

基于 WebGIS 的汶川地震次生地质灾害信息管理系统

黄 健 ,巨能攀 ,何朝阳 ,李为乐 ,刘汉湖

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 四川 成都 610059)

摘 要: 汶川地震次生地质灾害数量多、分布广且类型复杂,严重威胁灾区人民的生命财产安全。为了分析次生地质灾害发育分布规律,并用于减灾防灾,急需一种有效的方法来对现场调查获取的大量地质灾害数据进行管理。以信息建模理论为指导,运用统一建模语言 UML,并结合 GIS 空间数据模型分析,以建立面向对象的空间数据模型,及实现海量地灾信息综合管理为目的,研发了汶川地震次生地质灾害信息综合管理系统(WIMS)。利用 GIS 的强大空间图形管理能力、数据库技术以及网络开发等技术,以发布图形服务与数据服务的方式实现地质灾害数据共享,解决了空间数据编辑及提升地图访问速度的关键技术问题。该系统不仅能够为灾害管理部门制定防治方案提供一定的参考依据,并且能够为广大群众提供一个认识地质灾害的公共平台,提高全民防灾意识。

关键词: 汶川地震; 次生地质灾害; 建模语言; 网络地理信息系统

中图分类号: P642.2 ,X43

文献标识码: A

2008 - 05 - 12T14: 28 ,四川省汶川县映秀镇 (103.4°E ,31.0°N) 发生里氏 8.0 级强烈地震,导致四川盆地西缘与青藏高原东部挤压带——龙门山断裂带之中央断裂与前山断裂迅速向 NE 方向破裂,形成长达近 300 km 地震破裂带,同时也造成龙门山与四川盆地边界错动约 9 m 的距离^[1]。地震不仅震级高、释放能量大,且由于发生在西部地质环境比较脆弱的中、高山地区,因而触发大量的崩滑地质灾害,表现为数量多、分布广及类型复杂等特点^[2]。国家为此拨出巨额地质灾害防治专款,分多批次进行勘察治理。但是由于时间紧迫,工程量巨大等因素导致灾害信息的管理混乱,大量次生地质灾害频发,不仅造成严重人员伤亡和财产损失,加剧了地震破坏,并且给灾区恢复重建工作也带来严重的威胁。目前在地质灾害防治过程中,能否迅速获取相关地质信息,以及能否在有限时间内制定出有效的防治方案尤其重要。因此,急需寻找一种高效的地质灾害信息管理方法。本文利用编程技术、GIS 技术与数据库技术,构建面向对象的地质灾害空间数据模型,实现便捷的信息查询、编辑与添加等功能,进而

支持地质灾害信息综合分析,并开发了基于网络环境条件下的地质灾害信息管理系统(WIMS)。该系统不仅可以为专业人员提供地质灾害空间信息可视化分析,属性信息查询等以辅助完成工程防治方案设计,更重要的是能通过网络服务让更多的人了解地质灾害,从而提升全民灾害防患意识。

GIS 技术始于 19 世纪 60 年代的加拿大土地资源管理项目^[3],但是直到 1970 ~ 1980 年代才出现商业 GIS 软件^[4]。由于 GIS 集成了表现、储存、管理、分析以及空间与非空间数据可视化功能而不同于其他的信息系统,并被应用于各个行业,如 Richard (1996) 等开发了基于 GIS 滑坡信息管理系统^[5], William (2000) 等利用 GIS 来管理全国交通部门的需求^[6]。伴随着网络技术的发展,基于 Internet 的 WebGIS 迅速成为了研究的热点,其通过在 Web 上发布空间数据,为用户提供空间信息浏览、查询和分析的功能,具有应用广泛、平台无关性以及操作简单等特点。Peng and Tsou (2003) 指出 WebGIS 是一种通过网络技术实现空间信息整合、传播与交流的平台^[7]。相比较于花费巨大、难以操作的商业 GIS 软

收稿日期(Received date): 2012 - 02 - 13; 改回日期(Accepted): 2012 - 03 - 13。

作者简介(Biography): 黄健(1984 -),男(汉),四川成都,博士研究生,主要从事地质灾害防治与 GIS 应用等研究工作。[Huang Jian (1984 -), Male (Han nationality), Chengdu, Sichuan, Ph D student, work on landslide control and GIS application.] E - mail: hj0416@ 163. com

件,如 ArcGIS 等,WebGIS 为用户提供了一种简便获取空间信息的途径^[8]。此外,其通过普通网页实现的工具对于熟悉网络的用户来说都将是及其容易理解的^[9]。如 Kentucky 地质图信息系统为用户提供该地区各种比例尺的地质图及相关数据,包括地质构造、地层岩性、水文以及油气矿产等。Wildnispark 信息系统为用户提供该自然公园的相关信息来帮助游客选择观光路线,如景点的分布、详细介绍等。可见,WebGIS 为实现不同机构、组织与部门协同工作,共享资源提供了一个新的手段。此外,任何一个信息系统成功的关键便是科学合理的数据组织,针对地质灾害信息系统则应包括相关要素的采集与整理、数据标准化与规范化,并在此基础上构建地质灾害综合信息数据库。

1 数据准备

本文介绍的信息系统主要是针对汶川地震次生地质灾害信息的存储、管理以及空间展示等,其数据来源主要是通过资料收集、现场调查以及遥感解译获得。

1.1 数据整理

为实现数据库的可操作性与一致性,空间数据统一采用高斯-克吕格投影、1954 北京坐标系与 1985 国家高程基准,统一的编码体系以及规范化的属性数据;并确保在同一坐标系下地物要素的联系性,避免图幅之间相同要素出现逻辑分析错误。

截至 2008-07-20,四川省 42 个重灾县(市)震后新增可统计地质灾害隐患多达 8 627 处,其中滑坡 3 267 处、崩塌 2 383 处、泥石流 837 处、不稳定斜坡 1 694 处,其他地质灾害 86 处^[1]。且在无人居住或不直接构成威胁的区域实际上还有着庞大数量的崩塌、滑坡分布。这部分灾害点分布范围广、数量多,在短期内很难通过人工排查来掌握其分布,只能借助于各种遥感解译技术来实现^[2]。借助 ArcGIS 软件,综合利用 1:5 万数字高程模型、高分辨率卫片(QuickBird、IKONOS 等)、航空照片,解译地质灾害点的空间信息及部分属性信息,并通过现场调查补充部分灾害点的信息。另外,数据库中基础地理信息包括行政区划、居民点、水系、公路、铁路等,基础地质信息有地层岩性(界限、地层代号、产状)、地质构造(断层、褶皱),背景底图为 10 m 分辨率的 DEM 渲染图以及部分区域的 1 m 分辨率的高精度

航片。这些基础数据都通过 ArcMap 进行地图编制、编辑与分析,并保存为对应的 ArcGIS 文件,以便构建地质灾害空间数据模型。

1.2 数据编码

数据编码工作是通过给图元一个唯一的标识,以保证空间图元与属性表及外部数据库的唯一性,并且可以区别与联系各个图元的属性信息。本系统的数据采集录入及编码工作是以《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范》与《地质灾害调查信息化成果技术要求》为参考标准。在数据表设计中,地质灾害编号作为其唯一标识(关键字),由统一的 12 位编码确定,即行政区划代码+灾害类型编码+点顺序编号组成。例如编号 510724010001 的图元,其 510724 是四川省绵阳市安县的行政编码,01 表示为滑坡,0001 为该灾害点顺序编号。

2 地质灾害空间数据模型

地质灾害信息繁冗复杂,涉及到图形、文字及多媒体等多源数据的处理与分析。GIS 具有较强的空间数据存储与管理功能,能够根据需要建立数据之间的联系,构建科学的空间数据模型,从而实现多源数据的有效管理。GIS 空间数据模型是现实世界空间特征和属性的抽象表达,它使用一系列数据对象来支持图形的显示、查询、编辑与分析^[10]。因此,在大量现场调查工作总结分析的基础上,以面向对象的信息建模思想为指导构建主要的地质灾害信息对象,利用 UML 静态视图结构设计,获得地质灾害信息管理的具体形式、处理方法、约束以及需要建立的联系,如图 1 所示。地质灾害点对象,是研究区内某一灾害点的标识,主要包括滑坡、崩塌、泥石流及不稳定斜坡四类。各类灾害点在图中都表现为点图元,而附件对象不在图形中显示,由统一编号建立索引关系,其内容主要是灾害点的相关文件(文档、照片与多媒体等),通过存储文件路径的方式实施有效管理。

通过上述地质灾害信息模型分析,结合数据准备工作构建用于存储和组织地质灾害信息数据的 Geodatabase 空间数据模型。在创建元素表时,模型中有图形属性的类将单独建 Geodatabase 特征类,并建立属性联系以保证操作一致性,如图 1 中滑坡的点图元(object 对象);若没有图形属性的类,则直接建外挂属性表,如图 1 中的附件对象。另外,针对基

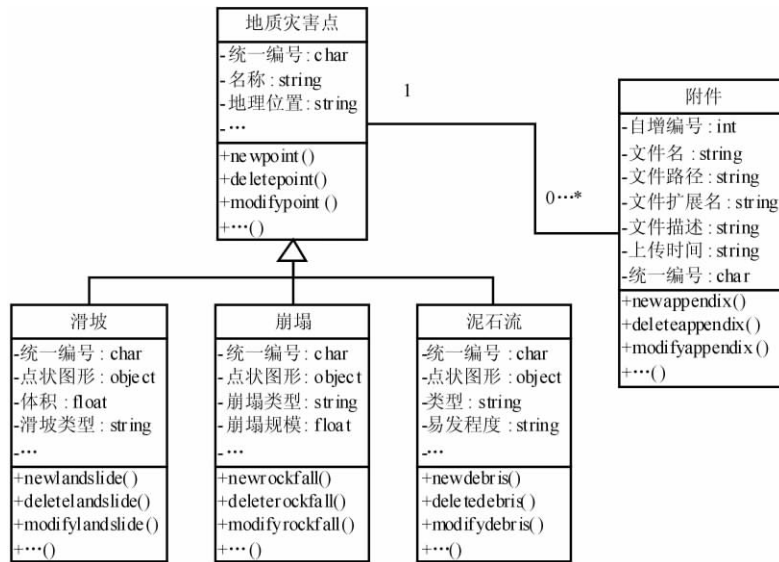


图1 地质灾害信息模型 UML 静态结构

Fig.1 UML static structure for geohazards information model

基础空间数据(如行政区划、水系等)都是按照地理信息系统建库标准来考虑,因此在地质灾害信息模型分析中不再具体说明。

3 地灾信息管理系统研究与实现

利用 ArcGIS Server、ArcSDE for Oracle、Oracle 数据库及 ASP.NET 开发技术,集成实时图形服务与数据服务功能,实现了如何运用计算机系统来使用网络应用所提供的服务。这种服务方式的特点在于实现平台的细节与业务调用程序无关,即构建了一个跨平台、跨语言的技术层,真正实现了地理信息系统的分布性与互操作要求^[11]。

3.1 系统设计

为了实现数据共享,系统采用 B/S (Browser/Server) 结构体系,用户只需要使用常用的多媒体浏览器就可以进行信息访问,数据处理与程序运行主要都在服务器端完成,并将操作结果反馈给用户,其总体框架结构设计如图 2 所示。开发的 Web 应用程序主要功能模块包括电子地图、图层控制、数据管理以及统计分析。

为了实现有效的数据管理,服务器端采用分布式部署模式,即数据的存储与发布分别采用不同的服务器来进行操作。数据服务器独立配置 Oracle 数据库,图形服务器配置 ArcGIS Server 发布工具,并安装 Oracle 客户端软件,以便配置 ArcSDE for Or-

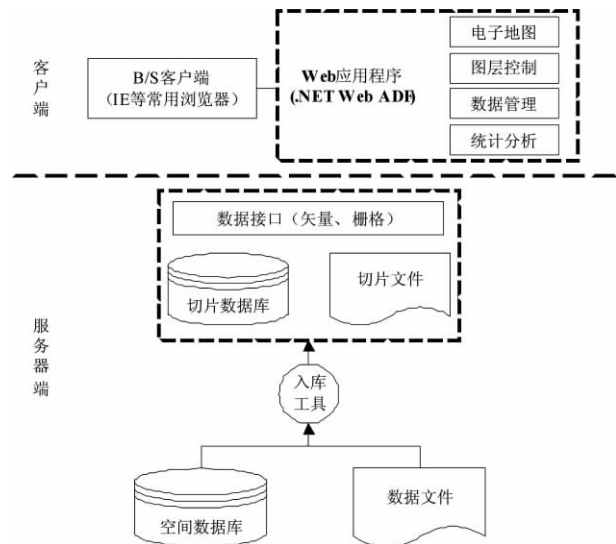


图2 汶川地震次生地质灾害信息管理系统结构框架图

Fig.2 Structure of information management system for geohazards

acle 数据引擎,完成对空间数据库的有效管理。根据前述地质灾害空间数据模型的构建及数据整理,组建得到系统空间数据库与相关数据文件,根据格式的不同可将数据分为栅格数据与矢量数据,利用 ArcCatalog 连接空间数据库,分别创建矢量数据集 (Feature Dataset) 与栅格数据集 (Raster Catalog),导入区域空间数据以及地质灾害相关数据表,最后通过 ArcGIS Server 发布图形服务。

系统在开发过程中,考虑到异步回调技术的应用可以缩短系统响应时间,提升用户体验效果,因此

客户端使用 ESRI 推出的启用了 Ajax 技术的 Web 应用程序开发框架(.NET Web ADF)来构建基于 ASP.NET AJAX 的具有 GIS 功能的汶川地震次生地质灾害信息管理应用程序。该应用程序不仅实现基本电子地图功能,包括放大、缩小、拖动及鹰眼等操作,更主要的是对地灾信息管理,并且可以在已发布的图形服务基础上动态添加新增地灾点,即实现了空间/属性数据编辑,保证地灾数据库的后期维护与更新。另外,系统还可以进行空间与属性信息的联动查询分析,如指定区域内的地灾信息统计;以及一些简单的 GIS 空间分析的功能,如缓冲分析。以上功能在实际操作过程中,用户必须是在管理员赋予相应权限的条件下才能实施。

3.2 关键技术

WebGIS 开发技术是近年来伴随着网络技术与 GIS 应用需求而产生的。由于其具有独立平台与操作系统等优越特性,使得信息访问与交流变得非常方便,目前正向着分布式与三维 WebGIS 等方向迅速发展。但是在实际开发过程中,也遇到了一些难以解决的关键技术问题,包括空间数据在线编辑与提高图形访问速度方面,该系统做了以下工作。

3.2.1 空间数据在线编辑

在地质灾害数据管理模块中,涉及到动态添加、

修改与删除灾害点属性信息,同时也就需要对灾害点空间数据库进行相应的操作,因此必须提供在线图层编辑功能。通过判断当前用户操作图层(Group Layer)利用工作区编辑接口(IWorkspaceEdit)可以实现空间数据添加与修改等操作,操作的地图资源(MapResourceLocal)可以是本地发布的服务,也可以是网络中的其他服务。

3.2.2 提升地图访问速度

由于空间数据量大,特别是栅格数据,一景航空影像可达数 G 容量,直接发布后导致访问速度难以满足用户要求,因此目前所有的 WebGIS 都使用了缓冲机制以提高空间数据访问速度。其原理是对组织好的地图服务(.mxd 文件)进行多比例尺设置,包括各比例尺下需要显示的图形要素,以及对各比例尺条件下的地图进行切片处理,建立数据金字塔。切片数据都存储在服务器上,客户端用户在访问地图服务时,通过直接获取当前比例条件下的切片数据,并在客户端拼接成地图,这样就不是由服务器端动态创建一副整图再传送到客户端,极大的提高了地图访问速度。

3.3 应用分析

用户登录系统后,根据管理员所赋予的权限显示不同的操作界面,但图形界面一致,可以进行放大、

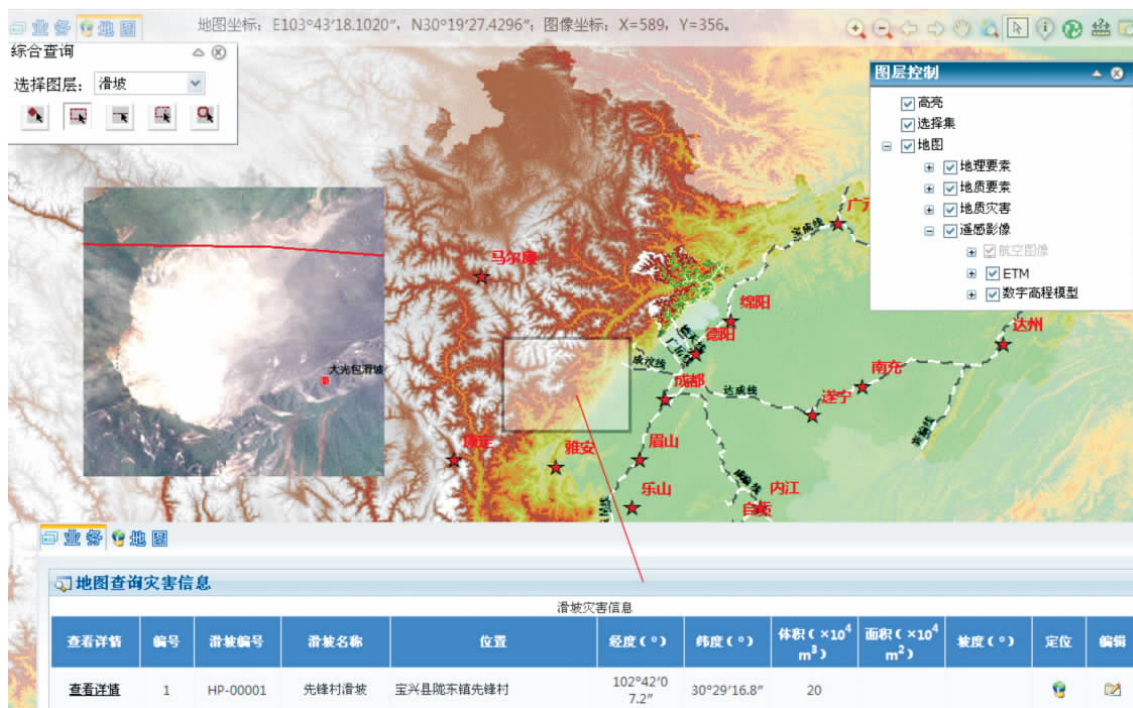


图3 系统操作主界面视图(部分截图)

Fig.3 Interface of operating system (partial map)

缩小及拖动等基本操作,控制图层的显示与隐藏,并可以多种方式(点选、线选、框选等)对指定图层进行选择查询,如图3所示的是对滑坡图层进行的拉框查询。得到的结果数据以列表的形式显示在业务窗体中,见图3中下部的列表框,可以查看、编辑该灾害点的详细信息以及在图形上定位,并伴随以高亮显示与标识效果。当图形放大到一定比例尺时,部分隐藏的图层便可以显示,如滑坡分布图、高清影像等。图3中左侧框图即为大光包滑坡的高清影像,在图层控制窗体中的航空图像处于灰色状态表示目前的比例尺条件下该图层是不显示的。

系统可以对地灾空间/属性数据库进行后期更新与维修,以及根据行政区域统计地灾信息,以统计图(直方图、饼状图和折线图)与列表的形式显示,并可导出统计结果、快速定位以及再次检索其详查数据等。除此之外,系统还具备一定的GIS空间分析功能,主要是通过空间信息迭加产生新的空间特征,或关联部分属性信息以产生新的属性。其中,应用最广泛的是空间缓冲查询,如距离某线型图元(铁路与河流等)指定距离范围内的各类地质灾害信息查询。

4 结论

汶川“5.12”地震触发大量崩滑地质灾害,分布广且类型复杂,严重威胁到灾区人民生命财产安全。本文旨在探讨如何利用ArcGIS Server的强大空间图形管理能力与Oracle数据库技术,以信息建模理论为指导,使用统一建模语言UML构建地质灾害信息模型,再结合GIS空间数据模型,运用WebGIS开发技术实现地质灾害信息综合管理。该系统通过网络应用服务的方式实现地质灾害信息共享,不仅可以为灾害防治管理部门提供可靠的技术支撑,并能够为广大群众提供一个认识地质灾害的公共平台,提高全民防灾意识。

参考文献(References)

- [1] Huang Runqiu, Li Weile. Research on development and distribution rules of geohazards induced by Wenchuan Earthquake on 12th May, 2008 [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(12): 2585–2592 [黄润秋, 李为乐. “5.12”汶川大地震触发地质灾害的发育分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(12): 2585–2592]
- [2] Li Yusheng, Huang Runqiu. Engineering geological assessments of reconstruction sites for cities and towns destroyed by Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Engineering Geology, 2008, 16(6): 764–773 [李渝生, 黄润秋. 中国汶川大地震损毁城镇恢复重建选址的工程地质评价[J]. 工程地质学报, 2008, 16(6): 764–773]
- [3] Tomlinson, R F. The Canada geographic information system [C] // Foresman, T W (Ed.). The history of Geographic Information Systems: perspectives from the pioneers. prentice – hall, upper Saddle River, NJ, 1998: 21–32
- [4] Longley P A, Batty M. Advanced spatial analysis: the CASA Book of GIS [M]. ESRI Press, Redlands, CA, 2003
- [5] Richard Dikau, Angelo Cavallin, Stefan Jager. Database and GIS for landslide research in Europe [J]. Geomorphology, 1996, 15: 227–239
- [6] William Rasdorf, Ed Shuller, Ron Poole, et al. Information management at state highway departments: issues and needs [J]. Journal of Transportation Engineering, 2000, 126(2): 97–184
- [7] Zhong – Ren Peng, Ming – Hsiang Tsou. Internet GIS – distributed Geographic Information Services for the internet and wireless networks [M]. Wiley, Hoboken, NJ, 2003
- [8] Horanont T, Tripathi N, Raghavana V, et al. A comparative assessment of internet GIS server systems [M]. Map Asia, Hotel Shangri – La, Bangkok, Thailand, 2002: August 7–9
- [9] Nelson E. Low cost options for creating a GIS [J/OL]. American City and Country, 2002: 11, http://americancityandcountry.com/mag/government_lowcost_options_creating
- [10] Wu Lun, Liu Yu, et al. Geographic information system: theory, method and application [M]. Science Press, 2005: 4–10 [邬伦, 刘瑜, 等. 地理信息系统: 原理、方法和应用 [M]. 科学出版社, 2005: 4–10]
- [11] Liu Guang, Tang Dashi. WebGIS development: ArcGIS Server and NET. Tsinghua University Press, 2009: 2–10 [刘光, 唐大仕. Web GIS 开发: ArcGIS Server 与 .NET [M]. 清华大学出版社, 2009: 2–10]

WebGIS-based Information Management System for Geohazards Triggered by Wenchuan Earthquake

HUNG Jian ,JU Nengpan ,HE Chaoyang ,LI Weile ,LIU Hanhu

(State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection ,Chengdu University of Technology ,Chengdu 610059 ,China)

Abstract: More than thousands of geohazards triggered by Wenchuan Earthquake for the complexity of characteristics ,which seriously threatened the lives and properties of local people in the disaster areas. In order to analysis the distribution regularity and reduce the shecondary geohazard ,it needs an effective method to manage the abundance of data from field investigation as soon as possible. Combined with analysis of spatial data model and modeling theory ,this paper used the Unified Modeling Language (UML) to establish the object-oriented geodatabase ,and finally developed the WebGIS-based information management system for geohazards triggered by Wenchuan Earthquake (WIMS) . Based on the powerful ability for managing spatial data of GIS ,database and internet development technology ,the system is an online GIS providing map and data services ,likewise improving spatial data editting and speed of map visiting. Besides ,the system is not only able to be a reference for the geohazard managers ,but also a common platform for other people to understand the threats from natural hazards.

Key words: Wenchuan earthquake; secondary geohazard; unified modeling language; WebGIS

征 稿 简 则

《山地学报》是专门报道山地科学研究理论与山区开发、整治、建设实践相结合等内容的综合性科技期刊 ,内容涵盖自然科学与人文科学两大门类中与山地研究、开发有关的多学科知识 ,重点报道山地资源开发与山地生态环境演变、山区工程建设与山地灾害(崩塌、滑坡、泥石流、水土流失、山洪等) 防治、山区社会发展与城镇规划、山区可持续发展与产业结构调整等领域的理论文章、应用技术、研究和实验方法等。同时设有学术动态、新书介绍和书评等不固定栏目 ,此外还特设了青藏高原等专题栏目。投稿者请注意:

1 严格遵守国家保密规定 ,涉及国家和地区名称、界线、保密等政治及敏感问题须认真核实 ,与我国政府口径一致。

2 严格按照来稿要求投稿 ,凡未按要求投稿的一律按退稿处理。投稿时 ,请寄纸质稿件 2 份到编辑部。

3 稿件文责自负。本刊对来稿有修改权 ,如不同意请事先声明。勿一稿多投。本刊审稿周期为 3 个月左右 ,作者在投出稿件 100 天后未收到稿件处理意见 ,可另行处理。由于人手有限 ,稿件刊用与否均不退还原件 ,请自留底稿。本刊对刊用稿件酌收版面费和审稿费。如需抽印 ,请事先声明数量 ,酌收成本费。

4 本刊所拟刊载稿件将同时优先进入各大检索数据源并上网 ,作者若有异议请预先申明。

5 来稿请寄: 成都市一环路南二段 10 号中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所《山地学报》编辑部 邮政编码 610041; E - mail: hyfeng@imde. ac. cn; 电话: (028) 85223826。作者投稿时务必附上联系电话。