

矿井瓦斯防治 理论与技术

冉松河 袁东升 等编著



 西安地图出版社

矿井瓦斯防治理论与技术

冉松河 袁东升 刘彦伟 魏建平 编著

西安地图出版社

内 容 提 要

本书由七章组成,全面地阐述了矿井瓦斯的概念与性质、矿井瓦斯涌出、矿井瓦斯涌出量预测、矿井瓦斯爆炸及防治、矿井瓦斯突出及防治、瓦斯基础参数测定、瓦斯等级鉴定等内容。

本书可供煤矿科研、设计、工程技术人员及安全生产管理人员阅读,亦可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井瓦斯防治理论与技术/冉松河等编著. —西安:西安地图出版社,2009.9

ISBN 978 - 7 - 80748 - 458 - 5

I. 矿… II. 冉… III. 煤矿—瓦斯爆炸—防治 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 139576 号

矿井瓦斯防治理论与技术

冉松河 袁东升等 编著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 宝鸡市昊阳印刷有限公司印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 8.5 印张 200 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

印数 0001 - 1000

ISBN 978 - 7 - 80748 - 458 - 5

定价:28.00 元

前 言

《矿井瓦斯防治理论与技术》是一本专门研究矿井瓦斯的**概念、性质、运移、赋存、涌出、检测、预测、矿井瓦斯事故的发生机理及预防控制措施**的著作。本书立足于现场应用,在内容上以**矿井瓦斯防治理论与技术实践**为基础,汇集了近年来国内外**矿井瓦斯防治最新科研成果**,具有**先进性、科学性和较强的实用性**;在形式上力求**新颖美观,图文并茂,层次清楚,条理分明**。

全书内容分为七章,各章节编写分工如下:内容提要、前言、目录、参考文献部分由河南理工大学袁东升副教授编写;第一章“**矿井瓦斯的**概念与性质****”、第二章“**矿井瓦斯涌出**”、第四章“**矿井瓦斯爆炸及防治**”、第七章“**瓦斯等级鉴定**”等由河南省许昌新龙矿业有限责任公司梁北煤矿冉松河高级工程师和河南理工大学魏建平副教授共同编写;第五章“**矿井瓦斯突出及防治**”由河南理工大学刘彦伟老师编写;第三章“**矿井瓦斯涌出量预测**”和第六章“**瓦斯基础参数测定**”由河南理工大学袁东升副教授编写。

在本书的编写和出版过程中,西安地图出版社王兴华编辑等给予了全过程的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。书中直接或间接地利用或引用了一些学术前辈、同行的研究成果和技术资料,在此向他们致以崇高的敬意,也表示衷心的感谢。

本书既可供从事煤矿安全工作的科研、设计人员和生产工程技术人员及管理人员阅读,也可供煤炭高等院校采矿、通风安全等专业师生参考。

由于编考水平所限,书中**缺点和错误在所难免**,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年7月

目 录

第1章 矿井瓦斯的概念与性质	(1)
1.1 矿井瓦斯的概念	(1)
1.2 甲烷的性质	(1)
1.3 煤层瓦斯的生成与赋存	(2)
1.3.1 煤层瓦斯的成因	(2)
1.3.2 煤层瓦斯赋存	(3)
1.3.3 瓦斯基本参数测试	(4)
1.3.4 煤层瓦斯含量	(6)
第2章 矿井瓦斯涌出	(9)
2.1 瓦斯涌出量及其主要影响因素	(9)
2.1.1 瓦斯涌出量及涌出形式	(9)
2.1.2 影响矿井瓦斯涌出量的主要因素	(9)
2.2 矿井瓦斯涌出规律	(12)
2.2.1 回采工作面瓦斯来源分析	(13)
2.2.2 掘进工作面瓦斯来源分析	(14)
第3章 矿井瓦斯涌出量预测	(16)
3.1 矿井瓦斯涌出量预测方法	(16)
3.1.1 矿山统计法	(16)
3.1.2 瓦斯含量法	(17)
3.1.3 苏联提出的预测公式	(20)
3.2 现有预测方法的评价	(25)
3.3 瓦斯地质数学模型法	(25)
3.3.1 瓦斯地质数学模型法的基本原理	(25)
3.3.2 预测方法及步骤	(27)
第4章 矿井瓦斯爆炸及防治	(31)
4.1 瓦斯爆炸的条件及影响因素	(31)
4.1.1 瓦斯爆炸的概念	(31)
4.1.2 瓦斯爆炸的基本条件	(31)
4.1.3 瓦斯爆炸的影响因素	(33)

4.2	瓦斯爆炸的危害及原因分析	(36)
4.2.1	瓦斯爆炸的危害	(36)
4.2.2	瓦斯爆炸的一般规律	(38)
4.2.3	瓦斯爆炸的原因分析	(39)
4.3	预防瓦斯爆炸措施	(44)
4.3.1	防止瓦斯积聚措施	(44)
4.3.2	加强瓦斯检查与监测	(45)
4.3.3	防止引燃瓦斯措施	(48)
4.3.4	防止瓦斯爆炸灾害扩大	(49)
第5章	矿井瓦斯突出及防治	(51)
5.1	煤与瓦斯突出的危害	(51)
5.2	我国煤与瓦斯突出现状	(51)
5.3	煤与瓦斯突出的分类与特征	(52)
5.3.1	煤与瓦斯突出分类	(52)
5.3.2	煤与瓦斯突出的基本特征	(52)
5.4	煤与瓦斯突出的机理	(53)
5.4.1	煤与瓦斯突出假说	(54)
5.4.2	突出的发展过程	(54)
5.5	煤与瓦斯突出一般规律和突出预兆	(56)
5.5.1	煤与瓦斯突出的一般规律	(56)
5.5.2	煤与瓦斯突出的预兆	(58)
5.6	煤与瓦斯突出危险性预测	(58)
5.6.1	煤与瓦斯突出危险性预测方法的分类	(58)
5.6.2	区域突出危险性预测方法	(59)
5.6.3	工作面突出危险性预测	(61)
5.7	煤与瓦斯突出防治措施	(69)
5.7.1	制定防突措施的原则	(69)
5.7.2	防突措施分类	(69)
5.7.3	区域性防突措施	(70)
5.7.4	局部防突措施	(72)
5.8	防治煤与瓦斯突出措施效果检验	(76)
5.8.1	远距离保护层和极薄保护层的保护效果检验	(77)
5.8.2	预抽煤层瓦斯防治突出措施效果检验	(77)
5.8.3	石门揭煤工作面防治突出措施效果检验	(77)
5.8.4	煤巷掘进工作面防治突出措施效果检验	(78)

5.9 突出矿井的技术管理	(78)
5.9.1 组织管理	(78)
5.9.2 技术管理	(79)
5.9.3 现场管理	(81)
第6章 瓦斯基础参数测定	(83)
6.1 煤层瓦斯压力测定	(83)
6.1.1 固体材料封孔测定瓦斯压力	(83)
6.1.2 胶圈黏液封孔测定瓦斯压力	(84)
6.2 煤层瓦斯含量测定	(86)
6.2.1 采取煤样及瓦斯解吸速度测定	(86)
6.2.2 计算采样过程中的损失瓦斯量	(87)
6.3 瓦斯含量系数测定	(91)
6.4 煤层透气性系数的测定与计算	(92)
6.4.1 计算公式	(92)
6.5 煤的坚固性系数测定	(96)
6.5.1 测定原理	(96)
6.5.2 测定方法与步骤	(97)
6.6 煤的瓦斯放散指数测定	(98)
6.6.1 测定仪器	(98)
6.6.2 测定步骤	(98)
6.7 瓦斯吸附常数测定	(99)
6.7.1 瓦斯含量与瓦斯吸附量、瓦斯压力及温度之间的关系	(99)
6.7.2 采用容量法测定等温吸附曲线计算 a 、 b 值的原理	(100)
6.7.3 测定过程	(100)
6.8 预测瓦斯突出危险性参数测定	(101)
6.8.1 单项参数测定及计算	(101)
6.8.2 区域预测	(106)
6.8.3 工作面预测	(107)
6.8.4 防突措施效果检验	(109)
6.9 瓦斯储量、可抽量及抽放率计算	(109)
6.9.1 瓦斯储量计算	(109)
6.9.2 可抽瓦斯量概算	(110)
6.9.3 抽放率	(110)
6.10 抽放管路中的瓦斯流量测定与计算	(111)
6.10.1 参数测定	(111)

6.10.2	流量计算	(112)
6.11	排放瓦斯有效半径测定	(116)
6.11.1	根据瓦斯压力确定排放瓦斯有效半径的方法	(116)
6.11.2	根据瓦斯流量确定排放瓦斯有效半径的方法	(117)
6.12	钻孔瓦斯流量衰减系数的测定与计算	(118)
6.13	瓦斯涌出量及其计算	(118)
6.13.1	掘进巷道的瓦斯涌出	(118)
6.13.2	回采工作面瓦斯涌出量计算	(120)
第7章	瓦斯等级鉴定	(121)
7.1	矿井瓦斯等级划分标准及其具体要求	(121)
7.2	矿井瓦斯等级鉴定的组织、实施	(122)
参考文献	(126)

第1章 矿井瓦斯的概念与性质

1.1 矿井瓦斯的概念

广义矿井瓦斯是指井下有害气体的总称。一般包括四类来源:

第Ⅰ类:在煤层与围岩内赋存并能涌入矿井的气体;

第Ⅱ类:矿井生产过程中生成的气体;

第Ⅲ类:井下空气与煤、岩、矿物、支架和其他材料之间的化学或生物物理学反应生成的气体;

第Ⅳ类:放射性物质蜕变过程中生成的或地下水放出的放射性惰性气体氡(Rn)及惰性气体氦(He)。

这些不同成因的气体,具有不同的成分和性质。从安全观点看:

属于可燃可爆炸的气体有甲烷(CH_4)及其同系物烷烃、环烷烃、芳香烃等。

属于有毒的气体有 H_2S 、 SO_2 、 CO 、 NH_3 、 NO 等。

属于窒息性的气体有 N_2 、 CH_4 、 CO_2 、 H_2 等。

属于放射性的气体有氡气(Rn)。

矿井瓦斯各组分在数量上的差别是很大的,煤矿大部分瓦斯来源于煤层,而煤层中的瓦斯一般以甲烷为主(约占80%以上),它构成威胁矿工、矿井安全的主要危险,所以在煤矿狭义的矿井瓦斯指的是甲烷。

1.2 甲烷的性质

甲烷俗称沼气,是无色、无味、无毒的气体,在标准状态下,密度 0.716kg/m^3 ,为空气密度的0.554倍,微溶于水,在 101.3kPa 条件下,当温度 20°C 时,100L水可溶3.31L甲烷。

除此之外,甲烷还具有下列重要性质:

(1)窒息性。甲烷虽无毒,但在空气中浓度如超过50%,能使人因缺 O_2 而窒息死亡。

(2)燃烧爆炸性。一定浓度范围的沼气—空气混合物遇到高温火源时能发生爆炸,这个浓度范围称沼气的爆炸界限,一般为5%~16%,低于爆炸下限5%时,遇高温火焰只稳定地燃烧而不发生爆炸。



(3) 突出性。一些煤层开采到一定深度时,能发生煤与瓦斯突然喷出,产生强大的破坏作用。这类现象发生的次数和强度往往随采深的增加而增加。

(4) 强扩散性。甲烷的扩散速度很强,比空气大 1.6 倍,所以它一经与空气均匀混合,就不会因其比重较空气轻而上浮、聚积,所以当无瓦斯涌出时,巷道断面内甲烷的浓度是均匀分布的;当有瓦斯涌出时,甲烷浓度则呈不均匀分布。

沼气是重要的能源之一,可做燃料和化工原料。每立方米沼气的燃烧热为 37022.26kJ,相当于 1~1.5kg 烟煤。随着煤炭开采事业的飞速发展和科学技术及管理水平的不断提高,人们不仅在掌握沼气涌出积聚、爆炸、突出等自然规律方面,而且在防治措施方面也取得了很大成就,保证了矿井的安全生产。另外,通过技术手段可把沼气输送到地面,作为新的能源加以利用,以达到化害为利。

1.3 煤层瓦斯的生成与赋存

1.3.1 煤层瓦斯的成因

煤层瓦斯的成因有很多种假说,多数人认为,煤层瓦斯是腐植型有机物(植物)在成煤过程中生成的。煤的形成大致可分为以下两个阶段:

1. 泥炭化阶段

植物遗体转化为泥炭是在微生物参与下发生的非常复杂的生物化学过程。在这个阶段的早期,植物遗体暴露在空气中或沼泽浅部多氧的条件下,由于亲氧菌和氧的作用而被氧化分解,生成的重要气态产物是 CO_2 和 CH_4 等。当沉积物随着地层沉陷而降到沼泽的水面之下,以及植物遗体堆积厚度的增加,使正在分解的植物遗体逐渐与空气隔绝,而出现了弱氧化环境或还原环境,微生物界也随之发生了很大的变化,亲氧菌逐渐让位于厌氧菌。植物在厌氧菌作用下部分地分解,生成植物酸和沥青质等,其气态产物为沼气及其同系物、硫化氢、氢等。泥炭层被无机的沉积物覆盖后使泥炭化发育中止,从而进入成煤的第一阶段。

2. 煤化作用阶段

煤化作用包括成岩作用和变质作用两个阶段。成岩作用是指沉积物压实、脱水、胶结以及相应的化学变化过程;变质作用则是指煤岩经过了高温高压,其成分和结构、构造发生了质的变化。晚期形成的褐煤被认为是成岩作用的产物;早期形成的褐煤则是成岩作用与变质作用过渡的产物;各种烟煤、无烟煤都是变质作用的产物。由地壳升降而引起的温度、压力和作用持续时间是影响煤化作用的主要因素,由此引起了煤中一系列的物理、化学变化,从泥岩转变成褐煤、烟煤和无烟煤。在这一过程中生成的气态产物主要为沼气。

由植物变成煤岩的过程中,究竟生成多少沼气泥?说法不一。有的研究人员认为由褐煤转化为长焰煤,生成沼气 $70 \sim 80\text{m}^3/\text{t}$,贫煤生成 $120 \sim 150\text{m}^3/\text{t}$,无烟煤为 $240\text{m}^3/\text{t}$,煤层的实

际含量则远远低于这个数字。根据实验室测定,煤的最大沼气含量一般不超过 $60\text{m}^3/\text{t}$ 。

1.3.2 煤层瓦斯赋存

1. 煤系地层瓦斯赋存的垂向分带

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地变化,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,即二氧化碳氮气带、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 1-1。

表 1-1 按瓦斯成分划分瓦斯带的标准

瓦斯带名称	组分含量(%)		
	CH ₄	N ₂	CO ₂
二氧化碳氮气带	0~10	20~80	20~80
氮气带	0~20	80~100	0~20
氮气甲烷带	20~80	20~80	0~20
甲烷带	80~100	0~20	0~10

在瓦斯风化带开采煤层时,瓦斯对生产不构成主要威胁。我国大部分低瓦斯矿井皆是在瓦斯风化带内进行生产的。在确定瓦斯风化带下部边界时,如果一些矿井缺少瓦斯成分资料,还可借助于其他一些指标。确定瓦斯风化带下部边界的指标有:

- (1)煤层中所含瓦斯的 CH₄ 成分达 80% ;
- (2)煤层瓦斯压力为 0.1~0.15MPa;
- (3)在同样自然条件下(水分、温度和灰分等),与煤层瓦斯压力 0.1~0.15MPa 相当的瓦斯含量;
- (4)矿井相对瓦斯涌出量为 $2\text{m}^3/\text{t}$ 。

瓦斯风化带下界深度取决于煤层的地质条件和赋存情况,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。

确定瓦斯风化带的深度对预测瓦斯涌出量、掌握瓦斯赋存与运移规律以及做好瓦斯管理工作有实际意义,在瓦斯风化带内的井区为低沼气井区,当通风不良和停风时不但有窒息危险(CO₂、N₂),而且也有瓦斯爆炸危险。

位于瓦斯风化带下边界以下的甲烷带,煤层的瓦斯压力、瓦斯含量随埋藏深度的增加呈有规律的增长。增长的梯度,在不同煤质(煤化程度)、不同地质构造与赋存条件有所不同。相对瓦斯涌出量也随开采深度的增加而有规律地增加。从甲烷带内某一深度起,某些矿井除一般瓦斯涌出外还出现了特殊瓦斯涌出,即瓦斯喷出与煤和瓦斯突出。因此,在甲烷带内的矿井或区域,不仅在风量不足和停风时有窒息危险(CH₄)及瓦斯爆炸危险,而且在正常通风条件下,当出现特殊瓦斯涌出现象时,也可能发生窒息、爆炸及煤流埋人等事故。因此,只有

掌握矿井瓦斯的赋存与运动规律,采取相应的措施,才能预防一般和特殊瓦斯涌出所造成的灾害。

2. 瓦斯在煤层中的赋存状态

矿井瓦斯以游离和吸附两种状态存在于煤(岩)体之中。

(1) 游离状态(自由状态)

这种瓦斯以完全自由的气体状态存在于煤层和岩层的裂缝、孔隙或空洞之中,如图 1-1 中 4 所示。游离瓦斯可以自由运动或从煤(岩)层的裂缝中散发出来,因此,表现出一定的压力。煤(岩)层中游离瓦斯的多少取决于贮存空间的容积、瓦斯压力及围岩温度等因素。

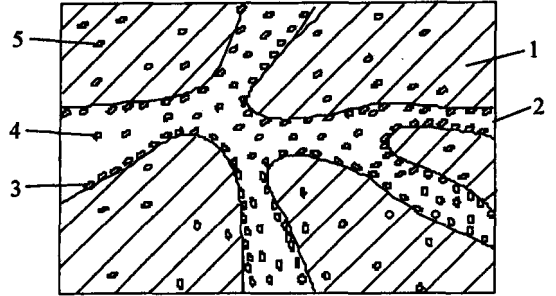


图 1-1 瓦斯在煤体中的赋存状态

1—煤体 2—煤中孔隙 3—吸附瓦斯
4—游离瓦斯 5—吸收瓦斯

(2) 吸附状态(结合状态)

按其结合形式的不同,又分为吸着状态和吸收状态两种。

①吸着状态。由于气体(瓦斯)分子与固体(煤)分子间的引力作用(这种作用力的距离很短,仅 5~10 埃),瓦斯分子被吸着在煤体空隙的内表面(煤体具有丰富的微小孔隙,其内表面积每克煤可达 $150 \sim 200\text{m}^2$) 上而形成一层很薄的膜状附着层(图 1-1 中 3)。吸着瓦斯量的大小,取决于煤对瓦斯的吸着能力,即煤的结构、孔隙度、炭化程度及成分等,同时,与外界压力、温度也有很大的关系。

②吸收状态。气体被“溶解”于固体中,即瓦斯分子进入煤体胶粒结构内部(不是进入空隙)、与煤的分子结合(图 1-1 中 5),类似气体溶解于液体的现象。

必须指出,游离状态与吸附状态的瓦斯,并不是固定不变的,而是处于不断变换的动平衡状态,当条件发生变化,这一平衡就会遭到破坏。在压力降低、温度升高或煤体结构受到破坏时,部分吸附状态的瓦斯将转化为游离状态,这种现象叫解吸。

1.3.3 瓦斯基本参数测试

1. 瓦斯压力的定义与意义

煤层瓦斯压力是煤层孔隙内游离态瓦斯分子自由热运动撞击所产生的作用力,它在某一点上各向大小相等方向与孔隙壁垂直。

煤层瓦斯压力是决定煤层瓦斯含量多少,瓦斯流动动力高低以及瓦斯动力现象的潜能大小的基本参数,在研究与评价瓦斯储量、瓦斯涌出、瓦斯流动、瓦斯抽放与瓦斯突出问题中,掌握准确可靠的瓦斯压力数据最为重要。

2. 煤层瓦斯压力测定

煤层瓦斯压力不但决定着煤层的瓦斯含量,而且与瓦斯动力现象有密切的关系。规程规定,开凿有煤与瓦斯突出危险煤层时,必须测定煤层的瓦斯压力,测定步骤可分为打钻、封孔

和测压三个主要步骤。

(1)打钻。打钻前选好测压地点,钻孔附近应无大的裂缝和破坏带。最好由煤层的顶板或底板穿过围岩向煤层打钻,围岩厚度应不小于5m,钻孔直径不宜过大,一般为50~60mm。钻机可根据钻孔深度选定。

(2)封孔。封孔前要准备好6~10mm直径的铜管或无缝钢管15~20mm,作测压管用。管的一端钻些小眼,并用铜网包裹起来,防止送入钻孔内时为钻渣堵塞。另一端装上压力表接头。封孔工艺很多,以煤岩层无水、裂隙不发育情况下的封孔工艺为例,钻孔打好后,立即用压风将管内钻渣吹净,送入测压管,直到预定的封孔深度。然后在孔口塞入1个楔形木塞,用以堵浆。再用黏土(炮泥)或水泥砂浆,由里向外将钻孔严密地封闭起来。用黏土封孔时,第0.5~1m加入木塞1~2个,用木棒捣实,孔口段1~2m用石膏或快硬水泥封堵,如图5-3所示。水泥砂浆封孔可用喷机将之喷入钻孔内,水泥标号应大于400号,并加入少量速凝剂,如水玻璃,以缩短水泥砂浆的凝结时间。国内外有些矿井,现在采用高分子聚合的溶液封孔,它的优点是封孔快,能渗入钻孔周围的裂缝内,溶液能很快凝固,凝固后体积膨胀,严密性好。

封孔质量是保证测压结果的关键,除了选好封孔材料,除尽钻渣,做到封孔严密以外,还必须有足够的封孔长度。在围岩内,封孔长度一般为5~6m。在煤层内,应超过巷道周围影响带深度,一般为10~15mm。此外,为了减少封孔后的钻孔空间,还应尽可能地增加封孔长度。

(3)测压。封好孔后,要等封孔材料固结后,才能装上压力表,否则在高压瓦斯和测压管摇动作用下,封孔段会有气孔和形成裂隙,初压力上升较快,然后缓慢上升,逐渐趋于稳定,即为测定地点的瓦斯压力。在透气性好的煤层内,压力表接好后,5~7d压力就不再上升。在透气性低的煤层内,需要十几到几十天才能测得煤层的真正瓦斯压力。如果压力不上升或与估计值相差悬殊,应查明是否测压管堵塞,或封孔质量不好有漏气现象。

一般情况下,未受采动影响的煤层内的瓦斯压力,随深度的增加而有规律地增加,可以大于、等于或小于静水压。通过不同深度煤层瓦斯压力测定,求出该煤层的瓦斯压力增深率,就可以预测其他深度处的瓦斯压力。

$$\alpha_p = \frac{H_2 - H_1}{P_2 - P_1} \quad (1-1)$$

$$\text{则} \quad P = \frac{1}{\alpha_p}(H - H_1) + P_1 \quad (1-1a)$$

$$\text{或} \quad P = \frac{1}{\alpha_p}(H - H_0) + P_0 \quad (1-1b)$$

式中: p ——预测的深 H (m)处的瓦斯压力,MPa;

α ——瓦斯压力增深率,m/MPa;

P_1 、 P_2 ——深 H_1 、 H_2 (m)处的瓦斯压力,MPa;

P_0 ——瓦斯风化带下界处瓦斯压力,取0.2MPa;

H_0 ——瓦斯风化带下界深度,m。

但在地质构造附近,瓦斯赋存不均衡,瓦斯压力可能差别较大。如淮南潘集一矿,垂深650m的一号石门内,测得煤层瓦斯压力为4.2MPa,其相邻的另一石门处只测得0.65MPa。

1.3.4 煤层瓦斯含量

1. 煤层瓦斯含量

煤层瓦斯含量是指煤层或岩层在自然条件下单位重量或单位体积所含有的瓦斯量,一般用 m^3/t 或 m^3/m^3 表示。煤层瓦斯含量包括游离瓦斯和吸附瓦斯两部分,其中游离瓦斯占10%~20%,吸附瓦斯占80%~90%。

2. 煤层瓦斯含量的测定与计算

煤层瓦斯含量是计算瓦斯储量及预抽率的基础。瓦斯含量的测定方法有多种,但主要和常用的有以下两种:

(1)直接测定法。这种方法是利用密闭式煤芯采取器或集气式煤芯采取器的密封钻头,钻进煤层内采取煤样,在实验室内破碎,抽出煤样中的瓦斯,测定抽出的瓦斯体积,并称出煤样重量,然后计算出单位重量煤的含有瓦斯量。

直接测定法必须要有专门的仪器设备和试验室条件,而且操作技术也较复杂,因此,主要用于有条件的地质勘探或研究部门。

(2)间接测定法。这种方法利用煤对瓦斯的“吸附—解吸”的可逆性原理。首先,将采取的新鲜煤样破碎,在实验室内高负压脱气,使瓦斯从煤样中全部释放出来;其次,以不同温度、压力下的瓦斯进行煤的再吸附实验,测定出煤的等值吸附曲线,求出吸附常数;最后,再结合煤层瓦斯压力加以计算,即为该煤层的瓦斯含量。其公式如下:

$$W_{\text{含}} = W_{\text{吸}} + W_{\text{游}} = \frac{abp}{1+bp} + K_{\text{空}} P \quad (1-2)$$

式中: $W_{\text{含}}$ ——煤层瓦斯含量, m^3/t ;

$W_{\text{吸}}$ ——只附瓦斯量(可燃物质的瓦斯量), m^3/t ;

$W_{\text{游}}$ ——游离瓦斯量(可燃物质的瓦斯量), m^3/t ;

a 、 b ——吸附常数,试验室取得;

p ——煤层瓦斯压力,kPa;

$K_{\text{空}}$ ——煤的空隙率,%。

为方便和简化计算,可采用下面的近似公式:

$$w'_{\text{含}} = a\sqrt{p} \quad (1-3)$$

式中: $w'_{\text{含}}$ ——煤层瓦斯量, m^3/m^3 ;

P ——煤层瓦斯压力,kPa;

a ——瓦斯含量系数, $m^3/(m^3 \cdot kPa^{1/2})$ 。同一煤层的瓦斯含量系数变化不大,表1-2是部分煤层的瓦斯含量系数。

表 1-2 部分煤层瓦斯含量系数

矿井	煤层	挥发分 (%)	水分 (%)	灰分 (%)	瓦斯含量系数 $\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{kPa}^{1/2})$
抚顺龙凤矿	本层	43.41	0.85	9.45	没数据
朔票台吉一井	4号	42.36	2.0	20.50	
包头白孤沟矿	JU	28.87	0.23	12.69	
天府南井	9号	19.55	1.49	22.16	
阳泉一矿	3号	7.38	2.43	10.22	
焦作李封矿	大煤	7.50		15.40	

每吨煤的瓦斯含量为

$$W_{\text{气}} = \frac{W'_{\text{气}}}{\gamma} \quad (1-4)$$

式中： γ ——煤的容重， t/m^3 。

3. 影响煤层瓦斯含量的因素

煤矿开采的实践表明，不同煤田的瓦斯含量差别往往很大，即使同一煤田，甚至同一煤层的不同地区，瓦斯含量也会有明显的差异，这是因为瓦斯在生成和贮存的过程中受到多方面因素的影响所致。影响煤层瓦斯含量的主要因素有以下几点。

(1) 煤层的埋藏深度

煤层的埋藏深度增加不仅加大了地应力使煤层与岩层的透气性变差，而且加大了瓦斯向地表运移的距离，有利于瓦斯的储存。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成线性增加，如焦作煤田，在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 为瓦斯含量， m^3/t ； H 为埋深， m)；当深度很大时瓦斯含量趋于常量。

(2) 煤层与围岩的透气性

煤层与围岩的透气性对煤层瓦斯含量有很大影响，其围岩的透气性越大、煤层瓦斯越易流失、瓦斯含量小；反之瓦斯易于保存，煤层瓦斯含量大。通常泥岩、页岩、沙页岩、粉沙岩和致密的灰岩等透气性差，易于形成高瓦斯压力，瓦斯含量大；若地层中岩石以中沙岩、粗沙岩、砾岩和裂隙或溶洞发育的灰岩为主时，其透气性好，煤层瓦斯含量低。

(3) 煤层倾角和露头

煤层倾角大时，瓦斯可沿着一些透气性好的地层向上运移和排放，瓦斯含量低；反之，煤层倾角小时，一些透气性差的地层就起到封存瓦斯的作用使煤层瓦斯含量升高。煤层露头是瓦斯向地面排放的出口，露头存在时间越长，瓦斯排放越多；反之，地表无露头时，瓦斯含量较高。

(4) 地质构造

地质构造是影响瓦斯储存的重要条件。煤系地层为沉积地层，各种岩石的透气性有很大差别，在地层与地质构造的共同作用下，可能形成封闭型地质构造或开放型地质构造。封闭

型地质构造有利于瓦斯储存,开放型地质构造有利于瓦斯排放。

闭合而完整的背斜或穹窿又覆盖有不透气的地层是良好的储存瓦斯构造,其轴部煤层内往往积存高压瓦斯,形成“气顶”。在倾伏背斜的轴部,瓦斯浓度通常也高于翼部。但是当背斜轴顶部因张力形成连通地表的裂隙时,瓦斯易于流失,轴部瓦斯含量反而低于翼部。向斜构造,一种情况下,因为轴部受到强力挤压,透气性差,使轴部的瓦斯含量高于翼部。而另一种情况下,由于向轴部瓦斯补给区域缩小,当轴部裂隙发育,透气性好时,有利于瓦斯流失,开采至向斜轴部时,相对瓦斯涌出量反而减少。

受构造影响形成局部变厚的大煤包时,也会出现瓦斯含量增高的现象。这是因为煤包在构造应力作用下,周围煤层被压薄,上下透气性差的岩层形成对大煤包的封闭条件。

断层对瓦斯含量的影响,一方面要看断层的封闭性,另一方面要看与煤层接触的对盘岩层的透气性,开放性断层(张性、张扭性、导水性)不论是否与地表直接相通,都会引起附近煤层瓦斯含量的降低;封闭性断层(压性、压扭性、不导水性)与煤层接触的对盘岩层透气性差时,可以阻止瓦斯排放,可能形成高瓦斯区域。

(5) 煤的吸附特性

煤是天然的吸附体,其煤化程度越高,存储瓦斯的能力越强,在其他条件相同时,高变质煤比低变质煤的瓦斯含量高。

(6) 地层的地质史

成煤有机物沉积以后直到现今经历了漫长的地质年代。其间地层多次下降或上升,覆盖层加厚或受剥蚀,陆相与海相交替变化,遭受地质构造运动破坏等,这些地质过程的不同使瓦斯流失排放的过程也不同,对现今的煤层瓦斯含量有巨大影响。从沉积环境看,海陆交替相含煤系,往往岩性与岩相在横向上比较稳定,沉积物粒度细,煤系地层的透气性差,这种煤层的瓦斯含量可能很高。陆相沉积与此相反。煤层瓦斯含量一般较低。

(7) 水文地质条件

煤层和岩层的水文地质条件是影响瓦斯排放条件的另一个重要因素。地下水活跃的地区通常瓦斯含量小,这是因为:一方面这些地区的天然裂隙比较发育,煤、岩层有较好的透气性,瓦斯易于排放;另一方面地下水的长期活动可以带走相当数量的溶解瓦斯。

第2章 矿井瓦斯涌出

2.1 瓦斯涌出量及其主要影响因素

2.1.1 瓦斯涌出量及涌出形式

瓦斯涌出量是指在矿井建设和生产过程中从煤与岩石内以普通涌出形式涌出的瓦斯量。其表达方法有两种:

一是绝对瓦斯涌出量——指在单位时间内涌出的瓦斯量,单位为 m^3/min 或 m^3/d ;

二是相对(吨煤)瓦斯涌出量——指正常生产情况下平均日产1吨煤同期所涌出的瓦斯量,单位是 m^3/t 。

瓦斯涌出形式是指瓦斯涌出在时间上与空间上的分布形式,可分为普通涌出和特殊瓦斯涌出。

普通涌出是在时间上与空间上比较均匀、普遍发生的不间断涌出。阳泉煤矿1997年10对生产矿井平均每分钟涌出瓦斯 778.22m^3 ,全年涌出瓦斯4.09亿 m^3 ;

特殊瓦斯涌出是在时间上与空间上突然、集中发生,涌出量很不均匀的间断涌出,其包括瓦斯喷出和煤与瓦斯突出。阳泉矿区开采3[#]煤层时发生过煤与瓦斯突出。从1966年到1997年底阳煤集团公司各矿共发生煤与瓦斯突出1652次,其中最大一次突出强度为525t煤,同时喷出瓦斯 17850m^3 ;发生瓦斯喷出2245次,平均每年发生瓦斯特殊涌出121.8次,轩岗刘家梁矿东风井车场大巷施工放炮后,突然从5[#]层页岩夹层裂缝向外喷瓦斯和水并发生雷鸣声,半年多时间喷出瓦斯39万 m^3 。

2.1.2 影响矿井瓦斯涌出量的主要因素

1. 自然因素

(1)煤层和围岩的瓦斯含量是影响瓦斯涌出量大小的决定性因素。煤层瓦斯含量高,一般采掘过程中瓦斯涌出量也大。

(2)瓦斯涌出量随着煤层埋藏深度的延深而增加。如抚顺龙凤矿开采到-100m时,瓦斯涌出量为 $10.67\text{m}^3/\text{t}$;当开采到-220m时,瓦斯涌出量增加到 $25.7\text{m}^3/\text{t}$,平均每延深9.8m,瓦斯涌出量增加 $1\text{m}^3/\text{t}$ 。