

《风险分析与危机反应》国际丛书

主 编 黄崇福

副主编 倪晋仁 吴宗之 石 勇

杨玉中 吴立云 著  
何 俊 李延河

# 煤矿瓦斯重大灾害预警 理论及应用

Early Warning Theory and Application of Great  
Gas Disaster in Coal Mines



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

国家重点基础研究发展计划资助 (2009CB226107)

河南省重点科技攻关计划资助 (092102310317)

国家安监总局安全生产科技计划资助 (08-152)

河南理工大学博士基金资助 (B2008-60)

TD712

4

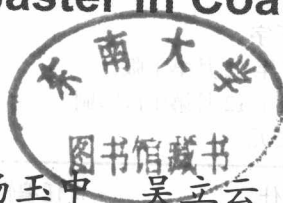
## 《风险分析与危机反应》国际丛书

主 编 黄崇福

副主编 倪晋仁 吴宗之 石 勇

# 煤矿瓦斯重大灾害预警 理论及应用

Early Warning Theory and Application of Great  
Gas Disaster in Coal Mines



杨玉中 吴立云 著  
何 俊 李延河

保存本



SEU 2461358



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

---

**图书在版编目(CIP)数据**

煤矿瓦斯重大灾害预警理论及应用 / 杨玉中等著. —北京:  
北京师范大学出版社, 2010. 12  
(《风险分析与危机反应》国际丛书)  
ISBN 978-7-303-11809-0

I. ①煤… II. ①杨… III. ①煤矿—瓦斯监测  
IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 225361 号

---

营销中心电话 010-58802181 58808006  
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>  
电子邮箱 beishida168@126.com

---

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com.cn](http://www.bnup.com.cn)  
北京新街口外大街 19 号  
邮政编码: 100875

印 刷: 北京中印联印务有限公司  
经 销: 全国新华书店  
开 本: 170 mm × 230 mm  
印 张: 19  
字 数: 330千字  
版 次: 2010 年 12 月第 1 版  
印 次: 2010 年 12 月第 1 次印刷  
定 价: 39.00 元

---

策划编辑: 毛 佳 责任编辑: 毛 佳  
美术编辑: 毛 佳 装帧设计: 天泽润  
责任校对: 李 菡 责任印制: 李 啸

**版权所有 侵权必究**

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

# 总序

随着人类生存环境的复杂化、世界多极化和经济全球化,人类已进入全球风险时代。和平与发展仍然是当今时代的主流,但国际形势继续处于深刻复杂的变化之中,难以预料的全球性气候反常和难以控制的自然灾害(印度洋大海啸、美国飓风及海侵、巴基斯坦大地震、马来西亚大地震等)时有发生,恐怖事件接连不断,事故灾难频频发生,跨国性的重大疫情等不时出现,这一系列突发事件给人类带来的灾难是沉重的,世界各国都面临着新的风险和挑战。

在瑞士达沃斯刚刚闭幕的2006年国际减灾会议上,会议主席沃尔特·阿曼博士说,当今,世界面临多方面的复杂风险,涉及自然灾害、技术、生物化学、流行病、恐怖主义、气候变化和地方病等领域,各种风险的处理体系是相互联系的。在这种形势下,国际社会必须有一种新的风险处理观念,一种跨领域、跨部门的风险处理方式,以便更有效地抵御和减少世界所面临的最紧迫风险。

我国经济社会发展进入了一个关键时期,经济体制深刻变革,社会结构深刻变动,利益格局深刻调整,人们思想观念深刻变化。再加上国际上政治、经济、军事、安全等因素相互交织,地缘、宗教和文化冲突与政治经济矛盾相互作用,不稳定、不确定、不安全因素增加。

如何在这个复杂的、瞬息万变而又充满挑战和风险的时代确保人民生命安全和健康,如何确保经济社会可持续发展,已经成为各国政府必须回答的重大问题和检验政府是否对人民群众负责的试金石,同时也成为各国学者日益关注的重大课题和施展才干的舞台。

由中国灾害防御协会风险分析专业委员会组稿,北京师范大学出版社资助出版的《风险分析与危机反应》国际丛书,为国内外学者系统发表风险分析与危机反应的最新理论和研究成果、详实介绍风险分析及危机反应案例等,提供了难得的机会。

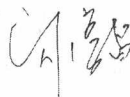
该丛书的出版,是在国内外面对诸多挑战和重大风险问题,风险分析与危机反

应理论及方法快速发展的时代背景下进行的。希望该丛书的出版,能对加强风险管理和公共安全工作产生一定的推动作用,为构建和谐社会、和谐世界、和平发展做些努力和贡献。

国务院应急管理专家组组长(Leader of Emergency Rescue Plan Group under  
the Office of the State Council)

国家减灾委专家委员会副主任(Vice Director of Specialist Committee of the  
National Disaster Mitigation Commission)

国务院参事(Consultant from the State Council)



2007年7月25日

# 内容简介

本书针对中国煤矿瓦斯事故发生频繁,但相关理论研究不足的现实,通过运用危机管理理论、层次分析法、可拓理论、粗糙集、属性数学、人工神经网络和模糊数学等理论和方法,结合实证分析,对煤矿瓦斯重大灾害预警理论进行了深入而系统的研究,为煤矿实施瓦斯灾害预警系统提供理论基础和分析技术的支持。本书主要内容有:煤矿瓦斯重大灾害预警的理论框架和预警机制、煤矿瓦斯灾害预警的指标体系、预警模型和运行保障机制、煤矿瓦斯重大灾害预警系统的应用实例。

本书可作为安全技术及工程专业研究生教材和安全工程专业本科生参考教材,亦可作为采矿工程专业、安全管理人员、生产技术人员和研究人员的参考教材及参考书。

# Introduction

In the last few years, gas accidents happen frequently in China. The theory related to gas accidents prevention was studied insufficiently. Early warning theory of great gas disasters in coal mines was studied deeply and systematically. In this research, some theories and methods such as crisis management, analytic hierarchy process (AHP), extension theory, rough set, attribute mathematics, artificial neural network and fuzzy mathematics, were used widely combined with demonstration analysis. This research can provide the theoretical basis and support of analytic technique for coal mines to implement gas disaster early warning system. This book consists of 4 sections and 9 chapters. The first section is theoretical framework of great gas disaster early warning and early warning mechanism. The second section is indices system and model of gas disaster early warning. The third section is operational mechanism and safeguard mechanism. The last section is the application of gas disaster early warning system.

This book can be adopted as postgraduates' textbook or undergraduates' reference for safety engineering major. It is also a reference for mining engineering major, safety manager, production technician and researchers.

# 前 言

中国煤矿生产绝大多数为井工开采,环境条件非常恶劣。随着时间的推移,开采深度日益增加,深部煤层瓦斯含量越来越大。随着科技的进步,开采强度日益增大,瓦斯已成为制约我国大型煤炭企业安全生产和提高经济效益的首要因素之一。加之中国煤矿一线作业工人绝大多数是文化程度非常低的农民工,机械设备机械化、自动化程度低。虽然我国煤炭工业一直在加强安全管理工作,强调“关口前移,重心下移”,但矿难频发是一个不争的事实,已经成为久治不愈的顽症。尤其是近几年较大、重大及特别重大事故频频发生,在国内外造成了极其恶劣的影响和巨大的经济损失。2005年全国煤矿发生瓦斯事故405起,死亡2157人;2006年327起,死亡1319人;2007年272起,死亡1085人;2008年182起,死亡778人。据国家煤矿安全监察局统计,自2001年以来的煤矿重特大事故中,瓦斯事故始终占据了第一位,已经成为我国煤矿生产中首要的重大灾害。现有的矿山瓦斯监测、监控系统在一定程度上起到了减少事故发生的效果,但总的来说还存在很多不成熟、不完善的地方,特别是现有矿山安全保障系统的预警功能不强,基本上停留在报警而不是预警这样的水平上,虽然瓦斯灾害因子的监测和预报技术也有一定程度上的应用,但到目前为止还没有形成成熟的技术,没有成为一个完整预警系统的一部分。因此,如何将现在被动的事故后处理的安全管理方式转变为事前控制的管理方式是改变目前瓦斯事故多发局面、实现本质安全的根本出路所在。而瓦斯重大灾害预警系统则可以在事故萌芽阶段即发出警报,提示决策人员采取预控对策,以消除事故隐患,实现系统安全。因此,对采掘工作面瓦斯重大灾害预警理论及应用进行深入研究,具有重要的理论意义和重大的现实意义。

本书针对中国煤矿瓦斯重特大事故发生频繁、而有效的瓦斯灾害防治理论研究不足的现实,旨在通过运用预警理论和可拓理论等多学科交叉理论,理论分析与实证研究并重,对煤矿瓦斯重大灾害预警理论进行深入、系统的研究,为煤矿



实施瓦斯灾害预警系统提供理论支持和技术支撑。本书主要研究了采掘工作面瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出重大灾害预警系统的理论框架和预警机制、瓦斯重大灾害预警的指标体系和综合预警模型以及瓦斯重大灾害预警系统的运行保障机制。

本书的出版得到了北京师范大学出版社的大力支持和帮助,在此对北京师范大学出版社的支持和帮助表示由衷的感谢!对有益于本书编写的所有参考文献的作者们表示真诚的感谢!

由于作者的水平和时间所限,书中不当之处,敬请读者不吝指正!

杨玉中

2009.8

# 目录

## 第1章 煤矿瓦斯重大灾害预警概述 /1

- 1.1 预警理论概述 /1
- 1.2 国内外研究现状 /5
  - 1.2.1 预警机制的研究现状 /5
  - 1.2.2 预警指标体系的研究现状 /5
  - 1.2.3 预警模型的研究现状 /6
  - 1.2.4 运行保障机制的研究现状 /8
  - 1.2.5 瓦斯灾害预警系统的研究现状 /8
- 1.3 当前研究中存在的问题 /9
- 1.4 研究煤矿瓦斯重大灾害预警的意义 /10
- 本章小结 /14
- 参考文献 /14

## 第2章 煤矿瓦斯重大灾害预警的基础理论 /22

- 2.1 煤矿瓦斯重大灾害预警的理论基础 /22
  - 2.1.1 危机管理理论 /22
  - 2.1.2 瓦斯突出理论 /28
  - 2.1.3 系统非优理论 /36
  - 2.1.4 系统控制论 /37
  - 2.1.5 安全科学理论 /38
- 2.2 煤矿瓦斯灾害预警系统的组成 /40
  - 2.2.1 煤矿瓦斯灾害预警的管理对象 /40
  - 2.2.2 煤矿瓦斯灾害预警的目标体系 /41

- 2.2.3 煤矿瓦斯灾害预警的基本内容 /41
- 2.3 煤矿瓦斯灾害预警机制及系统目标 /45
  - 2.3.1 煤矿瓦斯灾害预警的基本机制 /45
  - 2.3.2 煤矿瓦斯灾害预警系统的目标 /46
- 2.4 煤矿瓦斯灾害预警管理体系 /47
- 2.5 煤矿瓦斯灾害预警系统的要求 /49
- 本章小结 /52
- 参考文献 /52

### 第3章 煤矿瓦斯重大灾害预警的指标体系 /54

---

- 3.1 预警指标体系建立的原则 /54
- 3.2 瓦斯爆炸灾害预警的指标体系 /55
  - 3.2.1 瓦斯爆炸的条件 /55
  - 3.2.2 影响瓦斯爆炸发生的因素 /56
  - 3.2.3 瓦斯爆炸灾害预警的指标体系 /59
- 3.3 煤与瓦斯突出灾害预警的指标体系 /59
  - 3.3.1 煤与瓦斯突出区域预测 /59
  - 3.3.2 工作面突出危险性预测 /62
  - 3.3.3 突出预测敏感指标及其临界值确定方法 /67
  - 3.3.4 煤与瓦斯突出预警指标体系 /68
- 本章小结 /69
- 参考文献 /69

### 第4章 煤矿瓦斯重大灾害预警模型 /72

---

- 4.1 基于AHP—可拓理论的动态预警模型 /72
  - 4.1.1 利用AHP确定预警指标的权重 /72
  - 4.1.2 煤矿瓦斯重大灾害预警的可拓模型 /77
- 4.2 基于粗糙集—属性数学的综合预警模型 /82
  - 4.2.1 利用粗糙集理论确定预警指标的客观权重 /82
  - 4.2.2 基于属性数学的综合预警模型 /84
- 4.3 基于神经网络的综合预警模型 /88

- 4.3.1 人工神经网络的基本原理 /88
- 4.3.2 基于 BP 神经网络预警的基本步骤 /91
- 4.4 基于模糊数学的综合预警模型 /93
  - 4.4.1 模糊数学的基础知识 /94
  - 4.4.2 模糊综合预警模型 /95
- 本章小结 /98
- 参考文献 /99

## 第 5 章 煤矿瓦斯重大灾害预警的管理组织机制 /101

---

- 5.1 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的组织模型 /101
  - 5.1.1 预警管理系统的构建原则与目标 /101
  - 5.1.2 瓦斯灾害预警管理系统的功能 /104
- 5.2 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的功能体系重构 /107
  - 5.2.1 新功能体系的内容构成 /107
  - 5.2.2 煤矿企业安全管理机制重构的设计 /112
  - 5.2.3 新型煤矿企业安全生产机制的职能分析 /114
  - 5.2.4 预警系统同其他管理系统的组织关系 /116
- 5.3 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的运转模式和运行机制 /119
  - 5.3.1 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的运转模式 /119
  - 5.3.2 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的运行机制 /120
- 5.4 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的组织机构与组织方法 /120
  - 5.4.1 组织机构的模式及其构成 /120
  - 5.4.2 预警管理职能的分配 /121
  - 5.4.3 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的组织方法 /122
- 5.5 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的监控机制与管理制度体系 /125
  - 5.5.1 煤矿瓦斯灾害预警管理系统的监控机制 /125
  - 5.5.2 煤矿瓦斯灾害预警管理制度体系 /127
- 本章小结 /128
- 参考文献 /129

## 第6章 煤矿瓦斯重大灾害的控制对策 /130

---

- 6.1 矿井瓦斯涌出及治理 /130
  - 6.1.1 矿井瓦斯生成与赋存 /130
  - 6.1.2 矿井瓦斯涌出量 /132
  - 6.1.3 矿井瓦斯等级划分 /134
  - 6.1.4 矿井瓦斯涌出的治理 /137
- 6.2 瓦斯喷出及其预防 /141
  - 6.2.1 瓦斯喷出的分类及其特点 /141
  - 6.2.2 瓦斯喷出的防治 /142
- 6.3 煤与瓦斯突出灾害控制对策 /144
  - 6.3.1 防治突出措施 /144
  - 6.3.2 防治突出措施效果检验 /149
  - 6.3.3 安全防护措施 /150
- 6.4 煤矿开采瓦斯爆炸危险预控 /152
  - 6.4.1 产生矿井瓦斯爆炸事故的原因分析 /152
  - 6.4.2 矿井瓦斯爆炸的预控 /154
- 本章小结 /158
- 参考文献 /158

## 第7章 煤矿瓦斯重大灾害的应急救援体系 /159

---

- 7.1 安全生产应急救援概述 /159
  - 7.1.1 事故应急救援的基本原则和任务 /159
  - 7.1.2 事故应急救援系统 /160
  - 7.1.3 应急救援系统的运作 /162
- 7.2 应急救援的组织准备与基本程序 /163
- 7.3 安全生产应急救援预案策划及编制 /165
  - 7.3.1 应急救援预案概述 /165
  - 7.3.2 应急救援预案的策划及编制 /171
- 7.4 应急救援训练和演习 /175
  - 7.4.1 应急救援训练与演习的目的 /175

- 7.4.2 应急救援训练和演习类型 /175
- 7.4.3 应急救援训练和演习的准备与计划 /178
- 7.4.4 应急救援训练和演习的评估 /180
- 7.5 应急救援行动 /181
  - 7.5.1 应急救援行动的一般程序 /182
  - 7.5.2 事故评估程序 /183
- 7.6 通告和通讯联络程序 /184
- 7.7 现场应急对策的确定和执行 /187
- 本章小结 /187
- 参考文献 /188

## **第8章 煤矿瓦斯重大灾害预警的信息系统 /189**

---

- 8.1 瓦斯灾害预警管理信息系统概述 /189
- 8.2 瓦斯灾害预警信息采集及输入 /191
  - 8.2.1 瓦斯灾害预警信息采集及输入概述 /191
  - 8.2.2 传感器的构成与分类 /192
  - 8.2.3 矿井瓦斯监测 /197
- 8.3 瓦斯灾害预警信息处理技术 /206
  - 8.3.1 计算机数据库技术 /206
  - 8.3.2 计算机网络技术 /209
  - 8.3.3 GPS全球卫星定位系统 /211
- 8.4 瓦斯灾害预警信息的决策 /215
- 本章小结 /215
- 参考文献 /216

## **第9章 煤矿瓦斯重大灾害预警系统的应用 /217**

---

- 9.1 预警分析 /217
- 9.2 应急救援 /222
  - 9.2.1 事故报告程序 /222
  - 9.2.2 瓦斯事故应急救援预案 /222
  - 9.2.3 煤与瓦斯突出事故应急救援预案 /229

参考文献 /235

附录 I 作者简介 /236

---

附录 II 作者承担或参加的与本书内容相关的科研项目 /238

---

附录 III 本书作者公开发表的相关论文和出版著作 /239

---

附录 IV 防治煤与瓦斯突出规定 /243

---



# CONTENTS

## **Chapter 1 Introduction to early warning of great gas disaster in coal mines /1**

---

- Section 1.1 Introduction to early warning theory /1
- Section 1.2 Situation of study at home and abroad /5
  - Section 1.2.1 Situation of study on early warning mechanism /5
  - Section 1.2.2 Situation of study on early warning indices system /5
  - Section 1.2.3 Situation of study on early warning model /6
  - Section 1.2.4 Situation of study on safeguard mechanism /8
  - Section 1.2.5 Situation of study on early warning system of gas disasters /8
- Section 1.3 Existing problems in research /9
- Section 1.4 Research significance of great gas disaster early warning in coal mines /10
- Brief summary of the chapter /14
- References /14

## **Chapter 2 Basic theory of great gas disaster early warning in coal mines /22**

---

- Section 2.1 Theoretical basis of great gas disaster early warning in coal mines /22
  - Section 2.1.1 Theory of crisis management /22
  - Section 2.1.2 Theory of gas outburst /28
  - Section 2.1.3 System non-optimum theory /36
  - Section 2.1.4 System cybernetics /37



|               |                                                                        |     |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Section 2.1.5 | Safety science theory                                                  | /38 |
| Section 2.2   | Composition of gas disasters early warning system in coal mines        | /40 |
| Section 2.2.1 | Management objects of gas disasters early warning system in coal mines | /40 |
| Section 2.2.2 | Objective system of gas disasters early warning system in coal mines   | /41 |
| Section 2.2.3 | Basic content of gas disasters early warning system in coal mines      | /41 |
| Section 2.3   | Mechanism and aims of gas disasters early warning system in coal mines | /45 |
| Section 2.3.1 | Early warning mechanism of gas disasters in coal mines                 | /45 |
| Section 2.3.2 | Aims of gas disasters early warning system in coal mines               | /46 |
| Section 2.4   | Early warning management system of gas disasters in coal mines         | /47 |
| Section 2.5   | Requirements for early warning system of gas disasters in coal mines   | /49 |
|               | Brief summary of the chapter                                           | /52 |
|               | References                                                             | /52 |

### **Chapter 3 Early warning indices system of great gas disasters in coal mines /54**

---

|               |                                                          |     |
|---------------|----------------------------------------------------------|-----|
| Section 3.1   | Principles for establishing early warning indices system | /54 |
| Section 3.2   | Early warning indices system of gas explosion disasters  | /55 |
| Section 3.2.1 | Conditions of gas explosion                              | /55 |
| Section 3.2.2 | Influencing factors of gas explosion                     | /56 |
| Section 3.2.3 | Early warning indices system of gas explosion disasters  | /59 |