

● 中联煤层气有限责任公司 编著

中国煤层气 开发产业化 对策研究

ZHONGGUO MEICENGQI
KAIFA CHANYEHUA
DUICE YANJIU

石油工业出版社

中国煤层气开发产业化 对策研究

中联煤层气有限责任公司 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为全国煤炭工业“十一五”专项规划的隶属课题“煤层气开发示范工程及产业化对策研究”的研究成果,阐述了我国煤层气产业发展现状及存在问题、国外煤层气勘探开发现状及扶持政策、我国煤层气产业发展环境与战略定位、我国煤层气资源及可采资源潜力分析、煤矿瓦斯抽采与利用、煤层气产业发展方针目标、“十一五”煤层气示范工程和煤层气产业化发展的主要措施和政策建议。

本书可供从事煤层气勘探开发的管理者、科技工作者及大专院校相关专业的硕士研究生、博士研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国煤层气开发产业化对策研究/中国煤层气有限责任公司编著.
北京:石油工业出版社,2007.12
ISBN 978-7-5021-6379-2

I. 中…

II. 中…

III. 煤层—地下气化煤气—资源开发—产业政策—研究—中国

IV. F426.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第187148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:北京晨旭印刷厂

2007年12月第1版 2007年12月第1次印刷

850×1168毫米 开本:1/32 印张:4

字数:104千字 印数:1-1000册

定价:15.00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

前 言

中国具有丰富的煤层气资源。煤层气的开发利用具有能源、环保、煤矿安全等经济、社会和环境的三重效益。因此，国家十分重视煤层气资源的勘探开发，将煤层气作为一种重要的接替能源提到十分重要的高度加以开发利用。中国大规模勘探开发煤层气始于20世纪90年代初。目前包括中联煤层气有限责任公司在内的多家单位进行了煤层气的勘探开发试验，多家外国公司也相继参与中国煤层气的勘探开发，在山西的沁水盆地、辽宁的铁法等地区获得了一批煤层气探明地质储量，中联煤层气有限责任公司承担的沁南煤层气开发利用高技术产业化示范工程也取得了重大进展。

但与美国、加拿大、澳大利亚等国家的煤层气发展相比，中国煤层气产业发展速度较慢，目前还没有建成一个大规模的煤层气商业化生产基地，与其丰富的煤层气资源相比极不相称。如何促使处于幼稚期的中国煤层气产业走上商业化道路？通过何种工程项目来推动煤层气产业的发展？出台哪些政策激励企业投身煤层气产业？这些都是当前中国煤层气产业亟待解决的问题。

由国家发展和改革委员会能源局主持、中国煤炭工业发展研究中心委托、中联煤层气有限责任公司承担的“全国煤炭工业‘十一五’专项规划”子课题“煤层气开发示范工程及产业化对策研究”，历时近一年，参与课题研究具有高级职称的研究人员达15人，其中博士学位研究人员3人。在多方面的

共同努力下，课题组从资料收集、综合分析和研究等方面，严格按照课题设计要求，圆满完成了研究任务并回答了上述问题。

本书从国内外煤层气产业发展现状、中国煤层气发展存在的主要问题、产业发展环境、瓦斯（煤层气）抽放利用、产业战略定位、煤层气资源潜力分析、煤层气产业发展方针、目标及综合规划、“十一五”煤层气示范工程及产业化重点项目建设、实现产业化的措施和政策建议等方面阐述了中国煤层气产业具有的巨大发展潜力。同时提出，只有坚持煤层气地面开发和井下抽放结合、加大示范工程投入力度、国家给予煤层气勘探开发更优惠的扶持政策才能促使中国煤层气产业走上快速发展之路。

本书是在国家发展和改革委员会能源局、中国煤炭工业发展研究中心的直接领导下完成的。对他们给予的亲切关怀和指导，本书编委会谨在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中肯定还存在很多疏漏之处，敬请读者批评指正。

全国煤炭工业“十一五”专项规划课题成果

**《中国煤层气开发产业化对策研究》
编辑委员会**

主 编：林建浩 胡爱梅
编 委：林建浩 胡爱梅 陈 东 李明宅
范志强 刘贻军 李鸿飞 周晓红

目 录

第一章 中国煤层气产业发展现状及存在的主要问题 ·····	(1)
一、地面勘探开发煤层气资源现状	····· (1)
二、煤矿瓦斯抽采利用现状	····· (16)
三、煤层气开发利用的有关政策现状	····· (19)
四、存在的问题	····· (22)
第二章 国外煤层气勘探开发现状及扶持政策 ·····	(30)
一、国外煤层气产业发展现状及有关政策法规	··· (30)
二、国外煤层气产业发展对中国的启示	····· (40)
第三章 中国煤层气产业发展环境与战略定位 ·····	(45)
一、改善煤矿安全生产, 提高经济效益	····· (45)
二、优化能源结构, 增加洁净气体能源	····· (46)
三、有效减排温室气体, 改善大气环境	····· (47)
四、节约资源	····· (47)
五、相关产业环境	····· (48)
六、可持续发展	····· (48)
第四章 中国煤层气资源及可采资源潜力分析 ·····	(50)
一、煤层气的定义	····· (50)
二、世界天然气储量、需求及发展趋势	····· (50)
三、中国的常规天然气资源	····· (52)
四、中国煤层气资源及其分布特点	····· (54)
五、煤层气可采资源量	····· (61)
第五章 煤矿瓦斯抽采与利用 ·····	(63)

一、中国煤矿瓦斯抽采与利用现状	(63)
二、煤矿瓦斯抽采利用的指导思想和发展目标	(74)
三、煤矿瓦斯抽采利用重点建设项目	(75)
第六章 煤层气产业发展方针、目标及综合规划	(78)
一、指导思想	(78)
二、基本方针	(78)
三、规划原则	(79)
四、产业发展目标及综合规划	(79)
第七章 “十一五”煤层气示范工程及产业化建设重 点	(84)
一、煤矿瓦斯抽采利用重大工程建设项目	(84)
二、地面直井开发利用煤层气重大产业化建设项 目	(90)
第八章 主要措施和政策建议	(97)
一、煤矿区瓦斯抽采利用保障措施	(97)
二、煤层气综合利用保障措施	(100)
三、煤层气产业发展政策建议	(111)
后记	(116)
参考文献	(117)

第一章 中国煤层气产业发展现状及存在的主要问题

一、地面勘探开发煤层气资源现状

(一) 概述

中国煤层气资源勘探起步于新中国成立以来开展的大规模煤田地质勘探。新中国成立以后，中央政府投入巨额资金，组织上十万人的煤田地质勘探队伍，在全国范围内的含煤盆地进行了大规模的找煤、普查、详查、精查，不仅发现和探明了大量的煤炭储量，使中国煤炭工业得以稳步发展，而且也为我们所进行的煤层气资源的勘探开发奠定了良好的基础，并发挥了重要的作用。通过半个世纪的大规模的煤田地质勘探，已基本摸清了600m乃至800m以浅的所有煤田的煤层发育状况、分布规律、煤质特征及煤炭储量。同时，20世纪80年代以来的多数煤田地质普查区、详查区、精查区都开展了煤层瓦斯含量测定，初步探明了这些地区的瓦斯（煤层气）富集程度和含量分布规律，为全国范围内的煤层气资源评价、勘探开发规划提供了很好的基础数据，并指明了煤层气勘探开发的重点区域。

20世纪90年代初期，中国的煤层气资源勘探和地面开发试验在一些重点地区相继展开，这些地区主要包括辽宁的红阳煤田，河北的开滦煤田，山西的沁水盆地（包括潘庄、樊庄、

柿庄和寿阳), 河东煤田 (大宁—吉县、柳林、石楼、三交、临兴等), 安徽的淮南和淮北煤田, 辽宁的阜新、铁法、抚顺、沈北, 河北的大城、峰峰, 陕西的韩城, 河南的安阳、焦作、平顶山、荥阳, 江西的丰城, 新疆的吐哈盆地等地区, 其中一些地区的勘探和开发试验取得了重大突破。

通过近 20 年煤层气的勘探和开发试验工作, 以及国家煤层气科技攻关项目的进行, 对全国范围内的煤层气资源分布及储层参数条件有了初步认识, 基本确定了在当前的技术经济条件下煤层气工作的重点地区, 基本掌握了适合中国特点的煤层气勘探开采工艺流程和工程技术, 并制订了相关规程、规范和技术标准。但中国煤层气规模化商业性生产未取得大的突破性进展, 仍然处于试验研究和商业化示范阶段。目前, 国家煤层气工程研究中心正在筹建, 全国煤矿瓦斯治理总体方案正在落实, 全国煤层气开发利用“十一五”规划已获得国家政府部门的批准, 煤层气开发技术在不断创新, 一切都预示着煤层气产业化加快了发展步伐。中国煤层气产业正在进入一个新的跨越式发展阶段。

(二) 科研成果

中国现代煤层气地质研究是从 20 世纪 80 年代初开始起步的。经过了 20 多年的不懈努力, 我们在煤层气地质理论方面有了基本的认识, 并进行了多次的煤层气资源估算和评价, 指导了中国煤层气勘探选区和部署。

目前已基本摸清了煤层气资源量及其煤层气分布规律; 对煤层气聚集区带提出划分方案; 对中国煤层气地质的基本问题进行了宏观总结; 研究了我国煤层气赋存的地质控制因素, 总结了煤储层特征, 还对一些典型煤盆地 (或煤田) 的煤层气地质特征进行了详细解剖。

围绕中国煤层气领域 4 个关键的科学问题进行了基础研究, 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。

国内煤层气开发经济评价研究工作主要学习和借鉴美国的经验和技术，结合中国的实际情况，开发煤层气经济评估模型。

在煤层气测井技术、欠平衡钻井技术、注入 CO₂ 提高煤层气采收率技术、氮气泡沫压裂技术、煤矿井下瓦斯抽采工艺技术等方面的研究成果处于领先水平。在煤层气经济评价、废弃矿井煤层气抽采技术等方面也做了探索性研究。

在低阶煤的煤层气资源调查评价、低阶煤的储层特性、吸附解吸机理等方面做了有益的探索。

针对不同煤级和储层条件，总结提出了具体的勘探开发技术，如低阶煤高渗区空气钻井裸眼洞穴完井技术、中阶煤中渗区套管射孔压裂完井技术、高阶煤低渗区水平井、多分支水平井煤层气开采技术。

（三）资源落实情况

中国煤层气资源丰富，资源量巨大。根据 2000 年全国煤层气资源评价结果，全国 2000m 以浅的资源量约 $31.46 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ；据新一轮全国煤层气资源评价成果（2005），全国煤层埋深 2000m 以浅的煤层气总资源量为 $36.81 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，可采煤层气资源量 $10.87 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

根据 2000 年全国煤层气资源评价结果，华北聚气区煤层气资源最丰富，煤层气资源量最大，为 $20.07 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国总资源量的 63.80%；其次是西北聚气区，为 $7.99 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国总量的 25.40%；华南聚气区 $3.06 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，仅占全国总量的 9.73%，东北聚气区最少，仅 $0.35 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国总量的 1.11%。

华北的沁水盆地、鄂尔多斯盆地，西北的北疆地区，以及西南地区 and 徐淮地区是中国煤层气资源量集中分布地区，也是

煤层气勘探开发的重点地区和潜力地区。鄂尔多斯、沁水、吐哈、准噶尔、伊犁、豫西—两淮、六盘水、川南—黔北等盆地，煤层气资源量大于 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，他们的资源量总和为 $26.34 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国的 84%。而鄂尔多斯盆地煤层气资源量 $10.81 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，沁水盆地 $5.52 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，分别占全国的 1/3 (34%) 和近 1/5 (18%)，两个盆地的总和 $16.33 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，几乎占全国煤层气资源总量的一半。由此可见，鄂尔多斯盆地和沁水盆地两个地区煤层气资源非常丰富。

中国煤层气勘探程度还很低，煤层气探明地质储量仅 $1023.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约占煤层气资源总量的 0.3%。在已探明煤层气地质储量中，地面开发探明煤层气地质储量 $754.44 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，控制面积 346.4 km^2 ，矿井井下抽采探明地质储量 $268.64 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，分别位于铁法矿区和阳泉矿区，面积分别为 135 km^2 和 94 km^2 (表 1-1)。

表 1-1 中国煤层气储量汇总表

提交储量 单位	层位	储量面积 (km^2)	探明储量 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	可采储量 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	采收率 (%)
铁法煤业	J ₃	135.49	77.30	—	—
阳泉煤业	P ₁ -C ₃	94.04	191.34	75.06	39.2
中联公司	P ₁ -C ₃	164.20	402.18	218.38	54.3
中石油股份	P ₁ -C ₃	182.20	352.26	176.13	50.0
合 计		575.95	1023.08	469.57	—

注：资料截至 2005 年。

(四) 煤层气勘探开发技术

中国地面煤层气的开采始于 20 世纪 80 年代末，经过十几年国内各矿业部门的勘探开发工作，在引进、消化、吸收国外成功经验的基础上，在煤层气地质选区、实验室测试、钻井、试井、压裂和排采等方面取得了一些重要进展，具体表现在以

下两个方面。

1. 选区评价程序及参数

确立了一套行之有效的煤层气选区评价程序和参数，这些参数包括：

- ①煤的沉积体系和煤层的空间展布；
- ②煤的演化程度，即煤阶和甲烷气的生成；
- ③煤中的气体含量，即吨煤含气量；
- ④渗透率和吸附气含气饱和度；
- ⑤水动力因素；
- ⑥大地构造格局和构造条件。

2. 工程工艺技术

(1) 钻井技术

煤层气主要以吸附状态赋存于有机煤储层中，煤层气开发具有钻井深度浅、单井日产量低、钻井密集、压裂费用高、生产压力低、开采寿命长等特点，因此降低钻井成本，防止煤储层污染，采取稳定的测试与激励改造措施是钻井与完井的核心。

在常规钻井施工过程中，钻井液密度过大是导致煤储层伤害的主要因素之一。但如果能将井筒液柱压力降到与地层孔隙流体压力相近甚至更低（即实施欠平衡钻井），使地层流体不断流入井筒并循环到地面而得到有效的控制，就可能从根本上解决煤储层的污染和伤害问题，同时有利于较准确的认识、评价煤储层并提高单井产能。

目前美国绝大多数开发井使用欠平衡钻井技术，平均钻井周期仅1~3天，不仅效率高、成本低，而且对煤层伤害小，单井产能得到较大提高，从事煤层气勘探开发企业的效益特别好。中国煤层气开发井钻井周期都在14天以上，虽然一再要求用清水钻进，但绝大多井由于井壁稳定和携岩等问题不得不用泥浆钻井，这样的结果只能是钻井效率低下、成本较高、

产能较低，即便是完井后进行了压裂改造，也由于在近井筒附近造成了永久性的不可逆转的伤害，所以产能并不高，相当一部分还是低产能，这使中国的煤层气呈现高投入、低产出的现象，使国内外的公司和财团迟迟不能，也不敢下定决心投资煤层气进行商业性开发。

欠平衡钻井特别适用于像低压低渗储层。2003年，中国首次在煤层气界引进发展了欠平衡钻井技术，目前已得到大力推广使用，它对提高钻井效率、降低作业成本、减少储层伤害、提高单井产量发挥了重要作用。

最近几年，美国 CDX 国际公司先后为美国钢铁公司在西弗吉尼亚州的煤层气开发项目钻了近 60 口定向羽状水平井（图 1-1），在低渗透煤层气开发中取得显著成效。每个分支井约覆盖 1.2km^2 的采气面积。

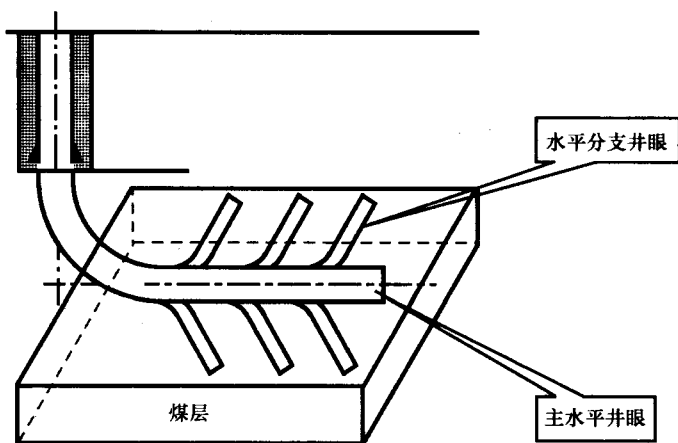


图 1-1 煤层气羽状水平井示意图

这种定向羽状水平井投产后单井日产煤层气量为 $34000 \sim 56600\text{m}^3$ ，从投入产出成本来看比直井开发效益要好（图 1-2），同时抽排 3 年即可采出控制区内 85% 以上的煤层气，

这样提前解除了中高瓦斯给煤矿带来的安全隐患，特别有利于采煤。

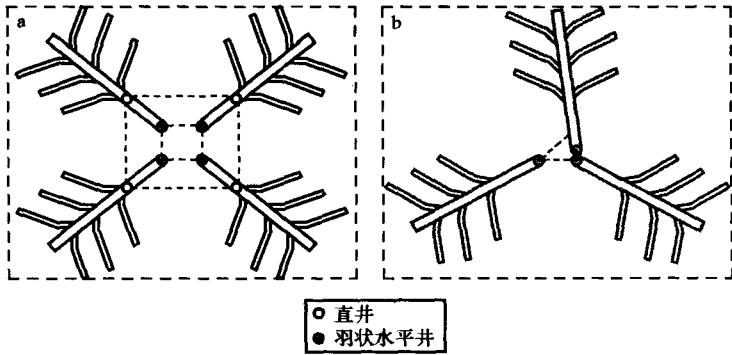


图 1-2 煤层气定向羽状水平井布井方式

a—需钻直井下抽油泵排水采气；b—水平井下电潜泵直接排水采气

中国从 2003 年引进并吸收这项技术，至 2005 年底已钻此类井 5 口，实现排采 1 年以上的井有 1 口，单井平均日产在 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上，显示了较好的产气潜能。

(2) 完井及取心技术

根据不同地质条件，通常采用三种完井技术：裸眼完井、套管完井和套管—裸眼完井。比如圣胡安盆地由于地层压力高、煤层厚，因此选用裸眼完井中的洞穴完井；而黑勇士盆地则为常压，煤层较薄，常用套管压裂完井技术；粉河盆地则采取了套管—裸眼完井技术。这些技术的应用在上述地区都取得了较好的效果和经济效益。

为了满足煤心含气量测试要求，美国一般不使用常规取心筒取煤心，而通常使用绳索半合式取心，以尽量保证煤心提升和出筒装罐速度快。

(3) 试井技术

试井技术关键是通过煤储层进行测试获取渗透率、储层

压力、地应力等储层参数。在实际应用中较为成功的测试技术包括：常规中途测试技术、密闭中途测试技术、段塞测试和注入/压降测试技术。选择试井类型时既要考虑井的状况，同时要求对煤层及相邻的非煤层进行测试，以了解周围岩层对流体的传导率和能否成功地实施增产作业。

(4) 增产改造技术

在低渗煤储层中，实现煤层气的商业性开发是以对煤储层的增产改造为前提的，煤层中压裂裂缝的生长与扩张主要受煤岩的岩石特性和地层应力场分布等因素的影响。目前国外针对不同地质条件采用的压裂方法包括交联凝胶压裂、水力压裂、不加砂水力压裂和氮气泡沫压裂，此外对初次压裂效果不佳的煤层气井，可以进行多次重复压裂，以便更好地实现增产。近期又在原来水力加砂压裂和冻胶压裂的基础上，发展了氮气增能压裂、泡沫压裂和注入 CO₂ 提高采收率等新型技术，实践表明这些新技术的应用对提高低渗储层的产能发挥着重要作用。

(5) 排水采气技术

由于煤层气主要以吸附状态赋存于煤层中，因此煤层气开采与常规天然气（游离气）开发在工艺上有较大差别，煤层气井只有通过排水降压使煤层气通过解吸、扩散和渗流才能达到产气，是一个特殊工艺工程。

排采关键技术是井网排采，靠井间干扰实现增产。在对控制煤层气生产能力的地质因素基本掌握的前提下，根据地层水的产出情况，选择适用的抽水泵，其冲次和冲程可用调磁调速电机控制。不同产层组合选择不同的排采方式、排采制度也成为当前研究的重点领域之一。

运用煤层气产量预测模型（储层模拟法、流入动态曲线法、递减曲线法等），对煤层气井的布井和泄气面积有一个客观评价，布井是否合理对煤层气开采速度有重要影响。

在煤层气采出前和开采过程中，需要采出大量地层水来降低压力，以便于煤层气解吸。不同地区的煤层中水质可以相差较大，有的是淡水，有的则是咸水。因此，在设计煤层气开采方案时，需要将地层水处理与环境治理有效结合起来，对水质、出水量、水的化学成分进行实验室分析，并制定有效的处理方法，以达到资源开发和环境治理同步。

(6) 储层模拟技术

储层模拟技术主要用于煤层气井排采一定时间后进行储量计算和产量、产能及生产年限的预测，其手段是用计算机和专用软件。当前在引进国外 Coal - gas、Comet - 3D 和 CMG 软件的基础上，正在研发具有中国煤储层特点和技术特色的储层模拟软件。

(7) 煤层气地面集输与处理技术

煤层气的生产机理表明：为使煤层气最大限度地解吸，从而提高采收率和获得较高的产能，煤层气到达地面的井口压力比常规天然气井的压力要低得多，故煤层气必须加压输送。针对中国煤层气产能特点的储运、集输、通讯传输、经济评价技术和技术规程规范尚处于起步阶段，随着山西沁南煤层气开发利用高技术产业化项目的启动和成功实施，将使这方面的工作向前迈进一大步。

(五) 煤层气勘探开发成果

为加大煤层气勘探和开发力度，推动中国煤层气的开发向规范化、产业化方向发展，国务院批准成立了中联煤层气有限责任公司（中联公司），作为煤层气开发利用的骨干和龙头企业，国务院赋予其对外合作进行煤层气勘探、开发、生产的专营权。

中国政府十分重视煤层气产业的发展。江泽民和李鹏同志都曾为中联公司的成立题词，国家也陆续颁布了一系列鼓励开发利用煤层气的经济扶持政策。中国新一届政府也十分关注和