



王大曾 山东矿业学院

在亚洲、欧洲、大洋洲、南北美洲的一些含煤盆地中,先后发现了煤气田。人们开始注意“煤成气”这个新领域,其中以苏联、荷兰、英国、西德等国研究较详。瓦斯地质的研究正是随着煤气田的不断发现和研究而开展起来的、

在我国,虽然很早就有人注意到这方面的问题,但较为广泛的开展瓦斯地质工作,还是近十余年的事。进入80年代,煤炭工业部开始抓这项工作,开展了“编制全国煤矿瓦斯地质图”的科研项目,下达了《关于加强瓦斯地质工作的通知》,主持召开了一系列有关会议。在此期间,各有关矿区和院校(特别是西南、东北、河南等省区和焦作矿院)做了大量的调查研究,並创办了《瓦斯地质科研通讯》。目前,瓦斯地质工作已经在全国普遍展开,这个《瓦斯地质讲座》就是适应这一新形势而诞生的。

第一讲 基础知识

一、煤成气和瓦斯的概念

煤成气(generation of natural gas from coal and carbonaceous shales; methane from coal measures; gas-bearing coal seams; газ угленосных толщ; угольный газ; Рудничный газ)系指腐植型有机物在成煤过程中形成的天然气的总和。它又可分为两大部分:留存在生气母岩(煤层)中基本上未经运移的那部分煤成气称为“煤中气”;从生气母岩(煤层)运移出去的那部分煤成气称为“煤出气”。煤出气又可分为两部分,即已经分散的无工业价值的“煤散气”以及聚集在一起形成煤气田的“煤聚气”。

瓦斯(矿井瓦斯)是在煤矿生产过程中从煤(岩)层和采空区放出的各种有害气体的总

称。其主要成分是甲烷(CH_4 , 又称沼气),次是二氧化碳气(CO_2)和氮气(N_2),另外还有重烃气(乙烷 C_2H_6 、丙烷 C_3H_8 、丁烷 C_4H_{10} 、戊烷 C_5H_{12} 及其化合物)、氢气(H_2)、一氧化碳气(CO)、二氧化硫气(SO_2)、硫化氢气(H_2S)、稀有气体(氦、氖、氩、氪、氙),及其他混合气。

矿井中的甲烷气浓度在5—16%时具有爆炸性,而在9.10%时爆炸威力最大。但必需有火源(高热源)和适当浓度的氧气才能引起爆炸,因为所谓爆炸,其实质是甲烷气和氧气剧烈反应的结果。瓦斯中的一氧化碳、硫化氢等气体,对人体极为有害,达到一定浓度时甚至危及生命。因此,在煤矿保安规程中都有具体规定,不能超限。

综上所述,煤层实质上是固体的煤和气体的瓦斯共生的矿层——固气态矿层。

瓦斯地质是一门新兴的边缘科学,所谓瓦斯地质,就是把瓦斯作为一个地质体来研究,研究煤体中瓦斯的形成、赋存和分布规律,并运用这一规律为煤矿安全生产服务的科学。瓦斯地质的研究将涉及到多种学科和部门,因此它又是一门综合性学科。

瓦斯地质的研究,具有重大的现实意义、经济意义和理论意义。这门新兴科学的出现,是科学和生产发展的必然结果。随着煤炭工业的发展,许多煤矿将要变为煤—瓦斯矿,既产煤,又产气。

二、瓦斯在煤层中的赋存状态

煤中瓦斯的赋存状态有以下三种基本形式:

1. 游离状态 瓦斯以游离状态,即自由气体状态存在于煤和岩石的空隙中,其含量取决于空隙度(自由空间大小)和它所承受的压力(瓦斯压力)。游离瓦斯分子在煤体空隙中可以自由运动,并按一般气体定律,从压力大的地方移向压力小的地方。我们上面所讲的煤出气多属游离气。

2. 吸附状态 由于瓦斯分子和固体颗粒之间的分子引力,瓦斯分子被吸附在煤体或岩体的微孔隙表面,形成一层瓦斯薄膜。因此,吸附瓦斯就是滞留在煤或岩石微孔隙或超微孔隙表面的气体。微孔隙的直径仅有5—20 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-8}$ 厘米,即1/1亿厘米)。但其表面积相当惊人。据测定,一克无烟煤微孔隙的总表面积可达200米²之多。保存在煤中的瓦斯,80—90%以上为吸附状态,它不服从气体定律,瓦斯分子不能象游离瓦斯那样自由运动。

3. 吸收状态 瓦斯分子进入煤的分子团中,与煤分子紧密地结合成一体。这种状态的瓦斯与吸附状态的瓦斯有相似的特点,只是其自由度更低,且在煤层瓦斯中只占少量。吸附状态和吸收状态又合称为吸着状态。

在一定温度和压力下,游离状态和吸附状态的瓦斯处于动平衡状态。当压力增加时,煤对瓦斯的吸附量增加。但压力越高,吸附量增长的幅度越小,当压力达到一定值时(有资料说50—60公斤/厘米²),接近一个常数。当温度升高时,煤对瓦斯的吸附量下降,因为吸附本身是一个放热过程。

压力和温度的变化,破坏了两者的动态平衡,于是便发生转化。当压力增加、温度降低时,游离状态瓦斯可转化为吸附状态(这种情况少见)。当压力降低或温度升高时吸附状态瓦斯可转化为游离状态,这是一种较常见的现象,这又叫解吸作用,它是一种吸热反应。

三、瓦斯的运移和分带

1. 瓦斯的运移 瓦斯的运移可分两种情况:一种是天然气在地壳深处从形成和聚集地点向地表方向的运移,称为渗滤。渗滤是一种极其普遍的现象。一种是瓦斯分子向四周自然散布的现象,称为扩散。渗滤和扩散是彼此紧密地交织在一起的,经常形成混合型的渗滤—扩散流,统称运移。

产生运移的原因,一是瓦斯分子浓度的差异,即由较高浓度地段向较低浓度地段运移,以达到扩散平衡;二是瓦斯压力的差异,即由高压瓦斯地段向低压瓦斯地段运移,以达到动平衡。

瓦斯的运移并不总是连续进行的,时强时弱,时快时慢,时断时续,这主要与构造运动有关。在运移过程中瓦斯成分可能发生某些变化,因为有时运移速度相当慢,在漫长的运移过程中将穿过各种不同成分的岩石,而起一定反应。另外瓦斯的部分成分可以被岩石或地下水吸收。

瓦斯主要是沿煤层或岩层的孔隙和裂隙运移,这是运移的基本方式。其次是沿煤层或岩层的微孔隙缓慢渗滤(速度相当慢)。也

有一部分瓦斯溶解在水中，沿构造裂隙或含水层和地下水一起运动。但是，随着埋藏深度的加深，煤层和岩层的气体渗滤性能将要变差，从而有利于瓦斯的保存。

瓦斯的生成、运移、排放和保存，均受一定地质条件的制约。煤层中瓦斯含量的多少，除受煤层形成时各种地质因素影响外，主要是受后期改造运动的控制。估计原始形成的瓦斯分布是相对均匀的，经后期地质构造运动，产生压力差，形成一些运移通道，同时也形成一些储气构造，最后才形成现今这种状况。因此，目前在煤层中保存下来的瓦斯，只是当初大量原始瓦斯的一小部分。

2. 瓦斯的分带 瓦斯的运移造成了不同深度瓦斯成分的不同。根据许多矿井不同深度瓦斯成分的分析，证明矿井瓦斯有分带现象，如下表所示。

瓦 斯 分 带			瓦斯成分及含量 (%)		
			CH ₄	N ₂	CO ₂
瓦斯风化带	1	N ₂ —CO ₂ 带	0	<20%	20—80%
	2	CO ₂ —N ₂ 带	少 量	50—80%	<20%
	3	CH ₄ —N ₂ 带	<50%	>50%	少 量
	4	N ₂ —CH ₄ 带	50—80%	30—50%	微 量
甲烷气带	5	CH ₄ 带	>80%	<20%	痕 量

这种自上而下垂直分带现象是瓦斯运移和风化作用的结果。这种划分是许多资料的综合(各矿具体资料有所不同)，并不是到处都很清楚地划分成这五个带，有的只有三个带，甚至只有一个带。因此，在不同煤田各带的具体深度及瓦斯成分各不相同，特别是深度变化范围较大。例如在煤层埋藏较浅，风化作用和脱气作用非常发育的地区，可缺失CH₄带，甚至没有4带和3带。岩浆侵入和地下水活动都可使分带复杂化，以至划分不清。据有关资料，这种分带现象在无烟煤分布地区表现更为明显。

一般情况下，只分出瓦斯风化带和甲烷气带也就够了。有的提出了确定瓦斯风化带

下界的具体指标：①煤体中所含瓦斯的CH₄成分要在80%左右；②煤体中瓦斯压力小于1—1.5公斤/厘米²；③矿井相对瓦斯涌出量小于2米³/吨。这个问题有待进一步研究。

据实际情况分析，瓦斯风化带的深度各煤田差异较大，一般在200—300米左右。有的很浅，如湖南省红卫、马田、立新等矿区，瓦斯风化带深度都不到100米。有的较深，如开滦赵各庄矿深达480米。这与当地的风化作用强度、含煤地层的埋藏深度和出露程度、煤层的围岩性质、地下水的作用、地质构造情况等因素有关。

从风化带下界开始，煤层的甲烷丰度、气体压力和瓦斯涌出量，均随着深度以近于正比关系增加。但由于各地具体地质条件不同，甲烷随深度的增长梯度不同。因此，瓦斯风化带深度的确定具有实际意义。

四、瓦斯的涌出、喷出和突出

(一) 瓦斯涌出和矿井瓦斯等级

在一般情况下，瓦斯自然的从煤层、岩层向井巷空间逸散，称为瓦斯涌出。单位时间内实际涌到采掘空间的瓦斯数量，称为瓦斯涌出量。瓦斯涌出量有两种计算方法：

1. 相对瓦斯涌出量 矿井在正常生产情况下，平均日产1吨煤的瓦斯涌出量，即每昼夜涌出的瓦斯量与当天出煤量之比，其单位是米³/吨·昼夜。

2. 绝对瓦斯涌出量 矿井在单位时间内(每昼夜或每分钟)按体积计的瓦斯涌出量，其单位是米³/昼夜或米³/分。

矿井的瓦斯等级是根据相对瓦斯涌出量的大小来划分的，有两种划分方案。过去的划分是，瓦斯相对涌出量在5米³/吨·昼夜以下的称为一级瓦斯矿；在5—10米³/吨·昼夜之间的称为二级瓦斯矿；在10—15米³/吨·昼夜之间的称为三级瓦斯矿；大于15米³/吨·昼夜的称为超级瓦斯矿。后来又提出另

外一种划分方案：首先把矿井分为煤与瓦斯突出矿井和无突出矿井两大类。在无突出矿井中再分成低沼气矿井(瓦斯相对含量在 $10\text{米}^3/\text{吨}\cdot\text{昼夜}$ 以下,包括10)和高沼气矿井(相对含量在 $10\text{米}^3/\text{吨}\cdot\text{昼夜}$ 以上,不包括10)。

(二) 矿井瓦斯喷出

在采掘过程中,高压游离瓦斯从煤层或岩层中迅速大量放出,但不产生搬运煤和岩石的动力现象,叫做瓦斯喷出。这已经不是上面所说的“一般情况”了,它是一种特殊的瓦斯涌出现象,喷出时不带出煤岩碎块和煤粉,喷出后一般无喷发空洞。

瓦斯喷出有时十分急烈。例如1937年,英国鲍英特·阿费·爱尔煤矿,在掘进时发生瓦斯喷出,喷出量竟达 $85000\text{米}^3/\text{昼夜}$,直到1941年仍有 $14000\text{米}^3/\text{昼夜}$ 的喷出量。又如1960年,英国卡尔乌德矿,在打井时发生瓦斯喷出,并引起燃烧,形成巨大火柱,整整烧了九年之久。我国也有不少瓦斯喷出的实例。山西阳泉二矿,1954年在某煤层底板下灰岩中掘进时,发生瓦斯喷出,喷出量超过 $11000\text{米}^3/\text{昼夜}$,两年以后仍达 $5000\text{米}^3/\text{昼夜}$ 。

(三) 煤与瓦斯突出

采煤生产过程中,在一瞬间(几秒钟),采掘工作面或巷道某处突然被破坏,迅速放出大量瓦斯,同时抛出大量的煤、岩碎块和煤粉,这种现象叫煤与瓦斯突出,简称“突出”。有这种现象的煤层叫突出煤层,有这种现象的矿井叫突出矿井。世界上煤与瓦斯突出较严重的是法国、苏联和中国。在我国突出较严重的是四川、贵州、江西、湖南、河南、东北等省区的一些煤矿。

煤与瓦斯突出可分为三种类型,即突出、压出和倾出。简述如下:

1. 突出 来势猛,速度快,规模大,突出时有巨响。其主要特征是:①抛出物具有一定的分选性,由近(突出口)到远,自下而上抛出物的颗粒由粗变细。瓦斯突出时有几

次脉冲,这种粒变度化就有几次,最后在抛出物表面还沉积一层极细的煤粉,其厚度由里向外变薄。②由于强大气流的搬运作用,抛出物可随巷道拐弯。③突出点出现口小肚大的梨形孔洞。④突出气体可以逆风流前进几十米到1千米。

我国最大的瓦斯突出事例之一,是1975年8月8日在四川省华莹山南段合川县三汇坝一井+280米主平峒。在未突出前,已测得瓦斯压力偏高(达到 $7\text{公斤}/\text{厘米}^2$),为安全起见,人员撤离,把导线引出,在距迎头1170米的峒口附近放炮。刹那间,只见一阵狂风从峒口吹出,把地面上的石块卷起,吹到50米以远;随即大量瓦斯和煤粉黑烟滚滚涌出峒口,持续约40分钟。事后发现,+465米总回风平峒三道风门全被冲坏,一块约3吨重的大石头被抛出60米以外,峒口装满铁钎子的一个矿车被推出约30米。这次突出总煤量约7500吨,岩石1000吨,瓦斯140万 米^3 。在清理巷道时,发现有3—4个韵律分选,说明一共有3—4次强大脉冲组成这次瓦斯突出。

2. 压出 比突出强度和规模都小,也有声响。压出主要出现在回采工作面,主要表现为煤壁大面积破碎、垮落,同时大量瓦斯压出。其主要特征是:①固体物抛出不远,无分选性。②极少见到瓦斯迎风流运移的现象,③一般抛出物不随巷道拐弯。这几点可与突出相区别。山西阳泉三矿一号井402机组面曾发生过瓦斯压出,压出煤量100吨,瓦斯2000 米^3 。在阳泉一矿也发生过瓦斯压出。

3. 倾出 比上两种类型都少见,只出现在倾角大于 45° 的急倾斜煤层中。其强度和规模更小,和煤层冒落相似,是在地压和瓦斯压力双重作用下,软煤沿重力方向的垮落。辽宁省北票矿务局台吉一井六水平四号煤上山发生过瓦斯倾出,倾出煤量只有24吨。

(待续)