

地质灾害卫星遥感监测系统建设方案

黄安徽

(福建省遥感学会, 福州 350011)

摘要: 地质灾害防治的信息化, 是社会发展的必然趋势。如何利用以往的经验积累, 并结合最新的科学技术, 实现地质灾害防治信息化监测, 是社会需要解决的现实问题。笔者根据实际工作经历与掌握的资料, 认为通过整合卫星遥感、地质、物化探、地震、地温、深部构造、区域变异、地壳升降等信息, 通过计算机技术, 可以达到对地质灾害的预测、预报。

关键词: 地质灾害防治; 卫星遥感; 信息化监测; 方案

1 现状与问题的分析

国家的《地质灾害防治条例》是我国各省相继制定地质灾害防治规划的重要依据, 在计算机和遥感技术飞速发展的今天, 实现地质灾害防治信息化监测, 并进行预测、预报, 无论在技术上, 还是在方法上都是可行的。陈述彭院士在 2001 年《航天遥感应用的若干新理念》中指出: “改变以学科和专业划分职能的概念, 转变为以针对现实问题寻求解决方案的观念。由‘3S’加网络和天地一体化, 走向量化的综合集成”。遥感技术提供了海量的数字化信息源, 使人们能够在多维空间中描述和研究天体, 给地质灾害预测、预报提供了可能, 为地质灾害预报提供了新技术途径。

信息化是构建和谐社会, 合理使用资源, 创造可持续发展的社会技术体系, 它不仅可以提高工作效率、决策水平, 便于人们对资源的了解及使用。本文以地质灾害预报为目标, 从技术路线、方法与技术方案进行了系统分析与设计。

2 地质灾害监测系统的技术路线

利用遥感信息多波段、多时相、多分辨率的特点, 与区域地质、构造、区域物化探信息的融合, 经专业解译, 作为灾害区域评价的因子, 进行灾害的区域等级划分。在区域评价的基础上,

结合气象卫星、资源卫星、减灾卫星信息及岩土体、风化壳层、地形、地貌等地理信息, 及重大诱因发生的时空因素, 在相关软、硬件设施的支持下, 建立数字化监测专家系统, 进行地质灾害预测、预报。其技术路线见图 1。

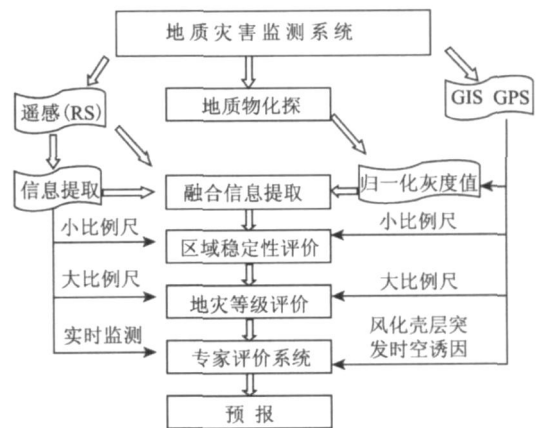


图 1 地质灾害监测系统的技术路线

Fig 1 Technical route of geological hazard monitoring system

(1) 监测中, 利用 TM、ETM、SPOT 等不同分辨率的卫星遥感数据, 以提取新构造、岩土体性质、土壤含水量等相关专题信息。同时通过多时相获得各相关专题动态变化信息, 同时结合地质、物化探、地震、地温、深部构造、区域变异、地壳升降等信息以及物化探、深部构造信息融合获取的有用信息。

作为区域稳定性评价的因子, 在各种因子中,

收稿日期: 2006202220, 修回日期: 2007202209

作者简介: 黄安徽 (1957-), 男, 高工, 福建省遥感学会秘书长, 主要研究方向: 专题信息提取与综合应用。E2mail 332211hah@shoul.com

划分不同等级的次因子, 并按各种因子对区域稳定性的贡献, 确定相应的系数, 综合全部因子的贡献, 计算出稳定性指数, 根据地质灾害研究需要, 进行评价划分不同等级的稳定性区域。

影响区域稳定性主要有以下因素: ¹ 地震: 包括地震烈度、历史强震与现代弱震活动; ² 构造稳定性: 主要表现为断裂构造活动的强度、断裂密度等; ³ 地热异常及温泉分布; ⁴ 地壳升降活动及其速率; ⁵ 浅部岩土体稳定性: 主要指基岩和松散沉积物、岩性结构、岩体的完整性等。 ⁶ 地面稳定性: 指外动力地质作用, 如岩石风化、剥蚀作用、水土流失、崩塌和滑坡等地质灾害的强弱程度等, 其中地震和构造稳定性为主要因素。

将全省划分成 2120 个 6c @4c 面积为 7215~7514km² 的单元, 对每个单元中影响稳定性诸因素赋值。各因素的加权系数及赋值的标准见表 1。

表 1 影响稳定性诸因素的赋值表
Tabl 1 Values of various factors affecting crustal stability

		得分值				
加 权 系 数		10	7	4	1	
地震	地震烈度	0 2	> 7 度	7 度	7 度	< 6 度
	强震震中	0 3	6~8 级	5~5.9 级	4.75~4.9 级	无
	弱震震中	0 1	4~4.7	3~3.9	3 级以下	无
构造稳定性	主要断裂带	0.2	多组方向	两组方向	一组方向	无
	物探推断的主要构造	0 1	多组方向	两组方向	一组方向	无
	遥感解译的主要新断裂带	0 3	多组方向	两组方向	一组方向	无
	推断的活动断裂	0 3	有			无
	断 裂 密 度 (km / 100km ²)	0.2	40 以上	31~ 40	20~ 30	20 以下
温泉分布		0 2	多处	两处	一处	无
地壳垂直形变(mm)		0.2	? 25 以上	? 15~ 25	? 5~ 15	? 5 以下
岩土体类型		0 1	Nt,Ny, S	Ns,N & Sp	Ik, Tk, Bc	Qk, Pk, Hk
灾害危险程度		0 1	强	较强	一般、较弱	弱

各单元中诸因素的得分值与加权系数的积的总和除以诸因素加权系数的总和, 其商为各单元的综合得分值, 各单元得分值为 1~915, 按得分小于 210、210~2159、216~312、大于 312 将各单元分成 \tilde{N} 、 $\hat{0}$ 、 $\acute{0}$ 、 $\hat{0}$ 四个等级, 以各等级单元的平面分布为基础, 划分出稳定区、基本稳定区、较不稳定区和不稳定区。

根据上述分区方法, 将全区划分为 11 个子区, 其中 2 个稳定区、4 个基本稳定区, 3 个较不稳定区和 2 个不稳定区:

- # 浦城) 顺昌 稳定区
- # 屏南) 闽清 稳定区
- # 武夷山) 建宁 基本稳定区
- # 福鼎) 宁德 基本稳定区
- # 三明) 连城 基本稳定区
- # 平和 基本稳定区
- # 宁化) 长汀 较不稳定区
- # 政和) 上杭 较不稳定区
- # 福州) 诏安 较不稳定区
- # 华安) 漳州 不稳定区
- # 闽南南滨海 不稳定区

上述分区结果基本符合福建省区域构造格局, 但在因子选择, 权重分配, 单元划定, 稳定性等级设置, 稳定性特征值计算与等级界定等均有待今后深化研究。

(2) 通过评价的研究, 最终得到数字化的区域性地质灾害危险程度评价图。然后, 给合区域性及重点地段实地调查结果及高时间分辨率卫星遥感信息 (气象卫星等); 地质灾害重大诱因发生的时空因素; 以及地面实时调查资料等各种信息, 在数字化专家系统支持下, 进行解评推断, 给出地质灾害发生的各种可能性的评价成果, 最终完成地质灾害的长期和短期预测、预报。

3 系统技术方案设计

3.1 信息源采集分析

- 系统采集的主要信息包括:
- 已知灾害信息: 灾害种类、位置、程度等;
- 卫星遥感信息: TM、ETM、中巴资源卫星、气象卫星、SAR、IKONOS、快鸟 (QB) 等;
- 地质: 地层、构造、地震、地温、区域变异、地壳升降、区域稳定性等;

- 物化探: v T、v H、化探异常、重力均衡异常、重力布格异常;
- 深部构造: 基底、莫氏、霍氏面、居里面等深部信息;

地表层: 岩土体及风化壳层信息; 以及地形地貌等信息。

以上信息源所代表的物理意义差别大, 比例尺各不相同, 要使不同的信息表达同一目标的贡献, 并且在相同空间尺度中融合分析, 需要采取一定的技术措施, 并按卫星遥感数据的特点, 进行各种信息的归一化及灰度值化等技术分析与处理。

312 技术方法

(1) 数据的归一化及灰度值化是首先应考虑的问题, 不同专业数据的量纲不同, 而且数值相差极大, 归一化及灰度值化才能与卫星遥感数据区配、融合。灰度值等级的设定, 不能简单的均分, 应考虑到各专业数据的特点, 根据一定区域中, 异常特征的分布规律, 与卫星遥感数据的特征, 按具体情况予以确定。同时设定几种方案, 与卫星遥感数据匹配、融合, 研究专业信息的特征明显度, 以便确定最优方案。

(2) 物探数据与卫星遥感数据的融合分析。由于卫星遥感数据性质, 要求物探数据具备面积测量条件, 目前仅航空磁法测量、重力测量及地面磁法测量, 做过面积性工作。因此, 选择 vT 异常、重力均衡异常、重力布格异常, 作为与卫星遥感数据融合的基础数据, vH 异常及电法测量数据作为重点地段调查的基础数据。磁异常是磁性物质存在的表现, 1B5万 航空磁法测量获得的 vT 异常, 磁源物质的埋藏深度不大, 通过 vT 异常与卫星遥感数据融合, 可了解地表物质与具有一定埋深的磁性物质对应关系, 并通过地学规律, 解析一定埋深地质体的性质, 从而为我们的工作提供有用信息。同样, 1B20万重力均衡异常、重力布格异常与卫星遥感数据融合, 可了解地体剩余物质与地表物质的对应关系, 能从另一个侧面提供有用信息。同时, 由于地体剩余物质埋深一般大于磁源物质的埋深, 通过两者的研究, 能立体地表现研究区域内地壳性质, 并为终极研究目的, 提供相关信息, vH 异常及电法测量数据的一般工作比例尺较大, 是进行重点地段调查的重要资料。

(3) 化探数据与卫星遥感数据的融合分析。化探异常, 无论是原生晕, 次生晕, 都是地表层某化学元素超出地球化学丰度的表现, 不同的地化元素组合, 具有不同的地学意义, 能揭示地质体的性质。化探数据与卫星遥感数据融合, 特别是不同地化元素组合异常与有选择的卫星遥感数据融合, 能提供丰富的信息, 另外, 化探异常与高光谱卫星遥感数据融合, 能为判断地质体性质, 提供直接的判断依据, 是今后工作的重点, 从事这方面的研究, 能为地质, 农业, 林业, 环境, 等相关部门提供可直接利用的成果。

(4) 深部信息与卫星遥感数据的融合分析。

基底、莫氏面、霍氏面、居里面等深部信息, 是地学研究的重要界面, 重大地质灾害的发生, 无不与这些界面的形态和形态变异密切相关。通过与卫星遥感数据两者之间的匹配、融合, 研究深部信息与地表信息融合, 一方面利用卫星遥感信息的特点, 研究深部信息现状和变异; 另一方面, 研究卫星遥感信息在区域背景中的变化。在不同遥感信息与相同深部信息的融合中, 可增强分析区域性地质性质变异研究滞后的现状, 利于问题的解决。

(5) 灾害体的特征分析。地质灾害体的形成, 有一定的地质、地理特点, 通过对已知灾害体与现有的地质、物化探、岩土体、地理特征的关联研究, 可为判别未知灾害体, 提供识别标志。例如: 灾害体与地球化学元素组合特征研究, 能为我们指示未知区域的灾害体, 为地质灾害预测预报直接提供有用的信息。但化探信息, 一般测试元素 36~ 54个, 加上各元素的组合异常, 就会影响最终评价, 因此, 对其融合分析尤应关注。

(6) 各专业解译模型研究。物探信息与卫星遥感信息融合成果解译模型研究; 化探信息与卫星遥感信息融合成果解译模型研究; 深部信息与卫星遥感信息融合成果解译模型研究; 地质灾害区域性评价专家模型研究; 地质灾害预报专家模型研究。

它们是地质灾害监测系统建设的重要任务。

313 数据库建设与系统集成

基础数据库: 包括前述信息源所列的各种信息子库及元数据库等。

专家模型库: 包括技术方案中的各种模型子库。

专题成果库: 包括各种专业信息与不同时相、不同波段、不同系列卫星遥感信息及融合的分析成果库。

数据库建设, 按统一建库标准, 分散设置子库, 通过网络与中心库联系, 分层管理, 分开设置, 真正做到数据共享运作协调。

314 系统集成

对此主要考虑多维空间地址匹配: 以卫星信息为基础, 匹配各种专业数据; 专业数据及图形数据的无缝链接; 专业模型的运算及成果输出;

阶段成果及总体评价成果的计算及输出展示。

系统集成应避免建成为数据管理中心, 硬件、软件要考虑到海量数据的运算与存储, 专家模型要采用内嵌式。系统中, 信息源及专业模型众多, 系统链路要使信息的存取、匹配、融合、输出和快捷方便。改变信息的分层管理为按坐标管理。系统集成时实行分层管理模式, 应考虑到按坐标管理模式的需要, 使系统能随技术的进步, 利于系统改造、提升。

4 结语

地质灾害监测评价, 是一个庞大的系统工程。它是强化地质灾害和地质环境调查监测重要内容和先进手段。

系统监测中, 我们应关注地质灾害的载体, 风化壳层专项研究领域。它是地质界与地理界研究的结合部, 是地质灾害评价的一个十分重要的因素。对此优先安排小区试验, 进行小面积的剖析研究, 通过各种相关资料的综合研究, 加以适当的野外调查, 辅以一定的电法测深、浅层地震的综合剖面工作, 就能得到较好的风化壳层资料。在上述经验的基础上, 开展区域性的风化壳层研究, 得出与地质灾害关联的相应信息, 对提高地

质灾害防治水平, 具有重要意义。

参考文献

- [1] 詹庆明, 肖映辉 1 城市遥感技术 1 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1999
- [2] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅 等 1 遥感影像地学理解与分析 1 北京: 科学出版社, 1999
- [3] 朱述龙, 张占睦 1 遥感图像获取与分析 1 北京: 科学出版社, 2000
- [4] 五丰, 秦其明 1 基于知识的卫星数字图像公路信息提取研究 1 北京大学学报 (自然科学版), 1998
- [5] 福州市园林绿化志编纂委员会 1 福州市园林绿化志 1 福州: 海潮摄影艺术出版社, 2000
- [6] 陈述彭. 遥感大词典. 北京: 科学出版社, 1990
- [7] 庄逢甘, 陈述彭 1 遥感科技论坛 1 北京: 宇航出版社, 2004, 2005
- [8] 赵英时 等. 遥感应用分析原理与方法 1 北京: 科学出版社, 2006
- [9] 童庆禧, 郑立中 1 中国遥感奋进创新二十年 1 北京: 宇航出版社, 2001
- [10] 庄逢甘, 陈述彭 1 卫星遥感与政府决策. 北京: 宇航出版社, 1997
- [11] 李昌泽, 高建阳 1 福建省国土资源遥感综合调查报告. 2004
- [12] 徐瑞松, 马跃良, 何在成 1 遥感生物地球化学. 广东科技出版社, 2003

Satellite Remote Sensing and Development of a Geological Hazard Monitoring System

HUANG Anhui

(Fujian Geological Mapping Institute Fuzhou 350011, China)

Abstract The informationization of geological hazard and control is a major social development trend. It is a social problem awaiting to be solved, that is, how to utilize the past experience and combine the latest science and technologies to achieve the informationization of geological hazard monitoring. According to the working experience and materials at hand, the author suggests that geological hazard can be predicted by combining the computer technology with the information obtained from satellite remote sensing, geology, geophysical and geochemical exploration, seismology, ground temperature, deep structure, regional metamorphism, and earth crust movement.

Key words geological hazard and control; satellite remote sensing; informationization of geological hazard monitoring