



博士后文库
中国博士后科学基金资助出版

非洲新能源勘探与技术经济管理 ——以卡鲁盆地为例

李金珊 著



科学出版社

(TE-0222.01)



科学出版社互联网入口

能源与动力分社

电话: (010) 64003151

E-mail: wufanjie@mail.sciencep.com

销售分类建议: 石油与天然气

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-059108-1



定 价: 88.00 元



文库
中国博士后科学基金资助出版

非洲新能源勘探与技术经济管理

——以卡鲁盆地为例

李金珊 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书简要阐述了非洲卡鲁盆地煤层气地质资源和含气量预测技术评价,主要研究非洲卡鲁盆地的地质特征、含气量的预测,以及项目的开发优化管理,可为从事海外其他煤层气项目的并购、勘探开发运作提供一些借鉴与参考。

本书可供从事新能源研究领域的科研人员参考,特别适合非常规天然气等项目的科研人员使用,还可供相关专业的科研、生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

非洲新能源勘探与技术经济管理:以卡鲁盆地为例 / 李金珊著. —北京:科学出版社, 2018.10

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-059108-1

I. ①非… II. ①李… III. ①盆地-新能源-地质勘探-研究-非洲
②盆地-新能源-能源经济-技术经济-经济管理-研究-非洲 IV. ①P62
②F440.62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第232452号

责任编辑:吴凡洁 冯晓利 / 责任校对:彭 涛
责任印制:师艳茹 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年10月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018年10月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:230 000

定价:88.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



李金珊，男，博士后，高级工程师，澳大利亚矿冶协会 AusIMM 会员，中国能源研究会会员，主要研究新能源、资源经济管理领域。

1996年毕业于山东大学经济管理系，2010年毕业于中国矿业大学管理学院，取得工商管理硕士学位，期间在能源经济研究所参加国家能源局的国家煤炭产业政策研究。2014年毕业于北京科技大学土木与资源工程学院，获得工学博士学位，同时在北京科技大学博士后流动站从事新能源领域的研究。期间，获得国家发明专利5项，并在《煤炭学报》《石油学报》《天然气地球科学》《东北大学学报》《中国矿业》等学术期刊发表多篇 EI 检索论文和担任审稿专家。

《博士后文库》编委会名单

主 任 陈宜瑜

副主任 詹文龙 李 扬

秘书长 邱春雷

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

傅伯杰	付小兵	郭坤宇	胡 滨	贾国柱
刘 伟	卢秉恒	毛大立	权良柱	任南琪
万国华	王光谦	吴硕贤	杨宝峰	印遇龙
喻树迅	张文栋	赵 路	赵晓哲	钟登华
周宪梁				

《博士后文库》序言

1985年，在李政道先生的倡议和邓小平同志的亲自关怀下，我国建立了博士后制度，同时设立了博士后科学基金。30多年来，在党和国家的高度重视下，在社会各方面的关心和支持下，博士后制度为我国培养了一大批青年高层次创新人才。在这一过程中，博士后科学基金发挥了不可替代的独特作用。

博士后科学基金是中国特色博士后制度的重要组成部分，专门用于资助博士后研究人员开展创新探索。博士后科学基金的资助，对正处于独立科研生涯起步阶段的博士后研究人员来说，适逢其时，有利于培养他们独立的科研人格、在选题方面的竞争意识以及负责的精神，是他们独立从事科研工作的“第一桶金”。尽管博士后科学基金资助金额不大，但对博士后青年创新人才的培养和激励作用不可估量。四两拨千斤，博士后科学基金有效地推动了博士后研究人员迅速成长为高水平的研究人才，“小基金发挥了大作用”。

在博士后科学基金的资助下，博士后研究人员的优秀学术成果不断涌现。2013年，为提高博士后科学基金的资助效益，中国博士后科学基金会联合科学出版社开展了博士后优秀学术专著出版资助工作，通过专家评审遴选出优秀的博士后学术著作，收入《博士后文库》，由博士后科学基金资助、科学出版社出版。我们希望借此打造专属于博士后学术创新的旗舰图书品牌，激励博士后研究人员潜心科研，扎实治学，提升博士后优秀学术成果的社会影响力。

2015年，国务院办公厅印发了《关于改革完善博士后制度的意见》（国办发〔2015〕87号），将“实施自然科学、人文社会科学优秀博士后论著出版支持计划”作为“十三五”期间博士后工作的重要内容和提升博士后研究人员培养质量的重要手段，这更加凸显了出版资助工作的意义。我相信，我们提供的这个出版资助平台将对博士后研究人员激发创新智慧、凝聚创新力量发挥独特的作用，促使博士后研究人员的创新成果更好地服务于创新驱动发展战略和创新型国家的建设。

祝愿广大博士后研究人员在博士后科学基金的资助下早日成长为栋梁之材，为实现中华民族伟大复兴的中国梦做出更大的贡献。



中国博士后科学基金会理事长

前 言

随着国家“一带一路”倡议实施和生态环境保护日益受到重视，对新能源需求与日俱增。非洲资源丰富，与非洲合作勘探开发煤层气具有深远的意义。研究非洲卡鲁盆地煤层气地质特征及含气量特征，对煤层气资源区域进行深入的探索，可以降低甲烷气体对大气环境的温室效应，煤层气资源的利用可取得巨大的经济效益，并进一步优化以煤为主的能源结构，缓解能源短缺，对政治经济、社会发展、生态环境等合作的开展及国家的发展具有深远的意义。

本书研究非洲卡鲁盆地煤层气地质特征及含气量特征，采用等温吸附解吸测试方法进行煤样实验，完成卡鲁盆地煤层含气量特征的分析，并对煤层气资源量进行预测研究；采用灰色系统理论方法，构建卡鲁盆地煤层气储量模型，通过已知煤层气钻井数值，与预测储量进行对比，计算了各煤层气储量实际值与预测值之间残差及平均相对误差值；构建综合效益评价模型，对卡鲁盆地煤层气开发项目的经济效益和非洲社会环境效益做出综合评价，对未来市场进行预测研究，对非洲卡鲁盆地煤层气项目勘探技术和开发方案进行优化管理。

感谢北京科技大学资源与土木工程学院的能源专家朱维耀教授、中国石油勘探开发研究院廊坊分院煤层气专家孙斌和中国石油勘探开发研究院的油气地质专家秦胜飞等给予的指导和帮助，感谢中钢津巴布韦有限公司提供的技术支持，感谢我的妻子赵琳给予支持。

感谢中国博士后科学基金会项目的资助。

由于作者水平有限，书中难免存在不足，恳请读者批评指正。

作 者

2018年7月

目 录

《博士后文库》序言

前言

第一章 绪论	1
第一节 煤层气富集成藏	1
一、煤层气与常规天然气异同	1
二、煤层气的成藏基础	2
第二节 煤层气形成条件及主控因素	8
一、煤层气成因类型	8
二、煤层气富集条件	9
三、含煤性条件	12
四、含气性条件	14
五、可采性条件	14
六、煤层气富集的主控因素	16
第三节 煤层气地质特征	17
一、煤层沉积岩环境	17
二、煤储层岩石学特征	17
三、煤储层物性特征	18
四、煤储层裂隙	19
五、煤储层渗透率	20
六、煤储层吸附与解吸特征	21
七、煤储层解吸特征	21
第四节 煤层气成藏控制理论	22
一、影响煤层气富集的因素	22
二、煤岩性质对煤层气富集的影响	22
三、地球物理场对煤层气富集的影响	26
四、地质构造对煤层气富集的影响	27
第五节 煤层含气量测定方法与选区评价	28
一、煤层含气量测定方法	28
二、煤层气富集区预测理论与方法	30
三、煤层气高渗透区预测理论方法	31
四、储量预测方法	31
五、煤层气综合选区评价	32

第二章 世界煤层气资源开发现状	33
第一节 世界煤层气资源现状	33
第二节 非洲煤资源开发现状	39
第三节 中国煤层气勘探实例	41
一、鄂尔多斯盆地煤层气案例	41
二、总体经济评价	45
第四节 美国煤层气勘探实例	45
一、圣胡安盆地开发实例	45
二、粉河盆地开发案例	52
第三章 非洲卡鲁盆地煤层气地质特征	58
第一节 非洲卡鲁盆地工作现场情况	58
一、基本概况	58
二、勘探现场	60
第二节 非洲卡鲁盆地煤层地质特征	62
一、二区块	62
二、三区块	65
三、一区块	65
第三节 非洲卡鲁盆地煤岩煤质分析	67
一、煤岩结构特征	67
二、煤层裂隙类型	68
第四节 非洲卡鲁盆地煤岩显微组分演化	68
第五节 非洲卡鲁盆地煤岩储层物理性质	69
一、煤层渗透率	69
二、煤层的孔隙度	70
三、煤层的地温	70
四、煤储层压力	72
第六节 非洲卡鲁盆地煤层含气性特征	73
一、煤层气气体成分	73
二、等温吸附特征	73
三、对含气量影响因素分析	74
第七节 非洲卡鲁盆地水文地质特征	75
第四章 非洲卡鲁盆地煤层气资源预测	77
第一节 非洲卡鲁盆地煤层气等温吸附实验	77
一、煤层气产出基本特征	77
二、等温吸附解吸实验	78

第二节 非洲卡鲁盆地二区块含气量特征	80
一、煤层解吸特征	80
二、解吸影响效果分析	87
第三节 非洲卡鲁盆地三区块含气量特征	93
一、解吸曲线特征	93
二、含气量影响因素分析	94
第四节 非洲卡鲁盆地一区块含气量特征	98
一、等温吸附解吸曲线	98
二、含气量影响因素分析	98
第五节 非洲卡鲁盆地煤层气资源预测	99
一、资源量计算方法和计算对象	99
二、资源量关键参数确定与计算	101
三、卡鲁盆地煤层气资源的前景	102
第六节 灰色系统法建模预测煤层气资源量	105
一、构建煤层气藏储量模型	105
二、储量定量测试结果	108
第五章 非洲卡鲁盆地煤层气项目经济评价	111
第一节 非洲卡鲁盆地煤层气市场分析	111
一、非洲卡鲁盆地煤层经济环境分析	111
二、开发作业费用预测	112
三、项目评价方法综述	114
第二节 非洲卡鲁盆地煤层气项目投资概算	116
一、项目开发应用分析	116
二、项目组建及设备预算	119
三、勘探开发投资估算	121
四、生产开发投资估算	124
第三节 非洲卡鲁盆地煤层气项目经济评价	124
一、经济评价指导原则	124
二、经济评价影响因素	125
三、构建经济评价模型	127
四、敏感性分析	130
五、经济评价结论	132
第四节 非洲卡鲁盆地煤层气项目综合评价	132
一、社会、经济和环境效益分析	132
二、构建综合效益评价模型	134
三、综合效益评价结论	134

第六章 非洲卡鲁盆地煤层气开发优化管理	136
第一节 煤层气系统开发管理概述	136
一、煤层气产能评价	136
二、煤层气开发方案实施	138
三、煤层气排采工艺技术	138
第二节 煤层气地球物理技术管理	139
一、岩石物理技术	139
二、煤层气测井评价	141
三、煤层气地震识别与综合解释技术	141
四、开发动态监测技术	143
第三节 微地震压裂监测技术管理	144
一、微地震技术概述	144
二、微地震采集技术	145
三、微地震处理技术	146
四、微地震解释技术	147
五、煤层气测井勘探技术	148
第四节 “井工厂” 钻井技术管理	151
一、“井工厂” 的概念及特点	152
二、“井工厂” 井眼轨道设计技术	153
三、水平井钻井工艺	155
四、超短半径径向水平井钻井	156
五、提高煤层气采收率裸眼完井技术	157
六、煤层气开采技术发展趋势	158
第五节 非洲卡鲁盆地煤层气开发方案	158
一、煤层资源状况	158
二、前期布井方案研究	161
三、设计工程方案	163
四、布井设计目的	164
第六节 非洲卡鲁盆地煤层气开发工程	165
一、工程设计研究	165
二、钻井工程研究	166
三、电测井工程研究	170
四、排水采气工程研究	171
五、增产工程研究	172
参考文献	177
编后记	183

第一章 绪 论

第一节 煤层气富集成藏

煤层气是一种非常规天然气,在勘探开发技术上有很多方面有别于常规油气,尤其是在储层性质、储集机理、运移机制和产量等方面。煤层气是一种与煤共生共储的天然气,主要成分为甲烷(CH_4),并不同程度地含有少量其他成分的气体,其中甲烷成分可占 90%~99%,因此在有关煤层气富集的研究中,煤层气富集特指煤层甲烷富集^[1]。

煤层气的富集受其生、储、保、运条件的影响,在一定的横向平面与深度范围内呈分区分带性。煤层气富集程度的研究一般在一定级别的构造空间内进行,研究方法是对一定空间范围内煤层气的含气性的差异进行比较。煤层气富集规律的研究,应当以煤层气的生、储、保、运条件为基础,以煤层气的含气性为富集指标,并限定一定的构造研究范围和级别,使煤层气富集程度既具有一定的区域规律性,又具有一定的差异可比性,同时兼顾煤层气富集的特殊地域性,这样才能使有利于探索煤层气富集的本质规律。煤层气的富集是指在特定构造级别或研究区域内,煤层气因生、储、保、运条件的差异,煤层气含气性在一定区带内的相对集中^[2]。

一、煤层气与常规天然气异同

煤层气与常规天然气的主要成分都是甲烷,均是优质能源和化工原料,煤层气源于煤层又赋存于煤层之中,可谓“自生自储”,气体以吸附形式赋存于煤孔隙介质中;天然气源于烃源岩(泥岩、灰岩、煤层),大多数经运移聚集在储集岩石中砂岩、灰岩等,可谓“他生他储”,气体则以游离方式存在。两者在其他方面的差异主要源于这一根本区别。煤层气基本不含无机杂质,天然气一般含有无机杂质^[3,4]。在地下存在方式不同,煤层气主要是以大分子团的吸附状态存在于煤层中;天然气主要以游离气体状态存在于砂岩或灰岩中。生产方式、产量曲线也不同^[5]。煤层气是通过排水降低地层压力,在煤层中通过“解吸—扩散—流动”采出地面,天然气主要是靠自身的正压产出^[6-10]。煤层气初期产量低,但生产周期长,可达 20~30 年;而天然气是初期产量高,生产周期一般在 8 年左右。煤层气又称煤矿瓦斯,是煤矿生产安全的主要威胁,并且煤层气的资源量直接与采煤相关,采煤

之前如不先采气,在采煤过程中煤层气会排放到大气中。据联合国有关资料统计,我国每年随煤炭开采而损失的煤层气资源量在 $1.94 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 以上;而天然气资源量受其他采矿活动影响较小,可以有计划地开采^[11-14]。

由上可见,煤层气藏和常规天然气有很大差异,最主要的特征是煤层气藏中的甲烷是以吸附状态存在于煤层微孔隙中。煤层气的资源潜力取决于煤层气的生成量和煤层的储集性能。研究煤层气的成藏条件有助于判断煤层气的资源潜力。煤层气藏的形成条件主要包括烃源条件、储集条件、构造条件、热力条件及影响吸附能力的压力封闭条件等^[15-17]。

二、煤层气的成藏基础

煤层气的形成是指形成煤的前身——泥炭层的沉积环境,在自然状态下,煤层气顺煤层由深部向浅部^[18-21],由压力大的部位向压力小的部位,由浓度高的部位向浓度低的部位扩散、运移,形成了煤层气富集区域。

正常来讲,煤层厚度大、层数多且含气量较高的部位可以看作是煤层气富集区域。后期改造如构造、岩浆岩对煤层气的赋存影响较大,构造、岩浆岩对煤层的破坏作用,使在一定的区域范围内煤层气的赋存规律发生了变化,造成有些区域煤层气富集或逸散^[10,22-24]。

文献资料显示,不同阶段的成煤作用有不同的生气量,即生成 1t 褐煤可产生 $68 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 长焰煤可产生 $168 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 气煤可产生 $212 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 肥煤可产生 $229 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 焦煤可产生 $270 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 瘦煤可产生 $287 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 贫煤可产生 $333 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,生成 1t 无烟煤可产生 $419 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$,由此可见随着煤化作用的加深,分解出煤层气越多^[8,11,25]。

煤层气富集程度的指标为煤层气含气性,含气性包括煤层甲烷含量、含气浓度、含气饱和度、含气丰度、资源密度、含气强度等指标,其中以前四项指标较常用。煤层甲烷含量,指单位体积或单位质量煤体中所含有的标准状况下的甲烷体积,以单位质量煤表示,煤层甲烷含量单位通常为 cm^3/g 或 m^3/t ,其中按照分析目的不同,又分为不同的基准含量。煤层甲烷含量是煤层气富集程度的主要判别指标。含气浓度,指煤层气组分中甲烷成分所占的体积分数,表示含气质量的好坏,过低的煤层甲烷浓度不具备煤层气富集研究价值。含气饱和度,指煤层实际含气量与理论含气量的比值,表示煤层气实际含气能力。含气丰度,指单位面积范围内煤层气的含气资源量,用来表示煤层气的区域富集程度^[26]。煤层甲烷含量是煤层气富集的主要判别指标,在一定的研究范围内,不同的区块之间,煤层气含量相对大者,可判定为煤层气富集区。

煤层气的富集具有分区分带性特征。煤矿生产及现代煤层气勘探证明,不同的地质构造级别上煤层气的分布并不均一,不同聚煤区、不同含煤盆地、不同煤田、不同矿区,甚至同一矿井的不同煤层、同一煤层的不同区域,煤层气的富集程度都不同,使得煤层气的富集表现出垂向和横向上的分区分带性。垂向上,由于深部煤层气向上运移,地表空气、表土中的生物化学和化学反应生成的气体向下运移,从而使赋存在煤层中的甲烷气体表现出垂向分带的特征。据乌克兰顿巴斯地区的资料^[27,28],在空间上与烟煤和弱变质无烟煤分布一致的含甲烷煤层的A区,低于煤层气风化带,煤层甲烷的含量随其埋藏深度按双曲线关系增加,而且煤层的煤层气含量大小取决于煤的变质程度;在空间上与高变质无烟煤展布一致的不含甲烷煤层的B区在埋深1500~1600m以浅的煤层中完全没有甲烷气;横向上,由于煤化度、煤的岩相组分导致了煤的生气能力分布不均,而盖层性质和厚度、褶皱及断层、地下水的流动导致了煤层气保存运移条件的变化,进而引起煤层气横纵向上的煤层气分布不均。由于引起煤层气赋存的宏观、微观条件的变化,决定了煤层气的赋存富集区,同时也导致了煤层气富集的存在分区分带性。

煤层气是在成煤过程中与煤同时生成,因此煤层气的富集首先受控于煤层气生成的物质基础;其次,煤层气的富集还受控于其储集条件。不同于常规天然气,煤层气具有特殊的物理性质,即吸附性,不同变质程度的煤对甲烷具有不同的吸附性能,同时吸附性能又受外部温度、压力条件和煤的内部组分和煤岩类型的影响,使煤层气的储集条件是煤层气富集的又一重要影响因素。

已有文献研究表明^[29],从长焰煤煤化为无烟煤时,吨煤曾生成 200m^3 以上的煤层气,但现今保存在煤层中的煤层气不到生气量的1/10,大部分已经放归大气。在地质构造变动过程中,会引起煤层气的封盖条件和运移条件的变化,一般认为,现今煤层气含量的多少决定于其保存条件,而不是其生成条件。因而,煤层气的富集需要有丰厚的产气基础、良好的储集条件和保存条件。

煤层气藏是指在压力作用下“圈闭”着一定数量气体的煤岩体。在自然界,处于一定埋深的煤层均可能含有一定数量的煤层气,且随深度的增加,裂隙发育程度高,通常随着煤阶的增大,煤镜质组反射率($R_{o,max}$)增大,产气能力提高如图1-1所示。

勘探实践证明,不是有煤层就有具有经济开采价值的煤层气,有效煤层气藏指具有商业性开采价值的煤层气藏,即煤层气资源量必须具备商业性开采条件的气藏。有效煤层气气藏需从煤层厚度、埋深、含气量、渗透率和资源量等参数综合确定。煤层气藏主要成藏特征有以下几个方面。

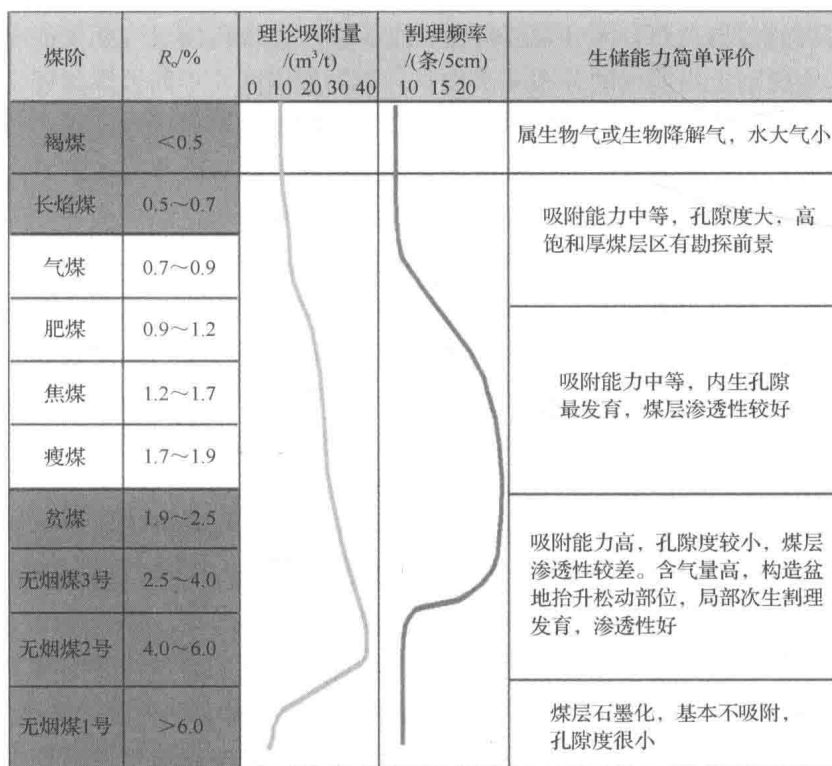


图 1-1 煤理论吸附量、裂隙发育程度与煤阶关系

1) 煤层气烃源条件

煤层气的烃源岩就是煤本身。煤富含有机质, 在埋藏过程中, 可通过两种途径生成天然气: ①在泥炭化阶段, 沼泽中植物遗体通过微生物的降解作用生成的天然气, 称之为生物成因煤层气; ②煤化作用过程中, 有机质受热发生裂解作用生成天然气, 称之为热成因煤层气。两种成因的煤层气均有一定数量被保存在煤的分子结构内, 形成煤层气藏。煤层气的成分中 CH_4 占绝对优势, CO_2 很少, 而常规天然气中 CO_2 和重烃含量比煤层气中的要高。

在成煤作用过程中, 各种显微组分对成气的贡献不同。热模拟实验表明, 显微组分最终成烃效率比约为类脂组: 镜质组: 惰质组=3:1:0.71; 产烃能力比约为 3.3:1.0:0.8。在相同演化条件下惰质组产气率最低; 镜质组为惰质组的 4 倍; 类脂组最高, 为惰质组产气率的 11 倍左右, 并能产出较多的液态烃。由此可见, 煤的显微组分含量多少直接关系煤层气的富集条件, 在我国大多数煤煤层的腐殖煤中, 显微组分含量以镜质组最高, 一般可占 60%~80%; 惰质组占 10%~20% (高者可达 30%~50%); 类脂组的含量最低, 一般不超过 5%。

煤是以腐殖型有机质为主的可燃有机岩, 其中还或多或少地混有无机矿物质。由于成煤原始物质来源不同及其在成煤过程中所处环境的差异, 煤的岩石组成和

化学成分比较复杂。煤的有机显微组分包括壳质组、镜质组和惰质组。各显微组分因其 H/C 和 O/C 原子比数量不同和结构的不同而具有不同的生烃潜力。有机岩石学和地球化学工作者通过实验室,对煤显微组分的分离并进行热模拟实验,各种显微组分的生烃潜力如下。

(1) 壳质组。壳质组是富氢并有较长链的脂肪族化合物,含有某些饱和的环烷、芳香环及含氧官能团,含氢量高,高温分解时能产生大大超过 50% 的挥发油,生烃能力很强。藻类物质是含有少量芳香环和含氧官能团的最富氢长链脂肪族化合物,具有最高的生烃能力,壳质组是煤成油的主要显微组分。

(2) 镜质组。镜质组由植物的木质-纤维组织在沼泽覆水条件下经凝胶化作用转变而来,主要由具短脂肪链与含氧官能团联结的芳香结构组成,具有低氢高氧的特征。富氢镜质组可能具有氢化芳香结构,富含烃。镜质组是煤中的主要成分,因此被认为是生气的主要母质。

(3) 惰质组。惰质组由植物的木质-纤维组织在沼泽氧化条件下经丝炭化作用转变而来,具有碳含量高而氢含量极低的特性,不仅不能生油,产气量也比相同煤阶的壳质组和镜质组要低得多,因而通常不把惰质组作为油气母质。但是,近年来的一些研究发现惰质组组分,如澳大利亚某些煤的降解丝质体、冈瓦纳及南非某些煤中的粗粒体、菌类体甚至碎屑惰质体并非完全惰质。特别是南半球煤中“活性半丝体(RSF)”的发现以及荧光与非荧光惰质体的划分,为上述地区煤成烃的评价提供了重要的岩石学证据。

2) 煤层气储集条件

煤层气的储层就是煤层本身,储集性能取决于煤的物性,即煤的孔隙性和渗透率。煤的孔隙性和渗透率又受裂隙发育程度的影响。割理是煤中的内生裂隙,由凝胶化物质在压实成岩过程中脱水老化形成,为镜质组中的垂直裂隙。与外生裂隙不同的是割理不穿过整个煤层,因此不会导致原生气的运移扩散。中煤阶的煤,特别是其中的镜质组,孔渗性好,割理也最发育,储气性最好。低煤阶煤孔隙大,但吸附力较差,生气量小。高煤阶煤过于致密,割理大部分已经关闭,若外生裂隙不发育,则渗透性差,煤层气开采难度大。

煤层气生成后,一部分气体通过分子扩散途径或通过裂隙运移至邻近的砂岩中,另一部分气体中绝大部分以吸附状态保存在煤分子结构里,这部分气体一般不发生运移或不发生显著运移。只有当煤层的压力下降时,例如,煤层被抬升变浅,煤层气发生解吸,解吸的气体通过煤基质和微孔隙扩散进入裂缝网络中,再经过裂缝网络流出煤层。

常规天然气则完全是经过运移的游离气。煤既是煤层气的源岩,同时也是煤层气的储层,是自生自储的气藏。煤层气藏内的天然气以三种状态存在,即游离气、吸附气和溶解气,且以吸附气为主。煤储层的孔隙极小,主要发育微孔隙及