

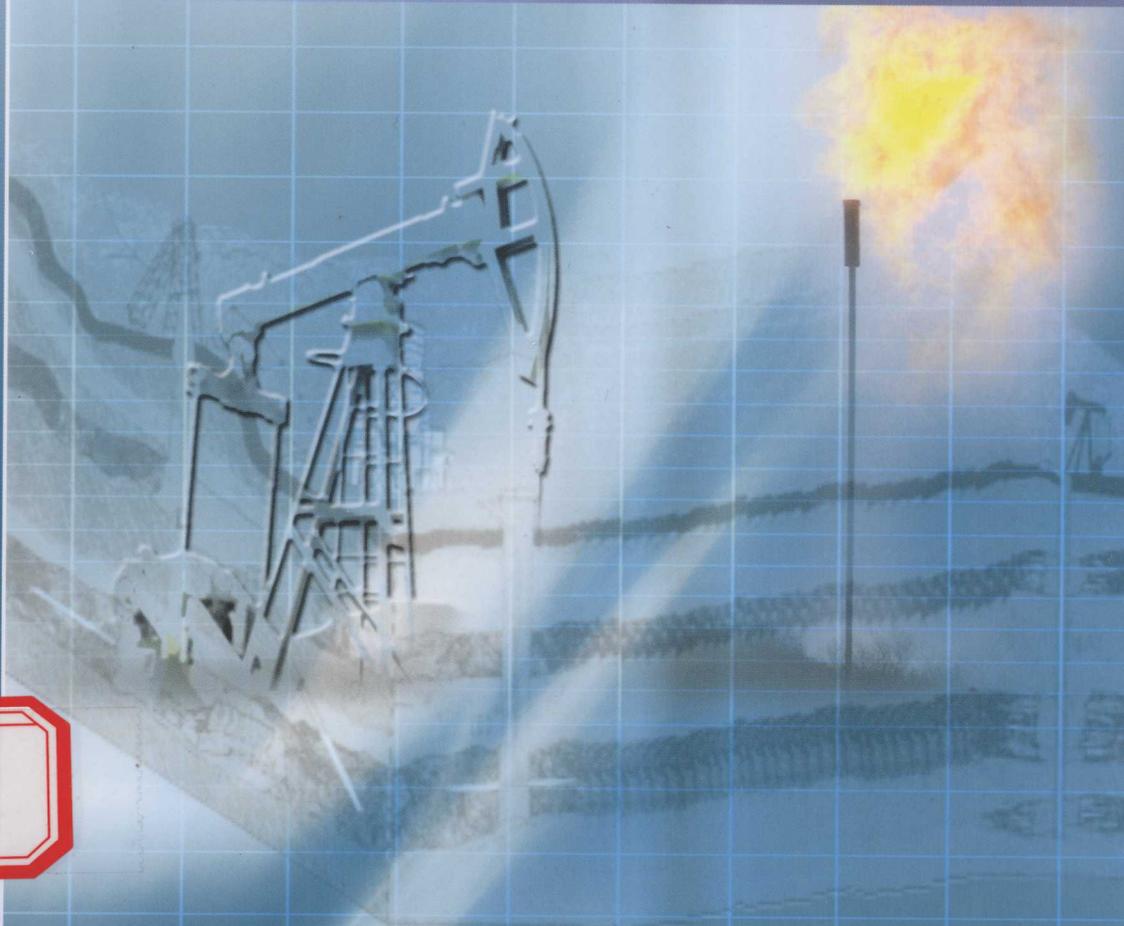
中国矿业大学研究生教育专项资金资助出版教材

国家重点基础研究发展规划资助

国家自然科学基金资助

煤层气地质学

傅雪海 秦 勇 韦重韬 编著



110.2

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学研究生教育专项资金资助出版教材
国家重点基础研究发展规划资助
国家自然科学基金资助

煤层气地质学

傅雪海 秦 勇 韦重韬 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本教材系统地介绍了煤层气的组成、性质和利用,煤储层的物质组成和孔裂隙结构,煤储层的压力和吸附/解吸特征,煤储层的含气特征和渗流特征,煤储层的力学性质和地球物理特征以及煤层气资源评价和数值模拟方法,并阐述了煤储层的含气性、渗透性的地质控制因素及其预测方法,对煤层气勘探开发技术也做了简单介绍。教材的最后还附有煤层气含量测试方法及煤层气资源/储量规范等最新国家技术标准。

本书可作为煤层气和瓦斯地质等相关专业的研究生、高年级本科生教材,亦可供科研院所科技人员和实验测试人员参考、使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤层气地质学/傅雪海,秦勇,韦重韬编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.12

ISBN 978-7-81107-804-6

I. 煤… II. ①傅…②秦…③韦… III. 煤层—地下气化
煤气—石油天然气地质 IV. P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 189259 号

书 名 煤层气地质学

编 著 傅雪海 秦 勇 韦重韬

责任编辑 潘俊成

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州市今日彩色印刷有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×960 1/16 印张 17.75 字数 338 千字

版次印次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价 29.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

我国在“六五”期间开始煤层气资源评价工作,于“七五”初期启动煤层气开发试验和地质条件研究。之后经三个五年计划的不懈努力,进一步深化了对中国煤层气基本地质条件的认识并在勘探和开发试验中取得了历史性突破。我国煤层气正处在商业性开发和产业化发展的关键阶段。煤层气作为一种独立的新矿种,必将成为我国天然气资源的必要补充。

煤层气地质研究是煤层气勘探开发的基础工作。《煤层气地质学》综合前期国家重点基础研究发展规划——国家“973”煤层气项目和多项国家自然科学基金的研究成果,全面地介绍了国内外煤层气勘探开发现状、煤层气的物质组成、性质和利用,详细地叙述了煤层的物质组成、孔裂隙结构特征、吸附/解吸特征、含气特征、储层压力特征和扩散、渗流特征;系统地阐述了含气、水煤岩体的力学性质、地球物理测井响应、气、水双相渗流、动态渗透率与煤储层可改造性特征,重点讲述了煤层孔裂隙发育程度、含气性、渗透性的地质控制机理及其预测方法、煤层气资源评价及其数值模拟方法;简单介绍了煤层气勘探开发技术。书后还附有烟煤的宏观煤岩类型分类、煤层气含量测试方法、煤层气资源/储量规范等最新国家技术标准。

本书按32学时研究生教材编写,很多问题并未能深入展开讨论,书中带*的内容可选择讲授。本教材由中国矿业大学傅雪海教授(第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第十一章)、秦勇教授(前言、第一章、第九章)、韦重韬教授(第十章)编著,全书由傅雪海统稿主编。在编写过程中,得到了许多专家、学者的关心和帮助,参考并利用了许多作者的论著,在此表示衷心感谢。由于编者水平所限,书中不足和错误之处恳请广大读者批评指正。

编著者谨识

2006年12月

目 录

前 言	1
第一章 绪论	1
第一节 开发煤层气的意义	1
第二节 国外煤层气勘探开发现状	2
第三节 我国煤层气勘探开发现状	4
第四节 中国煤层气勘探开发展望	7
第二章 煤层气的物质组成、性质和利用	10
第一节 煤层气的形成	10
第二节 煤层气的化学组分	14
第三节 煤层气地球化学组成和变化的地质控制	18
第四节 煤层气的物理性质	21
第五节 煤层气对环境的影响	25
第六节 煤层气的利用	26
第三章 煤储层的物质组成和孔裂隙结构特征	28
第一节 煤储层的物质组成	28
第二节 煤储层的孔裂隙结构系统	34
第三节 煤储层孔裂隙发育的地质控制	46
第四章 煤储层压力和吸附/解吸特征	56
第一节 煤储层压力	56
第二节 煤储层的吸附特征	61
第三节 等温吸附曲线的应用	73
第四节 影响煤吸附性的因素	76

第五节	煤储层的解吸特征	81
第五章	煤储层含气性及其地质控制	88
第一节	煤储层含气量的构成	88
第二节	煤储层围岩物性和封盖能力	94
第三节	控气地质因素	98
第四节	煤层含气性的预测方法	109
第六章	煤储层的渗透性特征	117
第一节	渗透性的基本概念	117
第二节	煤层气的扩散和渗流	121
第三节	扩散系数和渗透率测试	124
第四节	渗透率的动态变化	133
第五节	渗透性的地质控制	135
第六节	渗透性的研究方法	139
第七章	煤储层的力学性质及其对压裂效果的影响	143
第一节	主要力学参数	143
第二节	流体状态方程	149
第三节	有效应力	150
第四节	不同煤阶煤岩体的力学特征及其对压裂效果的影响	154
第五节	煤储层水力压裂*	158
第八章	煤储层的地球物理特征*	162
第一节	煤层气测井方法	162
第二节	测井响应解释煤层气含量	168
第三节	测井响应评价煤体结构	172
第四节	煤储层渗透率预测	177
第九章	煤层气资源与选区评价	180
第一节	煤层气资源/储量的分级	180
第二节	资源量计算方法	182
第三节	煤层气选区评价	184

目 录

第十章 煤层气数值模拟技术与方法	192
第一节 煤层气储层模拟技术	192
第二节 煤层气地质演化史数值模拟技术	203
第十一章 煤层气的勘探开发技术	214
第一节 钻采工艺技术	214
第二节 煤层气开采技术	219
第三节 煤层气(瓦斯)抽采方法	224
参考文献	227
附 录	234
附录一 烟煤的宏观煤岩类型分类 (GB 18023—2000)	234
附录二 煤裂隙描述方法 (MT/T 968—2005)	237
附录三 煤的高压等温吸附试验方法 容量法 (GB/T 19560—2004)	243
附录四 煤层气含量测定方法 (GB/T 19559—2004)	249
附录五 煤层气资源/储量规范 (DZ/T 0216—2002)	259

第一章 绪 论

在地下采煤过程中,煤层气长期被视为有害气体——瓦斯,并未从能源资源高度加以认识。上世纪 70 年代末由于能源危机,美国政府采取税制优惠政策,鼓励煤层气开发工作,从而推动了煤层气的研究和开发试验,并于上世纪 80 年代初取得重大突破,成为第一个进行大规模商业性生产煤层气的国家。从而证实煤层气资源的巨大价值和潜力并掀起煤层气研究的全球性热潮。

煤层气,是指赋存于煤层中以甲烷为主要成分、以吸附在煤基质颗粒表面为主并部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体。目前,美国是世界上唯一实现大规模煤层气商业开发的国家。美国煤层气产业的发展历程及其煤层气开发的成功经验对中国煤层气的勘探开发有很好的启示。加拿大、澳大利亚煤层气的勘探开发与中国几乎同时起步,他们的开发技术和产业政策也值得借鉴。中国煤层气地面勘探开发已走过近 30 个年头,取得了一系列重大进展,尤其是沁水盆地南部煤层气商业化开发已初具规模。但是,中国煤层气勘探开发也遭遇不少挫折,只有借鉴和吸收国外经验和教训并立足中国地质背景、煤储层物性特征,才能找到适合中国特色煤层气产业发展道路。

第一节 开发煤层气的意义

煤层气勘探开发有以下三重意义:① 煤层气是一种新型洁净能源,其开发利用可在一定程度上弥补常规油气资源的不足。在我国,无论是工业用气还是民用气都有广阔市场。丰富的煤层气资源量与广阔的市场是煤层气开发的前提。② 减轻矿井灾害程度和降低矿井生产成本。长期以来煤矿瓦斯一直是影响煤矿安全生产的主要灾害,瓦斯突出和瓦斯爆炸不仅造成重大人员伤亡事故,同时也给煤矿企业带来巨大经济损失。煤层气地面开发抽出赋存在煤层中的部分瓦斯后,可有效地降低煤矿瓦斯灾害程度、减少矿井安全防治工程投入、降低矿井生产成本。③ 减少温室气体排放,保护大气环境。甲烷是大气中主要的温室气体之一,对红外线的吸收能力极强,其温室效应是二氧化碳的 20 多倍。煤矿开采过程中甲烷的排放量即占所有化石燃料排放量的一半。因此,煤层气的开发利用可有效地降低温室效应。

第二节 国外煤层气勘探开发现状

目前,世界主要产煤国都在积极开展煤层气勘探开发工作。这些国家大致分为三类:实现煤层气商业开发并已形成煤层气工业的国家,仅有美国;正在开展大规模煤层气勘探开发试验,部分试验区初具商业开发条件的国家,如加拿大、澳大利亚、中国、印度和英国;已开展小规模煤层气勘探试验或积极准备参与煤层气开发的国家,如波兰、智利、巴西等。

据估算,全世界煤层气总资源量约为 91 万亿~260 万亿 m^3 。俄罗斯、加拿大、中国、美国、澳大利亚位列世界前 5 位,其煤层气资源量合计 82 万亿~259 万亿 m^3 ,占世界煤层气总资源量的 90% 以上。世界主要产煤国煤层气资源量见表 1-1。

表 1-1 主要产煤国家煤层气资源量

国 家	煤层气资源量 /万亿 m^3	煤炭资源量 /万亿 t	国 家	煤层气资源量 /万亿 m^3	煤炭资源量 /万亿 t
俄罗斯	17~113	6.5	澳大利亚	8.4~14	1.7
加拿大	5.6~76	7.0	德 国	2.8	0.326
中 国	30~35	5.6	波 兰	2.8	0.16
美 国	21.19	3.95	英 国	1.6	0.19

据美国天然气研究所(GRI)2000 年估算,美国煤层气资源总量约为 21.19 万亿 m^3 ,煤层气可采资源量为 3.07 万亿 m^3 。目前,已形成煤层气生产规模的煤盆地有圣胡安、黑勇士、粉河盆地,煤层气勘探开发的新区包括犹他、拉顿、中阿巴拉契亚煤盆地,其他有开发潜力的煤盆地也正在积极开展煤层气勘探工作。美国主要煤层气盆地分布如图 1-1 所示。

美国煤层气产量经历了上世纪 80、90 年代的快速上升期,随着国家宏观政策的调整现已进入稳定上升时期。美国煤层气产量情况如下——1984 年为 2.8 亿 m^3 ;1990 年为 55.18 亿 m^3 ;1995 年达到 265.74 亿 m^3 ;之后增速放缓,2000 年为 396.48 亿 m^3 (GRI);2001 年为 480 亿 m^3 ;2002~2003 年间为 450 亿 m^3 左右,约占当年全美天然气总产量的 8.5%;2004 年接近 500 亿 m^3 (S. E. Robert, 2005, 图 1-2)。美国煤层气钻井井数也出现相应变化。煤层气生产井情况如下——1984 年为 284 口,1990 年 2 982 口,1995 年 7 256 口;2000 年 13 986 口(图 1-3);截至 2004 年底,煤层气井已达到 30 000 口,其中生产井 16 000 口

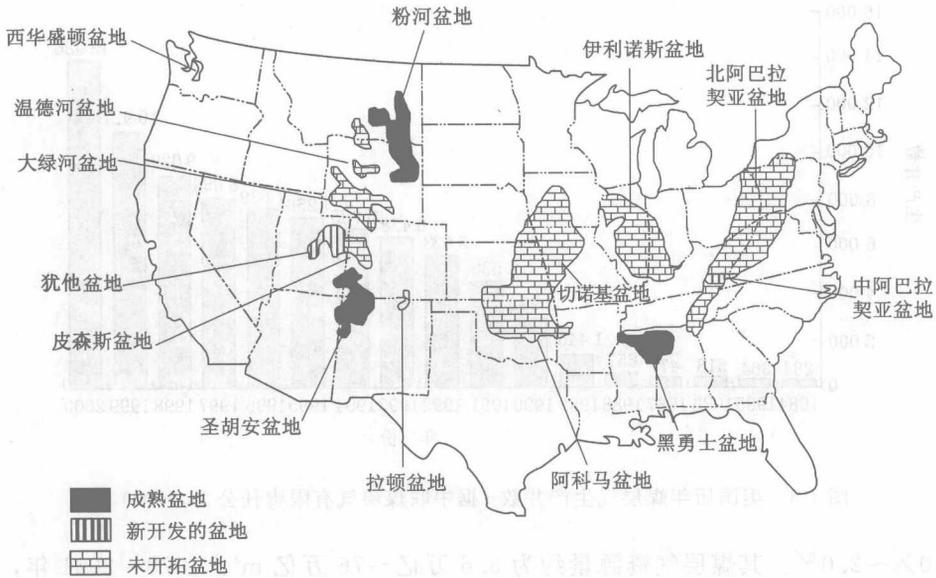


图 1-1 美国主要煤层气盆地分布图

(S. E. Robert, 2005), 2004 年新增煤层气井 5 357 口, 2005 年新增煤层气井 4 799 口, 另有 11 124 口煤层气井已取得施工许可(S. E. Robert, 2005)。由此预计, 在 2~3 年内美国的煤层气产量必会再次大幅度增长。

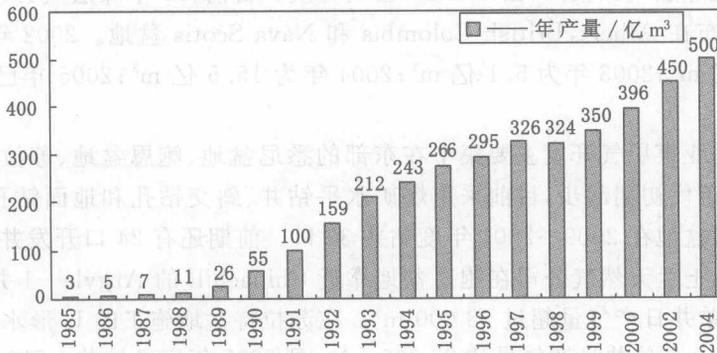


图 1-2 美国历年煤层气产量

加拿大煤层气勘探开发工作主要集中在西部。西部的 Albert 和 British Columbia 是大型沉积盆地, 赋存三叠系—白垩系巨厚煤层。含煤面积 13 000 km², 估计煤炭资源量约 7 万亿 t。煤层厚度最大可达 15 m, 镜质组反射率为

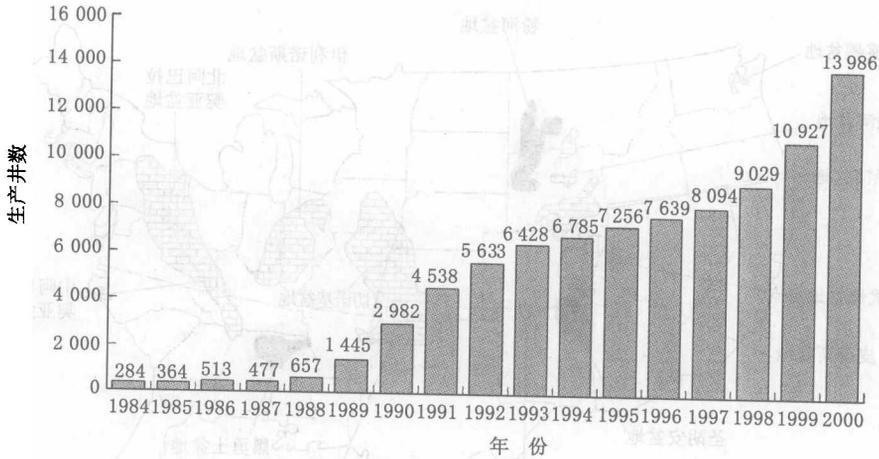


图 1-3 美国历年煤层气生产井数 (据中联煤层气有限责任公司, 2003)

1.0%~2.0%。其煤层气资源量约为 5.6 万亿~76 万亿 m^3 。1978~2001 年, 加拿大仅完煤层气井 250 口, 而到 2004 年底已累计钻井 3 300 余口。2004 年底至 2005 年 6 月又有 1 600 口井开钻, 另有 1 262 口井取得许可 (M. Gatens, 2005)。煤层气井深 91~2 134 m, 部分单井产量介于 2 000~3 000 m^3/d 之间, 极小部分达到 3 000~7 000 m^3/d , 低产的原因是渗透率低、含气量低。但是, 加拿大油气管道非常发达, 这在一定程度上降低了成本、刺激了投资。2001 年第一个商业化煤层气田投产, 由 Encana 公司开发。目前, 35 个煤层气开发项目正在进行, 分布在 Alberta, British Columbia 和 Nova Scotia 盆地。2002 年煤层气产量为 1 亿 m^3 ; 2003 年为 5.1 亿 m^3 ; 2004 年为 15.5 亿 m^3 ; 2005 年已达到 31 亿 m^3 。

澳大利亚煤层气开发主要集中在东部的悉尼盆地、鲍恩盆地、苏拉特盆地。上世纪 80 年代初期起步, 目前采用煤矿水平钻井、斜交钻孔和地面钻孔开采煤层气。悉尼盆地在 2000~2001 年度钻井 30 口。前期还有 24 口开发井和 19 口参数井。昆士兰天然气公司在鲍恩盆地靠近 Chinachill 的 Argyle-1 井取得了成功, 压裂单井日产气量超过 28 000 m^3 。在苏拉特盆地施工的 U 形水平井 (钻入煤层 500 m), 单井日产气量达 85 000 m^3 。到 2005 年底已钻井 1 700 口, 煤层气产量接近 10 亿 m^3 。

第三节 我国煤层气勘探开发现状

建国以来我国一直重视煤层瓦斯抽放工作, 经过 50 多年发展, 井下瓦斯抽

放利用技术已在全国高瓦斯矿井普遍推广应用。2006年全国矿井瓦斯抽采总量约为32亿 m^3 ,利用率约为30%,平均抽采率为25%。

“六五”期间,在全国煤成气资源评价中就单设了华北煤层气资源评价专题;“七五”初期启动地面煤层气开发试验和地质条件研究,拉开了我国以资源评价为阶段目标的煤层气勘探开发序幕。1992年联合国开发计划署(UNDP)利用全球环境基金(GEF)资助我国实施“中国煤层气资源开发”和“深层煤层气勘探”活动,并先后在山西柳林和晋城、辽宁铁法、安徽淮南、河北唐山等地开始煤层气勘探开发试验评价。随后我国煤炭系统、石油系统、地矿系统在全国30多个矿区开展了煤层气试井工作,取得了大量煤储层物性参数。“九五”以来,我国煤层气勘探开发集中在沁水盆地、鄂尔多斯盆地东缘、铁法盆地和阜新盆地,沁水盆地南部煤层气商业开发示范区已初步形成。

中国煤层气勘探开发取得的主要成果和进展如下。

一、已查明我国煤层气资源分布状况

据2000年全国煤层气资源评价结果,我国埋深2000m以浅的煤层气资源量为31.46万亿 m^3 (中联煤层气有限责任公司与煤炭科学研究院西安分院),大体与常规天然气资源量相当。中国煤层气资源分布很不均衡,华北地区煤层气资源量约占61%,西北地区约占16%,华南地区约占15%,东北地区约占8%(图1-4)。

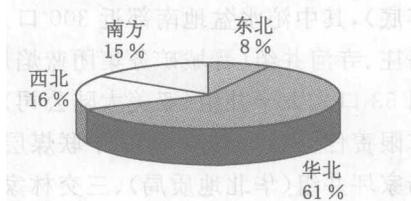


图1-4 中国煤层气资源的区域分布
(据中联煤层气有限责任公司,2003)

煤层气资源量列前10位的煤盆地为鄂尔多斯盆地、沁水盆地、吐哈盆地、准噶尔盆地、两淮煤田、六盘水煤田、伊犁盆地、川南煤田、塔里木盆地和霍西盆地,占总资源量的86%。其中排名前8位的盆地煤层气资源量均在1万亿 m^3 以上,鄂尔多斯盆地煤层气资源量高达10.8万亿 m^3 。

二、已获得第一批煤层气储量

到2002年,国家储委已审查批准4个区块,含气面积共计575.95 km^2 ,煤层气探明地质储量1023.08亿 m^3 ,可采储量496.57亿 m^3 ,平均采收率45.8%(表1-2)。铁法区块含气面积135.49 km^2 ,煤层气探明地质储量77.3亿 m^3 ;阳泉区块含气面积94.04 km^2 ,煤层气探明地质储量191.34亿 m^3 ,可采储量75.06亿 m^3 ,采收率39.2%;沁水中联区块含气面积164.2 km^2 ,煤层气探明地质储量402.18亿 m^3 ,可采储量218.38亿 m^3 ,采收率54.3%;沁水石油区块含气面积182.22 km^2 ,煤层气探明地质储量352.26亿 m^3 ,可采储量176.13亿

m^3 , 采收率为 50%。沁水盆地南部共获得煤层气探明地质储量 754.44 亿 m^3 , 含气面积 346 km^2 , 煤层气资源丰度 2.18 m^3/km^2 , 占有探明地质储量的 73.3%。

表 1-2 国家储委批准的煤层气储量分布表

单 位	层位	含气面积/ km^2	地质储量/亿 m^3	可采储量/亿 m^3	采收率
铁法区块	J ₃	135.49	77.3		
阳泉区块	P ₁ 、C ₂	94.04	191.34	75.06	39.2%
沁水(中联煤)	P ₁ 、C ₂	164.20	402.18	218.38	54.3%
沁水(中石油)	P ₁ 、C ₂	182.22	352.26	176.13	50.0%
合 计		575.95	1 023.08	469.57	45.8%

三、建立了一批煤层气开发试验区

目前,全国已建立 30 多个煤层气勘探开发试验区,主要分布在华北地区,其次在东北地区,少量在华南地区(图 1-5)。全国共钻煤层气井 577 口(截至 2005 年底),其中沁水盆地南部近 300 口。已施工煤层气井组 11 个,分别为沁水盆地潘庄、寺河井组(晋城矿务集团蓝焰煤层气公司 151 口、中联煤层气有限责任公司 53 口)、大宁井组(亚美大陆公司)、樊庄井组(中石油)、枣园井组(中联煤层气有限责任公司)、寿阳井组(中联煤层气有限责任公司)、鄂尔多斯盆地东缘柳林杨家坪井组(华北地质局)、三交林家坪井组(Texaco)、喷口井组(Texaco)、临兴井组(Phillips)、淮北井组(Texaco)、阜新井组(阜新市计委等)。

四、单井和井组产能取得重大突破

先后在山西柳林、三交、石楼、乡宁、晋城、寿阳,辽宁铁法、阜新,安徽淮南、淮北,陕西韩城等地区获得工业气流,其中在晋城、铁法和阜新等地区获得一年以上稳定的较高产量。

中联煤层气有限责任公司于 1999 年在山西沁水盆地南部部署的 TL-007 井,最高单井日产量达 16 000 m^3 ;中国煤田地质总局在辽宁铁法盆地施工的 TD3 井排采 439 d,平均产能达到 3 434 m^3/d 。

2005 年底,晋城矿务集团蓝焰公司、中联煤层气有限责任公司在沁水盆地晋城潘庄、寺河区块有 100 余口煤层气生产井,累计每天生产煤层气 20 万 m^3 。亚美大陆有限责任公司在大宁施工的一口水平井日产气在 2 万 m^3 左右。

五、对外合作成果显著

截至 2005 年底,我国政府共签订 14 个煤层气对外合作合同,合同区总面积 2.7 万 km^2 ,总资源量超过 2.5 万亿 m^3 。德士古、菲利普斯、格瑞克、路维尔、威

震 5 家外国公司在华投资 8 200 万美元,已完成 51 口井工作量,包括 31 口压裂井,142.8 km 地震测线。

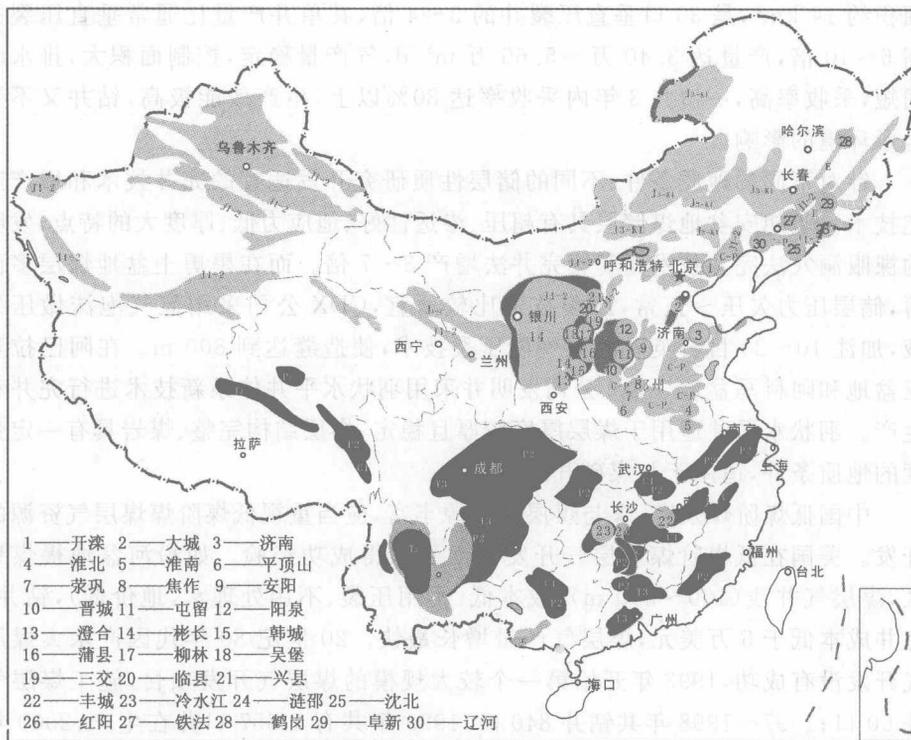


图 1-5 全国煤层气勘探开发试验区分布示意图 (据中联煤层气有限责任公司,2003)

第四节 中国煤层气勘探开发展望

一、科技创新是煤层气产业形成和发展的源动力

美国煤层气产业形成和发展依赖于科技进步,这对于中国煤层气产业有着重要的启示。例如,圣胡安盆地煤层气开发在增产技术方面经历了螺旋式上升发展过程:压裂增产技术——洞穴完井技术——新压裂增产技术。1988 年之前,套管完井射孔压裂,钻井数量稳定上升但产量增长缓慢;1988 年以后采用裸眼洞穴完井技术,产量急剧上升,当时洞穴完井技术的发明成为圣胡安盆地煤层气工业的一大突破。20 世纪 90 年代后期,哈里伯顿公司创造了新的压裂技术,从 1998 年开始德士古公司对以前洞穴完井的钻井全部采用这种技术重新完井,使煤层气井产量显著提高。羽状水平井新钻井技术的采用也显著提高了煤层气

产量,羽状水平井体系包括竖井、主水平井、枝水平井三部分,一个主水平井两侧一般钻 6~10 个枝水平井,主水平井长一般为 1 200~1 500 m,一个井位的控制面积约 14 km²,是 30 口垂直压裂井的 3~4 倍,其单井产量比通常垂直压裂井高 6~10 倍,产量达 3.40 万~5.66 万 m³/d,气产量稳定,控制面积大,排水时间短,采收率高,一口井 3 年内采收率达 80% 以上,生产效能极高,钻井又不受地形环境的影响。

针对不同的地质条件、不同的储层性质研究开发适宜的完井技术和增产工艺技术。圣胡安盆地煤储层具有超压、渗透性好、地应力低、厚度大的特点,发明的裸眼洞穴法完井技术比套管完井法增产 3~7 倍。而在黑勇士盆地煤层多而薄,储层压力欠压~正常,压裂技术比较适宜,CDX 公司采用氮气泡沫做压裂液,加注 10~20 目石英砂的大规模压裂技术,使造缝达到 300 m。在阿巴拉契亚盆地和阿科马盆地,CDX 公司发明并采用羽状水平井体系新技术进行完井和生产。羽状水平井适用于煤层厚度较厚且稳定、煤层结构完整、煤岩具有一定强度的地质条件,适用于与煤矿开采相结合。

中国低煤阶煤发育,煤与煤层气资源丰富,应当重视低煤阶煤煤层气资源的开发。美国在低煤阶煤煤层气开发方面已取得成功经验。如粉河盆地褐煤地区,煤层气井浅(100~300 m)、成本低(不用压裂、不用处理水,地价低),钻井、完井成本低于 5 万美元,煤层气产量增长最快。20 世纪 80 年代因产水大煤层气开发没有成功,1993 年开始第一个较大规模的煤层气开发项目,施工煤层气井 60 口;1997~1998 年共钻井 840 口,1999 年共有 1 657 口井在生产;2000 年煤层气单井产量 1 400~100 000 m³/d,平均 5 660 m³/d。

重视煤层气井注入 N₂/CO₂ 的增产技术。Amoco 公司的 N₂ 注入增产试验可以使煤层甲烷产量增大 5 倍。Amoco 公司估算,圣胡安盆地注入 N₂ 增产技术的总费用支出低于 1 美元/Mcf(28 317 m³)。

二、国家经济政策扶植是煤层气产业形成和发展的重要条件

煤层气单井产量低、开采难度大,相对于天然气的开发成本要高,因而初期必须给予扶植而使其迅速发展壮大。美国的《能源意外获利法》的第 29 条税收补贴政策对美国煤层气产业的发展起到了积极作用。1980 年该法出台,有效期 10 年,1988 年、1990 年两次推延,有效期延期到 1992 年底。该法规定,在 1979 年 12 月 31 日到 1992 年 12 月 31 日之间钻探的井中产出的煤层气产量,在 2003 年 1 月 1 日以前都可以享受到第 29 条税收政策规定的补贴。2002 年补贴达 2.82 亿美元。美国政府支持也是推动煤层气产业发展的重要因素,20 世纪 80 年代初至 90 年代初,美国政府投入煤层气勘探开发资金达 60 亿美元,用于煤层气基础研究经费也达 15 亿美元。

三、天然气管网建设可加快中国煤层气产业发展进程

美国有十分完善的天然气管网设施,有 110 条洲际主干管道,输气管线长度达 49.21 万 km,为煤层气的销售和利用创造了便捷条件。中国天然气管网的匮乏成为制约煤层气开发的重要因素之一,近期规划中的管网建设对我国煤层气勘探开发必将具有一定的推动作用。

第二章 煤层气的物质组成、性质和利用

煤层气,是指赋存在煤层中以甲烷为主要成分、以吸附在煤基质颗粒表面为主并部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体。其成分以甲烷为主,故常称为煤层甲烷。

煤层气与煤型气和瓦斯在词义上有明显差别。煤型气,是指煤系中煤和分散有机质在成岩和煤化作用过程中形成的天然气,以游离状态、吸附状态和溶解状态赋存于煤层和其他岩层内,其成分大多以甲烷为主,也可能以氮气、二氧化碳或重烃等为主。其中赋存在煤层中、成分以甲烷为主的煤型气,称为煤层气或煤层甲烷,赋存在围岩中的煤型气则称为煤成气。瓦斯,是赋存在煤层中的煤层气与采动影响带中的煤成(层)气、采空区的煤型气和采掘活动过程中新生成的各种气体的总称。

第一节 煤层气的形成

植物体埋藏后,经过微生物的生物化学作用转化为泥炭(泥炭化作用阶段),泥炭又经历以物理化学作用为主的地质作用,向褐煤、烟煤和无烟煤转化(煤化作用阶段)。在成煤作用过程中,成煤物质发生了复杂的物理化学变化,挥发分含量和含水量减少,发热量和固定碳含量增加,同时也生成了以甲烷为主的气体成分。

成煤作用经历两个过程,即生物成因过程和热成因过程,生成的气体分别称为生物成因气和热成因气(表 2-1)。

表 2-1 生物成因和热成因煤层气产生的阶段 (据 A. R. Scott et al., 1994)

煤层气产生阶段	镜质组反射率/%
原生物成因	<0.30
早期热成因	0.50~0.80
最大量的湿气生成	0.60~0.80
强热成因甲烷开始产生	0.80~1.00
凝析油开始裂解成甲烷	1.00~1.35