

煤层气储层测井 评价方法及其应用

侯俊胜 著

冶金工业出版社

煤层气储层测井评价方法 及其应用

侯俊胜 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2000

内 容 提 要

本书比较全面系统地论述了煤层气储层地质、煤层气测井系列、测井煤储层识别、测井储层参数计算和储层综合评价方法。具体内容包括如下几个方面:(1)煤层气储层地质与储集特征综合分析;(2)煤层气测井系列与煤层气储层测井评价的基本内容;(3)煤层气测井资料预处理方法;(4)煤层气储层测井定性识别方法(简单定性识别方法、模糊综合评判方法与自组织神经网络方法);(5)煤层气储层参数测井定量计算方法(体积模型、BP神经网络与回归分析);(6)煤层气储层渗透性评价方法及储层综合评价方法的探索。并针对煤层气储层测井信息的非线性特征等,重点讨论了现代非线性信息处理技术(例如,神经网络、模糊数学理论、最优化技术-遗传算法和复合形方法)应用于煤层气储层测井评价的研究成果。每章末尾附有重要参考文献,书末附有全书常用符号表和有关处理解释软件使用说明。

本书可供石油、煤炭、地矿等部门地球物理测井资料处理解释人员和科研人员参考,也可作为大专院校地球物理专业和其他有关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

煤层气储层测井评价方法及其应用/侯俊胜著. —北京:冶金工业出版社, 2000.10

ISBN 7-5024-2671-X

I . 煤… II . 侯… III . 煤成气-储集层-测井-评价
IV . P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 49248 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 田 锋 戈 兰 责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

北京梨园彩印厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2000 年 10 月第 1 版, 2000 年 10 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 5.25 印张; 138 千字; 155 页; 1-1000 册

14.80 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

众所周知,在人类长期的煤矿开采业中,煤层气(俗称瓦斯)过去历来被看做是有碍煤矿开采生产安全的有害因素,因而成为人类防护排放的对象。近 30 余年来,随着科学技术的不断发展进步,人们发现,这种所谓“有害因素”却完全可以作为一种新型能源被大规模开发利用,使之造福于人类。因而近些年,对煤层气的勘探开发研究已取得惊人的发展,例如在美国,煤层气工业于 20 世纪 70 年代起步,80 年代得到迅速发展,到 90 年代已达到年产量约 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的生产水平。

我国有丰富的煤炭资源,其储量位居世界第三,同时也是煤层气资源丰富的国家。根据煤炭系统对我国煤层气进行的资源预测表明,在埋深小于 2000m 的浅层范围内,煤层拥有甲烷资源量为 $(30 \sim 35) \times 10^{12} \text{ m}^3$,与我国常规天然气资源量相当,其中小于 1000m 埋深的资源量为 $(6.2 \sim 19.8) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。在我国一般储存煤层气的煤均在 200m 以下,分布区域为华北区、南方区和东北区,其成煤时代主要为石炭二叠纪。当前,为了开发利用煤层气资源,我国煤炭、地矿、石油等部门从“六五”期间就已开展了煤层气的勘探开发研究工作,还得到了联合国的资助,并且取得了许多可喜的进展。

我们知道,关于煤层气储层特性的评价分析,在整个煤层气的勘探开发工作中占有重要地位。目前主要采用了地质、实验室分

析、试井和测井等方法。综合对比这些不同方法可知,取芯分析具备全面、精度高的特点,但成本高、效率低,不适于大面积开发。测井方法具有成本低、效率高、方法多和适用性广等特点,只需结合少量实验室取芯分析和试井资料,便能够对较大范围内的储层作出较准确评价。因此,地球物理测井方法在当前煤层气储层评价中日益发挥其重要作用。

关于利用地球物理测井方法进行煤层气储层评价,国内外都已开展了有关的研究工作。例如,美国天然气研究所(GRI)提出了利用地球物理测井信息和回归分析进行煤质分析,确定煤层深度、厚度和含气量等。中国新星石油公司华北石油地质局及其测井站开展了有关煤层气测井数据采集解释和相关方法的研究,中国地质大学物探系测井研究室开展了利用神经网络、模糊模式识别、多元统计、灰色系统理论、裂缝性储层评价理论等进行煤层气识别、孔隙度和含气量等储层参数的计算方法研究。中联煤层气有限责任公司、辽河油田、大港油田、华北油田以及煤炭系统结合研究区的具体情况也提出了一些具有地区性的测井评价方法等。

综合分析国内外煤层气测井的研究工作,虽然已开展一些研究并取得一定实效,但缺乏有效实用的测井处理解释方法技术和较系统的研究工作。因此,全面系统地开展煤层气储层测井评价方法研究工作和系统整理相关的研究工作是非常必要的。

基于国内外煤层气测井的研究现状和煤层气勘探开发对测井技术的需求,作者自1993年以来,结合博士后科研工作以及由国家“863”计划和胜利油田联合资助的研究项目,开展了煤层气识别方法应用研究。为了进一步全面系统地开展煤层气储层测井评价方法研究,作者于1996年向原地矿部地质行业基金会提出开展“煤层气储层测井综合评价解释系统研究”,1997年5月该项目正式被批准并启动。其研究内容包括测井曲线的预处理方法(环境影响校正方法)、煤层气储层定性识别技术、储层参数定量解释技术和储层综合评价技术等。经过两年多(1997.5~1999.5)的工作,全部完成了有关研究任务。所完成的研究成果受到了国内同

行专家的一致好评。此外,作者又结合辽河油田资助的煤层气项目进行进一步深入开展了有关研究工作。

鉴于目前国内外还没有关于煤层气储层测井评价方法的研究专著出版,为此,作者在博士后科研成果、国家“863”项目和地矿部地质行业基金项目以及作者其他相关项目研究成果的基础上编写了本专著。其具体内容包括如下几个方面:

(1)在详细调研煤层气储层地质的基础上,综合分析研究了煤层气储层地质与储集特征。

(2)在系统分析油气与煤田测井技术的基础上,论述了煤层气地球物理测井方法系列及其地球物理测井评价的基本内容。

(3)基于数字滤波理论和其他前人相关研究工作,讨论了煤层气测井资料预处理方法。根据测井资料数字处理方法,提出了包括常规煤层气测井资料的数字滤波方法和常用测井系列环境校正方法。

(4)关于煤层气储层测井定性识别方法,具体包括基于常规天然气储层评价的测井定性识别方法,讨论了改进的模糊综合评判方法和自组织神经网络方法。

(5)关于煤层气储层参数测井定量计算方法。讨论了应用BP神经网络方法、煤层气储层体积模型、兰氏方程和回归分析方法进行储层参数测井定量计算。

(6)讨论了煤层气储层渗透性评价方法及储层综合评价方法的探索。将现代最优化技术——遗传算法与复合形最优化方法引入煤层气储层渗透性评价。根据裂缝储层综合评价方法,提出了煤层气储层综合评价的若干指标和方法。

(7)应用上述煤层气储层测井评价方法,对我国华北和东北等煤层气试验区煤层气储层测井资料进行了应用研究,并取得较好的应用实效。

本书得到原地矿部地质行业基金、国家“863”计划、国家博士后科研基金以及辽河油田煤层气测井科研项目等方面的资助。本书稿的有关研究工作得到了中国地质大学(北京)应用地球物理系

蔡柏林、黄智辉、尉中良、管志宁等教授的热情指导和帮助,蔡柏林教授对书稿进行了认真审阅,地质出版社曹玉教授为本书出版提供了许多指导和帮助,原地矿部高咨中心许宝文教授无偿提供了许多有关煤层气资料,中国新星石油公司华北石油地质局测井站总工程师李纪森高工提供了有关实际煤层气测井资料和相关研究成果,中国地质大学(北京)应用地球物理系本科毕业生王颖和谭静两位同学以及作者指导的硕士研究生董红同学参与了其中部分研究工作;此外,在本书编写过程中作者参阅了大量前人的有关成果,冶金工业出版社田锋、戈兰同志为本书的出版也付出了大量心血,在此对他们一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,本书不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2000年9月于北京

目 录

第 1 章 煤层气储层地质特征分析	1
1.1 煤层气储集特征和产出机理	1
1.2 控制煤层气富集的主要因素	4
1.3 煤层气储层参数及评价概论	8
1.4 煤层气储层与常规天然气砂岩储层的比较	11
参考文献	13
第 2 章 煤层气测井技术与储层测井评价概论	14
2.1 引言	14
2.2 煤层气地球物理测井技术	15
2.3 煤和岩石的地球物理性质	19
2.4 煤层气储层测井评价的基本内容	21
参考文献	31
第 3 章 煤层气测井数据的预处理方法	33
3.1 测井数据处理格式	33
3.2 测井数据的数字滤波方法	34
3.3 测井数据的环境影响校正方法	38
参考文献	44
第 4 章 利用常规测井资料识别煤层和煤层气层	45
4.1 利用模式识别方法识别煤层	45
4.2 三孔隙度曲线分析法	48
4.3 空间模量差比法	49

4.4	电阻率比值法	51
4.5	方法对比和综合分析	51
	参考文献	51
第 5 章	煤层气储层测井评价的模糊综合评判方法	53
5.1	模糊综合评判方法原理	53
5.2	模糊综合评判方法应用	58
5.3	有关问题讨论	65
	参考文献	66
第 6 章	煤层气储层识别的模糊综合评判与灰色综合评判的 对比分析	67
6.1	前言	67
6.2	测井多参数识别方法的数学模型	67
6.3	不同识别方法的理论对比分析	70
6.4	应用效果综合分析	72
	参考文献	75
第 7 章	基于自组织神经网络的煤层气储层测井评价方法	77
7.1	引言	77
7.2	自组织神经网络	78
7.3	自组织神经网络的应用	83
7.4	问题讨论	85
	参考文献	88
第 8 章	利用测井信息和兰氏方程计算煤层气储层评价 参数	90
8.1	前言	90
8.2	利用测井资料与兰氏方程计算煤质和煤层气含量	90
8.3	利用吸附等温线求煤层含气量	99
8.4	利用煤层气层背景值求煤层含气量	100
8.5	煤层裂缝孔隙度的测井计算方法	101
8.6	煤阶的评价方法	103
	参考文献	104
第 9 章	BP 神经网络及其在煤层气储层测井评价中的应 用	106

9.1 引言	106
9.2 BP 神经网络方法	107
9.3 实际测井资料应用及其分析	110
9.4 问题讨论	115
参考文献	122
第 10 章 煤层气储层渗透性评价与储层综合评价方法	
探讨	124
10.1 煤层气储层渗透性评价方法探讨	124
10.2 煤层气储层渗透率反演的复合形方法	136
10.3 煤层气储层渗透率反演的遗传算法	143
10.4 煤层气储层综合评价方法探讨	147
参考文献	150
附录 A 本书常用符号及其意义	152
附录 B COALBG 软件的使用说明	153

第 1 章 煤层气储层地质特征分析

根据国内外大量的煤田与油气勘探开发工作可知,地球上的煤层中蕴藏着丰富的煤层气资源。据估算,世界上主要产煤国的煤层气资源约为 $(85 \sim 262) \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中,俄罗斯、中国和美国等国的煤层气资源潜力最大(见表 1-1)。

表 1-1 世界上几个主要产煤国煤炭与煤层气资源数据表

国 家	煤炭资源量/t	煤层气资源量/ m^3
俄罗斯	6500×10^9	$(17 \sim 113) \times 10^{12}$
加拿大	7000×10^9	$(6 \sim 76) \times 10^{12}$
中 国	4000×10^9	$(30 \sim 35) \times 10^{12}$
美 国	3970×10^9	11×10^{12}
澳大利亚	1700×10^9	14×10^{12}
德 国	320×10^9	3×10^{12}
英 国	190×10^9	2×10^{12}
哈萨克斯坦	170×10^9	1×10^{12}
总 计	23850×10^9	$(84 \sim 255) \times 10^{12}$

(据 Kuuskraa 等修改,1992)

自 20 世纪 70 年代以来,人们深刻认识到合理开发与利用煤层气,不仅能够解决煤矿开采中瓦斯爆炸问题,而且还可以为人类提供一种洁净能源。因此,对煤层气的勘探开发已经引起国内外的广泛重视,而且相继开展了相关的勘探开发研究工作。目前美国等西方国家已开始商业性开发,我国也已进行了相关的勘探开发工作。因此,关于煤层气储层地质和储集特征等方面已取得了许多可喜成果,下面就介绍有关这方面的研究成果。

1.1 煤层气储集特征和产出机理

煤层气就是指在煤层内产生和赋存的天然气;其主要成分是

甲烷(CH_4), 约占 70% 以上, 又称煤层甲烷(Coalbed Methane)、煤层吸附气或煤层瓦斯, 它是煤层气的一种, 是一种非常规天然气。煤层气与常规天然气最大不同点就在于煤岩既是它的储集岩又是生气原岩, 它是煤层煤化作用的结果。煤的储集性和煤中天然气的储集是整个成煤作用过程的结果。因此, 在研究煤层气储集和产出机理时应首先简述一下成煤作用过程; 其次, 讨论煤化作用与煤层气形成的关系; 最后, 讨论煤层气的储集和产出机理。

1.1.1 煤化作用与煤层气的形成

高等植物经化学作用和热演化作用形成煤一般要经历 3 个阶段, 即泥炭化、成岩和变质(煤化)阶段。植物遗体在有水存在和微生物参与下经分解化合等复杂生化过程形成泥炭, 然后被覆盖, 在温、压影响下, 经过压实、脱水、胶结成岩, 逐渐固结成褐煤; 随着温度和压力的继续增高, 煤内部分子结构和物化性质作有规律的变化, 褐煤就变成烟煤、无烟煤。

煤化作用的结果除形成煤之外, 还形成了甲烷、二氧化碳、氮气和水等产物。由此可见, 煤既是生气原岩, 又是煤层气的储集岩。甲烷的产生有两种机制: 生物成因和热成因。早期阶段(成岩作用)煤层埋藏浅, 在温度低于 50°C 时, 腐植型干酪根受厌氧微生物的降解作用生成气体, 称为降解型煤层气(仅占煤层气的 10%); 埋深增加或地温增加而使温度达到 50°C 以上时, 开始热降解的生气过程, 随着煤的变质加深, 在温度达到 $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 左右, 气体大量生成, 与常规天然气和石油生成门限温度基本相似, 此时的镜煤反射率在 $1.0\% \sim 2.0\%$ 之间(肥煤到焦煤阶段), 生成的气量约占从以上褐煤到无烟煤总产量的 70%。之后气体仍在继续生成, 至无烟煤 2 号, 镜煤反射率 $R_0 > 4.0\%$, 逐步停止生气。

1.1.2 煤层气的储集方式

煤化过程中每吨成熟煤大约可生产 198m^3 天然气。这些气体一部分扩散进入大气层, 另一部分运移到煤层附近的其他岩层, 形成常规天然气藏, 剩余的则残留在煤层中称为煤层气。常规天然气主要是呈游离和溶解状态存在于储层中(例如, 砂岩和灰岩), 而

煤层气除少量以游离态和溶解态存在外,95%以上是以分子状态呈单分子层吸附在煤的表面上。也就是说,储集在煤层中的煤层气,绝大部分以单分子层的形式在压力作用下吸附在微孔隙的内表面。是吸附在煤颗粒的表面上。一般认为,微孔隙中不为水所充填。在未降压解吸前,微孔隙中也几乎无游离气体。即在微孔隙中只有吸附气体。煤层通过吸附作用,比常规砂岩具有更高的储气能力。

在生成甲烷的同时,凝胶化作用使煤以芳香核为基本单元的聚合体,致使煤成为具有大量内表面积的多微孔物体(每1g煤比表面积可达 $10 \sim 100\text{m}^2$)。其表面有大量过剩自由能。固体表面分子的剩余力场能对碰到固体表面上来的气体分子产生吸引力,使得气体分子在固体表面上发生相对聚集,以减少剩余力场,降低固体表面能,使具有较大面积的固体变得较为稳定。因此,煤与同体积常规储集岩相比,其储集天然气的能力是它们的2~3倍。

1.1.3 煤层气的产出特点

由于煤层气是在压力作用下吸附的,所以当煤层的压力降低到一定程度时(对应的压力称为“临界解吸压力”),煤层中吸附的气体就与微孔隙内表面分离,称为“解吸”。由于割理中的压力降低,解吸作用也可在煤的割理-基质界面上发生。解吸的气体通过煤基质和微孔隙扩散进入裂缝网络中,再经网络流向井筒。

煤对甲烷吸附依靠的是范德华力。属物理吸附,是100%的可逆过程,即在一定条件下,吸附的甲烷会与煤的内表面脱离进入游离相,这叫做煤层气的解吸。煤层甲烷气的解吸主要受压力控制,降低煤层内的压力,则可使吸附气解吸释放。煤层中维系甲烷吸附的压力是静水压力和气体压力。静水压力下的煤层气产出大致要经历3个阶段(见图1-1)。

(1)单相流动阶段。水从割理系统中进入井筒被排出,储层压力开始逐渐下降。(2)非饱和单相流动阶段。储层压力逐渐下降,甲烷已开始解吸,形成气泡,阻碍水的流动,水相相对渗透率下降,但由于气泡是孤立的,尚未出现气体流动。(3)两相流动阶段。随

着压力下降到一定程度和气体不断解吸,气饱和度提高,气泡互相连接,形成连续气流,气水同时进入井筒。

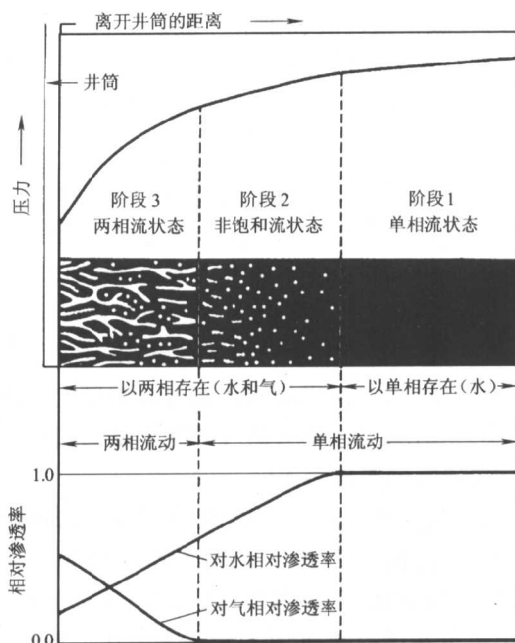


图 1-1 煤层甲烷产出的三个阶段(据杨建业等,1995)

一旦两相流动开始,似乎有两种气体运移机理控制煤层甲烷气的运移。其一机理指游离气穿过裂缝和微孔隙体系的流动;其二机理指气体穿过固体煤的微孔隙空间的扩散流动。从根本上讲,是压差,即井眼与地层之间的压差值直接控制气的解吸与扩散。美国两个主要煤层气田圣胡安气田和黑勇士气田目前均是通过排水降压达到产气目的。

1.2 控制煤层气富集的主要因素

煤层气为自生自储式非常规天然气。因此,控制煤层储集性

能的主要因素是煤岩性质、煤岩储集空间发育程度、煤层埋藏深度、煤层厚度及地质构造和圈闭条件的优劣等等。

1.2.1 煤岩性质对煤层气富集的影响

煤岩性质对煤层气富集的影响主要表现在煤岩三大组分,即镜质组、壳质组、惰性组的产气能力的差别。研究表明,壳质组产气能力 > 镜质组 > 惰性组。产烃气的比率在焦煤 ~ 无烟煤阶段,大致为 1.5:1.0:0.7。也有人研究认为镜质组产气略大于壳质组,原因是镜质组分气态烃产率较高,而壳质组所有成分产气能力各有不同。另外,从对甲烷的吸附能力看,一般认为煤的吸附能力随煤阶的增高而增加,在烟煤阶段(长焰煤 ~ 瘦煤),不同组分的吸附能力变化是:惰性组(具有胞腔结构而无充填物的丝质体) > 镜质组 > 惰性组(无结构丝质体);在无烟煤 2、3 号变质阶段,显微组分的吸附能力是镜质组 > 惰性组。壳质组在三个组分中吸附能力最低。

以煤阶来分析,美国的研究与实践表明,煤化过程生气量较大的煤阶,一般储气量也较大(表 1-2),中低挥发分烟煤(镜煤反射率

表 1-2 不同煤层的气体生成量数据表

煤 级	温度 /℃	CH ₄ /cm ³ ·g ⁻¹	CO ₂ /cm ³ ·g ⁻¹	N ₂ /cm ³ ·g ⁻¹	R ₀ /%
褐煤		—	4(120)		
亚烟煤	50	—	6(200)		- 0.50 ±
高挥发分烟煤	70	20(640)	34(1080)	5(169)	0.60 ±
中挥发分烟煤	120	84(2680)	11(360)	5(160)	0.75 ±
低挥发分烟煤	150	68(2160)	8(240)	3(80)	1.20
半无烟煤	180	24(760)	4(120)	3(80)	1.63
无烟煤	200	28(880)	7(216)	10(320)	2.10
总 计		223(7120)	73(2336)	25(800)	2.40

(Karwei, 1969)

R₀ = 0.75% ~ 2.10%) 的生气量最大,分别为 75.89m³/t 和 61.16 m³/t。从脱气试验结果看,中低挥发分烟煤的解吸量最高,分别是 7.96m³/t 和 13.43m³/t。我国煤炭系统通过分析矿井瓦斯分布和实际的研究认为从长焰煤到无烟煤,总趋势是煤层甲烷含量随煤

化程度增高而增加,其中焦煤到无烟煤($R_0 = 1.2\% \sim 4.0\%$)的生产量最大,实测长焰煤到无烟煤的解吸量为 $9.06 \sim 27.18\text{m}^3/\text{t}$,这与国外的研究结果基本一致。

1.2.2 煤岩储集空间对煤层气储集的影响

煤岩中孔隙分为两种,一种是基岩孔隙,第二种是裂缝孔隙。因此煤层是具有双重孔隙结构的储集层,见图 1-2。裂缝孔隙的主

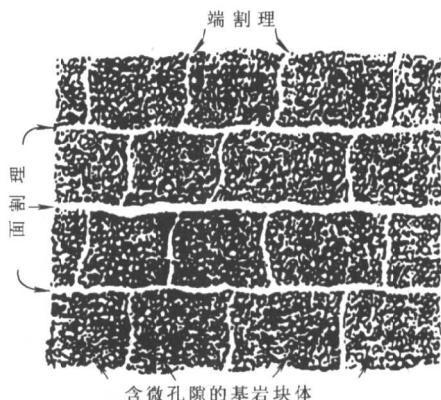


图 1-2 煤层双重孔隙结构示意图

要部分是指其内生裂隙,特称为割理。它是煤化作用过程中,由于煤层脱水,干化收缩,而产生的大致互相垂直的两组微裂隙。主要的一组可以延伸较远(可达几百米),称为“面割理”;次要的一组只发育于两条面割理之间,称为“端割理”。这两组割理与煤层层面正交或陡角相交。割理是很细微的裂缝,其张开度一般以微米计。裂缝孔隙将煤分为许多块,称基岩块。基岩孔隙和割理在煤层气的储集和产出中起的作用不同。割理在储集气方面作用不大,它主要作用在于提高煤层气的采收率。割理密度与煤阶的变化有关,从长焰煤到中级挥发分烟煤,割理密度不断增加,到无烟煤有减少的趋势。割理在富含镜质组的煤岩中相对较发育,垂直层理小裂缝发育是镜质组煤的特点。割理主要是煤化作用中产生的内部收缩裂缝,此外局部构造应力也可引起裂缝,前者叫内生割

理,后者叫外生割理。以煤阶而论,焦煤的内生割理最发育,5cm 内有 30~40 条割理,长焰煤只有几条,无烟煤少于 10 条,此外密度低于 1.75g/cm^3 (取决于灰分含量)的煤有利于割理发育。另外,煤层中还有构造形成的较大的裂隙,如断裂、褶皱、压实等引起的。

一般认为,未开采前的原地裂缝中,不含有气体,因此与含气量无关。这些裂隙、孔隙只是流体流动的通道,只与渗透率有关。

基质孔隙是指煤层被大致互相垂直的面割理和端割理划分成小块体中的孔隙。在这些基质块体中发育着孔洞孔隙,按直径大小划分为大孔(50nm),中孔(50~2nm)和微孔(小于 2nm),对煤的孔隙喉道大小研究表明,孔隙容积主要与中孔无关,而孔隙的内表面积主要与微孔有关。基质孔隙是吸附气体的主要场所,与含气量有关,基质块体可认为是供给裂隙系统的气源。这样,煤层的全部介质就以三个相互作用的系统为特征:煤颗粒、孔隙和割理。

基岩孔隙是煤层气储集的主要空间。前苏联学者 N. B 维索茨基认为煤吸附甲烷最有效的孔隙半径在 $(15 \sim 1000) \times 10^{-10}\text{m}$ 之间,压汞试验表明,煤半径在 $(8 \sim 500) \times 10^{-10}\text{m}$ 间的孔隙体积占总体积的 60%~85%,若再加上 $(500 \sim 1000) \times 10^{-10}\text{m}$ 的那部分孔隙,则比例就更大。但是并非所有不同变质程度(煤阶)、不同显微组分的煤对甲烷都具有同等程度的吸附能力,实验证明,从褐煤到无烟煤,基岩的有效孔隙不断增加,到无烟煤 2 号($R_0 = 4.0\%$)以后,有效吸附孔隙有所降低。

从煤的显微组分看,惰质组和镜质组的有效吸附孔隙都比较发育,而壳质组的有效吸附孔隙相比之下显得不太发育。此外,实验证明煤中无机矿物(粘土矿物和黄铁矿等)含量增高,灰分增高,有效吸附孔隙则减少,不利于煤层气的储集。

1.2.3 煤层埋深、圈闭类型与煤层气的储集

随着煤层埋深加大,地层温度增加,一方面煤的变质程度增加,生气量加大,另一方面封闭条件变好,煤层中甲烷气体分压增加,煤的吸附能力变大,煤层对甲烷的保存量在一定压力范围内显著增加。全煤脱气实验结果表明,埋深在 914m 以上,煤层甲烷的