

# 第一章 中国煤层气勘探状况与进展

中国是世界上最大的煤炭生产国和消费国之一。目前中国煤矿在开采过程中每年排放到大气层的甲烷量约 150 亿  $\text{m}^3$ ，约占世界甲烷年总产出量的 1/3。作为世界上最大的煤炭生产国，中国拥有丰富的煤炭和煤层气资源。90 年代以来，煤炭、石油、地矿三大部门及有关省市，以及外国公司广泛开展了煤层气的勘探试验工作。

## 第一节 煤层气勘探试验回顾

我国煤层气勘探开发起步较晚，从 50 年代开始的单纯为减少煤矿井下瓦斯灾害为目的的井下瓦斯抽放，到 70 年代末，在几个地区进行钻井抽排煤层气试验，到 90 年代在全国范围内开展煤层气评价研究和勘探开发试验，经历了几十年的时间，大体可分为三个阶段。

### 一、煤矿瓦斯井下抽放与油效阶段

这一阶段从 50 年代开始到 70 年代末，主要目的是为减少煤矿瓦斯灾害而进行的煤矿井下瓦斯抽放与利用。

瓦斯、煤尘爆炸事故在煤矿重大恶性事故中一直占有很大比重，是煤矿安全生产的最大威胁。它直接造成大量人员伤亡和巨大的经济损失。因此，煤炭部门一直把防治煤矿瓦斯灾害作为煤矿安全工作的重点。

煤矿瓦斯抽放是减少矿井和采区瓦斯涌出量的有效方法，也是防止煤与瓦斯突出的主要措施之一。我国煤矿井下抽放煤层气已有较长的历史。1980 年煤层气抽放量已达 2.934 亿  $\text{m}^3$ ，其中 1000 万  $\text{m}^3$  以上的矿井就有 5 个。我国煤矿在煤层气的抽放规模、技术方面都有了很大提高。此后规模不断扩大。近年来全国有 110 个矿井采用井下抽放方法抽排煤层气。1996 年抽放量达 6.338 亿  $\text{m}^3$ ，抽放量在 1000 万  $\text{m}^3$  以上的有 16 个矿区。这些对于减少井下瓦斯事故、保护环境及改善能源结构均有重要意义。这也是煤层气开发的一项有效技术。

### 二、煤层气勘探开发试验初期阶段

这一阶段从 70 年代末到 90 年代初。仍以煤矿安全为主要目的，部分矿井同时进行煤层气开采试验。我国从 70 年代开始采用地面钻井预排煤层气的试验工作，先后在抚顺龙凤矿、阳泉矿区、焦作中马村矿、湖南里王庙矿等打过地面钻孔 40 余个，并且进行了水力压裂试验和研究。1990 年之后，煤层气专项勘探开发试验在我国初步开展，煤炭部门于 1992 年 6 月与联合国开发计划署 UNDP 签订协议，投资 1000 万美元进行试验，该项目包括松藻矿务局、开滦矿务局、铁法矿务局和煤炭科学研究总院西安分院的 4 个子项目，主要目的是为我国发展煤层气工业引进技术和设备。

这一阶段主要是借用美国的技术和经验，但对于地质条件复杂的中国含煤区不甚适用，因此未获得突破性进展。但是，通过试验，对我国煤层气的勘探开发取得了一定认识，学到了一些

先进技术，为后来的煤层气勘探打下了一定的基础。

### 三、煤层气勘探开采试验全面展开阶段

从 90 年代初开始，到目前为止，近 8 年来，从优质能源的利用出发，开展了煤层气的勘探试验，取得了实质性的突破与进展。石油、煤炭、地矿系统和部分地方政府积极参与这项工作，许多国外公司也积极投资在中国进行煤层气勘探试验。1990 年以来，全国已有 30 多个含煤区进行煤层气勘探钻井，已钻成勘探和生产试验井 119 口，取得了一批储层测试参数和生产参数，在柳林、晋城、大城、铁法等含煤区获得了工业气流。

石油、地矿、煤炭三大部门在 90 年代初即成立了专门煤层气研究机构，使煤层气勘探开发和利用进入了一个新阶段。

这一阶段我国煤层气勘探，无论是地质选区评价，还是工艺技术都有了突飞猛进的发展，取得了实质性的突破，在一些含煤区获得了工业性煤层气流。但是，对我国复杂地质条件下，煤层气的富集高产规律认识还不够深入，工艺技术还未完全过关。煤层气地质选区评价，仍是此阶段首要的研究课题。

## 第二节 中国煤层气试验区分布

中国石油天然气集团公司，原煤炭部，原地质矿产部，一直都把煤层气作为本行业战略能源之一，研究重点和试验集中在煤炭资源丰富、地质条件和下游工程条件较好的区域。

中国煤层气气区主要集中在华北区，其次为东北区和华南区，在 30 个区块进行过不同程度的试验，分布相当广泛（图 1-2-1）。

### 一、华北区

在华北区煤层气气区有 21 个，占全国的 70%，它们是：开滦（1）、大城（2）、济南（3）、淮北（4）、淮南（5）、平顶山（6）、荣巩（7）、焦作（8）、安阳（9）、晋城（10）、屯留（11）、阳泉（12）、澄合（13）、彬长（14）、韩城（15）、蒲县（16）、柳林（17）、吴堡（18）、三交（19）、临县（20）、兴县（21）气区。

华北区晚古生代煤田，由于经历了印支和燕山期的地壳运动，所以各处的构造特征不一致。在中段，包括鄂尔多斯、沁水等煤田的构造较为简单，以开阔的褶皱和高角度的正断层为主，很少有明显的火成岩活动。华北煤层气气区主要分布在这个区段，鄂尔多斯盆地东部及东南有 9 个，沁水盆地有 3 个，构造相对稳定，对煤层气勘探较为有利，效果较好。在此区东段，包括开滦、太行山东麓、两淮等煤田构造比较复杂，以断裂破坏为主，并有明显的岩浆活动，在这些区段内也有气区分布，但较分散；在此区西段，包括乌达以西地区，褶皱及断裂均甚发育，有岩浆侵入，没有气区分布。总的来看，华北区大部分晚古生代煤田的煤层都比较稳定，构造也较简单。

### 二、华南区

在华南区煤成气气区有：丰城（22）、冷水江（23）、涟邵（24）3 个气区。

华南区煤田的基本特征是，各盆地的煤系地层沉积厚度、煤层厚度和煤层层数变化均较大，煤层从 1~2 层到几十层，煤层厚度从极薄到十余米甚至上百米。华南地区地质构造比较复杂。

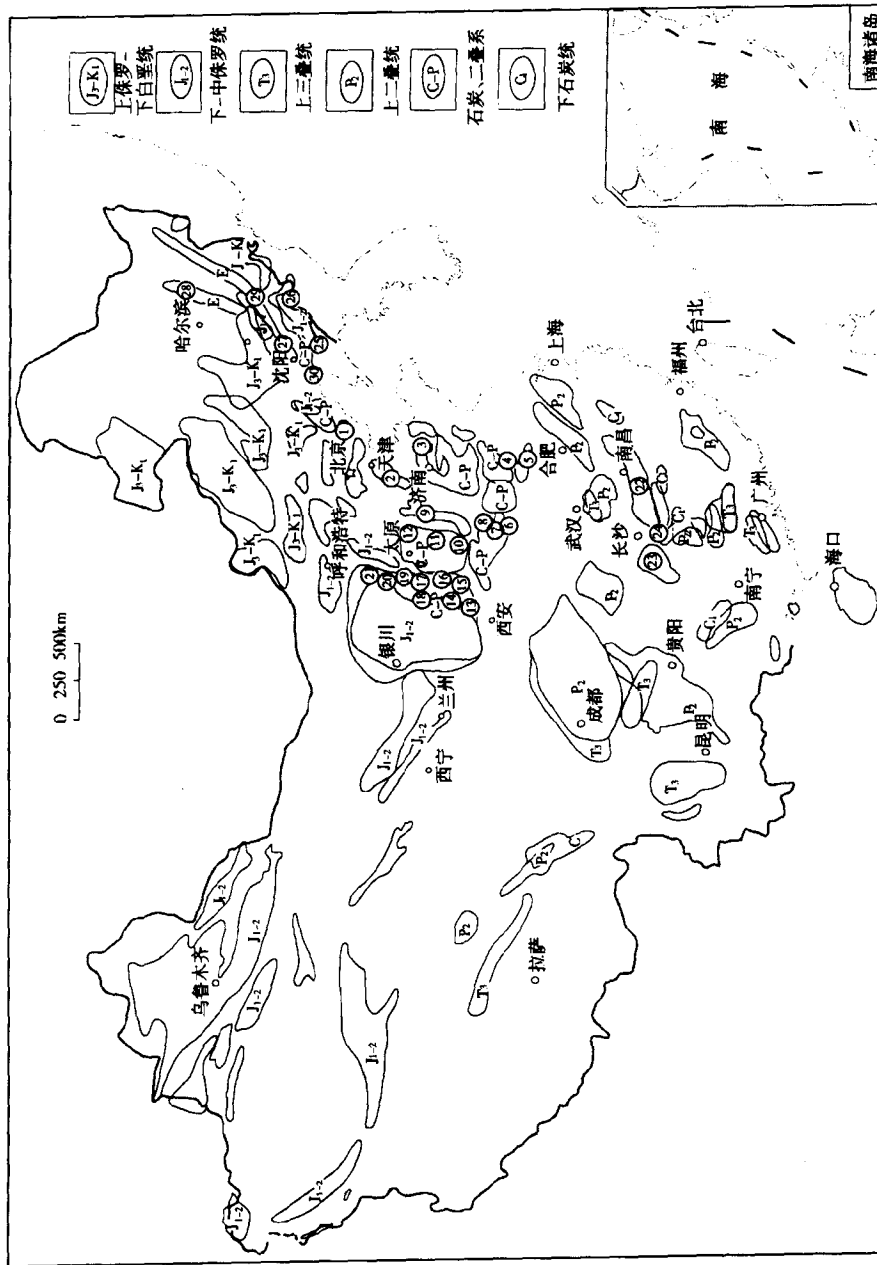


图 1-2-1 中国煤层气气区分布图

①—开滦; ②—大城; ③—济南; ④—淮北; ⑤—淮南; ⑥—平顶山; ⑦—荣巩; ⑧—焦作; ⑨—安阳; ⑩—晋城; ⑪—屯留; ⑫—澄合; ⑬—阳泉; ⑭—彬长; ⑮—韩城; ⑯—蒲县; ⑰—柳林; ⑱—吴堡; ⑲—三交; ⑳—临县; ㉑—兴县; ㉒—丰城; ㉓—冷水江; ㉔—涟邵; ㉕—沈北; ㉖—铁法; ㉗—鹤岗; ㉘—阜新; ㉙—辽河

杂，褶皱、断裂和岩浆活动比较强烈，边缘地区经常出现地层倒转、逆掩现象，有些地区的煤层又往往被中、新生代盆地沉积所覆盖，这使煤田构造和煤层赋存情况较为复杂。这 3 个气区位于构造条件相对比较简单，含气情况较好的湘中、赣中含煤区。

### 三、东 北 区

分布在东北区的煤层气气区有：沈北（25）、红阳（26）、铁法（27）、鹤岗（28）、阜新（29）、辽河（30）6 个气区。

东北区的北部以晚侏罗世煤田为主，其次是老第三纪煤田。通常含有厚煤层和巨厚煤层，虽然聚煤面积小，但数量多，储量丰富，煤种以褐煤和低变质烟煤为主，也有中变质烟煤。

东北区中生代煤田一般位于北东向或北西向的断裂盆地中，煤系地层中往往夹有火山岩系。中生代煤田形成后，受到燕山运动的影响，煤田构造比较复杂；新生代煤田构造相对比较简单。

该区煤炭资源丰富，是我国重要能源基地之一，也是我国矿井瓦斯涌出量较高的地区之

总体分析，目前煤层气气区均分布在高瓦斯区内。但是，对于不同地区、不同地质条件应当抓其主要矛盾，如构造发育特征、煤层物性、煤储层能量等主要地质因素，进行综合评价。

## 第三节 国内煤层气试验井简况

### 概 况

自 1990 年至 1998 年 9 月期间，全国正式施工的煤层气井达 119 口井（表 1-3-1），其中：石油系统施工 20 口；煤炭系统施工 43 口；UNDP 施工 14 口；地矿系统施工 20 口；中联公司施工 16 口；外国公司施工 5 口；地方施工 1 口。这些井主要分布在华北区、东北区及华南区。其中：华北区 98 口井；东北区 16 口井；华南区 5 口井。这 119 口井中，59 口为勘探资料井，60 口为试生产井。

### 二、测试结果

针对我国煤层气气区分布特点，对全国 38 口重点试验井进行了系统资料采录和分析（表 1-3-2）。其中日产气量超过  $1000\text{m}^3$  的有 11 口；超过  $2000\text{m}^3$  的有 8 口；超过  $3000\text{m}^3$  的有 7 口；超过  $4000\text{m}^3$  的有 3 口（晋试 1 井、韩城 1 号孔、铁法 3 号孔）。

我们作了日产气量与渗透率、含气量关系图（图 1-3-1、图 1-3-2）。从图上可以看出一种趋势：煤层气产量大于  $2000\text{m}^3/\text{d}$  的井的渗透率大于  $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，产量小于  $2000\text{m}^3/\text{d}$  的井煤层渗透率从极低到  $3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，产量大于  $1000\text{m}^3/\text{d}$  的井的煤层含气量大于  $8\text{m}^3/\text{t}$ 。由此可以大致看出，渗透率大于  $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，含气量大于  $8\text{m}^3/\text{t}$  的井日产气量较高。众所周知，煤层气产量的影响因素复杂，除煤层含气量、渗透率外，还有煤储层压力、吸附及解吸特征、含气饱和度、煤层厚度及构造条件等多种地质因素，这也正是煤层日产气量与渗透率、含气量不呈现良好线性关系的原因所在。

表 1-3-1 中国煤层气井施工井数一览表

矿区	勘探资料井	试生产井	施工时间	组织单位
沈北		4	1992 年	沈阳煤气总公司 ARI
红阳	3	1	1990~1992 年	沈阳煤气总公司 ARI
铁法	1		1992 年 4 月	沈阳煤气总公司 ARI
		2	1994~1995 年	UNDP
鹤岗			1997~1998 年	中联公司
阜新	2		1994 年	阜新 CBM 能源集团
开滦		4	1991~1997 年	煤炭部 ARI
		2	1995 年	UNDP
		2	1989 年	地矿部
辽河		1	1994 年	石油(油气兼探)
大城		1	1994 年	华北石油管理局
		5	1994~1997 年	中国石油天然气总公司
吴堡		1	1996 年	中国石油天然气总公司
蒲县	1		1996 年	地矿 AMOCO
三交	2	2	1993~1995 年	华晋焦煤公司 ENRON
兴县	4		1997~1998 年	美国菲利普斯公司
临县	1		1998 年	美国阿科公司
澄合	1		1996 年	地矿部
柳林		7	1992~1995 年	地矿部 UNDP
韩城	3		1995 年	中煤总局
屯留	11		1997 年	中联公司
阳泉	2		1994~1996 年	煤炭部
晋城		7	1994~1995 年	中美能源集团
	1	5	1997 年	中国石油天然气总公司
寿阳	3		1997~1998 年	中联公司
	4	1	1996 年	煤田地质总局
荣巩		1	1994 年	郑州市煤气公司中美能源集团
焦作	4	1	1995 年	UNDP
	4		1996 年	中原油田
平顶山	1		1993 年	煤炭部 ENRON
	1		1996 年	UNDP
安阳		5	1992 年	地矿
淮南	4		1993~1995 年	煤炭部 ENRON
		2	1992 年	地矿部
		2	1995 年	UNDP
淮北	2		1995 年	UNDP
		1	1995 年	淮北矿务局
济南	1		1994 年	煤炭部
丰城		1	1994~1995 年	中国石油天然气总公司
	1		1997 年	江西省
冷水江		1	1994~1995 年	中国石油天然气总公司
涟邵		2	1994 年	地矿部
合计	59	60		

表 1-3-2 中国重点煤层气探井勘探成果表

序号	井号	日产气量/m <sup>3</sup>	渗透率/10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup>	含气量/m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup>	煤厚/m	射开/m
1	安 1	36	0.315	9.78		
2	沁参 1	70	0.07	5	17	15.9
3	淮 1	100	0.04	5	20	17
4	冷试 1	200	0.01	3	7	3
5	煤柳 3	360	0.66	1.47		
6	欧 5	390	0.01	8	24.1	24.1
7	煤柳 2	533	0.01	11.19		
8	曲试 1	546	0.04	16	7	2.4
9	寿 1	650	0.49	8	7	4.1
10	大 1-1	900	0.12	8	26	15
11	吴试 1	1130	0.01	13	14	10
12	屯 2	1500	0.1	16.3	13	9.8
13	煤柳 1	1523	1.38	12.32		
14	潘 2	2000	0.3	16.3	10.3	9.6
15	HG-6	3000	0.6	12	11.3	10.4
16	煤柳 5	3000	1	12	10.8	10.8
17	屯 3	3680	1.01	11.9	11	7.2
18	晋试 1	4050	0.51	27.7	12.1	5.8
19	韩城 1 号孔	5000	2.56	9.34	33	15
20	煤柳 4	313	0.96	11	5.84	5.84
21	铁法 3 号孔	6000	0.22	8.04	52	
22	丰 2 井	0		0		
23	古 3 井	170		16	5.5	5.5
24	古 4 井	110		16	2.6	2.6
25	唐 4 井	30	0.1	3.54	20.2	20.2
26	唐 5 井	112	0.22	7.75	20.2	2.02
27	安 2 井	0	0.282	3.15	6.15	6.15
28	安 3 井	0	0.159	10.58	6.2	6.2
29	安 4 井	0	0.0392	6.51	5.88	5.88
30	SG-3	23	32		15.8	3
31	大参 1 井	3000	0.5	11.2	27.6	8.46
32	大试 1 井	0	0.003	0	8.5	8.5
33	HW-1	30	2.88	1.11	22.3	22.3
34	HW-2	30	3.64	0	7.6	7.6
35	试 1 孔	0	0.65	4.46	14.26	14.26
36	试 2 孔	0	0.2	4.4	10	10
37	试 3 孔	10	10.45	5.32	18.97	18.97
38	试 4 孔	80.3	18.56	3.19	14.89	14.89

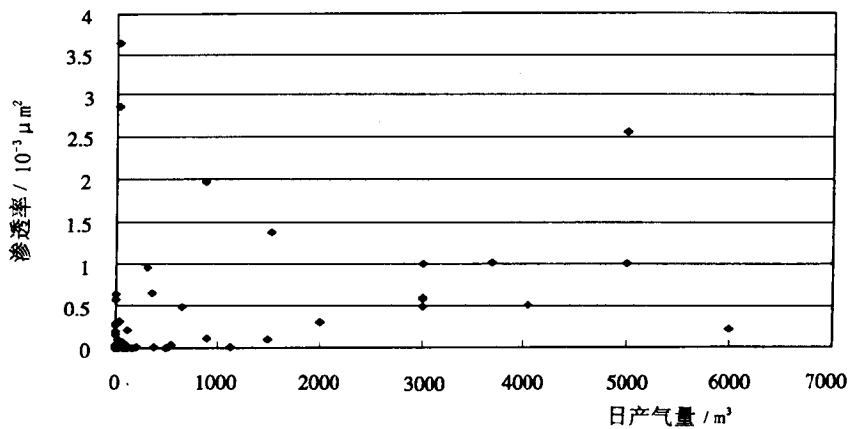
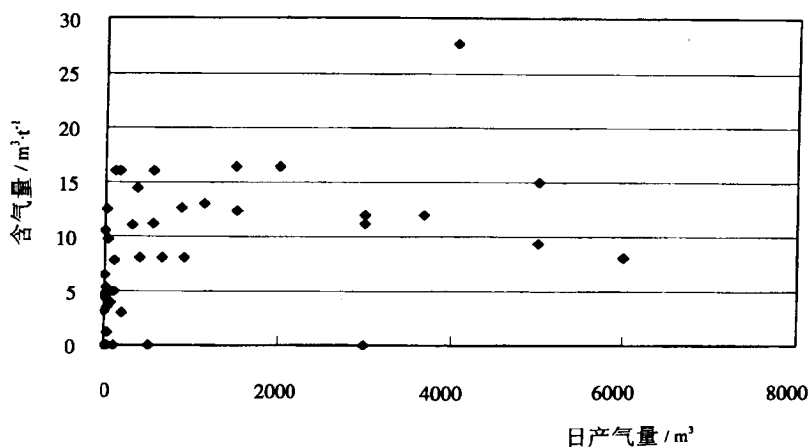


图 1-3-1 单井日产气量与渗透率关系图



16MPa,封盖性能好。区域性盖层为厚达 150m 以上的泥岩、粉砂质泥岩,对煤层气的保存非常有利。本井煤心解吸气样  $\delta^{13}C_1$  为  $-28.96\% \sim -33.67\%$ ,是至今我国已发现古生界煤层气中甲烷碳同位素最重的地区之一,具有原生气藏特征,说明本区煤层气主要以原地保存的形式吸附聚集成藏,为原生气藏。

### 3. 煤层物性

由于本区煤岩变质程度较高,煤在热演化过程中严重脱水脱羧,挥发分大量析出,基质发生收缩,产生大量裂隙。煤心观察表明,本区煤层裂隙十分发育,以一组高角度裂隙为主,密度为 4 条/cm 缝宽 0.1mm;另一组裂隙密度为 1.1 条/cm。该区位于新华夏系构造体系与纬向构造体系衔接扭动区,发生了多期多方向的剪切断裂构造活动,在煤层中产生较多的构造裂缝,大多近垂直煤层发育,呈不规则分布,构造裂缝密度可达 1 条/cm 裂缝未充填并且次生割理发育。煤层原生裂缝和构造裂缝沟通了煤层孔隙,改善了煤层储集性能。

### 4. 煤岩力学性质与地应力特征

晋试 1 井 6 个煤样的杨氏模量大,在  $(7.5 \sim 13.1) \times 10^3 \text{MPa}$  之间 平均为  $10.4 \times 10^3 \text{MPa}$ ;泊松比较大为 0.18~0.35 切变模量为  $(3.1 \sim 5.5) \times 10^3 \text{MPa}$  平均为  $4.1 \times 10^3 \text{MPa}$  体积模量为  $(4.1 \sim 14.7) \times 10^3 \text{MPa}$  平均为  $8.17 \times 10^3 \text{MPa}$ ;煤层破裂压力为 9.93~19.86MPa 之间,平均为 12.1MPa;煤层埋藏较浅,地应力小,为 7.9~9.4MPa,最大水平主应力为 13.7~15.7MPa,最小主应力方向与区域性断层走向一致,为 NE-SW 向。

杨氏模量大 地应力小 破裂压力较低 反映了煤层坚硬、性脆 易破碎 有利于压裂时增加煤层裂缝延伸的长度和可支撑裂缝的宽度,能有效地改善煤层储集性能。

例如晋试 1 井,射开井段 521.6~527.4m 原始地层压力 3.949MPa 储层压力梯度 0.76 MPa/100m 煤层原始渗透率  $0.5144 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  储层温度 25℃。压裂施工后,压开裂缝半径,NE55°方向 82m,SW55°方向 65m 裂缝支撑半长 25m。煤层压裂后,综合渗透率达  $29.78 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

### 5. 获得工业气流

3月16日开始压后连续排液采气,3月22日当液面降至103m,累计排液326.13m<sup>3</sup>时,套管开始出气,套压0.12MPa,日产气971m<sup>3</sup>,日产水35.14m<sup>3</sup>。3月25日液面降至180m,套压上升至0.35MPa,日产气达2098m<sup>3</sup>,日产水18.87m<sup>3</sup>。之后随着连续抽排,气产量稳定上升,至5月6日动液面降至412m时,套压上升为0.45MPa,日产气最高4050m<sup>3</sup>,一般为2000~4000m<sup>3</sup>,日产水6.88m<sup>3</sup>。稳产至5月18日关井,累计产气152148m<sup>3</sup>,累计产水899.58m<sup>3</sup> (图1-4-1)。关井后,日产气量还有上升趋势。关井时井口套压为0.23MPa,比产气高峰期仅下降0.12MPa,液面401m,距煤层顶界12.6m。

#### (二) 晋城煤层气气区评价

晋试 1 井获得工业气流,是我国煤层气勘探开发史上的一项重大进展。

通过数值模拟计算分析对比,采用梅花型井网和 400m 井距,预测该气区 15 年平均单井累计产气量为  $1682 \times 10^4 \text{m}^3$  平均日产气量为  $3070 \text{m}^3$ ;20 年累计产气量为  $2320.48 \times 10^4 \text{m}^3$  平均日产量为  $3179 \text{m}^3$ 。

通过勘探和初步分析计算,该气区面积为  $406 \text{km}^2$  总储量为 991.58 亿  $\text{m}^3$  其中探明储量为 95.65 亿  $\text{m}^3$  控制及预测储量为 895.93 亿  $\text{m}^3$ 。预示着良好的开发前景。

## 二、大城煤层气气区

自 1991 年开始在该气区进行煤层气勘探,目前已完成煤层气井 6 口。

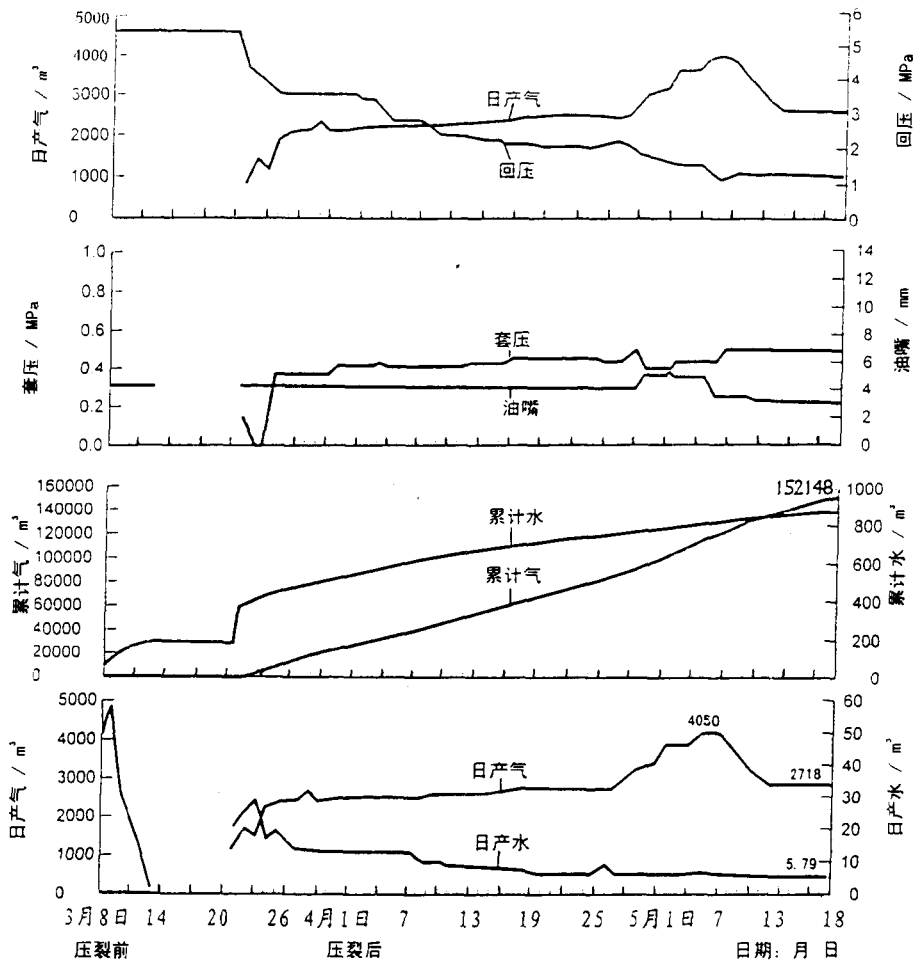


图 1-4-1 晋试 1 井试采曲线

### (一) 大参 1 井勘探成果

大参 1 井位于沧县隆起大城凸起三呼庄构造上, 井深 1500m。

(1) 钻遇 8 层煤, 累计煤层厚度 27.66m, 单层煤层厚度 1.0~4.8m, 煤层埋深 1112~1276.4m。煤样工业分析结果 水分 0.5%~1.0% 灰分 15%~25% 挥发分 20%~30% 含硫量 0.18%~0.64%。

(2) 镜质体反射率 1.0%~1.2% 为肥煤, 含气量最高为 20.73m<sup>3</sup>/t 最小为 5.02m<sup>3</sup>/t 平均为 11.50m<sup>3</sup>/t。甲烷含量 89.27%~98.06%,  $\delta^{13}C_1$  为 -46.87‰~-55.51‰ 具煤质较轻特点。

(3) 单相注入 / 压降法测试渗透率为  $(0.5 \sim 0.9) \times 10^{-3} \mu m^2$  从大参 1 井三次压后抽排情况看, 均出现了初期产气量高, 几日内产气量大幅度下降的现象, 比如:

第一试验层 (1204.6~1271.4m, 4 下 + 5 + 6 煤组) 压后抽排至第 80 天, 出现峰值为 547m<sup>3</sup>/d 的产气量 但很快降至 20~30m<sup>3</sup>/d。

第二试验层(1174.0~1192.0m,3+4 上煤组)压后抽排至9天,产气达到最高值5735.0 m<sup>3</sup>/d,40天后产量降至1000m<sup>3</sup>/d以下,又经月余产量降至300m<sup>3</sup>/d以下。

第三试验层(1146.4~1192.0m,2+3+4 上煤组)压后抽排至55天时产气量达到高峰值6391.7m<sup>3</sup>/d,经27天后产量降至689.3m<sup>3</sup>/d。

大参1井累计产气量14.75万m<sup>3</sup>,累计产水9429.84m<sup>3</sup>,获得了较高的工业气流,但产量下降较快。

## (二)大试1井勘探成果

大试1井为大城凸起南部斜坡上一口煤层气资料评价井。

(1)该井于山西组1143~1200m和太原组1240~1314m深度共钻遇煤层11层,累计厚度16.5m,其中3号煤厚3.3m,6号煤厚5.2m。

(2)主力煤层为气煤,R<sub>0</sub>为0.74%~0.81%,镜煤含量低,惰性组偏高。煤层风化严重。

(3)该区煤层含气量极低,无气测异常和录井气显示,抽排试气为无气。

经对比分析大试1井上覆地层有效厚度仅105m,处于古瓦斯风化带,不利于气保存。

## (三)大城井组勘探成果

大城井组位于沧县隆起大城凸起三呼庄构造上,由大参1井、大1-1井、大1-4井、大1-5井、大1-6井构成,呈“W”型煤层气勘探试验井组,井距200~250m。

### 1. 大1-1井

(1)大1-1井为资料评价井,石炭二叠系煤层发育,共14层,总厚27.5m,最大单层厚度为4.0m。半暗淡型一半光亮型煤,以肥焦煤为主,部分煤层特别是6号煤灰分偏高。

(2)实测含气量4.40~14.40m<sup>3</sup>/t,平均为8.6m<sup>3</sup>/t。由于煤岩性质的差别,3号煤含气量明显高于6号煤,甲烷碳同位素值为-58.5‰~-49.9‰,表现出煤质较轻的特点。

(3)含气饱和度为10%~79%,平均30.94%;3号煤明显高于6号煤。

(4)微观3号煤割理及其与孔隙的连通性较好,6号煤较差。3号煤表现为裂隙孔隙特征的毛管压力曲线,而6号煤表现出孔隙型毛管压力曲线,以基质孔为主,煤层气难以开采。

(5)大1-1井上覆有效地层厚度200余米,泥岩和砂岩均属较好的盖层,其中太原组好于山西组。下部煤层保存不利,6煤组与下伏奥陶系含水层可能有强烈交替作用。

(6)由于受煤岩组成及地应力影响,物性较差,渗透率较低,小于1×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>。

### 2. 井组试气成果

(1)井组内大1-1、大1-4、大1-5、大1-6四口井同时抽排试气近7个月,大1-1井日产气量1131m<sup>3</sup>,最高日产达3128m<sup>3</sup>;大1-4井最高日产219m<sup>3</sup>,一般为34m<sup>3</sup>左右;大1-5井日产气量40~46m<sup>3</sup>,最高为179m<sup>3</sup>;大1-6井日产气50m<sup>3</sup>左右,最高为429m<sup>3</sup>。

(2)井组普遍产水,大1-5、大1-6井平均日产水100m<sup>3</sup>左右;大1-1井日产水5.5~7m<sup>3</sup>;大1-4井日产水平均为10.4m<sup>3</sup>。

## (四)大城气区综合评价

就目前情况看,大城地区煤层气勘探取得了一定的成果,但前景不容乐观,有一定的不利条件和开采难度。

(1)在煤层甲烷风化带至2000m埋深范围内,煤层气有一定工业开采价值,大参1井经压裂后试气一般日产1500~2500m<sup>3</sup>,最高可达6391.7m<sup>3</sup>;大1-1井压裂后出现连续出气阶段,平均日产气1171.5m<sup>3</sup>,最高可达3128m<sup>3</sup>,说明两个井均有一定的初期产能效果。

(2)该气区煤层含气量为中等到偏低,较难解吸。据大参1井、大1-1井的28块煤岩样品

测试结果,其含气量为  $1.27\sim 14.85\text{m}^3/\text{t}$  平均为  $7.79\text{m}^3/\text{t}$ ,含气量大于  $10\text{m}^3/\text{t}$  的只有 10 个样品。3号煤组平均含气量为  $8.67\text{m}^3/\text{t}$  大大高于 6号煤组。另外该段的含气饱和度和解吸压力都较低;平均含气饱和度  $30.9\%$  平均解吸压力  $3.73\text{MPa}$  地解压差大 较难解吸。综合各项测试结果判断,目前条件下较难获得好的经济效益。

(3)本区煤层气保存条件较差,煤层上覆地层有效厚度小,大城凸起顶部区已完全剥蚀,煤层直接与第三纪地层接触;试验井组内 6号煤组可能与下伏奥陶系水贯通,使下部煤层气藏遭到破坏;井组上覆有效地层厚度  $200\text{m}$  南部大试 1井上覆有效地层厚度仅  $105\text{m}$ 。

(4)井组内各井均产水,特别是大 1-5、大 1-6 井位于构造轴线偏西,日产水量约达  $100\text{m}^3$ ,表明煤层由于射孔或压裂已与含水层连通。

### 三、吴堡煤层气气区

陕西吴堡煤层气气区是山西河东煤田的西延部分。构造位置位于鄂尔多斯盆地东部斜坡带,总体呈较平缓西倾单斜构造,地层倾角  $5^\circ$ 左右。吴试 1井处于西倾单斜背景上的离柳鼻隆的西倾没端。

#### (一)吴试 1井勘探成果

吴试 1井位于陕西省吴堡县寇家塬乡一刘家源头村北  $500\text{m}$ ,它是鄂尔多斯盆地东部东部斜坡上的一口煤层气资料评价井。

(1)井深  $1430\text{m}$  在  $1259.2\text{m}$  井段中钻遇 5层、总厚为  $14.3\text{m}$  的煤层,其中山西组 3号煤 2层  $3\text{m}$  太原组 10号煤层  $10\text{m}$ 。

(2)煤阶为焦煤  $R_o$  为  $1.03\%\sim 1.54\%$  镜质组含量为  $75\%$ 左右,煤层有效可解吸气量为  $9.2\sim 13.3\text{m}^3/\text{t}$  平均为  $11.3\text{m}^3/\text{t}$ ,总含气量为  $10.2\sim 14.8\text{m}^3/\text{t}$ ,甲烷  $\delta^{13}\text{C}_1$  为  $-38.4\%\sim -47.5\%$  含气饱和度为  $40\%\sim 60\%$ 。

(3)煤层割理及裂缝中充填莓状及晶状黄铁矿,割理连通性受到一定影响。

(4)10号煤射孔厚度  $9.0\text{m}$  射孔后无气显示 经过压裂改造后 渗透率由  $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$  增至  $3.55\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$  试气日产  $655\text{m}^3$  最高产量达  $1129\text{m}^3/\text{d}$  后期降为  $169\sim 55\text{m}^3/\text{d}$ 。3号煤压裂前无显示,压裂后产气  $77\sim 13\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### (二)吴堡煤层气气区综合评价

总体来看,吴堡煤层气气区煤层气潜力较大,其构造部位有利,水文地质条件简单,含气性好 但吴试 1井未取得重大突破,主要原因为:

(1)吴试 1井位于两组正断层之间,煤层气大量散失,含气饱和度低。

(2)吴试 1井由于受断层影响,煤岩结构遭到破坏,渗透率较低小于  $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,10号煤为粉煤。

(3)吴试 1井地解压差大 据 10号煤分析,原始地层压力  $12.84\text{MPa}$  压力系数  $0.95$  解吸压力仅  $1.8\text{MPa}$  地解压差达  $11.04\text{MPa}$ ,解吸很困难,这是造成产气量低的重要原因。

### 四、河东煤层气气区

河东煤层气气区位于鄂尔多斯盆地东缘晋西挠褶带。包括柳林气区、韩城气区及其他气区。整个河东煤层气气区是目前煤层气勘探的热点地区。有澳大利亚路维尔公司、美国菲利普斯、阿莫科、安然、阿科、GEOMET 等石油公司,还有联合国的项目,参与该区的勘探评价研究。“八五”以来至少已经完成煤层气井 26口 南北均有分布 深度均小于  $1000\text{m}$ 。

### (一) 柳林煤层气区

柳林煤层气区位于鼻状构造南翼，是目前国内呼声最高的一个煤层气区。以鼻状构造轴部聚财塔断层为界，南翼地层走向北西，倾向南西，倾角  $3^{\circ}\sim 8^{\circ}$  区内断层不发育 聚财塔断层为张性断层，说明气区处于张性应力状态，有利于外生裂隙的形成。

整个气区含煤地层为石炭、二叠纪海陆过渡相至陆相碎屑岩建造，厚约 600m，含煤多层，其中 4 号、5 号和 8 号煤层为本区煤层气勘探开发试验的目的层。地矿部华北石油地质局从 1991 年开始，先后在柳林施工 6 口煤层气井，压裂前煤层的气水产量都较低，压后气产量一般为  $300\sim 500\text{m}^3/\text{d}$  最高达  $7050\text{m}^3/\text{d}$ 。

柳林煤层气区是目前国内煤层气试验效果较好的地区之一，煤阶适中、煤岩物性好、水动力条件优越。该区也是目前煤层气研究工作者最感兴趣的地区之一。目前在其南北一些外国公司独资或与中方合资正加紧勘探，进行评价试验及开采。

### (二) 韩城煤层气区

韩城煤层气区位于鄂尔多斯盆地东南缘的渭北断隆区铜川—韩城断褶带上，整体上呈一走向北东，倾向北西的单斜构造。含煤共 11 层，1~3 号煤层位于山西组，4~11 号煤层位于太原组。全区稳定可采煤层为 3、5、11 号煤层，累计厚度最大达 27.91m，一般为 7~12m。镜质体反射率  $1.85\%\sim 1.92\%$ ，煤阶以瘦、贫煤为主，次为无烟煤、焦煤。宏观煤岩成分以亮煤为主，镜质组含量  $57.3\%\sim 69.4\%$ 。

该气区经由中国煤田地质总局组织施工了韩试 1 井、韩试 2 井、韩试 3 井，其中韩城 1 井，压裂抽排两个月后瞬时日产气量达  $4000\sim 5000\text{m}^3$ 。

韩城煤层气区煤阶适中，含气量中等，渗透率起到决定性作用。韩试 2、韩试 3 井各项指标远远不如韩试 1 井，目前尚没有进行抽排试气。

### (三) 其他煤层气区

美国 GEOMET 煤层气勘探开发公司和山西煤炭部门合作，在山西兴县地区打了 1 口井。该井设计层位失误，预计井深未见煤层而报废。

阿莫科与华北石油地质局合作在蒲县钻井 2 口 (HUV-1, HUV-2) 进行了取心、测井、实验及含气量、渗透率测试等，尚未进行完井等后续工程作业，据悉含气量较高。由于各种原因目前二井的试验工作暂停作业。

安然公司与华北石油地质局合作，在石楼地区钻井 2 口 (SH-1, SH-2) 在三交合同区钻井 4 口 (SG-1, SG-2, SG-3, SG-4)。安然公司后来将三交、石楼合同区转让给阿科公司，进行洞穴完井和试井，SG-1, SG-3 井瞬时产量较高，后来在抽排中出现水大气小。其中 SG-3 井 3 号煤厚 15.8m 在太原组 485~488m 井段中洞穴完井，日产气  $23\text{m}^3$ 、水  $40\text{m}^3$ ，DST 试井解释渗透率为  $32\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ，产气量高，后因裸眼段过长井壁垮塌而终止作业。SG-2 井含气量低，效果差。

1997 年，阿科公司在石楼合同区北部靠近华威合同区钻 4 口井 (SH-3, SH-5, SH-6, SH-7)

目前，菲利普斯正在兴县进行煤层气钻探工作，已钻井 10 口 阿科公司正在临县进行煤层气钻探工作。

影响河东煤田煤层气勘探开发更快进展的原因主要是下游市场问题。

## 五、太行山东麓煤层气区

整个太行山东麓煤层气区由于构造复杂，使得气区内煤层含气不稳定。该区又可分为安

阳、焦作、荥巩等 3 个煤层气气区。

### (一) 安阳煤层气气区

安阳煤层气气区位于太行山东麓安阳市西北约 28km 的西柏涧村附近, 南北长 4.8km 东西宽约 2.0km 面积约 10km<sup>2</sup>。构造整体为一向东倾的单斜构造, 被 F<sub>32</sub> 断层切为东西两大断块。1995 年 UNDP 施工 CQ6 井 在安阳龙山施工 CQ8 井 ;1991 年后, 地矿系统钻井 5 口。本区宏观煤岩类型以半亮煤为主, 在煤层顶底煤质变差, 以半暗或暗淡型煤为主, 煤层中部以光亮或光亮-半亮型煤为主。R<sub>o</sub> 值在 1.5% 左右 镜质组含量占 70%~80% 含气量中等一较高, 地应力低, 对渗透性有利, 实测渗透率为 (0.159~0.315)×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>。

初步分析, 安阳煤层气气区煤层气勘探开发难以取得成功, 主要原因是:

(1) 断层密集, 区内较大的有 F<sub>1</sub>、FB<sub>57</sub>、F<sub>32</sub> 和过煤安 2 井的断层, 而规模较小的断层则纵横交错, 这样, 导致煤层气大量散失, 同时也给水力压裂造成很大的难度;

(2) 煤层渗透率较低 为 (0.159~0.315)×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup> ;

(3) 煤层压力低 二<sub>1</sub> 煤层压力梯度仅为正常静水压力梯度的一半, 地层能量不足。根据吸附等温线可知, 大部分在压力较高的条件下可采气量, 故可解吸的气量较小。

(4) 临界解析压力低, 本区煤层临界解吸压力为 0.36~1.58MPa, 与原始地层压力比为 0.063~0.4 这需要大幅度降压才会有气体产出。

(5) 含气饱和度低, 安阳气区含气饱和度为 60%, 明显偏低, 这也是导致煤层气产量很低的一个重要因素。

### (二) 焦作古汉山煤层气气区

气区位于河南省焦作矿区东部, 隶属修武县和辉县, 西距焦作市 25km 地势平坦 交通便利, 属太行山东麓含煤区的南部, 主体为伸展断块型控煤构造类型区。

该区北以魏村断层和二<sub>1</sub> 煤底板 -300m 等高线及白庄、吴村煤矿为界, 南至油坊蒋断层和二<sub>1</sub> 煤底板 -1000m 等高线, 东到赤庄断层, 南北长 10km 东西宽 2.4km 面积 24.3km<sup>2</sup>。

中原油田与焦作矿务局合作, 于 1995 年 8 月开始进行煤层气勘探, 截至 1996 年 1 月共完钻煤层气探井 4 口 即古 1、古 2 古 3、古 4。本区煤层山西组二<sub>1</sub> 煤层较厚 为 2.60~6.27m 平均为 4.65m, 其他均不可采。煤变质程度较高 R<sub>o</sub> 为 3.24%~3.63% 为无烟煤。古 1、古 2 古 3、古 4 都进行过排采试气, 除古 1 井无气外 另外 3 口井产有少量气体。

本区构造复杂, 保存条件差, 含气量低, 水文地质条件复杂等是造成本区煤层气未能实现突破的主要因素。

### (三) 荥巩煤层气气区

荥巩煤层气气区为滑动构造发育区, 新 1 井位于郑州西南 20km 洞穴完井 喷砂射孔 排出煤 20 多吨, 造洞直径 4m 试气可燃 火苗长达 2m。

郑州天然气公司与美国 GEOMET OPERATING 公司合资项目, 在该区共打井 4 口 煤层埋深 350m 左右 为二<sub>1</sub> 煤层。煤体结构为粉煤, 渗透率小于 0.001×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>, 1 号、2 号井为前期套管裸眼洞穴完井, 长期试采, 间断性少量出气。 3 号、4 号井为压裂井, 压裂用胶联液 200m<sup>3</sup>, 加砂 40m<sup>3</sup> 产水 20m<sup>3</sup> 间断性少量出气。

## 六、两淮煤层气气区

两淮气区位于安徽省北部, 整个气区可分为淮南气区和淮北气区。

### (一) 淮南煤层气气区

该气区构造位置处于华北地台南缘燕山褶皱带东段,四周被断层切割成一些向斜,向斜内发育了次一级背斜。煤层分布在二叠系山西组,上、下石盒子组,全区可采煤层 10 余层,累积厚度为 25m。煤的挥发分大都为 35%~42% 镜质体反射率为 0.8%~1.1%;煤层直接顶底板岩层多为致密的粘土岩。

淮南煤田是著名的高瓦斯矿区之一,瓦斯相对涌出量大;近年来,不断出现超大瓦斯爆炸事故。

本区煤层气勘探工作活跃,地矿部 1992 年施工了 2 口井,UNDP1995 年施工 2 口井,1993~1995 年 ENRON 公司施工了 4 口井。

探井显示了含气量低、含气饱和度低、地层压力低的特点。另外 ENRON 公司在潘一矿区和李一矿区施工的资料井显示,潘一矿区渗透率为  $3.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  含气量  $10\text{m}^3/\text{t}$  李一矿区渗透率为  $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  含气量为  $15\text{m}^3/\text{t}$  条件较优。

由于本区构造发育,上覆有效地层厚度变化大,造成淮南煤层气分布很不均匀。

近两年来,一些国外公司的加盟,淮南煤田成为煤层气勘探热点地区,关键是需弄清本区煤层气高产富集控制因素,选择有利区块进行试验。

### (二) 淮北煤层气气区

淮北矿区南北长 140km 东西宽 110km 总面积  $9600\text{km}^2$  其中含煤面积  $6912\text{km}^2$  该矿区现有生产矿井 12 对,年生产原煤 15 吨,12 对矿井中有高瓦斯矿井 10 对,占 83%。属华北型石炭、二叠系煤田,含煤地层总厚约 1200m 含煤 5~25 层,煤厚 7.1~21.95m 可采 2~12 层,可采煤层总厚 3~20.9m。北部煤种以高变质的焦煤、瘦煤及无烟煤为主;南部以低变质的肥煤为主,  $R_o$  为 0.76%~0.98%。

煤层气主要分布在宿县和临涣两个矿区,宿县矿区的煤层气含气量  $6\sim 25.5\text{m}^3/\text{t}$  甲烷浓度为 79%~98%;临涣矿区的煤层气含量为  $6.1\sim 14.6\text{m}^3/\text{t}$  甲烷浓度为 75%~91%。

1994 年 12 月淮北矿务局在桃园矿 108 工作面采空区施工了一口抽取瓦斯井,效果较好,虽然煤层较薄(3 号煤厚度 1.66m) 瓦斯含量较低 ( $4\sim 5\text{m}^3/\text{t}$ ) 经过一年多试验 抽出瓦斯 16 万  $\text{m}^3$ ,开始井口压力达 0.83MPa,日抽瓦斯  $1000\text{m}^3$  甲烷浓度 95% 以后 10 个月平均抽出量为  $500\text{m}^3/\text{d}$ 。

1995 年桃园煤矿施工了 CQ-4 井,井深 507m 煤层渗透率  $(0.5\sim 3.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  含气饱和度和达 100% 日产气量达  $1000\text{m}^3$  以上 甲烷浓度为 94.5%。

1996 年 3 月在芦岭矿 2812 工作面 8 煤层采空区(冒落带和裂隙)又施工了一口抽取瓦斯试验孔,取得了明显的效果,日产气量高达  $5728\text{m}^3$ 。

淮北气区煤层气有一定勘探开发前景,其难点是地应力高、渗透率低、风险较大。目前认为宿南、肖西区块为煤层气勘探有利区。

## 七、开平煤层气气区

开平气区地处京津唐经济发达区,煤层气的勘探开发对缓解本区能源紧张状况、发展经济具有重要意义。

开平向斜构造简单,面积约  $800\text{km}^2$ 。全区以 9 号煤、12 号煤分布稳定,厚度一般在 2m 以上。火山活动微弱,仅在开平向斜东南翼有零星分布的辉绿岩墙。本区煤以气肥、焦煤为主,煤级从向斜两翼向轴部有增高趋势。显微组分以镜质组为主,占 71.11%~73.1% 含气量一般

为  $4\sim 8\text{m}^3/\text{t}$  最高达  $11\text{m}^3/\text{t}$  属中等含气量。

到目前为止,本区共施工了 6 口煤层气试验井,分别为唐 4、唐 5、1 号孔、2 号孔、3 号孔和 4 号孔。这 6 口井分布在马家沟矿、唐山矿及唐山矿胥岳扩大区。唐 4、唐 5 井为地矿部华北石油地质局和开滦矿务局联合实施; 1 号孔、2 号孔、3 号孔和 4 号孔由开滦矿务局与国外公司联合实施,均未获得工业性气流(表 1-4-1)。

表 1-4-1 试验井基本参数表

井号	唐 4	唐 5	1 号孔	2 号孔
构造部位	单斜	断层下盘构造高点		
完井方式	裸眼	裸眼	裸眼	裸眼
井深/m	904	704	922	720.38
煤层厚/m	12 煤,20.2	8 号煤层,14.2 9 号煤层,6	5 号煤层,3.7 8/9 煤,9.5	8 号、9 号煤层,9.4
煤层井段/m	85.2~872.2	711.8~723.0		
渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	<0.1	0.026~0.22	0.5~0.8	0.2~0.5
表皮系数		0.026~2.3	-0.9~-4.1	-0.7~-1.4
上覆地层有效厚度/m	700	134		
含气量/ $\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$	3.54	8 号煤层,8.87 9 号煤层,6.64	4.05	3.3~7.6
解吸压力/MPa	0.098	8 号煤层,0.216 9 号煤层,0.343		
初始压力:解吸压力	20:1	8 号煤层,6.4:1 9 号煤层,4:1		
原始地层压力/MPa	2.03	1.43	3.5	4.2
甲烷含量/%	97.89			
初产/ $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$	27.5	54.7		
措施后产量/ $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$	—	112.1		

唐 4、唐 5 井均采用裸眼完井方式,唐 5 井还采用了水力喷射措施处理。唐 4 井由于煤层垮塌,未能进行增产措施,稳定产气量为  $27.5\text{m}^3/\text{d}$ 。唐 5 井措施前产气量为  $54.7\text{m}^3/\text{d}$  经水力喷射增产措施后,产气量为  $112.1\text{m}^3/\text{d}$ ,产量增加了一倍,但未达到工业性气流。1 号孔、2 号孔为资料评价井,最终未获工业气流。

本区试验井均分布在开平向斜的西北翼,该区构造复杂,断层发育,地层陡直,未获工业性气流突破。分析其主要原因为构造复杂 断层发育 形成构造煤 粉煤 造成煤层渗透性较低,一般为  $0.2\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$  左右 如唐 4 井 12 号煤为粉煤,渗透性更差。

## 八、铁法煤层气气区

铁法煤层气气区位于辽宁省北部铁法矿区,属于松辽南缘含煤区,南距沈阳市 90km 含煤面积  $513\text{km}^2$ 。

含煤盆地为在前震旦系基底上形成的北北东向地堑式、不对称断陷盆地。煤系地层为下白垩统阜新组 为陆相湖泊沉积 煤层较多 最多达 70 余层,一般 30~40 层,分为上、下两个含煤段 主要煤层分别有 2、4、7、8、9、10 和 12、13、14、15、16、17 号煤层。煤阶以长焰煤为主,气煤次之 镜质组含量占  $81.73\%\sim 98.2\%$ ,其宏观煤岩类型为光亮型和半亮型。本区构造多为张性

正断层，对煤层结构破坏程度较小，断层两侧未出现构造煤。本区岩浆活动强烈，主要分布于北东缘，西南部大兴、大隆井田辉绿岩侵入频繁。

煤层割理、裂隙发育，煤层渗透率较好，据 DT1、DT3、CW-1 注入 / 压降试井结果，上煤组煤层平均渗透率  $0.61 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，下煤组平均渗透率为  $0.55 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

1995 年 UNDP 资助的西安煤炭研究分院项目在铁法大兴施工 CQ1 井，经测试渗透率为  $(0.16 \sim 0.36) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

1996 年施工的铁法 3 号孔，煤厚 50 余米，含气量  $7.24 \sim 8.85 \text{m}^3/\text{t}$ ，上煤组渗透率为  $0.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。1997 年 4 月开始日产气  $200 \sim 600 \text{m}^3$ ，7 月达  $1200 \text{m}^3$ ，12 月达  $5000 \text{m}^3$ ，1998 年 2 月达  $13500 \text{m}^3$  同年 4 月达  $15000 \text{m}^3$  呈上升趋势。

联合国 UNDP 援助中国煤层气勘探开发项目，在铁法矿务局建立地面垂直钻孔抽放采空区煤层气试验，在大兴矿共打 3 口井 孔深  $532.13 \sim 537.69 \text{m}$  开采以 4 号煤为主的煤层气。从 1995 年 6 月 28 日至 1996 年 4 月 30 日共 10 个月，采出煤层气  $201.84 \text{m}^3$ 。另外 还施工了一口参数评价井。

中国煤田地质总局从 1995 年开始 施工 3 口生产试验井，开采未采动区煤层气，DT-1 井由于技术和经验不足未能成功，DT-3 井现已获  $3000 \text{m}^3/\text{d}$  产能。

本区煤层煤阶较低，渗透率较高，地应力低，张性断层发育，割理发育且未被充填，煤体结构完整，表明本区具有良好的煤层气开发前景，但煤层气资源量不大。

## 九、阳泉—寿阳煤层气气区

阳泉矿区位于山西省中部，太原市以东，面积  $3300 \text{km}^2$ 。现有 8 座煤矿，原煤年产量 100 万 t。煤层埋深 1500m 以浅的煤层气资源量 6448 亿  $\text{m}^3$ 。

阳泉是我国最大的无烟煤生产基地，构造位置处于太行山隆起西侧中段。沁水盆地东北部环状斜坡带，构造主体走向为北西向，是一个向西南倾斜的大单斜，在此构造基础上又发育有次一级倾伏波状褶曲。地层平缓，倾角一般不超过  $10^\circ$ 。含石炭、二叠系煤 10 余层，主采煤层有 3 号、12 号和 15 号煤层 厚分别为 2m、1.4m 和 6m。煤变质程度较高，为无烟煤，西部寿阳地区煤种以贫煤、瘦煤为主。

阳泉矿区煤层气勘探开发主要集中在寿阳区。寿阳区东西长 48km 南北宽 17.6km 可供勘探开发煤层气地区的总面积为  $557 \text{km}^2$ ，148 队于 1996 年施工了 HG1 煤层气评价井和 HG6 煤层气试验井，中联公司施工了 SY-001 井。

阳泉—寿阳煤层气气区煤阶较高，含气量相对较高，裂隙发育，具有较好的勘探前景。

## 十、欧利坨子煤层气气区

该气区位于沈阳市南部的欧利坨子构造带上，该构造带为两条北东向主断裂挟持及一组近东西向断层切割的断裂背斜构造。构造圈闭面积  $22 \text{km}^2$  闭合高度 600m。煤层埋深  $900 \sim 2800 \text{m}$ ，煤层累计厚度大于 30m 单层最大厚度为 10m。镜质体反射率为 0.59% 属于中-低灰分、中发热量、低硫的长焰煤。老第三纪沙三期本区处于渤海湾裂谷收缩期，广泛沉积了一套沼泽相含煤地层。欧利坨子构造带煤炭储量为 3.35 亿 t。欧 15 井位于欧 1 断块上，完钻井深 2405.8m 含煤井段  $1763.9 \sim 2119.6 \text{m}$  煤层为 9 层 10.94m。煤层孔隙度  $0.1\% \sim 49.8\%$ ，一般为  $9.7\% \sim 24\%$  渗透率  $(13.6 \sim 1157.6) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。煤层含气量  $7.855 \text{m}^3/\text{t}$  水分 6.4% 灰分 10.55% 挥发分 47.48%。

欧 15 井为辽河井田的一口报废油探井。利用这一报废井进行了煤层气试验。在 2069.8~2113.3m 井段,射开 6 层 24.1m 煤层,并进行射孔压裂,压裂液用量为 500m<sup>3</sup>(MC-1、MC-2 型)加砂 20m<sup>3</sup>(20~40 目即 0.42~0.84mm)施工排量为 4.5m<sup>3</sup>/min,用油管注入方式。压裂以前,做过地层测试求产,日产气 389m<sup>3</sup>,经压裂增产措施后,气产量可达 1000m<sup>3</sup>/d。

欧利坨子煤层气试验结果表明,在构造断裂活动发育区,煤层割理裂缝发育,亦可获得低产气流。但是,该区由于煤层埋藏较深,煤阶偏低,暂时不宜作为煤层气勘探重点地区。

## 十一、丰城煤层气气区

丰城煤层气气区位于南昌市以南 60km 的萍乐拗陷中部曲江井田,区域地质背景属扬子准地台南部,处于昆仑山—秦岭与南岭纬向构造之间。

曲江向斜形成于印支—燕山期,地面覆盖第三、第四纪地层,北翼煤层出露地表。主要含煤段为二叠系龙潭组老山下亚段,地层厚 90m 含煤 5 层,总厚 0.6~4.57m 其中 B4 煤层为煤层气主要勘探目的层,埋深 800~1200m 煤层厚 2~3m。周围有 5 对生产矿井,有 4 对属于高沼瓦斯突出矿井,面积 210km<sup>2</sup> 煤炭储量 4.07 亿 t 其中 B 组煤层储量 2.7 亿 t。煤演化程度高,煤阶由西部的无烟煤 II—III 号向东逐渐变为焦煤、肥煤、气煤和长焰煤,但以焦煤为主, R<sub>o</sub> 为 1.27%~1.51% 灰分 18% 水分 1.3% 挥发分 14.77%~25.6% 含气量 17m<sup>3</sup>/t 最高达 25.3m<sup>3</sup>/t。孔隙度 1.77%~1.79% 渗透率 (0.0002~0.0003)×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>。

曲试 1 井位于丰城市曲江镇北东方向 2.5km 处于曲江向斜北翼,该井 1994 年 1 月开钻,3 月 26 日完钻,完钻井深 1037.89m,钻穿 B4 煤层后打 60m 口袋,进行洞穴完井。B4 煤层含煤井段 963.95~966.4m,煤层厚 2.4m 另外主力煤层之上还有 4 层共 4m 厚的薄煤层,含煤井段 266~745m,为上二叠统龙潭组王藩里段。

该井 1994 年二季度开始采用水力喷射法扩充洞穴,到 1994 年第四季度,冲出煤 24.06t,泥岩 21.50t 洞穴造径 1.18m 最大气产量为 564.6m<sup>3</sup>/d。

另一口井赣试 2 井前期正常产气量为 600~1100m<sup>3</sup>/d 峰值产量为 1460m<sup>3</sup>/d 水产量为 1~3m<sup>3</sup>/d 后期产气量稳定在 500~700m<sup>3</sup>/d 之间。气体全烃 95.4%~97.0%。

本区作为南方重要的煤层气气区,主要优势是煤层为中煤阶、中埋深、中等含气量,单一煤层渗透率较高。与全国其它试验区相比,不足之处是煤层较薄,资源潜力小,可能制约着本区煤层气勘探工作的进一步开展。

## 十二、冷水江煤层气气区

冷水江气区位于湖南省冷水江市,构造处于涟源凹陷。

该区含煤面积 88.79km<sup>2</sup> 煤炭储量 2.86 亿 t 煤层气资源量 50.59 亿 m<sup>3</sup>。矿区煤层多,石炭系测水组 3 号、5 号煤层为主力煤层,厚度分别为 2.0m 和 1.0m,2 号、4 号煤层局部可采埋藏深度最大为 1300m,一般在 800m 左右。3 号、5 号煤全区平均含气量分别为 17.33~18.40m<sup>3</sup>/t 及 10.02m<sup>3</sup>/t。镜质体反射率为 2.7%~4.0% 灰分为 17.70%。冷试 1 井位于冷水江市,此井原设计为煤层气评价井,兼探煤层下部的灰岩浅层天然气。由于工艺复杂,后经讨论研究,该井分为两口井试验:冷试 1 井井深 600m 专探煤层气;冷浅 1 井专探浅层天然气。

冷试 1 井共钻遇 7 个煤层(表 1-4-2)。

冷试 1 井的目的层 3 号、5 号煤层井深在 550~565m 之间,厚度分别为 1.6m 和 1.4m 均为无烟煤 III 号。3 号、5 号煤层的镜质体反射率分别为 3.971% 和 4.099% 含气量 3 号煤层为