shale gas resource and its application in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 3239.
- [13] 王红岩, 李景明, 赵群, 等. 中国新能源资源基础及发展前景展望[J]. 石油学报, 2009, 30(3): 462474.
- Wang Hongyan, Li Jingming, Zhao Qun, et al. Resources and development of new energy in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3): 462474.
- [14] 王兰生, 邹春艳, 郑平, 等. 四川盆地下古生界存在页岩气的地球化学依据[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 5262.
- Wang Lansheng, Zou Chunyan, Zheng Ping, et al. Geochemical evidence of shale gas existed in the Lower Paleozoic Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 5262.
- [15] 王世谦, 陈更生, 董大忠, 等. 四川盆地下古生界页岩气藏形成条件与勘探前景[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 5258.
- Wang Shiqian, Chen Gengsheng, Dong Dazhong, et al. Accumulation conditions and exploitation prospect of shale gas in the Lower Paleozoic Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 5258.
- [16] 徐士林, 包书景. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组页岩气形成条件及有利发育区预测[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(3): 462465.
- Xu Shilin, Bao Shujing. Preliminary analysis of shale gas resource potential and favorable areas in Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(3): 462465.
- [17] 程克明, 王世谦, 董大忠, 等. 上扬子区下寒武统筇竹寺组页岩气成藏条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 4244.
- Cheng Keming, Wang Shiqian, Dong Dazhong, et al. Accumulation conditions of shale gas reservoirs in the Lower Cambrian Qiongzhusi Formation, the Upper Yangtze region[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(5): 4244.
- [18] 黄籍中. 四川盆地页岩气与煤层气勘探前景分析[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(2): 112120.
- Huang Jizhong. Exploration prospect of shale gas and coalbed methane in Sichuan Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(2): 112120.
- [19] 胡文瑞. 中国石油非常规油气业务发展与展望[J]. 天然气工业, 2008, 28(7): 27.
- Hu Wenrui. Development and prospect of unconventional oil and gas business in China National Petroleum Corporation[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(7): 27.
- [20] 翟光明. 关于非常规油气资源勘探开发的几点思考[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 23.
- Zhai Guangming. Speculations on the exploration and development of unconventional hydrocarbon resources[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(12): 123.
- [21] 陈振宏, 贾承造, 宋岩, 等. 高煤阶与低煤阶煤层气藏物性差异及其成因[J]. 石油学报, 2008, 29(2): 172184.
- Chen Zhenhong, Jia Chengzao, Song Yan, et al. Differences and origin of physical properties of low rank and high rank coalbed methanes[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(2): 172184.

(收稿日期 20091215 改回日期 20100215 编辑 王 秀)