

安全高效矿井信息化建设技术研究 ——陕西省煤炭学会学术年会 论文集 (2013)

ANQUAN GAOXIAO

KUANGJING XINXIHUA JIANSHE JISHU YANJIU
SHANXISHENG MEITAN XUEHUI XUESHU NIANHUI
LUNWENJI

主 编 夏 良
副主编 李国民 谢永强
甄宪勤 王树奇



煤炭工业出版社

安全高效矿井信息化建设技术研究

——陕西省煤炭学会学术年会论文集（2013）

主 编 夏 良

副主编 李国民 谢永强 甄宪勤 王树奇

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

安全高效矿井信息化建设技术研究: 陕西省煤炭学会
学术年会论文集: 2013/夏良主编. -- 北京: 煤炭工业出
版社, 2014

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4528 - 9

I. ①安… II. ①夏… III. ①煤矿—矿井—信息化—
文集 IV. ①TD214 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 093411 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn
北京市郑庄宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 880mm × 1230mm¹/₁₆ 印张 17¹/₂

字数 515 千字

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

社内编号 7371 定价 58.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书是陕西省安全高效矿井信息化建设技术研究的论文集锦，收录了 64 篇煤矿安全高效矿井信息化建设方面的论文，全面展示了陕西省煤矿安全高效矿井信息化建设方面的科技成果，可对全国的煤矿安全高效矿井信息化建设工作起到一定的促进作用。

本书可供与煤矿相关的管理人员、科研工作者和工程技术人员阅读。



编 委 会

主 任 高新民

副主任 王素珍 唐恩贤 谭克龙 杜 平 夏 良

李国民 李占利 甄宪勤

委 员 赵生茂 白永明 赵 洲 李白萍 韩晓冰

吴延海 龚尚福 李占利 王树奇 张立本

石贤明 苟文聘 曹济中 谢永强 赵宇波

郭建忠 张安军 刁华强 黄 伟 王万生

刘仁守 王栋梁 任长忠 杨 博 曹 豪

主 编 夏 良

副主编 李国民 谢永强 甄宪勤 王树奇

前 言

煤炭是陕西省的最大支柱产业之一，煤炭资源储量和煤炭产量分别位居全国第四位和第三位。陕西省煤炭工业为陕西省由煤炭资源富省向煤炭产量大省的跨越、陕西省经济总量突破万亿元大关、迈入全国经济总量第一方阵，做出了重要贡献。陕西省煤炭工业信息化建设在国家“信息化与工业化融合”方针的指引下，信息化技术有了长足发展，推动了煤炭生产和安全管理水平的提高，促进了陕西省煤炭工业持续跨越式发展，使安全生产持续稳定好转。2013 年全省煤炭产量达到 4.93 亿 t，安全生产百万吨死亡率下降到 0.063，双双创造了历史最好水平。

“十二五”期间，陕西省煤炭企业以“信息化与工业化融合”为指引，以实现陕西省煤炭工业现代化为目标，以“数字化、智能化矿山”建设为抓手，结合企业实际，同科研院所紧密合作，应用一体化宽带信息网络的数字矿山体系，建设了矿井瓦斯、矿井通风、矿井水害、煤尘灾害、煤层自燃灾害、矿山压力综合自动化监测监控系统，实现了矿井灾害自动监测、自动报警、实时应急救援，提高了矿井抗灾能力和工人工作环境安全程度。应用三维可视化技术、综合信息管理体系、无线人员定位系统，从企业管理到企业决策，实现了精细化、科学化、高效化，促进了企业生产效益和决策效率的提高，又建成了我国第一个无人值守远程操控的自动化示范综采工作面，成为陕西省煤炭工业建设现代化矿井的开端。目前，陕西省煤炭企业在信息化建设取得长足发展的基础上，着力推广应用物联网技术、大数据技术、数据挖掘技术、云计算平台等新技术，促进信息与工业化深度融合；着力解决基础薄弱、发展不平衡、人才短缺发展瓶颈，以期推进陕西省煤炭工业现代化建设。

本次征文得到了全省煤炭行业科研人员、工程技术人员的热烈响应，共收到论文 86 篇。经专家评审，64 篇获奖论文被收录本论文集，收录的论文基本反映了陕西省煤炭企业信息化建设取得的成果及发展趋势，可供全省煤炭行业科研人员、工程技术人員借鉴。

论文集的出版得到了陕西煤业化工集团企业管理部、陕西煤业化工集团黄陵矿业有限公司、西安科技大学通信与信息学院、陕西煤业化工集团信息中心的大力支持，广大科研人员、工程技术人員积极投稿，编委会成员审阅论文，并进行公正评选，在此一并表示衷心感谢！

陕西省煤炭学会理事长

高新民

二〇一四年七月十六日

目次

数字煤矿一体化数据库管理系统的分析与设计	李国民 田 丰 (1)
基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落冲击波仿真方法	董立红 (4)
地物组分与热特征结合的煤火信息提取	黄远程 张 路 (9)
平面单极 UWB 天线在煤矿井下的性能研究	刘 健 (14)
基于 STC89C52 单片机的无线测温系统设计	朱周华 (19)
煤炭行业中的信息化建设	张卫国 (23)
基于多维信息的矿井通风安全在线分析应用研究	闫振国 张京兆 李学文 等 (27)
基于视觉计算的矿井巷道形变监测方法的研究	李占利 武金浩 (32)
一种改进的模板匹配目标跟踪方法及其应用	贺建云 李占利 (39)
基于 Mesh 无线网状网的露天矿通信系统	李文峰 代新冠 (44)
手机智能视频监控系统的设计与实现	吴冬梅 洪英杰 (47)
基于无线传感器网络的煤矿井下安全监测系统的研究	李 荣 (52)
基于 Android 平台视频监控中间件的设计与实现	吴延海 李 杨 (55)
一种基于云计算的煤矿井下定位算法的研究	姚 军 高广飞 (61)
矿井通风动态控制系统的设计	商立群 (67)
测绘航空摄影技术的发展与展望	吕军超 胡 曼 (72)
GPS 监测技术在矿山机械调度中的应用	梁 涛 (76)
航空摄影测量技术在矿区生产建设中的应用	薛阿亮 (79)
矿山地质灾害监测方法探讨	高东生 (82)
基于高分立体卫星影像快速生产矿图技术	张新利 (86)
基于 GIS 的矿山生产应用研究及系统设计	张元敏 (91)
三维可视化技术在数字矿山中的应用研究	赵节霞 邹 毅 (96)
车载 GPS 高程测量技术在矿区数字成图中的应用	朱永福 (101)
GIS 在煤矿数字档案管理系统中的应用	麻均昌 关 东 于子华 (107)
煤矿安全生产信息一体化系统建设	张桂涛 何卫平 张 波 等 (112)
三维地质模型在生产管理中的更新	俞小林 (116)
三维可视化煤矿安全智能监控系统	金光辉 郑文青 王俊民 (119)
精密单点定位技术在矿区测量中的应用	郝伟姣 苏向辰 (123)
基于三维激光扫描技术的三维巷道模型建立	安鱼飞 申 平 (127)
二三维一体化地测空间信息系统平台构建与应用	陈冰凌 (131)
露天铝土矿三维信息系统的建设实现	黄 波 (135)
推扫式数字航摄仪在矿山测量中的应用	李军民 赵 欢 (139)
矿业权实地核查成果在数字矿山建设中的应用研究	林 燕 (143)
陕北能源重化工基地生态环境遥感监测研究	吕 军 万余庆 (145)
矿山地质环境遥感监测技术研究	强建华 (150)
三维矿山平台在抢险救灾中的应用	申 平 俞小林 (155)
机载 LiDAR 在构建数字矿山中的应用研究	宋袁龙 王慧芳 (159)

矿山信息化建设中数据共享关键技术及应用 王政伟 (163)

神府矿区土地复垦与生态恢复技术研究 杨双斌 (167)

煤矿车辆卫星定位管理系统应用设计与实现 张三奇 (172)

虚拟化技术在煤炭企业信息化建设中的应用 曹晓刚 郝东东 (175)

综合自动化管理系统在张家峁矿井的应用 黄永安 (179)

项目管理软件在火电工程建设中的应用 雷宏彬 尹 煜 贺小军 等 (182)

黄陵矿业煤矸石发电有限公司岗位价值精细管理系统实现方案 李 宁 张 代 刘海洋 (187)

黄陵矿业煤矸石发电有限公司安全走动式管理系统的设计 李贵民 李 宁 张 代 等 (191)

浅谈信息化和工业化的融合 张慧文 (193)

矿井水文多参数动态监测预警系统的建设与应用 吴新选 华照来 丁天瑞 (196)

大哈拉煤矿机械化改造自动化平台建设 郑兴斌 (201)

浅谈监测监控技术在煤矿企业中的必要性 朱英杰 (206)

虹膜考勤在韩城矿业有限公司的应用与实践 潘继祥 (210)

黄陵矿业有限公司一号煤矿瓦斯监测传感器设置研究 李龙国 (214)

信息化建设在煤炭行业中的应用研究 李晓花 张 阳 (219)

面向服务的煤炭企业协同管理软件架构模式研究 王万生 (223)

煤炭行业信息化进程中存在的困难分析 魏 刚 (227)

煤矿监测监控系统的设计与开发 张益玮 (230)

浅析黄陵矿区企业信息化建设管理过程中遇到的问题与对策 罗 菲 展美宁 (234)

煤炭企业信息网络建设总体架构 马修峰 (238)

双龙煤业信息化应用 王斌波 (242)

浅谈数据库云平台的研究与应用 韩家盛 (246)

浅析煤炭企业信息化建设健康持续发展的优化对策 刘 波 谢永强 (250)

浅谈煤炭企业信息化发展及应用集成技术特点 黄 伟 高艳东 (254)

煤炭行业信息化建设经验分析及智慧矿山设计 谢永强 黄 伟 郝东东 等 (259)

神经网络技术在录井参数解释中的应用 单元伟 (263)

MIS 系统在黄陵矿业煤矸石发电有限公司的应用 张 代 刘海洋 李贵民 等 (269)

数字煤矿一体化数据库管理系统的分析与设计

李国民 田 丰

[西安科技大学通信与信息工程学院, 陕西 西安 710054]

摘 要 为了建立数字煤矿统一的信息共享、处理和决策支持平台系统,研究了数字煤矿一体化数据库体系结构和异构数据集成框架结构,分析了数字煤矿数据类型。基于云数据库技术、异构数据集成和多源数据融合等关键技术,设计了数字煤矿一体化数据库管理系统的功能模块。为数字煤矿中多源异构动态数据的共享、数字煤矿数据中心的一体化智能管理提供一种参考。

关键词 数字煤矿 一体化 数据中心 异构数据 动态数据

0 引言

随着时代的发展和技术的进步,越来越多的煤矿都或多或少地配置了各种监测监控系统。例如环境监测系统,安全监测系统,核子秤计量系统,电力监测系统,信、集、闭系统,带式输送机运输监控系统,矿井提升监控系统,矿山电网综合自动化系统等。但是,这些监测监控系统仍以分散的子系统为主,没有形成一个统一的信息共享、处理和决策支持平台系统,“信息孤岛”现象非常严重。为此,迫切需要建立一个统一的信息共享、处理和决策支持平台系统,即数字煤矿一体化数据库管理系统。

1 一体化数据库管理系统体系结构

随着数字煤矿的发展,煤矿企业的信息化大致经历数据集成、部门集成、企业集成和集团集成四个主要阶段(图1)。从整体上看,目前国内煤矿企业的信息化正在经历数据集成、部门集成两个阶段,整体上数据信息采集系统还不够完善,同时缺少统一的数据标准,各专业之间的数据集成还无法做到动态性和实时性。

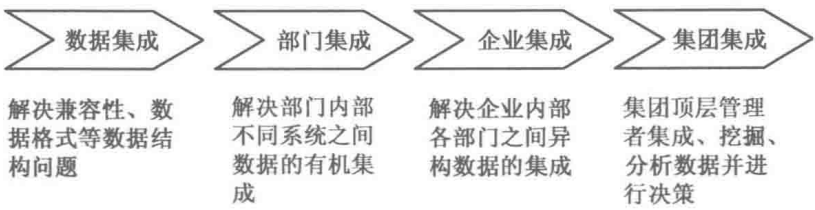


图1 煤矿企业信息化发展的阶段

由于煤矿企业中不同监测监控系统的数据信息分别属于不同系统的数据库,在数据采集点、数据标准等方面存在差异,因而无法实现数据共享和复杂应用,不仅数据冗余程度高,而且数据连续性和综合决策支持能力也比较差,使用效率低。从上述需求角度出发,建设和开发数字煤矿一体化数据库管理系统,其基本思路就是通过建立统一、集成和先进的信息系统平台,对煤矿安全生产数据进行有效管理,实现存储格式的统一、规则和标准的统一、流程和算法的统一、管理平台的统一。基于数字

煤矿一体化数据库管理系统的基本功能，数字煤矿一体化数据库管理系统体系结构如图 2 所示。

数字煤矿一体化数据库管理系统体系结构包括数据收集、数据存取、数据格式转换、数据存储、数据分析、用户界面等。

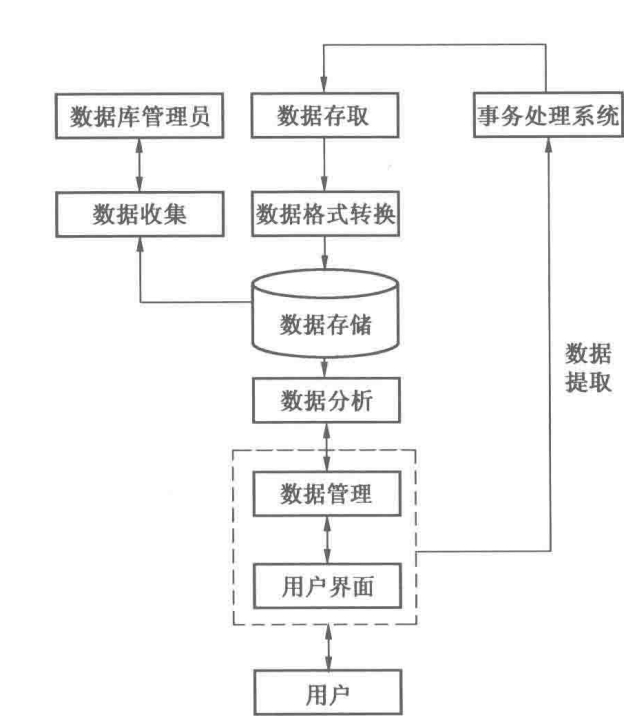


图 2 数字煤矿一体化数据库管理系统体系结构

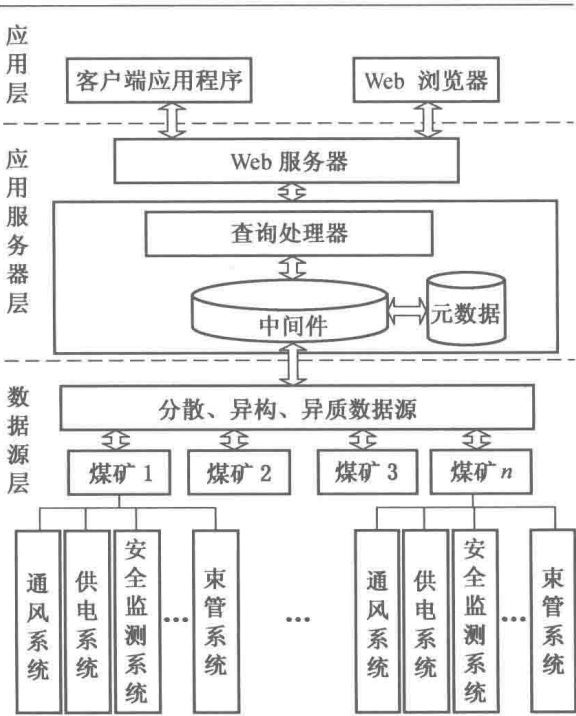


图 3 一体化数据库管理系统数据集成框架结构

2 一体化数据库管理系统数据集成框架结构

该系统的框架结构采用中间件结构，集成中间件位于异构数据库系统（数据层）和应用程序（应用层）之间。集成中间件和 Web 应用服务器构成了应用服务器层，负责应用层接收操作请求、异构数据源的数据访问、查询数据，并把结果返回应用层。

从客户/服务器角度来看，该系统的框架结构中间封装了系统的业务逻辑，构建在数据库服务系统和应用程序之间，构成了客户服务器三层结构。各个异构数据库资源构成了系统数据层；中间件系统提供数据集成的业务服务，构成了系统的业务逻辑层；应用程序则构成了系统的表示层或事务应用层（对于四层系统模型来说）。一体化数据库管理系统数据集成框架结构如图 3 所示。

3 一体化数据库管理系统设计

3.1 数据类别定义

数字煤矿数据包括基础信息数据、派生信息数据和生产信息数据三大类别。数据类别见表 1。

表 1 数字煤矿数据类别

数据类别	数据范围
基础信息数据	各种分站数据、测点类型表、生产班组信息、用户数据信息、用户数据表等
派生信息数据	监控组、瓦斯抽放定义规则等
生产信息数据	原生数据、运行日志、瓦斯抽放计算等

基础信息数据主要包括分站数据（分站的种类、IP 地址、别名、形态、型号、描述、供配电方式等），测点类型表（测量单位、信号的制式和上下限、量程的上下限、误差带、传感器型号），生产班组信息（班组的开始和结束时间、跨天记号、班组状态），用户数据表（用户的名称、密码以及状态）等。

派生信息数据主要包括监控组、瓦斯抽放定义规则等。监控组即工作人员在开展监测行为时，为了工作的需要而定义的所有测点通道的集合，其目的是满足监控的实际需要，在开展监测行为时，有针对性地测量部分测点通道；瓦斯抽放定义规则包括抽放组别名、相关分站、测点编号（包括流量、夜里温度和浓度）、变量（包括流量、压力、温度、浓度等）、抽放组定义用户、定义时间、抽放组的状态和描述，该实体是确定瓦斯抽放量的依据，它包含确定瓦斯抽放量所需要的各种信息；规则实体是警报系统和煤安体系解决各种事故的参考基础，是煤安体系实现目的的主要数据来源。

生产信息数据主要包括原生数据（测点编号、数据值、时间、轮次）、运行日志（事件类型、事件触发测点编号、规则名称、触发测点数据值、事件持续时间、事件期间的上下限、事件期间的上限时刻以及下限时刻、事件期间的均值与总和大小、事件持续轮次、触发测点信号制式、事件描述、定义时间、实施的方法、实施方法的时间、事件终止的时刻、事件终止的标志）、瓦斯抽放计算（标准流量、工矿流量、负压、温度、浓度、混量、纯量、累计时间、轮次、抽放组编号、定义时间、瓦斯抽放计算状态）。

3.2 系统功能设计

基于数字煤矿一体化数据库管理系统体系结构，数字煤矿一体化数据库管理系统的功能主要包括备份功能、恢复功能、虚拟云主机管理、操作系统恢复管理、在线资料管理功能、磁盘库管理功能、报表管理功能、预警决策功能等。数字煤矿一体化数据库管理系统功能结构如图 4 所示。

4 结论

数字煤矿数据中心一体化管理是数字化煤矿建设和发展的趋势，运用云数据库技术、异构数据集成和多源融合等关键技术，设计数字煤矿一体化数据库管理系统，可以实现数字煤矿数据中心的一体化智能管理。

参 考 文 献

[1] 杜志伟，靳文涛．基于煤矿测量数据服务的一体化 [J]．辽宁工程技术大学学报：自然科学版，2012，31（6）．
[2] 林强，罗欢．跨数据中心一体化协同分布式云管理平台建设 [J]．电力建设，2012（9）．
[3] 王发辰．矿山安全生产检测监控系统的研究 [D]．济南：山东大学，2011．
[4] 王佳．石油勘探开发一体化数据仓库的设计与应用 [J]．石油化工自动化，2011，47（4）．
[5] 郑楚峰．虚拟数据中心云管理平台设计 [D]．广州：华南理工大学，2012．
[6] 白洪伟．基于 ArcSDE for SQLServer 的煤矿应急救援平台数据库研究 [D]．西安：西安科技大学，2012．

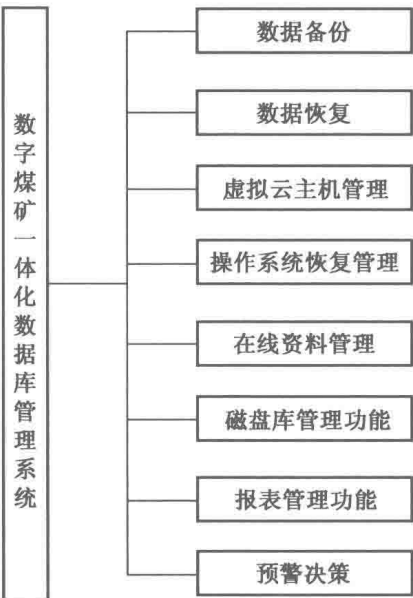


图 4 数字煤矿一体化数据库管理系统功能结构

基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落 冲击波仿真方法

董立红

[西安科技大学计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054]

摘 要 提出了基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落的仿真模型 (WD2G9 模型)。在该模型中, 将采空区顶板垮落的过程抽象为全重力活塞推进过程, 结合 D2Q9 模型和 D2G9 模型将活塞推进所产生的压缩冲击波在格子 Boltzmann 的离散网格上进行离散, 随着时间的走动进行波动。在仿真过程中可以可视化地观看冲击波的波动以及空气中粒子的演化过程, 观测空气速度、压力的变化情况。该方法为采空区顶板垮落灾害的预测和预防提供了新的途径。

关键词 格子 Boltzmann 采空区 冲击波 顶板垮落

0 引言

采空区顶板的突然垮落所产生的机械冲击和空气冲击波等会破坏井巷设施、设备, 造成地下资源丢失, 以及威胁人员安全, 特别是随着矿床开采的持续进行, 形成了许多面积近万平方米的大采空区。因此, 开展对采空区顶板垮落所产生的空气冲击波的研究有非常重要的意义。在 D2Q9 模型和 D2G9 模型的基础上, 本文提出了一种新的基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落冲击波的仿真方法。该方法能可视化地展示顶板垮落的情况, 直观地反映顶板垮落所产生的空气冲击波在传播过程中空气的速度、压力等参数的变化情况, 为预防采空区顶板垮落及预测垮落危害程度提供了新的途径。

1 物理模型

采空区顶板垮落 (实际是非整体下落) 使采空区内空气受到压缩, 气体压力升高, 密度上升, 气体由巷道涌出。但采空区面积与巷道断面面积相差悬殊, 巷道中空气喷出过程滞后于采空区内空气受压缩过程。采空区内空气压力越来越高, 使巷道中空气喷出速度越来越快; 当采空区垮落到地表或下部受压缩空气扩散到垮落岩石之上时 (在图 1 中为下落到平面 A 以下), 采空区内空气压力大幅度下降, 巷道中空气喷出速度随之下降。本文以冬瓜山铜矿西山矿段为例, 为进行模拟仿真实验, 需要对模型进行简化, 简化图如图 1 所示。

在此简化模型中近似地认为顶板垮落的过程是一个全重力活塞推进的过程, 岩体垮落过程时间短, 温度变化不大, 可以认为采空区内的空气满足一维非黏性气体动力学的理想气体条件, 在没有外力的情况下, 其流体运动满足质量、动量和能量守恒定律即 Euler 方程。

2 WD2G9 模型

通过对物理模型的分析可知, 本文要模拟的是一维非定常、非黏性气体, 即不考虑由于黏性摩擦所导致的能量损失, 但是在垮落的过程中, 重力会对气体做功, 上边界会随时间变化向下移动, 气体会受到压缩, 需要找到一个边界变化、可压缩且包含压力做功的格子 Boltzmann 模型。

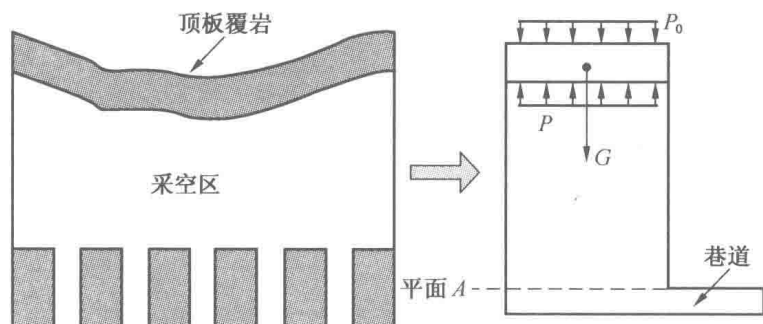


图 1 物理模型简化图

2.1 模型的主要思想

格子 Boltzmann 方法是将流体的运动过程进行空间离散、流体离散、速度离散和时间离散，流体粒子根据一定的碰撞规则和移动规则进行流动，最后再统计出流体宏观特性的一种方法。鉴于此思想，本文将采空区顶板垮落的全重力活塞运动所产生的压缩波进行波动，在格子 Boltzmann 空间离散化的空间网格上同样进行离散化，在格子 Boltzmann 的时间离散上进行波动，并且在每一个离散的时间步上进行速度离散演化，达到一个强化的局部波动平衡，波动过程结束之后（假设波动过程在流体粒子演化运动之前发生），流体粒子再根据非定长不可压格子 Boltzmann 方法相应的规则进行流体运动。

2.2 采空区垮落压缩波的格子 Boltzmann 模拟

将空间充分离散化后，两个相邻的网格之间距离较短，我们可以假设活塞在一个网格内以常速 u_p 向前推进。此时网格之间的距离和整个空间长度相比较短，可以认为活塞推进的另一端在无穷远处，这样在每一个小网格上，要达到平衡则冲击波阵面前、后的气体速度 u 和活塞的速度 u_p 相同，即 $u = u_p$ 。当下部受压缩空气扩散到垮落岩石之上时（如在图 1 中下落到平面 A 以下），空腔内的气体不再受到压缩，这时只按照速度场的格子 Boltzmann 模型对其处理即可。

2.3 速度场的格子 Boltzmann 模拟

在压缩波两次波动之间，可以认为采空区空腔内的气体密度是不变的，这时可以用非定长的不可压模型来模拟。Zou-Hou 模型和 Lin-Fang 模型在理论上只用于定常流动；Chen-Ohashi 模型每一个时间需要求解一个 Poisson 方程，在增加了模型计算量的同时丧失了格子 Boltzmann 方法的优势。我国学者郭照立等人提出的不可压格子 Boltzmann 模型（D2G9 模型）使其模型平衡态分布函数能够满足 $\sum h_i^{(eq)} = \text{const}$ ，克服了以上几个模型的缺点，能够模拟一般的不可压 Navier-Stokes 方程组。结合 2.2 节所描述的采空区垮落压缩波的格子 Boltzmann 模拟方法，可以得到一个耦合的模型，我们称之为压缩波 D2G9 模型，并简称为 WD2G9 模型，描述如下：

(1) 离散速度：

$$c_i = \begin{cases} (0,0) & (i=0) \\ \{\cos[(i-1)\pi/2], \sin[(i-1)\pi/2]\}c & (i=1,2,3,4) \\ \sqrt{2}\{\cos[(i-5)\pi/2 + \pi/4], \sin[(i-5)\pi/2 + \pi/4]\}c & (i=5,6,7,8) \end{cases}$$

(2) 演化方程：

$$g_i(x + c_i \Delta t, t + \Delta t) - g_i(x, t) = -\frac{1}{\tau_u} [g_i(x, t) - g_i^{(eq)}(x, t)] + f_i \quad (i=0, \dots, 8)$$

$$w_i^+(x + \Delta x, t^+) - w_i^-(x, t^-) = \Omega_u \quad (\text{空气未扩散到垮落岩石之上时}) \quad (i=0, \dots, 8)$$

权系数为

$$\omega = \begin{cases} \frac{4}{9} & (i=0) \\ \frac{1}{9} & (i=1, \dots, 4) \\ \frac{1}{36} & (i=5, \dots, 8) \end{cases}$$

(3) 宏观物理量:

$$u = \sum_{i=1}^8 c_i g_i \quad p = \frac{c^2}{4\sigma} \left[\sum_{i=1}^8 g_i + s_0(u) \right]$$

(4) 输运系数:

$$\nu = \frac{1}{3} \left(\tau_u - \frac{1}{2} \right) \frac{\Delta x^2}{\Delta t}$$

2.4 边界处理方法

冲击波与一个静止的固壁边界区域碰撞会产生反射,这就需要考虑波动过程中的边界问题。在该模型中,随着顶板的垮落,上边界是不断下降的,下面将分别讨论冲击波和格子 Boltzmann 速度场的边界处理方法。

2.4.1 冲击波边界处理方法

设冲击波阵面后边有一个以常速运动的气体柱碰撞一个以固壁为边界的静止区域,冲击波在固壁上反射,这时它在自己与静止的固壁之间又留下了一个不断扩大的静止区(图2),具有速度 $U+$ 的冲击波和静止区域(S1)相连,又通过另一个速度为 $U-$ 的冲击波与静止区域(S2)相连。但考虑到在顶板垮落的过程中,时间短、速度大,其在反射过程中所损失的能量也较小。为了简化起见,假设通过静止区域和经反射前后的冲击波的速率没有变化,即 $U+ = U-$,则对冲击波的边界处理可以近似地看成无损边界上的碰撞。

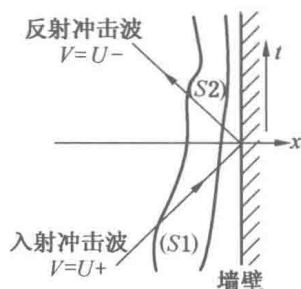


图2 冲击波在固壁上的反射

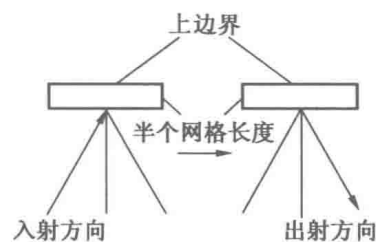


图3 速度场的边界处理方法

2.4.2 格子 Boltzmann 速度场的边界处理方法

在使用格子 Boltzmann 方法进行计算时,必须根据流动的宏观边界条件确定相应的分布函数的边界条件,目前边界处理方法主要有:启发式格式、动力学格式和外推格式三种。由于在采空区顶板垮落的过程中,时间比较短,空气的速度也较大,因此认为边界为自由滑移的,按照镜面反射的方式处理,即把边界看成一个镜面,碰撞边界的粒子在与其入射方向对称的方向上折回。但是这种自由滑移边界反弹格式仅有一阶精度。为了提高整体精度,作者使用半步长(Half-Way)反弹格式,即把边界向流场内移动半个网格长度,在格点和边界中间使用反弹格式(图3)。

3 计算机仿真结果

本文采用 Visual Basic 语言开发出基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落冲击波的仿真系统,该仿真系统可以根据实际需要确定每个节点的初始粒子数,从而确定网格的数目,以图表的形式展现速度、压力等参数的变化情况,系统的结构流程如图4所示。

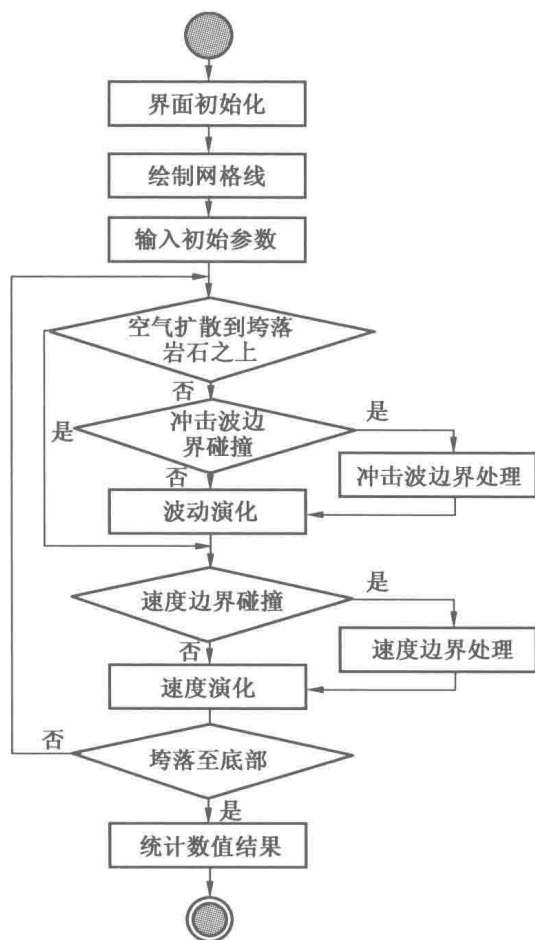


图4 仿真系统流程图

初始化时每个节点有两个初始粒子，每个粒子的初始速度为 1 m/s ，方向为 9 个方向中的随机一个；采空区的高度 $H = 140\text{ m}$ ，重力加速度 $g = 9.8\text{ m/s}^2$ ，基本压力 $p_0 = 0.10336\text{ MPa}$ ，顶板厚度 $H_s = 70\text{ m}$ ，顶板覆岩的密度 $\rho_s = 32.4\text{ kN/m}^3$ ，采空区横截面积 $S = 3848.5\text{ m}^2$ ，压缩的初始状态和模拟的最终结果如图 5 和图 6 所示。

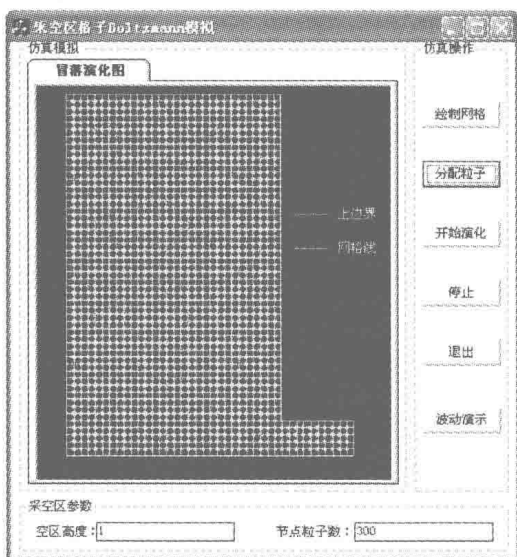


图5 网格初始状态

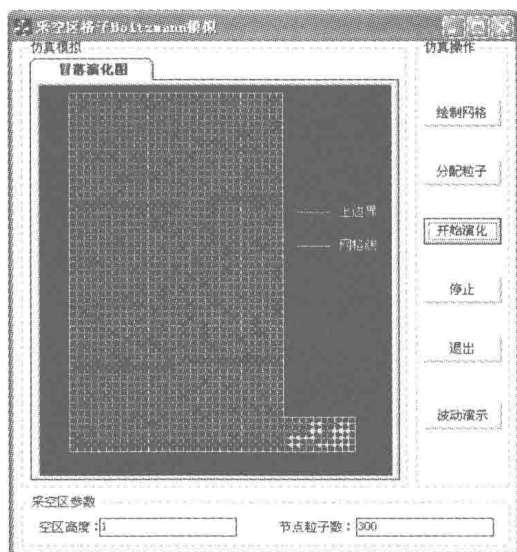


图6 压缩结果模拟状态

4 结论

计算机仿真技术是解决危害性较大且复杂的问题的一种十分有效的方法,本文所提出的基于格子 Boltzmann 的采空区顶板垮落冲击波的仿真方法,充分应用了离散化的思想,对冲击波的波动过程和速度扩散过程进行了模拟,比以前所用的物理模拟方法更加有效,而且简单易行。最终的实验结果表明计算机模拟的实验结果和现实的实验结果极为吻合,且能够反映顶板垮落过程中空气分子的运动趋势和速度等状态,具有很好的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] Qian Y, d'Humieres D, Lallemand P. Lattice BGK models for Navier-Stokes equation [J], Europhys Lett, 1992 (17): 479 - 484.
- [2] 李元香, 康立山, 陈敏屏. 格子气自动机 [M]. 北京: 清华大学出版社, 南宁: 广西科学出版社, 1994.
- [3] Hardy J, Pomeau Y, de Pazzis O. Time evolution of a two-dimensional model system [J]. J Math Phys, 1973 (14): 1746 - 1759.
- [4] Frish U, Hasslacher B, Pomeau Y. Lattice-gas automata for the Navier - Stokes equation [J]. Phys Rev Lett, 1986 (56): 1505 - 1508.
- [5] d'Humieres D, Lallemand P, Frisch U. Lattice gas methods for 3D hydrodynamics [J]. Europhys Lett, 1986 (2): 291 - 297.
- [6] Bhatnagar J, Gross EP, Krook MK. A model for collision process in gases. I. Small amplitude process in charged and neutral one-component systems [J]. Phys Rev, 94 (3): 511 - 525.
- [7] 郭照立, 郑楚光, 李青, 等. 流体力学的格子 Boltzmann 方法 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002.
- [8] 吴爱祥, 王贻明, 胡国斌. 采空区顶板大面积冒落的空气冲击波 [J]. 中国矿业大学学报, 2007.
- [9] Zou Q, Hou S, Chen, Doolen G D. An improved incompressible lattice Boltzmann model for time-independent flows [J]. J Stat Phys, 1995 (81): 35 - 48.
- [10] Chen Y, Ohashi H. Lattice-BGK methods for simulating fluid flows [J]. Int J Mod Phy C, 1997 (8): 793 - 803.
- [11] Guo Z-L, Shi B-C, Wang N-C. Lattice BGK model for incompressible Navier-Stokes equation [J]. J Comput Phys, 2000 (165): 288 - 306.
- [12] He X. Simulation of Rayleigh-Benard convection using a lattice Boltzmann method in incompressible limit [J]. J comput Phys, 1998 (146): 282 - 300.
- [13] R. 柯朗, K. O, 弗里德里克斯. 超声速流与冲击波 [M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [14] Ziegler D. Boundary condations for lattice Boltzmann simulations [J]. J Stat Phys, 1997 (87): 36 - 115.

地物组分与热特征结合的煤火信息提取

黄远程 张 路

[西安科技大学测绘科学技术学院, 陕西 西安 710054]

摘 要 通过对内蒙古乌达矿区 Landsat TM/ETM + 多光谱影像的自动混合光谱分析, 研究了区域内地物的亚像元组分特征, 并将其与温度特征结合进行聚类分析。通过实验发现部分地物组分特征与地表热特征之间存在明显的共生关系, 并以此为基础形成的聚类有效地指示出可能的煤火自燃区域, 同时较好地排除了沙地、建筑物等虚警点。

关键词 煤田自燃 混合光谱分析 地表热异常 亚像元组分 聚类

0 引言

我国北纬 35°以北地区, 如新疆、宁夏、内蒙古、陕西、甘肃、青海、山西、黑龙江等省区, 已有超过 84 个煤田发生煤层自燃。煤层自燃已成为一个重大的灾害性问题: 一方面不断燃烧的煤火消耗了大量宝贵的煤炭资源, 阻碍了煤炭资源的开采; 另一方面煤火燃烧形成的地下空洞导致地表沉陷与坍塌, 直接威胁地表居民区的生产与生活安全。煤火燃烧释放的有害化学物质造成严重的大气污染, 并引发植被及土壤退化(荒漠化), 造成水体污染与生态环境破坏等。因此, 发现并监测煤层自燃是重要的研究课题。

随着遥感技术的发展, 利用热红外光谱监测分析矿区煤火区域已经得到广泛应用, 并获得了巨大的经济价值。目前地下煤火监测与提取应用的最常见热红外光谱数据是 Landsat TM/ETM +。Stefan、Zhang、陈云浩、蒋卫国等先后利用白天 Landsat TM/ETM + 热红外光谱数据, 反演矿区的温度特征, 武建军、蒋卫国利用夜间 ASTER 热红外光谱, 反演地下煤火地表温度, 检测出地面及地下煤火区。虽然利用夜间数据进行温度反演, 在一定程度上避免了白天高温地物的干扰, 然而, 两个方面的原因限制了它的应用: 一方面, 利用地表温度特征容易造成沙地、建筑物等高温区域被误检为煤火区; 另一方面, Landsat TM/ETM + 热红外影像较低的空间分辨率影响了煤火信息的准确定位, 同时受混合像元中背景干扰造成地温较弱的煤火区域被漏检。因此, 本文通过对内蒙古乌达矿区 Landsat TM/ETM + 多光谱影像的自动混合光谱分析, 提取研究区域内地物(高反射率沙地、烧变岩岩层、煤物质、土壤以及植被)的亚像元组分特征, 然后选择与 Landsat TM 和热红外波段反演的与地表热特征紧密相关的组分特征做聚类分析得到潜在的煤火区域, 最后通过地温阈值分割确定煤火点。煤火点信息提取数据流程如图 1 所示。

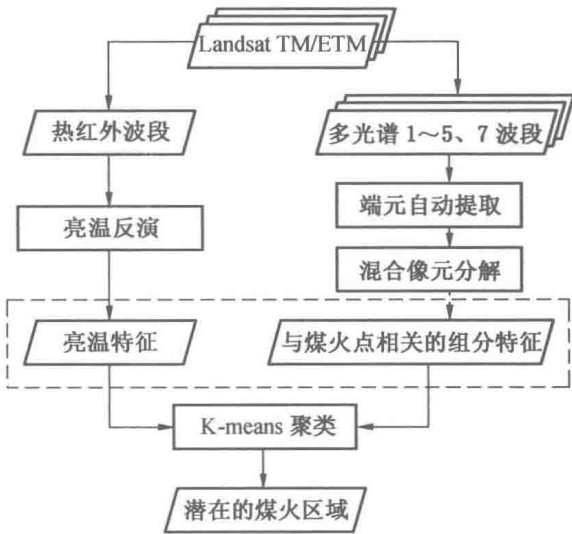


图 1 煤火点信息提取数据流程