

# 我国十年来煤层气研究热点分布转换与产业发展

曹作华<sup>1</sup>, 范亚芳<sup>2</sup>, 王健<sup>1</sup>, 孔威<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学 图文信息中心, 江苏 徐州 221116; 2. 江苏师范大学 图书馆, 江苏 徐州 221116)

**摘要:** 采用关键词检索、CiteSpace 数值分析与统计分析相结合的研究方法, 统计了 CNKI 中国期刊全文数据库 2003—2013 年所收录的煤层气领域论文, 分析了我国煤层气规模化开发十年来的研究进展。结果表明, 在我国煤层气领域, 地质与勘探、开发技术、综合利用与环保三大方向研究受到的关注程度差异明显。关注的重点集中在沁水和鄂尔多斯两大盆地以及吐哈、两淮等地区, 并扩展到黔西、豫西、滇东、准噶尔等地; 煤层气开发技术研究受到高度重视, 关注热点逐年增强与变化的趋势十分明显; 煤系三气(煤层气、页岩气、致密砂岩气) 共探共采被纳入研究视野。文献非线性增长趋势显示, 十年来我国煤层气产业经历了不均衡发展 and 均衡快速发展 2 个阶段, 不同阶段产业发展的需求引导了研究热点的阶段转换。同时指出, 两阶段研究明显存在一些共性不足, 如对煤层气综合利用与环保、产业政策与矿权管理、深部煤层气的研究与实例分析较少。研究结果对了解我国煤层气产业发展脉络、制订后续研究计划均有所裨益。

**关键词:** 煤层气; 地质与勘探; 演进趋势; 综合利用与环保

中图分类号: TD712; P618

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2015)02-0005-05

## Transformation and industrial development of coalbed methane study hot point distribution in passed ten years of China

CAO Zuo-hua<sup>1</sup>, FAN Ya-fang<sup>2</sup>, WANG Jian<sup>1</sup>, KONG Wei<sup>1</sup>

(1. Library and Information Center, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Library, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** The keyword search, CiteSpace numerical analysis and statistic analysis combined study method was applied to count the coalbed methane literatures collected in the CNKI (China Knowledge Resource Integrated) Database from 2003 to 2013 and analyzed the study progress of China coalbed methane scale development in passed ten years. The results showed that in China coalbed methane area a three directional study on the geology and exploration, development technology, comprehensive utilization and environment protection was concerned obviously with different degree. The concerned focal points were concentrated on Qinshui Basin and Ordos Basin as well as Tuha Area, Huainan and Huaibei Basins and other area and were expanded to Qianxi, Yuxi, Diandong, Dzungaria and other places. High attention was made on the study of the coalbed methane development technology and the hot concerned point steadily increased annually and the variation tendency were very obvious. Coal measure "coalbed methane, shale gas and compact sandstone gas" simultaneous exploration and simultaneous mining were included in the study. The nonlinear increasing tendency of the documents showed that in passed ten years, China's coalbed methane industry had experienced a disproportion development stage and a proportion rapid development stage and the requirement of the different stage industrial development would guide the stage conversion of the study hot point. Meanwhile, the paper pointed out that there was some common deficiencies existed in the two stage study, for example, less study and case analysis on coalbed methane comprehensive utilization and environment protection, industrial policy and mining right management, the deep coalbed methane. The study results would have benefits to China coalbed methane scientific academia to understand the industrial development skeleton to set up

收稿日期: 2014-10-19; 责任编辑: 王晓珍 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2015.02.002

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2011ZX05034)

作者简介: 曹作华(1955—), 女, 河南信阳人, 研究馆员。E-mail: caozuo12@126.com

引用格式: 曹作华, 范亚芳, 王健, 等. 我国十年来煤层气研究热点分布转换与产业发展[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(2): 5-9. 20.

CAO Zuo-hua, FAN Ya-fang, WANG Jian et al. Transformation and industrial development of coalbed methane study hot point distribution in passed ten years of China [J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(2): 5-9. 20.

the late study plan.

**Key words:** coalbed methane; geology and exploration; evolution tendency; comprehensive utilization and environment

## 0 引言

我国煤层气商业化生产始于2003年<sup>[1-2]</sup>。十余年来,我国煤层气产业取得了长足进步,2013年煤层气产量达到145亿 $m^3$ 。伴随着我国这一新兴产业的发展与需求,我国煤层气科学技术研究蓬勃开展,科技文献快速产出。这些文献广泛涉及煤层气勘探与开发利用的基础、应用基础和技术领域,蕴涵着产业发展历程的丰富信息,并在一定程度上可预示产业的发展需求与发展趋势。基于此,笔者采用递进分析与CiteSpace II软件统计相结合的研究方法,分析了2003—2013年期间我国学术期刊煤层气论文的产出特点和主题分布,讨论了研究热点转化及其与产业发展的联系,期望研究成果对我国煤层气科技界了解产业发展脉络、制订后续发展计划有所帮助。

## 1 研究方法

以中国学术期刊全文数据库(CNKI)作为数据来源,对2003—2013年期间篇名或关键词含有“煤层气”的论文进行系统检索,检索截止日期为2014年1月20日。共检索出文献4 518篇,剔除重复记录、科技短讯、主编寄语、会议通知、征文以及与煤层气无相关性的期刊(如健康与医学、水利、水产、人文、电气、教育、房产等相关期刊)论文,得到有效论文3 267篇。论文共涉及期刊245种,参与作者5 119名,作者机构1 100多家。以此为依据,采用CiteSpace II软件(V3.7R8版)分析与统计分析相结合的方法<sup>[3-5]</sup>,对煤层气领域关键词聚类、研究热点转化、研究地域分布以及产业发展阶段性演化趋势进行了分析。

在采用CiteSpace II软件分析之前,首先对文献中的关键词进行预处理<sup>[6]</sup>,如剔除一些没有实际统计意义的词,合并意义相同但表达有差别的词。然后,将论文标题、作者、作者机构、关键词、摘要等题录数据输入CiteSpace II软件,进行作者、作者机构、关键词的关联和聚类分析。同时,采用统计方法开展论文时序分布、研究地域分布、发展阶段演化与对比等的探讨分析。

## 2 统计结果分析

### 2.1 研究方向及其分布

通过聚类分析,得到煤层气领域关键词共现知识图谱。结果显示,我国十年来煤层气研究主要集中于地质与勘探、煤层气开发、综合利用与环保三大类别。其中:地质与勘探论文主要涉及煤层气地质成因与勘探、煤储层物性、煤层气成藏作用、煤系气协调探采5个方向;煤层气开发论文主要涉及煤层气井钻井完井技术、排采与增产技术、解吸-扩散-渗流研究、产能与采收率评价4个方向;开发利用与环保论文主要涉及煤层气综合利用、产业政策与环境保护2个方向。

在地质与勘探关键词聚类区间内,煤层气地质成因与勘探主要包括地质成因、构造、沉积环境、水文地质、地质勘探与录井、测井等组分;煤储层物性主要涉及储层特性、含气性、吸附性、渗透性、孔隙裂隙性等组分;煤层气成藏作用主要涉及成藏条件、富集规律、赋存特征、可采性、运移等组分;煤层气资源主要涉及资源评价、储量计算与地质选区等;煤系气主要探讨煤层气、页岩气、致密砂岩气的协同探采。

在煤层气开发关键词聚类区间内,煤层气井技术聚合强度显而易见,主要涉及煤层气井、钻井、钻井液、井型、试井、固井、完井、井网优化等技术;排采与增产技术则涉及排水采气、水力压裂、泡沫压裂、压裂液、吸附剂、注气开采、产能与采收率等。

在开发利用与环保聚类区间内,综合利用主要涉及煤层气的燃烧、发电、浓缩、分离、液化、车用燃料、集输与储运技术等;政策与环境则主要包括产业政策、标准与法规、矿权管理以及绿色开采、清洁发展机制(CDM项目)、环境保护等。

### 2.2 研究热点及演化轨迹

研究热点时序突现词分布(图1)清晰描述了煤层气研究热点的时空突现位置,显示了研究热点或技术的显现、演进与转折的时间窗口。

在地质与勘探大类中,煤层气可采性研究在2006年集中出现;煤系三气(煤层气、页岩气、致密砂岩气)共探共采则在2008年被纳入煤层气研究范围。

煤层气开发研究论文是这十多年中增长最快、

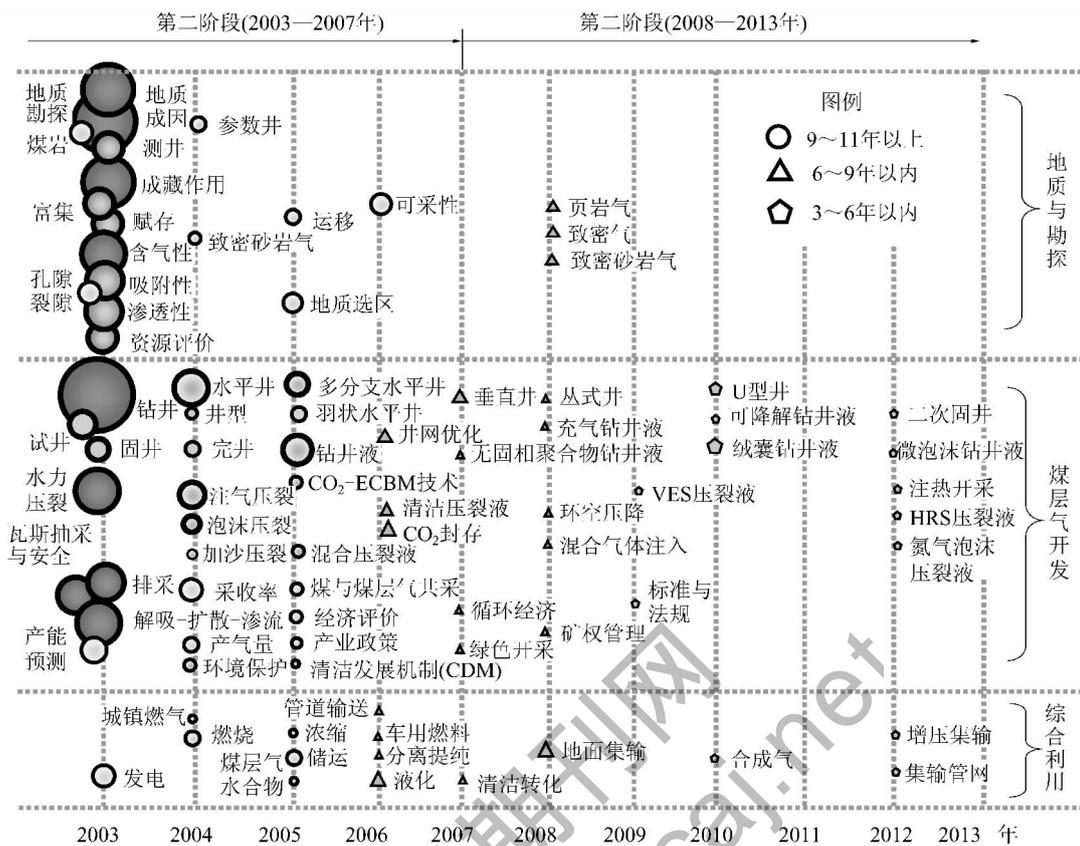


图1 研究热点时序突现词分布

热点最集中、技术进步最显著的一大类,在时序上呈现出突现词频出的现象。如煤层气井型的演进轨迹为水平井(2004年)→多分支水平井、羽状水平井(2005年)→井网优化(2006年)→丛式井(2008年)→U型井(2010年)。增产技术的演进轨迹为水力压裂(2003年)→注气压裂、泡沫压裂、加沙压裂、压裂液(2004年)→ $\text{CO}_2$ -ECBM技术、混合压裂液(2005年)→ $\text{CO}_2$ 封存、清洁压裂液(2006年)→环空压裂、混合气体注入(2008年)→VES压裂液(2009年)→注热开采、HRS压裂液、氮气泡沫压裂液(2012年)。

在煤层气综合利用大类中:2003年只着眼于发电,2004年出现了燃烧、城镇燃气方面的研究成果;2005—2006年出现煤层气浓缩、分离提纯、液化、煤层气水合物以及车用燃料的研究,同时也注重了对煤层气储运技术的研究;2007年开始提倡煤层气的清洁转化,2008年在储运方面突现了地面集输,2010年有了合成气的研究,2012年又增添了增压集输、集输管网等储运技术研究成果。

研究热点的上述演进轨迹,清晰展示出我国煤层气研究的前沿动向、热点突显与变化脉络,预示了

煤层气产业的发展趋势与需注重的主要科学技术问题。

### 2.3 研究成果地域分布

统计结果显示,我国近年来煤层气研究主要集中于沁水盆地、鄂尔多斯盆地、豫西地区、黔西滇东盆地群以及辽河盆地,其次是吐哈盆地和两淮(淮南、淮北)地区,四川盆地、准噶尔盆地,宁武、海拉尔、二连、三塘湖等盆地也有少量涉及(图2)。其中,针对沁水盆地与鄂尔多斯盆地的研究文献居多,分别占总发文量的8.5%和4.3%;豫西地区、黔西滇东盆地群和辽河盆地的文献次之,分别占2.6%、2.4%和1.5%;其他盆地研究文献所占比例较小,都在1%以下。

在涉及沁水盆地和鄂尔多斯盆地的研究中,论述地质与勘探的论文分别占51.8%和57.6%,涉及煤层气开发的分别占43.6%和39.5%,煤层气利用与环保的分别占4.6%和2.9%,表明沁水盆地和鄂尔多斯盆地煤层气勘探开发与利用是近年来国内煤层气研究的主要对象。在国家“十二五”规划中,沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘被列为重点建设的两大煤层气产业化基地。近年来,我国地面井煤层气产

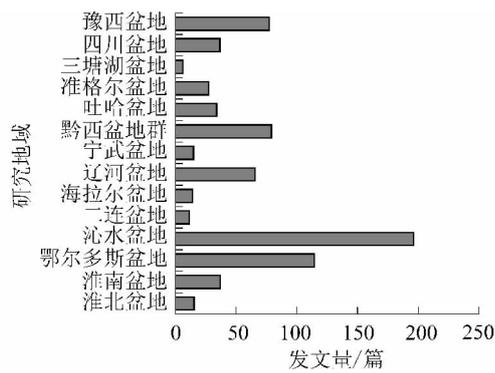


图2 煤层气研究地域分布

能建设和产量的90%以上来源于这两大盆地<sup>[7]</sup>。

### 3 讨论

我国煤层气研究可上溯至20世纪80年代,至2002年,历时4个五年计划,此阶段煤层气研究一直处于找气、探因、普查的摸索与彷徨期间<sup>[8]</sup>。从2003年至今,煤层气研究文献一直保持逐年增长态势,但不同时段的增长速率有所不同,不同类别论文的时序分布规律性也有起伏变化。这种时空聚散特点,反映出我国煤层气产业的阶段性技术需求与发展趋势。

#### 3.1 研究热点阶段性演化

从2003—2013年,我国煤层气论文数量呈现两段式的非线性增长,表明该期间中国煤层气产业发

展经历了2个阶段(图3)。

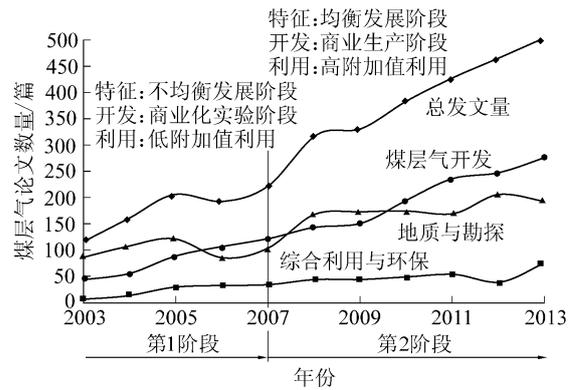


图3 煤层气文献时序分布及其展现的煤层气产业发展阶段

1) 第1阶段,2003—2007年,不均衡发展阶段。2003—2005年增长趋势明显,年发文量增幅132%,但2005—2007年发文量年增幅则在91%~118%,增长幅度有所下降。

从论文类别分布来看,此阶段地质与勘探研究居优势地位,占阶段总发文量的50.7%,开发技术类论文占39.2%,综合利用与储运、经济政策与环境等类别论文分别只占7.8%与2.3%(表1)。这种分布反映了我国煤层气研究还处在以煤层气地质资料积累和煤层气资源及其分布规律的勘查认识阶段,以资源评价、区块优选和目标验证为主。在煤层气开发研究方面,论及煤层气井钻井、试井、完井、固

表1 不同阶段煤层气研究论文比例分布

类别	第1阶段			第2阶段			
	发文量/篇	子类/%	大类/%	发文量/篇	子类/%	大类/%	
地质与勘探	地质勘探(地质、构造、沉积、水文、勘探、测井等)	184	41.6	—	296	30.9	—
	煤储层(包括储层物性、吸附性、渗透性、含气性、孔裂隙性等)	109	24.7	—	242	25.3	—
	煤层气藏(成藏作用、可采性、赋存、富集、运移等)	91	20.5	—	193	20.1	—
	煤层气资源(资源评价、地质选区、储量计算等)	52	11.8	—	108	11.3	—
	煤系气(页岩气、致密气、致密砂岩气)	6	1.4	—	119	12.4	—
小计	442	—	50.7	958	—	40.0	
煤层气开发技术	煤层气井(包括钻井、钻井液、试井、完井、固井、井网设计等)	94	27.5	—	419	36.0	—
	排采与增产技术(包括压裂技术、水力压裂、注气开采、泡沫压裂、压裂液、CO <sub>2</sub> 封存等)	58	17.0	—	266	22.8	—
	解吸—扩散—渗流	39	11.4	—	87	7.5	—
	产能、采收率、产气量、经济评价	35	10.2	—	108	9.3	—
小计	342	—	39.2	1165	—	48.6	
综合利用(包括燃烧、发电、城市燃气、车用燃料、液化、浓缩、煤层气水合物、合成气、集输、储运等)	68	—	7.8	194	—	8.1	
产业政策与环境保护	20	—	2.3	78	—	3.3	
合计(3 267篇)	872	—	—	2 395	—	—	

井等技术的文献占 27.5%,排采与增产措施、煤层气解吸—扩散—渗流机理等方面的文献也相对较多,但对煤层气井的井型、井网设计,压裂排采技术与压裂液研究、产能与采收率分析等方面关注较少。此种分布反映煤层气开发技术虽然已经得到普遍关注,但总体上还处在试验、探索与基础研究阶段,但为产业快速发展阶段的到来奠定了重要基础。

2) 第 2 阶段,2008—2013 年,均衡快速发展阶段。发文章大幅度增加,达到 2 395 篇,年均约 400 篇,与第 1 阶段相比年均增长 129%(图 3,表 1)。其中,地质与勘探类论文比例有所下降(占 40%),开发技术类论文比例有较大提高(占 48.6%),综合利用和储运技术研究得到进一步重视,表明研究重点更趋于规模化生产对科学技术的需求,也预示着煤层气产业进入了一个新的发展时期,即规模化生产阶段。

在煤层气地质与勘探研究中,强化了煤储层特性与煤层气成藏作用这一核心问题的全面研究,虽然论文比例与第 1 阶段相比略有降低,但论文数量(435 篇)达到前一阶段的 2.2 倍。地质勘探类论文比例有所下降,只占 30.9%;资源评价与地质选区论文比例也略低于第 1 阶段。在此阶段,较具特色的是煤系“三气(煤层气、页岩气、致密气)”协同探采的研究得到高度关注,论文比例占 12.7%,这也与近几年国内外页岩气开发研究蓬勃兴起相一致。

在煤层气开发技术研究中,煤层气井(包括钻井、钻井液、试井、完井、固井、井网设计等)技术研究及排采与增产技术(包括压裂技术、水力压裂、注气开采、泡沫压裂、压裂液、CO<sub>2</sub>封存等)文献比例分别占 36%和 22.8%(表 1),明显高于第 1 阶段,论文数量也大幅度跃升,分别为 419 篇和 266 篇,是第 1 阶段的 4.5 倍和 4.6 倍;产能、采收率与经济评价等方面的论文量也明显增长;解吸—扩散—渗流类论文比例虽然有所下降,但论文数量比第 1 阶段增长了 1.2 倍。尤其是开发技术类论文数量呈强劲的上升态势(图 3),研究方向也呈现多元化趋势,表明我国煤层气开发技术日臻成熟且多样化。

### 3.2 两阶段研究热点比较分析

比较两阶段研究热点,第 2 阶段地质与勘探类研究更注重不同煤层气地质条件、煤储层物性的对比分析以及成藏条件与机制、资源评价与煤层气储量的探索,标志我国煤层气地质研究从资源与基本地质条件调查转入了资源详查和成藏作用探索

过程。

在煤层气开发方面,第 2 阶段也更注重煤层气排采、煤储层改造与增产技术的研究,包括钻完井技术、井型、井网优化、压裂技术的全面深入研究,二氧化碳注入等增产新技术的系统追踪和排采动态分析,煤层气解吸—渗流规律与机理的深化研究以及煤层气井产能、采收率及其影响因素的探讨等。

煤层气利用也由第 1 阶段的燃烧、发电、燃气逐步转向液化、提浓、煤层气水合物、合成气等高附加值技术的研究,煤层气开采可能诱发的环境保护以及储运技术、经济政策等问题也得到应有的重视。

研究热点的阶段性转化,与我国煤层气产业对新技术研发和相关基础研究的强烈需求相匹配,也得益于国家对煤层气产业的大力扶持。2008 年,“大型油气田及煤层气开发”国家科技重大专项正式启动,投资近 600 亿元<sup>[9]</sup>,直接催生了第 2 阶段研究成果的蓬勃产出。同时,煤层气单井增井和经济效益提升的强烈需求,成为 2008 年以来煤系“三气”协同探采研究蓬然兴起的重要推力。

然而,两阶段研究热点的分布特征都明显存在着一些共性问题。一是煤层气综合利用与环保方面的研究成果一直相对较少,大部分研究限于煤层气燃烧、发电、城镇燃气和车用燃料,对具有更高附加值的煤层气转化利用技术和适应矿区煤层气分布式开发特点的小型化利用储运技术与装置研究较为欠缺,煤层气开发环境保护技术研究略显不足。二是对煤层气产业政策、规范、标准以及矿权管理的关注度较低。三是对深部煤层气及煤系“三气”共探共采有所关注,但共采技术研究与实例分析很少见及。这些不足与煤层气规模性生产阶段的技术需求之间存在一定差距,应该引起足够重视。

## 4 结 语

基于对中国知网 CNKI 十年来所收录的煤层气领域学术论文的统计分析,从时间与空间上分析评价了该领域研究热点及其演化规律。针对文献篇名分类统计、研究地域统计分析及关键词聚类分析知识图谱,挖掘和解读了我国煤层气研究热点的空间展布规律、时序演化脉络以及阶段性聚散特征,从空间与时间系列上系统描述了我国十年来煤层气研究现状、研究前沿与我国煤层气产业化发展的阶段性演化特点与发展趋势。比较分析阶段性研究热点与

(下转第 20 页)

发育规律预测与评价的研究方法、内容和技术流程。

2) 揭示了鄂东大宁-吉县地区不同岩性裂隙发育的内在规律及其构造控制机理,形成了煤储层裂隙预测模型。

3) 通过构造动力学煤储层裂隙评价技术与方法在大宁-吉县地区的应用研究,揭示了5号煤层裂隙发育的非均质性和区域分布规律及其对渗透率的影响,渗透率的非均质性分布与节理密度预测评价结果具有较好的一致性,即节理密度评价高值区渗透率较高,而低值区渗透率也较低。

#### 参考文献:

- [1] Pashin J C, Groshong R H, Wang S. Thin-skinned structures influence gas production in Alabama coalbed methane fields, Tuscaloosa, Alabama [C]//Proceedings of 1995 international coalbed methane symposium. Alabama: University of Alabama, 1995.
- [2] Pashin J C, Groshong R H. Structural control of coalbed methane production in Alabama [J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 38: 89-103.
- [3] Pashin J C. Stratigraphy and structure of coalbed methane reservoirs in the United States: an overview [J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 35: 207-238.
- [4] 宋岩, 秦胜飞, 赵孟军. 中国煤层气成藏的两大关键地质因素 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 545-552.
- [5] 闫宝珍, 王延斌, 丰庆泰, 等. 基于地质主控因素的沁水盆地煤层气富集划分 [J]. 煤炭学报, 2008, 33(10): 1102-1106.
- [6] 姜波, 秦勇, 琚宜文, 等. 煤层气成藏的构造应力场研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(5): 564-569.
- [7] 倪小明, 王延斌, 接铭训, 等. 晋城矿区西部地质构造与煤层气井网布置关系 [J]. 煤炭学报, 2007, 32(2): 146-149.
- [8] 陈振宏, 王一兵, 杨焦生, 等. 影响煤层气井产量的关键因素分

析:以沁水盆地南部樊庄区块为例 [J]. 石油学报, 2009, 30(3): 409-412.

- [9] 傅雪海, 秦勇, 范炳恒, 等. 铁法 DT3 井与沁南 TL007 井煤层气产能对比研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29(6): 712-716.
- [10] 陈同俊, 王新, 崔若飞. 基于方位 AVO 正演的 HTI 构造煤裂隙可探测性分析 [J]. 煤炭学报, 2010, 35(4): 640-644.
- [11] 陈同俊, 崔若飞, 刘恩儒. 构造煤 AVO 特征及正演模拟研究 [J]. 地球物理学进展, 2008, 23(5): 1610-1615.
- [12] 孙学凯, 崔若飞, 毛欣荣, 等. 联合弹性波阻抗反演与同步反演确定构造煤的分布 [J]. 煤炭学报, 2011, 36(5): 778-783.
- [13] Dixon J M. Techniques and tests for measuring joint intensity [D]. Morgantown: West Virginia University, 1979.
- [14] Wheeler R L, Dixon J M. Intensity of systematic joints: methods and application [J]. Geology, 1980(8): 230-233.
- [15] Narr W, Suppe J. Joint spacing in sedimentary rocks [J]. Journal of Structural Geology, 1991, 13: 1037-1048.
- [16] Gross M, Fischer M, Engelder T, et al. Factors controlling joint spacing in interbedded sedimentary rocks: integrating numerical models with field observations from the Monterey Formation, USA [J]. Geological Society London Special Publications, 1995, 92(1): 215-233.
- [17] Gudmundsson A, Simmenes T H, Larsen B, et al. Effects of internal structure and local stresses on fracture propagation, deflection and arrest in fault zones [J]. Journal of Structural Geology, 2010, 32: 1643-1655.
- [18] Brogi A. Variation in fracture patterns in damage zones related to strike-slip faults interfering with pre-existing fractures in sandstone (Calcione Area, Southern Tuscany, Italy) [J]. Journal of Structural Geology, 2011, 33: 644-661.
- [19] Wang Linlin, Jiang Bo, Wang Jilin, et al. Relationship between joint development in rock and coal seams in the southeastern margin of the Ordos basin [J]. International Journal of Mining Science and Technology, 2014, 24(2): 219-227.

#### (上接第9页)

煤层气规模性生产阶段的技术需求,认为与之相匹配的新技术研发和相关基础研究略显不足,研发环境保护、高附加值转化利用和小型化利用储运技术应是今后需致力于探讨的重要方向;加强对煤层气产业政策、规范、标准以及矿权管理的研究,将有助于推进我国煤层气产业健康发展。

#### 参考文献:

- [1] 秦勇,袁亮,程远平. 中国煤层气产业战略效益影响因素分析 [J]. 科技导报, 2012, 30(34): 70-75.
- [2] 秦勇,汤达祯,刘大锰,等. 煤储层开发动态地质评价理论与技术进展 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(1): 80-88.
- [3] Chen C. Searching for intellectual turning points: Progressive Knowledge Domain Visualization [J]. Proceedings of the National

Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 2004, 101(S1): 5303-5310.

- [4] Chen C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.
- [5] 吴彬彬,王京,宋海涛. 基于 Citespace 的复杂网络可视化研究图谱 [J]. 计算机系统应用, 2014, 23(2): 7-17, 35.
- [6] 李纲,王忠义. 基于语义的共词分析方法研究 [J]. 情报杂志, 2011, 30(12): 145-149.
- [7] 谢克昌,邱中建,金庆焕,等. 我国非常规天然气开发利用战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [8] 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): 26-28.
- [9] 桑逢云. 大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项实施方案通过国务院审批 [J]. 中国煤层气, 2008, 5(3): 47.