

# 从 CNKI 论文看中国煤层气产业发展<sup>\*</sup>

秦 勇

(中国矿业大学·徐州)

秦勇.从 CNKI 论文看中国煤层气产业发展.天然气工业,2006,26(12):26-29.

**摘 要** 基于 CNKI 中国期刊全文数据库,系统检索和统计了我国煤层气论文分布特点。以此为基础,分析了我国煤层气论文分布与产业发展特征之间的关系,讨论了产业发展对科学技术的需求趋势。结果显示:分别以 1999 年和 2002 年为界,论文分布体现出我国煤层气产业发展经历了 3 个历史阶段,每一阶段对科技需求的特点在论文分布特征上都体现有所体现。进而认为:煤层气资源评价及其方法仍是今后研究的一个主题,进一步深化地质选区理论与方法将有助于选区成功率的提高,开发技术适应性是今后需致力于探讨的重要方向之一,煤层气井产能、采收率及其影响因素的研究应该引起足够重视,全方位探索深部煤层气资源与开发潜力有可能拓展煤层气开发新领域,研发环境保护、高附加值转化利用和小型化利用储运技术有助于推进我国煤层气产业健康发展。

**关键词** 中国 煤层气 论文 分布 产业发展 中国期刊全文数据库

在现代科学技术背景下,新兴产业的发展均与该领域学术技术研究状况密切相关。换言之,一个产业领域内基础、应用基础与技术研究论文的分布状况,蕴涵着该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趋势。我国煤层气产业目前处于商业化生产的启动阶段<sup>[1]</sup>,分析煤层气论文产出特点及其与产业发展的关系,对回顾我国煤层气产业发展历史、展望其发展趋势均有所裨益。为此,本文作者利用中国国家知识基础设施(CNKI<sup>\*\*</sup>)中国期刊全文数据库<sup>[2]</sup>,对 1994~2005 年期间煤层气论文进行了系统检索。以此为依据,分析了我国煤层气论文在时间和研究方向上分布特点,讨论了产业发展所需注重的主要科学技术问题。

## 一、CNKI 煤层气论文总体分布特征

系统检索结果显示,CNKI 中国期刊全文数据库收录 1994~2005 年煤层气文献 1465 篇,年均约 122 篇(表 1)。

分析检索结果,获得如下总体认识。

第一,我国煤层气论文连年增长,但不同历史阶段的增长速率明显不同。这一特点,与中国煤层气

表 1 CNKI 中国期刊全文数据库煤层气文献检索统计汇总结果表

年度	总篇数	类别(篇)						
		地质与勘探	开发技术	利用与储运	经济与政策	环境保护	综述	其他
1994	20	4	5	2	1	0	5	3
1995	41	19	4	2	1	0	4	11
1996	60	33	5	1	1	1	3	16
1997	96	67	4	1	2	1	11	10
1998	101	64	9	4	3	2	8	11
1999	129	82	7	2	7	4	3	24
2000	132	74	22	4	4	0	8	20
2001	130	64	26	7	10	0	8	15
2002	128	71	19	11	7	3	5	12
2003	151	80	25	12	5	3	11	15
2004	201	119	26	23	11	1	6	15
2005	276	119	66	25	7	4	24	31
合计	1465	796	218	94	59	19	96	183

产业的艰难探索过程一致,反映出产业从起始到目前产业化经历了阶段性的发展历程。

第二,不同类别论文的分布特点,揭示出我国煤层气产业当前所处的阶段性特征。在论文总量中,地质与勘探类论文所占比例为 54.33%,开发技术类论文占 14.88%,利用与储运类论文占 6.42%,经济

<sup>\*</sup> 本文受到国家“973”计划项目(编号:2002CB211704)及国家自然科学基金项目(编号:40572095)资助。

**作者简介:**秦勇,1957年生,博士,教授,本刊第六届编委会委员;主研方向:煤田与煤层气地质。地址:(221008)江苏省徐州市中国矿业大学研究生院。电话:(0516)83883564。E-mail:yongqin@cumt.edu.cn

<sup>\*\*</sup> CNKI(China National Knowledge Infrastructure)中国期刊全文数据库目前收录期刊 7486 种,累积全文 1670 余万篇。1994 年至今,该数据库全文期刊数据完整性达到 98%。

与政策类论文占4.03%，环境保护类论文占1.30%。以地质勘探类论文为主的分布特点，折射出我国煤层气产业总体上处于发展的初始时期。

第三，各类论文在时间上的分布规律性起伏，这正是产业不同发展阶段对科学技术的需求有所不同的集中反映。

应该看到，1994~2005年期间，CNKI煤层气论文篇数增长了12.80倍，年均增长率约为106%。进一步分析，我国煤层气论文数量呈三阶段式的非线性增长，指示中国煤层气产业发展历程至今经历了3个阶段(图1)。其中：第一阶段论文447篇，年均产出约75篇；第二阶段论文390篇，年均产出130篇；第三阶段论文628篇，年均产出约209篇。同时，不同阶段中各类论文互为消长的状况，与每一阶段对地质研究、勘探评价、开发试验等的不同需求高度对应。

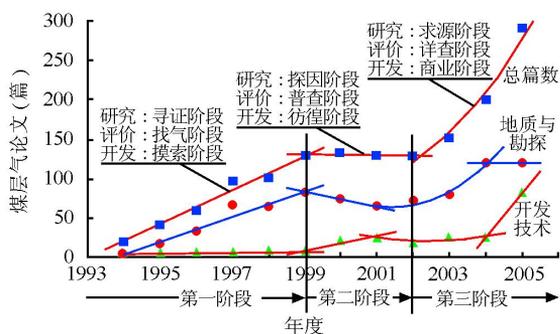


图1 CNKI论文总数时序分布及其展现的中国煤层气产业发展阶段图

## 二、CNKI论文分布与中国煤层气产业发展历程

### 1. 第一阶段：寻证—找气—摸索阶段

该阶段可上溯至上世纪80年代前半期，结束于1999年，历时4个“五年”计划。在此期间，煤层气论文数量从1994年的20篇增加到1999年的129篇，在时间序列上呈线性增加，阶段总增长率54.5%，阶段年均增长率约91%，作者和单位的数量明显增多(表1,图1)。

从论文类别分布来看：地质与勘探类论文居绝对优势，占阶段论文总数的60%，年均约45篇；开发技术类论文不足8%，年均约6篇；利用与储运、经济与政策、环境保护等类别论文的比例很低，年均都在2篇左右(表1、2)。这种分布，是各国煤层气产业发展初期的典型特征，即研究和生产都是以寻找“证据”、框定资源、选择区域和验证目标为主。

在地质与勘探类论文中(表3)：多数报道的是关于煤层气资源评价与地质选区(42%，年均19篇)、储层物性和吸附性(34%，年均15篇)的研究成果，反映出积累资料、摸索经验的特点；成藏条件与过程、煤层气可采性论文年均分别只有2篇和1篇，该方面研究没有得到重视，在一定程度上显示出基础研究不足而致使煤层气地质选区和“找气”具有盲目性，这也是该阶段我国煤层气地质选区成功率较低的一个重要原因<sup>[3]</sup>。

表2 不同阶段CNKI中国期刊全文数据库煤层气论文比例的分布表

发展阶段 (年限)	论文数量 (篇)	类别比例 (%)						
		地质与勘探	开发技术	利用与储运	经济与政策	环境保护	综述	其他
第一(1994~1999)	447	60.18	7.61	2.68	3.35	1.79	7.61	16.78
第二(2000~2002)	390	53.59	17.19	5.64	5.38	0.77	5.38	12.05
第三(2003~2005)	628	50.64	18.63	1.27	6.53	3.66	9.55	9.71

表3 CNKI煤层气地质与勘探类不同研究方向论文的分布表

发展阶段 (年限)	论文数量 (篇)	类别比例 (%)					
		煤层气成因	储层物性与吸附性	成藏条件与过程	煤层气可采性	资源评价与地质选区	其他
第一(1994~1999)	269	2.23	34.2	10.78	5.95	42.38	4.46
第二(2000~2002)	209	3.35	50.24	10.05	5.74	28.71	1.91
第三(2003~2005)	318	3.46	38.99	19.19	3.14	27.04	8.18

在该阶段，开发技术类论文多是对国外技术的消化和应用。其中，钻井、试井和完井论文占了较大比例(35%，年均6篇)，排采与增产措施得到了应有重视(24%，年均4篇)，对解吸—扩散—渗流这一煤层气开采的基础有所关注(6%，年均1篇)，但几乎

未见关于煤层气井产能和采收率方面研究成果的报道(表4)。此外，综述性论文也以介绍国外煤层气勘探开发理论和技术为主。

上述特征揭示：本阶段的研究是针对我国煤层气产业的起始过程而开展的，在煤层气地质研究上

表 4 CNKI 煤层气开发技术类不同研究方向论文的分布表

发展阶段 (年限)	论文 数量 (篇)	类别比例(%)				
		钻井完 井试井	排采与 增产方法	解吸扩 散渗流	产能与 采收率	其他
第一(1994~1999)	34	35.29	23.59	5.88	0	35.29
第二(2000~2002)	67	25.37	26.87	20.89	16.42	10.45
第三(2003~2005)	117	21.37	29.06	21.37	10.26	17.95

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,总体上试图通过引进和消化国外相关理论与技术来解决中国的煤层气地质问题,积累了较为丰富的煤层气地质基本条件信息,对全国煤层气资源及其分布规律取得了基本认识,煤储层特性这一煤层气地质核心问题得到应有的重视,开展了适合于中国煤层气地质特点开发技术的试验与探索,并从区域上开始了对全国或区域煤层气产业发展战略的思考。

### 2. 第二阶段:探因—普查—彷徨阶段

该阶段历时 3 年,从 2000 年开始,至 2002 年结束。在此阶段,每年的煤层气论文稳定在 130 篇左右,年均论文数量比第一阶段增加了 73%,但论文类别构成变化明显(表 1、2)。

从论文类别来看:地质与勘探类论文 209 篇,占该阶段论文总数的 54%,年均篇数(约 70 篇)比第一阶段显著增加,但从 1999~2001 年论文篇数显著递减,在后期有重新增加的趋势;开发技术类论文显著增多,占论文总数的比例比第一阶段增长了 10 个百分点;经济与政策、利用和储运的研究得到更多的关注,论文比例均上升了 5~6 个百分点(图 1,表 1、2)。

与第一阶段相比:该阶段地质与勘探论文中煤储层物性与吸附性研究成果的数量和比例显著增高(105 篇,50%),构成了研究的主题;资源评价与地质选区尽管仍得到较多关注,但比例明显降低(29%);成藏条件与过程论文的比例基本不变(10%),但年均论文篇数(7 篇)明显增多(表 3)。由此表明,这一阶段常规评价与选区方法趋于成熟,研究的注意力更多地转向与开采地质条件密切相关的煤储层特性,转向了成藏效应等深层次的控制机理问题。

就开发技术而言:钻井、完井、试井论文 17 篇,年均约 8 篇,远高于第一阶段,但在阶段论文总数中的比例(25%)有所降低;排采与增产措施论文 18 篇,比例(27%)有所提高;产能与采收率论文 11 篇,比例从零增至约 16%;解吸—渗流—扩散论文 14 篇,占阶段论文总数的 21%,比例显著增长(表 4)。排采与增产措施、产能与采收率的研究得到加强,开采基础和应用基础研究受到高度重视,研究重点向开发技术的中—下游移动,这是为解决我国煤层气产业发展“瓶颈”问题而做出的努力,也是产业逐渐

走向成熟的标志之一。

在此阶段:除了进一步拓展勘探选区继续找气之外,更多的力量集中于第一阶段已有一定勘探工程的地区,以进一步缩小勘探靶区,为开发试验提供更为可靠的基地;同时,尽管在近 20 个地区进行了排采试验,但多未取得理想的效果,致使开发试验徘徊不前,业界信心受到冲击。然而,这一时期煤层气开发基础与技术研究得到了较大发展,尤其是在开采方法与增产措施、煤层气解吸扩散渗流机理、产能与采收率分析等方面取得较多成果,为中国煤层气产业化时代的到来奠定了重要技术基础。

上述论文分布特征,指示我国煤层气产业发展过程由于进入了一个新的阶段而对科学技术的需求发生了较大变化,在煤层气地质研究上表现为探因,勘探上表现为普查,开发试验上表现为彷徨,总体上处于为催生中国煤层气产业化时代到来的“阵痛”阶段。

### 3. 第三阶段:求源—详查—商业阶段

2003 年以来,我国煤层气产业进入了一个新的发展时期,即商业化生产阶段。主要标志为:煤层气地质研究进入求源,勘探实践进入“详查”,开发上步入商业化生产,中国煤层气产业的雏形已经形成,并呈现出快速发展的势头,这些标志在煤层气论文的数量和结构上均有体现。

在 2003~2005 年的三年期间,CNKI 煤层气论文总数大幅度增加,达到 628 篇,年均论文约 209 篇,与第二阶段相比增长了 61%,接近第一阶段论文总量的一半(图 1,表 1、2)。开发技术类论文的比例有所提高,利用和储运技术研究得到进一步重视,基础研究明显加强,研究重点进一步向煤层气产业的中—下游移动,更加适应于商业化生产阶段对科学技术的需求。

地质与勘探类论文占阶段论文数的比例约 51%,仍有较大比重,这是我国煤层气产业目前总体上处于初期阶段的必然特征。其中:煤储层物性与吸附性仍是研究重点,但论文比例下降至 39% 左右;资源评价与地质选区仍是产业的科技需求,论文比例(27%)与上一阶段基本持平;成藏条件与过程研究得到高度关注,论文比例比上一阶段提高了约 9 个百分点(表 3)。

本阶段开发技术类论文数量的比例为 19%,比上一阶段略有提升,显示我国煤层气产业中游领域的研究得到进一步重视。其中:钻井、完井、试井论文(25 篇)多于第一阶段,但比例继续下降(约 21%);排采与增产措施论文 34 篇,数量显著增加,比例(29%)略有提高;产能与采收率论文 12 篇,数量和比例(约 10%)均比上一阶段显著减少;解吸—

渗流—扩散论文 25 篇,数量明显增加,比例与上一阶段基本持平(表 4)。钻井、完井、试井论文比例相对降低,排采与增产措施论文比例显著提高,解吸—渗流—扩散论文数量明显增多,尤其是 2005 年开发技术类论文数量大幅度跃升(图 1,表 1),显示出我国煤层气商业性生产、示范工程等对新技术开发和相关基础研究的强烈需求。

在此阶段,新增了一批国家批准的煤层气储量,煤层气成藏条件与机制探索在国家层面上全面展开,标志着中国煤层气地质研究从资源与基本地质条件调查阶段转入了资源“详查”阶段和成藏作用探索过程;大井网煤层气勘探开发试验取得新的突破,水平羽状井、丛式井等技术在煤层气开发中得到初步应用,对二氧化碳注入等新的增产技术进行了现场试验,晋城地区开始了煤层气商业化生产,标志着中国煤层气产业从开发试验阶段转入了商业化生产启动阶段。

### 三、CNKI 论文分布特点与产业发展需注重的科学技术问题

进一步分析 CNKI 论文分布特点,发现存在某些问题,而解决这些问题正是发展中国煤层气产业所需要继续努力的方向。

首先,煤层气资源评价始终是 20 余年研究探讨的主题,尤其是对全国和某些区域的煤层气资源量及其构成众说纷纭,且国家批准的煤层气储量所占比例极低。究其原因,主要在于 3 个方面:①评价方法缺乏规范性要求;②资源估算尚存重大基础问题未能解决;③资源勘探和探明程度很低。为此,煤层气资源评价及其方法仍是今后相当长一段时期内所要研究的主题,而在国家层面上制定评价方法和要求的规范性文件,加强以吸附机理为核心的基础研究<sup>[3]</sup>,加大勘探和开发试验的力度,将有助于推进这一问题的解决。

第二,文献涉及的煤层气选区多达 50 余个,但目前实现商业性开发或有可见前景的地区不超过 5 个,且某些选区已上过多轮开发试验工程。造成这种状况的原因是多方面的,包括选区理论和方法的科学性和适用性、早期勘探与开发试验技术发展水平和认识、钻井/完井/排采技术管理经验等<sup>[3]</sup>。因此,在深化研究选区理论与方法的基础上,通过资料复查和新技术应用,总结开发技术上的经验和教训,可能会使我国煤层气地质选区成功率得到一定的提高。

第三,国外几乎所有的传统和先进煤层气开发技术在我国都有引用,但多数情况下的应用效果都不甚理想。正视这一状况,似应考虑如下 3 个问题:①所有先进技术是否都适合我国特定选区的煤层气地质条件?②传统技术在特定选区的开发效果是否就不如先进技术?③我国自主研究开发出了哪些适

合于我国煤层气地质条件的开发技术?对于前两个问题,答案当然是否定的。至于后一个问题,目前尚未见到关于自主研发的关键技术的报道。这 3 个问题的关键,在于各种开发技术的适应性,这也正是今后需致力于研究的重要方向之一。

第四,见诸报道的煤层气井产能、煤层气采收率及其影响因素的研究成果较少,与煤层气商业性生产阶段的技术需求之间存在较大差距。原因在于,我国前期实践多为开发试验,对此没有太多的需求,积累的资料也十分有限,难以满足开展这一研究的要求。但在进入商业化开发且追求经济效益的现今阶段,该方面的研究应该引起足够重视,包括系统追踪和分析排采动态、注重不同煤层气地质条件的对比分析、深化煤层气解吸—渗流规律与机理的研究、开发科学性更强的数值模拟技术等。

第五,尚未充分注意到深部煤层气开发这一潜在新领域,深部资源及其与常规油气共采可行性的研究成果鲜见报道。我国深部煤层气资源量巨大<sup>[4]</sup>,多数大—中型沉积盆地中煤层气都与常规油气共生,前期少数研究显示了深部煤层气与常规油气共采的可能性<sup>[5]</sup>。为此,从资源潜力、成藏作用与过程、地质选区、勘探与开发试验等方面,对深部煤层气资源潜力开展全方位的研究探讨,将有助于拓展我国煤层气开发的新视野。

第六,煤层气开采可能诱发的环境保护以及煤层气利用与储运技术问题,应该得到应有重视。在 1994 年以来的 1465 篇 CNKI 煤层气论文中,环境保护方面的论文只有 19 篇,几乎全为哲学意义上的讨论或介绍国外相关技术;利用与储运方面的论文逐年增长(表 1),但多是关于煤层气发电和管网输送技术的探讨。这种状况,可能会影响到我国煤层气产业的健康发展。针对我国煤层气地质和开发特点,开展环境保护技术研究或实例分析,研究开发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,将有助于弥补我国煤层气产业在此方面的不足。

#### 参 考 文 献

- [1] 秦勇.中国煤层气产业化面临的形势与挑战(I):当前所处的发展阶段[J].天然气工业,2006,26(1):4-7.
- [2] 中国期刊全文数据库[OL].<http://211.70.215.35/kns50>.
- [3] 秦勇.中国煤层气产业化面临的形势与挑战(II):关键技术问题[J].天然气工业,2006,26(2):6-10.
- [4] 秦勇.中国煤层气产业化面临的形势与挑战(III):走向与前瞻性探索[J].天然气工业,2006,26(3):1-5.
- [5] 秦勇,宋全友,傅雪海.煤层气与常规油气共采可行性探讨[J].天然气地球科学,2005,16(4):492-498.

(收稿日期 2006-10-08 编辑 黄君权)