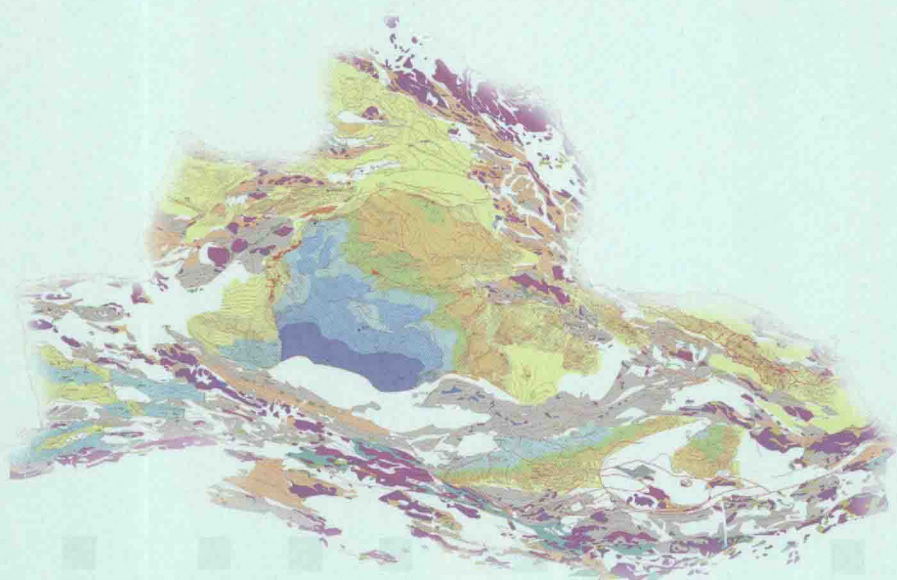


准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书

准噶尔盆地 煤层气资源及勘探潜力

COALBED METHANE RESOURCES AND EXPLORATION POTENTIAL IN JUNGGAR BASIN

支东明 薛 浏 王屿涛 欧成华 著
彭文利 杨迪生 其其格 张 塞



石油工业出版社

准噶尔盆地 煤层气资源及勘探潜力

支东明 薛 冽 王屿涛 欧成华 著
彭文利 杨迪生 其其格 张 塞

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在国内外煤层气研究现状、成因及赋存特征分析的基础上,系统论述了准噶尔盆地煤层气地质背景及资源状况、煤系地层成煤环境、煤层气成藏条件与富集规律、煤层气资源评价、煤层气勘探有利区综合评价等方面内容。

本书适合从事石油地质研究和勘探开发工作的科研人员、高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

准噶尔盆地煤层气资源及勘探潜力/支东明等著.

北京:石油工业出版社,2013.4

(准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书)

ISBN 978-7-5021-9542-7

I. 准…

II. 支…

III. ① 准噶尔盆地-煤层-地下气化煤气-资源开发-研究

② 准噶尔盆地-煤层-地下气化煤气-地质勘探-研究

IV. P618.110.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 060492 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

编辑部:(010)64523543 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11

字数:282 千字

定价:80.00 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

序

准噶尔盆地位于中国西部,行政区划属新疆维吾尔自治区。盆地西北为准噶尔界山,东北为阿尔泰山,南部为北天山,是一个略呈三角形的封闭式内陆盆地,东西长 700 千米,南北宽 370 千米,面积 13 万平方千米。盆地腹部为古尔班通古特沙漠,面积占盆地总面积的 36.9%。

1955 年 10 月 29 日,克拉玛依黑油山 1 号井喷出高产油气流,宣告了克拉玛依油田的诞生,从此揭开了新疆石油工业发展的序幕。1958 年 7 月 25 日,世界上唯一一座以石油命名的城市——克拉玛依市诞生。1960 年,克拉玛依油田原油产量达到 166 万吨,占当年全国原油产量的 40%,成为新中国成立后发现的第一个大油田。2002 年原油年产量突破 1000 万吨,成为中国西部第一个千万吨级大油田。

准噶尔盆地蕴藏着丰富的油气资源。油气总资源量 107 亿吨,是我国陆上油气资源当量超过 100 亿吨的四大含油气盆地之一。虽然经过半个多世纪的勘探开发,但截至 2012 年底石油探明程度仅为 26.26%,天然气探明程度仅为 8.51%,均处于含油气盆地油气勘探阶段的早中期,预示着巨大的油气资源和勘探开发潜力。

准噶尔盆地是一个具有复合叠加特征的大型含油气盆地。盆地自晚古生代至第四纪经历了海西、印支、燕山、喜马拉雅等构造运动。其中,晚海西期是盆地拗陷构造格局形成、演化的时期,印支—燕山运动进一步叠加和改造,喜马拉雅运动重点作用于盆地南缘。多旋回的构造发展在盆地中造成多期活动、类型多样的构造组合。

准噶尔盆地沉积总厚度可达 15000 米。石炭系—二叠系被认为是由海相到陆相的过渡地层,中、新生界则属于纯陆相沉积。盆地发育了石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系六套烃源岩,分布于盆地不同的凹陷,它们为准噶尔盆地奠定了丰富的油气源物质基础。

纵观准噶尔盆地整个勘探历程,储量增长的高峰大致可分为西北缘深化勘探阶段(20 世纪 70—80 年代)、准东快速发现阶段(20 世纪 80—90 年代)、腹部高效勘探阶段(20 世纪 90 年代—21 世纪初期)、西北缘滚动勘探阶段(21 世纪初期至今)。不难看出,勘探方向 and 目标的转移反映了地质认识的不断深化和勘探技术的日臻成熟。

正是由于几代石油地质工作者的不懈努力和执著追求,使准噶尔盆地在经历了半个多世纪的勘探开发后,仍显示出勃勃生机,油气储量和产量连续 29 年稳中有升,为我国石油工业发

展做出了积极贡献。

在充分肯定和乐观评价准噶尔盆地油气资源和勘探开发前景的同时,必须清醒地看到,由于准噶尔盆地石油地质条件的复杂性和特殊性,随着勘探程度的不断提高,勘探目标多呈“低、深、隐、难”特点,勘探难度不断加大,勘探效益逐年下降。巨大的剩余油气资源分布和赋存于何处,是目前盆地油气勘探研究的热点和焦点。

由新疆油田公司组织编写的《准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书》在历经近两年时间的努力,今天终于面世了。这是第一部由油田自己的科技人员编写出版的专著丛书,这充分表明我们不仅在半个多世纪的勘探开发实践中取得了一系列重大的成果、积累了丰富的经验,而且在准噶尔盆地油气勘探开发理论和技术总结方面有了长足的进步,理论和实践的结合必将更好地推动准噶尔盆地勘探开发事业的进步。

系列专著的出版汇集了几代石油勘探开发科技工作者的成果和智慧,也彰显了当代年轻地质工作者的厚积薄发和聪明才智。希望今后能有更多高水平的、反映准噶尔盆地特色地质理论的专著出版。

“路漫漫其修远兮,吾将上下而求索”。希望从事准噶尔盆地油气勘探开发的科技工作者勤于耕耘,勇于创新,精于钻研,甘于奉献,为“十二五”新疆油田的加快发展和“新疆大庆”的战略实施做出新的更大的贡献。

新疆油田公司总经理

2012. 11. 8



前言

准噶尔盆地油气资源丰富,不仅是我国常规油气资源当量超过 100 亿吨的大型复合含油气盆地,同时也是我国煤层气资源极为丰富的大型聚煤盆地。据国内多家科研机构估算,准噶尔盆地埋深 2000 米以浅的煤层气资源量高达 2.1795 ~ 3.8268 万亿立方米,仅低于鄂尔多斯盆地和沁水盆地,位居全国第三位。

早在 20 世纪 50 年代,准噶尔盆地即已开始了煤田地质勘查及相关研究,获得了有关煤岩、煤层特征、瓦斯特征等勘查成果,为煤层气研究提供了基础资料。20 世纪 90 年代,准噶尔盆地煤层气研究步入起步阶段,近 10 年的时间里将重点放在盆地南缘,兼顾准东,初步形成了对准噶尔盆地煤层气地质研究和勘探的整体认识。进入 21 世纪以来,逐步进入了准噶尔盆地煤层气资源全面评估和有利区优选阶段,新疆油田公司先后联合中国石油煤层气有限责任公司、中国石油勘探开发研究院、新疆地矿局、新疆煤田地质局、西安煤炭科学研究院、中国地质大学、西南石油大学、加拿大特拉维斯特公司、澳大利亚道拓公司等单位,全面开展了煤层气资源评估,系统计算了盆地南缘、准东、西北缘和腹部 4 个油气勘探区带的煤层气资源量,提出了南缘和准东煤层气勘探的有利目标区,奠定了准噶尔盆地煤层气深化勘探的基础。

准噶尔盆地含煤地层主要为中—下侏罗统西山窑组(J_2x)和八道湾组(J_1b),是中国低阶煤储层最发育的大型聚煤盆地之一,相关煤层气的生成、赋存、分布规律和成藏特点等均有别于我国中东部地区的聚煤盆地,是我国煤层气地质研究和评价以及勘探实践的热点之一,近年来逐渐引起了国内同行的极大关注。

为此,全面分析和总结国内外煤层气资源和勘探开发现状、煤层气形成和成藏地质条件,并在此基础上,结合准噶尔盆地煤层气地质研究和勘探实践成果进行本专著的编写,形成了一套系统的、具有准噶尔盆地低阶煤煤层气地质特点及特色评价技术的地质理论,对于今后进一步深化对准噶尔盆地低阶煤煤层气成藏规律和地质评价的认识,指导煤层气的勘探无疑将起到重要的作用。

本书编撰过程中,新疆油田公司总经理陈新发欣然为本书作序;西南石油大学研究生孙婧、党花、曹亮等参与了部分编写工作;教育部博士点基金提供了部分研究成果,在此一并表示感谢!

由于笔者水平所限,书中难免出现不妥和谬误之处,敬请广大读者批评指正。

CONTENTS 目录

第一章 国内外煤层气资源及勘探开发现状	(1)
第一节 国外煤层气资源及勘探开发现状	(2)
第二节 中国煤层气资源及勘探开发现状	(6)
第二章 煤层气成因及赋存特征	(12)
第一节 煤层气成因	(12)
第二节 煤层气赋存特征	(15)
第三节 煤储层的基本特征	(16)
第四节 煤层含气性	(34)
第五节 煤层气的流动机理	(41)
第六节 煤层气富集特征	(43)
第三章 准噶尔盆地煤层气地质背景及资源现状	(52)
第一节 地质背景	(52)
第二节 资源现状	(60)
第四章 准噶尔盆地煤系地层成煤环境	(69)
第一节 煤系地层沉积层序	(69)
第二节 煤系地层沉积环境	(72)
第三节 南缘煤系地层成煤环境	(76)
第五章 准噶尔盆地煤层气富集特征与成藏条件	(102)
第一节 煤层地质特征	(102)
第二节 煤层储集性	(120)
第三节 煤层生气与含气性特征	(128)
第四节 煤层气成藏条件	(138)
第六章 准噶尔盆地煤层气资源评价	(147)
第一节 煤层气资源评价方法	(147)
第二节 煤层气资源量计算及评价	(151)
第七章 准噶尔盆地煤层气有利区综合评价	(158)
第一节 评价范围	(158)
第二节 综合评价方法	(158)
第三节 综合评价结果	(160)
第四节 有利区特征分析	(161)
参考文献	(166)

第一章 国内外煤层气资源及勘探开发现状

随着世界油气需求的不断增长和常规油气勘探开发难度的不断增加,非常规油气、特别是非常规天然气逐渐引起各国政府和石油公司的高度重视。煤层气作为较早投入勘探开发的非常规天然气资源之一,经过半个多世纪的持续努力,研究者分别在低、中、高不同煤阶煤层中找到了具有工业性开采价值的煤层气藏。据不完全统计(邹才能等,2011;国土资源部油气资源战略研究中心等,2009),截至2011年底,世界发现的煤层气资源量高达 $256.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 主要分布在俄罗斯、加拿大、中国、美国和澳大利亚等12个国家中(表1-1)。煤层气已经成为当今世界常规油气最为现实的接替资源之一。

表 1-1 全世界主要产煤国煤炭和煤层气资源量(据邹才能等,2011)

国家	煤炭资源量(10^8 t)	煤层气资源量(10^{12} m^3)
俄罗斯	65000	17 ~ 113
加拿大	70000	6 ~ 76
中国	55700	32. 86
美国	39700	21. 38
澳大利亚	17000	8 ~ 14
德国	3200	3
波兰	1600	3
英国	1900	2
乌克兰	1400	2
哈萨克斯坦	1700	1
印度	1600	< 1
南非*	1500	< 1
合计	260300	98 ~ 270

* 包括南非、津巴布韦和博茨瓦纳。

按照热演化程度的不同通常把煤岩划分为低成熟阶段(泥炭—褐煤,镜质组反射率 $R_o < 0.5\%$)、中成熟阶段(长焰煤—瘦煤, $0.5\% \leq R_o < 2.0\%$)和高成熟阶段(贫煤—无烟煤, $R_o \geq 2.0\%$)。由此可把煤层气藏划分为三种类型。

低阶煤层气藏: $R_o < 0.7\%$, 包括未成熟低阶煤层气藏($R_o < 0.5\%$)和低成熟低阶煤层气藏($0.5\% \leq R_o < 0.7\%$),前者的煤层气以原生生物成因为主,后者包括部分原生生物成因和部分低成熟热成因。

中阶煤层气藏: $0.7\% \leq R_o < 2.0\%$,煤层气包括原生生物成因、次生生物成因与次生热成因等多种类型。

高阶煤层气藏: $R_o \geq 2.0\%$,煤层气包括原生热成因与次生热成因等类型。

第一节 国外煤层气资源及勘探开发现状

国外对煤层气的研究始于 20 世纪 50 年代,大规模勘探开发始于 20 世纪 80 年代。目前,世界上已有 17 个国家开展了煤层气勘探开发工作,其中美国、加拿大和澳大利亚等三个国家实现了煤层气的工业规模开发(邹才能等,2011;苏现波,林晓英,2007;王洪岩等,2005)。

一、美国

美国是迄今为止煤层气勘探开发最为成功的国家,其煤层气产业化经历了三个发展阶段。

第一阶段(1953—1980 年):煤层气理论与技术探索阶段。自 1951 年在圣胡安盆地钻探了第一口煤层气井以来,有关煤层气的研究和勘探开发工作逐步展开。认识并初步开展了煤层气排水降压开采技术,煤层气工业化开采取得了突破,1980 年实现煤层气年产量 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

第二阶段(1981—1989 年):煤层气理论与技术成熟阶段。在美国政府一系列优惠政策的激励下,石油公司纷纷投入开展煤层气理论与技术研发,相继形成了中低阶煤层气富集成藏理论、煤层气选区评价理论、空气钻井技术、煤层气“排水—降压—采气”开发理论与技术、常规直井水力加砂压裂技术、直井裸眼洞穴完井技术等。分别在圣胡安和黑勇士两大盆地(图 1-1)实现了煤层气的工业化规模开发,截至 1989 年累计完钻各类煤层气井 1400 余口,实现年产量 $26 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

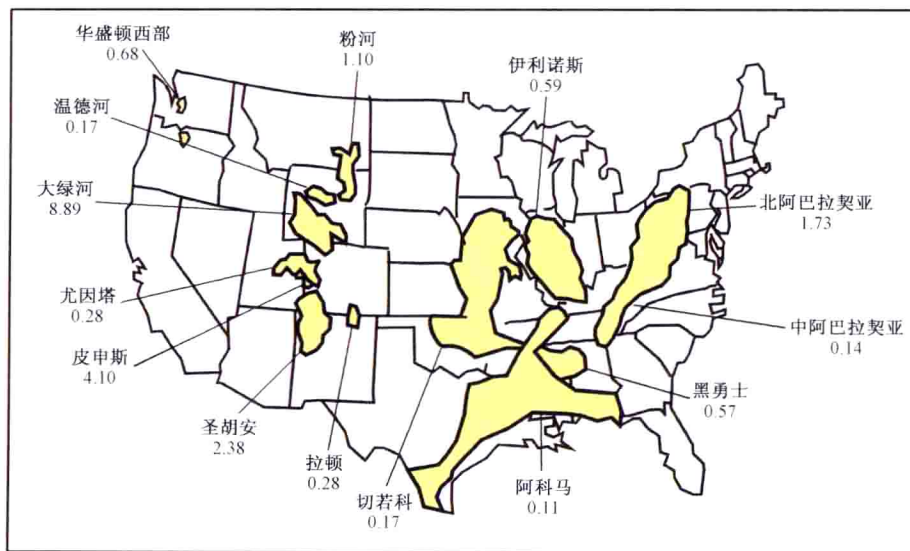


图 1-1 美国主要煤层气盆地分布图(据王红岩等,2005,有修改)

(图中数据为该地区资源量,单位: 10^{12} m^3)

第三阶段(1990 年至今):煤层气工业化规模生产阶段。在煤储层双孔导流、中阶煤生储与成藏优势等新理论形成的基础上,多分支水平井、羽状水平井、氮气泡沫压裂、直井裸眼直排

等系列新技术逐步推广应用。煤层气井钻井数和年产量均逐年升高。1990 年累计完钻各类煤层气井 2982 口,实现年产量 $56.6 \times 10^8 \text{ m}^3$;1999 年累计完钻各类煤层气井 10400 口,实现年产量 $355 \times 10^8 \text{ m}^3$;2009 年累计完钻各类煤层气井 54829 口,年产量高达 $576 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图 1-2)。煤层气累计可采储量增长迅速,1992 年为 $4054 \times 10^8 \text{ m}^3$,1999 年突破 $6000 \times 10^8 \text{ m}^3$,2009 年则高达 $39600 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图 1-3)。

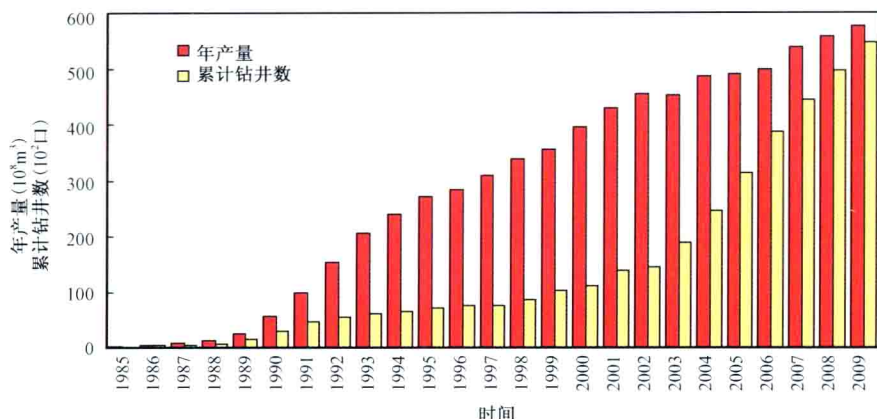


图 1-2 美国煤层气历年累计完钻井数与年产量分布图

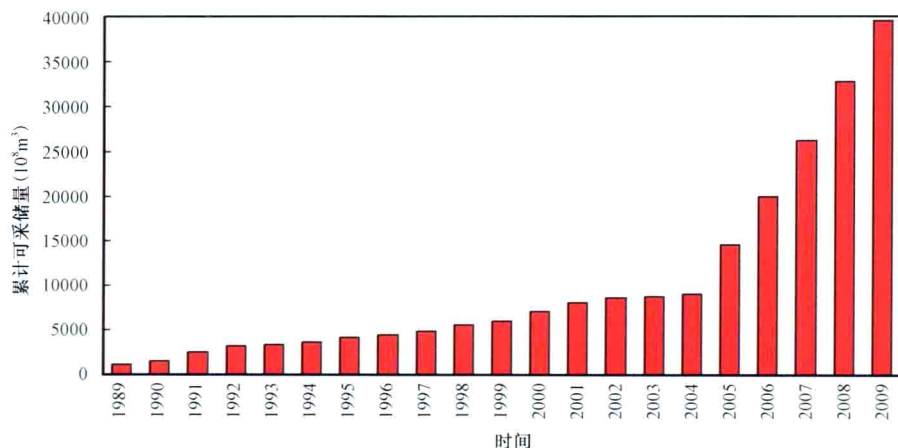


图 1-3 美国煤层气历年累计可采储量分布图

截至 2011 年底,美国已经在 14 个盆地中(图 1-1)发现了高达 $21.38 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的煤层气资源。这些煤层气以中阶、低阶为主,集中分布在新近系至白垩系,以及石炭系煤层中。目前实现工业化规模开发的包括圣胡安、黑勇士、粉河、拉顿、尤因塔、阿巴拉契亚等六大盆地,这些盆地的煤层气普遍具有含气面积大、含气量高、埋深浅等特点(表 1-2)。下面重点论述以中阶煤层气藏为特征的圣胡安盆地,以及以低阶煤层气藏为特征的粉河盆地。

表 1-2 美国主要煤层气产区特征一览表(据王红岩等,2005,有修改)

特征\产区	圣胡安	皮申斯	拉顿	尤因塔	粉河	黑勇士	阿巴拉契亚
地质时代	K ₂ —N	K ₂ —N	K ₂ —N	K ₂ —N	N	C ₂	C ₂
面积(km ²)	19493	17000	5700	37400	66800	15500	12700
镜质组反射率(%)	0.9~1.56	<0.66	0.57~1.57	0.6~1.4	0.3~0.4	0.6~1.4	<1.5
含气量(m ³ /t)	12.7~17.2	12.4~16.1	7.1~16.1	9.9~12.5	0.03~2.3	6~20	12~19
资源量(10 ¹² m ³)	2.38	4.13	0.28	0.28	1.10	0.57	1.87
开采深度(m)	152~1280	1830~3700	457~1220	600~1370	70~760	152~1370	610~760

1. 圣胡安盆地

圣胡安盆地煤层气含气面积 19493km²,资源量 2.38×10^{12} m³,约占美国煤层气总资源量的 45%。该盆地煤层气年产量超过了美国煤层气总产量的 60%,是美国煤层气勘探开发最活跃的地区之一,是美国工业化规模开发最早、也是迄今为止最大的煤层气生产基地。

圣胡安盆地煤系地层发育于上白垩统至新近系中,煤层埋深介于 152~1280m,主要煤层 14 层,单井最大总煤层厚度 30m,单煤层最大厚度 12m。

圣胡安盆地主力煤层为弗鲁特兰组煤层,该煤层是裂缝性储层,具有煤层含气面积大、资源量丰富、煤层厚、煤阶中等(亚烟煤至低挥发性烟煤)、煤层含气量高、连续性好、埋深浅、产量稳定等特点。煤层平均厚约 2.4~4.6m,北部局部厚度达 10.7m,分布面积 19425km²,煤层气资源量 1.4×10^{12} m³,埋藏深度 457~1219m。弗鲁特兰组煤层气富集区位于盆地中北部,为自生自储单一层系型煤层气聚集带,同时也是盆地最浅的煤层气聚集带。

2. 粉河盆地

粉河盆地煤层气含气面积 66800km²,煤层气资源量 1.1×10^{12} m³,是美国低阶煤煤层气成功开发的典型代表。

粉河盆地煤系地层发育于上白垩统,煤层埋深介于 70~760m,主要煤层 24 层,单井最大总煤层厚度 91m,单煤层最大厚度 60m。

粉河盆地煤岩主要为褐煤—亚烟煤(R_o 值为 0.3%~0.4%),含气量不高(0.03~2.3m³/t)。煤层甲烷的碳同位素值小于 -55‰,二氧化碳含量一般为 4%~11%,表明煤层气主要形成于煤化作用早期阶段。

粉河盆地在勘探初期,曾因煤阶低、含气量低一度影响到很多公司对其勘探的信心,但后来有 100 多口井获得了商业气流,使该盆地的吸引力剧增,到 2010 年已有 30 多家公司在盆地内开展勘探。大多数煤层气勘探项目位于盆地北东部和东部边缘地区,该区虽然煤阶较低,但是割理系统发育较好,渗透率较高,含气饱和度较高,钻井深度一般不超过 300m(平均 152m),产气量为 110~5976m³/d,产水量为 0~159m³/d。

粉河盆地煤层气勘探开发的成功不仅在理论上突破低阶煤含气量小,不适于煤层气商业开发的理论束缚,丰富了煤层气勘探开发理论,而且拓展了煤层气勘探开发的领域和范围。

二、其他国家

1. 加拿大

加拿大煤层气开发较晚,于1987年起步,直到2002年才开始煤层气商业化开发。多年来加拿大政府一直支持煤层气的发展,根据本国以低变质煤为主的特点,开展了一系列勘探研究与开发试验工作,在羽状水平井、连续油管压裂等技术方面取得了进展,降低了煤层气开采成本。2002—2004年,新增了2900口左右的煤层气生产井,使产量从2002年的 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增产至2004年的 $15.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,煤层气发展进入了一个新阶段;截至2009年底,加拿大累计探明可采资源量 $2.55 \times 10^{12} \text{ m}^3$,钻井超过8500口,年产量接近 $80 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。预计到2020年加拿大煤层气产量有望超过 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

加拿大的煤层沉积在许多方面和美国相似。东部地区有石炭系—二叠系盆地,西部地区有中、新生代盆地。全国煤炭资源量 $7 \times 10^{12} \text{ t}$,煤层气资源量 $(6 \sim 76) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。但东部的盆地较小、潜力有限,煤层气资源主要分布在西部阿尔伯达盆地,地质资源量 $(5.16 \sim 16.66) \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采资源量 $(1.76 \sim 5.1) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

2. 澳大利亚

澳大利亚于1976年开始煤层气勘探,是继美国之后较早实现煤层气工业开发的国家之一,充分吸收了美国煤层气资源评价和勘探、测试方面的成功经验,同时针对本国煤层含气量高、含水饱和度变化大、原地应力高等地质特点进行深入研究,开发了水平井高压水射流改造等技术,在鲍恩含煤盆地的勘探上取得了重大突破。1987—1988年期间,采用地面钻井方法在煤层中采出了煤层气。此后到2004年煤层气年产量达到 $12.85 \times 10^8 \text{ m}^3$,逐步进入到工业化规模开发阶段,储产量持续上升。2007年累计探明地质储量 $20740 \times 10^8 \text{ m}^3$,年产量 $29.06 \times 10^8 \text{ m}^3$;2008年累计探明地质储量 $41459.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,年产量 $40.44 \times 10^8 \text{ m}^3$;2009年累计完钻各类煤层气生产井5200口,累计探明地质储量 $46393.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,累计探明可采储量 $34000 \times 10^8 \text{ m}^3$,年产量 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。澳大利亚煤层气开采过程中除了大量采用美国技术外,还较多地通过注气提高煤层气采收率。

澳大利亚煤层气主要分布在东部悉尼、鲍恩和苏拉特三个二叠系含煤盆地中,煤层埋深普遍小于1000m,煤炭资源量约 $1.7 \times 10^{12} \text{ t}$,平均煤层甲烷含量 $0.8 \sim 16.8 \text{ m}^3/\text{t}$,煤层气资源量 $(8 \sim 14.16) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

3. 俄罗斯

迄今为止,俄罗斯的煤层气勘探开发仅停留在煤矿瓦斯处理和煤层气资源评价方面,尚处于起步阶段。目前正在制订一些税收优惠政策和管理法规,鼓励外国公司投资开发煤层气。

俄罗斯煤炭资源量高达 $6.5 \times 10^{12} \text{ t}$,煤层气资源量高达 $(17 \sim 113) \times 10^{12} \text{ m}^3$,是世界上煤层气资源最为丰富的国家。俄罗斯煤层气资源集中分布于库兹涅茨克盆地、伯朝拉盆地和通古斯卡盆地中。仅库兹涅茨克盆地在石炭系—二叠系和侏罗系富含煤层气的面积达 25900 km^2 ,煤层气资源量高达 $13 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

第二节 中国煤层气资源及勘探开发现状

一、煤层气资源概况

自 20 世纪 80 年代以来,国内有多家单位先后 10 余次对中国煤层气资源进行了评价,获得了相应的成果(表 1-3)。根据最新的预测结果,中国煤层气资源量 $32.86 \times 10^{12} \text{m}^3$,位居世界第三位。

表 1-3 我国煤层气资源量历次评价结果(据张新民等,2008)

研究单位或人员	资源量(10^{12}m^3)		计 算 范 围
	原地	技术可采	
焦作矿业学院(1987)	31.92	—	全国所有可采煤层
李明潮等(1990)	32.15	—	全国所有可采煤层
地矿部石油地质研究所(1990)	10.6 ~ 25.2	—	—
张新民等(1991)	30 ~ 35	—	未包括褐煤和藏、粤、闽、台地区以及南方 C_1 、 P_1 煤层
中国统配煤矿总公司(1992)	24.75	—	全国所有可采煤层中可回收的煤层气量
段俊琥(1992)	36.30	—	—
关德师(1992)	25 ~ 50	—	—
张新民等(1995)	32.68	—	未包括褐煤和藏、粤、闽、台地区以及南方 C_1 、 P_1 煤层
叶建平等(1998)	14.34	—	未包括浅部煤层气含量小于 $4 \text{m}^3/\text{t}$ 的区域
张新民等(2000)	31.46	—	未包括褐煤和藏、粤、闽、台地区以及南方 P_1 煤层
国土资源部、国家发改委(2006)	36.81	10.87	未包括藏、粤、闽、台地区以及南方 P_1 煤层
国家“973”煤层气项目(2007)	32.86	13.90	未包括藏、粤、闽、台地区以及南方 P_1 煤层

我国煤炭资源分布在东北、华北、华南、西北和滇藏五大区域,以中阶、低阶煤为主,其中褐煤—气煤占 56.98%,肥煤—贫煤占 28.71%,无烟煤占 14.31%。据中国煤田地质总局第三次全国煤田预测成果,我国低阶煤保有储量和资源量约 $3.1 \times 10^{12} \text{t}$,占全国煤炭保有储量及资源量的 55.1%,主要分布在鄂尔多斯盆地东北缘的石炭系—二叠系含煤区、西北侏罗系含煤盆地(鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地、吐哈盆地),东北的中、新生界断陷盆地群(沈北、铁法、抚顺和二连等)。

受煤炭资源分布的影响,我国煤层气广泛分布于东北、华北、华南、西北和滇藏五大区域(图 1-4)。1000m 以浅的煤层气资源量最多,其次为 1500 ~ 2000m 埋深范围,1000 ~ 1500m 埋深内煤层气资源量最少;煤层气资源 85% 以上的集中分布于东北、华北和西北地区;资源种类以 II 类为主,其次为 I 类,III 类极少(图 1-5 至图 1-7)。中低阶煤层气资源十分丰富,达

$16 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 约占全国煤层气资源的 43%, 这部分煤层气资源的开发利用对于全面推动我国煤层气产业的发展, 丰富和完善煤层气勘探开发理论都具有重要意义。

东北地区煤层气地质资源量和可采资源量均居全国首位, 是我国煤层气资源最为丰富的大区。煤层气资源主要分布在埋深 1000m 以浅的煤层中。煤层气地质资源以 II 类为主。

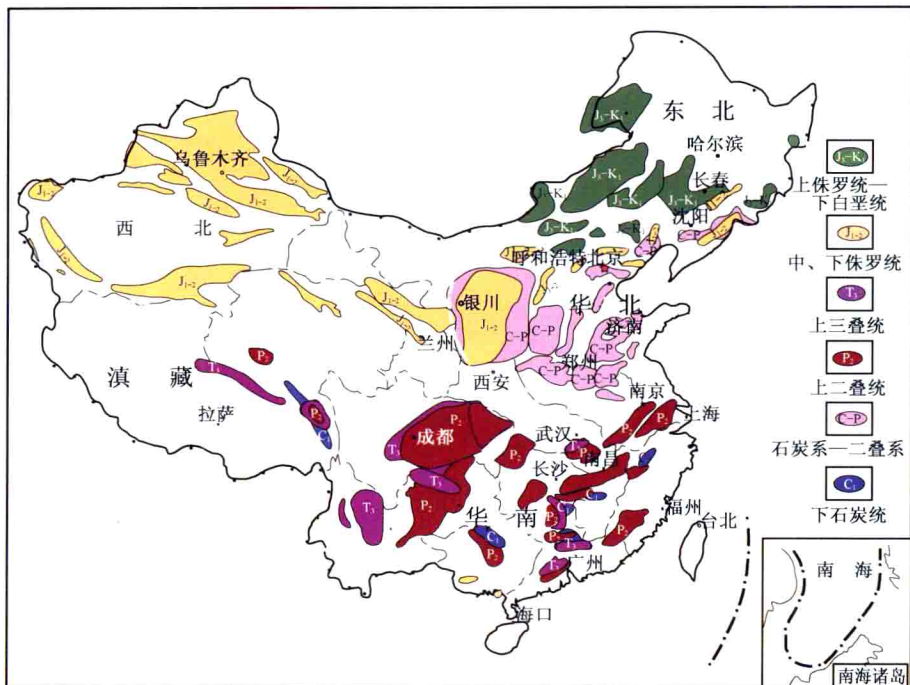


图 1-4 中国煤层气资源分布图(据国土资源部油气资源战略研究中心修改,2012)

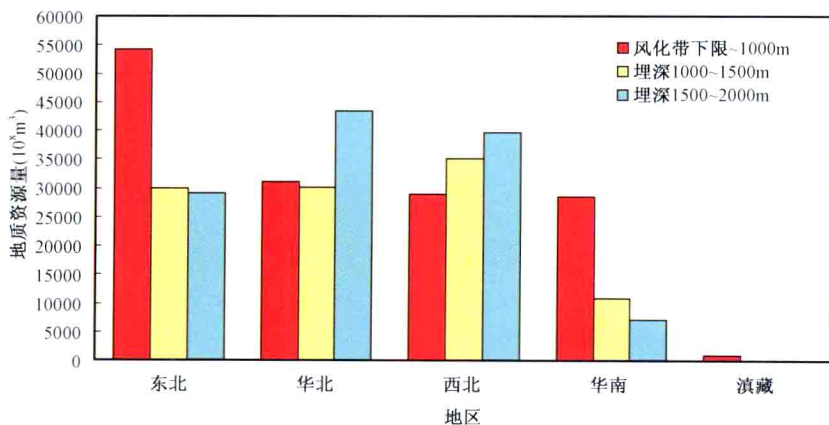


图 1-5 中国五大煤层气区地质资源量分布图(据国土资源部油气资源战略研究中心,2009)

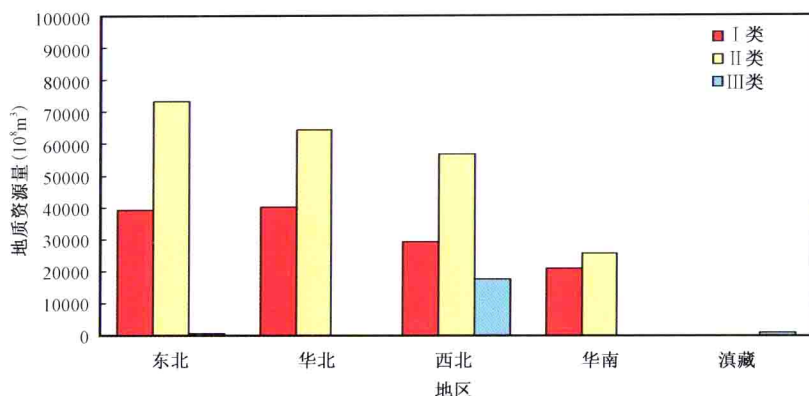


图 1-6 中国五大煤层气区地质资源量分类分布图(据国土资源部油气资源战略研究中心,2009)

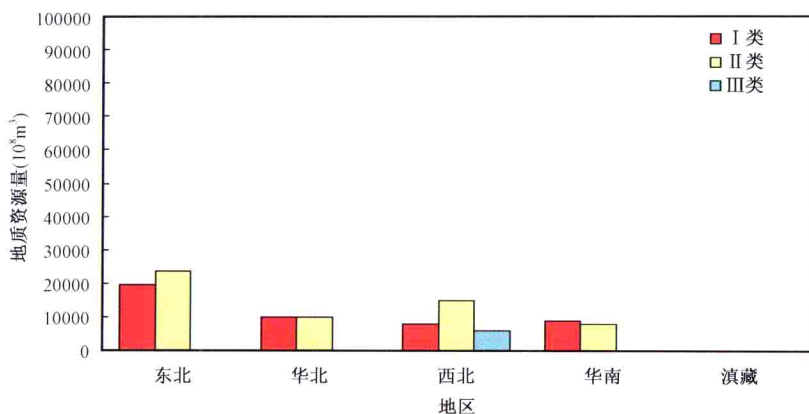


图 1-7 中国五大煤层气区可采资源量分类分布图(据国土资源部油气资源战略研究中心,2009)

华北地区煤层气资源量主要分布在埋深 1500 ~ 2000m,资源总量低于东北地区,位居全国第二,可采资源量排全国第三。地质资源以 II 类为主,其中的 I 类地质资源量位居全国首位;可采资源量 I 类和 II 类比较接近。其中鄂尔多斯盆地东缘资源量高达 $113000 \times 10^8 \text{ m}^3$,位居全国 42 个含气盆地资源量的榜首,可采资源量大于 $10000 \times 10^8 \text{ m}^3$;沁水盆地可采资源量大于 $10000 \times 10^8 \text{ m}^3$;这两个盆地的煤层气勘探程度较高。

西北地区煤层气地质资源总量仅次于华北地区,但可采资源量高出华北地区,位居全国第二,可采资源种类以 II 类为主。

华南地区煤层气资源量约占全国总量的 13% 左右,以埋深 1000m 以浅为主, I 类和 II 类资源分别占该区 44.86% 和 55.14%,是 I 类和 II 类资源量比例较为接近的地区。

滇藏地区煤层气资源量微乎其微,基本上均分布在 1000m 以浅的煤层中,且只有 III 类地质资源,没有可采资源。

二、煤层气勘探开发现状

我国煤层气勘探开发主要经历了三个发展阶段。

1. 矿井瓦斯抽放发展阶段(1952—1989 年)

井下瓦斯抽采始于 1952 年的辽宁抚顺龙凤矿区,煤层气地面开发始于 20 世纪 70 年代的煤层气资源评价,原煤炭科学研究院抚顺研究所曾在抚顺、阳泉、焦作、白沙、包头等矿区,以解决煤矿瓦斯突出为主要目的,施工了 20 余口地面瓦斯抽排试验井。

20 世纪 80 年代末、90 年代初开始钻井勘探。此阶段主要进行井下瓦斯抽放及利用,以及煤的吸附性能和煤层气含量测定工作。该期间的工作成果,为后来全国煤层气资源预测和有利区块选择等积累了重要的实际资料。

2. 煤层气勘探开发技术引进阶段(1989—1995 年)

中华人民共和国能源部于 1989 年 9 月邀请美国有关煤层气专家来华介绍情况,并于 1989 年 11 月在辽宁省沈阳市召开了我国第一次煤层气会议。随后,在河北大城、山西柳林进行了煤层气的勘探试验,1991 年出版了我国第一部煤层气学术专著——《中国的煤层甲烷》。同时,许多外国公司也纷纷出资在我国进行煤层气风险勘探。在此期间,煤层气专用测试设备 and 应用软件设备的引入和人员交流使我国在煤层气资源评价、储层测试技术、开采技术等方面取得了较大的发展。

3. 煤层气产业逐渐形成发展阶段(1996 年后)

中华人民共和国国务院于 1996 年 3 月批准成立了由中国中煤能源集团公司和中国石油天然气集团公司合资组建中联煤层气有限责任公司(简称中联煤),自此,我国煤层气产业开始正式起步。

我国的煤层气产业起步较晚,但发展迅速,先后在山西沁水盆地、河东煤田,安徽淮南和淮北煤田,辽宁阜新、铁法、抚顺、沈北矿区,河北开滦、大城、峰峰矿区,陕西韩城矿区,河南安阳、焦作、平顶山、荥巩煤田,江西丰城矿区,湖南涟邵、白沙矿区以及新疆吐哈盆地等地区,开展了煤层气勘探和开发试验工作。特别是中、东部的高煤阶地区,如山西、陕西、内蒙古等地,先后建立了煤层气试验区和煤层气田,尤以山西晋城沁水煤层气田为典型代表。其中枣园井组和潘河先导性试验项目以及阜新盆地刘家井组、晋城煤业集团寺河井组已进入煤层气商业化试验生产,年产能约 $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ (武建文,2010)。

2005 年底,全国共施工先导性试验井组 8 个,各类煤层气井 615 口,超过过去 10 多年的总和;其中多分支水平井 7 口,日产量远高于煤层气直井产量。煤层气探明储量 $1047.64 \times 10^8 \text{ m}^3$,地面抽采量实现了零的突破,达 $0.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。井下抽采量同比增长约 23%,达 $22.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全年抽采量的近 99%,仍占主体。2006 年我国煤炭产量增长较快,比 2005 年增长约一倍,达 $23.8 \times 10^8 \text{ t}$ 。地面开采量依然较低,仅 $1.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,井下抽采量约 $31.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图 1-8、图 1-9)。

近年来,我国煤层气勘探开发逐渐引起了国内外能源机构的重视,除中国石油和中国石化外,先后还有美国、澳大利亚、加拿大等多家国际能源公司投资参与勘探开发工作。初步建立了适合我国煤层气赋存特点的勘探开发技术体系,有 20 多项技术接近或达到国际先进水平,形成了一定的生产实验基础,我国煤层气勘探开发工作正在稳步推进。

2007 年完钻各类煤层气井高达 1072 口,建成地面煤层气年产能 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$,地面实际采出煤层气产量 $3.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,达到 2006 年的两倍。全国瓦斯抽采 $47.35 \times 10^8 \text{ m}^3$,仍然是煤层气开采的主力军(图 1-8、图 1-9)。

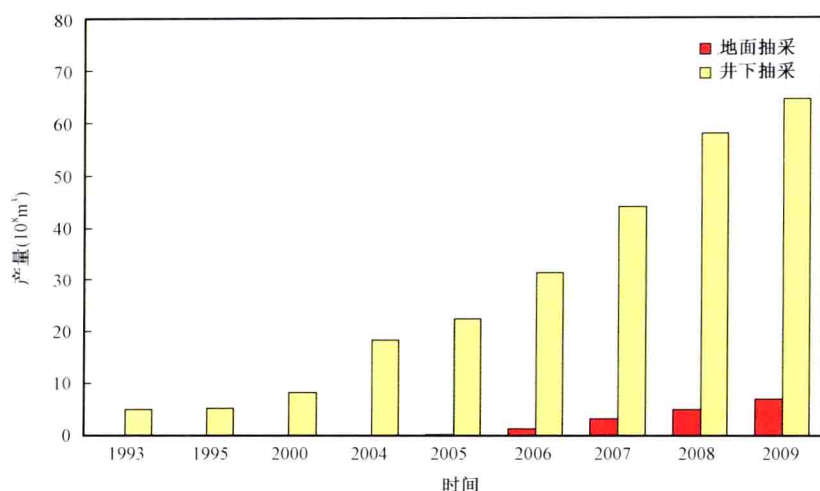


图 1-8 中国煤层气勘探开发概况

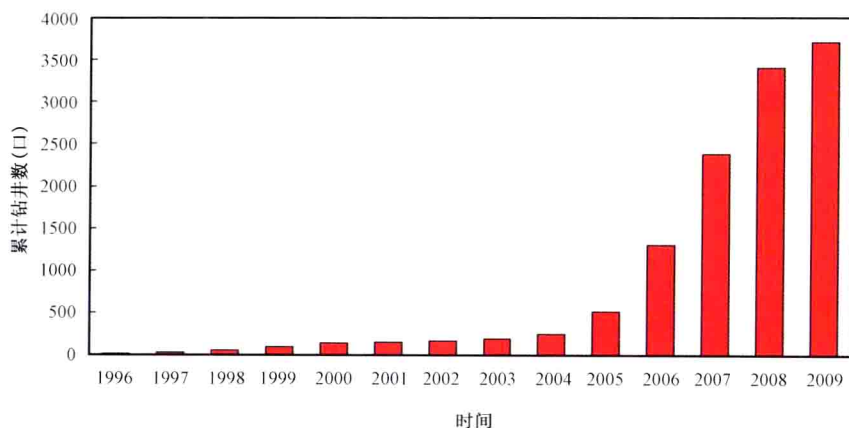


图 1-9 中国历年累计钻井数分布图

2008年,全国累计完钻各类煤层气井约3400口,探明煤层气含气面积 691.11 km^2 ,煤层气探明储量 $1181.07 \times 10^8 \text{ m}^3$,主要分布于山西沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘。完成地面煤层气约 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 产能建设,但地面实际开采煤层气刚突破 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$,而井下抽采总量则达到 $58 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图1-8、图1-9)。

2009年,15000个煤矿产煤 $30 \times 10^8 \text{ t}$,累计完钻各类煤层气井3713口(含102口水平井),其中开发排采井1682口,煤层气探明储量 $1781 \times 10^8 \text{ m}^3$,完成地面煤层气产能建设 $25 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,地面实际年产量达到 $7 \times 10^8 \text{ m}^3$,而井下抽采总量则达到 $67.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图1-8、图1-9)。

2010年我国煤层气勘探区总面积 $41.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,全国煤层气探明储量 $1852 \times 10^8 \text{ m}^3$,煤层气抽采总量达到 $76.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。中国石油煤层气探明储量 $899 \times 10^8 \text{ m}^3$,集中分布在沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘地区。