

全国煤矿安全培训统编教材

矿井瓦斯防治

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

B 类

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

中国矿业大学出版社

全国煤矿安全培训统编教材

矿井瓦斯防治

(B类)

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

编写	康怀宇	刘建华
审核	吴 兵	王金石
	秦宪礼	陈东科

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是“全国煤矿安全培训统编教材”之一。书中主要介绍了矿井瓦斯基础知识、瓦斯爆炸及其防治、煤与瓦斯突出及其防治、矿井瓦斯抽放等内容。编写上注重一般实用技术与管理内容,通俗易懂。

图书在版编目(CIP)数据

矿井瓦斯防治/康怀宇编. —徐州:中国矿业大学出版社,2002.3(2005.1重印)

全国煤矿安全培训统编教材

ISBN 7 - 81070 - 490 - 7

I. 矿… II. 康… III. 煤矿—瓦斯—防治—技术培训—教材 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 095281 号

书 名 矿井瓦斯防治

编 者 康怀宇

责任编辑 高 专

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

印 刷 中国矿业大学印刷厂

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 3.125 字数 77 千字

版次印次 2002 年 3 月第 1 版 2005 年 1 月第 3 次印刷

定 价 6.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤矿安全培训统编教材编审委员会

总顾问	路德信			
主 任	黄玉治			
副主任	周心权	闫永顺		
委 员	王树鹤	付建华	梁嘉琨	石少华
	李文俊	安里千	段 刚	陈国新
	蔡 卫	徐景德	王金石	王素锋
	瓮立平			

出版说明

搞好煤矿安全生产是保护国家财产和人民群众生命安全的一件大事,它关系到国民经济的发展和社会的稳定。随着我国社会主义市场经济体制的发展,煤炭工业面临着良好的发展机遇,煤炭企业正在向高产、低耗、安全和集约化生产方向发展。但是,煤炭企业安全生产形势仍较为严峻:一方面,煤矿开采水平正在不断加深,生产条件更加复杂化;另一方面,一些煤炭企业仍然存在着盲目追求最大经济效益、不重视安全生产的行为。因此,依法加强对煤矿企业安全生产的监察,通过培训全面提高煤矿企业从业人员的安全素质,是非常必要的。

为了适应我国煤炭工业管理体制改革的需要,国务院于1999年成立了国家煤矿安全监察局,建立了新的煤矿安全监察管理体制。国务院批准的《煤矿安全监察管理体制改革的实施方案》中,赋予国家煤矿安全监察局“组织、指导煤炭企业安全生产技术培训工作,负责煤炭企业主要经营管理者安全资格认证工作”的职能。2000年经国务院批准,又成立了国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局与其合署办公。国务院批准的《国家安全生产监督管理局(国家煤矿安全监察局)职能配置、内设机构和人员编制规定》中,赋予国家安全生产监督管理局(国家煤矿安全监察局)“组织、指导本系统安全生产监察人员、煤矿安全监察人员的培训、考核和全国企业安全生产技术培训工作;依法组织、指导并监督特种作业人员的考核工作和企业经营管理者安全资格考核工作”的职能。

为了履行好国务院赋予我们的有关安全培训方面的职能,规范煤矿安全生产技术培训工作,保证培训质量,在总结安全培训工作经验,借鉴国外发达国家矿山安全培训课程体系的基础上,国家煤矿安

全监察局人事培训司组织有关高校、安全技术培训中心和煤炭企业等单位的教授、专家和安全工程技术人员编写了这套模块式“全国煤矿安全培训统编教材”。这套教材不仅反映了传统的煤矿安全生产技术知识,也引进了成熟的煤矿安全生产新知识、新技术,并且针对培训对象的工作类别、专业和文化程度的不同,就其撰写文体、内容深度和广度的差异分为 A、B 两类。A 类教材内容较深,强调内容的科学性、新颖性和实用性,主要适用于国家煤矿安全监察人员、从事煤矿安全培训的教师、煤炭企业主要经营管理者及安全专职管理人员、区(队)长等;B 类教材内容较浅,强调内容的实用性,主要适用于班(组)长、各种作业人员(含特种作业人员)、企业安全检查员等。模块式教材避免了不同工种系列的同一课程教材内容的重复,便于选择较合适的作者重点撰写,内容覆盖面广,融科学性、实用性、系统性于一体,是对各类煤矿安全人员进行安全资格培训(复训)和考核的统编教材,也是各类煤矿安全人员上岗后不断巩固、提高安全生产知识的工具书,同时,也可供有关管理人员、工程技术人员及大专院校的师生参考。

本套教材在编审过程中,得到了中国矿业大学(北京校区)、华北科技学院、焦作工学院、黑龙江科技学院,有关省级煤矿安全监察局、煤矿安全技术培训中心、煤炭企业等单位的大力支持。在此,谨向上述单位表示谢意。

本书由康怀宇编写,吴兵、王金石、秦宪礼、陈东科审核。

国家煤矿安全监察局人事培训司

2002 年 2 月

目 录

第一章 矿井瓦斯概述	(1)
第一节 瓦斯的性质与赋存状态	(1)
第二节 矿井瓦斯涌出	(4)
第三节 矿井瓦斯管理	(13)
思考题	(28)
第二章 瓦斯爆炸及其防治	(29)
第一节 瓦斯爆炸及其影响因素	(29)
第二节 瓦斯爆炸的防治	(38)
思考题	(55)
第三章 煤与瓦斯突出及其防治	(57)
第一节 概述	(57)
第二节 煤与瓦斯突出的防治	(63)
思考题	(76)
第四章 矿井瓦斯抽放	(78)
第一节 概述	(78)
第二节 矿井瓦斯抽放方法	(83)
思考题	(90)
参考文献	(91)

第一章 矿井瓦斯概述

矿井瓦斯是煤矿生产中必然遇到的有害气体。瓦斯灾害、粉尘灾害、火灾、水灾和顶板灾害构成了煤矿的五大自然灾害。

第一节 瓦斯的性质与赋存状态

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，是指煤矿井下以甲烷(CH_4)为主的有毒、有害气体的总称，有时单独指甲烷。矿井瓦斯来自煤层和煤系地层，它的形成经历了两个不同的造气时期，从植物遗体到形成泥炭，属于生物化学造气时期；从褐煤、烟煤到无烟煤，属于变质作用造气时期。由于在生化作用造气时期泥炭的埋藏较浅，覆盖层的胶结固化也不好，因此生成的气体通过渗透和扩散很容易排放到大气中，一般不会保留在煤层内。留存在现今煤层中的瓦斯，仅是变质作用生成的气体总量的3%~24%。

二、瓦斯的性质

瓦斯通常指甲烷，分子式为 CH_4 ，是一种无色、无味的气体。在标准状态（气温为 0°C 、大气压力为 $101\,361.53\text{ Pa}$ ）下， 1 m^3 甲烷的质量为 $0.716\,8\text{ kg}$ ，而 1 m^3 空气的质量为 1.293 kg ，甲烷比空气轻，其相对密度为 0.554 。甲烷的扩散性很强，扩散速率是空气的 1.34 倍。巷道内瓦斯浓度的分布取决于其涌出源的分布和涌出强度。当无瓦斯涌出源时，甲烷在井巷断面内的分布是均匀的；当有瓦斯涌出源时，在其涌出的侧壁附近会出现甲烷浓度增高。巷道顶板、冒落区顶部往往积聚高浓度甲烷，这不是因为甲烷

表现出上浮力，而是说明这里有甲烷涌出源。

甲烷无毒，但空气中甲烷浓度的增高会导致氧气浓度的降低。当空气中甲烷浓度为 43% 时，氧气浓度将降至 12%，人会感到呼吸困难；当空气中甲烷浓度为 57% 时，氧气浓度将降至 9%，人会处于昏迷状态。为避免发生窒息事故，应禁止人员进入井下通风不好的区域。

甲烷在空气中达到一定浓度后，遇到高温热源能燃烧和爆炸。

三、瓦斯的赋存

(一) 瓦斯在煤层中的垂直分带

在漫长地质年代中，变质作用过程中生成的瓦斯在其压力差与浓度差的驱动下不断向古大气中运移，而地表空气通过渗透和扩散也不断向煤层深部运移，这就导致沿煤层垂深出现了特征明显的四个分带，即 $\text{CO}_2 - \text{N}_2$ 带、 N_2 带、 $\text{N}_2 - \text{CH}_4$ 和 CH_4 带，见图 1—1。各带的气体成分组成与含量见表 1—1。按照各带的成因和组分变化规律，第 I、II、III 带又统称为瓦斯风化带，第 IV 带称为甲烷带。

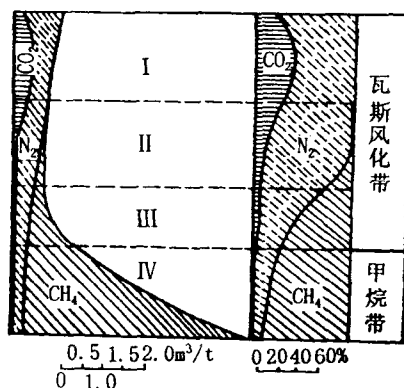


图 1—1 煤层瓦斯垂向分带图

I、II、III—瓦斯风化带；IV—甲烷带

表 1—1 煤层垂向各瓦斯带主要特征

名 称	成 因	瓦斯成分/%		
		N ₂	CO ₂	CH ₄
CO ₂ —N ₂ 带	生物化学—空气	20~80	>20	<10
N ₂ 带	空气	>80	<10~20	<20
N ₂ —CH ₄ 带	空气—变质	<80	<10~20	<80
CH ₄ 带	变质	<20	<10	>80

确定瓦斯风化带和甲烷带的深度是很重要的,因为在甲烷带内,煤层中瓦斯含量、瓦斯压力、以及在开采条件变化不大的前提下的瓦斯涌出量都随着深度的增加而有规律地增大。研究这些规律及影响因素,是防治矿井瓦斯灾害的基本工作之一。

(二) 瓦斯在煤层中的赋存状态

瓦斯在煤层及围岩中的赋存状态有两种,一种是游离状态,另一种是吸附状态,如图 1—2 所示。

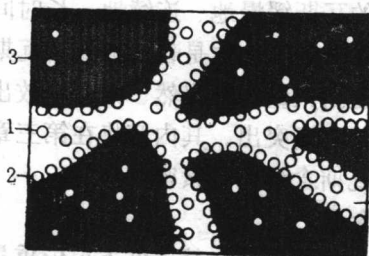


图 1—2 煤层瓦斯赋存状态示意图

1—游离瓦斯; 2—吸着瓦斯; 3—吸收瓦斯;

4—煤体; 5—孔隙

1. 游离状态

这种状态的瓦斯以自由气体状态存在于煤层或围岩的孔洞之中,其分子可自由运动,处于承压状态。

2. 吸附状态

吸附状态的瓦斯按照结合形式的不同, 又分为吸着状态和吸收状态。吸着状态是指瓦斯被吸着在煤体或岩体微孔表面, 在表面形成瓦斯薄膜; 吸收状态是指瓦斯被溶解于煤体中, 与煤的分子相结合, 即瓦斯分子进入煤体胶粒结构, 类似于气体溶解于液体的现象。

煤体中瓦斯存在的状态不是固定不变的, 而是处于不断交换的动平衡状态, 当条件发生变化时, 这一平衡就会被打破。由于压力增高或温度降低使一部分游离瓦斯转化为吸附瓦斯的现像, 叫做瓦斯吸附; 由于压力降低或温度升高使一部分吸附瓦斯转化为游离瓦斯的现像, 叫做瓦斯解吸。

第二节 矿井瓦斯涌出

在煤矿开采过程中, 由于煤层被破坏和煤层原始应力状态的改变, 赋存在煤层中的瓦斯缓慢地、连续地、长时间地涌入开采空间的现象, 称为矿井瓦斯涌出。这是普通形式的瓦斯涌出。还有特殊形式的瓦斯涌出, 是指大量瓦斯突然、集中释放出来并伴有动力效应的瓦斯喷出和煤与瓦斯突出, 其内容将在第三章中进行介绍。矿井瓦斯涌出与煤层瓦斯含量等因素密切相关。

一、煤层瓦斯含量

煤层瓦斯含量是指煤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, 其中游离瓦斯约占 10% ~ 20%, 吸附瓦斯约占 80% ~ 90%。

煤层瓦斯含量的大小决定于两个方面的因素, 一是在成煤过程中伴生的气体量和煤的含瓦斯能力, 二是煤系地层保存瓦斯的条件。

1. 煤的变质程度

煤的变质程度决定了成煤过程中伴生的气体量和煤的含瓦斯能力。煤的变质程度越高,生成的气体量就越大,煤的微孔隙就越多,总的表面积就越大(1 kg 煤的孔隙表面积可达 200 m^2),吸附瓦斯的量就越大,含瓦斯能力就越强。因此,在其他条件相同的情况下,变质程度高的煤层,瓦斯含量就大。煤的变质程度增高的顺序是:褐煤、烟煤、无烟煤。根据实验室测定:煤层含有瓦斯的最大能力,一般不超过 $60 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

此外,煤层中的灰分和杂质也降低煤层吸附瓦斯的能力。煤中的水分,不仅占据了孔隙空间,也占据了煤的孔隙表面,降低了煤的含瓦斯能力。

2. 煤系地层保存瓦斯的条件

当前煤层瓦斯含量的大小,主要取决于煤系地层保存瓦斯的条件。

(1) 煤层有无露头。煤层有无露头对煤层瓦斯含量有很大影响。有露头时一般存在着瓦斯风化带,在该带内瓦斯沿煤层向大气中运移阻力较小,煤层的瓦斯很容易放散到大气中去。所以,地表有煤层露头时,该煤层的瓦斯含量会很低。

(2) 煤层埋藏深度。煤层埋藏深度增加,保存瓦斯的条件就变好,煤层吸附瓦斯的能力就加大,瓦斯放散就越困难。在甲烷带内,煤层的瓦斯含量和瓦斯压力随埋藏深度的增加而增加。瓦斯压力梯度是指煤层埋藏深度每增加 1 m,煤层内瓦斯压力的增加值。

(3) 围岩的透气性。煤层上覆和下伏岩层的透气性,对煤层瓦斯含量影响很大。煤层被透气性很低的岩层包围,煤层的瓦斯放散不出去,瓦斯含量就高;反之,瓦斯含量就低。

(4) 煤层的地质史。成煤有机物沉积以后,直到现今的变质作用阶段,经历了漫长的地质年代。其间,地层多次下降或上升,覆盖层加厚或遭受剥蚀,海相与陆相交替变化并伴有地质构造运动等。这些地质过程的形式和持续的时间对煤层瓦斯含量影响很大。一般来说,以下降、覆盖层加厚和海相沉积为主要变化的地质活动

过程,会导致煤层瓦斯含量增高;反之,煤层瓦斯含量则降低。

(5) 地质构造及其他条件。闭合的和倾伏的背斜或穹隆,通常是储瓦斯构造,在其轴部区域形成瓦斯包,即所谓的“气顶”。构造形成的煤层局部变厚的大型煤包,往往也是瓦斯包。断层对煤层瓦斯含量的影响与其性质有关,开放性断层(一般是指张性、张扭性、或导水的压性断层等)会导致煤层瓦斯含量降低;封闭性断层(压性、压扭性不导水断层)会导致煤层瓦斯含量增高。

煤层倾角小,瓦斯沿层运移的路径长,阻力大,煤层瓦斯不易流失,导致煤层瓦斯含量大;反之,则煤层瓦斯含量小。

地下水活跃的矿区,通常煤层的瓦斯含量小。地下水对煤层瓦斯含量的降低作用表现在三个方面:一是长期的地下水活动,带走了部分溶解的瓦斯;二是地下水渗透的通道,同样可以成为瓦斯渗透的通道;三是地下水带走了溶解的矿物,使围岩及煤层卸压,透气性增大,造成了瓦斯的流失。

二、矿井瓦斯涌出量

(一) 矿井瓦斯涌出量的概念与计算

矿井瓦斯涌出量是指在开采过程中,单位时间内或单位重量煤中放出的瓦斯量。表示矿井瓦斯涌出量的方法有两种。

1. 绝对瓦斯涌出量

绝对瓦斯涌出量是指单位时间内涌入采掘空间的瓦斯数量,用 m^3/min 或 m^3/d 表示。可用下式进行计算:

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

或

$$Q'_{\text{CH}_4} = 1\,440 QC \quad (1-2)$$

式中 Q_{CH_4} ——矿井(或采区)绝对瓦斯涌出量, m^3/min ;

Q'_{CH_4} ——矿井(或采区)绝对瓦斯涌出量, m^3/d ;

Q ——矿井(或采区)总回风量, m^3/min ;

C ——矿井(或采区)总回风流中的瓦斯浓度, %;

1 440——1 昼夜的分钟数。

2. 相对瓦斯涌出量

相对瓦斯涌出量是指在矿井正常生产条件下，月平均日产 1 t 煤所涌出的瓦斯数量，用 m^3/t 表示。可用下式进行计算：

$$q_{\text{CH}_4} = \frac{1\,440 Q_{\text{CH}_4} N}{A} \quad (1-3)$$

式中 q_{CH_4} ——矿井（或采区）相对瓦斯涌出量， m^3/t ；

Q_{CH_4} ——矿井（或采区）绝对瓦斯涌出量， m^3/min ；

A ——矿井（或采区）月产煤量，t；

N ——矿井（或采区）的月工作天数。

必须指出，对于抽放瓦斯的矿井，在计算矿井瓦斯涌出量时，应包括抽放的瓦斯量。

(二) 影响矿井瓦斯涌出量的因素

矿井瓦斯涌出量并不是固定不变的，它随自然条件和开采技术条件的变化而变化。

1. 煤层瓦斯含量

它是影响矿井瓦斯涌出量的决定因素。被开采煤层的原始瓦斯含量越高，其涌出量就越大。如果开采煤层附近有瓦斯含量大的围岩或煤层（通常称为邻近层），由于采动影响，邻近层中的瓦斯就会沿采动裂隙涌入开采空间，导致实际瓦斯涌出量大于开采煤层的瓦斯含量。

2. 地面大气压力的变化

正常情况时，采空区及裂隙中的瓦斯与巷道风流处于相对平衡状态。当大气压力突然降低时，就会破坏原来的平衡状态，瓦斯涌出的数量就会增大；反之，瓦斯涌出量变小。因此，当地面大气压突然下降时，必须百倍警惕，加强对采空区和密闭等附近的瓦斯检查；否则，可能造成重大事故。

3. 开采规模

开采规模是指矿井的开采深度、开拓开采的范围以及矿井产

量。开采深度越大，煤层瓦斯含量越高，瓦斯涌出量就越大；开拓与开采范围越大，瓦斯涌出的暴露面积越大，其涌出量就越大；在其他条件相同时，产量高的矿井其瓦斯涌出量一般较大。

4. 开采程序

厚煤层分层开采时，第一分层（上分层）的瓦斯涌出量最大，这是由于采动影响，其他分层中的瓦斯也会沿裂隙渗出的缘故。显然，对顶底部邻近层都已采过的煤层，其开采过程中的瓦斯涌出量会显著地减少。

5. 采煤方法与顶板管理

机械化采煤，煤的破碎较严重，瓦斯涌出量高；水力采煤，水包围着采落的煤体，对其中的瓦斯的排出起阻碍作用，导致湿煤中残余瓦斯含量增大，其瓦斯涌出量较少。采用全部陷落法管理顶板，由于能够造成顶底板更大范围的松动，以及采空区存留大量散煤等原因，其瓦斯涌出量比采用充填法管理顶板时要高。另外，回采率低的采煤方法，瓦斯涌出量相对就高。

6. 生产工序

同一采面，放炮或割煤时的瓦斯涌出量最高，较该面平均涌出量可高出一倍或几倍。

7. 通风压力

采用负压通风（抽出式）的矿井，风压越高瓦斯涌出量越大，而采用正压通风（压入式）的矿井，风压越高瓦斯涌出量越小。这主要是风压与瓦斯涌出压力相互作用的结果。

8. 采空区管理

一般说来，多数采空区都积存有大量瓦斯，其管理方法及好坏程度对瓦斯涌出影响很大。例如，该封闭而未封闭或密闭质量很差，就会造成采空区瓦斯向外涌出。对采空区进行合理抽放会降低矿井的实际瓦斯涌出量。

总之，矿井瓦斯涌出量的影响因素很多，但有主有次，应根据不同矿井的具体条件，找出其主要因素及影响规律，以制定和采取

针对性的防治措施。

(三) 矿井瓦斯涌出来源

掌握矿井瓦斯涌出的来源及数量间的比例关系,是实行瓦斯分源治理的前提条件。按照瓦斯涌出地点和分布状况,瓦斯涌出来源可分为:①掘进区,即煤巷掘进时从煤壁和落煤中涌出的瓦斯;②采煤区,即工作面煤壁、巷壁和落煤中涌出的瓦斯;③已采区,即已采区的顶底板和浮煤中涌出的瓦斯。

上述三部分瓦斯构成了矿井瓦斯涌出总量,它们在总量中所占比例大小随着生产条件的改变而改变。其测定方法是:在全矿同时测定各采区、掘进区和已采区的绝对瓦斯涌出量,然后分别计算出各自所占量的百分比。

通过对瓦斯涌出来源及构成比例关系的分析,可以找出主要瓦斯涌出源并采取相应措施进行重点控制与管理,尽量减少其涌出量。如果瓦斯涌出主要来自采区,就应采取合理布置采区、减少煤的破碎程度、预抽或边抽煤体瓦斯等措施;如果主要来自掘进区,应该采取合理安排采掘比和开拓区的布置、预抽或边抽瓦斯等措施;如果主要来自已采区,应当采取提高采出率、少留煤柱、采空区充填或封闭及抽放瓦斯等措施。

三、矿井瓦斯等级与鉴定

基于不同煤田瓦斯生成和赋存的条件不同,开采时不同矿井的瓦斯涌出量就有很大差异,为保证安全生产,并做到在管理上经济合理,所选用的通风设备、供风标准及有关管理制度等都应有所不同。因此,根据瓦斯涌出量的大小将矿井分为不同等级,对实现分级管理是十分必要的。

(一) 矿井瓦斯等级的划分

《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)规定:一个矿井中,只要有一个煤(岩)层发现过瓦斯,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。

矿井瓦斯等级,根据矿井相对瓦斯涌出量、矿井绝对瓦斯涌出

量和瓦斯涌出形式划分为:

(1) 低瓦斯矿井: 相对瓦斯涌出量 $\leq 10 \text{ m}^3/\text{t}$ 且绝对瓦斯涌出量 $\leq 40 \text{ m}^3/\text{min}$;

(2) 高瓦斯矿井: 相对瓦斯涌出量 $> 10 \text{ m}^3/\text{t}$ 或绝对瓦斯涌出量 $> 40 \text{ m}^3/\text{min}$;

(3) 煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出矿井。

各矿井每年必须组织进行矿井瓦斯等级和二氧化碳涌出量的鉴定工作, 将鉴定结果报省主管部门审批, 并报省煤矿安全监察机构备案。

新矿井设计前, 地质勘探部门应提供各煤层的瓦斯含量资料, 矿井瓦斯涌出量和矿井瓦斯等级在设计任务书中确定。

(二) 矿井瓦斯等级鉴定方法

凡瓦斯矿井, 每年都必须进行一次矿井瓦斯等级鉴定工作。矿井瓦斯等级鉴定工作一般可按下列顺序和步骤进行:

1. 准备工作

(1) 成立鉴定小组, 配足人员, 明确分工;

(2) 编制实施方案, 包括时间安排、人员组织、仪器用品、井下测点布置、测定内容、注意事项等;

(3) 备齐所需测定仪器和记录、测算所用的表格等物品;

(4) 校正所用仪器。

2. 井下测定

(1) 选定测点。① 选点的原则是所选点能反映全矿井、各水平、各煤层、各采区(工作面)等区域的回风量和瓦斯涌出情况; ② 选点位置一般选在矿井总回风道、各独立通风区域的回风道和各翼、各水平、各煤层、各采区(工作面)的进、回风道内的合适地点; ③ 对测点要求与测风站标准相同, 可用原有测风站, 如无测风站, 可选在断面规整、无杂物、距岔风口 $15 \text{ m} \sim 30 \text{ m}$ 以外的一段平直巷道 (10 m) 内。

(2) 测定内容。① 风量; ② 风流瓦斯浓度; ③ 风流二氧化碳