

# 国家级煤层气示范工程建设的启示

## ——沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程综述

吴建光 孙茂远 冯三利 郭本广 叶建平 范华

中联煤层气有限责任公司

吴建光等.国家级煤层气示范工程建设的启示——沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程综述.天然气工业,2011,31(5):9-15.

**摘要** 山西沁水盆地南部(以下简称沁南)煤层气开发利用高技术产业化示范工程是国家发展和改革委员会于2004年12月正式批准实施的第一个国家级煤层气开发示范工程项目。中联煤层气有限责任公司作为项目主管单位和建设单位,积极推进项目建设,2009年10月,示范工程一期150口井气田建设全面竣工投产,达到了 $1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 的产能建设规模。这标志着中国煤层气地面开发正式步入快速发展的大规模商业化轨道,为沁南煤层气的商业开发起到了示范和推动作用,加速了中国煤层气产业化的进程。该示范工程采用现代化的项目管理模式,进行了较好的项目组织管理及工程质量控制,形成了“300 m $\times$ 300 m井网部署”、“空气钻井技术”、“微珠低密度固井技术”、“清水加砂压裂技术”、“氮气泡沫压裂技术”、“分片集输一级增压地面集输技术”、“稳控精细排采技术”、“无烟煤储层生产特征分析”等8项适合于沁南高阶煤的技术系列,并得到了推广应用。另外还对新材料、新装备进行了试验应用,并制订了煤层气两个行业标准 and 两个企业标准,对国内煤层气田直井开发具有借鉴和示范作用。

**关键词** 沁水盆地 南部 煤层气 地面开发 产业化 示范工程 技术系列 标准制订

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.05.003

## 1 示范工程概况

### 1.1 示范工程立项及建设概况

随着我国国民经济的快速发展和对能源需求量的不断增长,煤层气作为一种宝贵的、不可再生的洁净能源,越来越受到各界的关注。煤层气既是一种高效洁净能源,其开发利用又能减少煤矿瓦斯危害和大气污染,因此,受到国家的高度重视<sup>[1]</sup>。在此背景下,中联煤层气有限责任公司(以下简称“中联公司”)于2004年11月25日向国家发展和改革委员会上报了《关于中国煤层气开发现状和“沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程项目”的报告》。该报告建议在山西省沁水盆地南部(以下简称沁南)已获煤层气探明储量区内,部署909口煤层气井,分3期实施,其中第一期完

成钻井150口井,建成年产 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的煤层气开发示范基地;第二期钻井400口,第三期钻井359口,最终达到煤层气年产量 $6.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

为了推进我国煤层气产业发展,国家发展和改革委员会于2004年12月22日以发改办高技[2004]2395号文件正式批准中联公司实施“山西省沁水盆地南部煤层气开发利用高技术产业化示范工程”(以下简称“示范工程”),明确支持中联公司开展该示范工程的前期准备工作。

2004年底,第一批40口井先导性试验工程正式开工,到2005年11月1日,完成了钻井、压裂、排采和地面集输工程,建设了4座阀组、1个集气站和1个供气站(CNG站),开始商业性试生产。

到2009年10月25日,完成了沁南示范工程一期

**基金项目:**国家发展和改革委员会国家高技术发展专项“沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程”(编号:高技[2004]2395)。

**作者简介:**吴建光,1962年生,教授级高级工程师,博士;中国煤炭工业协会煤炭地质分会理事,中国石油地质学会煤层气学组委员,中联煤层气有限责任公司总工程师;现从事煤层气勘探开发技术管理工作。地址:(100011)北京市东城区安外大街甲88号。E-mail:wujgchinaacbn@263.net

全部 150 口井的钻井、压裂、排采和地面集输工程,建设了国家煤层气开发利用示范工程——潘河增压站,供气能力为  $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,标志着示范工程正式投入商业化生产阶段(图 1)。



图 1 示范工程实施过程图

示范工程的建设投产,是我国煤层气产业化发展的一个里程碑。通过示范工程项目建设,形成了 8 项创新性技术,并进行了新材料、新装备的试验,拥有了煤层气自主创新性的新技术体系;同时,形成 4 项技术和安全规范、规程,开创了我国煤层气重大建设项目的技术、工艺体系和规范化管理的先河。

示范工程在国家发展和改革委员会的精心指导和高度重视下,在山西省各级政府和股东单位的大力支持下,经过中联公司的不懈努力以及项目设计、建设、施工、监理、质量监督等相关单位的通力合作,最终实现了顺利建成投产,标志着我国煤层气产业步入快速发展的轨道,尤其是单井高产量和良好的经济效益,极大地推动了沁水盆地南部煤层气开发热潮,加速了我国煤层气产业化的进程。

## 1.2 示范工程实施概述

示范工程位于沁水盆地南部,隶属山西省沁水县嘉峰镇,面积  $24.2 \text{ km}^2$ ,动用煤层气探明储量  $35.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,可采储量  $19.28 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

区块总体为单斜构造,倾向西北,地层平缓,倾角介于  $5^\circ \sim 10^\circ$ ,区内构造简单,主要为宽缓褶曲,断层稀少,有利于煤层气的富集成藏。

示范工程主要目标煤层为二叠系山西组的 3<sup>#</sup> 煤层。3<sup>#</sup> 煤位于山西组的下部,发育稳定,区内埋深 260 ~ 550 m,一般在 400 m 左右。厚度较大,结构简单,平均厚 6.30 m,变质程度高,属于无烟煤。煤层含气量高(一般在  $10 \sim 30 \text{ m}^3/\text{t}$  之间),主要成分为甲烷,浓度在 95% 以上;3<sup>#</sup> 煤储层压力 2.1 ~ 4.3 MPa,压力梯度平均为 0.78 kPa/m;区内煤层含气饱和度较高,达到 95%;煤储层渗透性较好(3<sup>#</sup> 煤层渗透率一般在

0.65 ~ 2.00 mD 之间),较好的煤储层特征有利于形成高产稳产的煤层气田<sup>[2]</sup>。

示范工程第一阶段潘河先导性试验项目有 40 口井,于 2005 年 11 月进入试生产,取得了显著的效果,目前单井平均日产气量已超过  $4800 \text{ m}^3$ ,创国内煤层气单井产量之最。2010 年,示范工程 150 口井已累计产气  $3.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,年销售量为  $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,近几年的产销量情况见图 2。

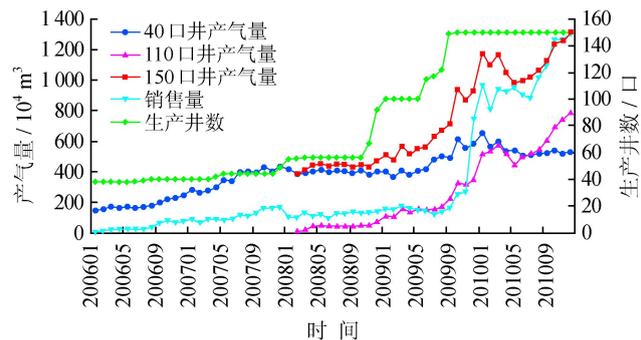


图 2 示范工程煤层气产销量图

示范工程项目建设形成了从生产到集输再到销售的完整的煤层气产、供、销一体化系统(图 3),实现了较大规模商业性生产和销售利用,产生了良好的经济效益和社会效益,起到了显著的示范作用。



图 3  $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  增压站站场图

## 2 示范工程勘探开发及建设方式

国家重视和支持煤层气开发利用,旨在通过示范工程的实施,引导煤层气产业向商业化和规模化发展,解决煤层气开发的关键技术难题。中联公司不断推进技术创新,在开发方案、钻完井技术、增产改造、气田集输工艺、数据采集传输监测等技术进行系统集成,在设计、施工、监理、工程质量监督等项目建设管理方面积累了经验,形成了规范和标准体系。示范工程的实施,

对煤层气建设项目的经济效益给予了一次全面而系统的客观评价,为制定国家煤层气开发战略和开发规划提供了依据,为煤层气项目投资决策提供了评价范例。

在示范工程获得国家发展和改革委员会正式批准初期,国内尚无煤层气商业化开发建设先例可资借鉴,在国际上也没有无烟煤储层煤层气开发成功先例。因此,沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程总体开发方案,按照“分步实施、滚动开发、商业规模”的指导思想,分 3 期实施:第一期,部署 150 口井试验井网,面积 24.2 km<sup>2</sup>,动用储量 24 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> (3<sup>#</sup> 煤层气储量),实现煤层气年产量 1 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>;第二期和第三期工程将根据第一期工程的成果逐步扩展<sup>[3]</sup>。

## 2.1 选区方法及原则

根据煤层气赋存状况和煤层气前期勘探成果,以潘庄一号井田煤层气探明储量区作为先导性试验的优选区域。

潘庄一号井田已经达到精查勘探阶段,煤炭地质勘探程度高,煤田地质条件简单,煤层厚度稳定、断层不发育。因此以含气性、资源条件、地质条件作为选区要素,结合地形地貌特点,选择了含气量高、资源丰度高、勘探(控制)程度高、地形比较开阔平缓的区块。

在此基础上,针对本区地质构造简单、煤层稳定、埋深浅、渗透性较好等特点,对井网部署方案布井密度进行了认真研究和论证,并进行模拟优化,对气藏工程、钻井工程、采气工程、地面工程进行多方案的综合优选。根据开发方案,对地面工程方案的建设规模、投资大小、主体技术、主要设备、建设标准、占地面积、系统工程等做出总体优化,以节约成本,控制投资总额。进行项目的财务评价和经济评价,确保煤层气开发取得良好的经济效益<sup>[4]</sup>。

## 2.2 项目组织管理及质量控制

### 2.2.1 勘查

根据总体部署,分 4 个阶段对示范工程一期 150 口井进行野外踏勘、布井,第一阶段 10 口,第二阶段 30 口,第三阶段 60 口,第四阶段 50 口。

### 2.2.2 设计

按沁南示范工程部署方案要求,对生产井、参数暨生产试验井进行钻井地质工程设计、压裂设计、排采设计、地面建设设计,经中联公司审批后实施。

### 2.2.3 施工组织

按示范工程部署方案要求,对各单项工程钻井、测井、固井、压裂、地面集输及设备采购进行招标。根据工程进度的要求逐步与各经认定具备资质及施工能力的单位签订工程合同。

### 2.2.4 项目管理及质量控制

为保障项目的顺利实施,实现计划目标,中联公司推行现代化管理模式,简化管理层次,强化项目管理和技术管理体系。实行项目经理负责制,遴选出具有丰富现场经验和项目管理能力的相关专业技术人员组成项目经理部,后期为了加强项目组织建设,又组建了分公司。

施工过程中,严格执行工程监理制度,优选具有丰富经验的高级技术人员担任现场工程监理,同时委托专业监理公司进行地面集输系统施工监理。委托中国石油天然气华北工程质量监督站对该示范工程进行质量监督,较好地进行了工程设计审查、工程开工验收、中间阶段验收、竣工验收和最终成果验收等工作(图 4)。

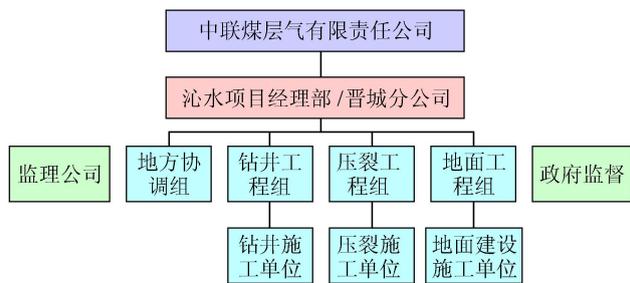


图 4 项目组织管理示意图

示范工程在建设过程中,按照国家基本建设程序,实行建设项目法人责任制、资本金制、招投标制、建设工程监理制、合同管理制,通过了工程质量监督认证。2009 年 10 月,中国石油天然气华北工程质量监督站对该工程进行了验收,并出具《工程质量监督报告》,沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程按照批准的设计内容全部建成,工程实体质量满足设计图纸和相关规范、标准要求,工程合格率达 100%,工程质量评定为优良,符合国家有关质量标准,满足使用要求,同意投产使用。通过试生产的检验,增压站、集气站、CNG 站生产能力满足设计要求,煤层气集输系统运行正常,生产能力和产品质量符合设计要求,实现了较大规模的煤层气商业性生产和销售利用。

在 2010 年 11 月召开的第十二届中国国际高技术成果交易会上,“沁南煤层气高技术产业化示范工程”被国家发展和改革委员会正式授牌,被授予“国家高技术产业化示范工程”称号。

## 3 技术的集成创新

沁南示范工程一期的建设投产,是中国煤层气产

业化发展的一个里程碑。通过示范工程项目建设,探索并形成了一系列有特色的适合沁南地区煤层气开发的技术体系,并得到了推广应用。

### 3.1 创新性地采用 300 m×300 m 正方形井网部署

井间距是产量预测和经济评估的重要参数,它决定着煤层气开发的经济效益和煤层气资源的回收率。井间距的大小取决于地质条件、储层性质和生产规模对经济性的影响。为确定该区煤层气开发合理的井网和井距,在储层评价和历史拟合的基础上,利用先进的储层模拟软件分别模拟了不同井间距的煤层气产能(图5)。针对不同井间距的布置,综合应考虑本区构造裂隙和煤层主裂缝发育方向、煤层气井产气高峰期到达时间、气井产能和煤层气最终采收率等主要因素,对比分析并考虑经济评价的结果,在该地区采用 300 m×300 m 正方形井距布井最为经济合理,井网方位确定为 N60°E 方向和 N30°W,在实际应用中取得良好的效果,并在柿庄南、樊庄等地进行推广应用。

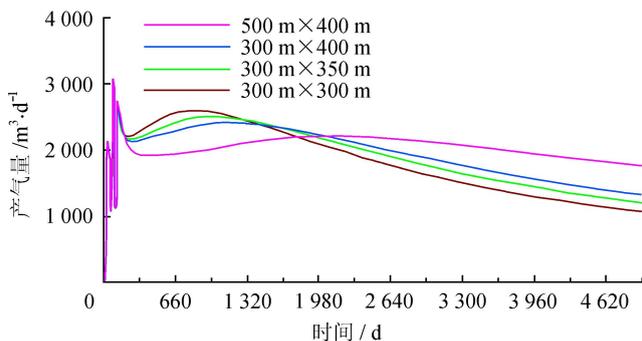


图5 不同井距的日产气量模拟结果图

### 3.2 首次大规模采用空气钻井技术

空气钻井主要采用空气或空气泡沫作为循环介质,潜孔锤冲击钻进工艺。该技术具有钻进速度快、效率高、钻压低、井身质量好、无循环液漏失等优点,既保护了储层,又节省了工程成本,提高了效益,从而能高质量地完成钻井施工任务,具有明显的技术和经济优势。潘河示范项目首次大规模使用该项技术,成效显著。在沁南示范工程采用空气、空气泡沫钻井数约占总井数的 60%,大幅缩短了建井周期,有效保护了煤储层原生结构,在工程质量、施工效率、施工成本上显示了极大的优越性,在保证潘河示范项目顺利建设投产中具有重要作用。

### 3.3 微珠低密度固井技术减轻了对煤层的伤害

采用微珠低密度水泥浆固井可以降低环空的液柱压力,既可以减轻对煤储层的伤害,又可以减少固井水泥浆的漏失。生产套管固井水泥浆密度控制在 1.60

$\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.05 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,抗压强度达到 12 MPa 以上,经测井检测,合格率达到 100%,其中优良率为 84%。

### 3.4 清水加砂压裂技术得到了大规模的应用

示范工程中有 148 口井采用清水加砂压裂技术,占压裂井数的 98.7%,平均产气量  $2\,540.77 \text{ m}^3/\text{d}$ 。清水加砂压裂技术对煤层伤害较小、成本较低、配液工艺简单。该技术在沁南示范工程的应用中取得了良好的效果。在实际应用中,一方面掌握了该项技术的设计、施工、现场问题处理等一系列技术工艺,同时也检验了清水加砂压裂工艺技术的可行性,也可以为该技术在其他地区的推广应用提供良好的技术支撑。

### 3.5 首次将煤层气“氮气泡沫压裂技术”应用于工业试验,并获得了成功

选择 2 口井,适时将国家“十五”科技攻关成果——“氮气泡沫压裂技术”进行工业试验。根据泡沫压裂液配伍性研究,选用无固相伤害的表面活性剂+氮气的压裂液体系,应用三维压裂设计软件进行裂缝计算与施工模拟,优选施工参数,实现了适宜的增产改造技术的探索,提高了单井产能。

氮气泡沫压裂具有压裂液黏度高、携砂能力强的特点,可有效降低压裂液的滤失性,控制裂缝形态的发育;压裂液用量少,对煤层污染较小,压裂后返排速度快,产气速度快。试验结果表明氮气泡沫压裂井在排采 1~2 d 即产气。通过对周围地质条件相似井的产量对比分析发现,在生产前期,2 口氮气泡沫压裂井比清水加砂压裂井平均日产气量提高 3 倍以上,气量稳定在较高水平上,增产效果显著。

### 3.6 分片集输一级增压地面集输技术实现了技术创新,并填补了我国煤层气集输领域的空白

采用“分片集输一级增压”的集输工艺,减少了中间场站增压集输环节,优化了集输工艺,从而使采气半径大幅度增加,由相关规范上界定的“不宜大于 5 km”,增加到了 17 km,技术取得创新性重大突破,在相同规模气田建设条件下,实现了由阀组代替集气站,阀组与阀组之间的串联枝状布置,大大简化了集输设施,从而大幅度降低项目投资。这种集输工艺在煤层气田建设中首次应用,取得了巨大成功,已申报国家发明专利(图6)。

### 3.7 探索出适合本区储层条件的煤层气稳控精细排采技术

针对无烟煤储层的特点,探索了一套适宜的煤层气井排采技术。在泵型选择、泵挂结构设计、地面单井流程方面提出一整套工艺流程。制订合理的排采制度,处理好液面、套压、产量的关系,控制一定的井底压

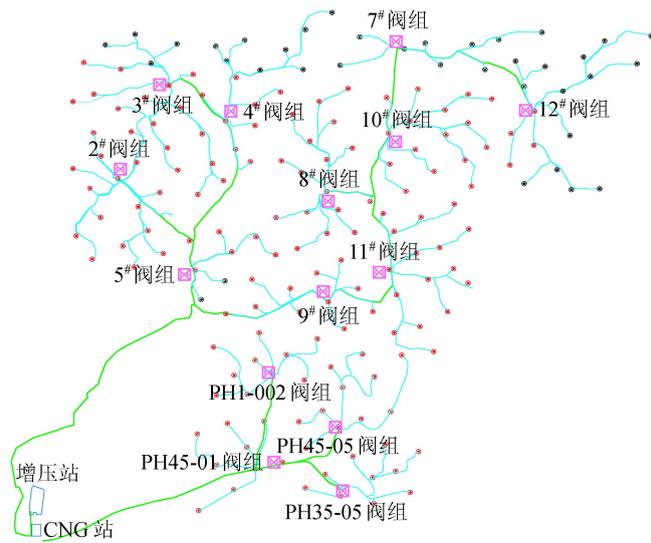


图6 集输系统示意图

力,保持合理的压差,控制煤粉产出和压裂砂返吐。实践表明,通过这一整套先进的技术控制,取得了煤层气单井平均产量超过  $4\ 800\ \text{m}^3/\text{d}$  的成果。

### 3.8 分析煤层气生产规律,提出无烟煤储层煤层气生产曲线类型和生产阶段划分认识

根据单井产气量大小的阶段变化规律,将沁南示范工程煤层气井排采曲线分为5类典型特征:中高—低产—高产型;中高—高产型;中高—低产型;高低重复型;高产水型等。

煤层气井一般经历单相流、非饱和流、两相流阶段,本示范区的煤层气井经过5年的排采,许多井处于气体单相流动状态。

在煤层气井产气后,地层含水饱和度的变化、气水两相相对渗透率的变化是气井生产特征变化的关键因素,充分理解这些参数的变化,是解释煤层气井各阶段生产特征的关键。

### 3.9 新材料、新装备的试验应用

#### 3.9.1 聚乙烯管线首次在煤层气田应用

按照低成本开发战略和煤层气多井、低压的特点,对于适合于煤层气田采气管线的非金属管材如聚乙烯管(PE)、钢骨架塑料(钢丝网)复合管、钢骨架塑料(孔网状)复合管、柔性复合管,经过性能和经济方面的比较,认为聚乙烯管和柔性复合管均能很好地解决金属管道耐压不耐腐、非金属管道耐腐不耐压的缺点,刚度和柔度好,抗蠕变性强,耐磨,内壁光滑且不结垢,节能节材效果好,且压力损失小,无污染,施工维修方便,使用寿命长,适应于煤层气田的开发。

通过管径与管线总投资关系的研究,当采气、集气

管道的公称直径小于等于  $200\ \text{mm}$  时,采用 PE 管道,投资低;当采气、集气管道的公称直径大于  $200\ \text{mm}$  时,采用钢制管道,投资低(图7)。本示范工程中公称直径在  $200\ \text{mm}$  以下管线均采用 PE100 聚乙烯管线。

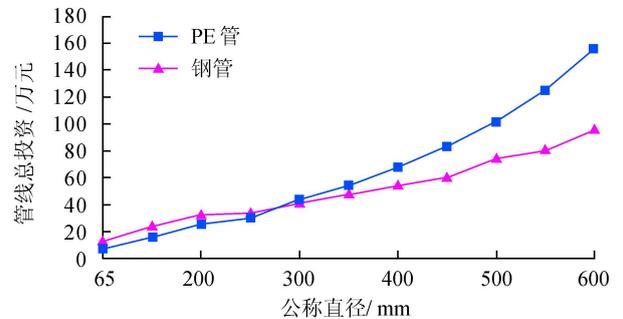


图7 管道经济性对比图

#### 3.9.2 气动机研制试验

首次在沁南示范工程采用气动机作为煤层气抽采的动力设备,利用气井自产气为燃料,既减少了动力成本,又可以避免繁琐的配套工程建设。气动机的应用,极大地简化了煤层气井生产的建设工序,加快了投产进程,具有较高的灵活性和方便性。随着气动机设备的不断更新完善,在煤层气生产中的应用也将逐步上升(图8)。



图8 气动机驱动煤层气生产照片

### 3.10 制订了煤层气两个行业标准和两个企业标准

1)制订了两个煤层气安全行业标准:《煤层气地面开采防火防爆安全规程》Q/CUCBM 1301—2008 和《煤层气集输安全规程》Q/CUCBM 1302—2008,填补了煤层气行业安全标准的空白,改变了煤层气勘探开发无安全规程可执行的现状。安全标准的制订,可以规范煤层气开采安全生产,为政府有关管理部门依法行政、安全生产监管提供依据,为煤层气企业安全生产提供技术保障,促进煤层气产业健康、快速发展。

2)制订了《煤层气开发方案编制规范》Q/CUCBM 1305—2008、《煤层气地面工程设计规范》Q/CUCBM 1306—2008 两个煤层气技术标准,为指导煤层气田开发方案编制、地面工程设计、施工作业、工程质量、资料汇交和验收等提供了依据,为煤层气行业技术标准的建立作出了贡献。

## 4 社会效益、经济效益及产业示范效应

### 4.1 经济效益及社会效益

示范工程共投资 3.5 亿元人民币,目前日均产量  $48 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,2010 年销售量达到  $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,全部投资内部收益率(税后)为 12.13%,经济效益显著。

#### 4.1.1 国民经济效益

沁南示范工程的煤层气开发利用,作为一项重大的洁净能源基础产业,将直接拉动国民经济的发展。该项目的建成将带动道路、钢铁、水泥、化工等相关产业的发展,增加劳动力的需求量,扩大就业机会,促进地方经济乃至国民经济的可持续发展。以单位国内生产总值能耗的简单类比方法测算,全国城市单位国内生产总值 1 t 煤能耗产生 3 731 元生产总值。如果通过煤层气利用,能耗降低部分即为生产总值可以增加部分,1  $\text{m}^3$  煤层气 = 1.33 kg 标准煤,即 1  $\text{m}^3$  煤层气能耗产生 4.96 元生产总值。按沁南示范工程年销售量  $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$  估算,煤层气开发的国民经济拉动效益将达到 5.95 亿元。

#### 4.1.2 增加能源供给

随着我国对能源的需求量日益增大,应不断加快煤层气的开发步伐,增加市场能源供应,对于保证能源需求及社会发展意义重大<sup>[5]</sup>。

#### 4.1.3 环保与安全效益

开采煤层气有利于从根本上减少煤矿瓦斯事故发生的频率,改善煤矿的安全生产条件,同时还能大大降低煤矿安全投入,降低生产成本,提高煤矿的生产效率以及经济效益。同时可以减少甲烷、二氧化碳、总悬浮颗粒物、硫化物和氮氧化物排放(煤层气的利用可以减少煤炭的利用量,从而可以减少二氧化碳、总悬浮颗粒物、硫化物和氮氧化物生成量)造成的温室效应及大气污染,对于建设和谐环境、绿色能源经济具有重要作用。

##### 4.1.3.1 煤矿安全贡献

据 2008 年度煤矿瓦斯事故直接和间接损失与生产煤炭中煤层气含量,可以得到开采煤层气对煤矿安全生产贡献直接与间接经济价值为 0.23 元/ $\text{m}^3$ <sup>[3]</sup>。按沁南示范工程年产量  $1.40 \times 10^8 \text{ m}^3$  估算,则可以得出

开发沁南示范工程煤层气对煤矿安全生产贡献的年度经济价值约为 3 220 万元。

##### 4.1.3.2 环境效益贡献

按照国际市场上温室气体减排权交易来计算煤层气开发的环境效益贡献值,可以得出开发利用煤层气减排的效益约为 0.21 元/ $\text{m}^3$ ,以沁南示范工程年煤层气排放(采气)量  $1.40 \times 10^8 \text{ m}^3$  估算,则可以计算出开发沁南示范工程煤层气的环境效益年均约为 2 940 万元。

##### 4.1.4 人才培养

沁南示范工程从开始实施到竣工投产的 5 年时间内,不但高质量地完成了示范工程项目,同时形成了多项先进技术体系和规程规范,培养了大批工程、预算等管理人才和钻井、压裂、排采、地面建设等一系列技术人才。

### 4.2 示范工程的示范效应

沁南示范工程极大地推动了煤层气产业发展进程。示范工程中形成的技术体系、标准规程、规范化管理制度、规模化运营模式保证了工程的顺利投产运行,对于煤层气开发工程建设具有借鉴意义。

#### 4.2.1 直井开发示范效应

沁南示范工程全部投资内部收益率(税后)达 12% 以上,表明了直井开发煤层气的可行性,同时也检验了煤层气直井开采的技术可行性、经济可行性及现实适用性。

#### 4.2.2 行业带动效应

沁南示范工程是第一个国家级煤层气开发示范工程,是煤层气规模化商业开发的试点,也是国家给予中联公司的重大任务和考验。示范工程的成败关系到国家对煤层气的战略定位,是对国内煤层气商业开发的技术和管理的检验,在一定程度上也决定着煤层气行业的发展前景。示范工程的成功,是对国家煤层气战略的最好回报和支撑,表明了我们已经完全掌握了适合国内煤层气商业开发的专业技术,具备了规模化开发煤层气的能力,对于促进煤层气行业的健康、快速发展提供了可靠例证。

至 2010 年底,沁南示范工程总产气量超过  $3.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,在沁南示范工程带动下,沁水盆地钻井数量(主要区块工作量)由 2005 年底的 325 口增加到 2009 年底的 3 034 口,产气量则由  $0.2 \times 10^8 \text{ m}^3$  增加到  $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表 1)。沁水盆地煤层气开发规模不断扩大,依托沁南示范工程项目技术及经验,中联公司在沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘的沁水、阳城、长子、寿阳、柳林等区块实施勘探开发项目,煤层气规模化商业开发拉开了序幕。

表1 沁水盆地钻井数和产气量表

时 间	钻井数/口	产气量/ $10^8 \text{ m}^3$
2005 年底	325	0.2
2009 年底	3 034	10.0

#### 4.2.3 成功经验

1)国家对煤层气行业的高度重视及相关部委和山西省各级政府的大力支持、社会各界对煤层气行业的关注以及项目协作单位的积极配合与辛苦付出,为沁南示范工程的顺利实施营造了良好的外围环境。

2)中联公司员工的艰苦奋斗、不懈努力,为沁南示范工程的顺利实施提供了人力、物力、财力保障。

3)项目中形成的技术体系和技术规程,为沁南示范工程的顺利实施提供了技术支撑。

4)煤层气生产、运输、销售协调发展,为沁南示范工程的顺利实施提供了良好的支持。

5)规范化的管理模式,为沁南示范工程的高效、有序运作提供了保证。

#### 4.2.4 技术应用及推广

通过示范工程项目建设,形成了配套技术体系,并得到了推广应用。如 $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$ 正方形井网部署方式、空气钻井技术、活性水加砂压裂技术、氮气泡沫压裂技术、稳控精细排采技术、分片集输一级增压地面集输技术等,既形成了适合本地区地质条件的煤层气

开发工艺技术,又产生了具有创新性的可推广的新技术。尤其在工程设计施工、管理等方面,积累了丰富的经验,造就了大批专业技术人才。

以沁南示范工程技术体系为支撑,可有效避免重复探索,提高效率,经济和社会效益突出。可为其他地区的煤层气勘探开发提供经验和借鉴,对促进我国煤层气产业发展具有积极的示范作用。

#### 参 考 文 献

- [1] 翟光明,何文渊.中国煤层气赋存特点与勘探方向[J].天然气工业,2010,30(11):1-3.
- [2] 中联煤层气有限责任公司.沁南煤层气开发高技术产业化示范工程——潘河先导性试验项目第一期第一阶段工程技术总结报告[R].北京:中联煤层气有限责任公司,2006.
- [3] 中联煤层气有限责任公司.沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程和技术研发报告[R].北京:中联煤层气有限责任公司,2010.
- [4] 叶建平,范志强.中国煤层气勘探开发利用技术进展.中国煤层气勘探开发利用技术进展:2006年煤层气学术研讨会论文集[M].北京:地质出版社,2006.
- [5] 中国煤炭学会煤层气专业委员会,中国石油学会石油地质专业委员会.2008年煤层气学术研讨会论文集[M].北京:地质出版社,2008.

(收稿日期 2011-03-11 编辑 赵 勤)