

高等学校教学参考书

煤矿安全技术 与事故处理

主编 吴 强 秦宪礼 张 波
主审 李凤义 李芳成



中国矿业大学出版社

高等学校教学参考书

煤矿安全技术与事故处理

主 编 吴 强 秦宪礼 张 波
主 审 李凤义 李芳成

中国矿业大学出版社

责任编辑 马跃龙

责任校对 杜锦芝

图书在版编目(CIP)数据

煤矿安全技术与事故处理/吴强,秦宪礼,张波主编.

—徐州:中国矿业大学出版社,2001.5

(煤矿矿长安全培训教程)

ISBN 7-81070-297-1

I. 煤... I. ①吴...②秦...③张... III. ①煤矿
—矿山安全—教材②煤矿—矿山事故—处理—教材
IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 030065 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

中国矿业大学出版社印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13.25 字数 316 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~1500 册 总定价:100.00 元

煤矿矿长安全培训教材

编委会

主 任 曹振洪

副主任 遇华仁

委 员	刘凤奎	王永华	马仲宁	邢殿生
	宋国庆	张喜林	李广忠	蔡鸿波
	李芳成	吴 强	秦宪礼	

前 言

在新的形势下,提高煤矿企业管理人员和安全监察人员的安全业务素质和技术水平,是减少煤矿重大灾害事故的技术基础。在国家对煤矿安全管理体制进行重大改革后,做好煤炭企业主要经营管理者安全技术培训工作,是国务院赋予煤矿安全监察局的重要职责,是煤矿安全监察体制实行垂直管理的重要组成部分。

为配合对煤矿矿长培训工作的全面开展,依据国家煤矿安全监察局人事司组织专家编写的“煤炭企业局矿长安全培训教学大纲(草案)”,在多次组织煤矿安全管理专家和学员座谈,对所用教案进行充实完善的基础上,编写了这套煤矿矿长培训教材。

这套教材分三册,第一册《煤矿安全生产法律法规教程》,主要内容为法律基础、矿山安全法、矿产资源法、煤炭法、煤矿安全规程、生产许可证、安全条例;第二册《煤矿生产技术》,主要内容为矿井地质、矿山测量、顶板事故防治技术、采煤方法、煤矿经营管理、计算机应用;第三册《煤矿安全技术与事故处理》,主要内容为矿井瓦斯、煤尘、火灾、水灾、机电安全、爆破安全、事故调查与处理、矿井事故抢险救灾、煤矿安全系统工程和安全管理。选用时,可根据学员层次选择一部分内容精讲,要求学员掌握;有的内容可作为一般了解;有的可以安排自学。本教材可作为煤炭院校相关专业参考用书。

本书由黑龙江科技学院编写。由吴强、秦宪礼、张波主编,参编人员有张力、张迎新、胡刚、万景宏、肖福坤等同志。

本书由李凤义、李芳成同志主审。

在编写过程中,吸收和借鉴了同类教材的精华,参阅了从事煤矿安全管理工作专家们的讲话和讲稿,在此谨向各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促、经验不足,书中错误和不妥之处,敬请读者指正和赐教。

编 者

2001年5月10日

目 录

前言.....	1
第一章 矿井瓦斯.....	1
第一节 矿井瓦斯的生成.....	1
第二节 矿井瓦斯涌出.....	4
第三节 矿井瓦斯爆炸及其预防.....	9
第四节 瓦斯喷出与突出及其预防	20
第五节 矿井瓦斯抽放及利用	28
第六节 矿井瓦斯的监测	31
复习题	33
第二章 矿尘	34
第一节 矿尘的产生及其危害	34
第二节 煤尘爆炸及预防	37
第三节 矿尘职业病及其预防	50
复习题	55
第三章 矿井水灾	56
第一节 矿井水灾的发生	56
第二节 矿井水灾的防治	60
第三节 矿井透水事故的处理	66
复习题	67
第四章 矿井火灾	68
第一节 矿井火灾的发生	68
第二节 矿井火灾的预防	73
第三节 矿井火灾的处理	80
复习题	87
第五章 爆破安全工程	88
第一节 基本概念	88
第二节 炸药的起爆与感度	90
第三节 炸药的爆炸作用与岩石破碎机理	92
第四节 爆破材料安全管理	94

第五节 起爆方法及其事故防治	96
第六节 井下安全爆破技术	99
复习题.....	102
第六章 电气运输提升事故及防治.....	103
第一节 电气事故及防治.....	103
第二节 运输与提升事故及防治.....	113
复习题.....	124
第七章 矿山事故的调查与处理.....	125
第一节 事故的定义及成因.....	125
第二节 事故的分类.....	126
第三节 伤亡事故的报告、调查与处理	130
第四节 煤矿非伤亡事故报告与调查处理.....	133
第五节 伤亡事故的统计与分析.....	133
第六节 伤亡事故经济损失的计算.....	136
复习题.....	139
第八章 煤矿重大灾害事故的抢救与处理.....	140
第一节 矿井灾害预防及处理计划.....	140
第二节 重大灾害事故处理原则.....	142
第三节 重大事故抢险与救灾技术.....	150
复习题.....	159
第九章 安全系统工程与安全管理.....	161
第一节 安全系统工程.....	161
第二节 安全检查表.....	164
第三节 事故树分析.....	167
第四节 煤矿安全评价.....	184
第五节 煤矿安全管理方法.....	187
复习题.....	200
参考文献.....	201

第一章 矿井瓦斯

矿井瓦斯、矿尘、矿井火灾、矿井水灾及冒顶事故等构成煤矿的“五大自然灾害”。而瓦斯爆炸又是煤矿生产中最严重的灾害,所以,系统地了解矿井瓦斯的基本知识,掌握瓦斯燃烧、爆炸和突出的防治措施,对提高矿井防灾抗灾能力,保障井下作业人员的人身安全极为重要。

第一节 矿井瓦斯的生成

一、矿井瓦斯的定义

矿井瓦斯是成煤过程中的一种伴生气体。地质学上称之为煤成气。

矿井瓦斯的含义,从广义上讲,凡是从煤层或岩层中放出或生产过程中产生涌入矿井内的气体,统称矿井瓦斯。其主要成分为:甲烷(CH_4) (又称瓦斯)、二氧化碳(CO_2)、氮气(N_2),还有少量的硫化氢(H_2S)、一氧化碳(CO)、氢气(H_2)、二氧化硫(SO_2)及其他碳氢化合物气体等。从狭义上讲,矿井瓦斯就是指甲烷(CH_4)。其原因是甲烷为井下有害气体的主要成分,同时甲烷对煤矿的危害也最严重。

二、矿井瓦斯的生成

瓦斯是伴随着煤的形成而生成的。早在远古时代,成煤植物的残骸被泥砂和海水所淹没,与空气隔绝。在高温高压的环境中,在微生物的分解发酵作用下,成煤植物的残骸逐渐转化成泥炭、褐煤、烟煤及无烟煤。与此同时生成了大量的气态物质,主要是瓦斯。

成煤过程中生成的瓦斯,不能逸散到大气中时,就被保留在煤层和围岩中,当进行开采时,就会逸散出来。

三、瓦斯在煤层中的赋存状况

(一) 瓦斯在煤层中的垂直分布

由于地质运动的结果,煤层多数为倾斜赋存,当煤层具有露头或在地下水活跃的冲积层之下有煤层时,煤层中的瓦斯将不断向地表移动,而空气从地表向煤层深部扩散,结果造成沿煤层垂深,气体主要成分形成四个分带,即二氧化碳-氮气带($\text{CO}_2\text{-N}_2$)、氮气带(N_2)、氮气-瓦斯带($\text{N}_2\text{-CH}_4$)和瓦斯带(CH_4)。如图 1-1-1 所示。

我国一些矿区的瓦斯风化带深度见表 1-1-1。

(二) 瓦斯在煤体中的赋存状态

瓦斯在煤体及围岩中的赋存有自由及吸附两种状态,其情况如图 1-1-2 所示。

1. 自由状态(或称游离状态)

瓦斯以自由气体状态存在于煤层或围岩的裂隙及孔洞之中。这种状态的瓦斯分子可自由运动,并呈现出压力。

2. 吸附状态

吸附状态的瓦斯按其结合的形式不同,又分为吸着状态和吸收状态。吸着状态是瓦斯被

吸着在煤体或岩体微孔及表面上,并形成一层瓦斯薄膜;吸收状态是瓦斯被溶解于煤体微粒内部,类似于气体被溶解于液体中的现象。

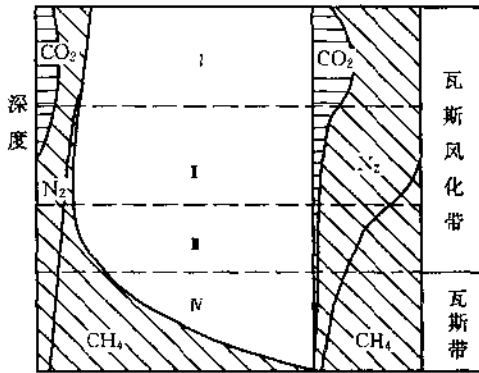


图 1-1-1 煤田瓦斯的垂直分带示意图

I — $\text{CO}_2\text{-N}_2$ 带; II — $\text{N}_2\text{-CH}_4$ 带;
III — $\text{N}_2\text{-CH}_4$ 带; IV — CH_4 带

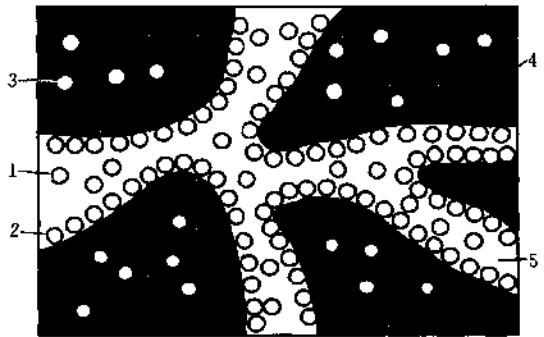


图 1-1-2 煤体中瓦斯的赋存状态示意图

1 — 自由瓦斯; 2 — 吸着瓦斯;
3 — 吸收瓦斯; 4 — 煤体; 5 — 孔隙

表 1-1-1 中国一些矿区的瓦斯风化带深度

矿 名	瓦斯风化带深度/m	矿 名	瓦斯风化带深度/m
抚顺龙凤矿	205	湖南立新矿	130
抚顺胜利矿	188	焦作焦西矿	180~200
抚顺老虎台矿	180	六枝四角田矿	60
北票台吉矿	115~150		

吸附状态的瓦斯分子,由于受煤体分子的吸引不能自由运动,因而不呈现压力。

实测表明,在未采动的煤层中,在目前开采深度(1000~1200 m)条件下,煤层中自由状态瓦斯占 5%~30%,而吸附状态的瓦斯占 70%~95%。造成吸附瓦斯比例大的原因是煤体中的微孔及其表面积数量大。

煤体中瓦斯存在的状态不是固定不变的,当外界条件发生变化时,自由状态的瓦斯与吸附状态的瓦斯可以相互转化。例如,当外界的压力升高或温度降低时,一部分自由瓦斯可以转化为吸附瓦斯,称之为吸附现象;反之,当外界的压力降低或温度升高时,则一部分吸附瓦斯将转化为自由瓦斯,称之为解吸现象。在开采煤层时,受采动影响的自由瓦斯首先放散出来,随之的一部分吸附瓦斯解吸为自由瓦斯也放散出来,使解吸现象不断地进行,形成煤矿瓦斯不断涌出。

四、矿井瓦斯的含量

瓦斯含量是指煤层或围岩在自然条件下所含有的瓦斯数量,即是指自由状态的瓦斯与吸附状态的瓦斯之和。其单位为: $\text{m}^3/\text{t}(\text{m}^3)$ 或 $\text{cm}^3/\text{g}(\text{cm}^3)$ 。

煤、岩中瓦斯含量的大小决定于两方面因素:一是古代植物残骸在成煤和炭化过程中瓦斯生成量的多少;二是瓦斯在煤、岩中被保存下来的条件如何。不同的情况,煤、岩中瓦斯含量有很大的差别。下面将其影响因素分别加以说明。

(一) 煤的吸附性质

煤体中瓦斯含量的多少与煤的变质程度有关,炭化程度越高,瓦斯的生成量就越大;同时,其孔隙率也就越高,吸附瓦斯的能力越强。水分,不仅占据了孔隙、排挤了自由瓦斯,还占据了煤体的自由表面,削弱了煤体对瓦斯的吸附能力。因此,水分多的煤体瓦斯含量低,面含固定炭多的煤体瓦斯含量高。

(二) 煤层的赋存条件

煤体中的瓦斯含量与煤层的埋藏深度有关。浅部煤层,特别是在有露头时,煤体中的瓦斯容易放散到大气中去,煤层中的瓦斯含量就很低。如果煤层埋藏的很深,且没有露头,瓦斯穿透岩层的能力较弱,排放困难,煤层瓦斯含量就高。

煤体中的瓦斯含量与煤层的倾角及其顶、底板岩层的透气性有关。由于岩层渗透瓦斯的性能比煤层差,所以在相同条件下,倾角小的煤层瓦斯含量高,而倾角大的煤层瓦斯含量低。煤层顶、底板岩层透气性差(如:泥岩、页岩、粉砂岩、裂隙不发育的石灰岩等),瓦斯含量高。反之,煤层顶底板岩层透气性好(如:中粗砂岩、砾岩或是裂隙溶洞发育的石灰岩等),瓦斯含量低。例如:大同和北京煤田,其煤层围岩是透气性好的厚砂岩,煤层的瓦斯含量就很低。

煤体中的瓦斯含量与煤层周围地下水活动有关。通常位于地下水活跃地区的煤层瓦斯含量低。

(三) 煤田的地质条件

含煤地层从形成至今经历了漫长的地质年代,在此期间地层多次下降或上升,覆盖层加厚或遭受侵蚀,陆相与海相交替变化,各种地质构造运动,各种地质过程延续时间的长短等都对煤层瓦斯含量的高低产生巨大的影响。

从沉积环境上看,属于海相沉积的含煤地层,其煤层瓦斯含量高,而属于陆相沉积的含煤地层,其煤层瓦斯含量低。

从煤田生成的年代上看,在相同的条件下,一般说煤田生成的年代越老,煤层的瓦斯含量就越高。但是,由于地质变动的影响不同,煤层的瓦斯含量往往也有很大的差别。

封闭的和倾伏的背斜或穹窿,通常是储存瓦斯的构造。在瓦斯带内煤层的顶板为致密岩层而又未遭受破坏时,瓦斯在背斜的轴部地区保存下来,形成所谓的“气顶”(图 1-1-3a、b)。

地质构造形成煤层局部变厚的大型煤包(图 1-1-3c、d、e)也会出现瓦斯含量增高现象。这是由于煤包周围在构造应力作用下,煤层被压薄形成对煤包的圈闭条件,使其生成的瓦斯难以排放。同样道理,由于两条封闭断层与致密岩层圈闭的地垒或地堑(图 1-1-3g、h),也可能成为瓦斯含量增高区。

断层对于煤层瓦斯含量的影响比较复杂。一方面要看断层的封闭性,另一方面还要看与煤层接触的对盘岩层的透气性。开放性断层(一般是张性,张扭性或导水的压性断层等),不论其与地表相通与否,都会引起煤层瓦斯含量降低,当与煤层接触的对盘岩层透气性大时,更是如此。(图 1-1-4a、b)。封闭性断层(压性不导水断层)而且煤层对盘的煤层透气性低时,可以阻止瓦斯排放,在这种条件下,断层的规模大而且断距长时,由于煤层对盘岩层密封的机率一般较低,所以在断层处往往出现一定宽度的瓦斯含量降低区(图 1-1-4c)。此外,还会遇到煤层被两条逆断层分割成三个段块的情况,其各段块的瓦斯含量分布不同(图 1-1-4d)。段块 1,上有露头直通地表,下无深部瓦斯补充,煤层瓦斯含量最低;段块 2,上下被封闭断层圈闭,瓦斯含量居中;段块 3,上部被封闭断层圈闭,下部有深部煤层瓦斯补充,煤层瓦斯含量最高。

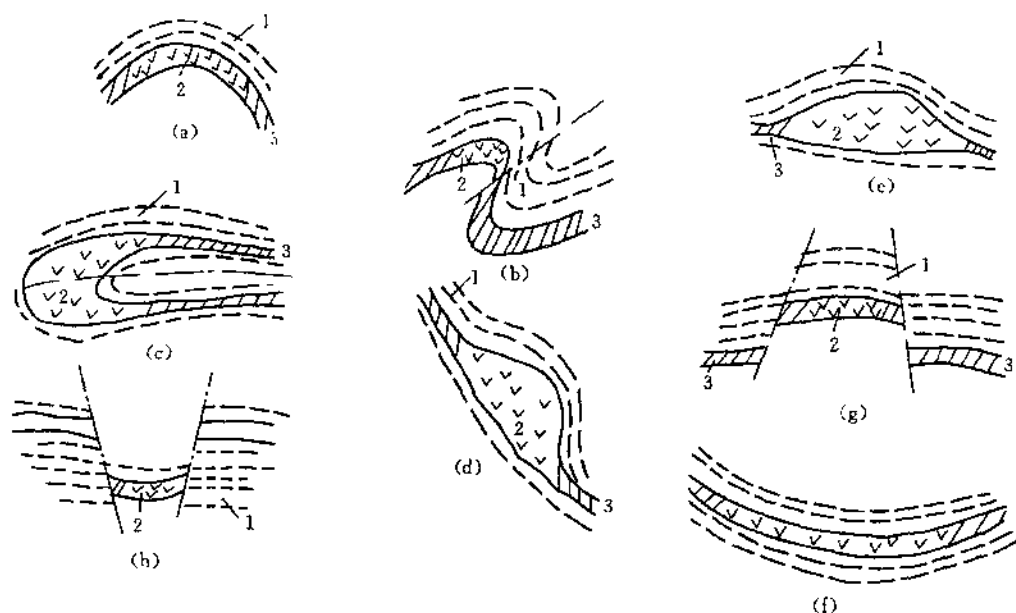


图 1-1-3 几种储瓦斯构造示意图

1——低透气岩层, 2——煤层瓦斯高含量区, 3——煤层

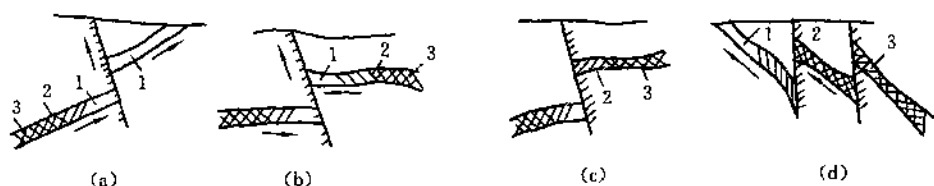


图 1-1-4 断层对煤层瓦斯含量的影响

1——瓦斯丧失区, 2——瓦斯含量降低区, 3——瓦斯高含量区

综上所述,煤层中瓦斯含量受多种因素的影响。因此确定某一煤层的瓦斯含量的高低,要根据具体情况全面分析得出正确的结论。

第二节 矿井瓦斯涌出

瓦斯从煤层或岩层中涌出的形式有两种:一是普通涌出,二是特殊涌出。在煤矿生产中,瓦斯普通涌出是瓦斯放散的主要形式,它的特点是范围大,时间长、涌出量均匀,速度缓慢。而瓦斯的特殊涌出即是瓦斯的喷出或突出,它是瓦斯矿井少见的一种瓦斯放散形式。本节介绍的是瓦斯的普通涌出。

一、瓦斯涌出量的表示方法

矿井瓦斯涌出量是指矿井在开采过程中涌入巷道内或管道中的瓦斯量。其表示方法有两种:绝对瓦斯涌出量和相对瓦斯涌出量。

(一) 绝对瓦斯涌出量

是指生产矿井在一定时间内所涌出的瓦斯量($Q_{\text{绝}}$),单位: m^3/d 或 m^3/min 。

其计算式为:

$$Q_{\text{绝}} = Q \times C\% \times 60 \times 24$$

式中 $Q_{\text{绝}}$ ——矿井的绝对瓦斯涌出量, m^3/d ;

Q ——矿井总回风道风量, m^3/d ;

$C\%$ ——回风流中的平均瓦斯浓度。

在相同条件下的煤层中,绝对瓦斯涌出量随矿井生产规模的扩大和产量的增加而增加,但它们之间不一定是正比关系。绝对瓦斯涌出量只能表明涌出瓦斯的多少,难以判定矿井瓦斯涌出的严重程度。如:两个产量不同矿井的绝对瓦斯涌出量相等,表面看来瓦斯涌出情况似乎一样,其实不然,其中产量小的矿井瓦斯涌出情况必然较为严重。为弥补绝对瓦斯涌出量不足以判定矿井瓦斯涌出的严重程度,故将瓦斯涌出量与矿井的产量联系起来,引出相对瓦斯涌出量的概念。

(二) 相对瓦斯涌出量

是指矿井在正常生产情况下平均生产一吨煤的瓦斯涌出量($q_{\text{相}}$),单位: m^3/t 。

其计算公式为:

$$q_{\text{相}} = Q_{\text{绝}} \times n / T$$

式中 $Q_{\text{绝}}$ ——矿井的绝对瓦斯涌出量, m^3/d ;

n ——矿井瓦斯鉴定月的工作天数, $\text{d}/\text{月}$;

T ——矿井瓦斯鉴定月的产量, $\text{t}/\text{月}$ 。

相对瓦斯涌出量是以矿井产量为基础的,因此,它可以作为判定矿井瓦斯涌出严重程度的标准,矿井的瓦斯涌出等级是以相对瓦斯涌出量来划分的。

二、影响瓦斯涌出的因素

矿井瓦斯涌出量的多少取决于自然因素和开采技术条件。

(一) 自然因素

1. 煤层和围岩的瓦斯含量

它是瓦斯涌出量多少的决定性因素。开采煤层的瓦斯含量高,瓦斯的涌出量就多。

这里必须说明的是煤层瓦斯含量(单位: m^3/t)与相对瓦斯涌出量即吨煤瓦斯涌出量(单位: m^3/t)虽然单位相同,但是意义却不同,而且数值也不相等。这是因为涌出量不仅来自于被采出的煤炭涌出的瓦斯,而且还包括井下煤柱,丢失的浮煤及采动影响的岩层和邻近煤层涌出的瓦斯。所以,吨煤瓦斯涌出量比开采层的瓦斯含量要大。例如,淮南谢二矿开采13号煤层时采区吨煤瓦斯涌出量是该煤层瓦斯含量的1.58~1.74倍。

2. 开采深度

在瓦斯带内,随着开采深度的增加,相对瓦斯涌出量增多。这是因为煤层和岩层的瓦斯含量随深度的延深而增加的缘故。

3. 地面大气压

它的变化对瓦斯涌出量有重要影响。地面大气压力升高,矿井瓦斯涌出量减少;反之,地面大气压力降低,矿井瓦斯涌出量增多。因此,要特别注意大气压力下降时瓦斯矿井的瓦斯管理工作,要密切重视采空区和密闭区的瓦斯检测工作,防止瓦斯事故的发生。

(二) 开采技术条件

1. 开采规模

是指开采深度、开采范围以及矿井的产量而言,对一个矿井来说,开采规模越大,瓦斯的涌出量也越大。

2. 开采方法

是指开采顺序、回采方法及生产工艺过程等。首先开采的煤层(或分层)瓦斯涌出量大,这是因为邻近层(或其他分层)的瓦斯通过采动的裂隙涌入的结果。在开采煤层群时,首先开采瓦斯含量少的煤层,能够起到排放邻近层的瓦斯和均衡矿井瓦斯涌出量的作用。此外,采空区丢煤多,回采率低的回采方法,采区瓦斯涌出量大。同时,在回采过程中,瓦斯涌出是不均衡的。在同一个工作面内,进行落煤和放顶时瓦斯涌出量大。

3. 通风方法及采空区管理

当矿井采用抽出式通风时,矿井瓦斯涌出量随风压(负压)的升高而增多,随风压的降低而减少。当矿井采用压入式通风时,风压对矿井的瓦斯涌出量的影响与地面大气压相同。

采空区是积存瓦斯的场所,如果密闭不严或是其回风端的风压差比较大,就会造成瓦斯大量涌入巷道中,给生产带来麻烦以致于造成事故。

综上所述,影响矿井瓦斯涌出量的因素是多方面的。矿井瓦斯涌出量不是固定不变的。因此,矿井的瓦斯等级也不是固定不变的。所以,对矿井瓦斯等级必须每年进行鉴定,及时更正矿井瓦斯等级,以便安全有效地进行生产管理。

三、矿井瓦斯等级及其鉴定方法

(一) 矿井瓦斯等级的划分

根据《规程》规定,矿井瓦斯等级,按照平均日产一吨煤瓦斯涌出量和瓦斯涌出形式划分:

低瓦斯矿井:10 立方米及其以下;

高瓦斯矿井:10 立方米以上;

煤和瓦斯突出矿井。

在一个矿井中,只要有一个煤、岩层中发现过一次瓦斯。该矿井即定为瓦斯矿井,并依照矿井瓦斯等级的工作制度进行管理。

矿井在采掘过程中,只要发生过一次煤(岩)与瓦斯(或二氧化碳)突出,该矿井即定为煤(岩)与瓦斯(或二氧化碳)突出矿井。

(二) 矿井瓦斯等级鉴定方法

1. 鉴定条件

矿井瓦斯等级的鉴定工作应在正常生产条件下进行。矿井瓦斯等级的确定,按每一自然矿井中的矿井、煤层、一翼、水平或采区分别计算月平均日产一吨煤瓦斯涌出量,并采取其中最大值。但被鉴定的矿井、煤层、一翼、水平或采区的回采产量应达到该地区总产量的 60%。

2. 鉴定时间

由省(区)煤炭局根据矿井生产和气候变化规律。选择瓦斯涌出量较大的一个月作为鉴定时间。一般在 7 月或 8 月。

3. 鉴定内容与测定要求

在鉴定月内上、中、下三旬中各取一天(间隔十天)分三个班(或四个班)进行测定工作。在矿井、煤层、一翼、水平或采区的回风巷道中,分别测定风量和瓦斯浓度。每一工作班的测

定工作应在正常生产时间进行。测定地点应在测风站内进行。如果附近无测风站,可选断面规整、无杂物堆积的一段平直巷道作为观测站。检测仪表必须进行校正。测定瓦斯浓度时,应在巷道风流的上部,即距支架顶、帮各为 50mm 或距碇、锚喷壁顶帮各为 200mm 进行;测定二氧化碳浓度时,应在巷道风流的下部,即距底、两帮各 50mm(有支架时)或巷道底、帮各 200 mm(不设支架或砌碇的巷道)处进行测定。测风方法按测风操作规程进行。抽放瓦斯的矿井,在鉴定日内应在相应的地区测定抽放瓦斯量,矿井瓦斯等级必须包括抽放瓦斯量。

在鉴定月中,地面和井下的气温,气压和湿度等气象条件也应记录,以备参考。

4. 测定记录整理与计算

矿井、煤层、一翼、水平或采区测定基础数据填表并计算。

计算煤层、一翼、水平或采区的瓦斯涌出量时,应扣去相应的进风流中瓦斯量。

5. 矿井瓦斯等级鉴定报告

在鉴定月上、中、下旬进行测定的三天中,选取瓦斯涌出量最大的一天作为计算生产一吨煤瓦斯涌出量的数据。

$$\text{平均生产一吨煤瓦斯涌出量} = \frac{1440 \times \text{最大一天瓦斯涌出量}}{\text{月平均日产量}}, \text{m}^3/\text{t}$$

各矿务局应根据鉴定结果并结合产量水平,采掘比重,生产区域和地质构造等因素。提出确定矿井瓦斯等级的意见,连同有关资料报省(区)煤炭局审批。报批资料内容详见《煤矿安全规程执行说明》。

煤与瓦斯突出矿井在瓦斯等级鉴定期间,仍须按照矿井瓦斯等级和二氧化碳的鉴定工作内容进行测算工作。

矿井内发生了瓦斯和二氧化碳喷出的地点,在其影响范围内应按防治喷出的有关规定管理。在下一年度矿井瓦斯等级鉴定时,该地点的瓦斯或二氧化碳喷出现象已经消失。该地点可以不再按防治喷出的有关规定管理。

在矿井瓦斯等级鉴定期间,正在建设的矿井也应进行瓦斯涌出量的测定。如果测定结果,特别是在煤层揭开后实际瓦斯涌出量超出原设计确定的矿井瓦斯等级,应提出修改矿井等级的专门报告,报原设计审批单位批准。

煤与瓦斯突出矿井的(突出)鉴定。应由煤炭部属煤炭科学研究单位和矿务局共同提出鉴定报告,并报省(区)煤炭局批准报煤炭部备案。

四、矿井瓦斯涌出量预测

设计新矿井或生产矿井的新区(新采区,深部水平),需要预先掌握其瓦斯等级和瓦斯涌出量,作为矿井、水平和采区设计的依据。根据某些已知数据,按照一定的方法预先得出设计区或巷道瓦斯涌出量,称作矿井瓦斯涌出量预测。

目前,预测相对瓦斯涌出量的方法有两大类,一类为瓦斯含量算法;另一类为矿山统计法。前者多用于新矿井,后者用于生产矿井。

(一) 含量算法

前者是根据煤层的瓦斯含量,分别预计采煤、掘进、围岩和采空区的瓦斯涌出量,汇总为新矿井、新水平、新采区的瓦斯涌出量。

后者是用煤层瓦斯含量减去采出煤炭的剩余瓦斯含量,再乘以校正系数。此校正系数包括采空区、围岩、煤柱的瓦斯涌出量等因素,它可以根据已采水平或瓦斯赋存状况和开采条

件比较相似的邻近矿井来确定。

以上计算方法准确性较差,所以生产矿井很少用,一般可用来预测新开发煤田或新设计矿井的瓦斯涌出量。

(二) 矿山统计法

矿山统计法是根据已往矿井生产中的相对瓦斯涌出量与开采深度的统计规律,推算深部水平相对瓦斯涌出量的预测方法。

矿山统计法一般分两步进行,首先将矿井历年生产过程中积累的实际相对瓦斯涌出量按其对应的开采深度如图 1-2-1 进行整理填值。计算出相对瓦斯涌出量递增值(称为瓦斯涌出量梯度 a);其次根据相对瓦斯涌出量梯度 a ,推至预测深部区域,统计出深部开采的相对瓦斯涌出量数值。

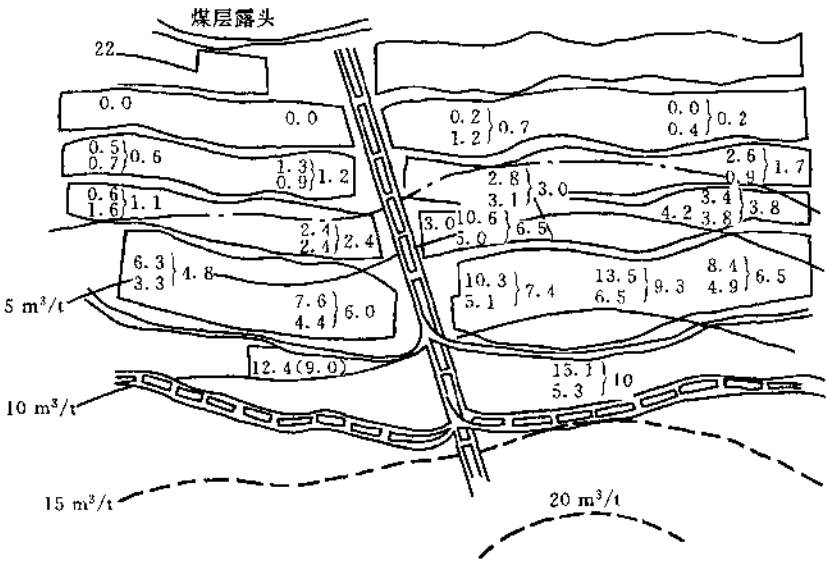


图 1-2-1 煤层等相对瓦斯涌出量线图

通常在地质条件正常,采矿技术条件变化不大的情况下,瓦斯带内相对瓦斯涌出量与开采深度近似成正比关系(图 1-2-1),相对瓦斯涌出量每增加 $1 \text{ m}^3/\text{t}$,开采深度增加的数值(m)称为瓦斯涌出量梯度(a)。

因此,有了生产水平的瓦斯涌出量梯度,预测深部水平的相对瓦斯涌水量:

$$q = q_0 + (H - H_0)/a, \text{ m}^3/\text{t}$$

式中 q_0 ——瓦斯带上边界的相对瓦斯涌出量,一般为 $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{t}$;

H_0 ——瓦斯带上边界的深度,m。

为了比较精确地预测相对瓦斯涌出量,应该在矿井开采层面图上标出各个已采区段的相对瓦斯涌出量,把相对瓦斯涌出量相同的点连成等相对瓦斯涌出量线,对于外推的区域,根据对应地点的瓦斯涌出量梯度与底板等高线,用虚线画出预测区等相对瓦斯涌出量线(图 1-2-1)。该图清晰简明,不仅反映出倾斜方向上瓦斯涌出量的变化,而且还反映出走向方向上的变化。

使用矿山统计法预测相对瓦斯涌出量时,必须注意以下问题:

(1) 此法只适用于瓦斯带内,外推的深度不超过 100~200 m 的情况下,瓦斯涌出量梯度 α 值越小,外推的深度也应越小。否则,可能有较大的误差。

(2) 预测的精度取决于原始统计资料的精度与数量以及预测区域同已采区域在地质条件和开采技术条件上的相似程度。因此,应根据地质、采矿技术条件,把煤层划分为若干区,在地质、采矿条件相似的区内,进行分区预测。

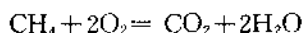
(3) 对倾角小的煤层,有时使用相对瓦斯涌出量斜深梯度较为方便。这时,预测涌出量公式中的垂深也相应改为斜深。

第三节 矿井瓦斯爆炸及其预防

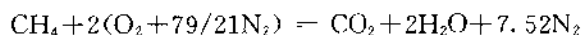
一、矿井瓦斯的爆炸现象

(一) 瓦斯爆炸化学反应式

瓦斯爆炸是瓦斯和空气组成混合爆炸性气体在火源作用下发生的一种迅猛的氧化反应。其化学反应式为:



或



从上式可知,混合气体中的氧与瓦斯都全部燃尽时,一个体积的瓦斯要同两个体积的氧气化合,即一个体积瓦斯要同 9.52 个(2+7.52)体积的空气(当空气中氮气浓度为 79%,氧气为 21%时)化合,这时瓦斯在混合气体中的浓度为 $1/(1+9.25) \times 100\% = 9.5\%$ 。这一浓度是理论上瓦斯爆炸最猛烈的浓度。

瓦斯氧化、燃烧、爆炸的通常解释为链锁反应理论。该理论认为,反应物质之间的相互作用,需要消耗可观的热能,其反应要经过一系列由中间产物组成的阶段。当瓦斯空气混合爆炸性气体吸收引火热源提供的一定热能后,某些气体分子的链即行断裂,离解成自由原子或自由基(也称自由原子团),它们有很大的化学活性,成为反应进行的活化中心。在有利的条件下,每一反应可以生成两个以上新的自由原子或自由基。这样循环不已,自由原子与自由基越来越多,同时反应产生的热能也促使越来越多的气体分子离解成自由原子或自由基,化学反应变成累进加速过程,即发展成为燃烧、爆炸。

根据瓦斯-空气混合气体燃烧、爆炸时的火焰传播速度及冲击波压力的大小,可以把瓦斯的燃爆类型分为三种:

1. 速燃

火焰传播速度在 10 m/s 以内;冲击波压力在 0.15 大气压以内。它可以使人烧伤,引起火灾。

2. 爆燃

火焰的传播速度在音速以内;冲击波压力高于 0.15 大气压。它对人和设施有较强的杀伤能力和摧毁作用。

3. 爆炸

火焰传播速度超过音速,达到每秒数千米;冲击波压力达到数个至数十个大气压。它对人和设施具有强烈的杀伤能力和摧毁作用。

(二) 瓦斯爆炸的效应

瓦斯爆炸是激烈的氧化反应,其过程要放出大量的热,其热量使爆源周围的气体温度骤然升高。据实测,当瓦斯浓度为 9.5% 的混合气体爆炸时,若实测环境是自由扩散的条件,则可以产生 1850℃ 的高温;若实测环境是全封闭空间,则可以产生 2650℃ 的高温。如此高温的气体,必然引起体积的骤然膨胀,在空间一定时,必然形成气体压力的升高,其数值可为 7~10 个大气压力。爆炸形成的高温高压气体,以极快的速度从爆源附近往外传播,其速度可达每秒几百米至数千米。

爆炸气体以极高的速度从爆源往外冲击,称为正向冲击波;由于往外冲击及爆炸时产生的部分水蒸汽凝结,使爆源附近形成气体稀薄的低气压区,于是爆源以外的气体以很高的速度反向冲回爆源,称为反向冲击波。冲击波具有很大的破坏力,它不仅伤害矿工的生命,而且还严重地摧毁矿井的巷道和设施。特别是反向冲击波,虽然它的力量比正向冲击波小,但它是沿着已经遭到破坏的区域反冲击,因此,其破坏性更大。如果反向冲击的气体中有足够爆炸的瓦斯和氧气,而爆源附近仍有火源时,还会发生第二次爆炸和连续爆炸。如:1940 年,抚顺龙凤矿曾在一昼夜中发生过 43 次瓦斯爆炸。此外,冲击波还会扬起煤尘,因此,有时还能引起煤尘爆炸及导致火灾发生。

瓦斯爆炸后,产生大量的有害气体。据某矿井取样分析瓦斯爆炸后的气体成分,其数值如表 1-3-1。

表 1 3 1 某矿井瓦斯爆炸后气体组成分析

气体名称	氧气(O ₂)	氮气(N ₂)	二氧化碳(CO ₂)	一氧化碳(CO)
浓度(%)	6~10	82~88	4~8	2~4

爆炸后气体中氧气含量减少很多,而一氧化碳含量却大量增加,如果有煤尘参加爆炸,一氧化碳量将更大。实践证明,大量的一氧化碳产生,是造成人员伤亡的主要原因。

综上所述,瓦斯爆炸将产生高温、高压、冲击波和大量的有害气体,给煤矿安全生产造成极大危害。

(三) 瓦斯爆炸的条件及影响因素

瓦斯爆炸的必要条件:一是瓦斯浓度达到一定范围;二是存在高温火源;三是有足够的氧气。三者缺一不可。

1. 瓦斯浓度

1) 瓦斯爆炸的浓度界限。试验证实:当瓦斯浓度低于 5%~6% 时,混合气体无爆炸性,遇火后只能燃烧而不能爆炸;当瓦斯浓度为 5%~6% 至 14%~16% 时,混合气体有爆炸性;当瓦斯浓度大于 14%~16% 时,混合气体无爆炸性,也不燃烧,但当有新鲜空气供给时,可以在混合气体与新鲜空气的接触面上燃烧。

上述结论说明,瓦斯只有在一定的浓度范围内才有爆炸性,这个浓度范围称为爆炸界限。其最低浓度(5%~6%)称为爆炸下限;最高浓度(14%~16%)称为爆炸上限。

当瓦斯浓度为 9.5% 发生爆炸时,其爆炸威力最大,这是因为此时混合气体中的氧气和瓦斯都全部参加了燃烧、爆炸。当瓦斯浓度低于 9.5% 时,混合气体中的氧气过剩,其中的一部分没有参加爆炸,使爆炸威力降低;而当瓦斯浓度高于 9.5% 时,混合气体中瓦斯过剩而氧气不足,因此过剩的瓦斯将吸收因爆炸产生的一部分热量,所以爆炸威力也被减弱。由此