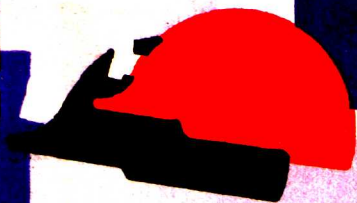


· 煤矿安全技术丛书 ·

煤矿瓦斯防治技术

于不凡 白帆 刘明 编



中国经济出版社

T.D. 3437
1

煤矿安全技术丛书

煤矿瓦斯防治技术

于不凡 白帆 刘明 编

中国经济出版社

内 容 提 要

煤矿瓦斯是煤矿生产过程中的自然灾害之一,本书从理论和实践上对瓦斯的生成、性质、存在状态、含量、涌出以及燃烧、爆炸性进行了全面的阐述,并着重论述了瓦斯爆炸、特殊涌出以及预防与处理,还论述了瓦斯抽放措施、设备及效果。

本书可作为煤矿专业局、矿、区队长及通风和瓦斯检查员的安全培训教材,亦可作为有关工程技术人员和煤炭院校师生的参考用书。

责任编辑:肖玉平

封面设计:王乃晋

煤矿安全技术丛书

煤矿瓦斯防治技术

于不凡 白帆 刘明 编

中国经济出版社出版

(北京市翠微路22号)

房山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 9 8/32 印张 插页:1 202千字

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数:00.001—14,500

统一书号:15395·06 定价:1.90元

《煤矿安全技术丛书》编辑委员会

主编：岳 翰

副主编：贾悦谦 孙承仁 于不凡

编写组成员：（以姓氏笔划为序）

于不凡	万长慈	王家棣	白 帆
孙承仁	刘 明	刘福仨	陈 光
宋 吟	严志才	陆春元	余德绵
张 枫	岳 翰	苗建国	赵其文
袁钟慧	贾悦谦	黄 侃	虞 人
魏 青			

ABA/9/4

前 言

《煤矿安全技术丛书》（以下简称《丛书》），是根据中华人民共和国煤炭工业部 1986 年 2 月颁发，并于 1986 年 7 月 1 日开始执行的《煤矿安全规程》的规定组织编写的。

《煤矿安全规程》第 500 条明确规定：“直接从事煤矿井下生产建设的职工，都必须进行强制性的安全技术培训，经考核合格并取得《安全资格证书》，才能上岗。否则，干部不能担任领导职务，工人不准上岗。”所以，从事煤矿生产建设的干部和工人都必须学习党和国家有关安全生产的方针、政策；学习和掌握矿山救护、创伤急救的基本知识，能抢救、自救和互救。此外，干部还必须学习安全技术理论知识、井下灾害的发生规律、预防措施和处理方法，能制定职责范围内矿井灾害的预防和处理计划，如遇险情能采取应急措施，正确处理，化险为夷；工人也必须学习矿井安全基础知识、与本工种有关的煤矿安全规程的规定，了解与本工种有关事故的发生规律，学习预防措施和处理方法，遇有险情能采取应急措施，学习本工种的操作规程以及有关设备、仪器仪表的安全操作，做到能排除故障安全生产。

为了满足广大煤矿职工安全技术培训的需要，我们组织北京煤炭管理干部学院、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所等单位有关专家和专业人员编写了：煤矿采掘基础、矿井通风、煤矿瓦斯防治技术、矿尘防治技术、矿井防灭火技术、矿压及顶板事故处理、矿井水灾防治技术、矿井

爆破安全技术、矿井提升运输安全技术、煤矿安全用电、煤矿安全监测技术以及矿山救护等。这套《丛书》适合于从事煤矿生产建设的职工安全技术培训用，并可作为煤炭院校师生的教学参考用书。干部和工人的各种培训班，可根据本地区、本单位的具体情况，结合培训对象，对《丛书》内容酌情增减。

《丛书》在编写过程中，得到了煤炭部有关司局、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所、山西矿业学院、山东矿业学院、开滦矿务局、阳泉矿务局、大同矿务局、北京矿务局等有关同志的大力支持，并由煤炭部安监局朱美丽高级工程师、山西矿业学院刘吉昌副教授、中国矿业学院徐永圻副教授、通化矿务局张卫国总工程师、北京矿务局田荣林总工程师、煤炭部技术咨询委员会童有德高级工程师、北京煤炭管理干部学院王振铎副编审、《煤炭企业管理》编辑部周培玉副主编等同志进行了审阅，提出了宝贵意见，在此一并致以深切的谢意。

书中不足和错误之处，诚请广大读者批评指正。

《丛书》编写组
一九八六年九月

目 录

前 言

第一章 瓦斯赋存和涌出管理	(1)
第一节 概述	(1)
一、矿井瓦斯的概念	(1)
二、矿井瓦斯的性质	(1)
第二节 瓦斯的生成及赋存	(2)
一、瓦斯的生成与分带	(2)
二、瓦斯存在形态和煤的孔隙性	(9)
三、煤的吸附性	(13)
四、瓦斯压力	(16)
五、瓦斯含量	(35)
第三节 瓦斯流动及分布	(42)
一、煤的渗透性	(42)
二、瓦斯在煤层中的流动	(48)
三、影响煤层中瓦斯分布的地质因素	(51)
第二章 瓦斯涌出及其管理	(53)
第一节 煤层瓦斯涌出特征	(53)
第二节 瓦斯涌出	(56)
一、自开采层的普通瓦斯涌出	(56)
二、自邻近煤层、煤线和岩石的瓦斯涌出	(58)
第三节 矿井瓦斯平衡	(59)
第四节 矿井瓦斯涌出量预测	(65)
一、矿山统计法	(65)
二、根据瓦斯含量计算涌出量	(66)
第五节 瓦斯涌出管理	(68)

一、瓦斯涌出与采煤方法的关系·····	(68)
二、巷道中瓦斯涌出重新分布与通风方式的关系·····	(69)
三、具有掺风顺槽伴采区通风方式·····	(73)
四、采用瓦斯排放巷道·····	(74)
五、利用局扇管理瓦斯涌出·····	(76)
六、在地面布置大直径钻孔排除采空区瓦斯·····	(77)
七、利用W形工作面控制瓦斯涌出·····	(79)
第三章 防止瓦斯爆炸 ·····	(81)
第一节 瓦斯爆炸的条件及其影响因素·····	(81)
一、瓦斯的爆炸性·····	(81)
二、瓦斯爆炸的条件及其影响因素·····	(84)
第二节 瓦斯爆炸的防止措施·····	(90)
一、防止瓦斯积聚·····	(90)
二、杜绝火源·····	(92)
三、防止瓦斯爆炸灾害事故扩大·····	(93)
第三节 瓦斯检测仪表概述·····	(93)
第四章 瓦斯抽放 ·····	(96)
第一节 瓦斯抽放概述·····	(96)
一、瓦斯抽放方法分类·····	(97)
二、抽放条件与抽放指标·····	(99)
第二节 开采层瓦斯抽放·····	(103)
一、抽放方法的选择·····	(103)
二、钻孔布置方式及其抽放效果·····	(104)
三、影响钻孔瓦斯抽放量的因素·····	(114)
第三节 提高开采层瓦斯抽放的方法·····	(120)
一、概述·····	(120)
二、水力压裂·····	(122)
三、水力割缝·····	(130)
第四节 卸压层瓦斯抽放·····	(132)

一、概述	(132)
二、钻孔布置	(135)
三、钻孔参数的确定	(141)
四、影响抽放效果的因素	(145)
五、卸压层瓦斯抽放理论	(149)
第五节 采空区瓦斯抽放	(151)
一、抽放方法及其效果	(153)
二、不同抽放方式时的抽放负压	(165)
三、报废矿井的瓦斯抽放	(166)
第六节 综合瓦斯抽放	(167)
第七节 抽放设施	(171)
一、钻机与钻具	(171)
二、钻孔设施	(173)
三、管路系统	(175)
四、瓦斯泵房设施	(178)
五、流量计	(182)
第五章 煤与瓦斯突出	(185)
第一节 突出概述	(185)
一、突出的一般规律	(185)
二、瓦斯动力现象的分类	(189)
第二节 煤与瓦斯突出机理	(195)
一、煤与瓦斯突出机理假说概述	(195)
二、煤与瓦斯突出和地应力的关系	(200)
三、在水力冲孔过程中煤体内发生的现象	(205)
四、在震动放炮与煤和瓦斯突出过程中煤体内发生的现象	(207)
五、煤与瓦斯突出的机理及其阶段	(208)
第三节 煤和瓦斯突出预测	(212)
一、突出区域性预测	(213)

二、突出局部预测	(214)
三、突出日常预测	(216)
第四节 开采解放层	(225)
一、解放层采动作用的基本规律	(225)
二、解放范围的确定	(234)
三、解放作用机理	(243)
四、扩大解放层使用范围的途径	(249)
第五节 防止突出的水力化措施	(252)
一、水力冲孔	(252)
二、水力冲刷	(257)
三、水力疏松	(257)
四、其它水力化措施	(259)
第六节 石门揭开突出煤层措施	(260)
一、突出原因和一般规定	(260)
二、多排钻孔	(262)
三、金属骨架	(263)
四、震动放炮	(265)
第七节 煤巷及回采工作面的预防措施	(267)
一、超前钻孔	(267)
二、深孔松动爆破	(270)
三、预先抽放瓦斯	(273)
四、卸压槽	(274)
第八节 防止突出措施效果的检查	(276)
一、检查预防措施效果的必要性	(276)
二、按照瓦斯涌出状态检查防止措施效果的方法	(277)
三、按照瓦斯涌出初速度绝对值来检查防止突出措施效果	(281)
四、按瓦斯涌出初速度和钻粉量来检查防止突出效果	(284)

第一章 瓦斯赋存和涌出管理

第一节 概 述

一、矿井瓦斯的概 念

广义的矿井瓦斯是指从煤、岩中涌向矿井巷道的自然瓦斯，在采掘过程中所形成的瓦斯，井下空气与有用矿物、围岩、支架和其它材料之间的化学或生物化学反应所形成瓦斯的总称。

各种类型的瓦斯具有不同的成因、成分和性质。矿井瓦斯由四部分气体物质组成：第一部分为沼气及其同系物、 H_2 、 CO 、 H_2S 等，它们是可燃的，与空气混合可形成爆炸性混合物；第二部分为 CO 、 NO 、 H_2S 、 NH_3 、含硫的气体、乙醛、汽油蒸气、汞和砷的蒸气等，这部分物质是有毒的，对人体有害；第三部分为 CO_2 、 N_2 、 Ar 及其同系物，部分属于惰性气体，只有当 CO_2 浓度大大超过空气中含量时，才对人体有害；第四部分为 Rn 及其同系物 Tn 和 Ac ，这些成分具有放射性。可见，矿井瓦斯成分相当复杂，但是各种成分的含量差别极大，在煤矿中瓦斯最主要的成分是沼气，其它成分含量极少。所以在述及到矿井瓦斯时，一般均指沼气而言。

二、矿井瓦斯的性质

methane CH₄

沼气是一种无色、无嗅、无味的气体。其比重为0.554，

在矿井标准条件下，每立方米重0.716公斤，难溶于水，扩散性要比空气高1.6倍。瓦斯虽然无毒，但当井下沼气浓度很高时，能引起工人窒息。

沼气本身不助燃，但当空气中具有一定浓度（5—16%）并遇到高温（650—750摄氏度）时，可引起爆炸。为了便于管理，将矿井瓦斯按其涌出量的大小分成等级，并按照不同等级制定管理标准，采取安全技术措施，从而保证煤矿正常生产。

矿井瓦斯涌出量可用绝对涌出量和相对涌出量表示。绝对涌出量是指矿井在单位时间内的沼气涌出量，单位为米³/分或米³/日；相对涌出量是指矿井在正常条件下，平均日产煤一吨瓦斯的涌出量，单位为米³/吨。

矿井瓦斯等级，按照平均日产一吨煤涌出瓦斯量和瓦斯涌出形式，划分为：

低沼气矿井：10米³/吨及其以下；

高沼气矿井：10米³/吨以上；

煤与沼气突出矿井。

第二节 瓦斯的生成及赋存

一、瓦斯的生成与分带

（一）瓦斯的生成

自然瓦斯是植物遗体在成煤过程中的伴生物，它与成煤作用密切相关。现将成煤过程和瓦斯的生成简述如下：

第一阶段——泥炭化阶段

高等植物在温暖、湿润、阳光充足、雨量充沛、材料丰富的沼泽中大量繁殖，死亡后遗体被淹没在沼泽中，与空气隔绝。高等植物的主要成分纤维素 ($C_6H_{10}O_5$)_n 和木质素 ($C_{50}H_{40}O_{11}$) 在细菌作用下，经过分解，在沼泽中不仅可转化为腐植酸、腐植酸盐，而且还与尚未分解的植物遗体残骸等混合在一起，可形成泥炭层。在泥炭形成过程中，可产生一些气体物质，如沼气、二氧化碳和硫化氢等，这些气体大都挥发逸散在大气中，保存较少。

第二阶段——煤化阶段

泥炭的形成只完成了成煤作用的第一步。在泥炭层形成之后，沉积盆地沉降速度加快时，沉积环境由沼泽变为湖泊，泥炭层沉降到地下较深处，而且被泥砂沉积物所掩埋，随着覆盖层逐渐加厚，泥炭层也逐渐被压紧，失去水分。这时生物化学作用减弱以至消失。泥炭层经压缩后，碳含量增加，氧减少，腐植酸含量降低，逐渐变成比较致密的褐煤。

褐煤形成后，如果地壳继续沉降，褐煤受到不断增高的温度、压力的影响，引起内部分子结构的变化，其化学成分和物理性质也发生变化，于是褐煤则进一步变成烟煤或无烟煤。此时，煤中挥发分减少，固定炭增加。挥发分在变质过程中大量转化为沼气，在变质过程中所形成沼气，部分向大气涌出，另一部分却保留在岩石中和吸附在煤体中，还有的溶解在地下水中。

结果表明，在长焰煤变质为无烟煤时，每吨煤平均可放出200米³沼气，在形成中变质程度的煤时，每吨煤可放出沼气60~70米³。根据苏联资料，由褐煤变质成不同牌号的煤所形成的沼气的量分别为：长焰煤30—40米³/吨，肥煤70—80米³/吨，瘦煤120—150米³/吨，半无烟煤200米³/吨。

除了煤变质生成的瓦斯外，还有其它来源的自然瓦斯，如：

1. 生物化学来源的瓦斯。这种瓦斯是在成煤初期形成的。在成煤沼泽中，当有足够的氧参与生物化学反应时，有机物发生分解，则形成含氧的瓦斯，其成分为 CO_2 ，硫的氧化物和 N_2 等。随着供氧减少和微生物环境的改变，则转入嫌氧过程，并放出含氧的瓦斯： CH_4 、重烃、 H_2S 、 NH_3 、 H_2 和其它气体。在成煤过程中随着煤层上部覆盖层厚度增加和温度逐渐升高，微生物则停止活动，就不再生成生物化学来源的瓦斯。这种来源的瓦斯，在煤层中保存的数量较少，其成分主要是 CH_4 和 CO_2 。

2. 空气来源的瓦斯。由于地质构造变动的结果，当煤层暴露于地表时， CO_2 、 N_2 和稀有气体可渗入煤层中。这时， CO_2 既可是生物化学来源的，又可是化学来源的，因为空气中的氧使煤氧化也能形成 CO_2 。

3. 放射性分解的瓦斯。在煤层中放射性元素分解形成的气体中含有He，煤层中He的含量多少与成煤的地质年代有关，煤层形成的年代越老，He的含量越高。煤层中的He实际上并不被煤所吸附，而是处于游离状态，其中大部分He可由深部向地表运移。

4. 岩石的变质瓦斯。最常见的是碳酸盐岩石受热分解时可涌出 CO_2 。

(二) 瓦斯的分带

在含煤地层中，煤层瓦斯可向两个方向移动，即煤和岩石的变质瓦斯和放射性分解的瓦斯，可由下向上移动；而空气、生物化学和化学来源的瓦斯则向相反方向移动。由于煤层瓦斯如此移动，从而形成了瓦斯分带，根据煤层瓦斯的组

分不同可分为四个带，即：I，氮气——二氧化碳带；II，氮化带；III，氮气——沼气带；IV，沼气带（图1—1）。这四个带瓦斯组分的变化是逐渐发生的，每个带中煤层瓦斯的组分如表1—1所示。

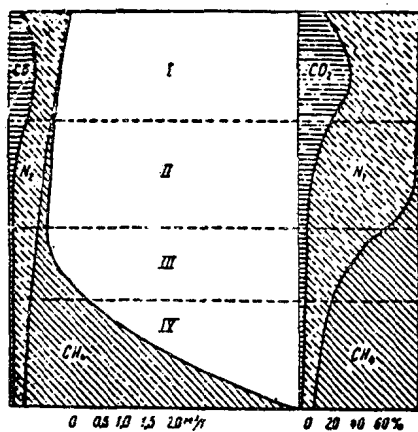


图1—1 煤层瓦斯分带示意图

由于各个煤田的形成条件和煤层瓦斯生成环境不同，所以各煤田的瓦斯组分可有很大差别。如辽宁红阳三井，由于该区地质发展历史及火山活动的关系，在上述四个带中就缺失了 N_2-CO_2 带和 N_2-CH_4 带，而出现了少见的 CO_2-CH_4 带，甚至在沼气浓度很高的煤中，仍有较高浓度的二氧化碳存在。

沼气带以上的三个带统称为瓦斯风化带，其下部边界可按下列指标确定：（1）沼气浓度为 $CH_4 = 80\%$ ；（2）沼气压为 $P = 1.0 - 1.5$ 大气压；（3）沼气含量为 $W = 1.0 - 1.5$ 米³/吨（长焰煤）， $W = 2 - 3$ 米³/吨（气煤）、 $W = 3 - 4$ 米³/吨（肥、焦煤）、 $W = 4 - 6$ 米³/吨（瘦煤和无

表1-1

分带	CO ₂		N ₂		CH ₄		Ar + Kr + Xe		H ₂ + N ₂	Ar
	按体积 %	米 ³ /吨煤	按体积 %	米 ³ /吨煤	按体积 %	米 ³ /吨煤	按体积 %	米 ³ /吨煤	按体积 %	Ve
I N ₂ -CO ₂	20-80	0.19 -2.24	20-80	0.15 -1.42	0-10	0-0.16	0.21 -1.44	0.021 -0.0178	<0.001	0.012
II N ₂	0-20	0-0.27	80-100	0.22 -1.86	0-20	0-0.22	0.61 -1.88	0.0037 -0.0561	<0.001	0.014
III N ₂ -CH ₄	0-20	0-0.39	20-80	0.25 -1.78	20-80	0.06 -5.27	0.36 -0.81	0.0051 -0.0120	<0.001	0.014
IV CH ₄	0-10	0-0.37	0-20	0-1.93	80-100	0.61 -10.5	0-0.24	0.004 -0.0052	0.001 -0.06	0.014

烟煤)。

确定和预测瓦斯风化带的深度,对预测瓦斯涌出量有实际意义,在这个带中生产的矿井一般多为低沼气矿,只有开采进入沼气带后,巷道瓦斯涌出量才随开采深度增加而增加。

现代的瓦斯风化带深度是煤田长期形成发展的结果,它和以下一系列地质因素有关:

1.取决于含煤地层排放瓦斯时间的长短。排放时间愈长,瓦斯风化带宽度就愈大;

2.取决于含煤地层错动程度。错动程度愈高,煤层排放瓦斯的不均匀性和排放深度就愈大;

3.取决于含煤地层遭受风化剥蚀的程度。风化剥蚀可使含煤地层无沼气的范围扩大或局部消失;

4.取决于覆盖层(或一些地区的冻土层)的厚度和致密程度。它可阻碍瓦斯风化带的进一步扩大。

上述因素决定了瓦斯风化带的不同深度。对不同矿区,煤层瓦斯风化带深度变动很大(表1—2、1—3)。

表1—2

煤田和矿区	矿 井	煤的牌号	平均倾角 (度)	瓦斯风化带深度 (米)
抚 顺	龙 凤	气煤,长焰煤	30	205
抚 顺	胜 利	气煤,长焰煤	30	133
抚 顺	老虎台	气煤,长焰煤	30	180
北 票	台 吉	气 煤	60	125
涟 邵	立 新	贫 煤	30	130
焦 作	焦 西	无烟煤	30	180