

中国地质调查局项目 (200010100102)

联合资助

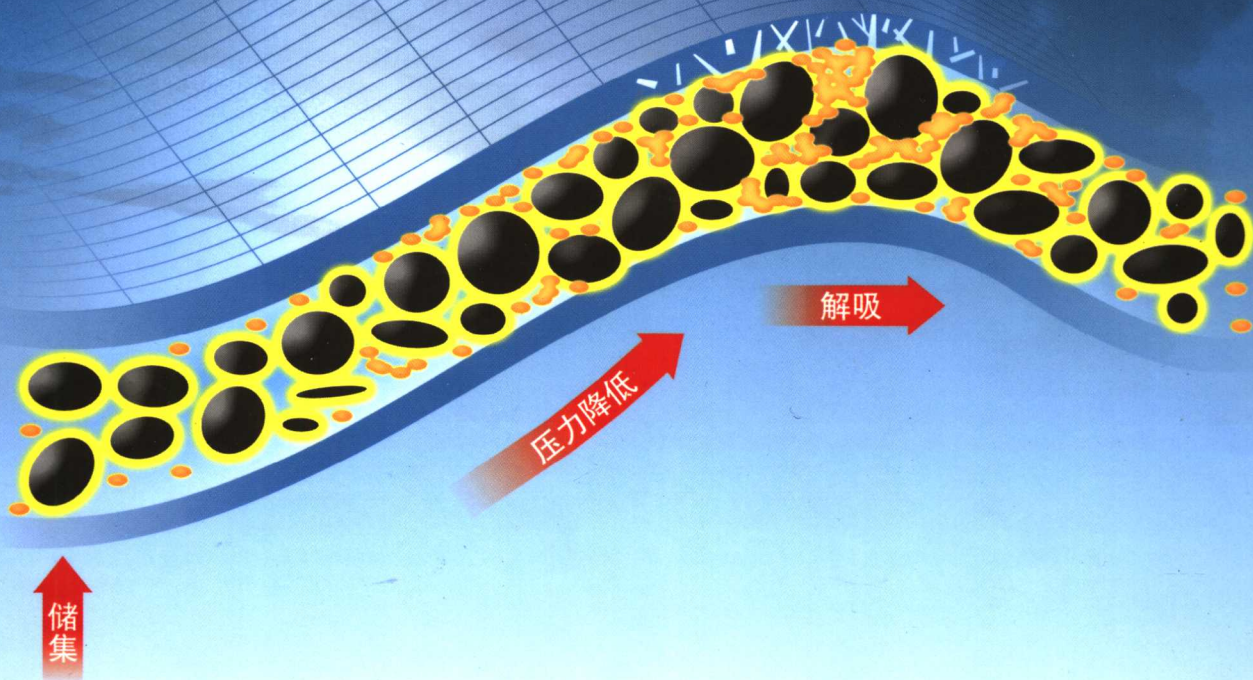
国家973煤层气项目 (2002CB211702)

中国西北

ZHONGGUO XIBEI MEICENGQI DIZHI YU
ZIYUAN ZONGHEPINGJIA

煤层气地质与资源综合评价

杨起 刘大锰 黄文辉 著
车遥 胡宝林 蔚远江



地质出版社

中国地质调查局项目 (200010100102)

国家 973 煤层气项目 (2002CB211702)

联合资助

中国西北煤层气地质与 资源综合评价

杨 起 刘大锰 黄文辉 著
车 遥 胡宝林 蔚远江

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以准噶尔、塔里木、吐哈、柴达木和鄂尔多斯等含煤盆地的地质演化和煤层气成藏机理研究为基础,对典型含煤盆地及其不同构造部位煤层气田的形成条件、不同类型煤系、煤层储集性和渗透性及其控制因素等问题进行了较系统的研究;对影响西北地区煤层气资源勘探开发的地质因素进行了探讨;计算了西北地区煤层气资源量和资源丰度,圈定了若干个有利目标区。

本书可供从事煤层气地质学、煤地质学及石油与天然气地质学的教学、科研和生产人员以及高等院校本科生和研究生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国西北煤层气地质与资源综合评价/杨起等著.
北京:地质出版社,2005.6
ISBN 7-116-04593-7

I. 西... II. 杨... III. ①煤层-地下气化煤气-石油天然气地质-西北地区②煤层-地下气化煤气-资源-综合评价-西北地区 IV. P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 099967 号

责任编辑:张新元 孙亚芸
责任校对:李 玫
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083
电 话:(010) 82324508 (邮购部);(010) 82324573 (编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zhs@gph.com.cn
传 真:(010) 82310759
印 刷:北京地大彩印厂
开 本:787 mm × 1092 mm^{1/16}
印 张:19.75
字 数:479 千字
印 数:1—800 册
版 次:2005 年 6 月北京第一版·第一次印刷
定 价:62.00 元
ISBN 7-116-04593-7/P·2607
审图号 GS (2005) 924 号

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

煤层气是煤层在漫长的煤化作用过程中所形成的与煤层共生的以甲烷为主要成分的非常规天然气,具有“自生自储”的特点,且主要以吸附状态赋存在煤层之中,少部分以游离气和溶解气的形式赋存在煤层中。煤层气具有采收率较高(一般30%~60%,最高可达80%左右)、发热量高(达33.44~37.62 MJ/m³)、埋藏较浅(一般小于1000~1500 m)及勘探开发成本较低等特点。更重要的是,煤层气是一种新型洁净能源,开发这一新型能源对缓解国民经济发展中能源的供求矛盾,改善我国的能源结构,减少煤矿瓦斯灾害,改善大气环境,保护人类的生存环境以及促进我国社会与经济的协调可持续发展等方面都具有重大的现实意义和战略意义。因此,开展煤层气研究有利于推动刚刚起步的中国煤层气产业发展,符合国家关于“开发新能源,实现能源利用与环境保护同步,保证可持续发展”的战略目标要求。

我国煤层气勘探起步较晚,把煤层气作为独立的能源种类进行资源评价始于“六五”。“七五”期间,国家科技攻关项目设立专题进行煤层气资源预测研究。地矿、煤炭、石油系统的有关单位各自进行煤层气资源预测工作。由于受研究程度、资料精确性、实验条件及认识水平等的限制,加上没有统一的规范,各单位所获资料与结果很难进行比较。在此期间,开始由巷道瓦斯抽放发展到地面钻井。由于对煤层气高产富集条件、地质规律研究不深入,在选区研究及掌握现代煤层气勘探技术上没有突破而未获成功。“八五”、“九五”期间,国家对勘探开发煤层气继续予以扶持,通过引进、消化、吸收国外先进煤层气地质理论和勘探开发技术,相继实施了联合国开发计划署援助的“中国煤层气资源开发”、“深层煤层气勘探”和“浅层煤层气开发”等项目,还完成了“全国煤层气资源评价”、“煤层气选区评价”等专项研究工作。这些项目都取得了丰富的成果,积累了大量实际资料。由于我国煤层气资源丰富,地质条件复杂,煤变质作用类型不同和煤变质程度不一,储层物性差异较大,因此,如何结合我国煤层气地质条件,研究和探索我国煤层气理论及勘探开发技术,总结出适合我国地质特征的煤层气资源评价方法,指出煤层气勘探开发方向,是目前迫切需要解决的问题。

基于上述认识,中国地质调查局从加强我国西北地区能源战略发展的角度,委托中国地质大学(北京)组织实施“西北地区煤层气资源综合评价”地质大调查项目。项目起止年限:2000年1月~2001年12月。2001年项目任务书编号:70401209178,项目编号:200010100102。项目组分别于2000年2月和2001年2

月收到地质调查局下达的2000年度和2001年度项目任务书,项目组随即按照任务书的要求开始编写项目设计,并于2000年4月和2001年4月完成年度项目设计审查论证。项目组在编写项目设计的同时,收集了塔里木、吐哈、准噶尔、柴达木与鄂尔多斯盆地的地层、构造、沉积、煤层、煤岩、煤质及煤层甲烷等资料。特别是收集了20世纪80年代以来,研究区与煤地质和煤层气有关的详查、精查地质报告、基础图件、矿井地质研究报告、专题研究报告、专著、学位论文以及发表的学术论文等,共收集各种资料及图件1000余份。

针对我国西北地区中生代构造相对简单、稳定,煤层气地质条件在某些方面与国外开发成功的地区颇为相似的特点,项目组在煤层气研究和勘探开发活动中,采用多学科理论与多种分析测试技术手段相结合的方式的综合研究。以天然气地质学、煤地质学及水文地质学等为理论基础,采用含气量测试仪、压汞仪、等温吸附仪、孔渗联用仪、岩心流动实验系统、图像分析仪等方法为测试手段,通过运用多学科理论综合研究,就西北地区煤层气成藏特点、赋存与产出条件进行了深入探讨,在大量实测资料的基础上,利用MAPINFO软件编制煤层气基础图件,综合分析影响煤层气的各种地质因素,进而提出煤层气评价指标,进行煤层气有利区块判识。

项目组根据西北地区煤层气的具体地质特点,以含煤盆地地质演化为依据,以煤层气成藏机理研究为基础,突出非常规煤储层与煤层气可采性研究,对典型含煤盆地及盆地不同构造部位煤层气田的形成条件,不同类型煤系和不同构造-热演化背景下煤层气的形成,煤层储集性和渗透性及其控制因素,不同地质背景(温度、压力、水文条件等)下的煤层气赋存等煤层气勘探开发亟待解决的问题进行了深入探讨。最后,对影响西北地区煤层气资源勘探开发的地质因素,主要包括储层地质条件(煤层厚度及稳定性、煤变质作用类型与变质程度、煤相类型及煤岩组成),储层物性(孔隙度、渗透性及吸附量)和封盖性能(煤层埋深、顶板岩性、构造类型及水文条件)等三方面影响因素,采用多层次模糊数学判别方法研究圈定了若干个有利目标区。

根据项目设计,2000年度主要对新疆地区准噶尔、塔里木及吐哈等盆地进行重点研究,2001年度主要对柴达木盆地和鄂尔多斯盆地进行重点研究。项目组于2000年7月5日至9月4日、2001年4月15日至6月16日及2001年8月2日至8月26日分4批11人次分别赴塔里木盆地俄霍布拉克、阿艾、阳霞及和田,吐哈盆地葡萄沟、三道岭及艾维尔沟,准噶尔盆地硫磺沟、阜康三工河、三塘湖及巴里坤,伊犁盆地霍城,柴达木盆地鱼卡、旺尕秀、大通、热水,鄂尔多斯盆地汝箕沟、东胜鑫源、神木柠条塔、华亭,河东煤田保德、临县庞庞塔、裕民、柳林、乡宁毛则渠以及渭北煤田韩城等25个矿区(煤田)进行野外样品采集工作。共采集煤层顶底板、夹矸和煤层样品500余块。对所采集的样品进行块煤光片、粉煤

光片、煤薄片及岩石薄片制作，显微组分反光、透光及荧光鉴定，显微组分及显微煤岩类型定量，镜质组反射率测定，煤储层显微裂隙定量统计，煤质分析（水分、灰分），煤的元素分析（固定碳、氢含量），煤储层孔隙度（包括压汞及孔径等）、渗透率分析，煤储层含气性、吸附-解吸及储层临界压力等 17 个项目 1563 块次分析。项目组以西北准噶尔盆地、塔里木盆地、吐哈盆地、柴达木盆地以及鄂尔多斯盆地为主要研究对象，对西北地区煤层气资源进行了综合评价，并完成了相应的工业制图 47 幅。达到了项目的具体目标：①重点解剖了西北地区准噶尔盆地、塔里木盆地、吐哈盆地、柴达木盆地和鄂尔多斯盆地等 5 个盆地中若干矿区（煤田）煤层气发育赋存的地质条件及其规律；②编制了西北地区煤层气地质资料统计分析 & 资源评价图件；③计算出各盆地 1500 m 以浅煤层气资源丰度，分析其分布特征；④总结了西北地区煤层气储层物性特征及其与煤层气可采性的关系；⑤确定了西北地区煤层气开发地质条件，指出了西北地区煤层气有利的开发区块。

项目于 2002 年 4 月 13 日通过了由中国地质调查局组织的成果鉴定与验收，专家一致指出项目取得如下主要成果：

1) 较系统论述了西北地区煤层气形成的地质背景。西北地区晚古生代时期槽台相间，以台地相为主体的沉积为煤层发育的主要地区，因沉降适中、厚度大且分布广泛而利于煤层气发育；地槽区的含煤地层，因沉降过快，形成的煤层多而薄，不利于煤层气发育。早、中侏罗世，整个西部地区处于挤压背景下的内陆拗陷型盆地沉积期，形成如塔里木、准噶尔、吐哈、鄂尔多斯、柴达木等一系列大中型挤压盆地，湖沼相沉积发育，形成了厚—巨厚煤层，为煤层气形成提供了丰富的物质基础。

2) 深入分析和研究了西北地区煤储层的生气物质基础。从煤储层的发育与展布特征、宏观与微观岩石学特征、化学与工艺特征、煤级与煤类特征以及煤相分布特征等方面对西北地区煤层气储层的地质基础进行了深入探讨。认为煤层厚度大且分布稳定，光亮—半亮型煤及微镜煤发育，镜质组含量高、低灰、低硫、高热值煤储量丰富，煤级在气煤及更高煤级，煤相以森林泥炭沼泽相为主，有利于煤层气的发育富集。

3) 深入系统地研究了西北地区煤储层物性特征。采用荧光分析方法、压汞及比表面分析、低温氮吸附曲线分析、渗透率分析及等温吸附曲线分析等多种分析测试技术与煤层气最新理论方法，对西北地区煤储层物性进行了系统研究与综合评价，为西北地区煤层气勘探开发奠定了坚实的基础。

4) 论述了西北地区煤储层围岩及顶底板物性特征。西北地区煤层顶板岩性以粉砂岩及泥岩为主；底板岩性以页岩和粉砂岩为主，一般具低或特低孔、特低渗的物性特点，对煤层气的封盖起促进作用，有利于煤层气的保存。

5) 深入研究了西北地区煤储层物性与煤层气可采性的关系。从孔隙结构、渗透率、等温吸附曲线类型等角度探讨了煤储层物性与煤层气可采性的关系。

6) 系统阐述了西北地区煤层气富集成藏的控制因素及煤层气藏类型。从构造背景、构造演化及构造类型等角度探讨了构造条件对西北地区煤层气生成和富集的控制作用。详细阐述了沉积作用对聚煤作用、煤相及煤岩组成等煤层气物质基础的控制作用,进而探讨了沉积作用与煤层气储层围岩类型及封盖性能的制约关系。水文地质条件,一方面,由地层压力通过煤中水分对煤层气起封闭作用;另一方面,在断层发育地区通过导水断层和裂隙使煤层与含水层沟通,以致地下水在运动过程中携带煤层气运移而逸散。总结归纳出西北地区存在4种煤层气藏类型:构造圈闭气藏、地层压力圈闭气藏、水压-水力封闭气藏及构造-水力复合圈闭气藏。

7) 采用容积法计算了西北地区1500 m以浅煤层气资源量和煤层气资源丰度。西北地区煤层气总资源量为 $101838.39 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。准噶尔盆地煤层气资源量为 $39151.336 \times 10^8 \text{ m}^3$,资源丰度平均为 $3.11 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。塔里木盆地煤层气资源量为 $9106.019 \times 10^8 \text{ m}^3$,塔北库车-拜城矿区、焉耆及塔东的孔雀河等区域资源丰度在 $1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上。吐哈盆地煤层气资源量为 $20586.8413 \times 10^8 \text{ m}^3$,艾维尔沟矿区、依拉湖矿区、柯尔碱及柯柯亚矿区资源丰度较高。柴达木盆地北缘及祁连区资源量为 $782.961 \times 10^8 \text{ m}^3$,木里矿区及热水矿区一带资源丰度值较高。鄂尔多斯盆地煤层气资源量为 $30241.73 \times 10^8 \text{ m}^3$,河东煤田、府谷矿区及吴堡矿区煤层气资源丰度多在 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,西北部高煤级区多在 $2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上。

8) 采用多层次模糊数学方法全面评价了西北地区煤层气资源。根据评价结果及参考部分块段煤层气勘探开发试验结果,可将西北地区煤层气区块分成5类。其中一类有利地区主要分布在淮南的乌鲁木齐矿区、玛纳斯,准东的丘河-帐篷沟区,塔北温宿包孜东、拜城铁列克、库车阿艾、吐哈艾维尔沟、依拉湖矿区,鄂尔多斯柳林、韩城、吴堡、乡宁、汝箕沟、铜川;二类较有利地区包括淮南的阜康矿区、巴音沟,准东的北山煤窑-将军庙、滴水泉-五彩湾老君庙、三塘湖-巴里坤,准西北的夏子街区、和什托洛盖,塔北俄霍布拉克、康苏、沙里拜、吐哈野马泉、梧桐窝子、柯尔碱、三道岭、骆驼圈子、胜金口,柴北缘的大头羊及祁连区木里及海德尔、鄂尔多斯石嘴山、澄合、庞庞塔、蒲白、石炭井、韦州、横城等。其他地区为煤层气勘探开发前景较差一差的地区。

本项目的研究工作自始至终是在中国地质调查局的领导下完成的;中国地质大学(北京)地质调查研究院给予具体指导和业务管理。中国地质调查局资源评价部王瑞江主任、陈仁义副主任、龙宝林处长、局科技外事部彭齐鸣主任、局总工室张虹高级工程师和王志敬博士等多次参加项目设计审查论证、听取项目汇报并检查指导工作,提出了许多中肯的建议,大大推动了项目的进展。中国地质大

学(北京)邓军副校长、校地质调查研究院领导万晓樵教授和顾德林教授,对项目组进行了卓有成效的组织管理、协调和条件保障,使项目组的各项工作得以顺利进行;中国矿业大学金奎励教授、安徽理工大学唐修义教授、煤炭科学技术信息研究院叶敦和研究员及原地质矿产部勘察司尹善春高级工程师对项目研究工作提出了许多宝贵意见;在资料收集和样品采集过程中,得到了全国地质资料馆、新疆煤炭管理局、新疆地质矿产局、乌鲁木齐矿务局、哈密矿务局、艾维尔沟矿、伊犁地矿局、霍城县煤管局、库车矿管局、轮台矿化公司、阳霞煤管局、阿艾东风矿、昌吉硫磺沟矿、巴里坤县矿管局、新疆156地质队、青海煤炭管理局、青海地质矿产局、甘肃华亭矿、山西神东公司康家滩矿、临县庞庞塔矿、裕民矿、柳林矿、乡宁毛则渠矿、韩城燎原矿等部门的大力支持,他们提供了大量资料和有关图件,并协助采集煤层样品等;在研究工作过程中,中国矿业大学北京校区磨片室和中国地质大学(北京)磨片室承担了粉煤光片、块煤光片、煤薄片的制备工作,中国矿业大学北京校区煤地质实验室承担了煤显微组成、反射率及显微裂隙定量统计工作,中国石油勘探开发研究院廊坊分院储层物性实验室承担了煤储层孔隙度、渗透率、比表面及孔径、低温氮吸附及等温吸附-解吸等实验工作,中国地质调查局发展研究中心所属国土资源部实物地质资料中心煤化学实验室承担了煤质分析和元素分析工作;中国地质大学(北京)汤达祯教授、武法东教授等专家对报告初稿进行了详细审阅,并提出了许多宝贵意见。中国地质调查局资源评价部龙宝林处长、中国地质大学(北京)杨遵仪院士、中联煤层气有限公司冯三利副总经理、中国矿业大学北京校区金奎励教授、中国煤炭科学信息研究院叶敦和教授和中国地质大学(北京)汤达祯教授在项目评审过程中提出了宝贵意见。在此,项目组全体成员对各有关单位、各位领导、专家和同志们两年来给予的极大关心和有力帮助,表示衷心感谢。

本书主要是在“西北地区煤层气资源综合评价”项目成果报告基础上精炼而成,部分资料成果来自国家973煤层气项目(2002CB211702)。杨起院士负责主持全书的编写工作,并执笔前言和第七章的编写工作;第一章和第二章由黄文辉、车遥、胡宝林和蔚远江执笔编写;第三章由车遥、刘大锰、胡宝林和蔚远江执笔编写;第四章由刘大锰、胡宝林、车遥和蔚远江执笔编写;第五章由刘大锰、胡宝林、车遥和蔚远江执笔编写;第六章由胡宝林、刘大锰、车遥和蔚远江执笔编写。最后由刘大锰负责全书的统编和审校工作。全书的插图清绘工作由车遥完成。

鉴于全书篇幅较大,书中引用了不少未公开发表的文献和数据,有些在书中未能一一标出出处;同时,书中难免存在不少错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作者

二〇〇五年五月十八日于北京

符号说明

- $R_{o,m}$ ——镜质组平均反射率；
 A_{ad} ——灰分；
 M_{ad} ——水分；
 C_{ad} ——碳；
 H_{ad} ——氢；
 V_d ——挥发分；
 Q_{bd} ——发热量；
 $S_{t,d}$ ——硫分；
 Y ——胶质层厚度；
 $Cl_{t,d}$ ——氯；
 $\varepsilon(P)$ ——磷；
 $\varepsilon(F)$ ——氟；
 d ——容重；
 H/C ——氢碳原子比；
 V ——镜质组；
 I ——惰质组；
 E ——壳质组；
 WY ——无烟煤；
 PM ——贫煤；
 PS ——贫瘦煤；
 SM ——瘦煤；
 JM ——焦煤；
 FJ ——肥焦煤；
 FM ——肥煤；
 QF ——气肥煤；
 QM ——气煤；
 RN ——弱粘煤；
 BN ——不粘煤；
 CY ——长焰煤；
 HM ——褐煤；
 GI ——凝胶化指数；
 TPI ——植物保存指数；
 Ma ——粗粒体；
 F ——丝质体；
 SF ——半丝质体；
 ID ——碎屑惰性体；
 T ——结构镜质体；
 $C1$ ——均质镜质体；
 $C2$ ——基质镜质体；
 VD ——镜屑体；
 DSV ——半镜屑体；
 L ——稳定组分；
 CL ——粘土；
 DC ——基质镜质体；
 TC ——均质镜质体；
 SV ——半镜质组；
 MI ——流动性指数；
 WI ——森林指数；
 HI ——氢指数；
 V/I ——镜惰比；
 W ——裂隙宽度；
 L ——裂隙长度；
 D ——孔隙喉道均值；
 SP ——分选系数；
 SK ——偏态；
 Kg ——峰态；
 p_{c50} ——饱和度中值压力；
 V_L ——饱和吸附量；
 S_{min} ——最小非饱和孔隙体积百分数；
 p_L ——兰氏压力；
 r_{Na}/r_{Cl} ——水离子比；
 Q ——煤层气资源量 (m^3)；
 A ——计算范围的面积 (m^2)；
 H ——煤层厚度 (m)；
 D_1 ——煤的密度 (t/m^3)；
 C ——煤层气含量 (m^3/t)；
 M ——煤炭资源量 (t)。

目 录

前 言

第一章 西北地区区域地质背景	(1)
第一节 西北地区构造背景	(1)
一、准噶尔盆地	(2)
二、伊犁盆地	(7)
三、塔里木盆地	(7)
四、吐哈盆地	(8)
五、柴达木盆地	(15)
六、鄂尔多斯盆地	(16)
第二节 西北地区地层发育概况	(21)
一、准噶尔盆地	(21)
二、伊犁盆地	(23)
三、塔里木盆地	(23)
四、吐哈盆地	(25)
五、柴达木盆地及祁连地区	(28)
六、鄂尔多斯盆地	(33)
第二章 西北地区沉积特征与沉积相	(43)
第一节 准噶尔盆地煤系沉积特征与沉积相	(43)
一、沉积特征	(43)
二、沉积环境	(45)
第二节 塔里木盆地煤系沉积特征与沉积相	(49)
一、沉积特征	(49)
二、沉积环境	(53)
第三节 伊犁盆地煤系沉积特征与沉积相	(56)
一、中上三叠统沉积特征与沉积相	(56)
二、侏罗系沉积特征与沉积相	(56)
第四节 吐哈盆地煤系沉积特征与沉积相	(57)
一、含煤岩系沉积特征	(57)
二、侏罗纪含煤岩系岩相空间展布	(61)
第五节 柴达木盆地煤系沉积特征与沉积相	(66)
第六节 鄂尔多斯盆地含煤岩系岩石特征及沉积相	(69)
一、上石炭统太原组	(69)
二、下二叠统山西组	(71)

三、上三叠统瓦窑堡组	(73)
四、中侏罗统延安组	(73)
第三章 西北地区煤储层的地质特征	(77)
第一节 煤储层的发育与展布特征	(77)
一、准噶尔盆地	(77)
二、塔里木盆地	(82)
三、吐哈盆地	(84)
四、伊犁盆地	(87)
五、柴北缘—祁连地区	(89)
六、鄂尔多斯盆地	(92)
第二节 煤储层的岩石学特征	(100)
一、煤储层的煤岩类型及特征	(100)
二、煤储层的显微组分组成及岩石学特征	(115)
第三节 煤储层的化学与工艺特征	(133)
一、准噶尔盆地	(133)
二、塔里木盆地	(134)
三、吐哈盆地	(137)
四、伊犁盆地	(137)
五、柴北缘—祁连地区	(141)
六、鄂尔多斯盆地	(142)
第四节 煤储层的煤级与煤类特征	(149)
一、准噶尔盆地	(149)
二、塔里木盆地	(151)
三、吐哈盆地	(156)
四、伊犁盆地	(160)
五、柴北缘—祁连地区	(161)
六、鄂尔多斯盆地	(166)
第五节 煤储层的煤相类型及分布特征	(168)
一、煤相标志	(169)
二、西北地区煤相类型及分布特征	(172)
第四章 西北地区煤储层及围岩物性与煤层气可采性关系	(187)
第一节 煤储层微裂隙及其区域分布	(187)
一、煤储层的孔隙、裂隙系统分类及术语	(187)
二、煤储层微裂隙及其区域分布	(188)
第二节 煤储层微孔隙及其区域分布	(194)
一、煤储层汞置换法孔隙特征	(195)
二、煤储层低温氮吸附法孔隙特征	(205)
第三节 煤储层渗透性及其区域分布	(220)
一、准噶尔盆地煤储层渗透性及其区域分布	(220)
二、塔里木盆地煤储层渗透性及其区域分布	(221)

三、吐哈盆地煤储层渗透性及其区域分布	(221)
四、柴达木盆地煤储层渗透性及其区域分布	(221)
五、鄂尔多斯盆地煤储层渗透性及其区域分布	(222)
第四节 煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(223)
一、准噶尔盆地煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(223)
二、塔里木盆地煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(224)
三、吐哈盆地煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(226)
四、柴达木盆地煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(227)
五、鄂尔多斯盆地煤储层的甲烷吸附-解吸特征	(227)
第五节 煤储层压力特征	(233)
一、煤储层压力类型划分	(233)
二、煤储层压力概略趋势特征	(233)
三、煤储层压力影响因素	(235)
第六节 煤储层围岩物性特征	(235)
第七节 煤储层物性与煤层气可采性关系	(236)
一、煤储层孔隙结构与煤层气可采性关系	(236)
二、煤储层渗透率与煤层气可采性关系	(237)
三、煤储层等温吸附曲线类型与煤层气可采性关系	(238)
第五章 西北地区煤层气控气地质因素	(239)
第一节 煤层气成藏条件与成因类型	(239)
一、煤层气藏形成条件	(239)
二、煤层气藏的类型	(244)
第二节 构造作用控气特征	(246)
一、构造背景与煤层气聚集	(246)
二、构造演化与煤层气富集	(246)
三、构造类型与煤层气富集	(249)
第三节 沉积作用控气特征	(252)
一、沉积作用影响煤储层的发育	(252)
二、沉积环境控制煤层气生成的物质基础	(253)
三、煤储层围岩特征与煤层气聚集	(254)
第四节 水文地质控气特征	(256)
一、西北早中侏罗世煤田水文地质特征	(256)
二、鄂尔多斯盆地水文地质特征	(257)
三、西北地区侏罗系水化学特征	(260)
四、西北地区煤田水文地质条件与煤层气富集	(263)
第六章 西北地区煤层气资源综合评价	(264)
第一节 西北地区煤层气资源量预测	(264)
一、煤层气资源量的计算方法	(264)
二、计算块段划分	(266)

三、西北地区煤层气资源分布情况	(266)
第二节 西北地区煤层气综合评价	(274)
一、评价方法	(275)
二、评价参数相对重要性排序权值	(280)
三、评价结果	(281)
第三节 部分有利地区煤层气资源评价	(290)
一、准噶尔盆地阜康至乌鲁木齐区	(290)
二、塔里木盆地库车—拜城区	(290)
三、吐哈盆地艾维尔沟至依拉湖区	(291)
四、鄂尔多斯盆地乡宁地区	(291)
五、鄂尔多斯盆地东缘吴堡地区	(292)
六、鄂尔多斯盆地横山堡地区	(294)
七、鄂尔多斯盆地韩城矿区	(295)
八、鄂尔多斯盆地离石—柳林区	(296)
第七章 结语	(297)
第一节 主要成果	(297)
一、较系统论述了西北地区煤层气形成的地质背景	(297)
二、深入剖析了西北地区煤储层的生气物质基础	(297)
三、深入系统地研究了西北地区煤储层物性特征	(297)
四、论述了西北地区煤储层围岩及顶底板物性特征	(298)
五、深入研究了西北地区煤储层物性与煤层气可采性关系	(298)
六、系统阐述了西北地区煤层气富集成藏的控制因素及煤层气藏类型	(298)
七、采用容积法计算了西北地区 1500 m 以浅煤层气资源量和煤层气资源丰度	(298)
八、采用多层次模糊数学方法全面评价了西北地区煤层气资源	(299)
第二节 关于后续工作的建议	(299)
一、深入开展低煤级煤储层的煤层气资源评价与研究	(299)
二、对高煤级煤储层的生气机理及成藏机制开展深入研究	(299)
参考文献	(300)

第一章 西北地区区域地质背景

第一节 西北地区构造背景

本次研究所涉及的西北地区包括陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆诸省区及内蒙古东胜地区。研究区位于昆仑山—秦岭以北，阿尔泰山—阴山以南，河东煤田及其以西的中国西北广大地区（图 1-1）。

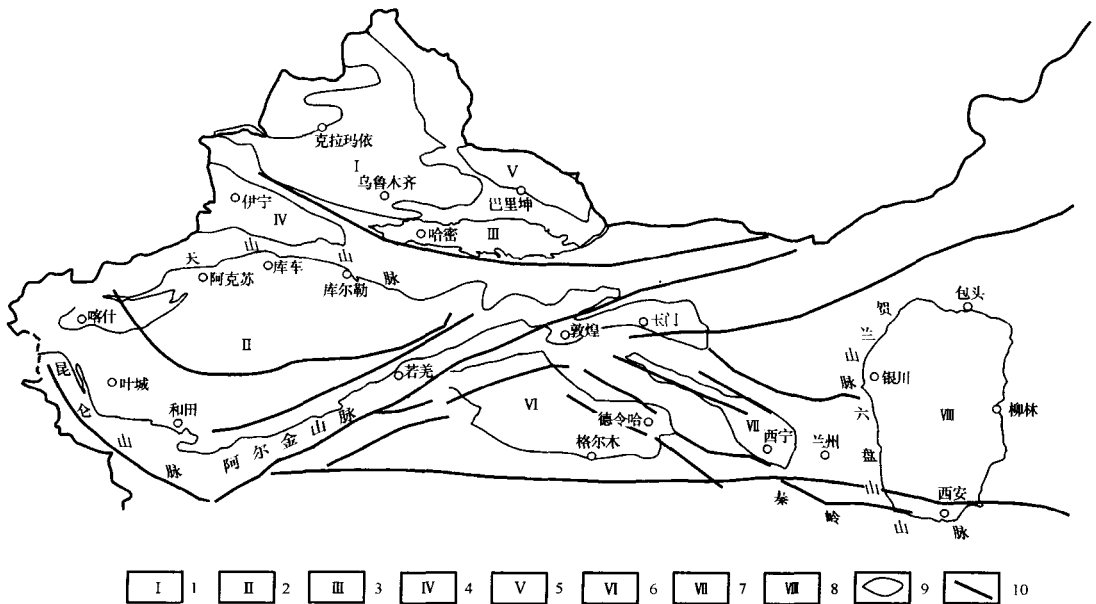


图 1-1 研究区范围与位置示意图

- 1—准噶尔盆地；2—塔里木盆地；3—吐哈盆地；4—伊犁盆地；5—三塘湖盆地；6—柴达木盆地；
7—祁连山盆地群；8—鄂尔多斯盆地；9—盆地边界；10—断裂构造

晚古生代，该区槽台相间，形成以台地相为主体的含煤层沉积，如鄂尔多斯盆地石炭—二叠纪含煤沉积。早、中侏罗世，整个西部地区处于挤压背景下的内陆拗陷型盆地沉积，形成如鄂尔多斯等一系列大中型挤压盆地。

鄂尔多斯盆地面积约 40 万 km^2 ，是我国内陆第二大盆地，发育于稳定克拉通之上，相继经历了古生代地台阶段和中、晚三叠世类似前陆盆地机制的挠曲盆地阶段以及侏罗纪相对稳定的拗陷阶段，叠合盆地长期发展，使得区内石炭—二叠纪煤系、三叠纪瓦窑堡组煤系及侏罗纪延安组煤系并存。经国内多家单位研究证实，鄂尔多斯盆地赋存着储量巨大的低灰、低硫、高热量的优质煤种和石油、天然气矿产，是我国能源潜力最大的一个盆地。

贺兰山—六盘山以西的含煤盆地的构造演化背景与其他地区相比具有特殊性，区内各盆地则具有相似性。西北的聚煤区以阿尔金断裂带为界，分为南北两大部分，其演化特点存在差异。北部是由西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块（含准噶尔地块和伊犁地块）、塔里木板块向外增生直至碰撞演化而成。西伯利亚板块和哈萨克斯坦板块在海西期碰撞形成斋桑—额尔齐斯海西褶皱带，哈萨克斯坦与塔里木板块在早石炭世初期沿南天山缝合带对接而形成天山—海西褶皱带。从总体上看，该区在早二叠世末已连成一个统一的大陆。二叠—三叠纪期间遭受剥蚀，早中侏罗世期间夷平的海西褶皱带与准噶尔地块和伊犁地块连成一个巨型的内陆湖盆，形成一套河湖相含煤沉积。阿尔金断裂以南的柴达木、祁连山和河西走廊地区在早古生代时由北祁连洋、中祁连隆起、柴北洋、柴达木地块等组成，加里东运动期褶皱成陆，河西走廊在石炭纪于褶皱带的基底上接受了海侵而形成了海陆交互相煤系，二叠纪整体抬升，聚煤作用就此结束。中祁连和柴达木地块北缘地区在晚三叠世发生断陷，形成中祁连和柴达木地块北缘早—中侏罗世聚煤盆地。始新世以来，印度板块与欧亚板块发生碰撞，青藏高原、天山等强烈隆起，西北早中侏罗世聚煤区遭受挤压变形，在淮南、祁北等地的含煤盆地内均发育有由造山带指向盆地、由基底隆起指向聚煤拗陷的逆冲推覆构造。

西北地区具有资源意义的含煤盆地主要有准噶尔、塔里木、吐哈、柴达木和鄂尔多斯等；此外，三塘湖、伊宁及祁连等中小盆地也具有一定的资源潜力。

下面将按盆地简要论述其构造背景。

一、准噶尔盆地

准噶尔盆地位于新疆北部，四周为褶皱山系所环绕，西北为西准噶尔山系（扎伊尔山—哈拉阿拉特山—阿尔加提山），东北为阿尔泰山系（青格里底山—克拉美丽山），南面为天山山脉（伊林黑比尔根山—博格达山），呈现一个三角形封闭式的内陆盆地。其面积 13.4 万 km²，沉积岩最大厚度 14000 m，是我国西北地区的一个大型的油、气、煤共生盆地，尤以侏罗纪煤系最为特征。

1. 盆地大地构造背景及基底特征

准噶尔盆地大地构造位置见图 1-2。其在古生代及其以前时期介于古西伯利亚板块与塔里木板块之间，属哈萨克斯坦板块东延部分中的准噶尔微板块之一部分；现代则属于欧亚板块的组成部分。哈萨克斯坦古板块是由几个微型板块及其边缘活动带拼接而成，北为西伯利亚古板块，其间是乔先哈拉缝合线与它对接；南为塔里木古板块，其间有汗腾格里—康古尔塔格缝合线与其对接。可见，准噶尔盆地位于准噶尔地块的核心稳定区，是一个三面被古生代缝合线包围的由晚石炭世到第四纪发展起来的大陆板内盆地（陈哲夫等，1985）。

准噶尔盆地基底为准噶尔中央地块，目前对盆地是否存在古老结晶基底尚有不同看法：一种认为准噶尔盆地具有前震旦纪基底，是由前震旦纪的变质岩构成，如黄汲清、王鸿祯、吴庆福、王汉生、胡霁琴等（1993）；另一种认为盆地基底为海西褶皱基底，在石炭纪之前属于洋盆，如李春昱、张良臣、陈哲夫及许靖华等（1990）。

航磁、地磁、重力、地震等区域物探资料均表明，盆地基底可能是前震旦系强磁性刚性块体；国家攻关三〇五项目 IV1 课题在东准噶尔小柳沟中、下奥陶统荒草坡群下部肉红

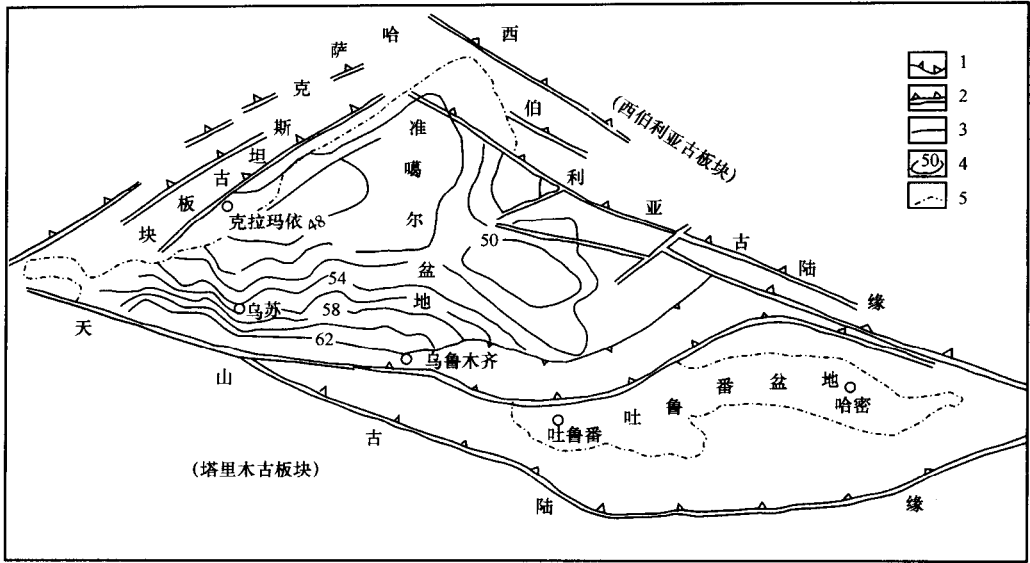


图 1-2 准噶尔盆地大地构造位置图

(据中国科学院地质研究所, 1989)

1—古缝合线; 2—岛弧带; 3—大断裂带; 4—地壳厚度及等值线 (km); 5—盆地边界

色黑云母花岗岩片麻岩中, 用单粒锆石蒸发铅法获得 1908 Ma 的年龄结果, 说明盆地确实存在着中—新元古代的大陆壳基底。再者, 盆地东北缘双井子陆缘盆地具台型特征说明, 盆地内中新元古界之下有前震旦系变质岩系构成的盆地基底, 其上发育有类似双井子地台的古生代盖层, 是呈双层结构的地块。总之, 近年来的研究反映出准噶尔盆地应具有双层结构基底: 由前寒武系结晶岩系和由古生界浅变质岩系构成中、新生代盆地沉积的基底。

2. 盆地构造基本格局

准噶尔盆地构造类型以断裂为主。盆地边缘地区变形强烈, 以侧向挤压作用形成的冲断推覆变形为主, 发育一系列与山系平行的压扭性断裂、褶皱和推覆体; 而盆地中部广大地区则变形较弱, 以继承性宽缓的拗陷和隆起变形为特色, 断裂和褶皱构造相对不发育, 力学性质也有别于边界地区。

1) 断裂体系: 从力学性质上看, 盆地内发育的断裂主要为压性、压扭性、张性和重力滑脱 4 种类型。断裂的延伸方向、形成时间、活动强度及规模等特征有较大的差异。其中, 压性断裂构成盆地主要断裂类型; 压扭性断裂主要分布于盆地西部和南缘; 张性断裂呈东西或北东走向, 主要发育于盆地腹部侏罗系; 重力滑脱断裂则集中于盆地的南缘。从断裂方向上看, 盆地西缘和东部地区断裂走向为北东和北北东; 其他地区的构造线走向为北西和近东西向。盆地内主要发育北西向、北东向、南北向和近东西向断裂体系, 其中北西向和北东向断裂体系构成了盆地的基本断裂格架。

2) 褶皱构造: 受基底起伏的影响, 盆地内隆拗格局的继承性和长期性发展控制着盖层的沉积特征, 也使褶皱构造成为盆地内发育的局部圈闭构造的主要类型。从分布范围来看, 褶皱构造的分布遍及整个盆地且与断裂伴生; 从成因机制上看, 有基岩生长背斜、推

覆背斜、挤压背斜和压扭性背斜。

盆地周缘构造的发育特点表现为不尽相同的逆冲推覆构造样式。周缘的这种逆冲推覆作用是在造山后的陆壳上进行的，具 A 型俯冲的特点，是准噶尔盆地下部的拆离向周缘造山带俯冲产生的薄皮构造。西北缘和东北缘的冲断推覆作用，形成于二叠纪，印支运动期活动强烈，燕山运动早期亦有活动；南缘的推覆构造在二叠纪开始发育，燕山运动期初具雏形，喜马拉雅运动期强烈推覆，南缘东部为正冲断推覆，形成时间较西部稍早，南缘西部斜向冲断推覆、走滑作用和重力滑脱特征明显。模拟实验表明，推覆构造是在侧向挤压力作用下产生的，常表现为褶皱与逆断层相伴出现；推覆体的内部结构与作用力方式方向和岩石力学性质密切相关。对于盆地腹部广大地区来讲，构造变形特点和构造样式类型与盆缘地区相比迥然不同。

总之，准噶尔盆地内构造样式类型丰富多彩，成因复杂，特别是断裂构造样式类型多样，总体来看，盆地西北部发育“鱼鳞”状逆冲构造；东北部发育“鱼鳞”状逆冲构造和雁列状构造；东、西隆起区为南北走向近直线状的冲断褶皱构造；南缘西部为斜向“瓦拢”状逆冲推覆构造；南缘东部为正向“瓦拢”状逆冲推覆构造；广大中央地区以北西向隆坳格局为特征，并发育正断层和逆断层。

3. 构造应力场特征

宋岩等（2000）根据准噶尔盆地的构造变形场特征，采用粘土材料对晚海西期—印支期、燕山期和喜马拉雅运动期构造变形特征进行了模拟，再根据盆地构造几何学、运动学和动力学背景分析以及构造样式及其相互关系研究可知：晚海西—印支运动期构造应力场的特征是三边挤压，西北缘的挤压力为北西—南东向，东北缘挤压力为北东向，南缘的挤压力为南北向。燕山运动期西北缘、东北缘和南缘的挤压力均为近南北向。喜马拉雅运动期来自东北方向和西北方向的作用力变小，盆地南缘的挤压力十分强烈并伴有右行走滑作用。上述模拟结果再现了准噶尔盆地的构造形成过程，进一步证明了盆地的地质构造是在周缘挤压和压扭构造应力场作用下形成的（图 1-3）。

4. 构造单元划分与分区特征

准噶尔盆地形成之前，其中央地块就存在着地幔隆起区，并使上部地壳减薄，幔源上涌，致使准噶尔中央地块发生拉张裂隙，其上的中晚古生代盖层因而破裂解体，形成分布无序、由拉张断裂控制着边界的隆坳相间的三隆两坳构造格局（图 1-4）。

晚海西期是准噶尔盆地坳隆构造格局形成、演化时期；印支—燕山运动为进一步叠加和改造（盆地东部改造作用较为显著）；喜马拉雅运动重点作用于盆地南缘，对其他地区影响较轻。因此，前人以含油气构造理论为划分准则，考虑到油气勘探的需要，并使所划分的构造单元满足含油气区带评价的要求，自北向南划分出乌伦古坳陷、陆梁隆起、西部隆起、中央坳陷和东部隆起 5 个一级构造单元和 30 个二级构造带（图 1-4）。

5. 盆地构造—沉积演化

区域构造演化经历了二叠纪的裂陷阶段、三叠纪至渐新世末期的坳陷阶段和中新世至今的收缩—整体上隆阶段。相应地，其沉积演化经历了早二叠世前陆型海相—残留海相盆地、中晚二叠世前陆型陆相盆地、三叠纪—早第三纪震荡型陆相盆地、晚第三纪—第四纪前陆型陆相盆地四个阶段。盆地边缘造山带的多旋回活动，对盆地的演化产生不同的影响，盆地现今的构造格局是多次构造运动叠加的结果。