



Meiceng Qi
Kantan Kaifa
Lilun Yu Shijian



中国石油学会石油地质专业委员会 编
中国煤炭学会煤层气专业委员会

煤层气勘探开发

理论与实践

雷 群 李景明 赵庆波 主编

石油工业出版社



Meiceng Qi
Kantan Kaifa
Lilun Yu Shijian



图书在版编目(CIP)数据
 煤层气勘探开发理论与实践 / 雷群, 李景明, 赵庆波主编. — 北京: 石油工业出版社, 2007.7
 ISBN 978-7-2021-6172-9
 I. ①煤... ②中... ③中... ④李... ⑤雷... ⑥赵...
 ①煤层气勘探开发理论与实践 / 雷群, 李景明, 赵庆波主编. — 北京: 石油工业出版社, 2007.7

中国石油学会石油地质专业委员会 编
 中国煤炭学会煤层气专业委员会

煤层气勘探开发 理论与实践

雷 群 李景明 赵庆波 主编

石油工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤层气勘探开发理论与实践/雷群,李景明,赵庆波主编;中国石油学会石油地质专业委员会,中国煤炭学会煤层气专业委员会编.

北京:石油工业出版社,2007.7

ISBN 978-7-5021-6172-9

I. 煤…

II. ①雷…②李…③赵…④中…⑤中…

III. ①煤层—地下气化煤气—地质勘探—文集

②煤层—地下气化煤气—资源开发—文集

IV. P618.11—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 105508 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 21

字数: 508 千字 印数: 1—1000 册

定价: 88.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

编委会名单

主 编：雷 群 李景明 赵庆波

副主编：冯三利 胡爱梅 叶建平

鲜保安 李五忠 田文广

编 委：孙 平 李安启 范志强

刘洪林 王一兵 孙 斌

鲍清英 杨遂发 王宪花

李贵中 王 勃



序

中国煤层气专业化勘探始于 20 世纪 90 年代初期，经过十几年勘探和开发试验，中国石油天然气股份有限公司、中联煤层气有限责任公司、晋城煤业集团沁水蓝焰煤层气有限责任公司等在山西沁水盆地南部地区陆续投入开发，阜新矿业集团在阜新盆地刘家区块 2001 年开始向阜新市供气。据不完全统计，全国已钻煤层气探井 500 余口，开发井 840 余口。

煤层气地质理论的不断深化，为中国煤层气的发展奠定了基础：近几年针对中国煤层气复杂的地质条件，系统地总结了高煤阶构造抬升盆地煤层松动区煤层气富集成藏理论、中高煤阶热事件煤层气成藏理论；煤层气藏整体降压差异流向理论；利用地应力场、煤岩相、水动力场、构造作用场、封盖体系等手段深化了煤层气控制因素和高产富集带的认识，勘探年年有发现，已获三级储量 3000 亿 m^3 ，其中探明储量 1130 亿 m^3 。

煤层气勘探技术的发展，为提高单井产量、降低钻井成本起到了重要作用：多分支水平井钻井技术的试验，单井产量由 2000~3000 m^3 提高到 3000~50000 m^3 ，即提高十多倍；近几年普遍由以往石油钻机改用水源钻机和空气钻井，煤层气钻井成本降低一倍。

煤层气测试评价技术的提高，解决了生产上一些关键的问题：煤层含气量解吸由以往 60 天缩减为 2 天；煤层气测井、测试等参数处理准确度在不断提高；产能数模、压裂设计与评价软件的应用、多分支水平井钻井设计软件的应用，都解决了生产上一些关键技术问题。

煤层气开发的起步，为不断提高不同类型气藏开发水平提供了宝贵经验：不同煤阶钻井、压裂、排采技术的研究，合理井距、布井井网形态、不同开发阶段对液面位置控制的认识，都得到了进一步深化。

中国煤层气工业发展的同时，培养了一批高水平多学科技术人才。由中

国煤炭学会、中国石油学会等组织的煤层气学术活动为加强技术交流，搭建了一个很有意义的学术平台。该书就是由中国石油学会石油地质专业委员会、中国煤炭学会煤层气专业委员会共同举办的一次很好的煤层气学术活动，在煤层气地质、开发、工程技术、煤矿区瓦斯抽采等方面，优选出50多篇学术性很高的论文，大都是长期从事煤层气生产和研究工作的技术骨干对多年丰富工作经验的总结，有扎实理论基础，为我国煤层气勘探开发提供了科学依据，因此这是一本具有很高价值的参考书。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Zhang' or similar, written in a cursive style.

2007年5月



前 言 *Qianyan*

世界煤层气远景资源量 260 万亿 m^3 ，中国为 36.8 万亿 m^3 ，位居世界第三位。据不完全统计，2006 年世界地面煤层气开发产量为 620 亿 m^3 以上，特别是美国、加拿大和澳大利亚，靠技术创新，开发新盆地，产量大幅度增长。譬如，美国煤层高渗区采用的裸眼洞穴完井技术；中低渗区、中煤阶采用的定向羽状水平井技术；加拿大多煤层连续油管压裂技术；澳大利亚高角度煤层沿煤层钻井，辐射型和 U 型钻井技术，以及低成本空气钻井技术等，都使单井产量大幅度提高。

受国外的启发和能源接替、安全、环保的需要，中国政府十分重视煤层气的开发，近几年政府把煤层气攻关列入重大专项：国务院颁发了国办发 [2006] 47 号文件《关于加快煤层气（煤矿瓦斯）抽采利用的若干意见》；国家发展和改革委员会发布了煤层气（煤矿瓦斯）开发利用“十一五”规划（2010 年全国煤层气产量要达到 100 亿 m^3 ，其中地面开发 50 亿 m^3 ，井下抽采 50 亿 m^3 ，新增探明储量 3000 亿 m^3 ）；2007 年 2 月，财政部、国家税务总局发布了财税 [2007] 16 号文件《关于加快煤层气抽采有关税收政策问题的通知》；财政部发布了财建 [2007] 114 号《财政部关于煤层气（瓦斯）开发利用补贴的实施意见》。国家优惠的政策加速了中国煤层气工业的发展，仅中国石油天然气股份有限公司（本书简称中石油）就投资 11.2 亿元开发煤层气，历年来吸引的外资达 17 亿元人民币。全国目前已探明煤层气地质储量 1130 亿 m^3 ，建成地面开发产量 2.0 亿 m^3 ，形成产能 4.5 亿 m^3 ，煤矿区抽采 26 亿 m^3 。

国外煤层气快速发展的经验告诉我们：要依靠新技术开发新盆地；要针对不同的成藏机理，寻找不同类型的煤层气藏；要采用不同的工艺技术开发不同地质条件的煤层气田。

中国煤层气地质条件复杂，成藏类型多种。近几年，中国在煤层气地质理论研究和开发技术应用上都已经取得了大量的成果。在煤层气地质理论上：高煤阶区用煤层松动理论在构造抬升盆地寻找高产富集带；中低煤阶区用应力场、

水动力场、构造发育与煤热演化特征、封盖条件等控气因素等认识寻找高产富集区块；用高渗透区低含气量厚煤层高可解吸饱和度理论指导低煤阶勘探；用煤显微组分、光亮度等划分厚煤层相带，解决层内非均质性矛盾等方面都有效指导了煤层气勘探。在煤层气勘探开发技术应用上：用多分支水平井钻井技术，单井日产气达到5万 m^3 ，比常规钻井套管射孔压裂提高10倍；用数值模拟和现场排采实例相结合把排水降压采气划分为畅通型解吸、超临界型解吸、阻碍型解吸三种类型，通过控制好降液速率和解吸速率，有效提高长半径解吸水平，有利于提高单井产量和采收率；利用整体降压差异流向理论开发煤层气等认识，有效指导煤层气开发。应用水源型钻机钻井、多种类型的多分支水平井钻井、PVC地面集气管线等低成本开发技术大幅度降低了煤层气开发成本。

尽管以往煤层气勘探开发取得了一些成果，但是，随着勘探开发队伍的不断壮大和勘探领域的不断拓展，随着煤层气复杂地质情况的不断出现以及高难度复杂技术的研发与应用，都带来了越来越多的世界级难题。为进一步加快我国煤层气勘探开发步伐，大幅度提高单井产量，经协商，由中国石油学会石油地质专业委员会，中国煤炭学会煤层气专业委员会共同组织了这次多学科、科研与生产紧密结合的技术研讨会。本会议共收集了54篇高水平优秀论文，经约稿、审稿，反复与作者商榷修改，最后成册出书。由廊坊分院雷群院长、李景明副院长和赵庆波经理主编，中国石油学会石油地质委员会煤层气学组组长王慎言教授作指导，中国工程院院士、全国著名地质家翟光明为该书作序。

本书对全国及分区煤层气资源量、可采资源量、采收率进行了不同方法预测；介绍了解吸气损失量计算方法，分析了低煤阶成藏机理，提出了水文地质控气论、构造作用控气论、应力场控气论三大要素，描述了煤层气渗流机理和煤显微裂缝及割理分布特征，评价了霍林河、沙尔湖、伊兰等低煤阶有利勘探区，阐述了沁水、阜新、宁武、淮北煤层气开发试验区及煤矿区瓦斯抽采现状、经验教训。在煤层气测井评价、低成本钻井、多分支水平井钻井、水力压裂增产措施、绳索式取心、爆炸法洞穴完井、排采自动监测系统、煤矿区安全生产最高允许含气量的分析、煤矿瓦斯抽采利用技术等方面都有独特的见解。

本书分煤层气勘探开发进展与认识、煤层气地质理论与选区评价、煤层气开发及工艺技术、煤矿瓦斯治理与利用4个章节，供各位学者在科研与生产中参考。

赵庆波

2007年5月



目 录 *Mulu*

第一篇 国内外煤层气勘探开发进展与认识

中国煤层气勘探成果及认识	赵庆波	(3)
政府与企业通力协作, 共推我国煤层气规模化商业开发	胡爱梅	(12)
低煤阶煤层气成藏与勘探开发简述	李五忠 田文广等	(17)
中国煤层气资源前景及产业化发展建议	刘洪林 李景明等	(21)
中国石化煤层气资源分布及勘探前景展望	樊明珠 李辛子等	(26)
中国南方煤层气资源潜力及勘探方向	邵龙义 肖正辉等	(29)
新疆地区煤层气勘探开发工作建议	冯少华 张 相等	(38)

第二篇 煤层气地质理论与选区评价

煤层气储量计算及其参数评价方法	李贵中 杨 健等	(43)
煤层气解吸分馏机理探讨及其意义	孙 平 鲜保安等	(47)
煤岩心解吸附曲线在煤层气勘探开发中的应用	李安启 钟小刚等	(53)
煤层气含气量测试中有关损失气量估算方法的探讨	邓 泽 刘洪林等	(57)
沁水盆地水文地质条件对煤层含气量的控制作用	傅雪海 秦 勇等	(61)
河东煤田水文地质条件与煤层气的关系	周宝艳 傅雪海等	(70)
潞安矿区屯留井田煤层气储层物性特征	刘 正 傅雪海等	(78)
河东煤田中南部煤层气成藏史模拟研究	韦重韬 张志庆等	(84)
韩城—合阳地区煤层气成藏条件分析	马财林 王前平等	(90)
大宁—韩城地区煤层气勘探目标评价研究	孙 斌 赵庆波等	(96)
大宁—吉县地区构造应力场研究及对煤层气分布的影响	陈 飞 姜 波等	(104)
鄂尔多斯盆地孤山区块深部煤层气勘探潜力分析	陈 静 马财林等	(110)
霍林河盆地煤层气勘探远景及有利目标评价	滕玉洪 朱兴革等	(117)
依兰煤田煤层气资源评价	曲延林 马立军等	(124)
甘肃省煤层气资源分布特征及勘探开发建议	王 勃 李景明等	(132)

平顶山矿区李口集区块煤储层地质条件及煤层气采收率	申建	秦勇等	(138)
济阳坳陷车镇凹陷石炭—二叠系高分辨率层序地层分析	吕大炜	李增学等	(142)
沙尔湖洼陷低阶煤煤层气成藏条件与勘探建议	李巧梅	杨珍祥等	(150)
重庆松藻矿区煤层气资源评价	韩俊	邓光明等	(157)

第三篇 煤层气开发及工艺技术

沁水煤层气田开发技术应用及效果分析	王一兵	孙平等	(165)
山西沁水盆地煤层气地面工艺技术优化设计	王红霞	刘祎等	(173)
阜新刘家区岩浆岩对煤层气开发的影响因素分析	张建民	贾耀惠	(179)
煤层结构的测井资料分析	刘蔚	杨林等	(186)
煤层气低成本排采技术探讨	白建梅	秦义等	(192)
沁水盆地煤层气钻井技术	李云峰		(198)
辽河油区煤层气开发可行性分析与钻井实践	杜锋	佟长海等	(203)
阜新矿区刘家区煤层地质特征及钻井工艺方法浅议	曹志壮	张建民等	(209)
多分支井开发煤层气优化方法研究	吴晓东	席长丰	(216)
煤层气低成本钻井技术	鲍清英	陈峰等	(224)
煤层气水平井欠平衡钻井技术应用研究	鲜保安	孙平等	(230)
绳索取心技术在煤层气井施工中的应用	郝登峰	石继峰等	(235)
煤层气井爆炸洞穴完井技术	吴辅兵	梁红义等	(238)
煤层气井压裂技术研究现状	朱宝存	唐书恒等	(242)
煤层低伤害高效压裂技术研究与应用	王欣	林英姬等	(249)
动态法测定压裂井压裂裂缝方位技术	王修利	张金城等	(254)
变形介质分形煤层气藏压力动态特征分析	何应付	杨正明等	(261)
宁武盆地煤层气勘探现状及试采效果分析	王宪花	高颖等	(266)
割理走向研究在煤层气开发中的重要性	吴辅兵	梁红义等	(271)
煤层气田自动监控及无线数据传输系统	蒿亮		(274)
煤层气藏渗透率应力敏感性研究	张亚蒲	何应付等	(281)

第四篇 煤矿瓦斯治理与利用

我国煤矿井下煤层气抽采利用现状及存在问题分析	林柏泉	翟成	(287)
淮北矿区煤层气抽采技术与实践	李伟	吴建国	(293)
焦作矿区煤炭安全生产最高允许含气性分析	杨兆彪	秦勇等	(298)
关于煤矿区煤层气综合利用模式的思考	田文广	李五中等	(303)
建立煤矿瓦斯地面抽采系统必要性及可行性的探索	翟成	林柏泉	(309)
工作面卸压区浅孔瓦斯抽放机理及其影响因素分析	叶青	林柏泉等	(315)
大口径煤矿地面瓦斯抽排孔的施工工艺	曹东风	胡向志	(322)

第一篇

国内外煤层气勘探 开发进展与认识



中国煤层气勘探成果及认识

赵庆波

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院煤层气项目经理部)

摘 要 中国煤层气勘探开发处于初级阶段, 工艺、设备、技术急需通过引进、吸收、研发、试验、优选、试用。通过中国煤层气勘探开发现状分析, 并结合多年的现场经验, 对煤层气地质理论提出了新的认识, 从现有的煤层气勘探开发技术、试验、认识和体会, 提出了一些适用建议。

主题词 煤层气 地质理论 技术进展 适用建议

一、中国煤层气勘探开发现状

全国钻煤层气直井 1666 口 (探井 533 口, 开发井 1133 口), 多分支水平井和水平井 25 口 (大宁 6 口, 端氏 11 口, 寿阳 3 口, 樊庄 3 口, 宁武 1 口, 午城 1 口), 投产 462 口, 日产气 $67 \times 10^4 \text{ m}^3$, 年产能力 $2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 直井单井一般日产气 2000 m^3 , 多分支水平井高达 $(0.3 \sim 5.0) \times 10^4 \text{ m}^3$ 。基本情况如表 1 所示。

表 1 国内煤层气勘探开发现状表

单 位	钻 井 (口)	投产井 (口)	日 产 气 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	单井日产气 (m^3)
中石油	580+5 口多分支水平井 (含探井 148 口)	97 (正排采)	2.5	1000~13000
中联煤	295+5 水平井	38	8	2000
格瑞克	24	16	0.5	470
中石化	15	—	—	—
晋煤集团	600	280	50	2500
中煤地质局	25	—	—	—
阜新矿业集团及辽河石油勘探局	26	23	2.5	2500
联合国开发署	12	—	—	—
亚美、美中能源	12 口多分支水平井	6	3.5	6000~50000
其他 (外资、民营)	83+3 口水平井	—	—	—
合计	1490+25 口水平井	428	67	直井平均 2000

作者简介: 赵庆波, 高级工程师, 先后发表学术论文 34 篇 (国际 8 篇), 编写专著 9 部, 多次获得省部级及国家级奖项。

1. 全国煤矿区煤层气开发及煤层气资源分布现状

(1) 煤矿区煤层气开发概况

全国煤炭远景资源量 $5.57 \times 10^{12} \text{t}$, 保有资源量 $1.03 \times 10^{12} \text{t}$ 。2006 年产煤 $23 \times 10^8 \text{t}$, 产能 $30 \times 10^8 \text{t}$, 2006 年煤层气抽采量 $32 \times 10^8 \text{m}^3$, 利用 $12 \times 10^8 \text{m}^3$, 抽采率 30%。每年向大气释放煤层气约 $200 \times 10^8 \text{m}^3$, 635 处矿井高瓦斯矿占 24.6%, 2006 年因煤矿安全死亡 4746 人, 其中瓦斯事故死亡 2150 人, 高瓦斯区爆炸死亡 1319 人。

全国目前采煤深度超过 600m, 每年以 10m 速度向下延伸。

(2) 煤层气资源分布

评价我国 45 个聚煤盆地 119 个目标, 含气面积 $41.5 \times 10^4 \text{km}^2$, 煤层气总资源量 $36.81 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。其中大于 $1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 有 8 个盆地, 分别为: 伊犁、吐哈、鄂尔多斯、滇黔桂、准噶尔、海拉尔、二连、沁水。总资源量 $28 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

2. 近几年煤层气勘探和已开发重点区块简述

(1) 阜新刘家试采区块

刘家是我国地面开发煤层气最好的地区, 位于阜新盆地向斜部位, 气含量 $7.2 \sim 9.8 \text{m}^3/\text{t}$, 吸附饱和度 85%~96%; 压力梯度 $0.82 \sim 0.89 \text{MPa}/100\text{m}$; 煤层渗透率 $0.47 \sim 0.32 \text{mD}$; 含气面积 5.43km^2 , 煤层气总资源量 $25.38 \times 10^8 \text{m}^3$ 。含煤层系多, 煤层厚度大, 下白垩统阜新组, 孙家湾、中间和太平煤层为煤层气开发主力煤层, 煤层埋深 $657 \sim 965.7 \text{m}$, 厚 $24.5 \sim 79.5 \text{m}$, 单层最厚 69m。致密砂岩和泥岩组成盖层, 煤层稳定。为低煤阶长焰煤, 深部少量气煤, 靠近侵入岩体有天然焦一无烟煤。岩浆岩发育, 晚第三纪东西向辉绿岩以高角度的岩墙侵入煤系, 形成 10 个带, 使煤的热变质程度增高, 从而增加了煤的生气能力和强热演化下的割理发育程度, 形成厚煤层、较高渗区的煤层气高产富集区。其他矿区经钻探含气量很低。

阜新矿业集团 2001 年 3 月投产, 目前开井 10 口, 共钻井 12 口。目前 11 口, 单井日产气 $1300 \sim 5000 \text{m}^3$, 平均 2500m^3 , 已累计产气 $3700 \times 10^4 \text{m}^3$, 销售 $3000 \times 10^4 \text{m}^3$ 。辽河油田钻井 14 口, 该区共钻井 26 口。

阜新组煤层气主要分布大兴、大隆矿, 长焰—气煤, 埋深 $400 \sim 1200 \text{m}$, 厚 20 层共 $35 \sim 40 \text{m}$, 单层最厚 10m。含气面积 20.48km^2 , 含气量 $8 \sim 12 \text{m}^3/\text{t}$, 渗透率 1.5mD , 煤层气资源量 $93 \times 10^8 \text{m}^3$, 资源丰度 $4.5 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。DT₃ 井煤层深 823m, 8 层 83.5m, 1997 年 4 月排采, 最高日产气 $1.3 \times 10^4 \text{m}^3$, 平均 4000m^3 以上, 2006 年 2 月投产; DT₄ 井 2005 年投产, 目前平均日产气 3000m^3 以上。另外 2 口排采工艺效果不理想。

在普查区和找煤区打了很多井, 煤层含气量很低。

矿区煤层气抽采始于 1972 年, 目前年抽采量 $8000 \times 10^4 \text{m}^3$, 利用率 90%, 2000 年开始向铁岭市供气, 年供气量平均 $3000 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

(2) 辽宁沈阳北及外围

1) 沈阳北

下第三系煤厚 $10 \sim 20 \text{m}$, 最厚为 32m。顶板 30m 厚油页岩是很好的盖层, 底板为泥岩

和凝灰岩, 泥岩厚 5~25m, 封盖条件有利, 含气量一般为 $5\text{m}^3/\text{t}$, 最高 $7.05\text{m}^3/\text{t}$ 。

该区中联煤公司和辽河油田完钻 3 口煤层气井。煤层埋深 550~719.6m, 射开井段 25.6~33.55m, 试 3 井日产气 600m^3 , 2 个月后因井内故障而关井。试 5 井最高日产气 1780m^3 , 之后逐步递减, 试采一年半, 日产气降为 200m^3 关井, 累产气 $18 \times 10^4\text{m}^3$, 获得单井抽排最佳效果。M1-1 井液面接近煤顶, 日产气 300m^3 , 日产水 0.3m^3 。

2) 辽河断陷欧利坨子地区

欧 m_1 井下第三系煤层埋深 2070.3~2123.5m, 9 层 19.5m, 压裂试气为低含水层; 欧 15 井 2113.3~2069.8m 井段中射开煤层 6 层 24.1m, 日产气 389m^3 。这 2 口井煤层太深不利于煤层气开发。

3) 辽宁北票地区

北 m_1 井煤层埋深 1269.0~1282.0m, 厚 13.0m, 压裂排采 4 个月, 累产水 60m^3 , 无气, 分析为低含水粉煤层。

(3) 山西沁水煤层气田

位于山西省沁水盆地南部, 是世界第一个高煤阶煤层气田, 无烟煤 III 牌号, $R_o 2.6\% \sim 3.8\%$ 。目前已钻井 1220 口, 探明面积 420km^2 , 储量 $861 \times 10^8\text{m}^3$, 控制面积 549km^2 , 储量 $974 \times 10^8\text{m}^3$, 远景资源量 $4500 \times 10^8\text{m}^3$ 。6 个区块, 目前日产气能力已经达到 $64.5 \times 10^4\text{m}^3$, 建成压气站 5 座, 日销售煤层气 $30 \times 10^4\text{m}^3$, 除了中石油以外, 还有以下几个公司在开发煤层气, 基本情况如下。

1) 北部格瑞克能源(国际)公司

在北部柿庄区块钻井 24 口, 2000 年投产, 已开采 7 年, 目前开井 16 口, 日产气 7500m^3 , 单井平均 470m^3 , 累计采气 $1700 \times 10^4\text{m}^3$ 。

2) 南部晋煤集团公司

潘庄、成庄、郑庄钻井 600 口。投产 280 口, 单井日产气 $800 \sim 3000\text{m}^3$, 单井平均 2500m^3 , sh18 井日产气 8000m^3 。目前日产气 $50 \times 10^4\text{m}^3$, 其中外销 $(29 \sim 38) \times 10^4\text{m}^3$ 。

3) 西部亚美和美中能源公司

在端氏、寺河钻 12 口多分支水平井, DNP02 井总进尺 7687m, 2004 年 11 月开始出气, 日产气高达 $2.0 \times 10^4\text{m}^3$, 液面距煤顶 2~3m; Dmp01、Dmp03、Dmp05、Dmp06 井日产气为 $(0.37 \sim 1.3) \times 10^4\text{m}^3$; 潘庄钻 6 口多分支水平井, pzp01-2 井日产气高达 $3.9 \times 10^4\text{m}^3$ 。

4) 中南部中联煤公司

潘河区块钻井 150 口, 开井 38 口, 单井日产气 $300 \sim 5000\text{m}^3$, 平均 2000m^3 (20 口大于 2000m^3 , 6 口小于 1000m^3), 有的后期自喷, 如 pH1-006 井已自喷 10 个月, 日产气 3600m^3 , 套压 0.6MPa。DS01 多分支水平井 3# 煤 10 个分支, 煤层进尺 4920m, 煤层埋深 480m, 目前液面距煤顶 120m, 日产气 1190m^3 , 日产水 2~ 5m^3 ; phs02 多分支水平井 15# 煤进尺 1502m, 日产气 4000m^3 , 目前已建成年产气能力 $0.26 \times 10^8\text{m}^3$ 。

(4) 大宁—韩城及陇东地区

1) 大宁—吉县地区

鄂尔多斯盆地东部大宁—吉县地区有利勘探面积 2800km^2 , 煤层气远景资源量 $5800 \times 10^8\text{m}^3$ 。

为中高煤阶焦、贫煤， R_0 1.7%~2.4%。已钻预探井 17 口，控制面积 270km²，储量 343×10⁸m³；预测面积 760km²，储量 460×10⁸m³。其中 5 口探井获工业气流，吉试 1 井日产气 2847m³、吉试 3 井日产气 1525m³、吉试 5 井最高 6800m³、吉试 12 井日产气 1033m³、吉试 13 井日产气 2446m³。煤层渗透率低 (0.05~0.54mD)，是产量低的根本原因。

2) 韩城—合阳地区

中石油有利勘探面积 700km²，煤层气远景资源量 517×10⁸m³，含外系统共钻煤层气井 19 口，其中韩城 14 口，合阳 5 口。合阳井组煤层埋深 470~490m，煤层厚 5.2~7m，含气量最高 7.96m³/t，平均 4.1~4.2m³/t，单井日产水 1~5m³。韩试 1 井渗透率好，产量高。韩城井组 WL1 井最高日产气 2800m³ (见表 2)。

表 2 韩城地区煤层气试气成果表

井名	5#主煤埋深 (m)	煤层孔隙度 (%)	煤层渗透率 (mD)	试气产量 (m ³ /d)	备注
韩试 1	661.97	6	2~6	4000	韩试 1 井位于韩城地区南部，处于张性构造区；韩试 2、韩试 3 井位于韩城北部挤压性构造区。构造性质差异造成煤层性质不同，北部为粉煤，南部块状，导致渗透率的差异
韩试 2	669.9	<3	0.01~0.05	—	
韩试 3	600.2	<2	0.01~0.001	—	
WL1-001	340	10	3~5	1000~5800	
WL1-002	377.7	4~6	>1	800~2600	
WL1-003	390	4~5	>1	1000~2000	
WL1-004	354	3~6	>1	800~2000	
WL1-005	419.9	5	>1	800~2000	
WL1-006	358	7~8	>3	1000~2600	

3) 乡宁地区

乡试 1 井山西组 5# 煤埋深 489.5m，煤层厚 2.74m，顶板泥岩厚约 8.0m。太原组 8# 煤厚 3.07m，顶板灰岩厚 5.0m。乡试 1 井含气量最高 3.98m³/t，平均 2.82m³/t。参考以往钻孔可见该区煤层薄、含气量低，为甲烷风化带，氮含量 30%，经试气日产水 20m³。

(5) 甘肃陇东地区

勘探面积 2800km²，煤层侏罗系延安组。共钻煤层气探井 2 口 (宁试 1、新试 1 井)。新试 1 井煤层埋深 1020m，煤层厚 11m，含气量比较低，为 0.28~1.84m³，日产水 20m³。

二、中石油煤层气勘探主要成果

中石油历年总投资 11.2 亿元，钻各类煤层气井 415 口，其中探井 148 口，取得的主要成果如下。

1. 沁水盆地探明 1000×10⁸m³ 储量的大气田在逐步落实

郑庄区块 (见图 1) 探明储量 460×10⁸m³；如果 15# 煤有好形势可增加探明 100×10⁸m³，总

计 $560 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，再经周边精细勘探渴望累计达到 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

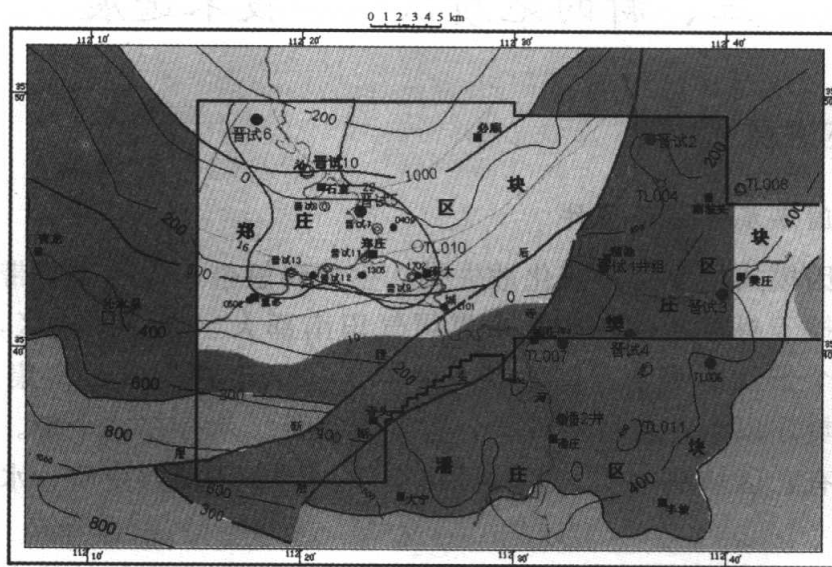


图1 沁水盆地郑庄区块煤层气勘探部署图

郑庄地区煤层分布稳定，含气量适中，储量落实，封盖条件好。3#煤直接盖层厚3~30m。15#煤距奥陶系水层较远，15#煤试气均未获得工业气流，而该区晋试5井日产气 2791 m^3 ，日产水 $7.7 \sim 11.2 \text{ m}^3$ 的主要原因是封盖条件变好。特别是15#煤厚达18m，含气量为 $12 \sim 14 \text{ m}^3/\text{t}$ ，成为沁水盆地主煤层厚度之最。

该区近期勘探说明，高漏失层提高加砂强度，先清水后冻胶压裂，可大幅度提高单井产量：晋试7井最高日产气 3583 m^3 。

2. 准噶尔盆地东南缘低煤阶勘探有新的进展

盆地准东南4个有利目标总面积为 9310 km^2 ，总资源量 $1.03 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。白杨河地区某井512~720m煤层厚3层68m，单层最厚35m，含气量 $5 \sim 15 \text{ m}^3/\text{t}$ ，渗透率 $2.8 \sim 13.5 \text{ mD}$ 。低煤阶褐煤、长焰煤： R_0 $0.35\% \sim 0.6\%$ 。最多发育15层，总厚一般25m，煤层含气量初步预测为 $5 \sim 10 \text{ m}^3/\text{t}$ 。中侏罗统西山窑组 B_1 煤层一般厚20~70m，最厚81m；煤层总厚34~83m，主煤层全区分布较稳定。西山窑组 B_1 煤层一般埋深300~800m。主力煤层盖层条件有利，直接盖层泥岩厚10~20m。

昌吉地区低煤阶煤层气勘探见到良好显示。煤层总厚6层27.5m左右，其中：5#煤厚4.2~6.5m，含气量为 $3.4 \sim 5.2 \text{ m}^3/\text{t}$ ；7#煤厚12~16.1m，含气量最高 $7.0 \text{ m}^3/\text{t}$ ，平均 $5.5 \text{ m}^3/\text{t}$ ；8#煤厚6~7m，含气量最高 $7 \text{ m}^3/\text{t}$ ，平均 $5.1 \text{ m}^3/\text{t}$ ；吸附饱和度一般为81%~98%，为气、肥煤， R_0 $0.65\% \sim 0.97\%$ ，处于地层高压，压力梯度 $1.1 \sim 1.2 \text{ MPa}/100\text{m}$ ，渗透率 $0.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3. 宁武南部煤层气勘探取得好的成果

宁武南部斜坡含煤面积 534 km^2 ，煤层气资源量 $1665 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。控制含气面积 36 km^2 ，储量 $83.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。9#煤埋深896.5~1412.8m，厚11.6~14m，含气量平均 $13.43 \text{ m}^3/\text{t}$ ，最高 $16 \text{ m}^3/\text{t}$ 。该区已对部分井压裂试采，单井日产气最高 3112 m^3 。