

基于 GIS 的煤矿灾害预警救援系统设计

宋晓华, 罗德安

(北京建筑工程学院测绘与城市空间信息学院, 北京 100044)

摘 要: 为在煤矿事故发生后及时有效地实施救援, 提出基于地理信息系统(GIS)的煤矿灾害预警救援系统。采用 C#和 ArcGIS Engine 作为开发工具, 从需求分析、架构设计、数据组织、功能实现等方面完成系统的设计。应用结果表明, 该系统可实现 GIS 系统显示、编辑和制图等功能, 并可以动态模拟各区域相应灾害的避灾路线、影响范围及灾害处理措施。

关键词: 地理信息系统; 煤矿灾害; 预警救援; 井下定位; 信息系统

Design of Colliery Disaster Warning Rescue System Based on GIS

SONG Xiao-hua, LUO De-an

(School of Geomatics and Urban Information, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China)

【Abstract】 As the frequent occurrence of colliery accidents currently, in order to implement aid timely and effective, this paper proposes a method that establishing a visual coal mine disaster warning rescue management information system, which applies C# and ArcGIS Engine as develop tools. It completes the system design and implementation from requirement analysis, architecture design, data organization, function realization. Application result indicates that the system can realize the GIS system display, editing and drawing functions, and dynamic simulate the regions corresponding to disaster refuge route, influence range and disaster treatment measures.

【Key words】 Geographic Information System(GIS); colliery disaster; warning rescue; underground positioning; information system

1 概述

我国是世界产煤大国, 由于作业设备与工艺相对落后等原因, 各类煤矿事故频繁发生。近年来, 国内对煤炭的需求不断增强, 煤炭企业超负荷运转, 导致煤矿生产的安全形势有进一步恶化的趋势。煤矿事故一直是安全生产的大敌, 矿难死亡率居高不下的原因除了机械化程度低、煤层地质结构复杂、高瓦斯矿井多等原因之外, 信息化管理水平落后也是一个不可忽略的重要原因^[1]。

为了从根本上解决煤矿安全问题, 需要依靠科技进步手段提高煤矿整体安全技术装备和管理水平。其中在矿井建立煤矿灾害预警救援体系系统和安全管理体系是长治久安, 实时监督管理、改善煤矿安全环境, 防止煤矿安全事故的最主要的方面。

预警救援体系是针对煤矿的安全生产和灾害应急救援管理工作对地理信息系统(Geographic Information System, GIS)的需求, 综合应用 C#开发平台和 ArcGIS Engine 为共同开发工具作为开发手段, 也利用信息系统原理、GIS 理论、数据库技术和煤矿应急救援的研究方法等来研发的系统。系统的建设为井下安全生产及救援部门提供辅助决策工具。它是完善国家应急预案的重要工具和基本保证, 建立煤矿开采灾害应急救援系统具有重要的现实意义。为此, 本文提出一种基于 GIS 的煤矿灾害预警救援系统。

2 煤矿灾害应急救援系统对 GIS 的需求

GIS 通过运用计算机科学技术, 对各种与地理位置有关的信息进行采集、存储、查询检索、分析评价、规划布置、预测预报、动态模拟、决策支持和显示, 将地理信息各单元属性数据与空间位置直观地联系起来, 为地理信息可视化表

达提供了强有力的技术手段^[2]。

GIS 具有强大的图形、图像及属性数据处理能力, 能够对地理信息及其相关信息提供采集、处理、管理、报表等功能, 同时, 它还具备强大的空间分析功能, 如叠置、缓冲、地理编码及网络分析等^[3]。GIS 最初主要用于环境监测及资源调查领域, 随着 GIS 技术的日渐成熟, 逐渐被应用于地质、交通、电信、电力、国土、应急抢险及决策支持等领域^[3-4]。越来越多的矿井采用了地理信息系统对井下的安全状况、人员配置和设备状况等信息进行监控和管理。

为保证煤矿安全开采, 保障煤矿救援工作的及时有效, 因此, 煤矿企业必须建立一套完整的灾害预警救援系统。煤矿灾害预警救援系统的需求及开发实现都需要 GIS 技术支持, 并结合 VR 技术和 WebGIS 等空间信息技术来实现系统可视化和网络化。该系统的建立有如下优点: (1)有利于提高煤矿抗灾救灾的能力, 及时控制危险源, 以防止事故扩大, 减少事故损失。系统最重要的是考虑在信息技术的条件下对全国或全省的煤矿开采灾害救援队伍在抢险抗灾中实现救灾技术的共享。

3 系统开发技术路线

本文在现有研究的基础上, 深入分析系统、研究用户需求, 确定系统的数据来源。在数据库设计上强调数据的维护、更新、海量。充分考虑到数据的安全性, 包括硬件软件网络带来的数据安全性。系统开发技术路线如图 1 所示。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40871196)

作者简介: 宋晓华(1984 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: GIS 应用; 罗德安, 副教授、博士

收稿日期: 2011-05-13 **E-mail:** songxh519@163.com

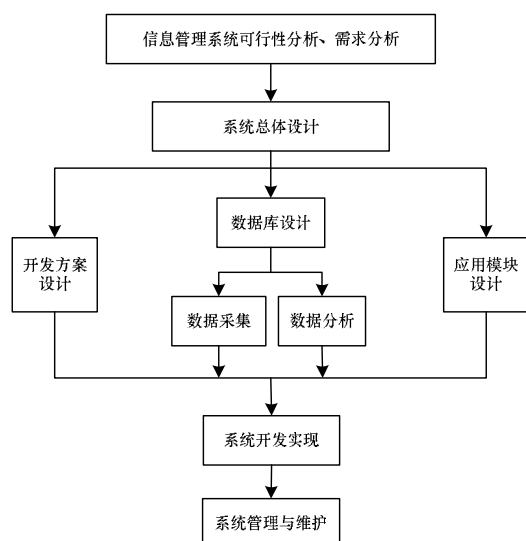


图1 系统开发技术路线

4 煤矿灾害应急救援系统结构

4.1 系统的总体构架

系统采用经典的 B/S+C/S 混合模式设计，分为数据层、应用层和用户层，系统使用方便、功能稳定、系统可靠。系统的总体框架如图 2 所示。

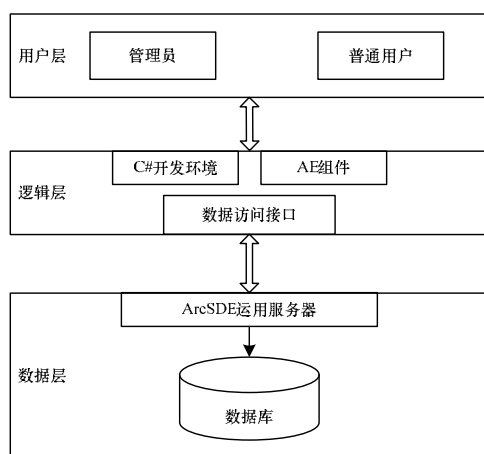


图2 系统总体框架

4.2 数据库系统设计

数据库管理信息系统的设计以实现资源共享、异构数据库系统间的互访为前提，以数据的收集、汇总、更新为主线来动态满足煤矿各部门的实际需要，以统一管理数据为目的，最终建立一个完善的、实用性和通用性强的适合煤矿需要的自动化管理信息系统。

本文系统设计了 7 个数据库：矿山基础地理数据、矿山资源数据库、矿山环境信息数据库、开采信息数据库、矿山灾害资料数据库、救灾设备数据库和其他资料数据库。

矿山基础地理数据设计个地区的各类基本地理要素和专题要素的空间数据，包括地形(矿界、勘探区、等高线、高程点)、行政区(市县界)、遥感影像图、道路、水系等；矿山资源数据库包括矿区储量、煤厚、储量级别、块段、储量等；矿山环境信息数据库包括含水层、断层、冲刷带、陷落柱、褶曲、通风的风向和风速等构造信息等；开采信息数据库包括采煤掘进、掘进巷道现状、瓦斯浓度监测、通风排水、地质断层分布等；矿山灾害资料数据库包括瓦斯灾害、顶板灾害、水灾、火灾信息等；救灾设备数据库包括安全装备、自

救器分布、供电照明系统、井下消防设备、井下通讯设备等。

4.3 系统功能模块设计

本文系统具体功能模块包括：煤矿数据管理，井下可视化管理，灾害预测管理，应急预警管理，灾害救援管理，井下定位管理，系统维护管理模块。系统功能结构如图 3 所示。

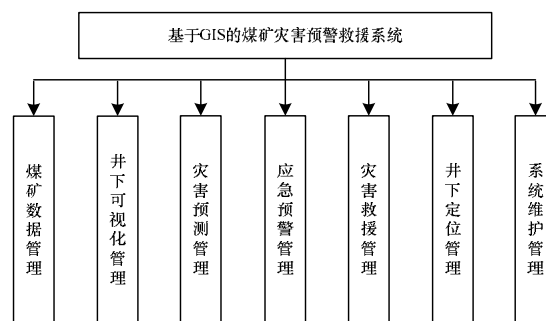


图3 系统功能结构

4.3.1 煤矿数据管理

煤矿数据管理模块作为整个管理系统的基础，用户根据不同的需要对系统数据进行操作与管理，实现系统运行数据的维护与管理。

系统运行所涵盖的数据包括各类基本和专业数据，并通过矿山基础地理数据库、矿山资源现状数据库、矿山环境信息数据库、开采信息数据库、矿山灾害资料数据库、救灾设备数据库和其他资料数据库等存储管理。这些数据在本系统的支持下不断的更新与完善。用户可以选择的操作模式对各数据库中的数据表进行新增、更新、修改、编辑和删除等操作。

4.3.2 井下可视化管理

井下可视化管理模块是整个系统的基础，虚拟现实技术应用于井下，通过对井下的形态结构及其生产、坍塌等过程进行模拟和二维、三维动态显示，可以真实地再现井下的面貌及环境演变过程，反映生产及环境状况，为研究者提供新的研究方式、提供形象的参考资料。

利用 VR 技术对井下环境进行数字化虚拟仿真，通过网络技术煤炭资源统一整合起来，全面地进行虚拟环境再现。不仅可以加强观众的参观效果，还提供新的研究方式、提高研究工作效率。采用 VR 技术，能将煤矿预测方案定位于虚拟的现实环境中进行研究，考察加入地表变形、瓦斯浓度、回采率等预测方案后，对环境的影响来评价方案的合理性。应用虚拟现实技术为实践各种可行方案的模拟创造条件，从而能够提高研究的科学性。

4.3.3 灾害预测管理

灾害预测管理模块是煤矿根据灾情进行灾害评估和灾情趋势的识别和研究，并做出评价，以便科学、有效地对煤矿面临的灾害危险程度进行动态模拟预测。它为煤矿做应急预警提供强有力的技术支撑，换言之，此模块是煤矿灾害预警救援系统的重要组成环节，也是应急救援预案的决策依据。

灾害预测模块包括灾害预测方法以及动态模拟计算、瓦斯灾害预测、顶板预测、水害预测、火灾预测和危险源动态预测等。根据灾情实时进行灾害评估和预测评价，达到防御灾害范围扩大的目的，使灾害风险降到最小，也为应急预警研究体系提供支持^[5]。

4.3.4 应急预警管理

应急预警管理模块是整个管理系统的关键环节，也是整个矿井灾害有效、科学地实施具体应急救援以及预测救援方

案制定的决策依据。在应急预警模块中可查询到通用的矿井应急救援预案, 如国家安全生产监督管理总局制定的矿山重大生产安全事故应急预案和本矿自行制定的应急预案。这些应急预案能够起到全面地指导应急救援工作的决策依据。

应急预警管理的主要内容包括煤矿矿井灾害应急预案、灾害应急救援队、救灾专家数据库、救灾设备数据库和相邻煤矿救援力量数据库等内容。救援组实时制定出的降低灾害风险的最优方法与措施, 提高了应急救援反应速度和协调能力。达到防御灾害范围扩大的目的, 有效地降低因人为指挥疏漏而带来的重大损失^[4]。

4.3.5 灾害救援管理

灾害救援管理模块包括常规救援手段和远程专家救援 2 个部分, 它是整个系统的核心。前者以技术库的形式向决策者提供矿井灾害的常用处理方法, 来帮助决策者及时采取适当的救灾措施应对突发事件。内容包括灾害常规的控制手段与处理方法, 由瓦斯(煤尘)爆炸事故处理、水灾事故处理、火灾事故处理、顶板事故处理和机械事故处理多种灾害分类提供。当发生这些当中某一事故时, 决策者只需要在这里面查询相应的事故处理, 同时配合相关领域专家和救灾设备, 进行及时有效的灾害应急处理措施的制定^[5]。

后者是重要补充救援力量, 为了弥补本矿及本省的救援队伍和救援专家的不足, 使之及时有效的采用更为合理的救援措施, 降低经济损失, 救援达到最佳效果。远程专家救援经过他们和本地救援队伍及专家进行商讨, 以本地事故详细情况向远程救援队伍和专家进行汇报后, 最后给予最好的救援措施实施方案和及时给予援救。远程专家救援主要包括国家救灾专家、本省煤矿救援队伍和基地分布、外省煤矿救援基地分布和外省或国家救灾队伍分布^[6]。

4.3.6 井下定位管理

井下定位管理模块是整个煤矿灾害应急救援系统的核心, 如果不能及时监控井下人员的实时位置, 必将给高效有序的生产调度带来不便, 降低生产效率。为解决管理人员难以及时掌握井下人员的动态分布掌握人员准确数目及作业情况管理的问题, 需要掌握任意工作区域、时间段指定人员(包括人数、人员信息)统计情况等。同时, 掌控井下人员实时定位和井下避灾线路及定位, 实现人员分布踪迹的跟踪和轨迹回放等的查询、更新与维护的功能^[7]。

4.3.7 系统维护管理

本模块是整个系统的控制中心, 用于系统运行数据的维护与管理, 它是系统安全运行的保证, 它能限制登陆用户的使用权限, 实现安全管理和系统维护等功能。

设计管理员身份登陆和普通用户登陆的 2 种方式:

(1)以管理员身份登陆的用户可以实现系统的全部功能, 还可以进行系统资料的修改, 以及系统的管理与维护。

(2)以普通用户身份登陆的用户只可以查阅该系统中的内容, 不能对系统资料进行修改和系统的维护系统管理员提供该系统维护功能。

该系统主要有用户密码管理、用户信息管理、数据库维护、系统日志管理、及系统参数设置等功能。

5 系统开发及实现

5.1 井下避灾线路定位查询实现

查询煤矿的井下的避灾线路及定位, 在软件主界面的显示窗口下点击井下避灾线路及定位, 即可在图上看到动态的井下避灾线路及定位的具体显示, 如图 4 所示。

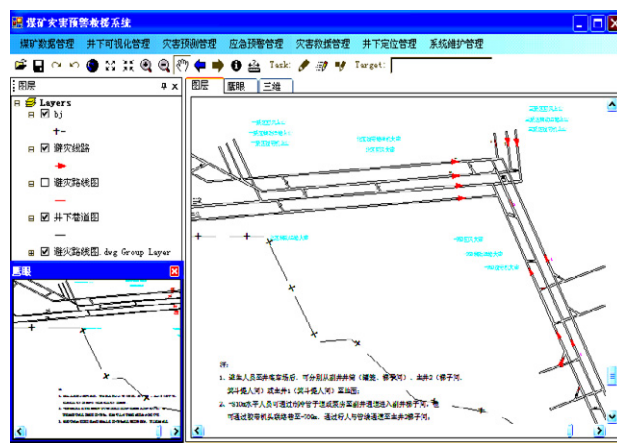


图 4 井下避灾线路及定位

5.2 灾害预测管理实现

根据灾情进行灾害评估和灾情趋势识别, 并做出评价, 以便科学有效地对煤矿面临的灾害危险程度进行动态模拟预测, 在软件主界面的显示窗口下点击通讯灾害预测, 即可在图上看到灾害预测类型, 让决策者了解矿井实情, 为制定应急预案提供决策依据, 灾害和水害信息预测界面分别如图 5 和图 6 所示。

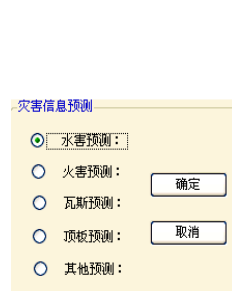


图 5 灾害信息预测窗口

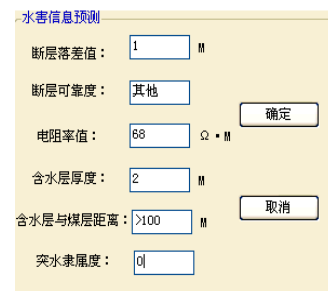


图 6 水害信息预测窗口

6 结束语

本文系统采用 C#和 ArcGIS Engine 为开发工具, 通过开发平台提供的组件, 实现了井下重大危险源分布在地图上的显示功能, 并能动态模拟各区域相应灾害的避灾路线、影响范围及灾害处理措施, 引导人员及时逃生, 同时指导救援人员及时展开救援工作, 有效的救援节省了大量的人力物力财力, 提高工作效率, 并取得了良好的技术经济效果^[8]。

参考文献

- [1] 杨胜强, 张人伟, 邸志前. 综采面采空区自然“三带”的分布规律[J]. 中国矿业大学学报, 2000, 39(1): 93-96.
- [2] 郭伦. 地理信息系统: 原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 罗德安. 基于 GIS 的铁路滑坡信息管理系统[J]. 计算机工程, 2004, 30(3): 162-163.
- [4] 杨建军, 王天保. WebGIS 在煤矿防救灾管理系统开发中的应用[J]. 煤矿安全, 2005, 36(8): 29-32.
- [5] 崔三元, 崔若飞. 基于 GIS 的煤矿水害多源信息预测方法研究[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(4): 1309-1313.
- [6] 刘桥喜, 毛善君, 马谡乃. 煤矿安全地理信息系统的设计与实现[J]. 测绘通报, 2006, (2): 60-62.
- [7] 刘昌劲, 向阳. 基于组件式 GIS 的煤矿井下定位系统的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(3): 49-51.
- [8] 张峰, 何政伟, 杨斌. 基于 GIS 和神经网络的泥石流危险性评价系统[J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 205-207, 210.