

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

KUANGJING
WASI FANGZHI JISHU

矿井瓦斯防治技术

主编 孙和应 常松岭

中国矿业大学出版社
China University of Mining and Technology Press

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

矿井瓦斯防治技术

主 编 孙和应 常松岭

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等职业院校煤炭行业专业实施工学结合人才培养模式的配套教材。全书共分五个项目, 主要包括:煤层瓦斯测定、瓦斯地质图的编绘、矿井瓦斯检测与监控、煤层瓦斯喷出和煤与瓦斯突出防治、矿井瓦斯抽放与管理等。

本书主要作为煤炭类高等职业技术教育矿井通风与安全专业、煤矿开采技术专业和其他相关专业的通用教材,也可供煤矿企业管理人员、工程技术人员和安全技术培训人员等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井瓦斯防治技术 / 孙和应, 常松岭主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2009. 1

(国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材)

ISBN 978-7-5646-0187-4

I. 矿… II. ①孙…②常… III. 煤矿—瓦斯爆炸—防治—高等学校:技术学校—教材 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 207715 号

书 名 矿井瓦斯防治技术

主 编 孙和应 常松岭

责任编辑 孙建波 章 毅

责任校对 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 412 千字

版次印次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

矿井瓦斯爆炸是煤矿生产中最为严重的灾害,一旦发生,不仅造成人员伤亡和财产损失,而且还会严重摧毁矿井设施、中断生产,有时还能引起煤尘爆炸、矿井火灾、井巷垮塌和顶板冒落等二次灾害,加重矿井灾害的后果,使生产难以在短期内恢复。因此,防治矿井瓦斯是煤矿安全生产的首要任务,研究与掌握矿井瓦斯的防治技术,对保障煤矿安全生产具有重要意义。

《矿井瓦斯防治技术》是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》提出的“高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、管理、服务第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高素质技术应用性专门人才”的培养目标,按照煤矿“一通三防”技术岗位标准,采用“项目引导、任务驱动、课题引导”的工学结合课程教学模式所制订的课程标准而编写的。本书在内容上力求通俗易懂,紧密联系基于职业岗位工作过程的任务,系统地介绍煤层瓦斯参数测定、瓦斯地质图编绘、矿井瓦斯检测与技术管理、瓦斯喷出和煤与瓦斯突出防治、矿井瓦斯抽放与管理等内容。本教材主要由孙和应、常松岭负责编写,部分煤矿企业专业技术人员及相关的教师王永祥、杜卫新、郑光相、李英杰、刘保福、魏秀英、孙欢欢等参与编写和审稿,并通过校企合作的“专业建设指导委员会”及煤矿企业专家论证评审,推荐出版作为矿井通风与安全专业工学结合课程教材。

本书在编写过程中,吸收和借鉴了同类教材和书籍的精华,在此谨向各位原作者表示衷心感谢。

由于编者能力有限,书中若有错误和不妥之处,恳请有关专家和广大读者批评指正。

编 者

2008年7月

目 录

项目一 煤层瓦斯测定	1
任务一 煤层瓦斯含量的测定	1
课题一 地质勘探时期煤层瓦斯含量预测的直接测定	12
课题二 生产时期井下煤层瓦斯含量的直接测定法	15
任务二 煤层瓦斯压力预测	17
课题一 井下煤层瓦斯压力的直接测定	19
课题二 地面钻井的瓦斯压力测定	23
任务三 矿井瓦斯涌出预测	25
课题一 矿山统计法预测矿井瓦斯涌出量	34
课题二 分源法预测矿井瓦斯涌出量	36
课题三 矿井瓦斯等级鉴定	40
项目二 瓦斯地质图的编绘	46
任务 瓦斯地质图的编绘	46
课题 绘制瓦斯地质图	53
项目三 矿井瓦斯检测与监控	57
任务一 预防矿井瓦斯爆炸措施	57
课题一 防止矿井瓦斯爆炸措施	65
课题二 矿井局部瓦斯积聚的处理	70
课题三 矿井瓦斯爆炸事故案例分析	79
任务二 矿井瓦斯检测与监测监控	83
课题一 光干涉式瓦斯测定器	90
课题二 矿井瓦斯传感器的设置与校正	93
项目四 煤层瓦斯喷出和煤与瓦斯突出防治	97
任务一 煤(岩)层瓦斯喷出及其预防	97
课题一 防止煤层瓦斯喷出技术措施	99
课题二 矿井瓦斯喷出事故案例分析	102

任务二 煤与瓦斯突出防治技术·····	104
课题一 煤与瓦斯突出危险性预测·····	122
课题二 煤与瓦斯突出预防技术措施·····	140
课题三 煤与瓦斯突出防治措施效果检验·····	165
课题四 安全防护措施·····	169
课题五 防突技术措施的编写·····	176
课题六 煤层与瓦斯突出案例分析·····	177
项目五 矿井瓦斯抽放与管理·····	181
任务一 矿井瓦斯抽放技术与方法·····	181
课题一 本煤层瓦斯抽放·····	188
课题二 邻近层瓦斯抽放·····	204
课题三 采空区瓦斯抽放·····	213
任务二 矿井瓦斯抽放设计与施工·····	219
课题一 矿井瓦斯抽放泵及管路的选择计算·····	240
课题二 矿井瓦斯抽放设计范例·····	244
课题三 矿井瓦斯抽放施工·····	250
参考文献·····	258

项目一 煤层瓦斯测定

在煤矿建设和生产过程中,煤层和围岩中的瓦斯气体会涌到生产空间,对井下的安全生产构成威胁。对不同的煤层瓦斯存在状况而言,瓦斯所造成的危险程度也是不同的。只有熟悉矿井瓦斯的基本性质和危害性前提下,掌握煤层瓦斯的测定,才能为矿井瓦斯治理提供可靠的基础依据。本项目的主要任务是煤层瓦斯含量预测定、煤层瓦斯压力测定和矿井瓦斯涌出预测。

任务一 煤层瓦斯含量的测定

知识点

1. 熟知煤层瓦斯的生成和赋存。
2. 熟知煤层瓦斯的垂直分带。
3. 熟悉煤层瓦斯含量测定的计算方法。

技能点

1. 会预测地质勘探时期煤层瓦斯含量。
2. 会预测矿井生产时期煤层瓦斯含量。

任务描述

煤层瓦斯含量不仅是计算瓦斯储量、预测瓦斯涌出量等技术参数,也是实施矿井瓦斯防治技术的主要依据。

任务分析

煤层瓦斯的生成和赋存是预测瓦斯含量必备的基础知识。掌握地质勘探时期煤层瓦斯含量的直接测定法和生产矿井煤层可解吸瓦斯量的测定法,是预测煤层瓦斯含量必备的技能。

相关知识

一、矿井瓦斯性质及其危害性

(一) 矿井瓦斯的性质

矿井瓦斯是指矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体。甲烷(CH_4)是一种无色、无味、无臭、可以燃烧或爆炸、微溶于水的气体。甲烷(CH_4)的密度为 0.7168 kg/m^3 (0°C),

0.1 MPa 下),对空气的相对密度为 0.554 5(空气的相对密度定义为 1),熔点为 -182.5°C (0.1 MPa 下),扩散系数为 $0.196\text{ cm}^2/\text{s}$ (0°C , 0.1 MPa),发热量为 $35.994\text{ MJ}/\text{m}^3$ (100% 的 CH_4)。

(二) 矿井瓦斯的危害性

1. 污染环境,加剧大气“温室效应”

瓦斯对环境的污染主要表现为加剧大气“温室效应”。据有关研究成果报道,瓦斯 (CH_4) 是仅次于氟利昂的温室气体,它产生的温室效应是 CO_2 的 25~30 倍,且产生温室效应的时效长达 100~150 年之久。全世界煤矿每年向大气排放瓦斯 600 多亿立方米,其中我国煤矿排放到大气中的瓦斯就多达 190 多亿立方米,约占全世界煤矿排入大气瓦斯总量的 1/3。

2. 可造成瓦斯窒息事故

矿井巷道长时间处于微风或停风状态时,由于煤层瓦斯的不断涌入会导致巷内瓦斯浓度升高;当巷内瓦斯浓度达到 43% 时(空气中氧浓度降至 12% 左右),人进入后会感到呼吸非常短促;当瓦斯浓度达到 57% 时,巷内氧浓度将下降到 9% 以下,人若进入会即刻处于昏迷状态,时间稍长就会有死亡危险。

3. 可酿成瓦斯燃烧事故

当巷道内的瓦斯浓度低于 5% 或超过 15% 时,一旦存在点火源,会酿成瓦斯燃烧事故。

4. 引起瓦斯爆炸事故

矿井巷道或采场空气中的瓦斯浓度在 5%~15% (5% 体积百分比,相当于 1 m^3 空气中含有 33 g CH_4 ; 15% 体积百分比,相当于 1 m^3 空气中含有 100 g CH_4) 范围内时,一旦存在点火源,将会引起瓦斯爆炸事故。

5. 发生煤与瓦斯突出事故

当煤层瓦斯压力较高、地质构造复杂、地应力较大、煤层破坏严重时,在此区域作业的采掘工作面易发生煤与瓦斯突出。

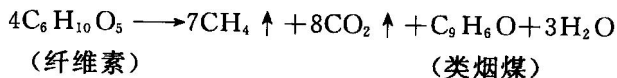
二、煤层瓦斯生成与赋存

(一) 煤层瓦斯的生成

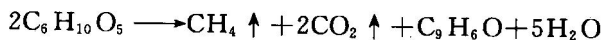
煤层瓦斯是腐殖型有机物在成煤的过程中生成的。煤是一种腐殖型有机质高度富集的可燃有机岩,是植物遗体经过复杂的生物、地球化学、物理化学作用转化而成的。从植物死亡、堆积到转变成煤要经过一系列演变过程,这个过程称为成煤作用。在整个成煤过程中都伴随有烃类、二氧化碳、氢和稀有气体的产生。结合成煤过程,大致可划分为两个成气时期。

1. 生物化学作用成气时期

泥炭阶段的腐殖体,处于生物化学作用时期。在温度不超过 50°C 的低温条件下,经厌氧微生物作用发酵分解成瓦斯和二氧化碳。这个过程,一般可以用纤维素的化学反应方程式来表达:



或



在沼泽、三角洲等水下生成的瓦斯,能够比较顺利地扩散到古大气中去,或者溶于水,然后被水带到地表。在泥炭时期,泥炭的埋深一般不大,其覆盖层的胶结固化也不好,生成

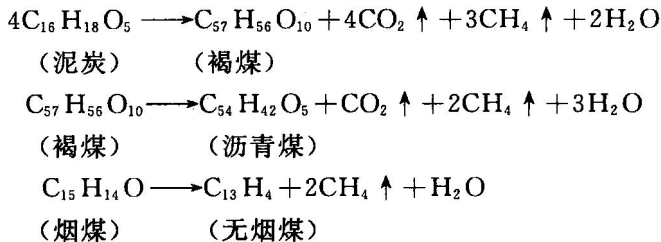
的瓦斯通过渗滤和扩散容易排放到大气中,因此,生物化学作用产生的瓦斯一般不会保留在煤层内。

随着泥炭层的下沉,覆盖层的厚度越来越大,压力和温度随之增高,厌氧微生物的生存环境恶化,生物化学活动逐渐减弱直至停止。在稍高的压力和温度作用下,泥炭化的木质素和纤维素便转化成为褐煤。

2. 煤化变质作用成气时期

煤化变质是成煤作用的第二阶段,即泥炭、腐泥在以压力和温度为主的作用下变化为煤的过程。在这个阶段中,随着泥炭层的下沉,上覆盖层越积越厚,压力和温度也随之增高,生物化学作用逐渐减弱直至结束,进入煤化变质作用成气时期。由于埋藏较深且覆盖层已固化,在压力和温度的影响下,泥炭进一步变为褐煤,褐煤再变为烟煤和无烟煤。

煤的有机质基本结构单元是带侧键官能团并含有杂原子的缩合芳香核体系。在煤化作用过程中,芳香核缩合和侧键与官能团脱落分解,同时会伴有大量烃类气体的产生,其中主要的是甲烷。整个煤化作用阶段形成甲烷的示意反应式可由下列方程式表达:



从褐煤到无烟煤(沥青煤到烟煤反应式略),煤的变质程度越高,生成的瓦斯量也越多。

表 1-1 为我国一些单位对部分煤进行热模拟实验所得到的不同煤种各阶段的产气量。

表 1-1 我国部分煤热模拟实验煤气(甲烷)产气量 单位: m³/t

实验单位	变质阶段	未变质煤		低变质煤		中变质煤			高变质煤	
		褐煤	长焰煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	无烟煤	
煤科总院地质勘探分院 (1987年)	阶段产气量		3~25	10~54	27~102	55~170	108~246	134~333	268~393	
	累计产气量		41~93	48~122	65~170	93~238	146~314	172~401	306~461	
石油开发研究所 (1985年)	阶段产气量		4~31	7~58	26~108	48~176	86~230	114~321	168~390	
	累计产气量	38~68*	42~99	45~126	64~176	86~244	124~298	152~389	206~458	
地矿部石油地质研究所 (1985年, 舒兰褐煤)	阶段产气量									
	累计产气量	0.55	1.06	4.25	24.32	55.9	94.77	127.72	221.13	
兰州地质研究所 (1986年, 乌苏褐煤)	阶段产气量		2.49	22.92	53.04	113.57		183.34	325.23	
	累计产气量	1.61	4.10	24.53	54.65	115.18		184.95	326.84	

注:带*者为引用国外文献数据。

数据表明,尽管各实验单位得出的结果有明显差异,却都反映出成煤过程生成的瓦斯量是很大的,最高可达 300~400 m³/t。但从煤矿开采实践过程来看,煤层中的瓦斯含量一般不超过 20~30 m³/t,由此看来,在漫长的地质年代中,由于地层的隆起、侵蚀和断裂以及瓦斯在地层内的迁移,一部分或大部分瓦斯已经扩散到大气中,只有少部分瓦斯渗透到煤层围

岩内或运移至储气构造中而形成煤层气田。

(二) 瓦斯在煤体内的赋存状态

1. 煤体内的孔隙分类

煤体之所以能保存一定数量的瓦斯,这与煤体内具有大量的孔隙有密切关系。

根据煤的组成及其结构性质,煤中的孔隙可以分为三种:

① 宏观孔隙——指可用肉眼分辨的层理、节理、劈理及次生裂隙等形成的孔隙。一般在 0.1 mm 以上。

② 显微孔隙——指用光学显微镜和扫描电镜能分辨的孔隙。

③ 分子孔隙——指煤的分子结构所构成的超微孔隙。一般在 0.1 μm 以下。

根据孔隙对瓦斯吸附、渗透和煤强度性质的影响,一般按直径把孔隙分为以下几种:

① 微孔——直径小于 0.01 μm,它构成煤的吸附空间。

② 小孔——直径为 0.01~0.1 μm,是瓦斯凝结和扩散的空间。

③ 中孔——直径为 0.1~1 μm,它构成瓦斯层流渗流的空间。

④ 大孔——直径为 1~100 μm,它构成强烈层流渗流的空间,是结构高度破坏煤的破碎面。

⑤ 可见孔和裂隙——大于 100 μm,它构成层流及紊流混合渗流空间,是坚固和中等强度煤的破碎面。

2. 煤的孔隙率

煤的孔隙率是指煤中孔隙总体积与煤的总体积之比,通常用百分数表示。即:

$$K = \frac{V_p - V_t}{V_p} \times 100 \% \quad (1-1)$$

式中 K ——煤的孔隙率, %;

V_p ——煤的总体积,包括其中的孔隙体积, mL;

V_t ——煤的实在体积,不包括其中孔隙体积, mL。

煤的孔隙率可以通过实测煤的真密度和视密度来确定,不同单位煤的孔隙率与煤的真密度、视密度存在如下关系:

$$K = \frac{1}{\rho_p} - \frac{1}{\rho_t} \quad (1-2)$$

$$K_1 = \frac{\rho_t - \rho_p}{\rho_t} \quad (1-3)$$

式中 K, K_1 ——分别为单位质量和单位体积煤的孔隙率, $\text{m}^3/\text{t}, \text{m}^3/\text{m}^3$ (或 %);

ρ_p ——煤的视密度,即包括孔隙在内的煤密度, t/m^3 ;

ρ_t ——煤的真密度,即扣除孔隙后煤的密度, t/m^3 。

煤的视密度 ρ_p 和煤的真密度 ρ_t 可在实验室内测得。真密度与视密度的差值越大,煤的孔隙率也越大。

国内外对煤孔隙率的测定结果表明,煤的孔隙率与煤的变质程度有一定关系。表 1-2 是俄罗斯顿巴斯矿区不同变质程度煤的孔隙率;表 1-3 是我国部分矿井煤的孔隙率。图 1-1 是我国煤科总院抚顺分院对不同变质程度煤孔隙率的测定结果。

表 1-2 各种种类煤的孔隙率

煤的种类	孔隙率/(m ³ ·t ⁻¹)		煤的种类	孔隙率/(m ³ ·t ⁻¹)	
	变化范围	平均值		变化范围	平均值
长焰煤	0.073~0.091	0.084	瘦煤	0.028~0.065	0.045
气煤	0.028~0.080	0.053	贫煤	0.034~0.084	0.055
肥煤	0.026~0.078	0.051	半无烟煤	0.041~0.094	0.065
焦煤	0.021~0.068	0.045	无烟煤	0.055~0.136	0.088

表 1-3 我国一些矿井煤的孔隙率

矿井	煤的挥发分/%	孔隙率/%
抚顺老虎台	45.76	14.05
鹤岗大陆	31.86	10.6
开滦马家沟 12 号煤	26.8	6.59
本溪田师傅 3 号煤	13.71	6.7
阳泉三矿 3 号煤	6.66	14.1
焦作王封大煤	5.82	18.5

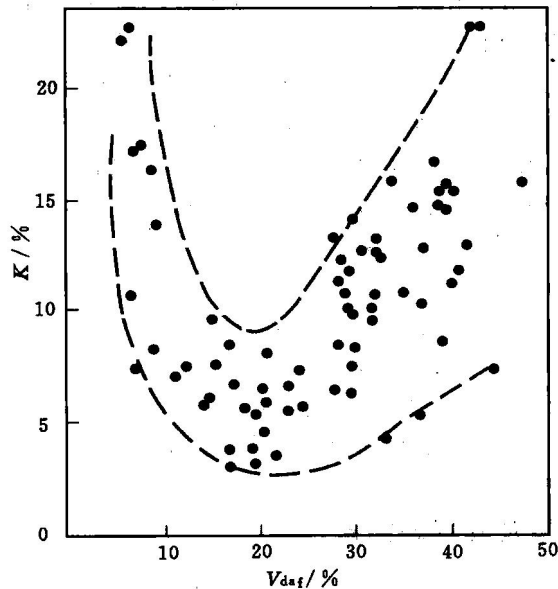


图 1-1 煤的孔隙率随煤可燃基挥发分含量的变化

从以上图表可以看出,不同的煤种孔隙率有很大不同,即使是同一类煤,孔隙率的变化范围也很大,但总的趋势是中等变质程度的煤孔隙率最小,变质程度变小和变大时,孔隙率都会增大。

3. 瓦斯在煤体内的赋存状态

瓦斯在煤体中呈两种状态存在,即游离状态和吸附状态。

(1) 游离状态

游离状态也叫自由状态,这时瓦斯存在于煤的孔隙和裂隙中,如图 1-2 所示。这种状态的瓦斯以自由气体存在,呈现出的压力服从自由气体定律。游离瓦斯量的大小主要取决于煤的孔隙率,在相同的瓦斯压力下,煤的孔隙率越大,则所含游离瓦斯量也越大。在贮存空间一定时,其量的大小与瓦斯压力成正比,与瓦斯温度成反比。

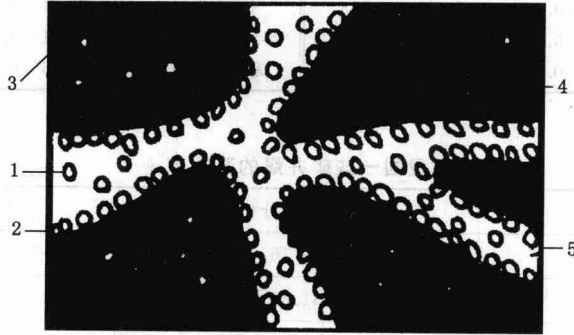


图 1-2 瓦斯在煤内的存在状态示意图

1——游离瓦斯;2——吸着瓦斯;3——吸收瓦斯;4——煤体;5——孔隙

(2) 吸附状态

吸附状态的瓦斯主要吸附在煤的微孔表面上(吸着瓦斯)和煤的微粒结构内部(吸收瓦斯)。吸着状态是在孔隙表面的固体分子引力作用下,瓦斯分子被紧密地吸附于孔隙表面上,形成很薄的吸附层;而吸收状态是瓦斯分子充填到极其微小的微孔孔隙内,占据着煤分子结构的空位和煤分子之间的空间,如同气体溶解于液体中的状态。吸附瓦斯量的大小,取决于煤的孔隙结构特点、瓦斯压力、煤的温度和湿度等。一般的规律是:煤中的微孔越多、瓦斯压力越大,吸附瓦斯量越大;随着煤的温度增加,煤的吸附能力下降;煤的水分占据微孔的部分表面积,故煤的湿度越大,吸附瓦斯量越小。

实测表明,在目前开采深度(1 000~2 000 m 以内)煤层的吸附瓦斯量占 70%~95%,而游离瓦斯量仅占 5%~30%。但在断层、大的裂隙、孔洞和砂岩内,瓦斯则主要以游离状态赋存。随着煤层被开采,煤层顶底板附近的煤岩产生裂隙,导致透气性增加,瓦斯压力随之下降,煤体中的吸附瓦斯解吸而成为游离瓦斯,在瓦斯压力失去平衡的情况下,大量游离瓦斯就会通过各种通道涌入采掘空间,因此,随着采掘工作的进展,瓦斯涌出的范围会不断扩大,瓦斯将保持较长时间持续涌出。

三、煤层瓦斯含量及其影响因素

(一) 煤层瓦斯含量的划分

煤层瓦斯含量是指在矿井大气条件下(环境温度为 20 ℃,环境大气压力为 0.1 MPa)单位质量煤体中所含的瓦斯气体体积,一般用 m^3/t 表示。煤层瓦斯含量可分为:

- ① 煤层瓦斯原始含量:指未受采矿采动及抽采影响的煤体内的瓦斯含量。
- ② 煤层瓦斯残余含量:指受采矿采动及抽采影响的煤体内现存的瓦斯含量。
- ③ 原煤瓦斯含量:单位质量原煤中含有的瓦斯量。
- ④ 可燃基瓦斯含量:原煤中除去灰分和水分后的单位质量可燃部分煤中的瓦斯含量。

(二) 影响煤层瓦斯含量的因素

在成煤过程中每形成 1 t 煤所生成的瓦斯量理论上约为 100~400 m^3 ,但国内外大量实

测资料表明,现今的煤层原始瓦斯含量一般最大不超过 30~40 m³/t,这就说明成煤过程中生成的瓦斯绝大部分已逸散到地表,或在地质条件适合时,如煤盆地地层中有大面积隔气层和储气构造,煤层中的瓦斯运移到储气构造中,形成煤层气藏。由此看来,煤层瓦斯含量除与生成瓦斯量有关外,主要取决于煤生成后瓦斯运移条件和煤保存瓦斯的能力(吸附性、孔隙率等)。现将影响煤层瓦斯含量的主要因素分析如下:

1. 煤田地质史

煤田的形成经过了漫长的地质变化。从植物的堆积一直到煤炭的形成,经历了长期复杂的地质变化,这些变化对煤中瓦斯的生成和排放都起着一定的作用。煤层中瓦斯生成量、煤田范围内瓦斯含量的分布以及煤层瓦斯向地表的运移,归根到底都取决于煤田的地质史。成煤后地壳的上升将使剥蚀作用加强,从而给煤层瓦斯向地表运移提供了条件;当成煤后地表下沉时,煤田被新的覆盖物覆盖,从而减缓了煤层瓦斯的逸散。

2. 煤层的埋藏深度

煤层的埋藏深度是决定煤层瓦斯含量大小的主要因素。煤层的埋藏深度越深,煤层中的瓦斯向地表运移的距离就越长,散失就越困难;同时,深度的增加也使煤层在地应力作用下降低透气性,有利于保存瓦斯;由于煤层瓦斯压力增大,煤的吸附瓦斯量增加,也使煤层瓦斯含量增大。在不受地质构造影响的区域,当深度不大时,煤层的瓦斯含量随深度呈线性增加,如焦作煤田,瓦斯风化带以下瓦斯含量与深度的统计关系式为 $X=6.58+0.038H$ (X 为相对瓦斯含量, m³/t; H 为埋藏深度, m);当深度很大时,煤层瓦斯含量趋于常量。

3. 地质构造

地质构造是影响煤层瓦斯含量的最重要因素之一。当围岩透气性较差时,封闭型地质构造有利于瓦斯的贮存,而开放型的地质构造有利于瓦斯排放。常见的贮存瓦斯构造如图 1-3 所示。

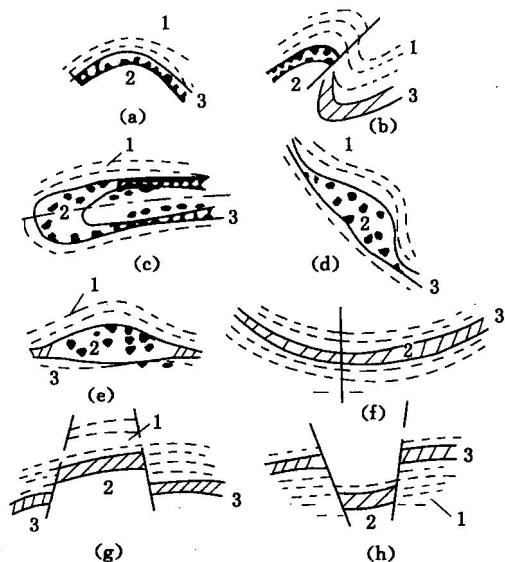


图 1-3 几种常见的贮存瓦斯构造

1——不透气岩层;2——瓦斯含量增高部位;3——煤层

(1) 褶曲构造

闭合的和倾伏的背斜或穹窿,通常是良好的贮存瓦斯构造。顶板若为致密岩层而又未遭破坏时,在其轴部煤层内,往往能够积存高压瓦斯,形成“气顶”[图 1-3(a)、图 1-3(b)];但背斜轴顶部岩层若是透气性岩层或因张力形成连通地表或其他贮气构造的裂隙时,瓦斯会大量流失,轴部瓦斯含量反而比翼部少。

向斜构造一般轴部的瓦斯含量比翼部高,这是因为轴部岩层受到的挤压力比底板岩层强烈,使顶板岩层和两翼煤层的透气性变小,更有利于轴部瓦斯的积聚和封存[图 1-3(f)],如南桐一井、鹤壁六矿。但当开采高透气性的煤层时(如抚顺龙凤矿),轴部瓦斯容易通过构造裂隙和煤层转移到向斜的翼部,瓦斯含量反而减少。

受构造影响在煤层局部形成的大型煤包[图 1-3(c)、图 1-3(d)、图 1-3(e)]内也会出现瓦斯含量增高的现象。这是因为煤包四周在构造挤压应力作用下,煤层变薄,使煤包内形成了有利于瓦斯封闭的条件。同理,由两条封闭性断层与致密岩层构成的封闭的地垒或地堑构造,也能成为瓦斯含量增高区[图 1-3(g)、图 1-3(h)]。

(2) 断裂构造

断层对煤层瓦斯含量的影响比较复杂,一方面要看断层(带)的封闭性,另一方面要看与煤层接触的对盘岩层的透气性。一般来说,开放性断层(张性、张扭性或导水性断层)有利于瓦斯排放,煤层瓦斯含量降低,如图 1-4(a)所示。对于封闭性断层(压性、压扭性、不导水断层),当煤层对盘的岩层透气性差时,有利于瓦斯的存贮,煤层瓦斯含量增大;如果断层的规模大而断距大时,在断层附近也可能出现一定宽度的瓦斯含量降低区,如图 1-4(b)所示。

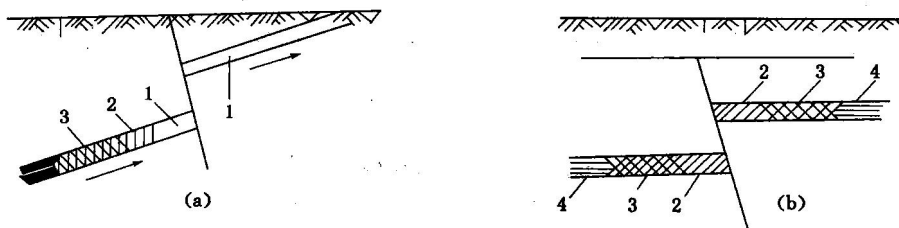


图 1-4 断层对煤层瓦斯含量的影响

1——瓦斯丧失区;2——瓦斯含量降低区;3——瓦斯含量异常增高区;4——瓦斯含量正常增高区

煤层瓦斯含量与断层的远近有如下规律:靠近断层带附近瓦斯含量降低;稍远离断层,瓦斯含量增高;离断层再远,瓦斯含量恢复正常。实践证明,不仅是瓦斯含量,瓦斯涌出量与断层的远近也有类似规律,图 1-5 是焦作矿区焦西矿 39 号断层与巷道瓦斯涌出量的关系。

4. 煤层倾角和露头

煤层埋藏深度相同时,煤层倾角越大,有利于瓦斯沿着一些透气性好的地层或煤层向上运移和排放,使瓦斯含量降低;反之,煤层倾角越小,一些透气性差的地层就起到了封闭瓦斯的作用,使煤层瓦斯含量升高。如芙蓉煤矿北翼煤层倾角较大($40^{\circ}\sim 80^{\circ}$),相对瓦斯涌出量约 $20\text{ m}^3/\text{t}$;而南翼煤层倾角较小($6^{\circ}\sim 12^{\circ}$),相对瓦斯涌出量高达 $150\text{ m}^3/\text{t}$,并有瓦斯突出现象发生。

煤层如果有露头,并且长时间与大气相通,瓦斯很容易沿煤层流动而逸散到大气之中,煤层瓦斯含量就不大。反之,地表无露头的煤层,瓦斯难以逸散,煤层瓦斯含量就大。例如

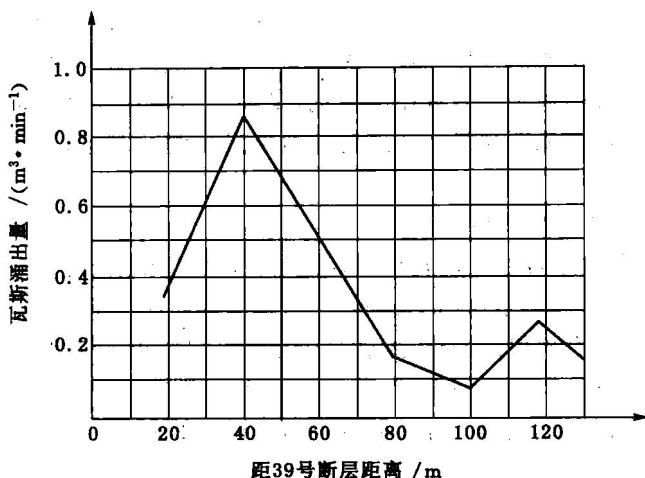


图 1-5 焦作焦西矿 39 号断层与瓦斯涌出量的关系

中梁山煤田,煤层无露头,且为覆舟状(背斜)构造,瓦斯含量大,相对涌出量达到 70~90 m³/t。

5. 煤的变质程度

一般情况下,煤的变质程度越高,生成的瓦斯量就越大,因此,在其他条件相同时,其含有的瓦斯量也就越大。在同一煤田,煤吸附瓦斯的能力随煤的变质程度的提高而增大,因此,在同样的瓦斯压力和温度下,变质程度高的煤往往能够保存更多的瓦斯。但对于高变质无烟煤(如石墨),煤吸附瓦斯的能力急剧减小,煤层瓦斯含量反而大大降低。

6. 煤层围岩的性质

煤层的围岩致密、完整、透气性差时,瓦斯容易保存;反之,瓦斯则容易逸散。例如大同煤田比抚顺煤田成煤年代早,变质程度高,生成的瓦斯量和煤的吸附瓦斯能力都比抚顺煤田的高,但实际上煤层中的瓦斯含量却比抚顺煤田小得多。原因是大同煤田的煤层顶板为孔隙发育、透气性良好的砂质页岩、砂岩和砾岩,瓦斯容易逸散;而抚顺煤田的煤层顶板为厚度近百米的致密油母页岩和绿色页岩,透气性差,故大量瓦斯能够保存下来。

7. 水文地质条件

地下水活跃的地区通常瓦斯含量小。这是因为这些地区的裂隙比较发育,而且处于开放状态,瓦斯易于排放;虽然瓦斯在水中的溶解度很小(3%~4%),但经过漫长的地质年代,地下水也可以带走大量的瓦斯,降低煤层瓦斯含量;此外,地下水对矿物质的溶解和侵蚀会造成地层的天然卸压,使得煤层及围岩的透气性大大增强,从而增大瓦斯的散失量。南桐、焦作等很多矿区都存在着水大瓦斯小、水小瓦斯大的现象。

总之,煤层瓦斯含量受多种因素的影响,造成不同煤田瓦斯含量差别很大,即使是同一煤田,甚至是同一煤层的不同区域,瓦斯含量也可能有较大差异。因此,在矿井瓦斯管理中,必须结合本井田的具体实际,找出影响本矿井瓦斯含量的主要因素,作为预测瓦斯含量和瓦斯涌出量的参考和依据。

(三) 煤层瓦斯赋存的垂直分带

当煤层有露头或在冲击层下有含煤地层时,在煤层内存在两个不同方向的气体运移,即

煤层中经煤化作用生成的瓦斯经煤层、上覆岩层和断层等由深部向地表运移；地面的空气、表土中的生物化学作用生成的气体向煤层深部渗透和扩散。这两种反向运移的结果，形成了煤层中各种气体成分由浅到深有规律的变化，呈现出沿赋存深度方向上的带状分布。煤层瓦斯的带状分布是煤层瓦斯含量及巷道瓦斯涌出量预测的基础，也是搞好瓦斯管理的重要依据。

1. 瓦斯风化带及其深度的确定依据

在漫长的地质历史中，煤层中的瓦斯经煤层、煤层围岩和断层由地下深处向地表流动；而地表的空气、生物化学和化学作用生成的气体，则由地表向深部运动。由此形成了煤层中各种瓦斯成分由浅到深有规律的变化，这就是煤层瓦斯沿深度的带状分布。

煤层瓦斯自上而下可划分为四个带：氮气—二氧化碳带、氮气带、氮气—甲烷带和甲烷带。前三个带统称为瓦斯风化带。各瓦斯带的划分标准如表 1-4 所列。

表 1-4 煤层瓦斯垂直分带瓦斯组分及含量表

瓦斯带名称	CO ₂		N ₂		CH ₄	
	/%	/(m ³ ·t ⁻¹)	/%	/(m ³ ·t ⁻¹)	/%	/(m ³ ·t ⁻¹)
氮气—二氧化碳带	20~80	0.19~2.24	20~80	0.15~1.42	0~10	0~0.16
氮气带	0~20	0~0.27	80~100	0.22~1.86	0~20	0~0.22
氮气—甲烷带	0~20	0~0.39	20~80	0.25~1.78	20~80	0.06~5.27
甲烷带	0~10	0~0.37	0~20	0~1.93	80~100	0.61~10.5

图 1-6 是煤田煤层瓦斯组分在各瓦斯带中的变化。由图中可见，甲烷带中的甲烷含量都在 80% 以上，而其他各带甲烷含量逐渐减少或消失，因此，把前面的氮气—二氧化碳带、氮气带、氮气—甲烷带统称为瓦斯风化带。

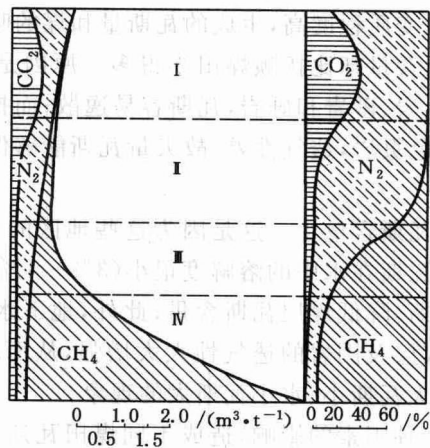


图 1-6 煤田煤层瓦斯组分在各瓦斯带中的变化

I——氮气—二氧化碳带；II——氮气带；III——氮气—甲烷带；IV——甲烷带

由于各个煤田的形成条件和煤层瓦斯生成环境不同，各煤田的瓦斯组分可能有很大差

别,此外,受成煤环境和各种地质条件的影响,有的矿井中甚至缺失了其中的一个或两个带,如沈阳红阳三井井田就缺失了氮气带和氮气—甲烷带,而仅存在氮气—二氧化碳带和甲烷带。有的矿井甚至出现了二氧化碳—甲烷带。

瓦斯风化带的下部边界深度可根据下列指标中的任何一项来确定:

- ① 在瓦斯风化带开采煤层时,煤层的相对瓦斯涌出量达到 $2 \text{ m}^3/\text{t}$ 。
- ② 煤层内的瓦斯组分中甲烷组分含量达到 80%(体积比)。
- ③ 煤层内的瓦斯压力为 0.1~0.15 MPa。
- ④ 煤的相对瓦斯含量达到 $2\sim 3 \text{ m}^3/\text{t}$ (烟煤)和 $5\sim 7 \text{ m}^3/\text{t}$ (无烟煤)。

瓦斯风化带的深度取决于井田地质和煤层赋存条件,如围岩性质、煤层有无露头、断层发育情况、煤层倾角、地下水活动情况等。围岩透气性越好、煤层倾角越大、开放性断层越发育、地下水活动越剧烈,则瓦斯风化带深度就越大。

不同矿区瓦斯风化带的深度有较大差异,即使是同一井田有时也相差很大,如开滦矿区的唐山矿和赵各庄矿,两矿的瓦斯风化带深度下限就相差 80 m。表 1-5 是我国部分高瓦斯矿井煤层瓦斯风化带深度的实测结果。

表 1-5 我国部分高瓦斯矿井煤层瓦斯风化带深度

矿区(矿井)	煤层	瓦斯风化带深度/m	矿区(矿井)	煤层	瓦斯风化带深度/m
抚顺(龙凤)	本层	250	南桐(南桐)	4	30~50
抚顺(老虎台)	本层	300	天府(磨心坡)	9	50
北票(台吉)	4	115	六枝(地宗)	7	70
北票(三宝)	9B	110	六枝(四角田)	7	60
焦作(焦西)	大煤	180~200	六枝(木岗)	7	100
焦作(李封)	大煤	80	淮北(芦岭)	8	240~260
焦作(演马庄)	大煤	100	淮北(朱仙庄)	8	320
白沙(红卫)	6	15	淮南(谢家集)	C13	45
涟邵(洪山殿)	4	30~50	淮南(谢家集)	B11b	35
南桐(东林)	4	30~50	淮南(李郢孜)	C13	428
南桐(鱼田堡)	4	30~70	淮南(李郢孜)	B11b	420

需要说明的是,尽管位于瓦斯风化带内的矿井多为低瓦斯矿井或低瓦斯区,瓦斯对生产不构成主要威胁,但有的矿井或区域二氧化碳或氮气的含量是很高的,如果通风不良或管理不善,也有可能造成人员窒息事故。如 1980 年,江苏某矿在瓦斯风化带内掘进胶带输送机巷道时,曾先后两次发生人员窒息事故,经分析是煤层中高含量氮气涌入巷道内造成的。此外,有的矿井仍然存在着瓦斯爆炸的危险,千万不可疏忽大意。

2. 甲烷(CH₄)带

瓦斯风化带以下是甲烷带,是大多数矿井进行采掘活动的主要区域。在甲烷带内,煤层的瓦斯压力、瓦斯含量随着埋藏深度的增加呈有规律的增长。增长的梯度,随不同煤质(煤