

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

秦 勇

(中国矿业大学)

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.天然气工业,2006,26(1):4-7.

摘 要 1970~1988年,美国煤层气产业走过了资源调查与勘探开发试验、成藏条件探索与产业化启动2个发展阶段,从1989年起进入高速发展的第3个阶段。与此相应,我国煤层气产业的第一发展阶段历经23年,2003年进入商业化生产启动阶段,处于从煤层气资源大国转型为生产大国的关键时期。回顾历史,我国在20余年的探索历程中,极大地深化了对煤层气地质条件的基本认识,勘探与开发试验上取得了历史性突破。然而,放眼未来,中国煤层气产业发展仍面临着一系列问题需要思考。文章正是面向这一关键历史时期,简要分析了美国等煤层气产业的发展历程与现状,初步梳理了我国25年来煤层气勘探与开发试验的脉络与走向,指出了近期可能面临的挑战。

主题词 中国 煤成气 勘探 发展阶段 产业化

煤层气作为天然气资源实现商业性开采,是世界油气工业史上的一个重要里程碑^[1]。目前尽管只有美国和加拿大实现了煤层气地面大规模商业性开采,但世界上已有34个国家正在进行勘探与开发试验,其中约一半国家产出了煤层气流^[2]。我国自“六五”以来开始煤层气地质研究与勘探开发试验,进展显著,揭示出我国煤层气资源的巨大潜力和商业性开发的光明前景。

一、国外煤层气产业发展史可引以为鉴

1. 美国煤层气勘探开发现状

美国煤层气产业化经历了3个发展阶段。

(1)煤层气资源与基本地质条件调查及勘探开发试验阶段(1970~1980年)。

美国1932年就有地面煤层气井投入生产,但针对资源的煤层气勘探开发活动起始于20世纪70年代^[3]。70年代初期启动了黑勇士和圣胡安两大盆地的煤层气资源调查,1977年和1980年2个盆地的第一个煤层气田先后投入生产。70年代后期实施国家煤层甲烷计划,获得了全国煤层气原位资源量 $(2.04 \sim 24.35) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、可采资源量 $(0.45 \sim 13.86) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的初步认识。同时,认识到煤层气在3个基本方面不同于其他类型天然气:①煤层气在煤表面

以吸附状态存在;②煤层气在大量产出之前,煤储层平均压力必须予以降低;③煤储层中一般有水存在,煤层气通常与水一起产出^[4]。

(2)煤层气成藏条件探索与煤层气产业化启动阶段(1981~1988年)。

美国于1981年在黑勇士和圣胡安两个盆地形成煤层气商业性生产,1988年突破年产气量 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 大关。先期煤层气产量以黑勇士盆地为主,随后圣胡安盆地产量所占比例逐渐上升,并在1988年首次超过黑勇士盆地^[5],显示出中—新生代盆地煤层气开发的强劲势头。其间,以这两个盆地煤层气开发资料为基础,政府投资启动了全面的煤层气成藏条件探索,得出煤层气产能取决于煤级、含气量、渗透性、水动力条件、构造背景、沉积体系等6大地质因素的一般性认识^[6],形成了煤层气产出“排水—降压—解吸—扩散—渗流”过程认识上的突破^[4],标志着美国煤层气勘探理论与技术趋于成熟。

(3)煤层气成藏条件研究深化拓展与商业化生产高速发展阶段(1989年至今)。

1989年将煤层气开发试验扩大到中阿帕拉契亚、拉顿、皮申斯等盆地,认识到北美西部洛基山造山带存在煤层气高产走廊^[7],形成了以煤储层双孔隙导流、中煤级煤生储与成藏优势、低渗极限与高煤

* 本文受到国家“973”项目(2002CB211704)、国家自然科学基金重点项目(50134040)和面上项目(40572095)资助。

作者简介:秦勇,1957年生;博士,教授,博士生导师;主要研究煤田地质和煤层气地质。地址:(221008)江苏省徐州市中国矿业大学研究生院。电话:(0516)3885614。E-mail:yongqin@cumt.edu.cn

级煤产气缺陷等为核心的煤层气勘探理论体系^[1,6,8]。1993年煤层气年产量 $210 \times 10^8 \text{ m}^3$,超过了我国同期天然气总产量。1994年提出“生物型或次生煤层气成藏”理论^[9],并在粉河低煤级煤盆地实现煤层气商业性开发,促进1997年煤层气产量跃升到 $337 \times 10^8 \text{ m}^3$,这种高速增长趋势持续到1999年。

在2000~2002年期间,美国煤层气年产量从 $397 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增长到 $410 \times 10^8 \text{ m}^3$,增幅有所减缓^[10]。但是,2003年煤层气年产量为 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$,2004年达到 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ (约占全美当年天然气总产量的8.5%),当年新增煤层气井5357口;2005年将新增煤层气井4799口,另有11124口已取得施工许可^[10,11]。也就是说,美国煤层气产量从2003年起再次大幅度增长,且具备了持续增长的良好基础。

2. 加拿大和澳大利亚煤层气勘探开发现状

加拿大煤层气勘探与开发试验起始于1978年,但长时期内没有获得重大进展。本世纪初以来,根据该国煤层气地质条件实际,注重发展连续油管压裂、二氧化碳注入、水平羽状井等增产技术,使得煤层气产业开始高速发展。煤层气井数从2001年的250口增长到2004年底的3300余口(其中1735口井投入生产),煤层气产量从2002年的 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右增至2004年的 $15.5 \times 10^8 \text{ m}^3$;2004年底至2005年6月又有1600口井开钻,另有1262口井取得许可^[10-12]。据加拿大国家能源局预测,全国煤层气产量在2005年为 $31 \times 10^8 \text{ m}^3$,2012年为 $207 \times 10^8 \text{ m}^3$,2024年将达到 $310 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[13]。

澳大利亚煤层气目前已成为天然气供应多元化的一个组成部分。1996年以来,煤层气(包括矿井瓦斯抽放)产量连年增长,2004年达到 $12.85 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中78%产自昆士兰州,满足了该州31%的天然气需求^[14]。2004年,以煤层气勘探和开发为主要目标的钻井进尺184000 m,新增煤层气井277口,显示出持续增长的势头。其中,约80%的煤层气勘探开发活动集中在鲍温二叠纪盆地,最近有向低煤级的侏罗纪盆地(如苏拉特盆地、克拉伦斯盆地等)和第三纪褐煤盆地发展的趋势。

二、中国煤层气商业化生产时代已经开始

加拿大历时23年(1978~2001年)走完了美国的第一发展阶段,但仅用3年就跨越了美国历时8年才完成的第二发展阶段,目前步入第三阶段。就我国来看,完成第一阶段耗费了艰辛的22年(1981~2002年),2003年步入第二发展阶段。也就是说,

我国煤层气产业已从开发试验转入商业化生产启动阶段。这是我国煤层气勘探开发史上的一个重大转折期,中国煤层气产业化时代终于到来!

中国煤层气地质研究与勘探开发历史,大致经历了3个发展时期(图1)。

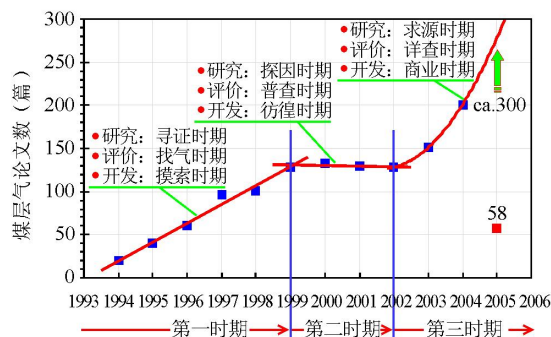


图1 中国煤层气勘探开发3个发展时期简图

(1)第一个时期可追溯至上个世纪80年代前半期,历时4个“五年”计划,在煤层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。

“六五”期间,焦作矿业学院杨力生教授承担了原煤炭工业部全国瓦斯地质编图项目,首次得到全国煤层气(瓦斯)资源量 $31.92 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的重要认识,从区域构造、煤化作用等角度对煤层气赋存分布的基本规律进行了探讨^[15]。同时,原地矿部石油地质所结合国家煤成气科技攻关项目的研究工作,对全国煤层气资源量进行了初步预测^[16]。

“七五”期间,原地质矿产部、原煤炭工业部完成了国家重点科技攻关项目,在评价全国煤层气资源量的基础上,对煤层气开发前景和富集条件进行了初步研究^[15-17]。其中,张新民等(1991)提交的 $(30 \sim 35) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 全国煤层气资源量,十余年来被我国政府部门广泛采用^[17]。其间,原地矿部华北石油地质局于1986~1987年在开滦等地开展煤层气地面开发先期试验^[18],煤炭科学研究总院西安分院承担联合国环境保护署项目在国内10个矿区施工了煤层气参数井,拉开了中国煤层气地面开发试验的序幕。

“八五”期间,原地矿部华北石油局依托国家重点科技攻关项目,在山西柳林、河北大城两个地区首次取得煤层气排采试验的突破。中国煤田地质总局、沈阳煤气公司、阜新矿务局等,分别在铁法、沈北、阜新等地区施工了数口煤层气井^[19]。同时,在重点区煤层气富集高渗条件、开发潜力与储层数值模拟技术、地质选区参数与方法、煤储层工程等方面取

得了丰富的研究成果^[20]。

“九五”期间,有关单位分别完成了新一轮全国煤层气资源评价^[19,21],全面启动了对全国煤层气富集高渗规律、地质控制因素和勘探方向的系统研究,构建了有利区带“递阶优选”理论与方法^[19],提出了中国煤层气聚集区划方案^[19,21],并在煤层气控气地质理论上提出了一系列新的学术观点^[22-25]。开采技术与生产试验也取得重大进展,形成了地质选区、地震资料处理、数值模拟、遥感地质解释、气测分析等6大煤层气勘探技术,2003年获国家科技进步二等奖。国内数个地区实现单井生产试验突破(如中煤总局DT3井、中石油JS1井、中联公司T007井等),在4个地区提交中国第一批煤层气储量 $1023 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[26],在低渗煤层的淮南新集打出有一定产气规模的煤层气井。

(2)第二个时期从2000年延续至2002年,历时3年,在煤层气地质研究上表现为探因,在勘探上表现为普查,在开发试验上表现为彷徨。

从地质研究来看:论文产出总量明显减少,煤储层物性与吸附性成为研究的主题,资源评价与地质选区仍得到较多关注但成果比例逐渐降低,成藏条件与过程方面的成果相对增多,表明这一时期常规评价与选区方法趋于成熟,研究的注意力更多地转向了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地质控制机理等方面。

从勘探实践来看:除了拓展勘探选区(如西北的吐哈盆地,西南的盘县和恩洪等)继续找气之外,更多的力量集中于先期已有一定勘探基础的地区,如东北的鹤岗、沈北和阜新,华北的沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘和淮北等,以进一步缩小勘探靶区,为生产试验提供更为可靠的勘探基地。

从开发试验来看:尽管在十余个地区进行了排采试验,但除资源规模较小的少数地区外,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。但是,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。

(3)第三个时期开始于2003年,至今仍呈现出快速发展的势头,煤层气地质研究进入了求源,勘探实践进入了详查,开发上步入了商业化生产。

成藏条件与机制的探索在新的层次上全面展开。国家自然科学基金重点项目“煤矿瓦斯灾害预

防及煤层气开采中的应用基础研究”、国家“973”计划“中国煤层气成藏机制及经济开采基础研究”相继启动,3年来在煤层气成因、煤储层物性与吸附性、煤层气成藏作用与机理、探测理论与方法、开采基础与技术等方面取得全面进展,煤层气成藏条件与过程研究论文的比例显著提高。

勘探开发试验取得新的突破,商业性生产能力初步形成。从2002年起,晋城煤业集团开始依托潘庄小井网排采和寺河矿抽放以高压罐装形式对外商业性供气,阜新也实现了小规模商业性生产。近3年来,中国煤层气开发试验不断取得新突破,如中石油在大宁—吉县、宁武地区打出了高产煤层气井,中联煤层气有限责任公司(以下简称中联公司)和蓝焰公司分别在韩城、晋城潘庄等地打出了煤层气自喷井,美国奥瑞安公司在阳城大宁井田施工成功我国第一口水平羽状煤层气开发试验井,获单井稳定日产 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产煤层气流。

尤为可喜的是,蓝焰公司、中联公司2005年在潘庄气田分别形成了151口井和53口井的规模性生产格局。其中,蓝焰公司开始生产的53口井在控制套压条件下单井平均日产煤层气 2000 m^3 ,在自然放喷条件下单井产量达 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上,2005年煤层气产量将超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。同时,蓝焰公司在晋城地区成庄井田和郑庄勘探区部署煤层气开发井150口,日前钻井工程已经启动。

三、煤层气产业化时代所需要考虑的关键问题

尽管中国煤层气勘探开发已取得阶段性成就,但依然面临着一系列问题未能很好地解决,实践中涌现的大量问题需要进一步思考。

首先,我们走完第一阶段的时间与加拿大惊人相同,但加拿大从开始商业化生产到年产量突破 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 大关的时间(3年)却比美国(8年)缩短了5年,我们在未来几年中能否再次取得与加拿大相似的商业化生产进展? 为了保持并增强目前的发展势头,还面临着哪些关键性难题或重大挑战?

第二,中国煤层气产业化时代的到来,为何比美国走过相同阶段延长了13年? 是技术原因,经济原因,体制原因,还是地质条件具有不同于北美的特殊性? 如果是技术原因,我们应该总结哪些经验教训,目前开发出了哪些适合于中国煤储层特点的有效技术方法? 如果是地质条件原因,中国煤层气地质的特殊性表现在哪些方面,目前是否充分认识了其对

煤层气开采所造成的影响?

第三,在近期和中期,煤层气勘探应从哪些方面为产业发展做出贡献?如何去面对勘探实践提出的难题或挑战?我们的煤层气勘探今后将往什么方向发展?……

对于上述问题的某些方面,笔者将在系列论文中的后续部分继续阐述。

论文撰写得到香山科学会议组委会和国内煤层气勘探开发机构的帮助支持,叶建平博士、王红岩博士、杨陆武博士、王宝玉董事长、林玉成博士等提供了某些内部资料,杨振东博士提供了美国深部煤层气开采试验的最新成果,谨向上述单位和个人表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

- [1] FLORES R M. Coalbed methane: from hazard to resource[J]. *Int J Coal Geology*, 1998, 35(1-4):3-26.
- [2] FISCHER P A. Unconventional gas resources fill the gap in future suppliers[J]. *World Oil*, 2004, 225(8):41-44.
- [3] REPINE Jr T E. Coalbed methane—a new west virginia industry? mountain state geology[J]. *Spring*, 1990:6-7.
- [4] RIGHTMIRE C T, EDDY G E, KIRR J N. Coalbed methane resources of the united states [J]. *AAPG*, 1984:1-14.
- [5] BOYER LL C M, BAI Q. Methodology of coalbed methane resource assessment[J]. *Int J Coal Geology*, 1998, 35(1-4):349-368.
- [6] AYERS W B, et al. Geological and hydrologic controls to the occurrence and producibility of coalbed methane. the university of texas at austin [R]. Topical Report Prepared for GRI, 1991, GRI-910072.
- [7] JOHNSON R C, FLORES R M. Developmental geology of coalbed methane from shallow to deep in rocky mountain basins and in cook inlet-matanuska basin[J]. *Alaska, USA and Canada. Int J Coal Geology*, 1998, 35(1-4):241-282.
- [8] MASTALEZ M, GLIKSON M, GOLDING S D. Coalbed methane: scientific, environmental and economic evaluation[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [9] SCOTT A R, KAISER W R, AYERS W B. Thermogenic and secondary biogenic gases, San Juan Basin, Colorado and New Mexico: Implications for coalbed gas producibility[J]. *AAPG Bulletin*, 1994, 78(8):1186-1209.
- [10] ROBERT S E. North american coalbed methane development moves forward[J]. 2005, 226(8):57-59.
- [11] WO. US gas well growth continues [J]. *World Oil*, 2005, 226(2):52.
- [12] GATENS M. Coalbed methane development: practices and progress in canada[J]. *J Canadian Petroleum Technology*, 2005, 44(8):16-21.
- [13] NEB. Canada's energy future: scenarios for supply and demand to 2025[R]. Canada national energy board report, Calgary, AB, 2003.
- [14] SHIGE M. Coalbed methane growing rapidly as australia gas supply[J]. *Oil and Gas Journal*, 2005, 103(28):32-36.
- [15] 中国煤矿瓦斯地质图说明书[R].焦作矿业学院,1987.
- [16] 冯福培,王廷斌,张士亚,等.中国天然气地质[M].北京:地质出版社,1995:291-337.
- [17] 张新民,张遂安,钟玲文,等.中国煤层甲烷[M].陕西西安:陕西科学技术出版社,1991.
- [18] 刘增正.前言[G]//地质矿产部华北石油地质局编.煤层气译文集.河南郑州:河南科学技术出版社,1990:1-2.
- [19] 叶建平,秦勇,林大扬,等.中国煤层气资源[M].江苏徐州:中国矿业大学出版社,1999.
- [20] 李明潮,梁生正,赵克镜.煤层气及其勘探开发[M].北京:地质出版社,1996.
- [21] 张新民,庄军,张遂安.中国煤层气地质与资源评价[M].北京:科学出版社,2002.
- [22] 杨起,汤达祯.华北煤变质作用对煤层含气量和渗透率的影响[J].*地球科学*, 2000, 25(3):273-278.
- [23] 刘焕杰,秦勇,桑树勋,等.山西南部煤层气地[M].江苏徐州:中国矿业大学出版社,1997.
- [24] 秦勇,张德民,傅雪海,等.山西沁水盆地中—南部现代构造应力场与煤储层物性关系之探讨[J].*地质论评*, 1999, 45(6):576-583.
- [25] 赵庆波,李五忠,孙粉锦.中国煤层气分布特征及富集高产因素[J].*石油学报*, 1997, 18(4):1-6.
- [26] 中联煤层气有限责任公司.21世纪中国煤层气产业发展与展望[M].北京:煤炭工业出版社,2003.

(收稿日期 2005-11-26 编辑 黄君权)