

矿山重大危险源辨识、 评价及预警技术

景国勋 杨玉中 著

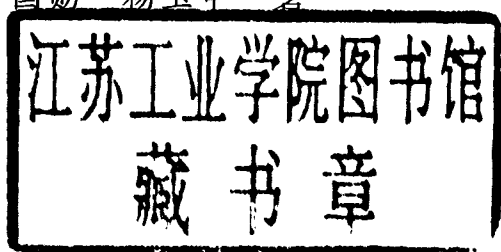


冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

矿山重大危险源辨识、 评价及预警技术

景国勋 杨玉中 著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2008

内 容 提 要

本书以科研项目为背景,主要介绍矿山重大危险源辨识及评价的理论与方法、一般空气区瓦斯爆炸冲击波传播规律的研究以及煤矿安全预警的理论及应用基础等内容。本书不仅对从事矿山安全管理的管理人员具有参考价值,而且对从事矿山危险源辨识、评价及预警技术的研究人员也具有一定的理论参考价值,还可以作为高等院校矿业工程、安全技术及工程专业的研究生和博士生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山重大危险源辨识、评价及预警技术/景国勋,杨玉中著.
—北京:冶金工业出版社,2008.12
ISBN 978-7-5024-4782-3

I. 矿… II. ①景… ②杨… III. 矿山安全 IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 201975 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 张媛媛 版式设计 葛新霞

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4782-3

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 12 月第 1 版,2008 年 12 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32;14.625 印张;390 千字;452 页;1-2000 册

42.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

我国矿山事故状况十分严重,尤其是近几年重、特大恶性事故时常发生,每年发生一次死亡3人以上的较大事故500余起,一次死亡10人以上的重大事故约70~80起。在一次死亡3人以上的事故次数中,矿山事故占工矿企业总数的70%以上,煤矿百万吨死亡率是印度的10倍,美国的60倍。

我国是煤炭生产和消费大国,煤炭产量居世界第一位。但我国矿山重大恶性事故不断发生,如近年来平顶山十一矿的瓦斯爆炸事故死亡39人,平顶山十矿的瓦斯爆炸事故死亡79人,郑煤集团大平煤矿的瓦斯爆炸事故死亡148人,孙家湾煤矿的瓦斯、煤尘爆炸事故死亡214人。发生在这些国有重点煤矿的恶性事故,不仅影响矿井的安全生产,造成重大的经济损失,而且也产生了严重的政治影响,甚至波及到社会的稳定与发展。

在井下事故易发性的评价理论和方法方面,澳大利亚、德国、匈牙利、美国、波兰、前苏联、日本等国均进行了系统研究,其中澳大利亚、德国等国借用现有的概率评价方法,结合矿山生产实际对煤矿事故的易发性进行了研究,开发出了定量分析方法。在瓦斯爆炸冲击波的研究方面,国内外主要集中在燃烧区瓦斯爆炸冲击波的传播规律研究。

随着我国矿山企业向大型化、设备现代化发展和采用新的监测、监控手段,研究矿山重大致因及预测预报技术已成为矿山企业安全生产的当务之急。无论是从政府部门对矿山企业灾害的宏观控制还是企业对事故预防方面考虑,均需要一套系统的、科学的、能反映矿山安全状态,准确有效地辨识评价各类重点危险源的方法及监测监控和预警技术。从而减少或杜绝

事故的发生,确保矿山安全、高效、经济地生产,促进国民经济健康、快速发展。

本书主要分析了以下几方面的问题:

(1)矿山重大危险源(爆炸、火灾、煤尘、煤与瓦斯突出)分类与评价原理:矿山重大危险源的特性及分类;矿山重大危险源评价程序及建模原则。

(2)矿山重大危险源(爆炸、火灾、煤尘、煤与瓦斯突出)辨识及评价模型:矿山重大危险源辨识标准;矿山重大危险源评价的指标体系;矿山重大危险源评价模型。

(3)事故伤害严重度评价方法:井下火灾事故的状态模型与系统分析研究;火灾事故后果评价指标及量化方法;瓦斯爆炸事故状态模型与系统分析研究;瓦斯爆炸事故后果评价指标及量化方法;面向煤尘爆炸的矿山重大危险源评价研究;煤与瓦斯突出事故危险性评价;煤与瓦斯突出事故危害性评价。

(4)研究得出了冲击波在管道截面变化处的传播规律。冲击波超压在管道截面变化处的衰减系数不仅和管道截面变化幅度有关系,而且和冲击波的初始超压也有密切的关系。冲击波在由小断面进入大断面情况下,冲击波超压衰减系数随着巷道截面变化幅度的加大而增加,随着冲击波初始超压的增加而增加;冲击波在由大断面进入小断面情况下,冲击波超压衰减系数随着巷道截面变化幅度的加大而增加,随着冲击波初始超压的增加而增加。

(5)煤矿安全预警系统:提出了煤矿安全预警的理论框架及系统组成,建立了初步的煤矿安全预警指标体系和预警模型。

本书以科研项目为背景,该项目得到了国家自然科学基金(50674041)、教育部长江学者和创新团队发展计划(IRT0616)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20050460002)、河南理工大学博士基金(B2008-60)等资助计划的资助。本书由

河南理工大学的景国勋教授、杨玉中副教授共同主笔,在本书的成稿过程中,河南理工大学的贾智伟博士、研究生张甫仁、吴立云、张强和郑远攀也做了大量的工作,在此一并表示感谢。

由于作者的水平所限,书中不当之处,敬请读者批评指正!

作 者

2008 年 8 月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
产业循环经济	北京现代循环 经济研究院 编著	69.00
投资项目可行性分析 与项目管理	王维才 等编著	29.00
管理系统工程基础	朱 明 等编	19.00
现代海洋经济理论	叶向东 著	28.00
现代矿山企业安全控制 创新理论与支撑体系	包国忠 赵千里 等著	75.00
现代设备管理	王汝杰 石博强 著	56.00
中国工业发展解难	黄建宏 著	19.00
工程项目管理与案例	盛天宝 等编著	36.00
建筑工程经济与项目管理	李慧民 主编	28.00
建立山西煤炭战略储备机制	马旭军 张志华 著	19.00
现代物业管理实务—— 精选 100 案例	刘昌民 等编著	52.00
基于监管的审计定价研究	王宥宏 著	22.00
电子废弃物的处理处置 与资源化	牛冬杰 等主编	29.00
生活垃圾处理与资源化 技术手册	赵由才 宋 玉 主编	180.00
工业固体废物处理与资源化	牛冬杰 等主编	39.00
安全管理基本理论与技术	常占利 著	46.00
医疗废物焚烧技术基础	王 华 等著	18.00
水资源系统运行与优化调度	邹 进 等编著	10.00

目 录

1 绪论	1
1.1 开展矿山重大危险源辨识、评价及预警技术	
研究的意义	1
1.1.1 我国安全生产的现状	1
1.1.2 开展重大危险源辨识、评价及预警技术	
研究的意义	7
1.2 国内外研究现状	9
1.2.1 重大危险源辨识的研究现状	9
1.2.2 重大危险源评价技术研究现状	13
1.2.3 瓦斯爆炸冲击波传播规律的研究	17
1.2.4 预警技术研究现状	25
1.3 本书的主要内容	32
参考文献	35
2 矿山重大危险源辨识评价原理的基础研究	45
2.1 基础概念	45
2.1.1 安全、危险、事故隐患、事故与灾害	45
2.1.2 危险源、固有型危险源、触发型危险源和重大	
危险源	46
2.1.3 火灾	48
2.1.4 辨识、风险、风险评价	49
2.2 矿山重大危险源辨识的基础研究	50
2.2.1 重大灾害系统的组成	50
2.2.2 重大危险源的特性及辨识依据	52

2.2.3 重大危险源辨识的标准·····	52
2.2.4 重大危险源辨识的主要内容·····	57
2.2.5 重大危险源辨识中应注意的问题·····	58
2.3 重大危险源评价原理的基础研究·····	58
2.3.1 评价的类型及程序·····	58
2.3.2 评价的要素及标准·····	59
2.3.3 重大危险源评价的方法·····	60
2.3.4 重大危险源综合评价模型·····	62
2.4 本章小结·····	64
参考文献·····	64
3 矿山重大危险源辨识研究·····	66
3.1 瓦斯爆炸事故危险源辨识研究·····	66
3.1.1 瓦斯爆炸事故灾害系统·····	66
3.1.2 瓦斯爆炸事故的特性·····	67
3.1.3 瓦斯爆炸事故危险源辨识的方法·····	68
3.1.4 瓦斯爆炸事故危险源辨识的标准·····	68
3.1.5 瓦斯爆炸事故危险源辨识的主要要素·····	70
3.1.6 瓦斯爆炸事故危险源辨识的主要步骤·····	71
3.1.7 瓦斯爆炸事故危险源辨识·····	72
3.1.8 瓦斯爆炸事故危险源的分级·····	89
3.2 矿井火灾事故的危险源辨识研究·····	92
3.2.1 矿井火灾事故的特性·····	93
3.2.2 矿井火灾事故危险源辨识的标准·····	94
3.2.3 矿井火灾事故危险源辨识的主要要素·····	95
3.2.4 矿井火灾事故危险源辨识的主要步骤·····	96
3.2.5 火灾事故危险源辨识应用·····	97
3.3 煤尘爆炸事故的危险源辨识研究·····	100
3.3.1 统计图表分析与危险源辨识·····	100
3.3.2 辨识的总体思路、内容和方法·····	101

3.3.3 煤尘爆炸事故危险源辨识	103
3.3.4 煤尘爆炸事故树微观辨识	120
3.4 煤与瓦斯突出事故危险源辨识研究	132
3.4.1 煤与瓦斯突出事故特性	132
3.4.2 煤与瓦斯突出事故危险源辨识的 标准与步骤	133
3.4.3 煤与瓦斯突出事故危险源分类	134
3.4.4 煤与瓦斯突出事故第一类危险源辨识	136
3.4.5 煤与瓦斯突出事故第二类危险源辨识	144
3.5 本章小结	147
参考文献	147
4 矿山重大危险源事故危险性评价	150
4.1 瓦斯爆炸事故危险性评价	150
4.1.1 瓦斯爆炸事故的机理及其分类	150
4.1.2 瓦斯爆炸事故伤害模型的研究	152
4.1.3 瓦斯爆炸事故冲击波伤害和破坏模型	156
4.1.4 理想化瓦斯爆炸冲击波伤害距离的确定	163
4.1.5 瓦斯爆炸事故冲击波的破坏作用的研究	172
4.1.6 爆炸冲击波超压遇障碍物影响(衰减)分析	176
4.1.7 实际情况下瓦斯爆炸冲击波各种伤害和 破坏距离的确定	180
4.1.8 瓦斯爆炸事故冲击波危险性评价应用实例	181
4.2 矿井火灾事故危险性评价	187
4.2.1 矿井火灾事故危险源致灾概率的求解 方法选择	188
4.2.2 模糊故障树	189
4.2.3 人因管理致灾因素危险性评价	197
4.2.4 矿井火灾事故评价及应用	214
4.2.5 矿井火灾事故发生概率综合评价	224

4.3 煤尘爆炸事故危险性评价	224
4.3.1 概述	224
4.3.2 煤尘爆炸的重大危险源评价模型	227
4.3.3 事故易发性的模型评价方法	229
4.3.4 煤尘爆炸事故严重度模型评价	231
4.3.5 固有危险性的非模型评价	239
4.3.6 危险性系数评价	242
4.3.7 煤尘爆炸的矿山重大危险源评价单元	251
4.3.8 危险源危险等级的划分	252
4.3.9 矿山整体危险性与评价单元危险性的关联	252
4.4 煤与瓦斯突出事故危险性评价	254
4.4.1 煤与瓦斯突出事故第二类危险源评价	254
4.4.2 煤与瓦斯突出事故发生的严重度评价	264
4.4.3 煤与瓦斯突出事故危害性评价	273
4.4.4 煤与瓦斯突出事故分级	290
4.5 本章小结	292
参考文献	293
5 瓦斯爆炸事故危险源致灾概率量化研究	298
5.1 瓦斯爆炸事故危险源致灾概率的求解方法选择	298
5.2 专家打分的三角模糊数处理	299
5.3 模糊故障树分析	300
5.3.1 故障树的建造	300
5.3.2 故障树的简化	301
5.3.3 故障树的模糊化描述	301
5.4 瓦斯爆炸危险源致灾概率的量化研究	301
5.5 瓦斯爆炸事故危险源分级	303
5.5.1 瓦斯爆炸事故重大危险源分级	303
5.5.2 瓦斯爆炸事故触发型危险源分级	305
5.6 本章小结	307

参考文献	307
6 一般空气区瓦斯爆炸冲击波传播规律研究	308
6.1 瓦斯爆炸冲击波在管道拐弯情况下传播规律	
实验研究	308
6.1.1 引言	308
6.1.2 试验系统	308
6.1.3 一般空气区瓦斯爆炸冲击波在管道拐弯情况下 传播规律实验研究	312
6.2 瓦斯爆炸冲击波在管道截面突变情况下传播规律	
实验研究	323
6.2.1 瓦斯爆炸冲击波在管道截面突变情况下传播规律 试验系统	323
6.2.2 瓦斯爆炸冲击波在管道截面突变情况下传播规律 试验数据	324
6.2.3 试验数据分析	327
6.2.4 公式拟合	336
6.3 一般空气区瓦斯爆炸冲击波传播规律理论分析	337
6.3.1 管道拐弯情况下冲击波传播规律	337
6.3.2 管道截面突变情况下冲击波传播规律	346
6.3.3 冲击波传播规律理论分析	353
6.3.4 冲击波传播规律理论与试验对比分析	356
6.4 瓦斯爆炸冲击波传播数值模拟研究	357
6.4.1 概述	357
6.4.2 软件简介	358
6.4.3 数值模拟结果及分析	360
6.4.4 数值模拟结果与试验结果对比分析	369
6.5 本章小结	372
参考文献	373

7 矿井火灾严重度评价	375
7.1 研究矿井火灾时期烟气流场的意义	375
7.2 建立巷道火灾烟气流动的数学模型	375
7.3 火灾烟流流动模型的控制方程	376
7.4 巷道火灾烟气流动二维场模型的求解	379
7.5 控制方程的离散	382
7.5.1 控制容积法	382
7.5.2 网格划分	383
7.5.3 控制方程的离散方法	384
7.5.4 分离迭代求解	386
7.5.5 方程组的算法步骤	388
7.6 本章小结	389
参考文献	390
8 煤矿安全预警的原理及内容	391
8.1 煤矿安全预警的理论基础	391
8.1.1 系统非优理论	391
8.1.2 系统控制论	391
8.1.3 安全科学理论	393
8.2 煤矿安全预警系统的组成	394
8.2.1 煤矿安全预警管理对象	394
8.2.2 煤矿安全预警的目标体系	395
8.2.3 煤矿安全预警的基本内容	396
8.3 煤矿安全预警机制及系统目标	399
8.3.1 煤矿安全预警的基本机制	399
8.3.2 煤矿安全预警系统的目标	400
8.4 煤矿安全预警管理体系	401
8.4.1 预警监测系统	401
8.4.2 预警管理系统	402

8.4.3 预警信息系统	403
8.5 煤矿安全预警系统的要求	404
8.6 本章小结	407
参考文献	407
9 煤矿安全预警系统	408
9.1 煤矿安全预警指标体系	408
9.1.1 预警指标体系建立的原则	408
9.1.2 煤矿安全预警指标体系	409
9.2 预警指标权重的确定	424
9.2.1 层次分析法的基本原理	424
9.2.2 层次分析法的步骤	424
9.2.3 煤矿安全预警指标权重的确定	430
9.3 煤矿安全预警的可拓综合模型	433
9.3.1 可拓理论的基本概念	434
9.3.2 安全预警问题的物元模型	435
9.3.3 安全预警的可拓综合模型	436
9.3.4 煤矿安全预警模型的几点说明	438
9.4 预警应用分析	439
9.4.1 矿井概况	439
9.4.2 警限的确定	440
9.4.3 新庄矿安全性可拓综合预警	442
9.5 本章小结	450
参考文献	451

1 绪 论

1.1 开展矿山重大危险源辨识、评价及预警技术研究的意义

在生产建设活动中一旦发生事故,给人们带来的不幸常常是巨大、惨痛和难以弥补的。这一点,已被越来越多的科技专家、企业家和政府官员所认识。早在 1906 年,美国 U. S 钢铁公司董事长 E. H. 凯里在总结了公司中发生的一系列恶性事故教训后,把公司原来的“质量第一、产量第二”的经营方针,改变为“安全第一、质量第二、产量第三”。这一方针的改变,以及所采取的一系列有效的安全生产措施,不仅缓和了劳资双方的紧张关系,保障了人身和设备的安全,而且使企业经济效益获得了极大的提高。“安全第一”方针所取得的成功,震动了世界实业界的有识之士,群起而步其后尘^[1]。

我国的煤矿生产大多数是地下作业,自然灾害因素很多,许多矿井都不同程度地受到火灾、顶板、瓦斯、煤尘、水患等灾害的威胁,发生各种事故的概率比较高。但煤炭是我国主要能源,近 30 年来,煤炭占我国一次能源的 70% 以上,可以说是我国的大动脉。然而,我国矿山事故状况十分严重,图 1-1 ~ 图 1-4 反映了我国近几年煤矿事故的状况。

1.1.1 我国安全生产的现状

十六大以来,党和国家进一步健全完善了安全生产方针政策和法律法规,并从体制、机制、规划、投入等方面,采取一系列举措加强安全生产;各级党委政府高度重视,加强领导、落实责任;各重点企业和广大生产经营单位依法依规、履行职责;社会各界关注支

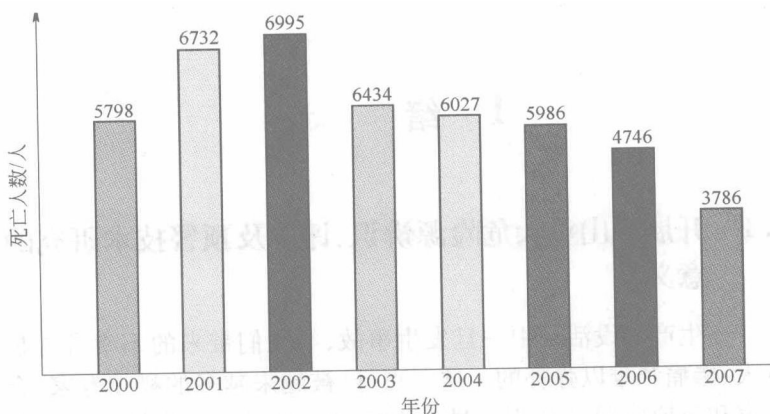


图 1-1 2000 ~ 2007 年煤矿事故死亡人数分布图

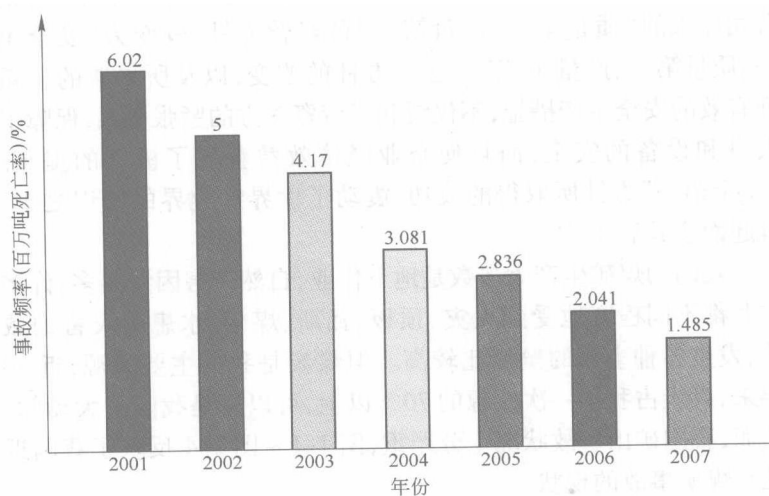


图 1-2 2001 ~ 2007 年煤矿百万吨死亡率分布图

持、参与监督。经过努力,安全生产的理论、法律、政策体系得到建立和形成,安全监管体制机制不断健全完善,安全生产状况趋于稳定好转。

1.1.1.1 安全生产理论体系初步建立

胡锦涛总书记在中央政治局第 30 次集体学习会上的重要讲

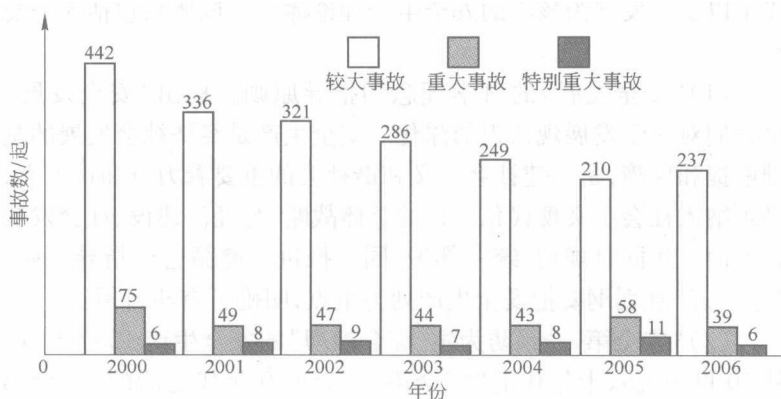


图 1-3 2000 ~ 2006 年煤矿重特大事故分布图

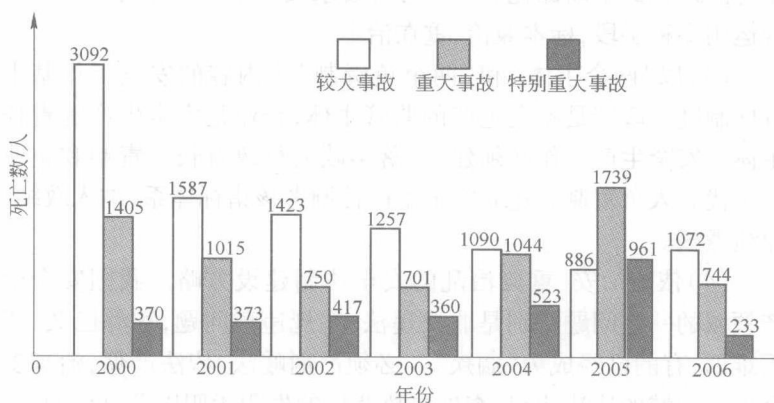


图 1-4 2000 ~ 2006 年煤矿重特大事故死亡人数分布图

话,温家宝总理在 2006 年全国安全生产工作会议上的讲话和《政府工作报告》中的相关论述,全面系统地阐述了安全生产的重要意义、指导原则、方针政策和重大举措。党的十六届五中全会确立了安全发展的指导原则,六中全会把坚持和推动“安全发展”纳入构建社会主义和谐社会应遵循的原则和总体布局。这些均为安全生产工作指明了方向,提供了坚实的思想理论基础和强大的精神动力。在总结国内外安全生产发展规律和经验教训的基础上,形