

河东地区煤层气资源勘探开发利用前景

周志成*

(中国新星石油公司华北石油局)

周志成. 河东地区煤层气资源勘探开发利用前景. 天然气工业, 1998; 18(4): 5~ 8

摘 要 河东地区位于鄂尔多斯盆地东部, 面积 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 煤层气资源量 $4.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占全国煤层气总资源量的 12.8%。该区是今后 5~ 10 年我国煤层气勘探开发的重点地区之一。从该区的煤层气资源背景、构造背景出发, 认为河东中部地区是煤层气勘探开发最有利的目标区。理由是: ①有利的构造部位可能具有良好的煤层气可采性; ②多期生气提供了丰富的煤层气资源; ③柳林试验区的勘探实践证明了中部地区具有煤层气勘探开发潜力。作为目前经济不发达的地区, 建立河东煤层气主输气管线, 是大规模开发煤层气的先决条件。另外, 该区还是浅层天然气勘探的有利区, 应采取浅层气、煤层气勘探并重, 共同发展的策略。

主题词 鄂尔多斯盆地 东 煤成气 资源量 资源评价 输气管道 浅层气 勘探方针

我国煤层气资源十分丰富, 资源量达 $35 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 与我国常规天然气资源量相当。“八五”期间, 我国在联合国开发计划署援助下, 由原地矿部在河东地区的柳林建立了第一个煤层气勘查开发试验区, 并取得了小型井网排水采气的成功, 最高单井产气量达 $7\,050 \text{ m}^3/\text{d}$ 。这标志着我国煤层气这一新能源领域的突破和煤层气工业的起步。

开发煤层气这一新能源, 可促进我国以煤为主的能源系统逐步向对环境无害的可持续发展的模式转变。

河东地区煤层气资源背景

1. 地质构造特征概述

河东地区位于鄂尔多斯盆地与吕梁隆起之间南北向的狭长地带, 地质上称为晋西绕褶带, 区域上为一向盆地内西倾的单斜构造, 局部发育有开阔平缓的近南北向褶皱和北东—南西向正断层及部分逆断层。该区既有别于其东部的山西断隆先期挤压褶皱, 后期拉伸、断陷所形成的复杂构造格局; 也不同于其西部的鄂尔多斯盆地, 构造差异活动微弱, 处于长期稳定状态。河东地区表现为一过渡性质的盆缘构造类型。

2. 区域划分和煤层气资源

根据河东地区从北到南地质构造类型、展布形式的差异性, 将河东含煤区分为: 北部、中部、南部三个区^[1]。

北部区由于东缘离石大断裂的北段表现为大型绕曲, 活动性相对较弱, 区内构造比较简单, 地层产状平缓, 为一西倾的单斜构造。倾角一般在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间。

中部区处于离石—柳林东西向构造带上。构造特征与南北分区存在着明显的差异。特点是: 在走向南北的吕梁复背斜西翼上, 南北向的次级构造仍很发育。同时又有东西向隆起与其复合, 故形成了特有的短轴背向斜及鼻状构造。

南部区主要构造线呈南东突出的弧形展布, 在隰县以北为南北向, 向南逐渐过渡为北东—南西向。地层产状的变化亦与主构造线基本一致, 隰县以北走向南北, 向西倾; 往南逐渐转变为北东—南西向, 倾向北西。

据美国圣胡安盆地煤层气勘探开发实践的经验, 处于盆地不同构造部位区域的井, 煤层气产量差异非常大。尽管导致上述差异性的原因还不十分清楚, 但不同的构造部位可能对煤层气的赋存和产出

* 周志成, 1965 年生, 工程师; 1989 年毕业于成都理工学院石油地质专业; 现从事煤层气勘探研究、管理工作。地址: (450006) 河南省郑州市。电话: (0371) 8611590 转 216。

有着一定的影响。河东不同区域的划分对于寻找该区煤层气的赋存和产出规律具有一定的借鉴意义。同时,对于该区浅层天然气的勘探也具有指导作用。

河东地区北区以低变质程度的长焰—气煤为主;中区以中变质程度的肥煤—焦煤为主;南区以中变质程度的焦—瘦—贫煤为主。从北到南煤变质程度逐渐加深,在埋深大体相当的情况下,煤层含气量随煤变质程度升高而增加。全区平均含气量 $4.3 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

河东地区面积为 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,煤层气成藏地质条件优越,含气量为 $2.43 \sim 16.9 \text{ m}^3/\text{t}$,煤厚 $5.84 \sim 18.36 \text{ m}$ 。该区煤层气资源量 $4.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国煤层气资源量的 12.8% 。资源丰度 $0.61 \times 10^8 \sim 1.84 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,是建立我国煤层气工业基地最有希望的地区之一。

河东地区煤层气勘探开发部署建议

1. 中部地区是最有利的勘探开发目标区

(1) 有利的构造部位可能具有良好的煤层气可采性

河东地区中部煤层气选区范围 670 km^2 ,主要构造特点为向西倾没的鼻状构造(图1)。石炭、二

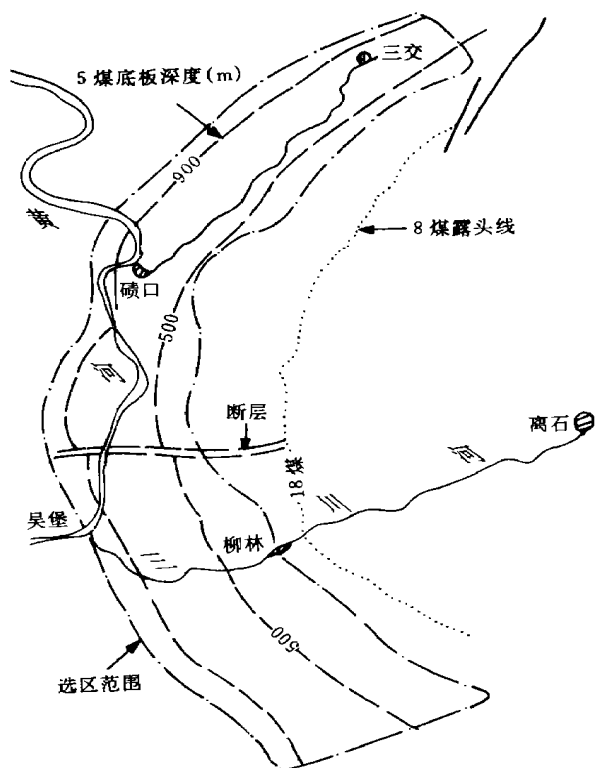


图1 河东地区中部构造图

叠系煤层总体上为一向西缓倾的单斜,倾角 $3^\circ \sim 5^\circ$,东侧裸露区为地下水的补给区。在近鼻状构造轴部发育有两条东西走向的断层。目标煤层4、5、8号煤集中分布在 $50 \sim 60 \text{ m}$ 厚的含煤组段内,叠加厚度 $5 \sim 14 \text{ m}$,埋深一般 $300 \sim 1000 \text{ m}$,均以光亮—半亮型焦煤为主。煤岩的原生割理和外生裂隙发育,反映出该区煤层气具有良好的可采性。

(2) 多期生气提供了丰富的煤层气资源

河东地区煤的变质作用类型以深成变质作用为主,主要发生在三叠纪末构造抬升之前的最大埋藏阶段,这应是本区的主要生气时期。但在河东地区中部,由于燕山期岩浆活动,使埋藏于地下的煤在深成变质作用的基础上又叠加了岩浆热变质作用。因此,中部地区除在深成变质作用阶段有气体生成外,在早白垩世岩浆活动时期可能也能生气。这样,中部地区煤层气因生气时期晚,逸散时间短,而得以更多的保存。这可能是中部地区煤层气含气量相对较高的重要原因。通过对该区4、5、8号煤三层煤层气资源量估算,总资源量 $960 \times 10^8 \text{ m}^3$,资源丰度最高区分布于三川河—碛口之间,为 $2.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,最有利区面积约 410 km^2 。

(3) 柳林试验区的勘探实践证明该区具有煤层气勘探开发潜力

“八五”期间,华北石油局在河东中部地区柳林进行了煤层气勘探开发试验,小型开采井网投入排采的7口井(井深 450 m 左右)煤层气产量都超过工业气流标准。在井底流压仍较高的条件下,煤柳5井最高产气量达 $7050 \text{ m}^3/\text{d}$,并长期保持在 $4000 \sim 6000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。按煤层气井生产规律和排采工作制度要求,这些井都尚未达到产量高峰期,即都有继续提高产气量的潜力。

对柳林煤层气试验区7口井小型井网进行了20年的生产预测。预测时,使用生产历史拟合所确定的一套参数值。采取以定压的工作制度生产,即4+5号煤和8号煤对应的井底流压为 0.1 MPa 。预测结果,7口井20年累计气、水产量分别将达到 $4743.15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $82.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。早中期产量递减速度快,晚期较慢。平均单井煤层气产量最高达 $1530 \text{ m}^3/\text{d}$,最低为 $730 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经济技术评价结果认为该区具有较高的煤层气商业开发价值。

(4) 可与美国商业开发煤层气的勇士、圣胡安盆地对比

河东中部地区的煤厚、煤岩类型、含气量、解吸压力、资源丰度等多项煤层气地质评价参数,均可与

目前美国成功的煤层气商业开发区勇士、圣胡安盆地相对比,具有良好的煤层气开发前景(表 1)。

表 1 煤层气评价参数对比表

地区	时代	煤层深度 (m)	煤厚 累计 (m)	煤级 R^o (%)	煤岩 类型	含 气 量 (m^3/t)	渗 ¹⁾ 透 率 (mD)	解吸 压力 (MPa)	地层压力 梯度 (MPa/m)	资源丰度 $(10^8 m^3/km^2)$	产量 (m^3/d)		气 显 示	输 气 管 线
											气	水		
河 东 中 部	P1 s	340	8	~	光亮	7~15	0.137	1.07	0.0106	1.6	1000	2	活 跃	无
	C3 t	410	10	~	半亮	~	20.00	3.16	0.011		~	~		
勇 士 盆 地	C	340	1	~	肥焦	9~14	2.0	~	0.007	~	2800	8	有	
	~	600	9	~	光亮	~	30.0	2.89	0.009		~	~		
圣 胡 安 盆 地	K	900	12	~	肥焦	3~16	1.5	~	0.124	1.3	7050	5.36	有	
	~	1200	18	~	光亮	~	15.0	8.08	~		~	~		

1): mD 为非法定计量单位, 1 mD= $10^{-3}\mu m^2$ 。

本区在构造形态上和水文地质特征方面与美国圣胡安盆地具有一定的可比性(图2)。河东地区属

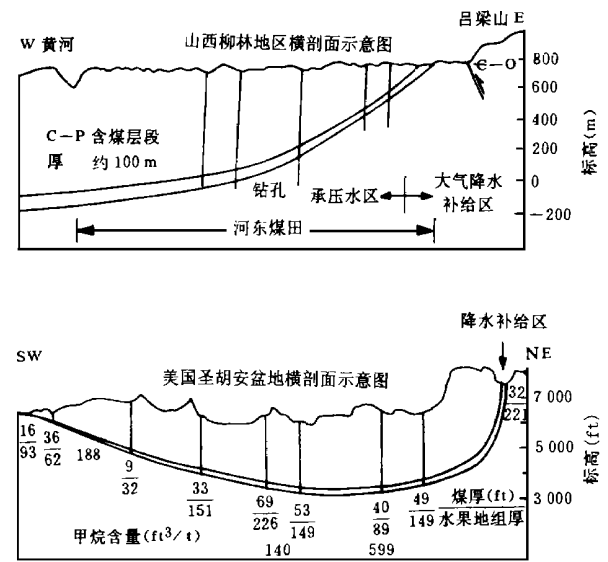


图 2 河东地区与圣胡安盆地横剖面示意图

注: 1 ft= 0.304 8 m; 1 ft³= 28.316 8×10⁻³m³

鄂尔多斯承压水盆地的一部分,受吕梁隆起及鼻状构造控制,地层由东向西倾没,形成东侧露头区和向西埋深不断加大的倾没区。在这一构造背景下,形成了大致以煤层露头线为界,东部大气降水侧向水

源补给区和西部承压水区。区内主要煤层所含水大部分来自东部露头区的侧向补给和煤层上、下石灰岩的垂向补给。根据柳林试验区井的测试资料,煤储层静水压力梯度为 1.05~ 1.09 MPa/100 m,超压含水煤层对煤层气保存有利,也有利于排水降压。

2. 对煤层气资源进行全面勘探和评价

河东北部(38°以北)为山西省对外煤层气合作区,主要开展工作的公司为美国菲利普斯公司。中部和南部区主要为华北石油局对外合作区,项目进展比较迅速,主要合作伙伴为澳大利亚路韦尔公司,美国的阿科、阿莫科、安然等多家公司。上述公司均投入了勘探实物工作量,其中美国的阿科公司和澳大利亚的路韦尔公司进展最为迅速。阿科公司已钻探 7 口煤层气勘查井,路韦尔公司已钻探 4 口煤层气勘查井,均已初步完成了区域煤层气勘探评价工作。下一步将对已钻的煤层气井实施压裂、排采试验,并在有利的部位钻小型试验井网,对煤层气生产潜力和商业开发价值进行评价。预计“九五”期间河东地区将形成 4~ 5 个中、小型煤层气田,控制和探明储量 $688 \times 10^8 m^3$,形成 $10 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4 m^3/d$ 的试生产评价煤层气产能。

3. 浅层气和煤层气并重,相互促进,共同发展

河东地区煤系地层发育,煤层和暗色泥岩有机质丰度较高,生气量较丰;且全区大部分地带煤系地层处于主要生气高峰期,生烃量为 $125 m^3/t$ 可燃基,所处煤阶生气量占总生气量的 75%~ 80%,煤体吸附气量在 $20 m^3/t$ 以下,充分反映了河东地区上古生界源岩自身有着优越的供气条件。

作为鄂尔多斯盆地次级构造单元的晋西绕褶皱带,其构造的发生发展以及地史中天然气的运移与整个盆地是密不可分的。燕山旋回晚期晋西绕褶皱带已基本形成,而鄂尔多斯盆地的中部地区为高强度生气区,河东地区为中、低生气区。盆地所生烃类主要指向伊陕斜坡和晋西绕褶皱带。其中后者的有效运移量为 $11.44 \times 10^{12} m^3$,聚集于绕褶皱带内部。这是河东地区主要的天然气聚集期。晋西绕褶皱带经历了中生代多期的构造活动,发育了具多种构造特点的断裂和褶曲,最终形成了总体呈东仰西倾的绕褶皱构造形态,造就了多种含油气有利圈闭类型。因此,该区也是浅层天然气勘探的有利区。

煤层气开发前景分析

1. 煤层气的产出特点决定了必须是规模开发
煤层气的产出必须经过解吸→扩散→渗流,而

产生解吸作用需降低煤岩储层的孔隙压力,即降低原始地层压力。这往往是通过排出煤层裂隙中的水来实现的。从开发角度讲,必须经历排水→降压→采气的过程。

煤层气井单井开采产量较低,利用群井开采,造成大面积均衡降压,才能取得更好的脱气效果,提高产量。

2. 主输气管线的建立是大规模开发河东煤层气的先决条件

我国河东地区煤层气地质条件优越,与美国的勇士、圣胡安盆地类似。所不同的是该区目前不具备大规模全面开发煤层气的基础设施,即主输气管线。而美国勇士、圣胡安盆地均有便利的输气管线把生产出来的煤层气输送到用户。

煤层气密度小,体积大,并且甲烷含量高,难于液化,因此采用管道输送几乎成了唯一的方式。预计河东地区未来十年内全面开发煤层气将形成年产 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的产量。按此规模能力输气,全区从南往北,经由乡宁—大宁—石楼—柳林—临县—兴县应建设区内煤层气输气主干线,全长 280 km。初步按 50 万元/km 概算,需要建设资金 1.4 亿元。

从长远角度看,河东煤层气的输出和利用方向如下:①向北进入陕甘宁中部气田—北京的输气管

线,向北京和华北地区供气;②敷设向太原的输气管线,向太原供气;③其次,气化河东地区所有的县级城镇;④在河东建设山西省大型化工企业。

建议在国家统一规划和部署下,并给予优惠政策和低息基础建设资金贷款,或多家公司合股建设输气管线。整个输气工程应分期分阶段建设。

(1) 首先建设中—北段,即柳林—兴县输气管线。河东中、北部区域煤层气勘探程度相对较高,管线的建设对于形成生产规模将起到直接的促进作用,同时可以向北进入陕甘宁中部气田—北京的输气管线,市场条件优越。

(2) 第二期建设中—南段,即柳林—乡宁输气管线。随着河东南部煤层气勘探程度的加深,建设中—南段煤层气输气管线,使整个河东地区形成统一的输气管线,可促进全区煤层气的开发和利用,进一步发挥煤层气资源潜力。

参 考 文 献

- 1 桂学智主编. 河东煤田晚古生代聚煤规律与煤炭资源评价. 太原: 山西科学技术出版社, 1993
- 2 黄景诚主编. 煤层气译文集. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990

审稿人 教授级高级工程师 徐和笙
收稿日期 1997 11 30 编辑 居维清

我国确定能源工业重点发展目标

据国家计委交通能源司负责人介绍,到 2010 年,我国能源发展的重点目标是实现能源供应基本满足经济和社会发展的需要,初步建立能源储备制度,能源技术和装备达到或接近世界先进水平,使能源和环保协调发展。

据透露,到 2000 年,我国能源工业将解决一系列重大战略问题:煤炭开发将着重解决好开发中心西移的问题,重点抓好神府、东胜矿区及其外运通道的建设;电力工业将适当加快水电的流域梯级开发和煤电的坑口电站建设;石油工业将加快新疆油气资源和海洋石油的勘探开发。

这些目标的实现,将形成煤炭以山西、陕西、内蒙古西部、黑龙江、贵州为重点;水电以黄河上游、长江中下游为重点;石油以大庆、胜利等油田为重点的能源供应基地。此外,在发展常规能源的同时,我国还将因地制宜地发展地热能、风能、太阳能、潮汐能、以改变我国不合理的能源消费结构。

到 2000 年,我国能源的供应总量能基本保持平衡。据测算,到本世纪末,我国一次能源消费总量将达到 $13.8 \times 10^8 \text{ t}$ 标煤。生产量方面,煤炭将达 $14.5 \times 10^8 \text{ t}$;石油、天然气将分别达 $1.5 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$;全国性的电网联网届时将初步形成。但在能源品种上,仍需要与国际市场进行适量调剂。煤炭目前 $2.300 \times 10^4 \text{ t}$ 的净出口量将进一步扩大,而石油净出口量不会有太快的增长。

(陈敏 供稿)

ABSTRACTS AND AUTHORS

EXPLORATION, DEVELOPMENT AND UTILIZATION PROSPECTS OF HEDONG COALBED GAS RESOURCES

Zhou Zhicheng (North China Petroleum Bureau of China National Star Petroleum Corporation). *NATURAL GAS IND.* v. 18, no. 4, pp. 5~ 8, 7/ 25/ 98. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT:The Hedong region is located in the east of Eerduosi Basin, being of an area of $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$. The coalbed gas resource extent in the region is $4.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, accounting for 12.8% that in the whole country. This region is one of the key regions of exploring and developing coalbed gas in the coming 5 ~ 10 years in China. In accordance with the coalbed gas resource extent and tectonic setting, it is considered that the middle part of Hedong region is the most beneficial target area for exploring and developing coalbed gas. The reasons are: ①the beneficial tectonic portion may be of a good recoverability of coalbed gas; ②the multistage gas generation provided abundant coalbed gas resources; ③through the exploration practice at Lulin experiment area, it is proved that the middle part area is of the potential of exploring and developing coalbed gas. As an economy undeveloped area at present, it is the precondition for massively developing coalbed gas to set up the main gas pipeline in Hedong region. In addition, this region is also the beneficial area for exploring shallow gas, therefore the policy of cooperatively exploring and developing the shallow gas and coalbed gas should be adopted.

SUBJECT HEADINGS: Eerduosi Basin, East, Coal-formed gas, Resource extent, Resources assessment, Gas pipeline, Shallow gas, Exploration policy.

Zhou Zhicheng (*engineer*), born in 1965, graduated in petroleum geology from Chengdu College of Technology in 1989. Currently he is engaged in the management, research and exploration for coalbed gas. Add: Zhengzhou, Henan(450006), China Tel: (0371) 8611590- 216.

.....

METHOD OF DRAWING GROUND STRESS

EVALUATION GRAPH OF COALBED GAS WELL

Huang Jingcheng, Duan Chunjie and Wang Wei (Planning and Design Research Institute of North China Petroleum Bureau, China National Star Petroleum Corporation). *NATURAL GAS IND.* v. 18, no. 4, pp. 9~ 12, 7/ 25/ 98(ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: The results of ground stress research may provide some important data for the evaluation and regional selection of coalbed gas. The ground stress, formation pressure, desorption pressure and many inferred values, gained from these basic data of a certain coal bed in downhole may be obtained through testing and calculation. They form a complex mechanical system so as to influence the storage and yield of coalbed gas. In general, when an analysis was carried out for the values mentioned above, especially while the correlation among different coal beds or the coal beds in different wells was involved, it became quite troubled. A graphic method of evaluating the ground stress in the gas well in coal bed, in which the concerned mechanical parameters can be visually expressed according to the depths both for different coal beds in the same well and for the coal beds in different wells at different regions, is introduced. It is quite convenient to contrast various values among different coal beds in the graph. Through the graphic analysis for five representative wells both in USA and China, the importance of the ground stress evaluation and its effectiveness by the graphic method are explained in combination with the production rates of various coal beds.

SUBJECT HEADINGS: Coal-formed gas, Geologic evaluation, Stress analysis, Evaluation, Formation pressure, Desorption, Pressure, Gas well productivity.

Huang Jingcheng(*professarial senior engineer*), born in 1938, graduated from Department of Geology, Changchun College of Geology, in 1961. He was engaged in the research works of stratigraphy and oil & gas exploration in Jiangnan, Jiangsu and Huabei and has been engaged in the information investigation in coal-formed gas from 1978. He won the ministerial achievement prizes for many times, was the chief editor of "Translations about Coalbed Gas" and published ten articles and