

第四届全国煤岩学学术讨论会专题报告

有关煤层气几个基本问题的认识

唐修义 (淮南矿业学院 232001)

摘要 目前国内兴起了煤层气热,对有关煤层气的若干基本问题需要认真加以思考。笔者就煤层气的生成、赋存、运移及其影响因素的一些基本概念和煤层气勘探开发研究、评价的方法途径问题谈了一些独到的认识。

关键词 煤层气 煤层 成生联系 赋存形式 热模拟实验 渗透性

中国图书资料分类法分类号 TD712

作者简介 唐修义 男 64岁 博士 教授 煤岩学

1 引言

自60年代以来,煤岩学的理论与方法被成功地应用于石油天然气地质,这也促进了煤岩学本身的发展。近10年来,我国学者采用煤岩学与有机地球化学相结合的方法研究煤成烃问题,取得了丰硕成果。我们也学习和应用这一研究路线研究煤矿区的煤层气,随着资料的积累和研究程度的深化,逐渐发现对现今固相煤物质的分析结果难以解释煤矿区煤层气实际赋存状态的复杂性,因而启示我们对一些基本问题的思考。

2 关于现今固相煤物质与赋存在其中的气体之间的成因关系

煤矿区的实际资料表明,煤层内含有气体的质和量分布不均,矿区地质构造条件越复杂,气体的变化就越大。气体在煤层内总是处于不停的运移之中,人们检测到的气体是在采样时相对稳定于取样点的气体,这些气体不是至少不全是该地原地生成的,在埋深不足1000m的浅部,情况更是如此。必须用动态的观点看待煤层内赋存的气体,否则无法解释矿井煤层气的变化。要从广义上理解煤层气是“自生自储”型的天然气,具体储于煤层某个点的气体并不一

定是该点原地生成的。既然某点的气体是运移来的,它与该点的固相煤物质之间不存在生因方面的关系

即使煤层某点的气就是原地生成,未经运移,该点现今的固相煤物质也不是储存于其中的气体的“母质”。在煤化作用中,前一个煤阶固相煤分子中的部分侧链和官能团从大分子结构中脱落,组成气相和液相物质;与之同时,大分子中芳核的稠合程度加深,与未脱落的侧链和官能团一起成为后一煤阶的固相煤分子。由此可见,现今煤阶的固相煤物质与已产生的气相和液相物质都是它们共同的“前身”,即前煤阶的煤同时产出的“产物”。必须用运动变化的观点看待固相煤物质,把它也当成“产物”。

3 关于煤岩组分的产烃性能

近十余年来,许多研究者采用分析油气源岩的方法分析煤岩组分的产烃性能。我们也曾用煤层内含有产烃能力强的组分(类脂组和有荧光性的镜质组)的多少解释煤层内储存气的量和质;或者依此预测矿区的煤层气。越来越多的资料表明这二者间没有必然关系。用今天的煤样所作的分析实验结果只反映现今固相煤岩组分的产烃性能,并不一定反映已产烃的情况。

煤岩学对各煤岩组分的成因作过详细研究,整

个成煤过程就是气相和液相物质不断产生和排出的过程;与此同时,固相物质由一个煤阶演化到另一个煤阶。现在无法收集全部产出的气相和液相物质,但可根据固相组分的变化推测气液的产出情况。假若在两个煤阶之间,固相组分稳定少变,则在此阶段内产出的气液比较少;反之若固相组分变化剧烈,产出的气液肯定较多。按此观点,今天产烃潜能最弱的情质组组分,过去却可能产出过较多的气液相物质;今天产烃潜能强的类脂组组分,过去产烃并不一定多,至少过去未达到过该组分的产烃高峰期。

情质组组分含氢元素少,各项分析数据都表明其产烃潜能弱。问题在于,情质组内所有组分都“天生”如此吗?在情质组内只有真菌菌类体(Fungosclerotinite)和原生丝质体(Primary fusinite)“天生”如此,它们是由含黑色素的植物细胞壁构成,植物黑色素本来就富含碳,极少含氢,属最稳定的植物质料。其它情质组组分是丝炭化作用的产物,它们的化学前身和植物前身与镜质组相同,在丝炭化作用发生时,正因为产出了大量气相和液相物质,以致固相部分氢元素少了,分子结构的芳构化程度和缩聚程度比较深了,这才转变成情性组分。在泥炭阶段,因丝炭化作用而产生的气相和液相物质中 CO 、 CO_2 、 H_2O 是主要的,很少或者没有烃类物质。在煤化阶段,有些镜质组和类脂组“先期煤化”,过多的侧链与官能团脱落成为气相和液相物质,以致固相部分成为后生丝质体(Rank fusinite)和后生粗粒体(Rank macrinite),这时肯定有烃类产出。情质组中微粒体的成因尚无定论,多数学者认为是含类脂多的组分产烃时转变而成,人们并不分析它现有的产烃潜能,而是把它看成已产烃的标志。为什么不用同样的观点看待其它组分呢?至少后生组分特别是后生粗粒体,与微粒体有相似的意义。

类脂组(壳质组)的前身就是植物体内化学性质稳定的成分,在成煤作用早期又稳定少变,所以还被称为“稳定组”。在亚烟煤到烟煤交界处,类脂组的特征开始有较明显的变化,Teichmüller M 称此为“第一次煤化跃变”;到中挥发分烟煤发生第二次煤化跃变,类脂组很不稳定,其光性接近周围的基质,以致在显微镜下“消失”。固相组分特征的如此变化,反映产烃高峰期在第一次和第二次煤化跃变之间。在第一次跃变前的稳定少变期,产烃量不可能太多。类脂

组内的不同组分的演化不是同步的,沥青质体、木栓质体和部分树脂体在早期就开始不稳定,以致它们被认为是能早期产烃的组分。由此可以认为,现今煤样中类脂组分的各项特征越清晰,产烃潜能越大,反而表明它尚未到达产烃高峰期。渗出沥青体也被当作与液态烃产出有关的组分,人们把它作为已产烃的标志。

人们要研究的是已产出的烃类物质,应该象对待微粒体和渗出沥青体那样,从组分特征中探寻已成烃的信息,而不是了解有可能产烃的潜能。

4 关于煤岩成分中的“基质”

过去煤岩学中,人们把煤岩成分划分为基质和形态分子。形态分子是具有成煤植物组织或器官形态的单体组分;基质则是充填在形态分子之间的无定形的胶结物以及分散于其中的微小碎屑。在任何煤中基质总占多数。即使在镜质组内,有明显形态、真正称得上形态分子的组分并不多,无定形基质也是主要的。1935年,Stokes M C 和 Seyler C A 建议将组成煤的基本单位称作 maceral(中文译作显微组分),基质和形态分子都统一被称为显微组分。现在流行的显微组分分类方案就是在他们建议的基础上发展来的。在这个分类里,在描述镜质组内的 Desmocollinite(中文译成基质镜质体)、情质组内的 Macrinite(粗粒体)、类脂组中的 Bituminite(沥青质体)特征时提到它们成为 groundmass(基质)状态。这3个显微组分相当于过去所称的凝胶化基质、丝炭化基质和腐泥基质。本文不讨论煤岩成分划分与命名问题,仅仅指出按现今的化学工艺性质,现流行的分类是有道理的。当时这个分类是针对研究煤结焦性提出来的。但是对于研究煤成烃,基质与形态分子合在一起是否妥当,值得研究。

在成煤作用早期,直至气煤,多数形态分子稳定少变。研究样品中形态分子特征越明显,过去已产烃必然越少,尚未到达该组分的产烃高峰期。

与形态分子相比,基质的成分复杂,变化更剧烈。人们把基质划分为凝胶化基质、丝炭化基质和腐泥基质3种类型。煤中的基质几乎都是混合型的,纯某类基质少见。除腐泥煤外,在腐植煤里,集中成团块的较纯腐泥基质偶见,混在凝胶化基质内的腐泥质却不少。任何泥炭沼泽中都必定繁殖有藻类植物。

保存在煤中成为形态分子的藻类体却极少,绝大多数藻类植物都被分解进入基质。此外,腐泥基质还是高等植物中富脂类物质、细菌类脂化合物和动物的分解产物。所以腐植煤中与凝胶化基质混在一起的腐泥质为数不少,不能忽视。煤岩学界讨论的所谓“还原性”和“富氢镜质体”,问题的实质很可能就在于基质的不均一性。腐泥基质最易产烃,在产烃的同时,固相自身的特征向凝胶化基质方向变化,继而向丝炭化方向变化,转变成后生粗粒体或微粒体。

据上所述,研究基质的成烃问题比研究形态分子更为重要,这不仅是因为基质是煤中为数最多的成分(一般超过 50%),还因为基质的成烃贡献最大。第一次煤化跃变前,基质是最主要的成烃物质,到中变质烟煤以后,在光学显微镜下类脂组“消失”了,惰性组随煤阶升高而增加,所增的组粒体就是基质产烃时转变成的后生粗粒体。

有些研究者希望精选出单组分样品作分析,实际上精选出的样品都是从低煤阶煤中分离出来的个体较大的形态分子为主的样品。样品越纯,含有的基质越少。自然界煤本身就是不均一的,含有多种有机成分和无机成分,各种成分之间必然相互作用,所以样品的纯度大,反而缺少代表性。如何保持样品的自然状态,从现今的固相特征特别是从基质特征中获取已产烃的信息,才是应该研究的问题。

5 关于煤成烃热模拟实验

为认识煤成烃机制和建立成烃模式,人们常采用人工热模拟实验方法。由于实验时间无论多长,都无法与漫长的地质作用时间相比,因而用提高温度的办法予以补偿。问题在于煤在短期高温作用下与在长期低温作用下的变化有无实质性的差异?在模拟实验中,低煤阶的煤是否向高煤阶演化?通常人们用镜质组油浸反射率 R_o 作指标来判别实验过程中样品达到的那个“煤阶”,但是所测的 R_o 是正常镜质组的 R_o 吗?当所测 R_o 相当某煤阶时,样品实质上是自然界该煤阶的煤吗?我们认为,在实验装置内煤受短期高温作用的演化途径是人工碳化(焦化)途径,本质上不相当自然煤化途径。样品受热后成为碳化产物,而不是更高煤阶的煤。这两种固相产物有本质上的差异,因而产出的气相和液相产物之间也应有本质上的差异。

首先在实验装置内,煤受热后在显微镜下显示的煤岩特征不同于自然煤的特征。如果原始样品为褐煤,温度在 300~350℃ 时,所测 R_o 相当长焰煤—气煤,类脂组分即软化、变形、消失”,完全不同于自然界这两个煤阶的煤。镜质组也沿人工碳化途径变化,温度略超过 300℃ 即出现气孔,继而出现各向同性碳或镶嵌结构。所以所测的 R_o 不是正常镜质组的 R_o 。

其次自然界煤在煤化作用中有一个十分重要的特征,即自褐煤演化到长焰煤时开始出现粘结性,继而粘结性增强,到肥煤阶段达到最高点,然后减弱,贫煤又失去粘结性。在短期高温作用下,煤的粘结性却没有这样的演化途径。若所用原始样品本为无粘结性的褐煤,在实验过程中不会出现粘结性;若原始样品为具弱粘结性的长焰煤,实验中粘结性很快减弱、消失,而不可能增强。

这两点清楚表明,在实验装置中样品的变化途径不是自然煤化途径,所测的 R_o 不是正常镜质组的 R_o 。岩浆侵入煤层,煤在接触变质带内也是受短期高温作用,在接触变质带内煤也未沿正常煤化作用途径变化。例如淮北煤矿的二叠纪煤本属气煤,燕山期岩浆侵入煤层,接触处的煤变成天然焦,在天然焦与正常气煤之间是未成焦的半产品。气煤是具有粘结性的,一进入接触变质带内,粘结性很快消失。气煤内的类脂组分特征明显,进入接触带后很快“消失”。在接触变质带内,镜质组先出现气孔,继而出现小球体、各向异性体、镶嵌结构等焦炭的特征,其 R_o 也增高,但这不是正常镜质组的 R_o 。Chandra D (1972) 建议,称这种镜质组为“热解镜质组(pyrovitrinite)”,接触变质带内的煤称为“热变煤(Thermally altered coals)”。在正常煤分类中没有热变煤的位置。

煤样在人工热模拟装置内的变化与热变煤的变化,以及与煤化学家所作的热解实验中的变化基本相似,按此认识,热模拟实验不是研究煤成烃机制的合适手段。

此外,在研究油气源岩的方法中还有一些也是分析样品的热解特征,用这类方法研究煤成烃也未必合适。煤化学家作热解方面的研究,目的是为了了解煤加工利用特性。我们作煤的热解特性分析,既不能了解煤在地质历史中已产烃的情况,即使用来分析

现今煤的产烃性能也是不合适的。因为煤在短期高温下的热解本质上不同于自然煤化作用中的热降解。

6 关于煤产烃的阶段

关于天然气的生成,徐永昌等人提出“多源复合,多阶连续”的成因理论,并且提出“生物—热催化过渡带天然气”成因类型。笔者认为这些意见能够解释煤型气的生成。在所有煤里,煤岩组成中既有腐植型组分,也有腐泥型组分,只是所含分量有所差异。这些组分在形成和演化过程中都伴有气体产出,所以煤型气都是“多源复合”的。在全部成煤过程中气体产出是连续的,但产出的量和质可分阶段:相当有机质成熟期是产气高峰期;在成煤作用早期还应有一个高峰期,产出的气相当“生物—热催化过渡带天然气”。这个认识是基于对固相煤物质的分析得出来的。

前已述及,在成煤作用的某个阶段,固相煤组分特征变化越明显,反映产出的气相和液相物质越多。由第一次煤化跃变到第二次煤化跃变之间,煤岩特征变化显著,是一个产烃高峰阶段,相当于有机质的成熟期。煤岩特征还有一个变化剧烈阶段,即在亚烟煤以前的褐煤阶段(我国习惯称软褐煤和暗褐煤)。在这个阶段腐植化作用和生物化学凝胶化作用先起主要作用,后逐渐减弱。进入亚烟煤(我国习惯称亮褐煤)后,地球化学凝胶化作用取代成为主要作用。镜质组组分真正形成于地球化学凝胶化作用。在这以前是镜质组逐渐形成阶段。1971年和1975年,国际煤岩学委员会两次公布了褐煤显微组分分类方案,把硬煤(亮褐煤及以后的煤阶)中的镜质组的前身取名“腐植组(Huminite)”。腐植组成分很复杂,所以在这个显微组分(Macerals Group)下面分亚组(Macerals Subgroup)、组分(Macerals)、型(Macerals Type)、种(Macerals Variety)等5个级别。各个组分、型和种既代表了一个独立的单位,又反映同一单位的不同演化程度。腐植组的成分如此复杂,反映成煤植物的各种残体经受复杂的腐植化和生物化学凝胶化作用,而且转变的步调不一。进入亚烟煤(亮褐煤),地球化学凝胶化作用使很不均一的腐植组的成分转变成比较均一的镜质组组分。自此镜质组才比较均一地向着更高煤阶演化,所以镜质组的反射率 R_o

被采用作煤阶的指标。镜质组形成之初, R_o 就约达0.45%。在此以前腐植组内各成分的反射率大小不一,不同演化程度的成分混杂,它们的 R_o 不能作为腐植组演化程度的指标。固相腐植组的变化既如此复杂,同时必然产出较多的气相和液相物质。

褐煤中的多数类脂组分没有明显特殊之处,所以在褐煤显微组分分类中仍采用与硬煤相同的方案。但是在褐煤的分类中却增加了沥青质体,硬煤的分类中没有列出沥青质体,虽然有些文献报导,在烟煤中也鉴定出这一组分。这说明褐煤中沥青质体显然比较常见。沥青质体是无定形团块状的、较纯的腐泥基质。前已陈述,在腐植煤里混在凝胶化基质里的腐泥质为数不少。腐植组中的密屑体、凝胶体中都会混有腐泥质。在褐煤阶段这些腐泥物质产烃较多,以致固相部分变化较大。它们应是未成熟油产出的主要贡献者。

此外,褐煤中的木栓质体和部分树脂体早期产烃的证据也被研究者发现。但是这些形态分子的数量有限,基质成烃的重要性应该更大。

综上所述,腐植组演化和转变成镜质组的阶段也应该是煤成烃的重要阶段,这个阶段正是由生物化学凝胶化作用过渡到地球化学凝胶化作用的时期,产出的气应归于“生物—热催化过渡带天然气”。

由此可以预测,若储气条件合适,在低煤阶的长焰煤和亮褐煤中也可能储存有开发价值的煤层气。

7 关于影响矿井煤层气富集的主导因素

现讨论的煤层气指埋深1 000 m以上,风化带以下的深度范围内的甲烷。煤层内甲烷含量变化较大,以华北石炭二叠纪煤为例,甲烷含量低的不足1 m³/t,高的达30 m³/t,超过30 m³/t的少见,检测到的最高值是40.82 m³/t。影响煤层气含量的因素较多,什么是最重要的、普遍起主导作用的因素呢?生气方面的因素不应该是主要的,因为煤层内的气体处于不停运移状态,而且现在赋存在煤层内的气量只是该煤层已产气的少部分。对于煤层气的含量来说,研究成因没有重要的实现意义,储存和运移方面的因素才是重要的。

甲烷在煤体内以吸附方式赋存为主,游离态的甲烷为数不多,通常不超过10%。二者在一定温度与压力下达到平衡,当平衡条件变化,温度升高会使

吸附量减少,游离量增多;压力升高会使吸附量增多,游离量减少。

在吸附剂内吸附质被吸附的量取决于吸附剂和吸附质的性质、温度以及压力。某一矿井煤层的煤岩成分虽有差异,但差异不大,煤阶的变化也不大,都可视为均一。作为吸附质的煤层气虽然也有不同成分,但研究中通常简化为只考虑甲烷,煤中的水和液态烃也被忽略。因此矿井煤层含气量可以看成是该点温度、压力条件下达到吸附—解吸平衡时的量。在矿井开采和勘探深度内,地温变化又不大,因此,压力因素成为决定吸附量的主要因素,也是决定游离量的主要因素。现今的煤层压力受控于地质构造条件。煤层压力通常随埋深增加,所以煤层甲烷含量一般都随深度增多。在地质历史中,矿区地质构造演化若曾使煤层卸压,部分煤层气逸散,后来又无补充,该区煤层气的含量就低。

压力差是气体运移的动力,而介质的渗透性又决定了气体运移的难易。煤层顶底板岩石多为泥岩或致密砂岩,渗透性偏低。煤层气由围岩逸散的可能性一般不大。气体通常沿煤层运移,至张性断裂或露头逸散。

据现场实测资料,在矿井开拓深度内,因压力不足,煤层实际的含气量还达不到 30℃ 时的饱和吸附量,往深部压力加大,但地温增高,煤层内的含气量将逐渐接近该温度下的饱和吸附量。

我国煤田地质条件复杂,造成煤层气分布变化较大。应根据上述基本观点分析矿井内煤层气的赋存规律和富集条件。

8 关于煤层气含量与煤岩成分和变质程度的关系

煤层气含量随煤变质程度增长而增多,这是普遍流行的观点。实际资料表明,确有很多高煤阶无烟煤的含气量多于中煤阶烟煤,更多于低煤阶褐煤。但有些无烟煤里含有很少的气。关于煤岩成分对含气量的影响人们研究较少,有人认为惰质组含气量多于镜质组,另有人持相反意见。

笔者认为,有些研究者依据实验室测试结果讨论这个问题是不妥当的,实验室测试结果只能反映煤可能具有的储气能力,不能反映实际储气量。原苏联学者采用“容气量”一词,表示在一定温度下可以容纳的气量。在实验室测试的是容气量而不是实际

含气量。在有些文献中,这两个概念被混淆了。

在实验室测试方面也还有些基本概念值得商讨。

煤是多孔物质,气体储存在孔隙内,并沿孔隙运移。研究煤的孔隙是有意义的。研究者一般采用显微镜或电子显微镜观察煤样和用压汞法测量孔宽(孔径,下同)、分布、孔容和比表面积。用这些观测结果讨论不同煤岩组分和不同煤阶煤的孔隙特征,从而根据孔径、孔容和比表面积推测含气性。还有的研究者利用压汞曲线分析孔型,讨论气体运移问题。过去笔者自己也曾采用这样的研究路线探讨过淮南等矿区的煤层气。现在认识到这些做法欠妥。

任何煤都发育有孔宽大小不一、形态各异的孔隙。孔宽最小的不到 1 nm,大的达到肉眼可识别的程度(0.1 mm)。其中孔宽小于 20 nm 的微孔是主要储气空间。国外还有文献报导,气体主要储于孔宽小于 2 nm 的微孔内。孔宽不到 1 nm 的超微孔已是固相煤物质大分子结构内的空隙,相当于晶体内的缺陷。固相煤物质内部空隙还因压力变化而增减。气体在微孔内可以呈“容积充满”状态,相当“固溶”状态。原苏联学者艾鲁尼认为,在微孔内的甲烷量可占煤中总量的 70%~80%。可是压汞法只能测出孔宽大于 7.5 nm 的孔,显微镜和电子显微镜能观察到的孔隙最小达微米级,这些方法都不能观测到主要储气的微孔。显然用这些方法的测试结果讨论含气性是不够的。de Boer 根据吸附剂与吸附质之间的吸附与凝聚原理,利用实验所得的吸附曲线分析吸附剂的孔结构,提出 5 种结构类型,即 5 种状态。压汞实验所得的进汞曲线与退汞曲线组成的滞后环与孔结构有关,但其基本原理不是吸附质在吸附剂内的吸附与凝聚,不能套用 de Boer 的结论。

用低温氮吸附法研究煤中孔隙,煤炭科学院抚顺分院的 ASAP-2000 型微孔测试仪测量出孔宽约 0.6~100 nm 的孔隙,还可利用吸附曲线分析孔形。低温氮吸附法适于分析微孔,此项工作才开始,有待进一步研究。

各煤阶各煤岩组分与甲烷的吸附能不一样。现在还没有很好的办法测量吸附能。我们曾试图通过在不同温度下做吸附试验,用吸附常数 b 计算吸附热,以吸附热反映吸附能。更简易的方法是在同一温度下做吸附试验,以另一吸附常数 a 的大小反映吸

附甲烷的能力。

我国煤炭系统采用在 30℃ 温度下做煤对甲烷的吸附实验,虽然甲烷在煤中吸附状态不完全符合 Langmuir 模型,但是得到的吸附等温曲线形态属 I 型,实际上可用 Langmuir 方程表示吸附量与压力的关系,其中有两个常数 a 和 b , b 值的大小与吸附剂、吸附质的本性及其温度有关; a 值表示在实验温度下的饱和吸附量。 a 值愈大,反映在实验温度下有可能被吸附的甲烷量愈大。有不少文献讨论过 a 值与煤岩成分和变质程度的关系。需要指出,不能根据 a 值推测自然界煤层里实际的含气量。

无烟煤中的微孔比烟煤发育,无烟煤的 a 值又比烟煤大,这反映无烟煤可容纳的气体比烟煤多,只有在相似地质构造条件下,无烟煤的含气量才比烟煤多。如果地质条件不利于无烟煤储气,其中的含气量也不会大。据地质勘探部门所测华北石炭二叠纪煤层气含量资料,在风化带以下,深 1 000 m 以上,气煤、肥煤、焦煤、瘦煤中的含甲烷量可能少于 $1 \text{ m}^3/\text{t}$,若能达到 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 可算富集,超过 $15 \text{ m}^3/\text{t}$ 的少见,个别达 $20 \text{ m}^3/\text{t}$ 左右;贫煤和无烟煤中也可能含很少的甲烷,但十余 m^3/t 的常见,也有超过 $20 \text{ m}^3/\text{t}$ 甚至超过 $30 \text{ m}^3/\text{t}$ 的。在同煤阶煤内,不同煤岩组分的储气能力会有不同。据笔者资料,基质中微孔最为发育应该是储气的主要成分。在影响煤层气含量的诸多因素中,对于一个煤层的含气量,煤岩组分的差异不会起重要作用。

9 关于煤层的渗透性

在我国煤层气开发试验工作中,人们最为关注的问题之一是煤层的渗透性。已测试的资料反映我国煤层渗透性普遍较低。煤矿在井下测量的透气性更低。

按美国文献报导,煤层发育两组相互垂直的割理,煤被割理切割成一些基块。吸附气因减压解吸后,先在基块内沿微孔隙扩散运移,到割理内产生渗透运移。他们主张选择割理发育的煤层作为采气目的层。在开发试验中如何选择渗透性较好的煤层为目的层?今后又如何根据煤层物性特点考虑适宜的采气工艺?这是我国煤层气开发中的两大问题。

割理相当我国习惯称的内生裂隙。在中变质烟煤阶段的肥煤—焦煤中,内生裂隙最为发育,向低煤

阶和高煤阶方向都逐渐减少。我国的肥煤—焦煤不多,更多的是割理不发育的较低和较高煤阶煤,所以多数煤层的割理不发育,这当然会使渗透性偏低。但是美国学者的上述认识不一定全面。气体在孔隙内产生渗透,需要孔隙宽超过该温度压力下的气体分子自由程。在煤矿开采范围内,孔宽为 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 即可构成缓慢层流渗透区间。割理是可见裂隙,其宽度超过 0.1 mm ,已构成层流和紊流混合渗透区间。因此在美国学者所称的基块内,气体已不完全以扩散方式运移,也可以产生渗透。针对我国煤层特点,研究气体在煤层内的运移十分重要。

我国许多煤层的渗透性低的更重要原因是煤田地质构造复杂,层滑构造使煤层中的某些分层甚至全部煤层的结构构造遭受破坏,煤被搓碎成细粒,在地下的自然状态下,固结犹如糜棱岩,当被巷道揭露,则分散为细粒或粉末,采矿人员称之为“软分层”。地质人员因它与断裂带中的构造岩相似,称之为“构造煤”。软分层内的原始条带状结构和层理构造以及所有裂隙系统都紊乱不清。这种破坏作用可影响到孔宽大于 100 nm 以上的大孔,影响不到更微小的孔。因此煤体内能发生渗透的孔隙均紊乱,渗透性必然大为降低。微孔内的气体压力增大,气量增多,当井下巷道揭露时,易发生煤与瓦斯突出。在一个矿区,这样的煤层往往是厚度大而稳定的主采煤层,但作为地面采气的目的层其渗透性偏低。如果矿区还有其它煤层不含软分层,其厚度和含甲烷量虽不如前者,但也符合采气要求,宁可选其为目的层更为适宜。

要真正了解煤层渗透性必需打钻实测。煤的成分不均一,各种裂隙发育情况较复杂,测试常规天然气储层的实验室方法均不适用。笔者认为,对一个矿区的所有可作目的层煤层作系统煤岩学研究,特别是观测宏观和微观结构构造是必要的。煤岩研究资料可作为选择测试目的层的依据之一,也是将来设计采气工艺的基础资料。如淮南煤田煤系中有十余层可采煤层,其中 13" 和 11" 两层煤厚度大,稳定性好,甲烷含量大,但煤层内软分层厚度占煤层全厚的一半以上,有煤与瓦斯突出危险,井下实测和地面打钻用注水法实测煤层透气性很低。其它煤层中也有厚度达 2 m 左右、甲烷含量达 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 的,它们不含或很少含软分层,条带状结构和层理保存清晰,这些



井田深部瓦斯预测方法

赵存明 (煤炭科学研究总院西安分院 710054)

刘永先 邢少春 (徐州矿务局庞庄煤矿 徐州 221141)

摘要 以徐州张小楼井田7煤为例,采用逐步回归分析方法,将绝对瓦斯涌出量与煤厚、埋深及构造应力联系起来,对井田深部的瓦斯赋存规律做了预测,取得了切合实际的效果。

关键词 瓦斯涌出 瓦斯预测 回归分析

中国图书资料分类法分类号 TD712.5

作者简介 赵存明 男 25岁 硕士研究生 矿井地质

1 引言

掌握瓦斯赋存规律对于煤矿安全生产具有重要意义。研究瓦斯的赋存规律,应考虑瓦斯的生、储、运三方面的因素。生是指瓦斯的生成,煤层作为瓦斯的母岩,显然煤层越厚,瓦斯的生成量就越大。储指的是瓦斯的储集。运是指瓦斯的运移。构造变动为瓦斯提供了运移通道和富集场所。埋深与瓦斯的赋存有密切的相关性。盖层条件即煤层顶底板的透气性也严重影响着瓦斯的后期富集。

本文从影响瓦斯涌出量的以上几方面因素入手,采用多元统计方法,将煤厚、埋深(煤层底板标高)、构造应力联系起来,力图为矿井开采区瓦斯预测开辟一条新途径。

2 井田概况

张小楼井田位于徐州市西北13 km处,面积11.5 km²。主采煤层之一山西组7煤全区广泛发育,

两极厚度0.4~4.3 m,平均2.5 m,煤层顶板岩性为泥岩、砂泥岩、砂岩,底板岩性主要为泥岩、砂泥岩,局部为砂岩。井田构造以断裂为主,多发育北东、北西向正断层。

张小楼井田在勘探期间没有获得比较可靠的瓦斯地质资料,根据邻近矿井瓦斯涌出量类比定为一、二级瓦斯矿(低沼气井)。但投产后经实际测定为二、三级矿井或超级瓦斯矿井,并多次发生局部瓦斯喷出。自1978年以来一直按高沼气井管理。

矿井投产以来共发生瓦斯喷出10次,均发生在山西组7煤层中,其中最大的一次发生于1974年1月,在-250 m水平东翼大巷掘进中,喷出量达4 600 m³/d,历时1年5个月。到1975年5月复工再掘进时,瓦斯仍然超限。

3 绝对瓦斯涌出量与相关因素的多元统计分析

由于煤层顶底板岩性对瓦斯赋存的影响,很难找到一个确切的数量指标来衡量,因而在多元统计

煤层很可能更适宜当作地面采气目的层。当然必须通过实测方能获得其具体的渗透性参数。

以上有关煤层气的几个基本问题的认识,其中有些观点在煤岩学、煤化学和煤矿瓦斯的著作中已有阐述,并非笔者首次提出。学科之间互相学习与渗透十分重要,作为煤岩工作者应在本学科领域内为

煤成烃研究作出贡献。十多年来,笔者有幸参加过一些研究工作,在研究思路套用有机地球化学的理论和方法较多,反而忽视煤本身的特点,以致得出过片面性的结论。现在的认识也难免还有片面性,甚至错误,现提出供讨论。

(收稿日期 1996-03-11)