

基于 ArcEngine 的县域地质灾害数据采集与分析系统

邹强^{1,2}, 张文君¹, 税伟³, 王卫红¹

1. 西南科技大学环境与资源学院, 四川绵阳 621010
2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041
3. 四川农业大学生态与区域发展系, 四川雅安 625014

摘要 以野外调查及灾害特征分析为基础, 综合 GIS 技术、数据库技术与多源数据整合技术应用于县域地质灾害数据采集与分析, 基本解决区域地质灾害调查信息化的瓶颈问题。将基础地理数据、灾害点特征数据、相关多媒体数据等异构数据源进行标准化处理, 规定空间数据和灾害特征数据连接的各种关系, 建立了基于 SQL Server 的 ArcSDE Geodatabase 地质灾害专题数据库。以 VS.NET (C#) 和 ArcEngine 作为可视化开发工具与 GIS 开发平台, 实现了县域地质灾害数据采集与分析系统相关功能模块及软件的设计与编制。此系统包括灾害信息的录入编辑、查询统计、分析评价、制图输出等功能, 为野外灾害数据快速采集与科学管理提供了基础计算机平台。

关键词 ArcEngine; 数据采集; 数据库; 地质灾害; GIS

中图分类号 TP31

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.34.009

Data Acquisition and Analysis System for Country Region Geological Hazards Based on ArcEngine

ZOU Qiang^{1,2}, ZHANG Wenjun¹, SHUI Wei³, WANG Weihong¹

1. College of Environmental and Resource, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, China
2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China
3. Department of Eco-agriculture and Rural Development, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, Sichuan Province, China

Abstract Regional geological surveys are a basic work for disaster prevention and mitigation management. Based on the actual field survey and the geological hazard analysis, the GIS technique, the database technique and the multi-sources data technique are applied to acquire and analyze the geological hazard information, as a bottleneck in the regional geological hazard investigation. According to the geological industry standard, the characteristics of geological hazards are analyzed, and the heterogeneous data sources including the basic geographic data, the hazard feature data and the correlative multimedia data are normalized. Moreover, the connections are marked for special data and hazard characteristic data. Consequently, a special topic database is built for geological hazards by the ArcSDE and SQL Server management platform. And then, with ArcGIS's open development environment, the data acquisition and analysis system for the county regional geological hazards is successfully constructed by the Visual Studio.Net (C#) and ArcEngine technology. The software system, consisting of function modules of the map operation, the information importing and editing, the inquiry statistics, the hazard analysis and evaluation, the mapping output, can meet the demands of the geological hazard data acquisition and analysis. Furthermore,

收稿日期: 2011-11-10; 修回日期: 2011-11-28

基金项目: 四川省农村发展研究中心项目 (CR1112); 四川省教育厅重点项目 (10ZA015)

作者简介: 邹强, 讲师, 研究方向为区域环境与地理信息系统 (GIS), 电子信箱: zouqiang@swust.edu.cn

the above work not only provides a computer platform for rapidly acquiring and scientifically managing the geological hazard information, but also offers a technical support for the regional hazard analysis.

Keywords ArcEngine; data acquisition; database; geological hazard; GIS

0 引言

中国是世界上地质灾害最严重的国家之一,种类繁多,分布广泛,给人民生命及财产带来巨大损失,对区域经济发展造成了巨大影响^[1-2]。据文献统计,全国崩塌、滑坡、泥石流灾害点 41 万处,各类塌陷面积超过 1500km²,水土流失面积超过 180 万 km²。仅崩塌、滑坡、泥石流灾害平均每年造成 900 多人死亡,全国有 400 多个县(市)、1 万多个村庄受到威胁^[3]。为此,区域地质调查和地质灾害防治是具有战略意义的综合性基础工作^[4]。

20 世纪 90 年代初,区域地质调查还一直维持在野外记录本上手写记录的工作方式^[5],在社会经济发展的新形势下,这种传统区域地质调查工作由于填图、修编、出版周期长而受到严重挑战,不能满足数据实时更新与信息化管理的需要。随后,一些学者对区调野外空间数据快速采集技术、可视化技术进行探索与改进^[6-9]。随着 GIS、遥感技术的应用,区域地质调查所涉及的带有复杂拓扑关系的空间信息,对野外基础数据的一体化快速采集和科学管理提出了更高的要求。突发性地质灾害数据的收集可能持续数日数周,而连续性的地质灾害数据,日积月累,数量非常庞大。灾情评估、灾变分析时涉及大量的自然、社会和经济数据,相关部门要对这些数据进行综合分析、处理,以便快速得出分析结果,迅速决策。如何高效、快速、科学地采集和管理灾害信息是区域地质灾害调查信息化的瓶颈,是信息技术在地学领域应用迫切需要解决的问题。

本文以汶川县的地质灾害点为研究对象,围绕地质灾害数据采集与分析的主要问题展开研究,分析了主要地质灾害特征,讨论了基于 SQL Server 的 ArcSDE Geodatabase 灾害专题数据库的建设,选取 VS.NET(C#)和 ArcEngine 为可视化开发工具和 GIS 开发平台,实现县域地质灾害数据采集分析系统相关功能模块及软件的设计与编制。

1 地质灾害特征分析

据野外实地调查统计,全县地质灾害类型有崩塌、滑坡、泥石流和不稳定斜坡等^[7-9]。

1.1 崩塌

崩塌,又称崩落、垮塌或塌方,是较陡斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体崩落、滚动、堆积在坡脚(或沟谷)的地质现象,具有突发性强,难以预防的特点,危险性较大。

崩塌的主要控制因素包括自然因素和人为因素两类。自然斜坡的垮塌,其主要控制因素为坡体形态和结构、岩体的重力卸荷以及降雨入渗、裂隙中水压力的增减等;对于人为

因素引起的崩塌,本研究主要考虑人类活动的破坏方式、影响程度两个因素。

1.2 滑坡

滑坡是斜坡土体或岩体在重力作用下失去原有的稳定状态,沿着斜坡内滑动面整体向下滑动的现象。

滑坡主要受地形地貌、斜坡结构等因素控制。统计表明,大部分滑坡发生在坡度大于 25° 的陡坡区域,且发生滑坡的斜坡大多为结构松散的土质斜坡。滑坡发生的主要诱因是降雨和不合理的工程活动。因此,滑坡基本特征可以通过滑坡力学性质、物质成分、滑坡体厚度、稳定性、危害程度和危险性进行描述。

1.3 泥石流

泥石流是饱含大量泥沙石块和巨砾的固液两相流体,是中国山区常见的一种地质灾害^[9]。泥石流的形成,受地质、地貌、水文、气象条件及人类活动的综合作用影响。地形条件制约着流域内泥石流的物源和水动力条件,从而影响泥石流的易发程度,同时还影响泥石流的暴发频率、流量等性质。因此,泥石流基本特征可以通过泥石流基本类型、发展阶段、易发程度、发生频率、危害程度和危险性进行描述。

1.4 不稳定斜坡

岩质斜坡变形破坏主要是因为岩体卸荷发展而形成,其稳定性主要受岩体结构面组合及结构面强度控制。通常岩体卸荷裂隙面构成危险外倾结构面,其他结构面与之组合,将岩体切割成不稳定块体。岩体结构面强度则与孔隙水压力有关,大多数不稳定岩质斜坡的形成与降雨作用关系密切,主要为降雨入渗岩体,增加裂隙水压力所致。

土质斜坡变形以滑动变形为主,其控制因素与大多数土质滑坡相似,包括地形条件、地层岩性、地质构造等环境条件。斜坡形态结构特征是斜坡变形的基础物质条件,而降雨、工程活动开挖坡脚、加载等是斜坡变形的诱发因素。

2 地质灾害数据库

建立调查区地质灾害数据库,能够有效地获取储存、查询和分析灾害体特征,总结区域地质灾害的发育规律,为灾害防治和灾后重建等提供决策服务。

2.1 数据库内容

数据库包含的内容主要包括全县崩塌、滑坡、泥石流和不稳定斜坡 4 类地质灾害的空间数据、属性数据和相关多媒体数据。

(1) 空间数据包括基础地理信息数据、地质地貌数据、专业图形数据、灾害分布图、气象要素图、遥感影像图等,数据

格式主要为矢量数据和栅格数据两种。这些空间数据经过分层后存储在 Geodatabase 数据库中^[10]。

(2) 属性数据包括:地质灾害时空分布数据(灾害点代码、灾种类型、灾害点行政区位置、灾害点坐标、最近发生时间、主要诱发因素)、各乡镇基本信息(乡镇名称、幅员面积、耕地面积、所辖行政村、所辖社、户数、人口、人口密度、地质灾害点数)、地质地貌资料(灾害点地质地貌资料、承灾区地质地貌背景资料)、气象水文资料(降水资料、河流水文资料)、单灾种基本特征信息(灾害的基本特征、活动情况、发育环境、危害情况、灾害防治)、灾情信息(受灾面积、建筑农田道路损坏情况、人员财产损失)等。

(3) 多媒体数据包括:灾害点声音解说、灾害点录像、灾害点照片、各种平面图和剖面图照片等。

2.2 数据库总体设计

数据库围绕灾害数据展开设计,采用基于 SQL Server 的 ArcSDE Geodatabase 方式存储管理灾害相关信息。该阶段的任务就是将地质灾害的空间数据和属性数据按一定的策略存储数据库中,规定构成数据库的要素类、栅格数据集、属性

表之间的各种关系。数据库整体框架如图 1 所示。

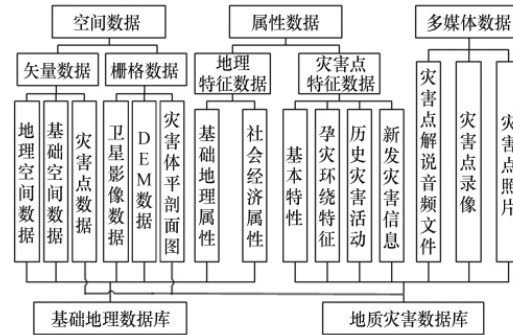


图 1 数据库结构图

Fig. 1 Structure of database

2.3 数据表建立

数据表是一个完整的数据库不可缺少的组成部分,主要用以存放一定格式的记录。创建数据表的过程其实就是定义字段的过程,本文以泥石流基本特征表为例说明数据库表的设计与构建(表 1)。

表 1 泥石流基本特征表数据项分项说明

Table 1 Data items of debris flow_information datasheet

序号	字段名称	字段编码	数据类型	长度	单位	可否为空	小数位
1	泥石流名称	D_Name	字符型	10		否	
2	灾害统一编码	Sys_Code	字符型	10		否	
3	行政区	D_Region	字符型	50		否	
4	经度	D_Lantitude	双精度型	8	(°)	否	2
5	纬度	D_Longitude	双精度型	8	(°)	否	2
6	调查点海拔	D_Elevation	双精度型	8	m	否	2
7	所在水系	D_River	字符型	30		否	
8	水源类型	D_WaterSource	字符型	10		否	
9	物源类型	D_MaterialSource	字符型	10		否	
10	物源位置	D_MSPosition	字符型	10		否	
11	流体性质	D_Liquid	字符型	10		否	
12	密度	D_Density	双精度型	8	kg/m ³	否	2
13	堆积体形态	D_FanShape	字符型	10		否	
14	堆积体-长	D_FanLength	双精度型	8	m	否	2
15	堆积体-宽	D_FanWidth	双精度型	8	m	否	2
16	堆积体-均厚	D_FanThick	双精度型	8	m	否	2
17	堆积体-方量	D_FanVolume	双精度型	8	m ³	否	2
18	堆积体-坡度	D_FanSlope	双精度型	8	(°)	否	2
19	堵河分析	D_BlockRiver	字符型	50		否	

为了实现灾害属性数据之间、属性数据与空间数据之间的关联调用,必须采用唯一标识码实现表与表之间的连接^[11],本文将崩塌、滑坡、泥石流、不稳定斜坡等灾害数据在入库的过程中采用统一编码,用数据项“灾害统一编码”描述实现此功能。该地质灾害统一编号的编码结构如图 2 所示。

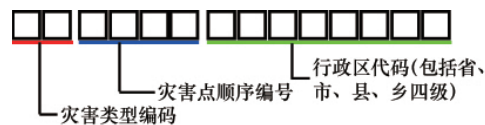


图 2 地质灾害统一编号编码结构图

Fig. 2 Coding structure of geological hazard data

3 系统设计与开发

3.1 系统总体设计

为了提高数据的录入编辑、查询、分析的效率,提高系统的灵活性和可维护性,本文以 ArcEngine+VS.NET+SQL Server 为开发环境与平台,采用基于 COM 的组件式软件开发方法进行系统设计与开发。在软件体系构成上采用数据层、GIS 处理层与服务层 3 层结构体系,分别负责实现数据管理访问、GIS 业务处理、用户交互等功能;在业务上将系统划分为地图可视化、查询统计、分析评价、编辑管理、空间分析、专题制图和系统管理 7 个模块;在系统内部功能实现上将系统划分为相对独立的功能组件,相互之间基于接口进行通信。本系统主界面如图 3 所示。

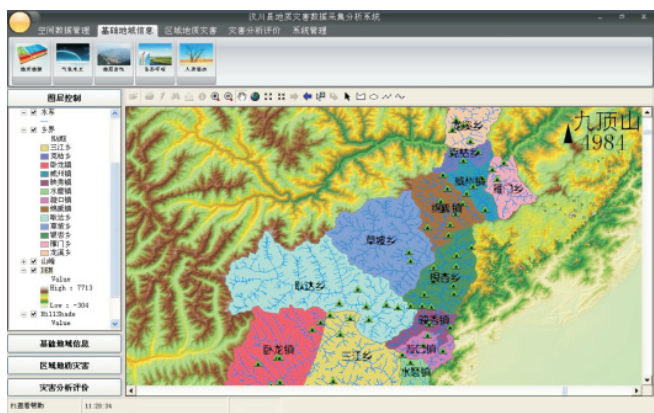


图 3 系统主界面

Fig. 3 Main interface of the system

3.2 系统主要功能模块

3.2.1 地图可视化

图形显示功能将系统中所有的基础地理图层以分层或者综合方式进行显示。能实现用户的定制显示;实现地图的点击放大(缩小)、拉框放大(缩小),图形的无级缩放,图层漫游、选择地图对象、恢复上(下)一视图等功能基本操作;可以根据显示的比例尺,对所显示的地理要素进行协调,动态显示地图中各点的坐标值,完成距离和面积量算;还可以实现地图保存、另存为、打印预览、打印、输出图片。

3.2.2 查询分析

(1) 灾害信息查询:查询灾害单体的基本信息,可通过鼠标点击查看崩塌、滑坡、泥石流等灾害的基本特征。如灾害造成的危害,死亡人数、损坏房屋面积、易发程度等。

(2) 范围查询:分析显示某一行政区划范围的灾害信息或灾害分布状况,如某镇范围内的灾害分布状况。

(3) 缓冲区查询:通过缓冲区查询,分析某灾害点缓冲区范围内的人口数、建筑物数量、公路、河流等灾害影响目标的情况。对居民点、河流、公路缓冲区分析方法相似。

3.2.3 数据录入

(1) 属性数据录入:以功能较强的内置数据库为基础,提

供与空间数据相关的属性数据的存储、管理,也提供外部关系数据库录入及与内置数据库方便的交叉互访。

(2) 图形录入功能:根据制图需要,能将测区内有关的原始图件,经数字化后按逻辑层或物理层分别进行存储,按不同的地质要素分层管理,形成相应的地质底图;能方便地输入栅格地形底图和各種遥感解译图,根据需要将相同或相近的地质要素分层或综合使用。

(3) 野外空间数据、素描图和点位 GPS 数据输入:以 GPS 点坐标为定位基准,建立空间数据与灾害点素描图的匹配关系,提供数据输入接口。

3.2.4 图形和属性数据编辑

图形与属性的可视化编辑,可直观地检查原始数据或图形的正确性,可实现图形与属性的联动编辑修改,还能进行各种图面整饰、图案线型设计,建立图形的空间拓扑关系。

3.2.5 灾害分析

(1) 统计各评价因子分级或分类中灾害发育频数:选择确定灾害评价因子,如坡度、相对高差、岩性、土地类型、与主要断裂的距离,根据各个因子分类分级标准统计相应范围内的灾害数量与分布,进一步分析区域内灾害的发育规律。

(2) 统计结果制图:根据对灾害点的属性统计结果,做出各类统计图。例如,统计各坡度区段内滑坡灾害的分布数目,由此得到各区段内灾害数据柱状对比图,并归纳出灾害发生与坡度的函数关系,为确定坡度因子对灾害的影响权重和创建数学模型提供定量依据。

3.2.6 数据输出与专题制图

灾害空间和属性数据可以以文件表格或指定格式输出;也可以利用选定的属性数据中的字段进行等级图、点密度图、饼图等各种形式的专题地图制作。

4 结论

本文通过对研究区各灾害点数据采集,分析了地质灾害隐患点的特征、分布和危害。结果表明,各种灾害的发生发展与孕灾环境条件密切相关,区域地质灾害的发育规律分析需要涉及大量孕灾环境数据,包括环境地质、地形地貌、气象水文、地层岩性、生态环境以及人类工程活动等。

本文利用 GIS 技术与多源数据整合技术,将基础地理数据、灾害特征数据、相关多媒体数据等异构数据源进行标准化处理,规定空间数据和属性数据的各种关系,建立了基于 SQL Server 的 ArcSDE Geodatabase 地质灾害专题数据库。基于 ArcEngine+VS.NET (C#) 开发的地质灾害数据采集分析系统,成功实现了灾害信息的快捷录入编辑、查询统计、分析评价、制图输出,为野外灾害数据快速采集与科学管理提供了较好的计算机平台。

参考文献 (References)

[1] 段永侯. 我国地质灾害的基本特征与发展趋势[J]. 第四纪研究, 1999

- (3): 208-214.
 Duan Yonghou. *Quaternary Sciences*, 1999(3): 208-214.
- [2] 黄润秋, 向喜琼, 巨能攀. 我国区域地质灾害评价的现状和问题[J]. 地质通报, 2004, 23(11): 79-82.
 Huang Runqiu, Xiang Xiqiong, Ju Nengpan. *Regional Geology of China*, 2004, 23(11): 79-82.
- [3] 董峻, 刘国政. 我国地质灾害现状[J]. 中国减灾, 2002(3): 12.
 Dong Jun, Liu Guozheng. *Disaster Reduction in China*, 2002(3): 12.
- [4] 袁艳斌, 韩志军, 刘刚, 等. 基于 GIS 的 1:5 万区调野外空间数据快速采集技术[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 348-352.
 Yuan Yanbin, Han Zhijun, Liu Gang, et al. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 15(3): 348-352.
- [5] 姜作勤, 李友枝. 野外地质数据采集信息化的现状与特点 [J]. 中国地质, 2007, 28(6): 1-5.
 Jiang Zuqin, Li Youzhi. *Chinese Geology*, 2007, 28(6): 1-5.
- [6] 刘文玉, 吴湘滨, 张宝一, 等. 红透山矿区三维地质建模与可视化研究 [J]. 科技导报, 2011, 29(11): 48-51.
 Liu Wenyu, Wu Xiangbin, Zhang Baoyi, et al. *Science and Technology Review*, 2011, 29(11): 48-51.
- [7] 杨命青, 王万东, 毋利军, 等. 龙门山区震后山地质灾害地质因素敏感性

- 评价[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(10): 3-7.
 Yang Mingqing, Wang Wandong, Wu Lijun, et al. *China Safety Science Journal*, 2010, 20(10): 3-7.
- [8] 谢洪波, 尹振羽, 钱壮志. 降雨型突发性地质灾害县级气象预警研究——以云南新平县为例[J]. 安全与环境学报, 2008, 8(2): 72-75.
 Xie Hongbo, Yin Zhenyu, Qian Zhuangzhi. *Journal of Safety and Environment*, 2008, 8(2): 72-75.
- [9] 康志成, 李焯芬, 马蔼乃, 等. 中国泥石流研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
 Kang Zhicheng, Li Zhuofen, Ma Ainai, et al. *Study on debris flow in China*[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [10] 张永利, 张建平. 基于 Geodatabase 的工程设施自然灾害案例库设计 [J]. 自然灾害学报, 2011, 20(1): 6-9.
 Zhang Yongli, Zhang Jianping. *Journal of atural Disasters*, 2011, 20(1): 6-9.
- [11] 刘丰, 王泽, 曲政. 基于数据库的图文报表生成系统的研究 [J]. 计算机应用, 2006, 26(2): 36-38.
 Liu Feng, Wang Ze, Qu Zheng. *Journal of Computer Applications*, 2006, 26(2): 36-38.

(责任编辑 郑伟, 刘志远)

· 学术动态 ·



“第十六届二氧化硫 氮氧化物汞 细颗粒物 污染控制技术研讨会”征文

由中国环境科学学会主办的“第十六届二氧化硫 氮氧化物汞 细颗粒物污染控制技术研讨会”拟于 2012 年 2 月 22—23 日在福建厦门召开。

征文范围：“十二五”期间全国大气污染物排放总量控制规划；重点区域的大气污染联防联控规划及措施；火电行业脱硝电价优惠政策；燃煤机组烟气脱硝设施建设和运行管理；锅炉、窑炉低氮燃烧改造实例；低氮燃烧技术；SCR 和 SNCR 脱硝工艺技术；催化剂运行及管理；低氮燃烧与 SCR 联合脱硝技术；燃煤烟气汞排放治理现状与发展趋势；燃煤火电厂汞污染控制技术；脱硫、脱硝、除尘、除汞一体化技术；烧结机脱硫建设和运行的优惠政策；烧结机烟气脱硫脱硝一体化技术；石灰石—石膏湿法烧结烟气脱硫技术；循环流化床半干法烧结烟气脱硫技术；湿式镁法烧结烟气脱硫技术；脱硫副产物资源化利用技术；水泥行业脱硝规划目标及实施方案；干法水泥脱硝建设和运行的优惠政策；新型干法窑低氮燃烧技术；干法水泥脱硝改造及设备的运行管理；SNCR 烟气脱硝技术在水泥行业的应用；袋式、电袋复合式除尘技术；电改袋除尘技术的应用；超细颗粒物控制技术；新型 FCC 催化剂技术与应用；多污染物协同控制技术；烟气在线监测技术与应用；烟气脱硫脱硝装置中防腐技术。

全文截止日期：2012 年 2 月 26 日。

联系电话：010-68668291。

电子信箱：desox@163.com。

会议网址：www.chinacses.org/c/cn/news/2011-12/15/news_3608.html。