

# 煤矿灾害防治 与案例分析

蒲文龙 毕业武 主编  
高德民 主审

中国矿业大学出版社

煤炭工业出版社

# 煤矿灾害防治与案例分析

主编 蒲文龙 毕业武

主审 高德民

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书以煤矿灾害防治为主要内容,最大特色为:既反映了我国煤矿防灾、抗灾的工作经验和 technical 成就,同时又介绍了国内外最新的一些科技成果,同时结合典型案例进行剖析,使本书具有较强的可读性和实用性。全书共 8 章,包括绪论、矿井瓦斯防治与案例分析、矿尘防治与案例分析、矿井火灾防治与案例分析、矿井水灾与案例分析、矿井顶板事故防治与案例分析、矿井爆破事故防治与案例分析、矿井电气运输提升事故防治与案例分析,每章末有复习思考题。

本书可作为煤炭高等学校本科采矿安全工程专业教材,还可供煤矿安全技术培训和煤矿从业人员使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿灾害防治与案例分析/蒲文龙, 毕业武主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-5646-2252-7

I. ①煤… II. ①蒲…②毕… III. ①煤矿—灾害防治—案例  
IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 025760 号

书 名 煤矿灾害防治与案例分析

主 编 蒲文龙 毕业武

责任编辑 于世连 陈 慧 满建康

策 划 杨 帆

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516) 83885307 83884995

出版服务 (0516) 83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 北京市密东印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 19.25 字数 461 千字

版次印次 2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

定 价 58.00 元

(图书出现印装质量问题, 负责调换电话: 010-64462264)

# 前 言

“煤矿灾害防治”是煤矿安全工程和采矿工程专业的一门重要专业课程。黑龙江科技大学安全工程学院不仅肩负培养煤矿安全专业、采矿专业人员的教学任务，同时肩负煤矿安全技术培训任务。为了满足煤炭高等学校采矿安全工程专业教学和煤矿安全技术培训的需要，编写了本教材。本书系统分析了矿井瓦斯、矿尘、火灾、水灾、顶板事故、爆破事故、电气机运事故发生的具体原因、发展规律和防治理论与技术。本书在内容上力求通俗易懂，理论与实际相结合，同时结合具体典型案例进行剖析，使本书具有可读性，也具有实用性，特别适合用作煤矿安全技术培训用书。

全书共8章，包括绪论、矿井瓦斯防治与案例分析、矿尘防治与案例分析、矿井火灾防治与案例分析、矿井水灾防治与案例分析、矿井顶板事故防治与案例分析、矿井爆破事故防治与案例分析、矿井电气及运输提升事故防治与案例分析。

本书由高德民主审，由蒲文龙、毕业武主编。各章编写的分工如下：第1、2、6、7章由蒲文龙编写；第3、4、5、8章由毕业武编写。本书编写过程中借鉴了其他教材和书籍的精彩内容，在此谨向各位原作者表示感谢。

本书为矿业类高等院校采矿工程专业和安全工程专业、煤矿安全技术培训使用的教材，也可供科研、生产技术人员参考。

由于编者水平有限，书中若有不妥之处，恳请批评指正。

编 者

2013年12月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 矿井灾害事故基本概念	1
1.2 煤矿安全生产现状	3
第 2 章 矿井瓦斯防治与案例分析	5
2.1 基本概念和理论概述	5
2.2 瓦斯爆炸及突出的规律	11
2.3 瓦斯爆炸的防治与处理技术	17
2.4 煤与瓦斯突出防治与处理	26
2.5 矿井瓦斯抽放	35
2.6 瓦斯事故典型案例剖析	44
第 3 章 矿尘防治与案例分析	49
3.1 矿尘相关概念概述	49
3.2 矿尘的性质及危害	53
3.3 煤矿尘肺病	55
3.4 综合防尘技术	58
3.5 煤尘爆炸	73
3.6 防治煤尘爆炸的技术措施	78
3.7 矿尘测定与监测管理	83
3.8 煤尘事故典型案例剖析	87
第 4 章 矿井火灾防治与案例分析	92
4.1 矿井火灾及其分类	92
4.2 矿井火灾的危害	94
4.3 矿井外因火灾及其预防	95
4.4 煤炭自燃的理论基础	96
4.5 矿井火灾预测与预报	101
4.6 矿井内因火灾防治技术	105
4.7 矿井火灾时期通风	129
4.8 矿井火灾处理与火区管理	134
4.9 火灾事故典型案例剖析	143

<b>第 5 章 矿井水灾防治与案例分析</b> .....	148
5.1 概述 .....	148
5.2 矿井充水条件分析与水文地质条件分类 .....	158
5.3 矿井涌（突）水及涌水量预测 .....	167
5.4 矿井水文地质工作 .....	175
5.5 矿井主要防治水技术 .....	182
5.6 矿井水害预测预报技术方法 .....	206
5.7 矿井水灾事故典型案例剖析 .....	207
<b>第 6 章 顶板灾害防治与案例分析</b> .....	212
6.1 顶板危害及其类型 .....	212
6.2 矿井顶板稳定性影响因素分析 .....	215
6.3 采煤工作面事故原因与预防 .....	220
6.4 巷道顶板事故原因与预防 .....	233
6.5 顶板事故典型案例剖析 .....	237
<b>第 7 章 爆破事故防治与案例分析</b> .....	241
7.1 爆炸及炸药的基本理论 .....	241
7.2 工业炸药与起爆器材 .....	246
7.3 起爆方法 .....	258
7.4 炮眼布置及装药结构 .....	264
7.5 爆破材料安全管理 .....	274
7.6 井下爆破的安全要求 .....	277
7.7 井下爆破事故的预防与处理 .....	280
7.8 爆破事故典型案例剖析 .....	284
<b>第 8 章 矿井电气、运输提升事故防治与案例分析</b> .....	287
8.1 矿井电气事故及其预防 .....	287
8.2 矿井运输提升事故及其预防 .....	294
8.3 运输事故典型案例剖析 .....	299
<b>参考文献</b> .....	301

# 第1章 绪 论

## 1.1 矿井灾害事故基本概念

事故是人们在生产、生活中发生的以外事件,这些事件会造成生产活动的暂时中断或永久中止,并会引起人员伤亡或(和)财产的损失。事故的发生可能造成的结果包括:①人员受到伤害,且物遭受损失;②人受到伤害,物未受损失;③人未受伤害,物遭受损失;④人和物都没有损害,只有时间或间接的经济损失。

### 1.1.1 按人在事故原因中承担的责任分类

#### 1) 按人在事故原因中承担的责任分类

按人在事故原因中承担的责任,可以将其划分为责任事故和非责任事故两大类。

(1) 责任事故。责任事故是指人们在生产工作中不执行有关安全法规,违反规章制度(包括领导人员违章指挥和职工违章作业)而发生的事故。

(2) 非责任事故。非责任事故分为以下两种:①自然事故;②技术事故。

#### 2) 按造成的人员伤害情况分类

事故按造成的人员伤害情况可分为伤亡事故和非伤亡事故。

(1) 伤亡事故。它是指企业职工在生产过程中发生的造成人身伤害或急性中毒的事故等突然使人体组织受到损伤或某些器官失去正常机能,致使负伤机体立即中断工作,甚至中止生命的事故。按伤害程度和伤亡人数,事故可以分为一般事故、较大事故、重大事故和特重大事故。

(2) 非伤亡事故。它是指企业在生产活动中,由于生产技术管理不善、个别职工违章、设备缺陷及自然因素等原因,造成的生产中断、设备损坏等,但无人员伤亡的事故。

#### 3) 按照引起事故的直接原因分类

按照引起事故的直接原因,煤炭企业将伤亡事故分为以下八类:(1)顶板事故;(2)瓦斯事故;(3)机电事故;(4)运输事故;(5)火药爆炸事故;(6)水害事故;(7)火灾事故;(8)其他(以上七类事故以外的事故)。

### 1.1.2 伤亡事故等级的划分

根据生产安全事故造成的人员伤亡或者直接经济损失,《生产安全事故报告和调查处理条例》将事故分为以下等级:

(1) 轻伤事故。轻伤事故是指丧失劳动能力满一个工作日,但低于105个工作日以下的伤害事故。

(2) 重伤事故。重伤事故是指丧失劳动能力超过105个工作日的伤害事故。

(3) 一般事故。一般事故是指造成3人以下死亡失的事故。或者10人以下重伤,或者1000万元以下直接经济损失。

(4) 较大事故。较大事故是指造成3人以上10人以下死亡,或者10人以上50人以



下重伤，或者 1 000 万元以上 5 000 万元以下直接经济损失的事故。

(5) 重大事故。重大事故是指造成 10 人以上 30 人以下死亡，或者 50 人以上 100 人以下重伤，或者 5 000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的事故。

(6) 特别重大事故。特别重大事故是指造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者 1 亿元以上直接经济损失的事故。

### 1.1.3 重大灾害事故

#### (1) 重大灾害事故

凡是给煤矿生产或人员生命安全、财产造成严重危害的事故统称为煤矿重大灾害事故。

#### (2) 煤矿重大灾害事故的危害性

煤矿重大灾害事故影响范围大、伤亡人员多、中断生产时间长、损毁井巷工程或生产设备严重、经济损失巨大、社会影响恶劣、严重制约和影响煤炭工业持续健康发展。

#### (3) 煤矿中常见的重大灾害事故类型

① 瓦斯、煤尘爆炸。

② 矿井火灾。

③ 煤与瓦斯突出。

④ 矿井突水。

⑤ 冲击地压和面积冒顶。

#### (4) 重大灾害事故的共同特征

各个矿井，甚至在同一矿井的不同时期，由于自然条件、生产环节和管理效能不尽相同，事故的发生具有偶然性。即使发生重大灾害事故，因主客观条件不同，其发生原因和发展过程各有其独特性，造成的后果也不尽相同。但总体而言，所有重大灾害事故都有其共同的特征。

① 突发性。重大灾害事故往往是突然发生的，事故发生的时间、地点、形式、规模和事故的严重程度都是不确定的。它给人们心理上的冲击最为严重，使指挥者难以冷静、理智地考虑问题，难以制订行之有效的救灾措施，在抢救的初期容易出现失误，造成事故的损失扩大。

② 灾难性。重大灾害事故造成多人伤亡或使井下人员的生命受到严重威胁，若指挥决策失误或救灾措施不得力，往往酿成重大恶性事故。处理事故过程中指挥者若得悉已有人员伤亡或意识到有众多人员受到威胁，会增加心理慌乱程度，容易造成决策失误。

③ 破坏性。重大灾害事故，往往使矿井生产系统遭到破坏。它不但使生产中断，井巷工程和生产设备损毁，给国家造成重大损失，而且给抢险救灾增加了难度。这就要求指挥者在作救灾决策时，要充分考虑通风系统的情况。这对救灾方案的制订起到关键作用。

④ 继发性。在较短的时间里重复发生同类事故或诱发其他事故，称为事故的继发性。例如，火灾可能诱发瓦斯煤尘爆炸，也可能引起再生火源；爆炸可能引起火灾，也可能出现连续爆炸；煤与瓦斯突可能在同一地点发生多次突出，也可能引起爆炸。事故继发性存在，就要求指挥者在制订救灾措施时，多作些预想，要有充分的思想准备，采取有效措施避免出现继发性事故；而且，一旦出现继发性事故，能胸有成竹地作出正确的决策，不能“顾此失彼”，不能只顾处理目前发生的事故，不顾及事故的发展变化。



## 1.2 煤矿安全生产现状

目前我国的安全生产正呈现好转态势,但形势依然严峻,事故多发的势头并没有得到遏制。2009年,全国GDP达到33.54万亿元,同时也有8.97万人死于安全事故,不到4亿GDP就死亡一个人,全国每年因安全事故造成的经济损失高达3000亿元,约为全国GDP的1%。

煤矿的安全形势更不容乐观,2009年的百万吨死亡率虽比2002年下降了80%,但仍达到0.892,这个数字约是美国的100倍,约是波兰和南非的10倍。

### 1.2.1 煤矿地质条件及自然灾害状况

中国煤矿绝大多数是井工矿井,地质条件复杂,灾害类型多,分布面广,在世界各主要产煤国家中开采条件最差、灾害最严重。

(1) 地质条件。在国有重点煤矿中,地质构造复杂或极其复杂的煤矿占36%,地质构造简单的煤矿占23%。据调查,大中型煤矿平均开采深度456m,采深大于600m的矿井产量占28.5%。小煤矿平均采深196m,采深超过300m的矿井产量占14.5%。

(2) 瓦斯灾害。国有重点煤矿中,高瓦斯矿井占21.0%,煤与瓦斯突出矿井占21.3%,低瓦斯矿井占57.7%。地方国有煤矿和乡镇煤矿中,高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井占15%。随着开采深度的增加,瓦斯涌出量的增大,高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井的比例还会增加。

(3) 水害。中国煤矿水文地质条件较为复杂。国有重点煤矿中,水文地质条件属于复杂或极复杂的矿井占27%,属于简单的矿井占34%。地方国有煤矿和乡镇煤矿中,水文地质条件属于复杂或极复杂的矿井占8.5%。中国煤矿水害普遍存在,大中型煤矿有500多个工作面受水害威胁。在近2万处小煤矿中,有突水危险的矿井900多处,占总数的4.6%。

(4) 自然发火危害。中国具有自然发火危险的煤矿所占比例大、覆盖面广。大中型煤矿中,自然发火危险程度严重或较严重(I、II、III、IV级)的煤矿占72.9%。国有重点煤矿中,具有自然发火危险的矿井占47.3%。小煤矿中,具有自然发火危险的矿井占85.3%。由于煤层自燃,中国每年损失煤炭资源约2亿t。

(4) 煤尘灾害。中国煤矿具有煤尘爆炸危险的矿井普遍存在。全国煤矿中,具有煤尘爆炸危险的矿井占煤矿总数的60%以上,煤尘爆炸指数在45%以上的煤矿占16.3%。国有重点煤矿中具有煤尘爆炸危险性的煤矿占87.4%,其中具有强爆炸性的占60%以上。

(5) 顶板灾害。中国煤矿顶板条件差异较大。多数大中型煤矿顶板属于II类(局部不平)、III类(裂隙比较发育),I类(平整)顶板约占11%,IV类、V类(破碎、松软)顶板约占5%。

(6) 冲击地压。中国是世界上除德国、波兰以外煤矿冲击地压危害最严重的国家之一。大中型煤矿中具有冲击地压危险的煤矿47处,占5.16%。随着开采深度的增加,现有冲击地压矿井的冲击频率和强度在不断增加,还有少数无明显冲击地压的矿井也将逐渐显现出来。

(7) 热害。热害已成为中国矿井的新灾害。国有重点煤矿中有70多处矿井采掘工作面温度超过26℃,其中30多处矿井采掘工作面温度超过30℃,最高达37℃。随着开采

深度的增加, 矿井热害日趋严重。

### 1.2.2 煤矿事故特征

(1) 乡镇煤矿事故多发。以 2005 年为例, 全国乡镇煤矿共发生事故 2 480 起、死亡 4 384 人, 事故起数和死亡人数分别占全国煤矿事故总起数和死亡人数的 75%、73%。乡镇煤矿百万吨死亡率为 5.53, 分别是国有重点煤矿的 5.8 倍和地方国有煤矿的 2.8 倍。

(2) 国有重点煤矿事故伤亡程度大。国有重点煤矿特大事故所占比重大。以 2005 年为例, 国有重点煤矿发生一次死亡 10 人以上特大及特别重大事故 9 起、死亡 527 人, 占国有重点煤矿总死亡人数的 53.6%, 平均每起死亡 59 人。2004 至 2005 年, 在全国煤矿发生的 6 起一次死亡 100 人以上的事故中, 国有重点煤矿 4 起, 平均每起死亡 175 人; 乡镇煤矿 2 起, 平均每起死亡 115 人。

(3) 瓦斯、水害重特大事故比例高。以 2005 年为例, 在全国煤矿一次死亡 3 人以上的事故中, 瓦斯事故 158 起, 占 58.9%, 居第一位; 水害事故 46 起, 占 17.2%, 居第二位。在全国煤矿一次死亡 10 人以上的事故中, 瓦斯事故 40 起, 占 69.0%; 水害事故 13 起, 占 22.4%。

(4) 顶板事故总量大。以 2005 年为例, 全国煤矿共发生顶板事故 1 805 起, 占全国煤矿事故起数的 55%, 居第一位; 死亡 2 058 人, 占全国煤矿总死亡人数的 34.7%, 仅次于瓦斯灾害, 居第二位。

(5) 非法与违法矿井、基建与技改矿井和改制矿井特大事故多。以 2005 年为例, 非法与违法矿井发生特大事故 18 起, 占特大事故总数的 31.0%; 基建与技改矿井发生特大事故 15 起, 占特大事故总数的 25.9%; 改制矿井发生特大事故 13 起, 占特大事故总数的 22.4%。

## □ 复习思考题

1. 常见煤矿灾害事故类型有哪些?
2. 什么是煤矿重大灾害事故? 其危害性主要表现在哪些方面?
3. 煤矿中常见的重大灾害事故类型有哪些?
4. 重大灾害事故的共同特征是什么?

## 第2章 矿井瓦斯防治与案例分析

矿井瓦斯是严重威胁煤矿安全生产的主要自然灾害之一。在近代煤炭开采史上,瓦斯灾害每年都造成许多的人员伤亡和巨大的财产损失。因此,预防瓦斯灾害,对煤炭工业的持续健康发展具有重要意义。瓦斯的涌出形式和涌出量对矿井设计、建设和开采都有重要影响。随着开采深度、开采范围和开采强度的增加,矿井瓦斯对矿井安全生产的影响更加显著。本章从理论和实践两方面,系统论述了瓦斯成因、瓦斯赋存、瓦斯含量、瓦斯涌出形式、瓦斯涌出量、瓦斯灾害形式、瓦斯灾害成因及其防治措施等。

### 2.1 基本概念和理论概述

#### 2.1.1 矿井瓦斯的定义及性质

##### 1) 矿井瓦斯的定义

矿井瓦斯是指从煤层或岩层中放出或生产过程中产生并涌入到矿井内的各种气体。其基本成分是甲烷( $\text{CH}_4$ )、二氧化碳( $\text{CO}_2$ )和氮气( $\text{N}_2$ ),还有少量的硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )、一氧化碳( $\text{CO}$ )、氢气( $\text{H}_2$ )、二氧化硫( $\text{SO}_2$ )及其他碳氢化合物气体。广义:瓦斯是指井下除正常空气的大气成分以外,涌向采矿空间的各种有毒、有害气体总称。狭义:瓦斯是指煤矿生产过程中从煤、岩内涌出的,以甲烷为主要成分的混合气体总称。由于甲烷(俗称沼气)是矿井瓦斯的主要成分,因而人们习惯上所说的瓦斯,通常指甲烷。

##### 2) 矿井瓦斯的性质

瓦斯是无色、无味、无臭、无毒的气体。瓦斯在大气压力为101.325 kPa,密度为 $0^\circ\text{C}$ 的标准状态下,容量为 $0.716\text{ kg/m}^3$ 。瓦斯比空气轻,其相对密度为0.554。因此在煤矿井下,瓦斯常积聚在巷道顶部或上山迎头。瓦斯不助燃,但条件适宜时能发生燃烧和爆炸。

#### 2.1.2 矿井瓦斯的成因和垂直分带

##### 1) 矿井瓦斯的成因

煤层瓦斯是腐植型有机物(植物)在成煤过程中生成的,是与煤炭共生的气体产物。成气过程可分为两个阶段:第一阶段为生物化学成气时期;第二阶段为煤化变质作用时期。

古代植物在成煤过程中,经厌氧菌的作用,植物的纤维质分解产生大量瓦斯。此后,在煤的碳化变质过程中,随着煤的化学成分和结构的变化,继续有瓦斯不断生成。在全部成煤过程中,每形成一吨烟煤,大约可以伴生 $600\text{ m}^3$ 以上的瓦斯。而由长焰煤变质为无烟煤时,每吨煤又可以产生约 $240\text{ m}^3$ 的瓦斯。

##### 2) 煤层瓦斯的垂直分带

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。

根据井下煤层瓦斯组分和含量，将煤层瓦斯按赋存深度不同自上而下分为四个带： $N_2$ — $CO_2$ 带、 $N_2$ 带、 $N_2$ — $CH_4$ 带和 $CH_4$ 带（见图 2-1）。现场实际过程中，将前三带总称为瓦斯风化带。煤层内的瓦斯垂直分带见表 2-1。

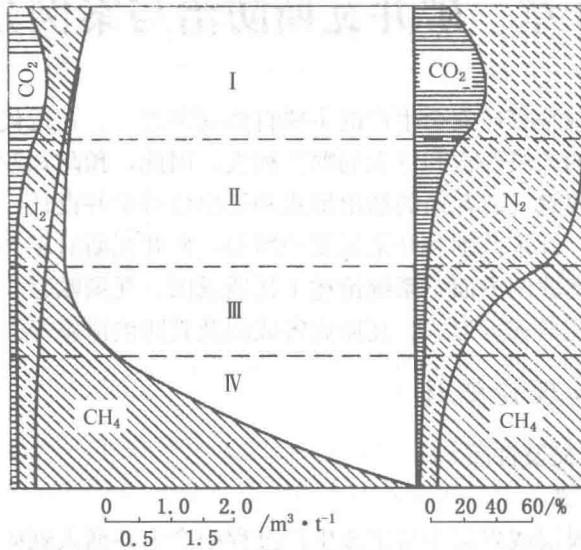


图 2-1 顿巴斯煤田煤层瓦斯组分在各瓦斯带中的变化

I— $N_2$ — $CO_2$ 带；II— $N_2$ 带；III— $N_2$ — $CH_4$ 带；IV— $CH_4$ 带

表 2-1 煤层内的瓦斯垂直分带

名称	气带成因	瓦斯成分/%		
		$N_2$	$CO_2$	$CH_4$
$CO_2$ — $N_2$ 带	生物化学—空气	20~80	20~80	<10
$N_2$ 带	空气	>80	10~20	<20
$N_2$ — $CH_4$ 带	空气—变质	20~80	10~20	20~80
$CH_4$ 带	变质	<20	<10	>80

瓦斯风化带的深度取决于煤层的地质条件和赋存状况，如围岩性质、煤层露头、断层、煤层倾角、地下水活动等。围岩透气性越大、煤层倾角越大、开放性断层越发育、地下水活动越剧烈，则瓦斯风化带下部边界就越深。有露头煤层往往比无露头的隐伏煤层的瓦斯风化带深。

掌握煤田煤层瓦斯垂直带的特征，是搞好矿井瓦斯涌出量预测和日常瓦斯管理工作的基础。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煤层的相对瓦斯涌出量等于 2~3  $m^3/t$  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 0.1~0.15 MPa；④煤的瓦斯含量达到下列数值处：长焰煤 1.0~1.5  $m^3/t$  (C.M.)，气煤 1.5~2.0  $m^3/t$  (C.M.)，肥煤与焦煤 2.0~2.5  $m^3/t$  (C.M.)，瘦煤 2.5~3.0  $m^3/t$  (C.M.)，贫煤 3.0~4.0  $m^3/t$  (C.M.)，无烟煤 5.0~

7.0 m<sup>3</sup>/t (C. M.) (此处的 C. M. 是指煤中可燃质即固定碳 C 和挥发分 M)。

### 2.1.3 煤层瓦斯的赋存状态

#### 1) 煤层瓦斯的赋存状态

矿井瓦斯在煤体中、岩层中以两种状态存在,即自由状态和吸附状态,见图 2-2。自由状态又称游离状态,是指瓦斯以自由气体状态存在于煤、岩层的裂隙或空洞之中。吸附状态分为两种形式,即吸着状态和吸收状态。吸着状态由气体分子和固体分子之间的引力造成,瓦斯分子被吸着在煤体或岩体孔隙表面上,形成瓦斯薄膜。以吸着状态存在的瓦斯称为吸着瓦斯。吸收状态的瓦斯被溶解于煤体或岩体之中,类似气体溶解于液体之中。以吸收状态存在的瓦斯称为吸收瓦斯。

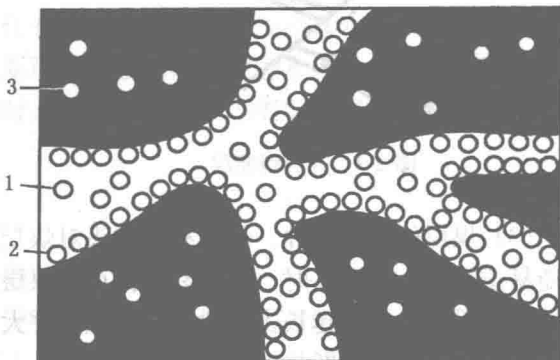


图 2-2 煤体中瓦斯的赋存状态示意图

1——自由瓦斯; 2——吸着瓦斯; 3——吸收瓦斯

#### 2) 影响煤层瓦斯含量的因素

煤层瓦斯含量是指单位质量(或体积)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<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> 或 m<sup>3</sup>/t。

影响煤层瓦斯含量的因素有以下几个方面:

(1) 煤田地质史。煤层中的瓦斯生成量、煤炭范围内瓦斯含量的分布以及煤层瓦斯向地表的运移,都取决于煤田地质史的条件。当成煤地壳上升时,剥蚀作用加强,为煤层瓦斯向地表运移提供了条件;当成煤地壳下沉时,煤田被覆盖,减缓了煤层瓦斯的逸散。

(2) 地质构造。地质构造是影响煤层瓦斯含量的主要因素之一,一方面造成了瓦斯分布的不均衡,另一方面形成了有利于瓦斯赋存或有利于瓦斯排放的条件。

① 褶皱构造。褶皱的类型、封闭情况和复杂程度对瓦斯赋存均有影响。当煤层顶板岩石透气性差,且未遭构造破坏时,背斜有利于瓦斯的储存,是良好的储气构造,背斜轴部的瓦斯会相对聚集,瓦斯含量增大,形成“气顶”。在向斜盆地构造的矿区,顶板封闭条件良好时,瓦斯沿垂直地层方向运移使大部分瓦斯仅能沿两翼流向地表。因此,煤包、地垒、地堑都为高瓦斯区。

② 断层。断层破坏了煤层的连续完整性,使煤层瓦斯运移条件发生变化。有的断层有利于瓦斯排放,也有的断层对瓦斯排放起阻挡作用,成为逸散的屏障。前者称为开放型断层,后者称为封闭型断层。断层的开放型与封闭型取决于下列条件: a. 断层的性质和力学性质。一般张性正断层属开放型,而压性或压扭性逆断层封闭条件较好。 b. 断层与地表或与冲积层的连通情况。规模大且与地表相通或与冲积层相连的断层一般为开放型。 c. 断层将煤层断开后,煤层与断层另一盘接触的岩层性质。若透气性好则利于瓦斯排放。 d. 断层带的特征。断层带的充填情况、紧闭程度、裂隙发育情况等都会影响到断层的开放或封闭性。

一般地,开放型断层,不论其与地表是否连通,其附近,瓦斯含量较低,见图 2-3。封闭型断层(受压影响),可阻止 CH<sub>4</sub> 的排放,见图 2-4。

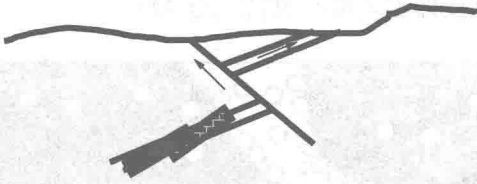


图 2-3 开放型断层

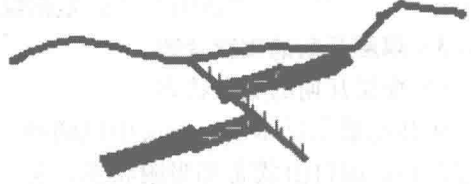


图 2-4 封闭型断层

(3) 煤层的赋存条件。煤层有无露头对煤层瓦斯含量有一定的影响。煤层有露头时, 瓦斯易于排放; 无露头时, 瓦斯易于保存。煤层的透气性一般比围岩大得多, 煤层倾角越小, 瓦斯运移的途径越长。因此, 在其他条件大致相同的情况下, 在同一深度上, 煤层倾角越小, 煤层所含瓦斯越多。

(4) 煤层的围岩性质。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, 围岩的透气性差, 则煤层瓦斯含量高, 瓦斯压力大。反之, 如果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。

(5) 煤的变质程度。在其他条件相同时, 煤的变质程度越高, 煤层瓦斯含量就越大。在同一煤田, 煤吸附瓦斯的能力随着煤的变质程度的提高而增强, 所以, 在同一瓦斯压力和温度条件下, 变质程度高的煤层往往能保存更多的瓦斯。但当无烟煤向超级无烟煤过渡时, 煤的吸附能力急剧减小, 煤层瓦斯含量将大为降低。

(6) 岩浆活动。岩浆活动对瓦斯赋存的影响比较复杂。一方面, 在岩浆热变质和接触变质的影响下, 煤的变质程度升高, 增大了瓦斯的生成量和增强了对瓦斯的吸附能力; 另一方面, 在没有隔气盖层、封闭条件不好的情况下, 岩浆的高温作用可以强化煤层瓦斯排放, 使煤层瓦斯含量减小。所以说, 岩浆活动对瓦斯赋存既有生成、保存瓦斯的作用, 在某些条件下又有使瓦斯逸散的可能性。

(7) 水文地质条件。地下水与瓦斯共存于煤层及围岩之中, 其共性是均为流体, 它们运移和赋存都与煤、岩层的孔隙、裂隙通道有关。由于地下水的运移, 一方面驱动着裂隙和孔隙中的瓦斯运移, 另一方面又带动溶解于水中的瓦斯一起流动。瓦斯在水中的溶解度仅为 1%~4%。地下水和瓦斯占有的空间是互补的, 这种相逆的关系, 常表现为水多地带瓦斯小, 反之亦然。

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, 做全面地调查和深入细致地分析研究, 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。

### 3) 煤层瓦斯压力

煤层瓦斯压力是指煤孔隙中所含游离瓦斯的气体压力, 即气体作用于孔隙壁的压力。它是决定煤层瓦斯含量的一个主要因素, 当煤吸附瓦斯的能力相同时, 煤层瓦斯压力越大, 煤中所含的瓦斯量也就越高。在煤与瓦斯突出的发生、发展过程中, 瓦斯压力起着重大作用。

在同一深度上, 不同矿区煤层的瓦斯压力值有很大差别, 但在同一矿区煤层瓦斯压力随深度增加而增大, 这一特点反映了煤层瓦斯由地层深处向地表流动的总规律。在地质条件不变的情况下, 煤层瓦斯压力随深度的变化的规律性近似线性关系, 同一深度各煤层的



各个地点,煤层瓦斯压力是相近的。

煤层瓦斯压力的大小取决于煤层瓦斯的排放条件。煤层瓦斯排放是一个极其复杂的问题,除与覆层厚度、透气性、地质构造条件有关外,还与覆盖层的含水性有关。当覆盖层中充满水时,煤层瓦斯压力最大,这时瓦斯压力等于同水平的静水压力。实践表明,当煤层的测压地点处于采动影响的集中应力带时,煤体中孔隙压缩能明显提高瓦斯压力值,故煤层瓦斯压力实测值偏高。

#### 2.1.4 矿井瓦斯的涌出

##### 1) 矿井瓦斯涌出形式

瓦斯从煤层或围岩中涌出的形式有两种:

(1) 普通涌出。随着采掘工作的不断进行,瓦斯从煤层或围岩中不断地向采掘空间涌出。其特点是:范围大、时间长、量均匀,速度缓。普通涌出是煤矿瓦斯涌出的主要形式。

(2) 特殊涌出。特殊涌出包括瓦斯的喷出和煤与瓦斯突出。其特点是涌出地点为局部地点,涌出时间短、速度快、量大而集中、有机械破坏力。它是瓦斯矿井中极具危害的一种涌出形式。

##### 2) 矿井瓦斯涌出量

矿井瓦斯涌出量是指在矿井生产过程中涌入巷道内的瓦斯量,可用绝对瓦斯涌出量和相对瓦斯涌出量两个参数来表示。矿井绝对瓦斯涌出量( $Q_{\text{绝}}$ )是指矿井在单位时间内涌出瓦斯的体积,单位为 $\text{m}^3/\text{min}$ 或 $\text{m}^3/\text{d}$ ,可用下式计算:

$$Q_{\text{绝}} = Q \times C \times 60 \times 24 \quad (2-1)$$

式中  $Q$ ——矿井总回风道风量, $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$C$ ——回风流中的平均瓦斯浓度,%。

相对瓦斯涌出量( $q_{\text{相}}$ )是指在正常生产条件下开采1t煤所涌出的瓦斯体积,单位为 $\text{m}^3/\text{t}$ ,可用下式计算:

$$q_{\text{相}} = (Q_{\text{绝}} \times n) / T \quad (2-2)$$

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

$n$ ——矿井瓦斯鉴定月的工作天数,d/月;

$T$ ——矿井瓦斯鉴定月的产量,t/月。

#### 2.1.5 瓦斯涌出的影响因素

##### 1) 自然地质条件

(1) 煤层和围岩的瓦斯含量。它是决定瓦斯涌出量多少的最重要因素。一般来说,煤层的瓦斯含量越高,开采时的瓦斯涌出量也越大。

(2) 地面气压的变化。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)或坍冒处瓦斯涌出的影响比较显著。

(3) 开采深度。随着开采深度的增加,矿井瓦斯量也随之增加。

##### 2) 开采技术因素

(1) 开采规模。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 矿井达产之后,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，虽然对绝对瓦斯涌出量的影响比较明显，但对相对瓦斯涌出量影响却不大。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) 开采顺序与开采方法。首先开采的煤层（或分层）瓦斯涌出量大。采空区丢失煤炭多，回采率低的采煤方法，采区瓦斯涌出量大。顶板管理采用陷落法比充填法能造成顶板更大范围的破坏和卸压，临近层瓦斯涌出量就比较大。

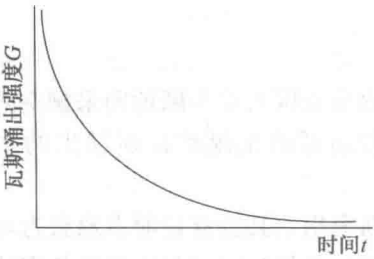


图 2-5 瓦斯从暴露面涌出的变化规律

(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，见图 2-5。

(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会发生扰动，但很快就会转变为另一稳定状态。

(5) 采区通风系统。采区通风系统对采空区内和回风流中瓦斯浓度分布有重要影响。

(6) 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，使矿井的瓦斯涌出量增大。

### 2.1.6 矿井瓦斯等级划分与鉴定

#### 1) 矿井瓦斯等级划分

《煤矿瓦斯等级鉴定暂行办法》中规定，矿井瓦斯等级分为瓦斯矿井、高瓦斯矿井和煤（岩）与瓦斯（二氧化碳）突出矿井三类，以前的低瓦斯矿井的说法取消。按照规定：具备下列情形之一的矿井为高瓦斯矿井：（1）矿井相对瓦斯涌出量大于  $10 \text{ m}^3/\text{t}$ ；（2）矿井绝对瓦斯涌出量大于  $40 \text{ m}^3/\text{min}$ ；（3）矿井任一掘进工作面绝对瓦斯涌出量大于  $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ；（4）矿井任一采煤工作面绝对瓦斯涌出量大于  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。按照规定，满足下列条件的矿井为瓦斯矿井：（1）矿井相对瓦斯涌出量小于或等于  $10 \text{ m}^3/\text{t}$ ，（2）矿井绝对瓦斯涌出量小于或等于  $40 \text{ m}^3/\text{min}$ ，（3）矿井各掘进工作面绝对瓦斯涌出量均小于或等于  $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ，（4）矿井各采煤工作面绝对瓦斯涌出量均小于或等于  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 。按照规定，具备下列情形之一的矿井为突出矿井：（1）发生过煤（岩）与瓦斯（二氧化碳）突出的；（2）经鉴定具有煤（岩）与瓦斯（二氧化碳）突出煤（岩）层的；（3）依照有关规定有按照突出管理的煤层，但在规定期限内未完成突出危险性鉴定的。

生产矿井和正在建设的矿井应当每年进行矿井瓦斯等级鉴定。确因矿井长期停产等特殊原因没能进行等级鉴定的矿井，应经省（自治区、直辖市）级负责煤炭行业管理的部门批准后，按上年度瓦斯等级确定。煤矿瓦斯等级鉴定结果由省级煤炭行业管理部门审定批准，省级煤炭行业管理部门应当将审批结果及年度矿井瓦斯等级汇总情况抄送省级煤矿安全监管部和省级煤矿安全监察机构，并报国家煤矿安全监察局、国家能源局备案。

新矿井设计文件中，应有各煤层的瓦斯含量资料。

#### 2) 矿井瓦斯等级鉴定

### (1) 鉴定时间和基本条件

矿井瓦斯等级的鉴定工作应在正常生产条件下进行。根据当地气候条件,选择矿井绝对瓦斯涌出量最大的月份进行鉴定。在鉴定月的上、中、下旬中各取一天(间隔10d),每天分三个班(或四个班)进行测定工作。测定区域(矿井、煤层、翼、水平或采区)的实际产量(包括回采和掘进煤产量)达到该区域核定产量或正常产量60%以上的条件。

### (2) 测定内容、测点选择和要求

测定内容主要为风量、风流中瓦斯和二氧化碳浓度,同时应测定和统计瓦斯抽放量和月产煤量。如果进风流中含有瓦斯或二氧化碳时,还应在进风流中测风量、瓦斯(或二氧化碳)浓度。进、回风流的瓦斯(或二氧化碳)涌出量之差,就是鉴定地区的风排瓦斯(或二氧化碳)量。抽放瓦斯的矿井,测定风排瓦斯量的同时,在相应的地区还要测定瓦斯抽放量。瓦斯涌出量应包括风排瓦斯量和瓦斯抽放量。

确定矿井瓦斯等级时,按每一自然矿井、煤层、翼、水平和各采区分别计算相对瓦斯涌出量和绝对瓦斯涌出量。所以测点应布置在每一通风系统的主要通风机的风硐、各水平、各煤层和各采区的进、回风道测风站内。如无测风站,可选取断面规整并无杂物堆积的一段平直巷道做测点。

每一测定班的测定时间应选在生产正常时刻,并尽可能在同一时刻进行测定工作。

### (3) 矿井瓦斯等级的确定

矿井瓦斯等级应当依据实际测定的瓦斯涌出量、瓦斯涌出形式以及实际发生的瓦斯动力现象、实测的突出危险性参数等确定。并附以必要的文字说明,如产量、采掘比例、地质构造等因素和瓦斯喷出、煤与瓦斯突出等情况,报上级审批。

正在建设的矿井每年也应进行矿井瓦斯等级的鉴定工作。在没有采区投产的情况下,当单条掘进巷道的绝对瓦斯涌出量大于 $3\text{ m}^3/\text{min}$ 时,矿井应定为高瓦斯矿井;在有采区投产的情况下,当采区相对瓦斯涌出量大于 $10\text{ m}^3/\text{t}$ 时,矿井也应定为高瓦斯矿井;在采掘中发生过煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出的矿井应定为煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出矿井。如果鉴定结果与矿井设计不符时,应提出修改矿井瓦斯等级的专门报告,报原设计单位同意。

## 2.2 瓦斯爆炸及突出的规律

瓦斯的重大危害就是发生爆炸。一旦发生爆炸,不仅造成大量人员伤亡,而且还会严重摧毁矿井设施、中断生产。还可能引起煤尘爆炸、矿井火灾、井巷垮塌和顶板冒落等二次灾害,使生产难以在短期内恢复。世界上最大一次瓦斯爆炸发生在1942年日本霸占我国东北时期,在本溪煤矿由电气火花引起的瓦斯爆炸和煤尘爆炸,造成1549人死亡,146人受伤。随着开采深度增加,瓦斯涌出量增大,发生爆炸的可能性增大。因此,预防矿井瓦斯爆炸是一项重大的任务,研究和掌握瓦斯爆炸的防治技术,对煤矿安全生产具有重要意义。

### 2.2.1 瓦斯爆炸

#### 1) 瓦斯爆炸的过程及其危害

##### (1) 瓦斯爆炸的化学反应过程

瓦斯爆炸是一定浓度的甲烷和空气中的氧气在高温热源的作用下发生激烈氧化反应的