

煤炭技师学院“十二五”规划教材

煤矿安全技术

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

煤炭技师学院“十二五”规划教材

煤矿安全技术

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿安全技术/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会编. --北京:煤炭工业出版社, 2011

煤炭技师学院“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3685-0

I. ①煤… II. ①中… III. ①煤矿-矿山安全-安全技术 IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 103633 号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 17^{1/2}

字数 412 千字 印数 1—5 000

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 6495 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书是煤炭技师学院矿井通风与安全专业的专业教材。内容有 5 个模块：矿井瓦斯防治技术，矿尘防治技术，矿井火灾防治技术，矿井水防治技术及矿工自救与互救。

本书内容上力求先进性、实用性与系统性的统一，考虑技师教育的特点，着重培养学员的职业技能和全面素质，使其具有技术创新能力。

本书可作为中等职业院校、成人教育学院和高级技工学校矿井通风与安全专业的教学用书，亦可作为其他专业参考教材。

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名 誉 主 任	朱德仁					
主 任	邱 江					
常务副主任	刘 富					
副 主 任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘 书 长	刘 富 (兼)					
委 员	(按姓氏笔画为序)					
	牛宪民	王 枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘 富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱 江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵 杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董 礼	谢宗东
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
主 编	周坚高					

前 言

高技能人才是我国煤炭工业人才队伍的重要组成部分，是煤炭行业产业大军的优秀代表，是煤炭技术工人队伍的核心和骨干。在煤炭工业调整产业结构、转变经济发展方式、加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动企业科技创新和技术进步等方面具有不可替代的重要作用。

近年来，煤炭企业认真贯彻落实党和国家关于加强高技能人才队伍建设的方针政策，在高技能人才队伍建设方面做了大量工作，部分企业根据本企业实际出台了相关规定，加强了高技能人才培养基地建设，完善了办学条件，为本企业开展高技能人才培养工作奠定了良好的基础。但是，由于煤炭行业高技能人才培养工作发展很不平衡，多数企业尚在起步阶段，经验不足，教师队伍整体素质有待于进一步提高，教学软件建设还有待于进一步加强。从行业总体上看，缺少规范的教学文件和配套的教材，严重影响了高技能人才培养工作的不断进步和发展。

为进一步认真贯彻落实党和国家《关于进一步加强高技能人才工作的意见》，加快培养一大批数量充足，结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型煤炭高技能人才，为实现煤炭工业安全、健康和可持续发展提供人才保障。中国煤炭教育协会结合煤炭行业高技能人才培养工作的实际，依据煤炭行业高技能人才培养要求，组织行业内有关教师、专家和企业专业技术人员研究制定了部分煤炭专业高技能人才培养教学指导方案，并编辑出版了配套教材。这套教材是煤炭高技能人才培养“十二五”规划教材，它的出版对推动煤炭行业高技能人才培养工作的进步与发展将起到重要作用。

这套教材以能力为核心，突出全面素质提高和能力培养，结构合理，针对性强，适合煤炭技师学院和在职培训使用，也适合相关专业的工程技术人员和致力于自学成才的技术工人自学。

本教材由周坚高主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2011年4月

目 次

模块一 矿井瓦斯防治技术	1
课题一 矿井瓦斯基本知识	1
课题二 矿井瓦斯等级鉴定及预测技术	12
课题三 矿井瓦斯爆炸及其预防技术	18
课题四 矿井瓦斯特殊的涌出防治技术	33
课题五 瓦斯抽采技术	60
课题六 瓦斯管理与检测技术	100
模块二 矿尘防治技术	116
课题一 矿尘基本知识	116
课题二 煤尘爆炸及预防	122
课题三 矿尘的管理及测定技术	149
模块三 矿井火灾防治技术	172
课题一 矿井火灾基本知识	172
课题二 煤炭自燃的预测预报技术	179
课题三 矿井防火	186
课题四 矿井灭火技术	203
模块四 矿井水害防治技术	225
课题一 矿井水害的基本知识	225
课题二 矿井水害防治技术要点	229
课题三 矿井透水时的处理措施	246
模块五 矿工自救与互救	250
课题一 矿工自救	250
课题二 现场急救	258
参考文献	271

模块一 矿井瓦斯防治技术

矿井瓦斯和矿尘、火灾、水灾及顶板冒落构成五大灾害，矿井瓦斯能燃烧、爆炸，大量的积聚能使人窒息死亡，被称为矿井“第一大杀手”。矿井瓦斯的治理已成为煤矿最基本、最重要的任务，瓦斯不治，矿无宁日。

本模块主要学习矿井瓦斯的基本知识、瓦斯爆炸及防治、瓦斯浓度的测定、瓦斯喷出及突出的防治技术、瓦斯抽采等基本知识，使学生牢记瓦斯爆炸的原因、条件，掌握预防瓦斯爆炸的措施和瓦斯治理技术；能熟练使用测量瓦斯的常用仪表，掌握矿井瓦斯测量方法与步骤。

课题一 矿井瓦斯基本知识

【知识目标】

1. 矿井瓦斯的基本性质。
2. 瓦斯成因、瓦斯赋存状态和煤层中瓦斯垂直分带。
3. 煤层瓦斯含量的基本概念及影响瓦斯含量的因素。
4. 煤层内的瓦斯压力。
5. 矿井瓦斯涌出量及影响矿井瓦斯涌出量的因素。
6. 矿井瓦斯涌出来源的分析。
7. 瓦斯涌出不均系数。
8. 掌握矿井瓦斯的基本知识及瓦斯涌出量计算方法，会分析矿井瓦斯来源和分源治理的管理方法。

【任务分析】

瓦斯一直是煤矿生产中一个主要的危险源，严重地威胁着煤矿作业人员的生命安全，影响着煤矿的安全生产。本课题涉及矿井瓦斯的危害及矿井瓦斯的基本知识，对矿井瓦斯的防治、管理具有重要意义。

【课题内容】

一、矿井瓦斯概念

矿井瓦斯是煤矿生产过程中从煤、岩内涌出的各种气体的总称。煤矿术语中的瓦斯指的就是甲烷，在本课题所描述的有关瓦斯的物理、化学性质等特性，均是针对甲烷而言的。

矿井瓦斯的组成成分及其比例关系因其成因不同而有差别。一般情况下，含有甲烷（可达80%~90%）和其他烃类，如乙烷、丙烷，以及 CO_2 （如吉林营城煤矿）和稀有气体。个别煤层内含有 H_2 、 CO （如山东新汶矿务局）、 H_2S （如河南鹤壁四矿）、氦气。

二、矿井瓦斯基本性质

瓦斯的化学名称叫甲烷 (CH_4)，是无色、无味、无毒的气体。甲烷分子的直径为 $0.3758 \times 10^{-9} \text{ m}$ ，可以在微小的煤体孔隙和裂隙里流动。其扩散速度是空气的 1.6 倍，从煤岩中涌出的瓦斯会很快扩散到巷道空间。甲烷标准状态时的密度为 0.716 kg/m^3 ，比空气轻，与空气相比的相对密度为 0.554。如果巷道上部有瓦斯涌出源且风速低时，容易在顶板附近形成瓦斯积聚层。瓦斯微溶于水，在 20°C 和 0.1013 MPa （即 1 atm ， $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ ）时，100 L 水可以溶解 3.31 L 甲烷， 0°C 时可以溶解 5.56 L 甲烷。

甲烷虽然无毒，但其浓度如果超过 57%，能使空气中氧浓度降低至 10% 以下。瓦斯矿井通风不良或不通风的煤巷往往积存大量瓦斯，如果未经检查就贸然进入，则会因缺 O_2 而很快地昏迷、窒息，直至死亡，此类事故在煤矿并不鲜见。

瓦斯在适当的浓度下能燃烧和爆炸。自 1675 年英国茅斯汀矿发生第一次大型瓦斯爆炸事故以后（我国最早关于瓦斯爆炸的文献记载见于 1603 年），世界各产煤国家都发生过各种损失程度的瓦斯爆炸事故。

在煤矿的采掘生产过程中，当条件合适时，会发生瓦斯喷出或煤与瓦斯突出，产生严重的破坏作用，甚至造成巨大的财产损失和人员伤亡。

瓦斯是重要的矿物资源之一，可做燃料和化工原料。每立方米瓦斯的燃烧热为 $3.7 \times 10^7 \text{ J}$ ，相当于 $1 \sim 1.5 \text{ kg}$ 烟煤。

近年来，我国为减少排放瓦斯对大气环境的污染、改善能源结构，充分利用矿井瓦斯这一洁净能源，在十几个矿区进行了瓦斯抽采和开发利用工作，建成了长距离输送管道和大容量储气罐，并取得了一定的成绩。现在正与有关国际组织和国外专业煤层气开发公司合作，在淮南、河南和山西等省进行大规模商业开发的地质勘探和市场论证工作。

三、瓦斯成因与赋存状态

1. 矿井瓦斯的生成

煤层瓦斯是腐殖型有机物（植物）在成煤过程中生成的。成气过程可分为两个阶段。第一阶段为生物化学成气时期，在植物沉积成煤初期的泥炭化过程中，有机物在隔绝外部氧气进入和温度不超过 65°C 的条件下，被厌氧微生物分解为 CH_4 、 CO_2 和 H_2O 。由于这一过程发生于地表附近，上覆盖层不厚且透气性较好，因而生成的气体大部分散失于古大气中。第二阶段为煤化变质作用时期，随着煤系地层的沉降和所处压力及温度的增加，泥炭转化为褐煤并进入变质作用时期，有机物在高温、高压作用下，挥发分减少，固定碳增加，这时生成的气体主要为 CH_4 和 CO_2 。这个阶段中，瓦斯生成量随着煤的变质程度增高而增多。但在漫长的地质年代中，在地质构造（地层的隆起、侵蚀和断裂）的形成和变化过程中，瓦斯本身在其压力差和浓度差的驱动下进行运移，一部分或大部分瓦斯扩散到大气中，或转移到围岩内，所以不同煤田甚至同一煤田不同区域煤层的瓦斯含量差别可能很大。

2. 瓦斯在煤体内存在的状态

煤体是一种复杂的多孔性固体，既有成煤胶结过程中产生的原生孔隙，也有成煤后的构造运动形成的大量孔隙和裂隙，形成了很大的自由空间和孔隙表面。重庆煤科分院对四

川、江西 3 个煤矿 11 个煤层的比表面积进行了测定, 结果表明最小为 $27.4 \text{ m}^2/\text{g}$, 最大为 $55.13 \text{ m}^2/\text{g}$ 。因此, 成煤过程中生成的瓦斯就能以游离和吸附这两种状态存在于煤体内。

游离状态也叫自由状态, 这种状态的瓦斯以自由气态存在, 呈现出压力并服从自由气体定律, 存在于煤体或围岩的裂隙和较大孔隙(孔径大于 $0.01 \mu\text{m}$)

内, 如图 1-1-1 所示。游离瓦斯量的大小与贮存空间的容积和瓦斯压力成正比, 与瓦斯温度成反比。

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几埃到十几埃的微细孔隙内, 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。吸附瓦斯量的大小与煤的性质、孔隙结构特点及瓦斯压力和温度有关。

煤体中的瓦斯含量是一定的, 但以游离状态和吸附状态存在的瓦斯量是可以相互转化的, 这取决于温度和压力及煤中水分等条件的变化。例如, 当温度降低或压力升高时, 一部分瓦斯将由游离状态转化为吸附状态, 这种现象叫做吸附。反之, 如果温度升高或压力降低时, 一部分瓦斯就由吸附状态转化为游离状态, 这种现象叫做解吸。

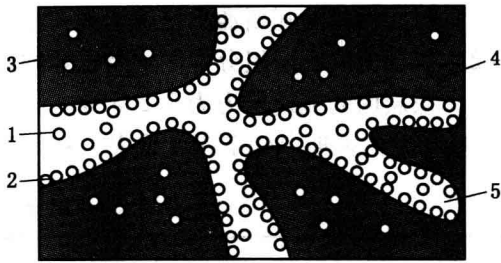
在现今开采深度内, 煤层内的瓦斯主要是以吸附状态存在, 游离状态的瓦斯只占总量的 10% 左右。

四、煤层中瓦斯垂直分带

当煤层直达地表或直接为透气性较好的第四系冲积层覆盖时, 由于煤层中瓦斯向上运移和地面空气向煤层中渗透, 使煤层内的瓦斯呈现出垂直分带特征。掌握煤田煤层瓦斯垂直分带的特征是搞好矿井瓦斯涌出量预测和日常瓦斯管理工作的基础。

一般将煤层由露头自上向下分为 4 个带: $\text{CO}_2\text{—N}_2$ 带、 N_2 带、 $\text{N}_2\text{—CH}_4$ 带、 CH_4 带(表 1-1-1), 前 3 个带总称为瓦斯风化带。在近代开采深度内, 瓦斯带内煤层的瓦斯含量和涌出量随深度增加而有规律地增大, 所以确定瓦斯风化带深度有重要的现实意义。

瓦斯风化带下界深度可以根据下列指标中的任何一项确定:



1—游离瓦斯;2—吸着瓦斯;3—吸收瓦斯;4—煤体;5—孔隙

图 1-1-1 游离状态下的瓦斯

表 1-1-1 瓦斯垂直分带

名 称	气 带 成 因	瓦斯成分/%		
		N_2	CO_2	CH_4
$\text{CO}_2\text{—N}_2$ 带	生物化学—空气	20 ~ 80	20 ~ 80	< 10
N_2 带	空气	> 80	10 ~ 20	< 20
$\text{N}_2\text{—CH}_4$ 带	空气—变质	20 ~ 80	10 ~ 20	20 ~ 80
CH_4 带	变质	< 20	< 10	> 80

- (1) 煤层的相对瓦斯涌出量等于 $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{t}$ 地带处。
- (2) 煤层内的瓦斯组分中甲烷及重烃浓度总和达到 80%（体积比）。
- (3) 煤层内的瓦斯压力为 0.2 MPa。

一些矿井的瓦斯风化带深度见表 1-1-2。

表 1-1-2 矿井瓦斯风化带深度

矿 井	瓦斯风化带深度/m	矿 井	瓦斯风化带深度/m
红卫（里王庙）	1	郴州（三五矿）	1
抚顺龙凤矿	200	阳泉四矿	50
抚顺胜利矿	260	中梁山矿	50
开滦赵各庄矿	467	北票冠山矿	120
开滦唐山矿	388	北票台吉立井	130
焦作焦西矿	180	南桐（直属一井）	90
涟邵（洪山殿）	30	南桐（鱼田堡）	30
辽源西安矿	131	南桐矿	60

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及搞好瓦斯管理有实际意义。在瓦斯带内的井、区及低瓦斯井、区，当通风不良和停风时不仅有窒息危险（ CO_2 、 N_2 ），而且还有瓦斯爆炸的危险。

位于瓦斯风化带边界以下的即为瓦斯带，其煤层的瓦斯压力、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（碳化程度）、不同地质构造与赋存条件下有所不同。相对瓦斯涌出量也随开采深度的增加而有规律的增加。从瓦斯带内某一深度起，某些矿除一般瓦斯涌出外，还出现了特殊瓦斯涌出，即瓦斯喷出与煤和瓦斯突出。因此，在瓦斯带内的矿井或区域，不仅在风量不足和停风时有窒息危险（ CH_4 ）和瓦斯爆炸危险，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瓦斯涌出事故的发生。

五、煤层瓦斯含量及其影响因素

1. 煤的瓦斯含量

煤的瓦斯含量是指单位体积或质量的煤在自然状态下所含有的瓦斯量（标准状态下的瓦斯体积），单位为 m^3/m^3 （ cm^3/cm^3 ）或 m^3/t （ cm^3/g ）。

2. 影响瓦斯含量因素

煤的瓦斯含量包括游离瓦斯和吸附瓦斯。煤层瓦斯含量的大小主要决定于煤层保存瓦斯的自然条件。诸如煤层和围岩的结构（如透气性）及物理化学特性（如吸附性能）、成煤后的地质运动和地质构造、煤层的赋存条件、围岩性质等。现就其主要因素概述如下。

1) 煤的吸附特性

煤的吸附性能决定于煤化程度。一般情况下，煤的煤化程度越高，存储瓦斯的能力越强。煤对瓦斯气体的吸附是物理吸附，其作用力是煤分子与瓦斯分子之间的作用力（即爱德华力），由于这种作用力较弱，因此煤对瓦斯的吸附一般为单分子层吸附。

2) 煤层露头

煤层如果有或曾经有过露头长时间与大气相通, 瓦斯含量就不会很大。因为煤层的裂隙比岩层要发育, 透气性高于岩层, 瓦斯能沿煤层流动而逸散到大气中去。反之, 如果煤层没有通达地表的露头, 瓦斯难以逸散, 它的含量就较大。如中梁山煤田, 煤层无露头, 而且为覆舟状(背斜)构造, 所以煤层瓦斯含量大, 相对瓦斯涌出量为 $70 \sim 90 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

3) 煤层的埋藏深度

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压力的作用下降低了透气性, 有利于保存瓦斯。在近代开采深度范围内, 煤层的瓦斯含量随深度的增加而呈线性增加。

4) 围岩透气性

煤系岩性组合和煤层围岩性质对煤层瓦斯含量影响很大。如果围岩为致密完整的低透气性岩层, 如泥岩、完整的石灰岩, 煤层中的瓦斯就易于保存下来。重庆、六枝、涟邵地区煤系地层岩性主要为泥岩、页岩、粉砂岩和致密石灰岩, 围岩的透气性差, 所以煤层瓦斯含量高, 瓦斯压力大。反之, 围岩由厚层中粗砂岩、砾岩或裂隙溶洞发育的石灰岩组成, 则煤层瓦斯含量小。例如, 在大同煤田、北京煤田西部, 围岩是透气性大的厚砂岩, 煤层瓦斯含量就很低。

5) 煤层倾角

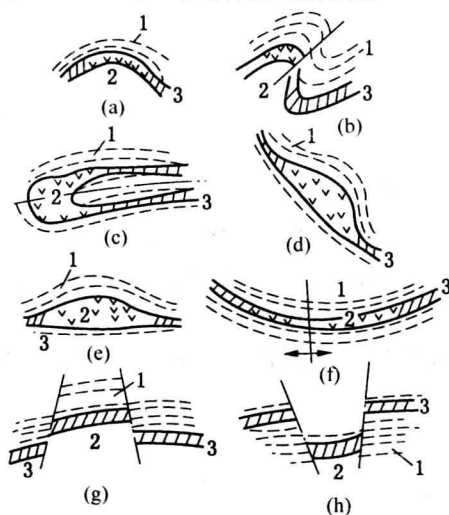
瓦斯沿煤层层面流动比垂直层面流动容易, 所以在相同条件下, 煤层倾角越小, 瓦斯含量越大。例如, 芙蓉煤矿北翼煤层倾角为 $40^\circ \sim 48^\circ$, 相对瓦斯涌出量为 $20 \text{ m}^3/\text{t}$; 而南翼煤层倾角为 $6^\circ \sim 12^\circ$, 相对瓦斯涌出量高达 $150 \text{ m}^3/\text{t}$, 并且有瓦斯突出现象。淮南煤田东部九龙岗矿为急倾斜煤层, 地表有露头, 采深 830 m 处的瓦斯涌出量只有 $5.3 \text{ m}^3/\text{t}$ 。煤田西部的谢二矿为倾斜煤层, 无露头, 表土冲击层厚 $28 \sim 30 \text{ m}$ 处的瓦斯涌出量就达 $27.2 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

6) 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。同一矿区不同地点瓦斯含量的差别往往是地质构造因素造成的结果。地质构造附近, 煤遭到破坏裂隙孔隙发达, 游离瓦斯含量增加。如果地质构造为圈闭型, 围岩又致密难透气, 就能形成良好的储存瓦斯的条件, 反之, 瓦斯能转移到其他的地点或大气中去, 煤的瓦斯含量就减少。

闭合的和倾伏的背斜或穹隆通常是理想的贮存瓦斯构造。顶板如为致密岩层而又未遭破坏时, 瓦斯在背斜轴部积聚, 形成所谓“气顶”(图 1-1-2a、图 1-1-2b), 瓦斯含量明显增高。但是, 当背斜轴顶部岩层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, 其瓦斯含量因能转移反而比翼部少。

对向斜而言, 当轴部顶板岩层受到的挤压应力比底板岩层强烈, 使顶板岩层和两翼煤



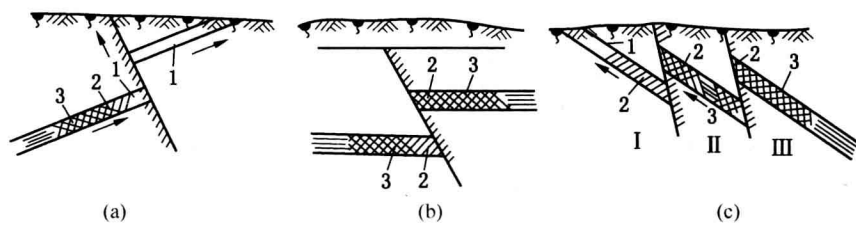
1—不透气岩层; 2—瓦斯含量增高部位; 3—煤层

图 1-1-2 常见的贮存瓦斯构造

层透气性变小，瓦斯就易于贮存在向斜轴部（图 1-1-2f），如南桐一井、鹤壁六矿。当煤层或围岩的裂隙发育透气性较好时，轴部的瓦斯容易通过构造裂隙和煤层转移到围岩和向斜的翼部，瓦斯含量反而减少。

受构造力作用在煤层局部形成的大型煤包（图 1-1-2c、图 1-1-2d、图 1-1-2e），由于周围煤层在应力作用下压向煤包，形成煤包内瓦斯的封闭条件，瓦斯含量大。同理，由两条封闭性断层与致密岩层圈闭的地垒或地堊构造也可成为瓦斯含量增高区（图 1-1-2g、图 1-1-2h）。

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。开放型断层（一般为张性、张扭性或导水的压性断层），不论其和地表是否直接相通，断层附近的煤层瓦斯含量都会降低（图 1-1-3a）。封闭型断层（压性、压扭性不导水断层），煤层对盘岩性透气性低时可以阻止瓦斯的释放。如果断层的规模大而断距长，在断层附近也可能出现一定宽度的瓦斯含量降低区（图 1-1-3b）。图 1-1-3c 所示为煤层被两条逆断层分割成 3 个段块时可能出现的煤层瓦斯分布情况。块段 1 上有露头，下无深部瓦斯补充来源，煤层瓦斯含量最低；段块 2 上下都被断层封闭，瓦斯含量居中；段块 3 上部被断层封闭，有深部瓦斯补给，瓦斯含量高。



1—瓦斯丧失区；2—瓦斯含量降低区；3—瓦斯含量异常增高区

图 1-1-3 断层对煤层瓦斯含量的影响

7) 水文地质条件

虽然瓦斯在水中的溶解度很小，但是如果煤层中有较大的含水裂隙或流通的地下水通过时，经过漫长的地质年代，也能从煤层中带走大量瓦斯，降低煤层的瓦斯含量。而且，地下水还会溶蚀并带走围岩中的可溶性矿物质，从而增加了煤系地层的透气性，有利于煤层瓦斯的流失。例如，焦作王封矿与李封矿相邻，后者较前者的地下水大，在开采同一深度时，前者的瓦斯涌出量则大于后者。

总之，影响煤层瓦斯含量的因素是多种多样的。在矿井瓦斯管理工作中，必须结合本井田或本矿具体情况做全面的调查和深入细致的分析研究，找出影响本煤田、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。

六、煤层内的瓦斯压力

煤层的瓦斯压力是处于煤的裂隙和孔隙中的游离瓦斯分子热运动撞击所产生的作用力。煤层瓦斯压力是决定煤层瓦斯含量、瓦斯流动动力高低及瓦斯动力现象的基本参数。

在研究与评价瓦斯储量、瓦斯涌出、瓦斯流动、瓦斯抽采与瓦斯突出问题时，都要事先掌握准确的瓦斯压力数据。《煤矿安全规程》规定，开采有煤与瓦斯突出危险煤层时，必须测定煤层的瓦斯压力。

每一矿井都应有瓦斯压力测定资料。瓦斯压力测定原理为：打一穿透待测煤层（或直接打在煤层中）的钻孔，插入一根测压管（5~12 mm 的铜管或 10~13 mm 的镀锌铁管）后再把钻孔封堵好，在测压管的外端接上压力表，待压力稳定后就可以读取瓦斯压力值了。

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梯度就可以预测其他深度的瓦斯压力。

$$p = p_0 + m(H - H_0) \quad (1-1-1)$$

式中 p ——在深度为 H 处的瓦斯压力，MPa；

p_0 ——甲烷带上部边界处瓦斯压力，MPa；

H_0 ——瓦斯风化带深度，m；

H ——开采深度，m；

m ——瓦斯压力梯度 MPa/m，取 0.01 ± 0.005 。

七、矿井瓦斯涌出及影响因素

在煤层中或其附近进行采掘工作时，在采动影响下煤岩的原始状态受到破坏，发生破裂、卸压膨胀变形、地应力重新分布等变化，部分煤岩的透气性增加。游离瓦斯在其压力作用下，经由煤层的裂隙通道或暴露面渗透流出并涌向采掘空间。随着游离瓦斯的流出，煤体里面的瓦斯压力下降，这就破坏了原有的动平衡，一部分吸附瓦斯将解吸转化为游离瓦斯并涌出。随着采掘工作的不断扩展，煤体和围岩受采动影响的范围不断扩大，瓦斯动平衡破坏的范围也不断扩展。所以瓦斯能够长时间地、持续地从煤体中释放来，这是瓦斯涌出的基本形式，又叫瓦斯的普通涌出。

（一）瓦斯涌出量

瓦斯涌出量是指在矿井建设和生产过程中从煤与岩石内涌出的瓦斯量，对应于整个矿井的叫矿井瓦斯涌出量，对应于翼、采区或工作面，叫翼、采区或工作面的瓦斯涌出量。瓦斯涌出量大小的表示方法有两种。

1. 绝对瓦斯涌出量

单位时间涌出的瓦斯体积，单位为 m^3/d 或 m^3/min ：

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{QC}{100} \quad (1-1-2)$$

式中 Q_{CH_4} ——绝对瓦斯涌出量， m^3/min ；

Q ——风量， m^3/min ；

C ——风流中的平均瓦斯浓度，%。

2. 相对瓦斯涌出量

平均日产 1 t 煤同期所涌出的瓦斯量，单位是 m^3/t ：

$$q_{\text{CH}_4} = \frac{Q_{\text{CH}_4} n}{T_{\text{月}}} \times 1440 \quad (1-1-3)$$

式中 q_{CH_4} ——相对瓦斯涌出量, m^3/t ;

Q_{CH_4} ——绝对瓦斯涌出量, m^3/d ;

$T_{\text{月}}$ ——矿井月产量, t/d ;

n ——矿井月工作日。

相对瓦斯涌出量单位的表达式虽然与瓦斯含量的相同,但两者的物理含义是不同的,其数值也是不相等的。因为瓦斯涌出量中除开采煤层涌出的瓦斯外,还有来自临近层和围岩的瓦斯,所以相对瓦斯涌出量一般要比瓦斯含量大。矿井瓦斯涌出量是决定矿井瓦斯等级和计算风量的依据。

(二) 影响瓦斯涌出的因素

矿井瓦斯涌出量的大小决定于自然因素和开采技术因素的综合影响,现概述如下。

1. 自然因素

1) 煤层和围岩的瓦斯含量

煤层和围岩的瓦斯含量是决定瓦斯涌出量多少的最重要因素。单一的薄煤层和中厚煤层开采时,瓦斯主要来自煤层暴露面和采落的煤炭,因此煤层的瓦斯含量越高,开采时的瓦斯涌出量也就越大。在开采煤层附近赋存有瓦斯含量大的夹层、煤层或岩层时,由于煤层回采的影响,在采空区上下形成大量的裂隙,这些煤层、夹层或岩层中的瓦斯就能不断地流向开采煤层的采空区,再进入生产空间,从而增加矿井的瓦斯涌出量。在此情况下,开采煤层的瓦斯涌出量有可能大大超过它的瓦斯含量。

2) 地面大气压的变化

地面大气在一年内夏冬两季的差值可达 $5.3 \sim 8 \text{ kPa}$,一天内个别情况下可达 $2 \sim 2.7 \text{ kPa}$ 。地面大气压变化引起井下大气压的相应变化,它对采空区(包括回采工作面后部采空区和封闭不严的老空区)或坍塌处瓦斯涌出的影响比较显著。当地面大气压突然下降时,瓦斯积存区的气体压力将高于风流的压力,瓦斯就会更多地涌入风流中,使矿井的瓦斯涌出量增大。反之,矿井的瓦斯涌出量将减少。美国在 1910—1960 年间,有一半的瓦斯爆炸事故发生在大气压急剧下降时。所以在生产规模较大的老矿内,应掌握本矿区大气压变化与井下气压变化的关系和瓦斯涌出量变化规律,如井下大气压变化的滞后时间、变化的幅度、瓦斯涌出量变化较大的地点等,以便有针对性的调整风量、加强瓦斯检查和机电设备的管理,预防事故的发生。

2. 开采技术因素

1) 开采规模

开采规模指开采深度、开拓与开采范围和矿井产量。在甲烷带内,随着开采深度的增加,相对瓦斯涌出量增大。这是由于煤层和围岩的瓦斯含量随深度而增加的缘故。开拓与开采的范围越广,煤岩的暴露面就越大,因此,矿井瓦斯涌出量也就越大。

矿井产量与矿井瓦斯涌出量间的关系比较复杂,一般情况下有以下 3 点:

(1) 矿井达产之前,绝对瓦斯涌出量随着开拓范围的扩大而增加。绝对瓦斯涌出量大致正比于产量,相对瓦斯涌出量数值偏大而没有意义。

(2) 矿井达产阶段后,绝对瓦斯涌出量基本随产量变化并在一个稳定数值上下波动。

对于相对瓦斯涌出量来说,如果矿井涌出的瓦斯主要来源于采落的煤炭,产量变化时,对绝对瓦斯涌出量的影响虽然比较明显,但对相对瓦斯涌出量影响却不大。表 1-1-3 所示为开滦林西矿 8 水平 11 年间,产量与绝对和相对瓦斯涌出量变化关系;如果瓦斯主要来源于采空区和围岩,产量变化时,绝对瓦斯涌出量变化较小,相对瓦斯涌出量却有明显变化。

(3) 开采工作逐渐收缩时,绝对瓦斯涌出量又随产量的减少而减少,并最终稳定在某一数值,这是由于巷道和采空区瓦斯涌出量不受产量减少的影响,这时相对瓦斯涌出量数值又会因产量低而偏大,再次失去意义。

2) 开采顺序与回采方法

首先开采的煤层(或分层)瓦斯涌出量大。因除其本煤层(或本分层)的瓦斯涌出外,邻近的煤层(或未采的其他分层)的瓦斯也要通过回采产生的裂隙与孔洞渗透出来,使瓦斯涌出量增大。如阳泉四矿全垮落法的长壁工作面。回采推进 30~40 m 后,大量瓦斯来自顶板的邻近层,采区瓦斯涌出量可增大到基本顶垮落前的 5~10 倍。因此,瓦斯涌出量大的煤层群回采时,如有可能应首先回采瓦斯含量较小的煤层,同时采取抽采瓦斯的措施。此外,采空区丢失煤炭多,采用采出率低的采煤方法,采区瓦斯涌出量大;顶板控制采用垮落法比充填法更能造成更大范围的破坏,瓦斯涌出量也就比较大。采煤工作面周期来压时,瓦斯涌出量也会大大增加。据焦作西矿资料,周期性顶板来压时比正常生产时瓦斯涌出量增加 50%~80%。

表 1-1-3 开滦林西矿产量与绝对和相对瓦斯涌出量变化关系

时 间	1959 年 7 月	1960 年 7 月	1963 年 7 月	1965 年 7 月	1968 年 7 月	1970 年 7 月
月平均日产量/(t·d ⁻¹)	540	632	2352	3494	4354	5189
绝对瓦斯涌出量/(m ³ ·d ⁻¹)	619	632	3644	3982	4263	5860
相对瓦斯涌出量/(m ³ ·t ⁻¹)	1	1.15	1.54	1.14	0.98	1.13

3) 生产工艺

瓦斯从煤层暴露面(煤壁和钻孔)和采落的煤炭内涌出的特点是,初期瓦斯涌出的强度大,然后大致按指数函数的关系逐渐衰减,见表 1-1-4。所以落煤时瓦斯涌出量总是大于其他工序。

表 1-1-4 焦作焦西矿回采工作面不同生产工序时的瓦斯涌出量

生产工序	正常生产时	爆破	放顶	移刮板输送机清底
瓦斯涌出量/倍数	1	1.5	1~1.2	0.8

落煤时瓦斯涌出量增大,增大值与落煤量、新暴露煤面大小和煤块的破碎程度有关。如风镐落煤时,瓦斯涌出量可增大 1.1~1.3 倍;爆破时增大 1.4~2 倍;采煤机工作时增大 1.4~1.6 倍;水采工作面水枪开动时增大 2~4 倍。

综合机械化工作面推进速度快、产量高,在瓦斯含量大的煤层内工作时,瓦斯涌出量很大。如阳泉煤矿机组工作面瓦斯涌出量可达 40 m³/min,工作面通风与瓦斯管理都很困难。

4) 风量变化

矿井风量变化时,瓦斯涌出量和风流中的瓦斯浓度由原来的稳定状态逐渐转变为另一

稳定状态。风量变化时，漏风量和漏风中的瓦斯浓度也会随之变化，井巷的瓦斯涌出量和风流中的瓦斯浓度在短时间内就会发生异常的变化。通常情况下，风量增加时，起初由于负压和采空区漏风量加大，一部分高浓度瓦斯被漏风从采空区带出，绝对瓦斯涌出量迅速增加，回风流中的瓦斯浓度才可能急剧上升。然后，浓度开始下降，经过一段时间，绝对瓦斯涌出量恢复到或接近原有值，回风流中的瓦斯浓度才能降低到原值以下，风量减少时，情况相反。这类瓦斯涌出量变化的时间由几分钟到几天，峰值浓度和瓦斯涌出量可为原值的几倍，它们都决定于采空区的范围、采空区内的瓦斯浓度、漏风情况和风量调节的快慢与幅度。所以采空区风量调节时、反风时、急倾斜采煤工作面大量煤炭沿工作面下落时及停风后通风机开动的初期，都必须密切注意风流中的瓦斯浓度。为了降低风量调节时回风流中瓦斯浓度的峰值，可以采取分次增加风量的方法。每次增加的风量和间隔的时间应使回风流中的瓦斯浓度不超过《煤矿安全规程》的规定。

5) 采空区的密闭质量

采空区内往往积存着大量高浓度的瓦斯（可达 60% ~ 70%），如果封闭的密闭墙质量不好，或进、回风侧的通风压差较大，就会造成采空区大量漏风，使矿井的瓦斯涌出增大。

总而言之，影响矿井瓦斯涌出量的因素是多方面的，应该通过经常和专门的观测找出其主要因素和规律，这样才能采取有针对性的措施控制瓦斯的涌出。

八、矿井瓦斯涌出来源的分析

为了有效地治理瓦斯，每一个矿井都要掌握影响瓦斯涌出的主要因素和各涌出来源在总量中所占的比例，这是矿井风量分配和日常瓦斯治理工作的基础。

按划分目的的不同，对矿井瓦斯来源有 3 种划分方式：按水平、翼、采区来进行划分是风量分配的依据之一，按掘进区、回采区和已采区来划分是日常治理瓦斯工作的基础，按开采区、临近区划分是采煤工作面治理瓦斯工作的基础。

一般是将全矿的（或翼的、水平的）瓦斯来源分为回采区（包括回采工作面的采空区）、掘进区和已采区三部分。其测定方法是同时测定全矿井、各回采区和各掘进区的绝对瓦斯涌出量。然后分别计算出各回采区、掘进区和已采区三者各占的比例。测定回采区或掘进区的瓦斯涌出量时，要分别在各区进、回风流中测瓦斯浓度和通过的风量，回风和进风绝对瓦斯涌出量的差值即为该区的绝对瓦斯涌出量。抚顺等矿的瓦斯来源情况见表 1 - 1 - 5。

表 1 - 1 - 5 抚顺等矿的瓦斯来源情况

矿 井	回采区/%	掘进区/%	已采区/%	备 注
鹤壁梁峪矿	30	40	30	1961—1964 年
阳泉二矿四尺井	58. 15	18. 15	23. 7	1971—1972 年

九、瓦斯涌出不均系数

在正常生产过程中，矿井绝对瓦斯涌出量受各种因素的影响，其数值是经常变化的，但在一段时间内只在一个平均值上下波动，把其峰值与平均值的比值称为瓦斯涌出不均系