



矿井通风系统 可靠性、稳定性、安全性理论

贾进章◎著



科学出版社

国家自然科学基金:矿井火灾时期通风系统可靠性、稳定性、安全性理论研究(50704019)

国家自然科学基金:矿井瓦斯爆炸冲击波与通风动力耦合传播机理研究(51374121)

辽宁省高等学校优秀人才支持项目:矿井通风与灾害防治(LR2015027)

辽宁工程技术大学优秀青年教师提升计划项目

矿井通风系统 可靠性、稳定性、安全性理论

贾进章 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以矿井通风系统可靠性、稳定性、安全性为主线,结合作者的科研,提出一些新理论和新方法。全书共分为矿井通风与灾害防治,矿内空气动力学及风流流动,通风网络计算基础,通风网络运算理论,基于通路法和灵敏度理论的矿井通风系统优化调节,矿井通风系统可靠性理论与算法,矿井火灾时期通风系统可靠性理论与算法,广义角联结构确定数学模型,基于灵敏度和灵敏度衰减率的通风系统稳定性理论,通风系统抗灾变能力分析评价,矿井通风网络中的单向回路数学模型算法,基于通风网络特征图的通风系统分析理论与技术,高瓦斯矿井以风定产决策支持系统等十三章。

本书适用于安全科学与工程、矿业工程及相关学科和领域的科研人员、研究生和现场工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风系统可靠性、稳定性、安全性理论/贾进章著. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-048937-1

I. ①矿… II. ①贾… III. ①矿山通风—研究 IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 139151 号

责任编辑:李 雪 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 伟 / 封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016 年 6 月第一次印刷 印张:15 3/4

字数:300 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

历经多年开采,许多矿井存在通风线路长、通风构筑物设置不合理、通风系统不稳定、通风系统可靠性差、通风系统抗灾变能力差等问题。尤其对于高产高效集约化生产矿井,由于生产场所和人员的高度集中,使得供风过于集中,造成通风系统不稳定的因素较多,一旦发生灾害事故,如果通风系统抗灾能力不够,将酿成更大事故。

合理、可靠、抗灾变能力强的通风系统能够在灾变时期发挥作用,有效地降低灾害损失。瓦斯突出、瓦斯爆炸、火灾及粉尘爆炸发生后,保持通风系统正常运转至关重要。

本书是作者十多年来在矿井通风系统可靠性、稳定性、安全性方面科研成果的系统总结,并提出了一些新思路、新理论、新方法。

书中主要论述了通风网络运算理论、基于通路法和灵敏度理论的矿井通风系统优化调节、矿井通风系统可靠性理论、广义角联结构确定数学模型、基于灵敏度和灵敏度衰减率的通风系统稳定性理论、通风系统抗灾变能力分析、矿井通风网络中的单向回路数学模型、基于通风网络特征图的通风系统分析理论、高瓦斯矿井以风定产决策支持系统。

本书得到了国家自然科学基金:矿井火灾时期通风系统可靠性、稳定性、安全性理论研究(50704019)、矿井瓦斯爆炸冲击波与通风动力耦合传播机理研究(51374121)等项目的资助。

宋磊撰写了其中的 8.4 节、9.7~9.9 节;刘然撰写了 5.7 节;刘铭悦撰写了 12.5~12.7 节;贾进章撰写了其余章节。

为了书稿的系统性及完整性,作者参考引用了部分文献,在此感谢文献的作者们,同时感谢有关矿山的工程技术人员为本书提供的指导。

作者在本书中结合理论分析和科研实践提出了一些独到的见解,由于作者学识有限,不当之处欢迎业内读者斧正。

贾进章

2016 年 4 月 26 日

目 录

前言

第 1 章 矿井通风与灾害防治	1
1.1 矿井通风系统存在的主要问题	1
1.2 矿井通风系统的作用	4
1.3 矿井通风系统分析、评价方法	5
第 2 章 矿井空气物理学及风流流动	7
2.1 空气的物理性质	7
2.2 矿井通风中的热交换	10
2.2.1 导热	10
2.2.2 对流	12
2.2.3 辐射	14
2.2.4 矿井火灾时期烟流与井巷围岩之间的不稳定传热系数	15
2.3 矿井通风中的有毒有害物质	16
2.3.1 甲烷	16
2.3.2 一氧化碳	16
2.3.3 二氧化碳	17
2.3.4 二氧化氮	17
2.3.5 二氧化硫	17
2.3.6 硫化氢	18
2.3.7 氨	18
2.4 空气压力	18
2.4.1 能量方程	18
2.4.2 静压、位压、速压	19
2.5 风流的流动状态	20
2.6 通风阻力	21
2.6.1 阻力定律	21
2.6.2 通风阻力的计算	23
2.7 等积孔	23
2.8 通风动力	25
2.8.1 主要通风机特性曲线最佳拟合次数	25

2.8.2 通风机联合运转	29
参考文献	30
第3章 通风网络计算基础	32
3.1 原始数据设计	32
3.2 通风网络图的计算机存储	34
第4章 通风网络运算理论	35
4.1 通风网络的基本概念	35
4.2 通风网络的拓扑关系	39
4.2.1 数表表示	39
4.2.2 通风网络图表示	39
4.2.3 矩阵表示	40
4.3 深度优先搜索法	50
4.3.1 方法概述	50
4.3.2 正向深度优先搜索	51
4.3.3 深度优先遍历搜索	54
4.3.4 搜索策略与退栈策略	55
4.4 图的连通性判定数学模型	56
4.4.1 图的连通性	56
4.4.2 基于矩阵运算的图的连通性判定理论及算法	57
4.4.3 基于深度优先搜索的图的连通性判定理论及算法	59
4.5 回路确定理论及算法	61
4.5.1 基于矩阵运算的回路确定理论及算法	61
4.5.2 基于搜索的回路确定理论及算法	61
4.6 通路总数确定数学模型	63
4.6.1 基于矩阵运算的通路总数确定数学模型	63
4.6.2 通风网络中通路总数确定方法的改进	63
4.7 通路确定数学模型及算法	68
4.7.1 基于符号运算的通路确定数学模型及算法	68
4.7.2 基于深度优先搜索法的通路确定数学模型及算法	68
4.7.3 独立通路确定数学模型及算法	70
4.7.4 含有单向回路的通风网络通路确定数学模型及算法	71
4.8 最小树的算法	72
4.8.1 最小树	72
4.8.2 最小树的算法——避圈法	73
4.9 最短路确定数学模型	74

4.10 单向回路确定数学模型	75
参考文献	77
第5章 基于通路法和灵敏度理论的矿井通风系统优化调节	79
5.1 网络解算	79
5.2 网络解算预处理	79
5.3 网络解算数学模型	80
5.3.1 节点风量平衡定律	80
5.3.2 能量守恒定律	81
5.3.3 网络解算的数学模型	81
5.4 网络解算的斯考德-恒斯雷法	82
5.5 网络解算影响因素分析	83
5.6 网络优化调节	84
5.6.1 网络优化调节数学模型	84
5.6.2 优化调节方法研究现状	84
5.6.3 优化调节的通路法	87
5.7 基于通路法和灵敏度理论的矿井通风系统优化调节	89
5.7.1 PS优化调节的目的	90
5.7.2 PS优化调节方法流程	90
参考文献	92
第6章 矿井通风系统可靠性理论与算法	94
6.1 系统可靠性	94
6.1.1 系统及其可靠性	94
6.1.2 系统可靠性的度量指标	94
6.1.3 系统可靠性计算	95
6.2 矿井通风系统可靠性研究概况	96
6.2.1 国外研究现状	96
6.2.2 国内研究现状	96
6.3 矿井通风系统可靠性算法研究现状	98
6.3.1 可靠性计算与可靠性评价	98
6.3.2 可靠性计算算法	98
6.4 矿井通风的任务	99
6.5 矿井通风系统可靠性定义	100
6.6 风路可靠度	100
6.6.1 风路可靠度理论模型	100
6.6.2 风路风量分布规律	101

6.7	通风机可靠度	106
6.8	构筑物可靠度	109
6.9	通风系统可靠度	110
6.10	通风系统可靠度计算中存在的问题	110
6.11	基于截断误差理论和网络简化技术的不变化最小路集算法	111
6.11.1	直接构造不变化通路集	112
6.11.2	ESR 算法原理	115
6.11.3	网络简化技术	115
6.11.4	网络简化在可靠度计算中的应用	119
6.11.5	ESR 算法	119
6.12	通风系统可靠度的灵敏性	120
	参考文献	121
第7章	矿井火灾时期通风系统可靠性理论与算法	124
7.1	矿井火灾时期高温烟流污染分析理论	124
7.1.1	高温烟流污染状态	124
7.1.2	引火源	125
7.1.3	火灾燃烧状态及其风流流动状态	125
7.1.4	污染范围的确定	126
7.2	火区最高温度计算数学模型	127
7.2.1	井巷火灾的过程	127
7.2.2	火灾烟流最高温度的计算方法	128
7.3	火区最高温度数值计算原理	131
7.4	火灾时期高温烟流动态蔓延模拟方法	135
7.5	火灾时期高温烟流动态流经巷道温度分布	136
7.5.1	火灾时期高温烟流动态流经巷道温度分布计算方法	136
7.5.2	火灾时期高温烟流动态流经巷道温度分布数值计算	137
7.6	火灾时期烟流(风流)节点混合计算模型	138
7.7	火灾时期高温烟流动态传播数值模拟	138
7.8	矿井火灾时期最佳避灾路线	139
7.8.1	灾变时期避灾路线选择的基本原则	139
7.8.2	选择避灾路线的方法	140
7.8.3	确定最佳避灾路线数学模型及应用	141
7.9	矿井火灾时期通风系统可靠性理论	145
7.9.1	矿井火灾时期通风系统可靠度计算原理	145
7.9.2	计算实例	145

参考文献	149
第 8 章 广义角联结构确定数学模型及算法	150
8.1 广义角联结构	150
8.2 角联结构研究现状	150
8.3 基于无向图的角联结构识别数学模型	151
8.4 广义角联结构识别程序设计原理	153
8.4.1 程序设计思想	153
8.4.2 广义角联分支搜索策略对比分析	154
8.4.3 广义角联分支搜索步骤	157
参考文献	158
第 9 章 基于灵敏度和灵敏度衰减率的通风系统稳定性理论	159
9.1 通风系统中风量变化规律分析	159
9.2 灵敏度	160
9.2.1 风量灵敏度	160
9.2.2 风压灵敏度	161
9.3 灵敏度研究现状	161
9.4 风量灵敏度数学模型	161
9.5 风量灵敏度矩阵的性质	162
9.6 风量灵敏度衰减率	163
9.6.1 风量灵敏度衰减率定义式	163
9.6.2 风量灵敏度随流阻变化规律	164
9.7 风量灵敏度计算的迭代法	164
9.8 灵敏度迭代计算过程中存在的问题	165
9.8.1 过度迭代问题	165
9.8.2 灵敏度病态解	165
9.9 灵敏度数值分析解决方案	166
9.9.1 过度迭代问题的解决方案	166
9.9.2 灵敏度病态解解决方案	167
9.10 风压灵敏度计算	170
9.11 基于灵敏度及灵敏度衰减率的通风系统稳定性理论	170
9.11.1 利用灵敏度进行通风网络稳定性分析	170
9.11.2 利用灵敏度衰减率进行通风网络稳定性分析	171
9.12 基于灵敏度及灵敏度衰减率确定通风系统按需调节时风阻 合理调节范围	171
9.13 角联分支的稳定性及可靠性	173

9.13.1	角联分支的存在对通风系统稳定性的影响	174
9.13.2	通风系统中角联分支的稳定性	175
9.13.3	角联分支的存在对通风系统总风阻的影响	176
9.13.4	角联分支对通风系统可靠性的影响	176
	参考文献	177
第10章	通风系统抗灾变能力分析评价	179
10.1	通风系统抗灾变能力指标体系	179
10.2	隶属函数构造方法	180
10.3	通风系统抗灾变能力指标重要性分析	190
10.4	矿井通风系统抗灾变能力模糊综合评价	193
	参考文献	195
第11章	矿井通风网络中的单向回路数学模型及算法	196
11.1	单向回路及其产生原因分析	196
11.2	基于矩阵计算的单向回路确定算法	197
11.2.1	通风网络中的单向回路分析	197
11.2.2	基于节点邻接矩阵的单向回路确定数学模型	198
11.2.3	单向回路确定实例	198
11.3	含有单向回路的通路确定算法	199
11.3.1	含有单向回路的通路常规算法失效	199
11.3.2	含有单向回路的通路确定算法	201
11.4	单向回路防控措施	203
	参考文献	205
第12章	基于通风网络特征图的通风系统分析理论与技术	206
12.1	通风网络特征图及其性质	206
12.1.1	通风网络特征图	206
12.1.2	通风网络特征图的性质	207
12.2	通风网络特征图研究现状	209
12.3	通风网络特征图的功能	211
12.4	通风网络特征图绘制数学模型	213
12.4.1	无单向回路的通风网络特征图绘制数学模型	213
12.4.2	有单向回路的通风网络特征图绘制数学模型	215
12.5	立体通风网络特征图绘制优化研究	218
12.6	通风网络特征图绘制软件开发	219
12.6.1	网络解算	219
12.6.2	计算坐标	220

12.6.3 绘制通风网络特征图	221
12.7 三维通风网络特征图的研制	225
参考文献	228
第13章 高瓦斯矿井以风定产决策支持系统	230
13.1 研究的意义	230
13.2 以风定产极限最大风量快速确定系统	230
13.2.1 网络流图的最大流问题	230
13.2.2 求解最大流的通路法	231
13.3 矿井以风定产决策支持系统保障技术	235
13.3.1 通风系统可靠性快速确定及分析系统	235
13.3.2 基于灵敏度的通风系统稳定性定量分析系统	237
13.3.3 基于无向图的角联结构自动识别与稳定性分析系统	238
13.3.4 基于风网特征图的通风系统评价系统	238
参考文献	238

第 1 章 矿井通风与灾害防治

1.1 矿井通风系统存在的主要问题

我国许多矿井历经多年开采,存在通风线路长、通风构筑物设置不合理、通风系统不稳定、通风系统可靠性差、通风系统抗灾变能力差等问题。根据对全国重点国有矿务局中矿井调研结果表明,这些矿井的通风系统都不同程度地存在着严重问题,矿井风网中风流的稳定性和可控性极差,抗灾能力较弱,安全生产存在重大隐患,通风系统亟待优化改进。尤其对于高产高效集约化生产矿井,由于生产场所和人员的高度集中,使得供风过于集中,造成通风系统不稳定的因素较多,一旦发生瓦斯灾害事故,如果通风系统没有较高的抗灾能力,便会酿成重大伤亡事故。

现举例说明矿井通风系统当年存在的问题。

1. 沈阳煤业有限责任公司红菱煤矿(2000 年)

红菱煤矿 1969 年 12 月动工兴建,1976 年 3 月移交投产。矿井设计生产能力 90 万吨/年。1986 年改扩建后生产能力达到 150 万吨/年。红菱矿为瓦斯突出矿井,瓦斯绝对涌出量为 $53\text{m}^3/\text{min}$,相对瓦斯涌出量为 $45.99\text{m}^3/\text{t}$ 。建矿至今已发生瓦斯突出 100 余次,瓦斯突出始终威胁着矿井安全生产。矿井通风方式为两翼对角式。北风井安设两台 2K60-4-NO. 28 型主要通风机,风机风量 $83.3\text{m}^3/\text{s}$,风压 2646Pa,转速 598 转/分,电机额定功率 1000kW。南风井安设两台 GAF-21.2-13.3 型主要通风机,风机额定流量 $158\text{m}^3/\text{s}$,风压 4587Pa,转速 985 转/分,电机额定功率 1000kW。

近几年,由于矿井生产布局,矿井通风路线增加,北翼长约 8500m,部分巷道断面过小,调节位置和调节量不尽合理,导致北风井主要通风机工作风阻过大,出现喘振现象。为防止或减缓喘振,北风井主要通风机入口不得不开一漏风窗口进行短路运行,短路漏风风量达 $18\text{m}^3/\text{s}$,增加了无用功耗,造成很大浪费。一方面井下风量不足,另一方面地面风流短路,给生产造成严重影响。

2. 晋城无烟煤矿业集团有限责任公司成庄矿(2005 年)

成庄矿井现采用以中央并列式为主的混合式通风方式,矿井总进风量为 $21247\text{m}^3/\text{min}$,总回风量达 $21738\text{m}^3/\text{min}$ 。但由于矿井是以低瓦斯设计、高瓦斯生

产,采煤方法主要采用综采放顶煤,顶板全部垮落采煤法。

矿井经过多次巷道工程改造,系统调整相对频繁,矿井通风系统复杂。2004年9月形成中央回风井(1#风井)、分区回风井(2#,3#风井),经现场测试普查:该矿共有500多条风路,10多万条通路,通风构筑物439个,其中,永久性风门121道、挡风墙122道、风桥75座、调节风窗79道、测风站23个、临时性挡风墙40道、临时调节风窗2个。应优化矿井通风网络,提高矿井通风能力的实际需求。通过现场测试,成庄矿通风现状主要存在以下几方面的问题。

1) 系统通风能力不足

随着四、五盘区开采延伸,矿井通风能力尤显不足,需要建立2#、3#回风井解决通风能力问题(已完成),需要在投运前进行仿真模拟,以便确定风网风量、风机负压及投运风机叶片数目、角度等,为安全投运提供准确依据,且风机有效风量富裕系数不到1.8,需要合理安排矿井生产布局,进行巷道系统优化和相应巷道工程改造。

2) 生产相对集中

原矿井生产相对集中,需要调整生产布局,实现分区通风(已实现),以便形成“三个风井,三个区域,一个盘区一个采面”的生产格局。

3) 矿井漏风较大

矿井相对漏风较大,查找主要漏风源,分析各主要通风设施可靠性及合理性,合理优化通风系统,减少通风设施数量,提高矿井有效风量,降低矿井功耗等。

4) 矿井部分巷道风速超标

矿井生产任务压头、采掘衔接紧张,矿井配风紧张,两台主要通风机已达到最大安全运行状态,系统无富余风量调节。导致成庄矿井通风系统存在安全隐患和不合理现象。矿井部分通风巷道风速超标的现象长期以来始终无法解决,同时,由于矿井1#、2#风井供风区域存在角联,南翼辅运巷、南翼胶带机巷等巷道部分区段风量极不稳定,有时出现微风现象。

3. 金川集团有限公司二矿区(2004年)

自金川二矿区投产以来,通风系统一直处于不正常状态,通风问题一直是二矿区一个“老大难”问题。经过一期工程技术改造、二期工程及改扩建,通风系统异常复杂,已成为影响二矿区安全生产的一大因素。综合起来,二矿区通风系统存在如下问题。

1) 通风系统的供风、用风和回风三个区段存在不匹配问题

二矿区采用多级机站进风,地表主要通风机集中回风的通风系统,根据风机站的设置,大致上可将通风系统分为供风区段、用风区段和回风区段。目前,由于进

风段风机风量达不到设计要求,14行地表主要通风机运行后,井下通风系统三个区段之间出现了不匹配现象,造成盘区内风量不能满足生产需要,而运输水平风量反而过大等问题。并且,由于分段道与运输水平之间风流串联,使得盘区风源的风质较差。

2) 通风网路复杂,风流管理困难

二矿区井下通风网路大致由两个进风水平、四个回风水平、两个回采中段、主斜坡道、分斜坡道及1~3#皮带道构成。根据通风系统结构,二矿区主通风系统又可分成四个相对独立的通风分区,即1150中段、1000中段、主斜坡道和皮带道通风分区。

目前,二矿区井下通风巷道总长度已达90km左右,风路达400多条,这些巷道纵横交错,加上主斜坡道、分斜坡道和皮带道与各水平相通,使得井下风流状态异常复杂。目前管理难度较大,技术工作也受到一定限制。

3) 井下无轨设备和车辆排出大量尾气难以有效排除

二矿区除了井下两个中段14个盘区同时作业,爆破作业产生大量炮烟和粉尘外,井下同时运行的大型无轨设备达60多台,每天下井汽车达500多台次,这些车辆排出大量尾气,严重污染井下作业环境,尤其是涡风地段,有毒有害气体局部超标。无轨设备运行过程中还释放大热量,造成井下温度增高。

4) 随着矿山开采深度增加,地热问题越来越突出

850中段开拓施工过程中出现了“地热”危害,解决地热危害将是二矿区850中段需要解决的又一个通风技术难题。

5) 通风管理手段无法适应二矿区快速发展的需要

不能科学、实时地对通风现状做出评价,并提出技术改造方案;对通风系统技术改造及通风工程设计的合理性缺乏科学的评价系统;对废旧巷道和新工程对通风的影响没有一套有效的评价系统;不能准确地进行通风数据处理,不能做出准确的决策;井下发生火灾时,不能做出准确的撤离、疏散和逃生决策;不能科学地评价和论证供风、用风、回风区段的匹配程度;不能识别复杂角联风路和角联网路;绘制通风系统图和风网特征图,还停留在手工阶段,成图时间长,不适应矿山生产建设需要。

因此,有必要加强通风技术的研究,分析通风系统的稳定性和可控性,依据矿井监测系统提供的信息,对通风系统进行实时分析评价,预测通风网络状态参数的发展变化趋势,对风流进行有效的调控,使通风系统始终保持在稳定可靠状态,提高通风系统的抗灾能力。这对于减少煤矿安全事故,降低灾害损失,保证安全生产和社会稳定是十分必要的。

1.2 矿井通风系统的作用

矿井通风系统是由井巷网络、通风动力设施、通风调节设施构成。通风系统在正常通风时期的任务是利用通风动力,以最经济的方式向井下各用风地点保质保量地供风,保证工作人员的呼吸和健康,稀释并排除瓦斯、粉尘等有毒有害气体,降低热害,创造良好的井下作业环境;通风系统在灾变时期的任务是及时、有效地控制风向及风量,并与通风调控措施相结合,防止灾害扩大,最大限度降低灾害所造成的损失。

许多矿山恶性事故都与通风系统不合理、不可靠、抗灾变能力差有密切关系。例如,辽宁阜新孙家湾矿难:2005年2月14日15时,辽宁省阜新矿业(集团)有限责任公司孙家湾煤矿海州立井发生一起特别重大瓦斯爆炸事故,造成214人死亡,30人受伤,直接经济损失4968.9万元。事故直接原因是冲击地压造成3316工作面风道外段大量瓦斯异常涌出,3316风道里段掘进工作面局部停风造成瓦斯积聚,致使回风流中瓦斯浓度达到爆炸界限;工人违章带电检修架子道距专用回风上山8米处临时配电点的照明信号综合保护装置,产生电火花引起瓦斯爆炸。

2009年11月21日凌晨2时30分左右,黑龙江省龙煤控股集团鹤岗分公司新兴煤矿发生爆炸事故,矿难已致104人死亡。据国务院事故调查组初步分析,该矿存在通风系统复杂,抗灾能力弱,井下应急处置措施不当等问题。

合理、可靠、抗灾变能力强的通风系统能够在灾变时期发挥作用,有效地降低灾害损失。瓦斯突出、瓦斯爆炸、火灾及粉尘爆炸发生后,保持通风系统正常运转至关重要。矿井通风系统对于灾害防治的作用体现在以下几方面。

1. 瓦斯事故防治

在发生瓦斯突出事故后,如果通风系统运转正常,就可以不断将瓦斯排出到地面,被瓦斯熏倒在井巷中的人员就能站起来,以往就曾发生过这样的案例。瓦斯突出或瓦斯爆炸后,时常发生防爆门被冲开,风机附近风流短路而造成风机不对矿井作用的情况,如果在被冲开后,防爆门能够自行复位,势必对减少灾害具有重要意义,这也是今后努力的方向。

2. 火灾事故防治

角联分支具有自身的不稳定性,但我们也可以利用其特点进行灾害防治。如

图 1-1 所示,如果火区位于角联位置,则可以通过调整其关联分支风阻,使得火区两端压差为零,理论上火区就不再有风流流过,可起到灭火作用。

3. 粉尘防治

适宜的井巷风速可有效地降低粉尘浓度,起到除尘作用,过高的风速易造成粉尘飞扬,过低的风速不足以稀释瓦斯、排除粉尘,这涉及极值流问题。

辽宁工程技术大学研制成功的风幕集尘风机可有效地进行采掘工作面粉尘防治。

风幕集尘风机结构简单,并可用一台电机带动双层动轮,产生两路不同系统风流,其中一路风流可产生锥形盘式风幕,将产烟尘源全部罩住;另一路风流将含尘风流吸走并排入风筒或除尘设备。风机吸入口的有效吸程可提高 5~10 倍。主要用于金属矿、煤矿的掘进集尘,亦可用于厂矿地面的烟尘源的集尘。

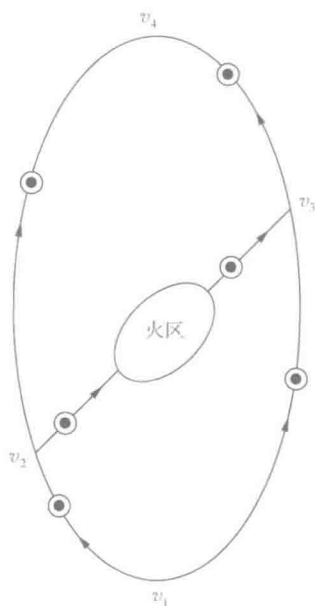


图 1-1 角联分支与火灾防治

1.3 矿井通风系统分析、评价方法

本书以作者主持的国家自然科学基金项目“矿井火灾时期通风系统可靠性、稳定性、安全性理论研究”(50704019)为依托,结合作者的硕士学位论文、博士学位论文、博士后出站报告及作者指导的相关硕士学位论文,进行矿井通风系统可靠性、安全性、稳定性及通风系统分析评价方面的论述。

本书涉及的作者提出、研制的主要通风系统分析、评价方法如下。

1) 通风网络解算

基于 Cross 法,利用 C# 语言开发了网络结算软件。

2) 通风系统可靠性数值分析

提出了基于截断误差理论和网络简化技术的不变化最小路集算法,利用 Matlab 内嵌的 M 语言设计了软件。

3) 通风系统稳定性数值分析

提出了灵敏度计算的迭代格式,推到了其收敛格式,基于 C# 语言开发了灵敏度计算软件,进行以灵敏度为基础的通风系统稳定性数值分析。

4) 矿井火灾时期风流动态蔓延数值分析

利用 Matlab 内嵌的 M 语言开发了矿井火灾时期风流动态蔓延软件,并在此基础上展开矿井火灾时期通风系统可靠性研究,提出了矿井火灾时期通风系统可靠性理论。

5) 基于灵敏度和通路法的通风系统最佳调节位置确定系统

在充分考虑通风系统运行经济性和通风系统稳定性的基础上,提出了基于灵敏度和通路法的通风系统最佳调节位置确定系统,为矿井通风系统的优化调节奠定了基础。

6) 基于无向图的角联结构识别数值分析

基于 C# 语言,开发了基于无向图的角联结构识别软件,并与灵敏度计算软件相结合,展开角联结构稳定性分析。

7) 基于矩阵运算的单向回路分析

提出了基于矩阵运算的单向回路确定算法,利用 Matlab 内嵌的 M 语言开发了相应软件。

8) 基于矩阵运算的图的连通性判定

提出了基于矩阵运算的图的连通性判定数学模型,利用 Matlab 内嵌的 M 语言开发了相应软件。

9) 基于通风网络特征图的通风系统综合分析

提出了三维通风网络特征图的概念,利用 Matlab 内嵌的 M 语言和 AutoCAD 内嵌的 Visual LISP 语言开发了二维和三维系列通风网络特征图软件。

10) 高瓦斯矿井以风定产决策支持系统

提出了高瓦斯矿井以风定产决策支持系统,包括通风系统最大通风能力快速确定子系统和系列通风系统最大通风能力保障子系统。