

矿井瓦斯抽放 理论与技术

林柏泉 张建国 编著

THE THEORY AND TECHNIQUE OF METHANE
DRAINAGE IN COAL MINE

中国矿业大学出版社

TDT-
L 158

矿井瓦斯抽放理论与技术

林柏泉 张建国 编著

中国矿业大学出版社

862686

内 容 提 要

本书以煤层瓦斯赋存和流动理论为基础,系统地阐述了煤矿瓦斯抽放技术和方法,瓦斯抽放中的主要参数(如瓦斯压力、瓦斯含量、瓦斯涌出量、煤层透气性系数),管路及钻孔中的瓦斯流量的测定和计算,矿井瓦斯抽放设计,抽放设备选型计算,瓦斯抽放钻孔及施工,以及矿井瓦斯抽放管理工作。书后附有瓦斯抽放中的有关材料及设备的参数。

本书可供从事矿井瓦斯工作的现场工程技术人员使用,也可供煤炭工业科研、设计及大专院校师生参考。

ABSTRACT

On the basis of methane storage and flow theory in coal seam, this book has systematically expounded the methods and techniques of methane drainage in coal mine, the measurement and calculation of main parameters (such as methane pressure, methane content, the quantity of methane emission and the coefficient of permeability in coal seam) and methane flow in drill-hole and drainage tube, the device of methane drainage in coal mine, the calculation and selection of drainage equipment, the construction of drill-hole, the administration of methane drainage in coal mine, etc. The parameters of some equipment and data of methane drainage have been put in the back of this book. The book is suitable to anyone who is engaged in this kind of work.

责任校对:孙 浩

技术设计:马跃龙

矿井瓦斯抽放理论与技术

林柏泉 张建国 编著

责任编辑 马跃龙



中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 15.75 字数 452 千字

1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月第一次印刷

印数 1—1500 册

ISBN 7 - 81040 - 572 - 1

TD · 58

定价:19.00 元

序

近年来,随着开采深度的加深,采掘机械化程序的提高,煤层瓦斯(沼气)涌出强度不断增大,矿井瓦斯问题在全世界主要产煤国家中已成为影响安全生产的主要因素。现有的防治措施主要是:设计合理可靠的通风系统;有选择地对本煤层和邻近层进行瓦斯抽放;在采掘地区设立准确的监控系统。

为了降低瓦斯对采掘工作的干扰和减少瓦斯排放对大气温室效应的作用以及变废为宝,合理开发和利用瓦斯,当前在全国许多矿区瓦斯抽放措施正在发展和应用,但抽放的效果决定于对本矿瓦斯赋存和流动的参数了解得是否准确,选择抽放的方法是否有效以及抽放系统是否合理。

平顶山矿务局位于中原大地,是我国的主要产煤基地之一,对矿井瓦斯的防治有几十年的经验。作者与平顶山矿务局多年合作从事瓦斯防治和瓦斯抽放工作,在局有关领导的大力支持下,总结了国内外学者在瓦斯赋存和抽放方面的论述,收集了国内许多煤矿在抽放工作上的成功经验和有关设备的数据,结合自己在科研方面所做的工作撰写成这本书。书中资料丰富,论述翔实,在瓦斯抽放设计和施工中有许多实例和数据,这对当前我国瓦斯抽放工作是十分有益的。本书可作为采矿工程师在从事瓦斯抽放和煤层开发工作的重要参考书,也可供高等院校和科研单位的技术人员学习和参考。

中国矿业大学教授、博士生导师

周世宁

1996年10月20日

前 言

瓦斯抽放工作历史悠久,但是,瓦斯抽放能够真正形成规模并得到迅速发展则是在 20 世纪 50 年代后。目前,人们普遍认识到瓦斯抽放不仅可缓解矿井瓦斯造成的危害,而且抽出的瓦斯还可以利用。为此,各有关局、矿均投入了大量的人力和财力从事矿井瓦斯的抽放工作,使瓦斯抽放工作得到了迅速地发展,抽放瓦斯总量逐年增加,抽放瓦斯的矿井数日益增多,并且在实际工作中,积累了丰富的经验。为了进一步推动煤矿瓦斯抽放工作,及时总结经验,我们在理论研究的基础上,撰写了这本《矿井瓦斯抽放理论与技术》。

本书以煤层瓦斯赋存和流动理论为基础,结合自己所做的科研工作,总结了煤矿瓦斯抽放的技术经验,较系统性地阐述了瓦斯抽放技术及方法,其中包括本煤层瓦斯抽放、邻近层瓦斯抽放、采空区瓦斯抽放,以及提高瓦斯抽放率的技术途径;较为全面地介绍了瓦斯抽放中所涉及的主要参数,如瓦斯压力、瓦斯含量、瓦斯涌出量、煤层透气性系数、管路及钻孔中的瓦斯流量等的测定和计算;较为深入地叙述了矿井瓦斯抽放设计,抽放设备选型及计算,瓦斯抽放钻孔及施工工作和矿井瓦斯抽放的管理工作。最后,在本书附录中列出了瓦斯抽放中的有关材料及设备的参数,以便读者查阅和参考。

本书在撰写过程中查阅了矿井瓦斯抽放方面已有的资料,并得到了中国矿业大学周世宁教授的悉心指导,得到了平顶山矿务局有关领导的热情帮助和大力支持,得到了中国矿业大学出版社的热情帮助和大力支持,借本书出版之际,作者向给予本书支持和帮助的各位领导、老师、专家学者和同仁表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,敬请读者不吝赐教。

作 者

一九九六年六月于徐州

目 录

序.....	周世宁(1)
前 言.....	(2)
第一章 煤层瓦斯储存及其流动	(1)
第一节 煤层瓦斯的生成.....	(1)
一、生物化学成气时期的生成	(1)
二、煤化变质作用成气时期的生成	(1)
第二节 煤层瓦斯的赋存状态.....	(3)
一、煤层瓦斯含量及其计算	(3)
二、影响煤层瓦斯含量的主要因素	(6)
第三节 瓦斯在煤层和围岩中的运移及流动	(12)
一、瓦斯在煤层中的流动	(13)
二、瓦斯在煤层中的流动状态	(17)
三、瓦斯在邻近煤层和围岩中的流动	(19)
第二章 煤层瓦斯抽放技术及方法	(20)
第一节 概 述	(20)
一、国内外瓦斯抽放发展及现状	(20)
二、抽放瓦斯的原则及方法	(23)
三、抽放方法选择依据	(24)
第二节 本煤层瓦斯抽放	(26)
一、本煤层瓦斯流动及涌出特征	(26)
二、本煤层瓦斯抽放方法	(28)
第三节 邻近层瓦斯抽放	(40)
一、邻近层瓦斯流动及涌出特征	(40)
二、邻近层瓦斯抽放方法	(41)
三、邻近层的选择原则及抽放参数确定	(45)
第四节 采空区瓦斯抽放	(49)
一、采空区瓦斯来源及涌出特征	(49)
二、采空区瓦斯抽放方法	(50)
三、影响采空区瓦斯抽放的主要参数及分析	(52)
第五节 提高瓦斯抽放率的技术途径	(54)
一、改进钻孔抽放工艺参数	(54)
二、提高煤层透气性	(56)

第三章 瓦斯抽放参数的测定及计算	(57)
第一节 煤层瓦斯压力测定	(57)
一、煤层瓦斯压力测定的基本方法	(57)
二、胶圈(胶囊)一密封液瓦斯压力测定技术	(65)
第二节 煤层瓦斯含量测定	(67)
一、间接测定方法	(67)
二、直接测定方法	(68)
第三节 瓦斯涌出量的测定和计算	(70)
一、统计预测法	(70)
二、分源计算法	(74)
第四节 煤层透气性的测定及计算	(77)
一、煤层透气性系数的测定方法	(77)
二、单向流量法测定煤层透气性系数	(84)
三、径向流量法测定煤层透气性系数	(85)
四、球向流量法测定煤层透气性系数	(89)
第五节 管路及钻孔瓦斯流量的测定及计算	(91)
一、测定方法	(91)
二、节流装置的基本原理和应用	(92)
三、孔板流量计测定法	(99)
四、文特利管流量计测定法	(104)
五、皮托管测定法	(106)
六、风速表测定法	(110)
七、热球式风速计测定法	(110)
八、钻孔瓦斯涌出量的其它测定方法	(111)
第六节 瓦斯抽放效率的测定及计算	(115)
一、瓦斯抽放率	(115)
二、瓦斯抽放有效性系数	(116)
三、抽放设计时对瓦斯抽放率的选取	(116)
第四章 矿井瓦斯抽放设计及施工	(117)
第一节 矿井瓦斯抽放设计	(117)
一、瓦斯抽放的必要性和可行性	(117)
二、抽放设计所需的基础资料及参数	(119)
三、矿井瓦斯抽放设计的原则及内容	(121)
第二节 瓦斯抽放管路及计算	(122)
一、瓦斯抽放管路系统	(122)
二、瓦斯抽放管径、管材的选择及计算	(123)
三、瓦斯抽放管路的敷设	(127)

四、瓦斯抽放管路的附属装置、检查和管理	(127)
第三节 抽放设备及其安全装置	(132)
一、矿井瓦斯抽放泵	(132)
二、瓦斯泵站及机房	(139)
三、瓦斯抽放管路防爆、防回火安全装置	(141)
四、瓦斯抽放管路系统控制设置	(146)
五、放空管与避雷器	(148)
第四节 矿井瓦斯抽放设计范例	(149)
一、平十矿戊 ₉₋₁₀ —21130 采面瓦斯抽放设计	(149)
二、平十矿地面瓦斯抽放系统设计	(155)
第五节 瓦斯抽放钻孔及施工	(163)
一、钻孔施工的设备与工艺	(163)
二、钻孔施工中的常见故障的预防及处理	(179)
三、钻孔施工中的安全措施	(179)
四、钻孔(或巷道)的密封方法	(181)
五、钻孔与管路的连接	(187)
第五章 矿井瓦斯抽放管理	(188)
第一节 建立专业抽放瓦斯管理队伍	(188)
第二节 建立合理的管理制度	(188)
第三节 制订必要的安全措施及奖惩制度	(189)
一、安全措施	(189)
二、奖惩制度	(189)
附 录	(193)
附表 1 不同管径瓦斯流速与流量表	(194)
附表 2 热轧无缝钢管规格	(195)
附表 3 冷轧(冷拔)无缝钢管规格	(196)
附表 4 低压流体输送用焊接、镀锌焊接钢管规格	(199)
附表 5 电焊钢管规格	(199)
附表 6 直缝卷焊钢管参考规格及质量	(200)
附表 7 螺旋缝自动埋弧焊接钢管规格	(201)
附表 8 在 0℃ 和 1 标准大气压条件下不同直径的百米钢管空气阻力	(202)
附表 9 阀门规格及参考价格	(206)
附表 10 输气胶管规格	(207)
附表 11 夹布吸水胶管、铠装埋线吸水胶管规格	(208)
附表 12 罗茨鼓风机性能规格表	(209)
附表 13 R—W 系列湿式罗茨真空泵性能表	(211)
附表 14 离心式鼓风机性能规格表	(217)

附表 15	叶氏鼓风机性能规格表	(218)
附表 16	回转式鼓风机性能规格表	(218)
附表 17	水环式真空泵常见故障原因及处理方法	(219)
附表 18	回转式鼓风机常见故障原因及处理方法	(219)
附表 19	离心式鼓风机故障原因及处理方法	(219)
附表 20	国产煤矿抽放瓦斯钻机型号及性能	(221)
附表 21	欧洲共同体国家旋转与旋转冲击式钻机型号及性能	(226)
附表 22	欧洲共同体国家冲击式钻机型号及性能	(227)
附表 23	英国循环水泵型号及性能	(227)
附表 24	英国 FRA —160 液压微型钻机技术性能	(228)
附表 25	日本 P 系列钻机型号及性能	(229)
附表 26	原苏联煤矿钻机型号及性能	(230)
附表 27	原苏联清洗钻孔水泵型号及性能	(230)
附表 28	钻孔施工常见故障的预防和处理	(231)
附录一	矿井瓦斯抽放管理规范	(233)
附录二	局部瓦斯抽放系统装备、管理标准及检评办法	(237)
参考文献		(240)

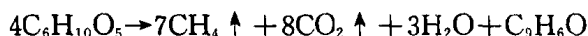
第一章 煤层瓦斯储存及其流动

第一节 煤层瓦斯的生成

煤矿井下的瓦斯主要来自煤层和煤系地层,关于它的成因学说有多种多样。但是,目前国内多数学者认为煤中的瓦斯是在成煤的煤化作用过程中形成的,即有机成因说。有机成因说认为:煤的原始母质沉积以后,一般经历两个成气时期,从植物遗体到泥炭属于生物化学成气时期;在地层的高温高压作用下,从褐煤到烟煤,直到无烟煤属于煤化变质作用成气时期。而实际上,瓦斯的生成和煤的形成是同时进行,且贯穿于整个成煤过程的始终。

一、生物化学成气时期的生成

这个时期是从成煤原始有机物堆积在沼泽相和三角洲相环境中开始的;在温度不超过 65℃ 条件下,成煤原始物质经厌氧微生物的分解成瓦斯。这个过程,一般可用纤维素的化学反应式来表达:



或



目前认为,在这个阶段成煤物质生成的泥炭层埋深浅,且上覆盖层的胶结固化不好;故而生成的瓦斯,通过扩散和渗透容易排放到古大气中。因此,生化作用生成的瓦斯一般不会保留到现在煤层内。

随着泥炭层的下沉,上覆盖层越积越厚,压力与温度也随之增高,生物化学作用逐渐减弱直至结束;这时,在较高的压力与温度作用下,泥炭转化成褐煤,进入煤化作用阶段。

二、煤化作用成气时期的生成

褐煤层进一步沉降,地层压力与温度作用加剧,便进入煤化变质作用成气时期。据考查,一般在 100℃ 及其相应的地层压力下,煤层中的煤体就会产生强烈的热力变质成气作用。目前普遍认为,在煤化作用的初期,煤中有机质基本结构单元主要是带有羟基(-OH)、甲基(-CH₃)、羧基(-COOH)、醚基(-O-)等侧链和官能团的缩合稠环芳烃体系,煤中的碳素则主要集中在稠环中。一般情况下,稠环的键结合力强,故而稳定性好;而侧链和官能团之间及其与稠环之间的结合力弱,故稳定性差。因此,随着地层下降,压力增大,温度升高,侧链和官能团不断发生断裂与脱落,生成 CO₂、CH₄、H₂O 等挥发性气体,如图 1-1-1 所示。

煤化过程中有机质分解,脱出甲基侧链和含氧官能团而生成的 CO₂、CH₄ 和 H₂O 是煤成气形成的基本反应,其生成的瓦斯以甲烷为主要组分。在瓦斯产出的同时,芳核进一步缩合,碳元素进一步集中在碳网中。因此,随着煤化作用的加深,基本结构单元中缩聚芳核的数目不断增加,到无烟煤时,主要由缩聚芳核所组成。所以,从褐煤到无烟煤,煤的变质程度越高,生成的瓦斯量也越多。但是,值得注意的是,各个煤化阶段生成的气体组分不仅不同,而且数量上也有很大变化;图 1-1-2 是原苏联学者 B·A·索科洛夫等人给出的腐植煤在煤化作用各阶段成气的一般模式,从中可以看出 CH₄ 的生成是个连续相,即在整个煤化阶段的

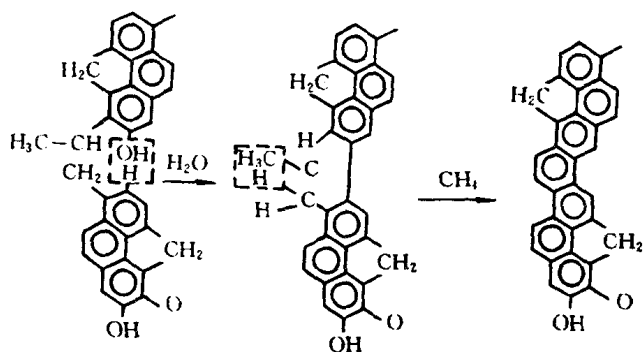


图 1-1-1 煤化作用(含碳量 83%~92%)成气反应示意图

各个时期都不断地有 CH_4 生成,只是各阶段生成的数量上有较大的波动而已。实践表明,这个以人工热演化产生瓦斯为基础模型与实测的结果在趋势上是一致的。

原苏联学者 B·A·乌斯别斯基根据地球化学与煤化作用过程反应物与生成物平衡原理,计算出各煤化阶段的煤所生成的甲烷量,其结果如图 1-1-3 所示。实际上,由于泥炭向褐煤过渡时期生成的甲烷很容易流失掉;所以,目前估算煤层生成甲烷量的多少,一般都是以褐煤作为计算起点。但是,应当注意的是,由于自然界的实际煤化过程远比带有许多假设进行的理论计算复杂,所以上述这些数据只能是近似值,仅供参考。

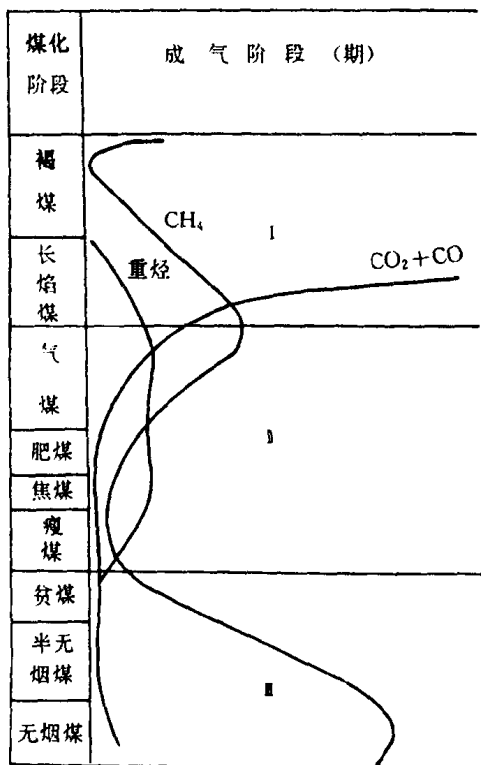


图 1-1-2 腐植煤在煤化阶段成气演化的一般模式

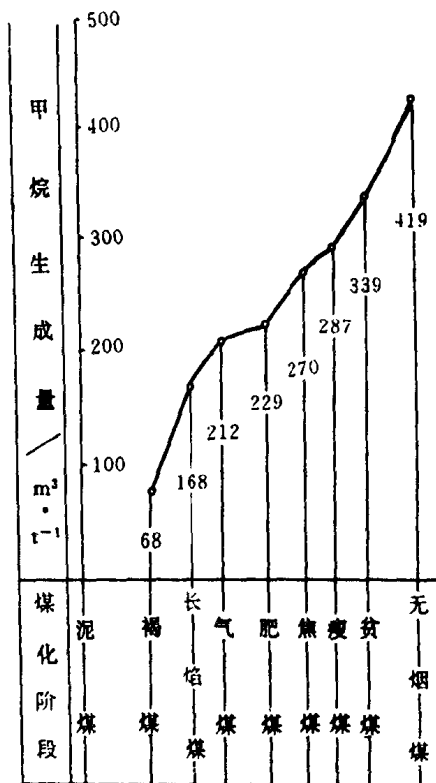


图 1-1-3 各煤化阶段甲烷生成量曲线

在个别煤层中也有一部分瓦斯是由于油气田瓦斯的侵入造成的,例如四川中梁山煤矿10号煤层的瓦斯,有时与底板石灰岩溶洞中的瓦斯相连;陕西铜川矿务局焦坪煤矿井下的瓦斯又与顶底板砂岩含油层的瓦斯有关。

在欧洲,波兰的下西里西亚和法国的塞纳煤田的煤层中含有的大量 CO_2 ,则是由于火山活动使碳酸盐类岩石分解生成的 CO_2 气体侵入的结果。但是,一般来说,世界各国煤田中所含瓦斯均以甲烷为主。在某些煤层中还含有 C_2H_6 , C_3H_8 等重碳氢气体。

第二节 煤层瓦斯的赋存状态

瓦斯在煤层中的赋存状态一般有两种,即吸附状态和游离状态;而煤层瓦斯含量实际上是指吸附瓦斯量和游离瓦斯量之和,其值的大小往往是评价煤层瓦斯储量和是否具有抽放价值的重要指标。从前一节叙述中可知,在成煤过程中,瓦斯的生成量是十分可观的;但是,在现场实际情况中,煤层中赋存的瓦斯量却比生成量要少得多。其原因就在于大量瓦斯在生成的同时,得到不断地排放。亦即,现今煤层中瓦斯量的大小不仅取决于成煤中生成量的多少,而且还与煤层及围岩的赋存条件有关。目前的实验表明:在煤的瓦斯含量中,一般吸附瓦斯占80%~90%;而吸附瓦斯量的多少,主要取决于煤对瓦斯的吸附能力、瓦斯压力和温度等条件,吸附瓦斯在煤中是以单分子层吸附的状态附着于煤的表面。

煤的瓦斯含量与温度、瓦斯压力的关系如图1-2-1所示,该图是某一煤样的测定曲线,从中可以看出:由吸附瓦斯和游离瓦斯组成的总瓦斯量随瓦斯压力增大而提高,随温度的升高而降低。这是因为在一定温度下,当瓦斯压力升高时,则意味着单位体积内瓦斯分子数增加,从而增大了瓦斯分子与煤体吸附的机会;当吸附量增加到一定程度后,就渐趋饱和。目前认为,一般在瓦斯压力超过5.0 MPa以后,吸附量基本上达到饱和范围。

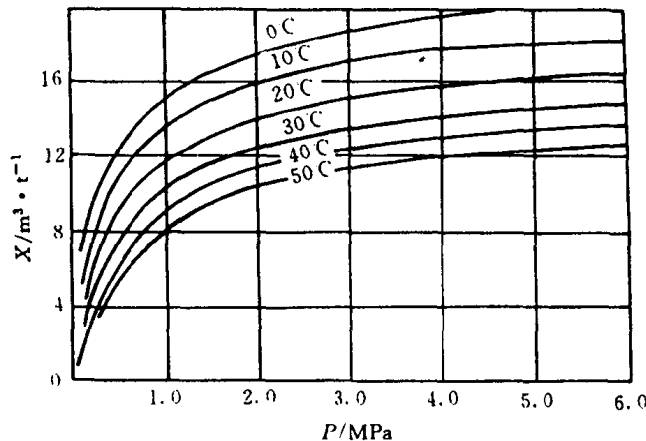


图 1-2-1 瓦斯含量与温度、压力的关系

一、煤层瓦斯含量及其计算

实际上,由于煤层瓦斯含量包括游离瓦斯含量和吸附瓦斯含量;因此,在计算中,一般应分别进行计算:

(一) 煤的游离瓦斯含量

一般情况下,煤的游离瓦斯含量是按气体状态方程(马略特定律)进行计算,即:

$$X_y = \frac{V p T_0}{T p_0 \xi} \quad (1-2-1)$$

式中 X_y ——煤的游离瓦斯含量, m^3/t ;

V ——单位重量煤的孔隙容积, m^3/t ;

p ——瓦斯压力, MPa;

T_0, p_0 ——标准状况下的绝对温度(273K)与压力(0.101325 MPa);

T ——瓦斯的绝对温度;

$$T = 273 + t$$

t ——瓦斯的摄氏温度, $^{\circ}\text{C}$;

ξ ——瓦斯压缩系数,甲烷的压缩系数如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1

甲烷气体压缩系数 ξ 表

甲烷压力/MPa	温 度/ $^{\circ}\text{C}$					
	0	10	20	30	40	50
0.1	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20
1.0	0.97	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18
2.0	0.95	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16
3.0	0.92	0.97	1.02	1.06	1.10	1.14
4.0	0.90	0.95	1.00	1.04	1.08	1.12
5.0	0.87	0.93	0.98	1.02	1.06	1.11
6.0	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
7.0	0.83	0.88	0.93	0.98	1.04	1.09

(二) 煤的吸附瓦斯含量

目前一般按朗格缪尔(Langume)方程计算,在计算中同时应考虑煤中水分、可燃物百分比以及温度的影响;因此,煤的吸附瓦斯量为:

$$X_x = \frac{abp}{1 + bp} e^{n(t_0 - t)} \cdot \frac{1}{1 + 0.31W} \cdot \frac{100 - A - W}{100} \quad (1-2-2)$$

式中 t_0 ——实验室测定煤的吸附常数时的实验温度, $^{\circ}\text{C}$;

t ——煤层温度, $^{\circ}\text{C}$;

n ——经验系数,一般情况下可按下式确定:

$$n = \frac{0.02}{0.993 + 0.07p}$$

p ——煤层瓦斯压力, MPa;

a, b ——煤的吸附常数;

A, W ——煤中灰分与水分, %;

X_x ——煤的吸附瓦斯含量, m^3/t 。

我国部分矿井相应煤层煤样的吸附试验结果如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2

我国某些矿井煤层煤样的吸附试验结果表

矿 井	煤 层	水 分 /%	灰 分 /%	挥发分 /%	密 度 /t · m ⁻³	吸附试验结果				
						温 度 /℃	瓦斯压力 /MPa	瓦斯含量 /m ³ · t ⁻¹	a /m ³ · t ⁻¹	b /MPa ⁻¹
焦作李封天官	大煤	1.86	12.16	4.37	1.72	30	1.27	25.33	30.72	4.8
白沙红卫	3	1.72	5.95	6.37	1.49	30	1.49	24.16	53.47	0.5
阳泉矿区	S ₃	1.02	9.34	7.64	1.39	30	1.31	23.62	41.32	1.1
白沙红卫	4	2.19	30.18	10.13	1.73	30	1.22	19.27	25.66	2.4
萍乡煤矿		1.10	8.07	10.33	1.45	30	1.10	14.39	21.33	1.7
鹤壁梁峪		1.70	11.53	12.20	1.43	30	1.21	18.97	35.63	1.0
北票台吉一坑	4	0.63	14.90	17.98	1.46	30	1.82	10.86	14.85	1.2
天府磨心坡	K ₉	0.99	5.44	18.29	1.36	30	1.76	11.29	17.18	1.1
丰城坪湖	B ₄	1.70	9.50	18.77	1.37	30	1.18	12.61	27.30	0.7
南桐煤矿	K ₂	0.83	22.87	20.26	1.55	30	1.16	6.6	14.16	1.8
包头河滩沟		1.32	32.49	27.16	1.37	30	1.57	12.27	20.77	1.0
开滦赵各庄		1.66	14.40	29.93	1.46	30	1.01	6.42	10.89	1.3
淮北芦岭	8	1.25	7.54	32.17	1.37	30	1.69	12.75	21.88	0.9
抚顺龙凤	4 分层	1.52	9.11	33.72	1.41	30	1.21	13.57	22.93	1.2
阜新平安二坑		8.53	13.37	38.46	1.21	30	1.34	12.30	21.11	1.1
淮南谢一矿	B _{11b}	1.58	31.8	36.20	1.32	30	1.84	20.1	39.06	0.59
辽源西安	上煤	5.54	6.63	41.66	1.34	30	1.68	17.80	28.97	0.9

(三) 煤的瓦斯含量

根据上述可知,煤的瓦斯含量等于游离瓦斯含量与吸附瓦斯含量之和,故而有:

$$\begin{aligned}
 X &= X_y + X_x \\
 &= \frac{VpT_0}{T p_0 \xi} + \frac{abp}{1 + bp} e^{n(a_0 - p)} \cdot \frac{1}{1 + 0.31W} \cdot \frac{100 - A - W}{100} \quad (1-2-3)
 \end{aligned}$$

式中 X —— 煤的瓦斯含量, m³/t。

其余符号意义同前。

此外,目前有些瓦斯工作者,为了简化计算,也可采用孔隙率和瓦斯压力来计算游离瓦斯量。即: $X_y = K \cdot p$ (其中 K 为煤层的孔隙率)。

图 1-2-2 为煤的吸附瓦斯量和游离瓦斯量以及总瓦斯量之间的关系,从中可以看出:在瓦斯压力比较低时,吸附瓦斯量占绝大部分,随着瓦斯压力的增大,吸附瓦斯量渐趋饱和,而游离瓦斯所占的比例则逐渐提高。因此,在深部地层中,当瓦斯压力较高时,煤层和岩层孔隙中所含有的游离瓦斯量,往往可以达到相当大的数值。

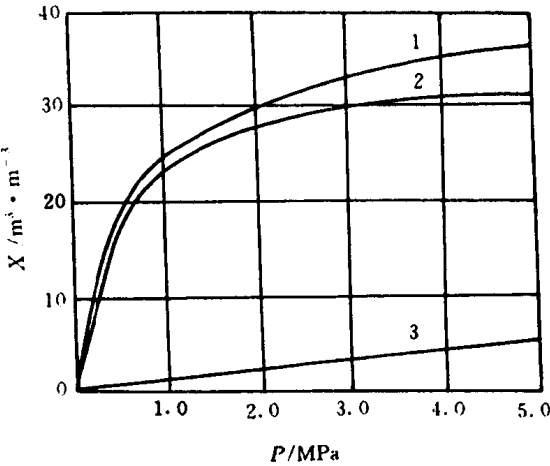


图 1-2-2 煤层瓦斯含量和瓦斯压力的关系曲线
1——总瓦斯量; 2——吸附瓦斯量; 3——游离瓦斯量

目前普遍认为,如果煤层的自然条件和在实验室测定的条件完全相同,则实验室中按煤层瓦斯压力和温度测定出来的瓦斯容量就是该煤层的瓦斯含量。在实际应用时,由于在矿井中各煤层的煤质,一般变化不大。因此,在实验室中可以将各个煤层分别用不同瓦斯压力和温度测定出它的瓦斯含量曲线,然后再根据进行采掘工作地点测出煤层的温度和瓦斯压力,最后从该煤样的瓦斯含量曲线中求得该地点的煤层瓦斯含量。

在目前的瓦斯矿井中,烟煤的瓦斯含量一般未超过 $25 \sim 35 \text{ m}^3/\text{t}$,无烟煤的瓦斯含量一般未超过 $35 \sim 45 \text{ m}^3/\text{t}$,但是,实际矿井中煤层的瓦斯含量应根据实际测定和计算才能确定。

二、影响煤层瓦斯含量的主要因素

由上述内容分析可知,矿井中的煤体从植物遗体到无烟煤的变质过程中,每吨煤至少可生成 100 m^3 以上的瓦斯。但是,在目前的天然煤层中,最大的瓦斯含量不超过 $50 \text{ m}^3/\text{t}$ 。其原因则在于:一方面是因为煤层本身含瓦斯的能力所限,另一方面则是由于瓦斯是以压力气体存在于煤层中,经过漫长的地质年代,放散了大部分,而目前储存在煤体中的瓦斯仅是剩余的瓦斯量。因此,从某种意义上讲,煤层瓦斯含量的多少主要取决于保存瓦斯的条件,而不是生成瓦斯量的多少;也就是说不仅取决于煤的变质程度,而更主要的是取决于储存瓦斯的地质条件。根据目前的研究成果认为,影响煤层瓦斯含量的主要因素有:

(一) 煤层的埋藏深度

众所周知,埋深的增加不仅会因地应力增高而使煤层及围岩的透气性变差,而且瓦斯向地表运移的距离也增长,这二者都有利于封存瓦斯。根据近年来国内外有关学者的研究表明,当深度不太大时,煤层瓦斯含量随埋深基本上成线性规律增加;当深度达到一定值后,煤层瓦斯含量将趋于常量并有可能下降。例如,焦作煤田,煤层瓦斯含量在不受断层与地质构造影响的地段,可用式 $X = 6.58 + 0.038H$ (m^3/t) 表示(相关系数 $r = 0.96$,埋深 $H > 150 \text{ m}$ (瓦斯风化带深))。原苏联的一些矿区实测瓦斯含量与深度之间的关系证实了上述分析,如图 1-2-3 所示。英国采矿研究院从地面打钻,用直接法测量结果表明,在典型地层中,煤层瓦斯含量随埋深增大而有规律增加;一般情况下,深度每增加 100 m ,煤层甲烷含量可

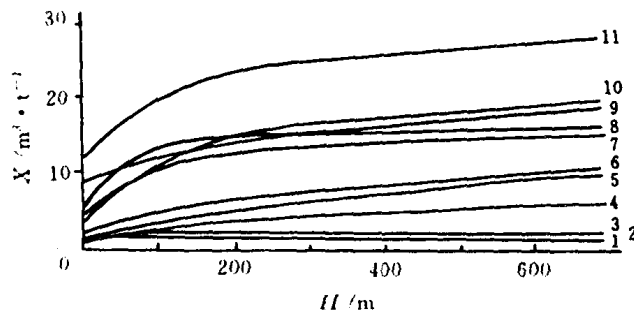


图 1-2-3 原苏联一些矿区实测煤层瓦斯含量同埋深的关系曲线

- 1——“深”No6~7 矿; 2——“托施柯夫卡”No5~13 矿; 3——“切尔卡斯卡娅—北”No1 与 No2 矿;
4——“克列明娜亚”No1 矿; 5——“青年近卫军”副 No2 矿; 6——“西顿巴斯”No6/42 矿;
7——“雅西诺夫斯卡亚—深”矿; 8——“尼卡诺尔”矿; “政委”No2~3 矿;
9——No4 矿, “切尔努欣斯卡亚”No3~5 矿和 C·B·柯西奥尔矿; 10——“贝斯特梁斯卡亚”No1 和 No2 矿;
11——“红色顿涅茨”No1 和 No2 矿

增加 0.5~1.1 m³/t(如图 1-2-4 所示)。

(二) 煤层和围岩的透气性

目前认为,煤系地层岩性组合及其透气性对煤层瓦斯含量有重大影响。一般情况下,煤层及其围岩的透气性越大,瓦斯越易流失,煤层瓦斯含量就越小;反之,瓦斯易于保存,煤层的瓦斯含量就大。根据目前的研究表明,煤层与岩层的透气性可在非常宽的范围内变化,表 1-2-3 列出了我国部分矿井甲烷对煤层及岩石的渗透性系数,从中可以看出:可见孔隙与裂缝发育的砂岩、砾岩和灰岩的透气性系数可能非常大;它比致密而裂隙不发育的岩石(如砂页岩、页岩等)的透气性系数高成千上万倍;故而在漫长的地质年代中,会排放大量的瓦斯。现场实践表明,煤层顶底板透气性低的岩层(如泥岩,充填致密的细碎屑岩,裂隙不发育的灰岩等)越厚,它们在煤系地层中所占的比例越大,则往往煤层的瓦斯含量越高。例如四川重庆、贵州六枝、湖南涟邵等地区,其煤系主要岩层均是泥岩、页岩、砂页岩、粉砂岩和致密的灰岩,而且厚度大,横向岩性变化小,围岩的透气性差,封闭瓦斯的条件好,所以煤层瓦斯压力高,瓦斯含量大,这些地区的矿井往往是高瓦斯或有煤与瓦斯突出危险的矿井;反之,当围岩是由厚层中粗砂岩、砾岩或是裂隙溶洞发育的灰岩组成时,煤层瓦斯含量往往较小。例如山西大同煤田、北京西部煤田、煤层顶底板主要是厚层砂岩,透气性好,故而煤层瓦斯含量较低。

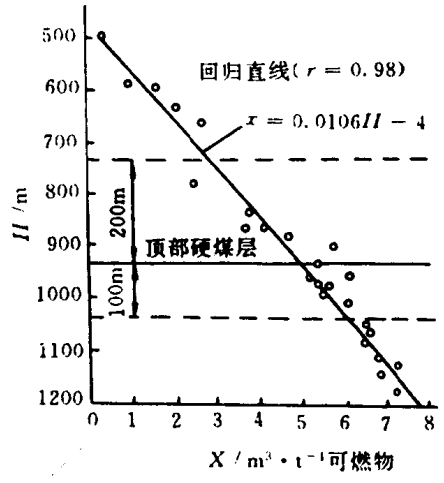


图 1-2-4 英国奥斯特煤田
煤层瓦斯含量与深度的关系

表 1-2-3 甲烷对煤层及岩石的透气系数表

矿 井	煤 层	透气系数/m ² · MPa ⁻² · d ⁻¹	岩石种类	透气系数/m ² · MPa ⁻² · d ⁻¹
抚顺龙凤	本层	150	砂岩[美]	20~92000
包头河滩沟		11.2~17.2	砂岩[苏]	0.02~56000
鹤壁六矿		1.2~1.8	灰岩、白云岩[苏]	0.028~92000
焦作朱村	大煤	0.4~3.6	泥岩[苏]	4~3600
红卫坦家冲	6	0.24~0.72	砾岩[日]	1206.8
涟邵蛇形山	4	0.2~1.08	砂岩[日]	4~320
六枝地宗	7	0.5	砂页岩[日]	0
中梁山	K ₁	0.32~1.16	页岩[日]	0
北票冠山		0.008~0.228		
天府磨心坡	9	0.004~0.04		
淮南谢一	B ₁₁ b	0.228		
淮北芦岭	6	0.028		
阳泉北头咀	3	0.016		

(三) 煤层倾角

目前认为,在同一埋深及条件相同情况下,煤层倾角越小,煤层的瓦斯含量就越高。例如芙蓉煤矿北翼煤层倾角陡($40^{\circ}\sim 80^{\circ}$),相对瓦斯涌出量约 $20\text{ m}^3/\text{t}$,无瓦斯突出现象;反之,南翼煤层倾角缓($6^{\circ}\sim 12^{\circ}$),相对瓦斯涌出量则高达 $150\text{ m}^3/\text{t}$,而且还有瓦斯突出现象。发生这种现象的原因主要在于,煤层渗透性一般大于围岩,煤层倾角越小,在顶板岩性密封好的条件下,瓦斯越不容易通过煤层排放,煤体中产生的瓦斯容易得到贮存;故而煤层的瓦斯含量高,瓦斯涌出量大。

(四) 煤层露头

煤层露头是瓦斯向地面排放的出口,因此,毫无疑问,露头存在时间越长,瓦斯排放就越多,例如福建、广东地区的煤层多有露头,故而瓦斯含量往往较低。反之,地表无露头的煤层,瓦斯含量往往较高,例如四川中梁山煤田,煤层无露头,而且为覆舟(背斜)状构造,所以煤层瓦斯含量高。

(五) 地质构造

众所周知,地质构造是影响煤层瓦斯存贮的最重要的条件之一。目前一般认为,封闭型地质构造有利于封存瓦斯,开放型地质构造有利于排放瓦斯;具体而言,地质构造对煤层瓦斯存贮的影响包括如下几个方面:

1. 褶曲构造

现场实践表明,闭合而完整的背斜或穹窿又覆盖不透气的地层是良好的贮瓦斯构造,在其轴部煤层内往往积存高压瓦斯,形成“气顶”,如图 1-2-5(a,b)所示。此外,在倾伏背斜的轴部,通常也比相同埋深的翼部瓦斯含量高。但是,当背斜轴的顶部岩层为透气岩层或因张力形成连通地面的裂隙时,瓦斯会大量流失,这时轴部煤层瓦斯含量反而比翼部小,因此顶板岩性的密封性具有重要的作用。

向斜构造一般轴部的煤层瓦斯含量比翼部高,这是因为轴部岩层受到强力挤压,围岩的透气性往往会变得更低,因此有利于在向斜的轴部地区封存较多的瓦斯(如图 1-2-5(f)所示)。但是,在开采高透气性煤层时,在向斜轴部煤层的瓦斯涌出量却往往较低,如抚顺龙凤矿,在向斜轴部相对瓦斯涌出量反而比翼部低;这是因为开采越接近向斜轴部,瓦斯补给区域越来越小,补给瓦斯量越接近轴部越枯竭;另外向斜轴部裂隙往往较

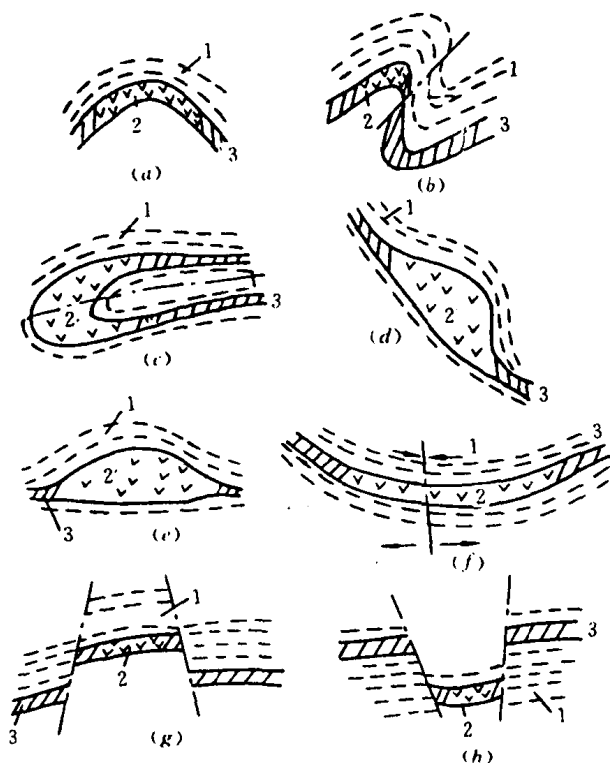


图 1-2-5 几种常见的储瓦斯构造

1—不透气岩层; 2—煤层瓦斯含量增高部位;
3—煤层