

中国煤层气勘探开发进展综述

叶建平

YE Jian-ping

中联煤层气有限责任公司, 北京 100011

China United Coalbed Methane Corp. Ltd., Beijing 100011, China

摘要:综述了中国煤层气勘探开发利用现状,尤其是“十五”期间中国煤层气取得的进展。总结了我国煤层气资源勘探开发成果:基础研究和应用研究齐头并进;勘探方向更加明确;煤层气勘探开发关键技术类型多样,试验推广应用范围扩大;十大重要勘探成果初露煤层气产业化曙光。国家级沁南潘河煤层气开发示范项目、晋城寺河煤层气开发项目、沁南枣园煤层气开发试验项目、阜新煤层气开发试验项目的建成和投产,标志着中国开始进入煤层气商业化开发阶段。

关键词:煤层气;勘探;开发;沁水盆地;鄂尔多斯盆地

中图分类号:P618.11;P62

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2006)09-10-1074-05

Ye J P. Advances in exploration and development of coalbed methane in China: A review. Geological Bulletin of China, 2006, 25(9~10):1074-1078

Abstract: The paper reviews the status of exploration, development and utilization of coalbed methane (CBM) in China, especially the advances made in China's CBM industry in the 10th Five-Year Plan period (from 2001 to 2005). The main achievements in China's CBM exploration and development may be summarized as follows: basic research and applied research advance abreast; the exploration direction is clearer; the key technologies of CBM exploitation and development highly varied and have been tested, popularized and applied to a wider field; and ten major exploration achievements show prospects of commercialization. Four state-level CBM development demonstration projects, i.e. the Panhe project and Zaoyuan project in the South Qinshui basin, Sihe project in Jincheng and the Fuxin project in Liaoning, have been completed and put into production, which indicates that the CBM industry in China has stepped into the stage of commercialization.

Key words: coalbed methane; exploration; development; Qinshui basin; Ordos basin

1 中国煤层气勘探现状

中国煤层气勘探工作开始于1989年。到目前为止已在12个省、自治区登记了64个煤层气勘探区块,勘探区块总面积为81810.3 km²。在绝大多数区内进行了煤层气资源普查勘探,取得了相应的基础参数,并计算了煤层气资源量^[1-3]。据不完全统计,截止到2005年12月,全国共施工煤层气参数井、生产试验井577口,先导性试验井组8个,多分支水平井4口。全国累计投入煤层气勘探开发的资金约28亿元人民币,其国内自营投资约16亿元,国外投资近12亿元。

“八五”期间,主要以引进消化美国的技术为特点。

“九五”期间,为了规范对外合作,统筹国内煤层气勘探开发,1996年,国务院批准成立“中联煤层气有限责任公司”(简称“中联公司”),煤层气对外合作实行专营。在此期间,煤层气对外合作项目增长迅速,先后和10余家外国公司签订了产品分成合同。同时,国内自营勘探工作取得显著进展,勘探地区遍及全国主要煤矿区。中联公司和中国石油天然气集团公司(简称“中国石油”)分别在沁水盆地南部首次取得了煤层气探明储量,标志着煤层气勘探取得巨大突破。

“十五”期间,中国煤层气勘探工作成绩显著。勘探地区遍及鹤岗、鸡西、依兰、铁法、沈北、阜新、珲春、寿阳、和顺、潞安、晋城、霍东、霍西、宁武、乡宁、大宁—吉县、石楼、三交、临

收稿日期:2006-01-04;修订日期:2006-06-19

科技项目:国家发展和改革委员会“国家煤层气‘十一五’规划”项目资助。

作者简介:叶建平(1962-),男,博士,高级工程师,从事煤层气勘探与开发研究。E-mail: yejp01@163.com

兴、保德—神府—准格尔、韩城、黄陵、吐哈、淮南、淮北、丰城、盘江、恩洪、老厂等30余个地区。在多个重点地区进行了井组生产试验,取得了较好的勘探效果。

当前,中联公司、中国石油、晋城煤业集团公司是中国煤层气勘探开发的主力军,国外合作公司如远东能源公司、必和必拓公司、亚美大陆煤炭公司、格瑞克能源公司等也加大、加快了对中国煤层气勘探的投入。

2 煤层气开发现状

目前共有4个项目进入煤层气商业化试验生产,2005年估算生产能力达到 $1.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。首先,沁水盆地南部枣园井组和阜新盆地刘家井组最先实现了小规模商业开发。中联公司实施的枣园井组由15口井组成,2003年投产,实现小规模煤层气商业销售。阜新盆地刘家井组由12口井组成,2003年3月开始向阜新市供气,实现小规模商业化生产。其次,晋城潘庄项目先后共钻煤层气井150口。目前有110口生产井投入生产,向晋城市供气,实现商业化生产。同时,《沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程——潘河先导性试验》项目是由国家发展改革委员会批准立项、中联公司实施的国家级煤层气开发利用示范项目,一期工程目前已完成钻井100口、压裂排采井40口。2005年11月投产,实现商业化试生产。

3 煤层气利用现状

目前中国的煤层气开发刚刚进入小规模商业化生产试验阶段,产量很小,主要用作居民生活或工业生产的燃料。如阜新刘家井组生产的煤层气直接进入城市管网,作为居民用气。沁南潘河、枣园、寺河项目,通过建立压缩站,利用汽车运输向用户供气。煤层气的另一大利用方向是发电。一些煤层气地面开发试验区建立煤层气燃气发电站,供应气田生产用电。一些煤矿如山西晋城寺河煤矿、贵州水城煤矿、河北峰峰大淑村煤矿均建立了煤层气燃气发电站。晋城寺河煤矿瓦斯发电站装机容量 $1.5 \times 10^4 \text{kW}$ 。利用亚洲开发银行贷款的120 MW煤层气电厂正在建设中。煤层气还用于汽车燃料,如晋城建立了煤层气加气站,直接给汽车加气。

煤层气与常规天然气成分相当,可以混输混用,可以拥有共同的市场。但目前中国天然气管网分布稀疏,途经中部的天然气主干管线仅有4条,即陕京一线、陕京二线和西气东输管线、靖边—西安管线。另有数条支干天然气输气管线。在煤层气田范围内,基本没有就近入网的天然气管线。目前几个地面煤层气开发试验项目的气体产品,除阜新项目外,其他均没有可以借用的天然气基础管网。煤层气规模开发需要配套良好的管网系统。中国的管网基础建设很落后,薄弱的天然气管网系统将严重制约煤层气的产业化进程。

4 煤层气资源勘探取得重大成果

“十五”期间,中国煤层气资源勘探开发共投入勘探经费16亿元、科研经费9000万元,分别比“九五”期间增加3倍和4

倍。“十五”期间投入工程量显著增长,钻井373口,同比增加3倍,“十五”期间的钻井数占总数的64%(图1)。中国煤层气勘探开发主要成果可以总结为:基础研究和应用研究齐头并进;勘探方向更加明确;煤层气勘探开发关键技术类型多样,试验推广应用范围扩大;十大重要勘探成果初露煤层气产业化曙光。中国煤层气勘探走出低潮,迈向产业化之前夜。

4.1 基础研究和应用研究齐头并进

“十五”期间科技部加大煤层气科研投入,煤层气的基础研究和应用性研究齐头并进。初步计算,“十五”期间全国共投入科研经费9000万元。科研经费主要来自科技部国家“十五”科技攻关项目、“973”基础研究项目、国土资源地质调查项目和新一轮油气资源评价项目,还有企业自身的投入。

“九五”期间,中国煤田地质总局、中联公司、中国石油等单位先后组织了全国性煤层气资源评价。2005年,由国土资源部、国家发展改革委员会、财政部立项,国土资源部油气资源战略研究中心组织的新一轮油气资源评价项目,对煤层气资源进行了新一轮估算,结果将在近期公布。与以往不同的是,该项目新计算了全国煤层气可采资源量,并对褐煤煤层气资源进行了估算。另外,经过中联公司和中国石油的勘探,在沁水盆地南部获得第一批煤层气探明储量 $754 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

对煤层气选区评价方法、有利区块优选、煤层气富集规律及其控制因素方面的研究获得了新的进展。秦勇在1999年考虑风险概率和系统论方法,建立了“一票否决+递进优选”的选区理论和方法^[1],2005年又提出了基于煤层气成藏动力学分析的地质选区理论和方法^[4]。含煤盆地的基底性质及其所处的大地构造位置对煤层气的富集规律和开发前景具有控制性,向斜是煤层气的富集区,构造应力场、热力场、地下水动力场等综合作用的成藏动力学机制将控制煤层气的富集和运移规律^[5],构造主应力场—煤储层渗透率耦合控气地质模式^[6,7]和多期热流叠加控制中国东部煤层气富集理论^[8]为煤层气高渗富集区预测奠定了理论基础。在低煤级煤的储层特性、吸附解吸机理等方面也做了有益的探索。

“973”项目围绕中国煤层气领域4个关键的科学问题进

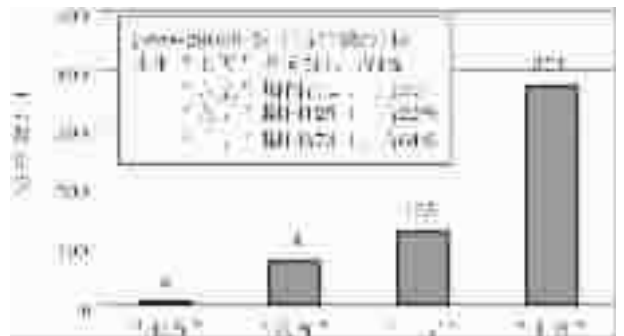


图1 中国各个时期的煤层气钻井数

Fig.1 Numbers of coalbed methane wells in various periods in China

进行了基础性研究,包括煤层气形成的动力学过程、煤层气储集机理及成藏响应、煤层气藏富集分布及主控因素、煤层气经济开采的基础理论,并取得了初步成果。

在国家“十五”科技攻关项目资助下,煤层气勘探开发关键技术研究成果丰硕,并在生产实践中发挥了巨大作用。煤层气欠平衡钻井技术在潘河先导性示范项目中成为主力钻井方式,不仅提高了钻井效率,而且有效地保护了储层。在氮气泡沫压裂技术研究中,试制了粘弹性表面活性剂 N_2 泡沫压裂液,提出了 N_2 泡沫压裂工艺流程,经过压裂作业,应用 N_2 泡沫压裂的气井,其产气量比水力压裂提高了3~4倍。注 CO_2 提高煤层气采收率技术首次在沁水盆地南部进行了试验,模拟评价和经济评价表明该项技术是经济可行的,具有良好的经济效益和社会效益。在煤矿井下抽放工艺技术研究中,在晋城寺河煤矿和大宁煤矿建立了顺煤层水平长钻孔工艺技术,钻井长度达到1000 m,煤层气抽放量得到极大提高,同时建立了煤层气井下抽放与煤炭规模开采联合开发的模式。在煤层气经济评价、废弃矿井煤层气抽放技术方面也做了探索性研究。

4.2 勘探方向更加明确

“十五”期间,煤层气勘探经历了从萎缩到旺热的转变过程。2001—2002年,勘探经费投入有限,勘探地区缩小,对外合作项目基本处于停滞状态。2003年之后,煤层气勘探开发力度加大,勘探力量相对集中。因煤矿瓦斯事故频发,国家加强了对煤矿瓦斯的治理力度,能源形势日趋紧张,国家对矿权管理进行了整顿,煤层气勘探开发转旺,勘探开发的主力单位有中联公司、中国石油、晋城煤业集团公司及有关外国公司。勘探地区相对集中,主要集中于沁水盆地和鄂尔多斯盆地,外围勘探点虽多,但投入工程量的比例相对较小。

(1)沁水盆地煤层气勘探开发主要集中在南部,包括潘河、端氏、潘庄、樊庄、大宁煤矿等项目。沁水盆地北部,寿阳区块目前已施工1口多分支水平井,正在排采作业。

(2)鄂尔多斯盆地煤层气勘探也取得了显著的进展。主要包括大宁—吉县、韩城、保德—神府—准格尔等项目。同时在黄陵、宁县、孤山等区块进行了有效的煤层气勘探。

(3)其他地区包括哈密、沙尔湖、乌鲁木齐西、鹤岗、鸡西、依兰、珲春、沈北、阜新、辽河、宁武、霍西、左权、屯留、恩洪、丰城等地,开展了煤层气勘探工作,取得了宝贵的储层参数和生产数据,某些地区获得了煤层气勘探突破。

4.3 煤层气勘探开发关键技术类型多样,

试验推广应用范围扩大

煤层气勘探开发关键技术是制约中国煤层气产业化的一个重要方面,经过几年的勘探试验,已有了长足的发展。

(1)钻井技术,空气钻进广泛采用,极大地提高了钻井效率,减少了泥浆对储层的污染。

(2)完井技术,通常采用套管完井,同时也进行了套管+

裸眼完井、小型洞穴完井、水平井等试验。

(3)增产改造技术,煤层气压裂技术的进展最为引人注目。水力携砂压裂成为主导技术,同时开展了多种压裂方式的试验和研究,如清洁压裂液压裂、氮气泡沫压裂、氮气助排压裂。对水力压裂工艺进行改进,积累了宝贵的经验。

(4)多分支水平井技术,在中国得到积极的应用推广。该技术是一项集钻井、完井、增产的综合技术,在煤层气高产高效开发中具有显著的优势,十分有利于煤矿瓦斯综合治理。目前已在沁水大宁煤矿、宁武区块、寿阳区块、沁水端氏打了4口井,获得了良好的效果。

(5)开窗侧钻技术,在枣园井组进行了试验。

(6)煤层气数值模拟技术,在选区评价、井网优化和水平井、多分支水平井设计中得到有效应用。

(7)煤层气压裂裂缝监测技术、煤层气测井技术、煤层气绳索取心技术均得到了很大的发展。“十五”期间,利用大地电位压裂裂缝测试技术、同位素示踪技术、微地震技术判识压裂裂缝的长度和发育方位。通过地球物理测井,确定煤层的深度和厚度,使煤层含气量、水分、灰分、孔裂隙发育程度解释的准确率得到提高。

4.4 十大重要勘探成果初露煤层气商业化生产曙光

(1)沁水盆地南部。沁水盆地南部是“九五”期末发现的大型整装煤层气田,总面积3523.32 km²,估算煤层气资源量6807×10⁸m³,煤层埋深200~1500 m。南部煤层埋藏浅,小于600 m。以寺河断层为界,东侧煤层气勘探程度高,是煤层气探明储量的分布区,也是目前煤层气开发的热点地区;西侧煤层气探明程度较低,中联公司和亚美大陆煤炭公司正在进行煤层气勘探作业。该区已获得新增煤层气探明储量754.44×10⁸m³,可采储量394.51×10⁸m³。其中潘庄区块113.5 km²范围内,煤层气探明地质储量264.31×10⁸m³,可采储量143.52×10⁸m³^①。目前有6个开发项目、2个勘探项目正在该地区进行。6个开发项目包括潘河煤层气开发利用示范工程项目,端氏煤层气开发示范项目,对外合作项目——柿庄南煤层气开发项目、潘庄煤层气开发项目,大宁煤矿煤层气地面开发项目和樊庄煤层气开发项目。2个勘探项目为中联公司的沁水王寨项目和亚美公司的马壁项目。

(2)沁水盆地北部。沁水盆地北部主要指阳泉市寿阳地区,面积为1965 km²,估算煤层气资源量2234.06×10⁸m³,煤层埋深1500 m。1996—1997年,中国煤田地质总局对该区开始进行勘探,施工了4口参数井,其中1口井进行了排采作业,获得1000 m³/d的单井产量。1997—1999年中联公司在深部施工了1口探井,在韩庄井田施工了3口井组成的小井组。由于水大而终止了排采试验。“十五”期间,该区块成为对外合作区块,现在远东能源公司成为作业者,计划采用多分支水平井技术开发该区的煤层气资源。2005年在韩庄井田施工了2口多分支水平井,目前已进入排采试验。

① 中联煤层气有限责任公司.沁水盆地南部新增煤层气储量报告.2001.

(3)大宁-吉县区块^①。含煤面积2160 km²,煤层气远景资源量4800×10⁸m³。钻探29口井,已控制含气面积270 km²,控制储量343×10⁸m³,在760 km²的面积内,预测储量460×10⁸m³。该气田煤层厚度大,煤质好。5煤和8煤单层厚度3~7 m,最大厚度9.3 m。反射率1.7%~2.4%,属焦煤和贫煤。含气量高,为16~22 m³/t,含气饱和度70%~90%。渗透率0.20~0.54 mD。经初步测试,单井日产量为1000~6400 m³。

(4)韩城区块。韩城矿区面积为2142.5 km²,预测煤层气总资源量为2147.27×10⁸m³。3[#]、5[#]、11[#]煤层为主要勘探目标层,埋深多在400~900 m之间。3[#]、5[#]煤层厚1.67~2.90 m,11[#]煤层厚度大,一般6.20~7.80 m。煤层含气量平均为8~12 m³/t,最高达到26 m³/t;煤层渗透率较高,为1.65~2.96 mD。1996—1997年,中国煤田地质总局在韩城地区施工了3口煤层气参数井,其中1口井获得单井最高4000 m³/d的工业气流。2004—2005年,中联公司在本区进行煤层气勘探,施工了6口井的井组,单井产量在500~2500 m³/d之间,其中1口井发生自喷,试验结果证实该地区具有良好的煤层气开发潜力。

(5)神府-保德区块。为中联公司对外合作的区块,由山西保德、陕西神府2个合同区块组成,总面积4080.10 km²,预测资源量7200×10⁸m³。现在BHP-Billiton公司为合同区块的作业者,2004年至今,该公司共钻井10口。钻探显示,煤层含气量较高,为8~10 m³/t,渗透率高,煤层厚度大,具有良好的煤层气开发潜力。BHP-Billiton公司计划加大对该区块的勘探力度,着手编制开发方案,尽快进入煤层气开发阶段。

(6)阜新盆地。阜新盆地煤层厚度大、埋深浅、渗透率高、含气饱和度高,预测煤层气资源量116.06×10⁸m³。阜新盆地煤层气勘探始于1996年。1999—2001年施工了8口井的生产井组,单井产量达到2000~3000 m³/d,2004年和2005年借助国家资源补偿费继续在刘家区和东梁区进行煤层气勘探。刘家区、王营子区、东梁区最适合地面煤层气开发,预测煤层气资源量57.7×10⁸m³。勘探和生产试验显示,本区具有良好的煤层气开发前景。

(7)宁武盆地。面积3120 km²,煤层埋深300~1500 m,煤层气资源量2600×10⁸m³。煤层厚度大,4煤和9煤总厚14.0~24.0 m,为肥煤和焦煤。煤层含气量大,9煤为9.0~20.6 m³/t,含气饱和度高。煤层渗透率为0.86 mD。武试1井单井气产量3112 m³/d。2005年完成1口多分支水平井,正在进行排采试验,产水量大。

(8)准噶尔盆地。准噶尔盆地煤层气资源丰富,含煤面积21700 km²,煤层气远景资源量36000×10⁸m³。其中昌吉地区7010 km²,煤层气资源量7460×10⁸m³,煤层气封盖条件好,为褐煤、长焰煤,镜质组含量高达90%,煤结构良好。盆地东部大井地区面积4000 km²,煤层气远景资源量4500×10⁸m³,煤层埋深400~800 m,煤层厚度大,为34~63 m,单层厚13~21 m,为褐煤,煤质好,镜质组含量高达90%,煤层气封盖条件好。

(9)恩洪-老厂区块。恩洪矿区煤层气区块面积1790 km²。

其中对外合作区块1072 km²,自营区块面积718 km²。自营区块含煤面积485 km²,煤层气资源量612.92×10⁸m³,煤层气资源丰度1.25×10⁸m³/km²。煤层层数多,单层厚度小,以薄层及中厚煤层为主,煤层成组发育。有8~20层可采煤层,可采厚度累计10~31 m,平均为18 m。煤层层数及厚度变化较大,为焦煤、瘦煤。煤层气含量为0.45~30.32 m³/t,平均7.37 m³/t。煤层渗透率较低,为0.01~0.05 mD。2003—2005年,中联公司和云南煤田地质局合作进行勘探,施工探井3口,其中EH-02井单井产量500~800 m³/d。对外合作项目共施工探井6口,通过LC-01井的排采,取得了较好的生产参数,证实了该区煤层气资源的开发潜力。远东能源公司计划施工多分支水平井,促使项目进入开发阶段。

(10)沈北-铁法地区。沈北和铁法矿区煤层气勘探历史较长。沈北矿区,2003年中联公司利用“十五”攻关项目在该区实施1口生产试验井,采用空气欠平衡钻井、洞穴完井技术,获得较好的单井产量。铁法矿区已有多家进行煤层气勘探,在“八五”期间,沈阳煤气公司和美国ARI合作项目、联合国UNDP项目、中国煤田地质总局勘探项目先后打井8口,2004年东北煤田地质局又施工1口探井。DT-003井排采稳定产量3000~5000 m³/d,显示出该区巨大的煤层气开发潜能。

5 煤层气地面开发进入商业化开发示范阶段

5.1 四大煤层气商业化开发示范项目

2004年,中国开始进入煤层气商业化开发示范阶段。主要有4个项目:国家级沁南潘河煤层气开发示范项目、晋城潘庄煤层气开发项目、沁南枣园煤层气开发试验项目和阜新煤层气开发试验项目。

(1)沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程——潘河先导性试验项目。该项目(简称“潘河项目”)是国家发改委立项的国家级示范工程。到2005年底,中联公司已完成100口井的施工作业,压裂40口,并投产,现日产气5×10⁴m³。完成地面工程建设,包括CNG加气站1座、集输站1座、阀组站4座、燃气发电站1座及与之相配套的土建工程、输气管网、动力系统、数据自动采集系统等。潘河项目计划钻井900口,分3期完成,第一期钻井150口,投资3.45亿元,2006年完成,建成一个年产约1×10⁸m³煤层气的生产示范基地;第二期再钻井400口,累计平均年产量达4×10⁸m³;第三期钻井350口,累计平均年产量达7×10⁸m³。

(2)晋城潘庄煤层气开发项目。晋城煤业集团公司1995年开始在潘庄井田施工7口煤层气试验井并取得成功。2004—2005年,在寺河矿北、西区共施工了150口煤层气井,已陆续投入排采并产气,目前110口井日产煤层气20×10⁴m³。其中发现1口煤层气自喷井,日产气量最高达5000 m³。目前已

① 中国科学院·香山科学会议论文集.2005.

建成了 $16 \times 10^4 \text{m}^3$ 的煤层气压缩站,采用专用煤层气槽车运输压缩煤层气,供应晋城矿区2万余用户。同时,在晋城市建成煤层气汽车加气站,约400辆出租车和公交车改用煤层气作燃料。以煤层气为原料的 $30 \times 10^4 \text{t}$ 甲醇项目正在编制可行性研究报告。晋城市玻璃厂、陶瓷厂已用煤层气代替液化石油气或水煤气。

(3)阜新煤层气开发试验项目。1999—2001年在阜新煤田刘家区钻井8口,形成小型井网。2003年3月向阜新市正式输气,投入商业化生产,每天供气 $1.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 。2004—2005年增加4口井,目前井网日产量达到 25000m^3 。

(4)沁南枣园煤层气开发试验项目。中联公司从1997年开始在区内勘探,2003年建成15口井组成的小型生产试验井网,形成日产煤层气 20000m^3 的产能。建成日压缩能力 $3.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 的小型CNG压缩站和日发电400 kW的小型煤层气发电站。所产煤层气除供应电站发电、满足排采生产用电外,还采用槽车向河南林州和山西长治供气。中联公司通过勘探,在其中 50km^2 的范围内探明煤层气地质储量 $137.87 \times 10^8 \text{m}^3$,可采储量 $74.86 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2003年1月,中联公司与格瑞克能源公司签署了合作开展山西省柿庄南项目的合同,合同区面积为 455.286km^2 。格瑞克能源公司正在编制本区煤层气开发方案,计划到2010年钻井800口,达到产能 $6 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。

5.2 六大准备进入煤层气开发试验的项目

除上述4个开发项目之外,还有6个项目准备进入开发试验,即韩城煤层气开发试验项目、沁水端氏煤层气开发示范项目、大宁—吉县煤层气开发试验项目、宁武煤层气开发试验项目、沁水樊庄煤层气开发试验项目和沁水大宁煤层气开发试验项目。

(1)韩城煤层气开发试验项目。陕西韩城矿区煤层气勘探开发试验工作相对较好。该区煤层含气量高、渗透率高,是中国少见的高渗富集区之一。目前中联公司将韩城列入重点勘探开发项目,完成了6口井组成的先导性试验井组,单井日产量在 1000m^3 以上。中联公司计划在该区进一步扩大开发规模,同时将与香港嘉道里公司合作勘探开发,并进行多分支水平井的施工试验。

(2)沁水端氏煤层气开发示范项目。由国土资源部立项,中联公司实施。计划施工5口多分支水平井,合计17个单羽多分支水平井。建成年产 $1.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 产能的煤层气生产基地。2005年底完成第一口井施工作业,目前正在进行排采试验。

(3)大宁—吉县煤层气开发试验项目。由中国石油投资,长庆油田实施。目前有16口井在生产,单井日产量在 $1000 \sim 2800 \text{m}^3$ 之间。

(4)宁武煤层气开发试验项目。由中国石油投资,中国石油天然气勘探开发研究院廊坊分院组织实施。目前已施工1口多分支水平井,正在进行排采试验,产水量大。

(5)沁水樊庄煤层气开发试验项目。由中国石油投资,华北油田、中国石油天然气勘探开发研究院廊坊分院实施。本区已获煤层气探明储量 $352 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2004年底中国石油与美国CDX天然气公司签署合同,引进CDX多分支水平井技术,开发该区煤层气资源。目前正在进行200口垂直井的钻井施工作业。

(6)沁水大宁煤层气开发试验项目。由美国亚美大陆煤炭公司投资,旨在进行煤矿瓦斯预抽,同时开发煤层气资源。2004年施工1口多分支水平井,稳定日产量 $2 \times 10^4 \text{m}^3$,是中国第一口多分支水平井,并取得成功。2005年施工了第二口多分支水平井。亚美大陆煤炭公司计划再钻2~5口多分支水平井,以降低煤矿瓦斯浓度,实现高瓦斯矿安全、高效生产。

6 结语

中国的煤层气勘探开发经过15年的探索和实践,开始进入产业化的快车道。尤其是沁水盆地南部多个开发项目的成功,表明中国煤层气地面开发潜力巨大、前景良好,煤层气作为天然气的接替能源,将是最现实最有效的勘探开发对象。

但是,在看到美好前景的同时,还要充分估计到煤层气开发的艰巨性和复杂性。单井产量仍然较低,适合中国地质条件和储层条件的煤层气勘探开发的关键技术和工艺,尤其是高产富集区预测技术、增产改造技术,仍需要大力探索和试验;装备和技术比较落后,勘探开发手段单一;天然气(煤层气)管网基础设施落后,市场不发育、不健全;煤层气和煤炭矿权关系复杂;土地关系、工农关系矛盾较大,影响工程作业;国家缺少煤层气开发的鼓励政策,资金支持力度有限。煤层气实现产业化需要在体制、机制上创新。

参考文献:

- [1]叶建平,秦勇,林大杨.中国煤层气资源[M].徐州:中国矿业大学出版社,1998.
- [2]张建博,王红岩,赵庆波.中国煤层气地质[M].北京:地质出版社,2000.
- [3]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.
- [4]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.
- [5]叶建平.沁水盆地南部煤层气成藏动力学机制研究[J].地质论评,2002,48(3):319-323.
- [6]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.
- [7]傅雪海,秦勇.现代构造应力场中煤储层孔隙应力分析与渗透率研究[J].地球学报,1999,20(增刊):623-627.
- [8]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.