

国家专业技术人才知识更新工程 ( "653工程" )  
煤炭行业煤矿安全领域培训教材 ( 第3册 )

# 煤矿瓦斯抽采与瓦斯灾害防治

领域主编: 张铁岗 卢鉴章 周心权 王虹桥

本册主编: 胡千庭

MEIKUANG WASI CHOUCAI YU WASI ZAIHAI FANGZHI

国家“十一五”重大人才培养工程

国家人事部直接组织领导

中国煤炭工业协会全面负责实施

国家人事部统一颁发培训证书

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)

煤炭行业煤矿安全领域培训教材

# 煤矿瓦斯抽采与 瓦斯灾害防治

领域主编：张铁岗 卢鉴章

周心权 王虹桥

本册主编：胡千庭

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书主要介绍了煤矿瓦斯抽采利用、局部瓦斯积聚和煤与瓦斯突出等瓦斯灾害预测预防技术领域的一些新观点、新工艺、新技术和新装备；涉及瓦斯基本参数测定、瓦斯赋存及涌出预测、瓦斯抽采与利用、局部瓦斯积聚防治、煤与瓦斯突出机理及预防技术原理、煤与瓦斯突出预测评价方法、突出矿井合理采掘部署、开采保护层、安全防护、突出灾害预警等技术。本书可作为煤矿院校和企事业单位安全、采矿专业的科技、工程及管理人员知识更新用书和在校研究生的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

煤矿瓦斯抽采与瓦斯灾害防治 / 胡千庭主编. — 徐州：  
中国矿业大学出版社，2007.11  
国家专业技术人员知识更新工程(“653工程”)培训教材  
ISBN 978 - 7 - 81107 - 801 - 5

I. 煤… II. 胡… III. 煤矿—瓦斯—综合治理—技术培训—教材 IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153088 号

书 名 煤矿瓦斯抽采与瓦斯灾害防治  
本册主编 胡千庭  
责任编辑 李士峰  
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  
排 版 中国矿业大学出版社排版中心  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
经 销 新华书店  
开 本 890×1240 1/32 印张 6.125 字数 165 千字  
版次印次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷  
定 价 17.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



## 胡千庭

现任煤炭科学研究  
总院重庆研究院副  
院长，博士生导师、  
研究员。

国家专业技术人才知识更新  
工程（“653工程”）煤炭  
行业煤矿安全领域首席专家



**张铁岗**

中国工程院院士  
平顶山煤业集团  
教授级高工



**卢鉴章**

煤炭科学研究总院  
教授级高工



**周心权**

中国矿业大学  
（北京）  
教授、博导

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)  
煤炭行业培训教材编审委员会

顾问：王显政 濮洪九  
主任：路德信  
副主任：姜智敏 孙之鹏 胡省三  
钱鸣高 宋振骐 张铁岗  
葛世荣 乔建永

委员：(以姓氏笔画为序)

马念杰	王金力	王金华
王虹桥	卢鉴章	叶醒狮
刘峰	刘文生	刘炯天
孙继平	陈奇	杜铭华
宋学峰	宋秋爽	张玉卓
张贤友	周英	周心权
赵阳升	赵跃民	赵衡山
钟亚平	段绪华	都基安
袁亮	徐水师	黄福昌
常心坦	彭苏萍	遇华仁
缪协兴	濮津	

# 国家专业技术人员知识更新工程(“653工程”) 煤炭行业煤矿安全领域培训教材编审委员会

顾 问：路德信

主 任：孙之鹏 张铁岗 卢鉴章  
周心权

委 员：(以姓氏笔画为序)

马 骏 王虹桥 王德明

刘 剑 刘何清 朱红青

李德文 张延松 张明安

武 强 胡千庭 常文杰

常心坦 景国勋

# 《煤矿瓦斯抽采与瓦斯灾害防治》 编写人员

领域主编：张铁岗 卢鉴章 周心权  
王虹桥

本册主编：胡千庭

本册副主编：文光才 孙东玲

本册编者：胡千庭 文光才 孙东玲  
杜子健 梁运培 赵旭生  
邹银辉



## 序

加快人才培养,是建设创新型国家、强国兴业的重要举措。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》为加强专业技术人才队伍建设指明了方向,明确了工作重点和政策措施。人事部决定“十一五”期间,在关系我国经济社会发展和科技创新的一些重要行业领域实施专业技术人才知识更新工程(即“653工程”),开展大规模示范性继续教育活动,加快建立健全我国继续教育的工作体系、制度体系和服务体系,大力推动专业技术人员培养工作的深入开展。“653工程”已被列入国家“十一五”发展规划,是国家实施专业技术队伍建设的一项重大人才培养工程。煤炭行业“653工程”是国家“653工程”的重要组成部分,是煤炭行业专业技术人才继续教育工作的示范工程,该工程的全面启动必将有力带动和促进煤炭工业人才培养工作的进程。

煤炭工业是我国的基础产业。发展振兴煤炭工业,人才队伍建设是关键。实施大基地、大集团战略,推进节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展,必须以强有力的专业技术队伍作保证。当前,煤炭工业已进入新的历史发展机遇期,但同时又面临着煤炭主体专业人才匮乏、知识更新滞后的严峻挑战。推进实施“653工程”旨在拓展煤矿专业人才培养的广阔空间。根据《煤炭行业专业技术人才知识更新工程(“653工程”)实施办法》,“十一五”期间每年将为110家国有大型煤炭企业培训1万名左右的高级专业技术人才,为5000多家规模以上煤炭企业培训3万名左右的中高级专业技术人才,五年全国煤炭行业将培训20万名左右。国家人事部委托中国煤炭工业协会全面负责煤炭行业“653工程”的组织实施工作,实行统一组织、统一规划、统一教学大纲、统一发证和归口管理、分级实施、

分类指导,创造性地推进“科教兴煤”战略,全面提升煤炭行业专业技术人才队伍素质,从而为煤炭工业的全面、协调和可持续发展提供强大的人才保障和智力支持。

为适应煤炭行业实施“653工程”的需要,我们组织全国有关专家学者编写了《国家专业技术人员知识更新工程(“653工程”)煤炭行业培训教材》,这一教材具有以下三个突出特点:

第一,突出重点专业领域,培训内容丰富。煤炭行业“653工程”专家指导委员会根据煤矿实际需要,立足当前、着眼长远,选定的煤矿专业领域和培训内容都是煤炭行业和企业所必需的。包括采煤工程、煤矿安全、煤矿机电、煤田地质与测绘、煤炭洁净利用及矿区环保这五个重点专业领域,以及高效高回收率采煤方法与技术等34个专业培训方向,全面反映煤炭工业的科技发展趋势。培训教材突出新理论、新知识、新装备、新技术、新方法、新工艺、新材料、新标准、新法规、新政策和新问题等内容,涵盖煤炭行业专业技术人员知识更新的重点,具有很强的针对性。

第二,体现学术权威,保证培训质量。顺利、高效地实施“653工程”,搞好专业技术人员培训,教材编写质量和所体现的学术水平必须得到切实的保证。为此,实行了首席专家负责制,从全国煤炭行业的高等院校、科研院所和煤炭企业推选出一百余名在各自学术研究领域颇有建树和创新的业内知名专家,领衔编写这套培训教材,集中了院校、科研机构和企业多年来理论与实践的丰硕成果,包含了专业基础知识、理论系统讲解,也集锦了一些极具参考价值的典型应用案例。这是建国以来我国煤炭行业在专业技术人员继续教育方面一次规模最大、最为全面的新知识展示,是提高全行业专业技术人员技术水平的一批好教材。

第三,培训方向明确,教材实用性强。根据不同的专业培训对象,立足矿山,站在世界煤炭工业科技发展前沿,针对我国“十一五”煤炭科技发展的需求,广泛吸纳新知识、新技术和新信息,坚持理论与实践相结合、理论知识与案例分析相结合,把专业技术知识内容进

行科学分解,编写成34个分册,既系统成书又独立成册,便于不同领域内的工程技术人员各取所学、研读提高。因此,本套教材既是优秀的培训教科书,也是一套煤炭专业技术人员实际工作中必备的工具书。

我衷心希望这套凝聚着煤炭行业专家学者智慧与心血的教材,能够在实际教学培训中发挥应有的重要作用;同时也希望广大基层专业技术人员通过认真学习、刻苦钻研,不断提高理论水平和实际应用能力,为加快建设新型、现代化煤炭工业做出积极的贡献。

王显政

二〇〇七年八月八日

# 前 言

煤矿瓦斯是煤矿采掘空间及围岩内有害气体的总称,其主要成分为甲烷。长期以来,煤矿瓦斯是煤矿井下事故的主要隐患,至今也不能达到完全杜绝瓦斯事故的目的。煤矿瓦斯事故主要有三种表现形式:瓦斯燃烧与爆炸、瓦斯喷出及煤与瓦斯突出、瓦斯窒息。瓦斯局部积聚是瓦斯窒息和瓦斯燃烧爆炸的主要条件,煤岩层内赋存有大量高压瓦斯是发生瓦斯喷出和煤与瓦斯突出事故的主要条件。因而,防止局部瓦斯积聚、降低煤岩层内赋存的瓦斯量和瓦斯压力是预防瓦斯事故的关键,瓦斯抽采实际上就是主要为达到以上目的的最有效预防瓦斯灾害的治本之策。

煤矿瓦斯实际上又是一种优质资源,还是一种强温室气体。对抽出的煤矿瓦斯加以利用,减少排入大气的机会,符合节能减排、科学发展的总体要求;同时也能给企业带来经济效益,促进企业煤矿瓦斯抽采与利用的协调发展。

瓦斯赋存及涌出的预测评价、煤与瓦斯突出危险性的预测评价、煤与瓦斯突出的发生发展机理等是煤矿瓦斯抽采和煤矿瓦斯灾害防治的技术基础,而且一直是没有得到有效解决的技术难点。提高预测评价的准确性和对煤与瓦斯突出机理描述的精确性一直是该领域科技和工程技术人员研究的重点。合理采掘部署和开采保护层是有效利用采矿工程来减少应力集中、增加煤岩渗透性,以期达到提高瓦斯抽采效率、减少瓦斯灾害的目的。安全防护措施是最后的保险绳,一旦发生事故,也要设法避免或减少人员伤亡。突出灾害预警是近年来为提高安全管理水平而提出的一个新的研究领域,其目的是通过对已经掌握的大量信息对未来采掘区域范围内的突出危险性、发生突出可能造成的后果等情况进行分析,并根据专家经验提出预防

措施建议,为决策管理提供科学依据。本书共分两章,第一章主要介绍近些年国内在瓦斯基本参数测定、瓦斯赋存及涌出预测、瓦斯抽采与利用、预防局部瓦斯积聚等领域的新工艺和新技术与装备,第二章重点介绍近些年国内在煤与瓦斯突出机理、煤与瓦斯突出预测预防和控制、突出矿井瓦斯灾害预警等领域的新成果。书中贯穿了编者在防治瓦斯灾害技术领域的理念和观点,同时汇集了国内同行的新的研究成果,真诚希望本书对读者能够起到好的作用。书中难免有不当之处,敬请广大读者予以批评指正。

编者

2007年9月

# 目 录

序	1
前言	1
第一章 矿井瓦斯	1
第一节 瓦斯基本参数测定	1
第二节 矿井瓦斯赋存及涌出	16
第三节 瓦斯局部积聚防治	21
第四节 矿井瓦斯抽采	28
第五节 瓦斯利用	90
第二章 煤与瓦斯突出	103
第一节 煤与瓦斯突出机理	103
第二节 防治煤与瓦斯突出的技术原理	114
第三节 煤与瓦斯突出与地质因素的关系	116
第四节 煤与瓦斯突出危险性预测与评价	121
第五节 突出煤层的合理采掘部署	138
第六节 开采保护层	144
第七节 防止煤与瓦斯突出的局部措施	151
第八节 防止突出灾害扩大的安全防护措施	158
第九节 煤与瓦斯突出灾害预警	164
第十节 案例	170
参考文献	175

# 第一章 矿井瓦斯

## 第一节 瓦斯基本参数测定

### 一、瓦斯基本参数测定的内容及原则

(一) 用于瓦斯涌出量预测及瓦斯抽采论证的瓦斯基本参数

#### 1. 煤层瓦斯含量

煤层瓦斯含量是指在矿井大气条件下(环境温度为 20 °C, 环境大气压力为 0.1 MPa)单位质量煤体中所含有的瓦斯气体(通常指甲烷)体积量, 一般用  $\text{m}^3/\text{t}$  表示其大小, 即 1 t 煤中所含瓦斯的立方数。煤层瓦斯含量又可分为:

煤层瓦斯原始含量——未受采矿采动及抽采影响的煤体内的瓦斯含量。

煤层瓦斯残存含量——受采矿采动及抽采影响的煤体内现存的瓦斯含量。

原煤瓦斯含量——单位质量原煤中含有的瓦斯量。

可燃基瓦斯含量——原煤中除去灰分和水分后的单位质量可燃部分煤中的瓦斯含量。

#### 2. 煤层瓦斯压力

煤层瓦斯压力是指瓦斯赋存于煤层中所呈现的气体压力, 即气体作用于孔隙壁的压力。煤层瓦斯压力的单位一般用 MPa 表示。煤层瓦斯压力又可分为:

煤层瓦斯原始压力——未受采矿采动及抽采影响的煤体内的瓦斯压力。

煤层瓦斯残存压力——受采矿采动及抽采影响的煤体内现存的

瓦斯压力。

### 3. 煤层透气性

煤层透气性表征煤层对于瓦斯流动的阻力,通常用透气性系数表示。透气性系数越大,瓦斯在煤层中流动越容易。煤层透气性系数在我国普遍使用的单位是  $\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ ,其物理意义是在 1 m 长煤体上,当压力平方差为  $1 \text{ MPa}^2$  时,通过  $1 \text{ m}^2$  煤层断面,每日流过的瓦斯立方米数。

$1 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$  相当于  $0.025 \text{ mD}$ (毫达西); $1 \text{ mD}=0.987 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

根据达西(Darcy)渗流定律,瓦斯流过一截面积为  $A$ 、长度为  $L$  的煤柱体的体积流量  $Q$  与柱体两端瓦斯气体压力差  $P_1 - P_2$  成正比,与气体的绝对粘度系数成反比,即

$$Q = K \frac{A(P_1 - P_2)}{\mu L}$$

式中  $K$ ——煤层渗透率,  $\text{cm}^2$ ;

$\mu$ ——瓦斯(甲烷)的绝对粘度,  $\text{MPa} \cdot \text{s}$ ;

$P_1 - P_2$ ——瓦斯压力梯度,  $\text{MPa}$ ;

$Q$ ——瓦斯体积流量,  $\text{cm}^3/\text{s}$ ;

$A$ ——煤柱体截面积,  $\text{cm}^2$ ;

$L$ ——煤柱体长度,  $\text{cm}$ 。

将  $Q$  换算成矿井标准大气压状态,根据理想气体状态方程有:  
 $PQ = P_0 Q_0$  取  $P = (P_1 + P_2)/2$ , 于是有  $Q_0 = KA(P_1^2 - P_2^2)/2\mu P_0 L$   
 $= \lambda A(P_1^2 - P_2^2)/L\lambda = K/2\mu P_0$ , 即为煤矿使用的透气性系数。

### 4. 煤体孔隙率

煤的孔隙度(又称孔隙率)( $\varphi$ )是指煤中孔隙体积( $V_p$ )与煤总体积( $V$ )之比的百分数(或小数)。

### 5. 煤层瓦斯吸附常数

$a$ ——朗缪尔吸附常数,试验温度下纯煤的极限吸附量,  $\text{m}^3/\text{t}$ ;

$b$ ——朗缪尔吸附常数,  $\text{MPa}^{-1}$ 。



## 6. 煤质工业分析资料

Mad——煤样水分，%；

Aad——原煤灰分，%。

### (二) 用于突出危险性鉴定的瓦斯基本参数

① 煤层瓦斯压力。

② 煤层瓦斯含量。

③ 煤层的结构破坏类型(I~V类):用煤层的构造特征、光泽、节理性质、断口性质及强度等指标综合反映的煤层被破坏程度。

④ 煤样的瓦斯放散初速度( $\Delta P$ ):实验室测定的吸附瓦斯煤样在突然卸压后最初一段时间内解吸瓦斯放出快慢的相对指标。

⑤ 煤样的坚固性系数( $f$ ):用捣碎法测定的煤样抗破碎强度指标。

⑥ 煤的瓦斯解吸特征曲线:现场采取煤样经实验室真空脱附后,给定不同的吸附瓦斯压力使其吸附平衡,然后令其在大气压力状态下进行瓦斯解吸量随解吸时间关系的测定,统计分析得出解吸特征参数。改变吸附平衡的瓦斯压力,得出不同的解吸特征参数,得到吸附平衡瓦斯压力与解吸特征参数之间的关系曲线,该曲线即为煤样的瓦斯解吸特征曲线。

⑦ 始突深度的煤层瓦斯压力:矿井各煤层中所有已经发生突出的点中埋藏深度最浅的点对应的煤层瓦斯压力。

⑧ 始突深度的煤层瓦斯含量:矿井各煤层中所有已经发生突出的点中埋藏深度最浅的点对应的煤层瓦斯含量。

### (三) 用于先抽后采目标考核的瓦斯基本参数

① 煤层瓦斯原始含量。

② 煤层瓦斯残存含量。

③ 煤层瓦斯原始压力。

④ 煤层瓦斯残存压力。

⑤ 始突深度的煤层瓦斯压力。

⑥ 始突深度的煤层瓦斯含量。