

高山峡谷地区的高精度地质灾害遥感解译方法研究

倪恒, 刘翔宇

(国核电力规划设计研究院, 北京 100095)

摘要: 地质灾害调查是高山峡谷地区工程地质评价的重要基础和主要数据支撑, 其传统方法需要大量的人力物力资源, 通常会导致高成本。由于交通不便和复杂地理条件, 有时很难或几乎不可能到达某些特殊位置开展工作。3S技术的发展和遥感解译分析方法, 可以实现高精度地质灾害调查, 并减少了大量的现场工作, 真正实现了空间信息的三维可视化。

关键词: 地质灾害; 3S; 高精度; 层次解译; 三维可视化

中图分类号: P694

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)02-0146-05

Study on the Method of High-precision Geological Hazard Remote Sensing Interpretation of Reservoir in the Mountain and Ravine Region

NI Heng, LIU Xiangyu

(State Nuclear Electric Power Planning Design & Research Institute, Beijing 100095, China)

Abstract: The geological disaster investigation on reservoir area is one of the main tasks in engineering geological investigation of reservoir and is of an important basis and primary data of engineering geological evaluation. The traditional method of locating geological disaster needs a lot of manpower and resources, which will normally incur high cost. Also, sometimes it is very difficult or close to impossible to have the research done at the field due to the inconvenient transportation and complex geographic condition. Meanwhile, the restriction of horizon makes it hard for geological engineers to get familiar with geological bodies in a whole. With the advance of RS(remote sensing) application, GIS(Geography Information System) techniques and 3D(three-dimensional) interpretation analysis method, high precision geological hazard investigation can be achieved with fewer field work if the spatial information and 3D visualization technology are used.

Key words: geological Disaster; 3S; high-precision; administrative levels interpretation; 3D visualization

我国高山峡谷地区地质灾害调查是影响工程经济效益和社会效益的主要因素。因此, 地质灾害调查是重要工程地质测绘任务之一, 是进行工程地质评价的重要依据。由于高山峡谷区的特殊地形地貌及地质条件、交通十分不便、工作环境恶劣等, 传统上采用的现场调查方法难以满足大范围高效率的地质测绘目的, 从而造成调查周期漫长、人力、物力耗资巨大。因此, 寻找一种高精度、高效的地质灾害调查方法成为目前高山峡谷地区工程地质测绘调查的新方向。

近20年来, 随着航空航天对地观测技术、计算机技术和电磁波信息传输技术等深入研究, 遥感技术得到了迅猛的发展, 传感器的拍摄能力、影像分辨率均不断提高, 在实用化方向上迈出了重要的一步, 并被广泛应用于各种国土资源调查与环境评价及灾害监测中。随着高山峡谷地区建设的发展, GIS(地理信息系统)、RS(遥感)、GPS(全球定位系统)等3S空间信息技术, 因其信息来源的时效性、丰富度、可信度、高精度、大范围 and 低成本以及空间处理技术的进步, 在地质环境调查中发挥了越来越大的作用。

3S技术的不断发展为地质灾害调查提供了一种新方法, 为实地调查提供了一种新补充^[2], 现已被越来越多的地质工作者所接受。我国利用遥感技

收稿日期: 2015-10-08

作者简介: 倪恒(1977), 男, 湖北荆州人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力勘测设计的管理工作(e-mail) niheng@snpdri.com。

术开展地质灾害调查起步较晚, 但进展较快。我国地质灾害遥感调查是在为山区大型工程建设或为大江大河洪涝灾害防治服务中逐渐发展起来的。有关单位先后在我国西南高山峡谷区域开展了大规模的区域性滑坡、泥石流遥感调查, 近 20 年的实践, 摸索了一套滑坡、泥石流等地质灾害遥感调查方法, 即利用遥感信息源, 以目视解译为主, 计算机图像处理为辅, 将重点区遥感解译成果与现场验证相结合, 并利用其它非遥感资料, 综合分析, 多方验证^[4-6]。但是, 大多数的解译成果仅仅局限于小比例尺的应用, 仅仅能满足于项目初级阶段的大致判断, 且准确率低、误判率高, 难以满足更高设计阶段的高精度要求。

本文将 GIS 技术、遥感技术、三维可视化技术相结合, 在高山峡谷地区进行了 1:1 万及以上精度(1:5 000-1:2 000)的地质灾害解译分析及三维可视化信息系统研究, 取得了重大的应用成果, 并形成了地形解译分析、影像解译及三维真彩色解译相结合的高精度层次解译方法, 并且在大规模数据处理及三维可视化技术上有所突破, 形成了自身的特色。这种高精度层次解译方法并结合地质灾害及主要工程地质问题分析评价方法, 在相关工程中取得了很好的应用效果, 在提高精度的同时, 大大降低了现场工程地质测绘的工作量, 并形成了基于项目数据库管理的成果资料管理模式, 避免了成果资料的混乱及不便。

1 解译流程

以高山峡谷地区地质灾害调查为对象, 以分析区域内滑坡、崩塌、泥石流的形成机理、分布规模及稳定性为目的, 以 GIS 为基础信息处理平台, 完成多源数据收集、处理与信息提取, 充分利用遥感技术的多光谱信息、结合 GIS 的空间分析及三维可视化真彩色临场技术, 运用相关地学知识与经验, 采取成熟的地形分析与判译、影像解译、三维临场检验及现场验证相结合的技术路线, 辅助完成高山峡谷地区地质勘察工作, 最终还将建立库区三维可视化系统。

研究中努力开发数据的最大潜力, 提高数据处理水平, 完善区域地质灾害的解译标志, 采用的主要技术流程为: 数据采集、数据处理、数据库建立、信息提取、三维仿真系统建立、建立解译标

志、地形解译、遥感解译、三维验证、现场验证、解译成果。当现场验证与解译成果不符时须增加解译标志。

2 数据处理

2.1 数据的收集

数据是解译工作的基础, 收集尽可能多的数据是十分有必要的, 由于数据来源不同, 格式和比例尺、分辨率等也不尽相同, 需要进行专门的数据处理工作使数据进行整合, 从而能有效利用。在研究中我们采用 1:10 000 及以上精度的地形数据, 2.5 m 及以上精度的多光谱融合影像数据。数据精度可以满足高山峡谷地区高精度要求。其中, 遥感数据与地形数据为基础数据, 灾害的解译及三维系统建设均以这两种数据为基础, 数据组成如图 1 所示。

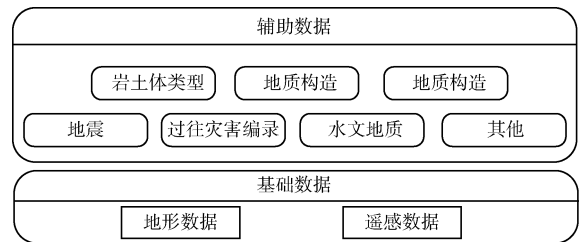


图 1 数据组成

Fig. 1 Data Buildup

2.2 数据的处理流程

主要数据处理方法如图 2 所示:

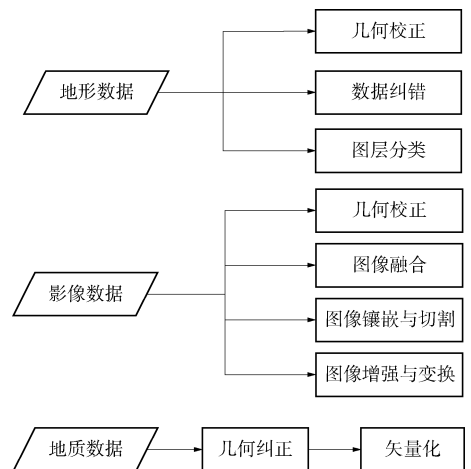


图 2 主要数据的处理方法

Fig. 2 Mostly Data Disposal Means

2.3 GIS 数据库建立、管理流程与方法的确立

数据库规则建立与数据库搭建方法:

GIS 数据库储存了有地理参照地物的位置与属性两方面数据,能够处理多源数据间的空间关联。

对于数据库的建立:

1)要根据存储目标的大小与类型选择稳定可靠数据库的类型,协同工作频率很高时要选择基于网络的数据库。

2)建立合适的关系类别,逐级管理。

3)定义地物表达的基础类型(点、线、面)。

4)定义属性字段的命名规则,字段类型、长度与域的设置。

最终达到:适应性、允许大范围的数据库查询和操作、可靠性、可避免数据的意外损失、安全性、把访问权限给授权用户、使用简单、最终用户不必知道数据库执行的细节。

3 解译方法

将 GIS 技术、遥感技术、三维可视化技术相结合,并形成了地形解译分析、影像解译及三维真彩色解译相结合的高精度层次解译方法,其主要解译分析方法如下。

3.1 信息提取

信息提取方法主要有地形信息提取与遥感信息提取。

地形信息提取主要利用 GIS 空间分析能力,如利用坡度分析提取斜坡的坡度信息、河流中心线提取、沟谷比降的快速运算等。

遥感信息提取主要利用专业遥感软件的图像分类功能与光谱间运算功能,如利用监督分类岩性的提取、利用多光谱波段间运算提取 NDVI 植被指数等,提取的信息将与其他信息类比较核实验证。

3.2 灾害解译

解译识别策略:一切地质现象都是内部构造、外部营力与时间的函数。以滑坡为例,地形地貌、地层岩性、地质构造与岩土体结构、水文地质条件是引起滑坡的内因条件,降水、河流侵蚀、地震作用、气温、植被作用、人类活动等是影响滑坡发育的外部因素。内外因相互作用形成灾变。

本研究主要针对崩塌、滑坡和泥石流,这些都是有水或无水状态下斜坡变形。无论何种情况,大多数斜坡变形致灾之前都要经历一个较长期的蠕动变形阶段,或者是古老年代产生滑坡、崩滑堆积物由于地质环境变化重新复活。对于表现出来的变形

须进行识别与判断,对于未表现出来的,可以根据岩土体类型,与周边状况做类比进行预测。

诸多因素影响影像解译的质量,客观因素主要有:遥感波长、图像解译的时相及图像比例尺、解译人员的经验与知识程度是影响影像解译的质量的主观因素,解译之前需建立“解译标志”,其不仅能够辅助新的地质工作者进行判别,并为解释地质现象规律寻求依据。

综合国内外相关经验,在遥感解译过程中采用:以地形解译分析为基础,地层岩性、地质构造与岩土体结构、水文地质状况等的外部表现为重要判别依据,建立地形、影像、三维特征的解译标志,与提取的信息和其他资料综合后,抽样进行现场对比与验证,完成解译工作。

具体实例如下。

3.2.1 滑坡的解译

滑坡是斜坡变形中最为复杂的,其表现形式也多种多样。主要表现为滑坡体上等高线零乱,形成上下陡中部缓的地形,滑坡后壁、滑坡台地、滑坡舌都是识别滑坡的判断特征。

图3~图8是某滑坡解译过程的主要特征及其图示。滑坡的地形特征(如图3)表现为:高程与外围阶地有差异,后部呈现为圈椅状地貌,后壁较陡,斜坡上出现多级平台,滑坡下滑受挫致使前端隆起,形成鼓包,坡度15至30度之间;滑坡在影像(如图4)上的表现为沟谷不断侵蚀,河流侵蚀坡脚,滑坡体中覆盖层岩体松散,纹理杂乱,植被不发育。配合地质构造数据(图6)与地貌识别发现滑坡体有断层通过形成滑坡南北部边界。三维特征(如图5)检验其滑坡特征明显。现场验证的滑坡特征如图7(滑坡后缘)和图8(滑坡台地)。



图3 滑坡地形(等高线特征)

Fig. 3 Landslide Terrain(Contour Features)

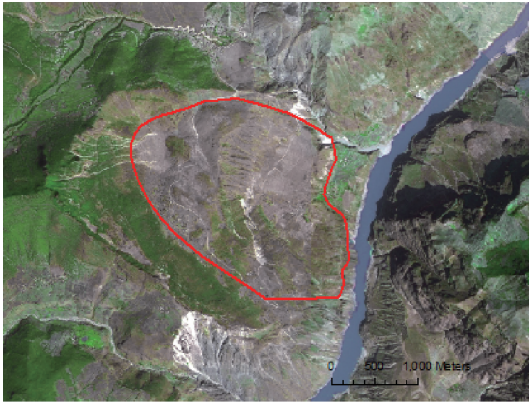


图4 滑坡影像

Fig. 4 Landslide Image



图7 滑坡后缘(现场照片)

Fig. 7 After Landslide Margin (Scene Photos)



图5 滑坡三维特征检验

Fig. 5 Three-Dimensional Characteristics Test of Landslide



图8 滑坡台地(现场照片)

Fig. 8 Landslide Platform (Scene Photos)



图6 滑坡周围断层分布

Fig. 6 Fault Distribution Around the Landslide

3.2.2 崩塌的解译

崩塌的解译较容易, 岩土体崩落滚动需要一个较陡的坡度提供势能, 在崩塌区域无高大植被, 并且新鲜岩土体暴露, 在遥感影像上表现为亮度较大。

图9~图12是某崩塌解译过程的主要特征及其图示。在图9中, 通过坡度分析得出, 此处坡度大

于50°, 通过遥感影像可见坡面凸凹不平, 沟谷侵蚀严重, 新鲜岩层亮度较高说明此崩塌在不断发育, 崩塌区内几乎无植被, 处于沟谷内崩塌堆积物被水带走形成了下部的堆积扇。三维特征验证(图11)与现场验证(图12)的结果一致。

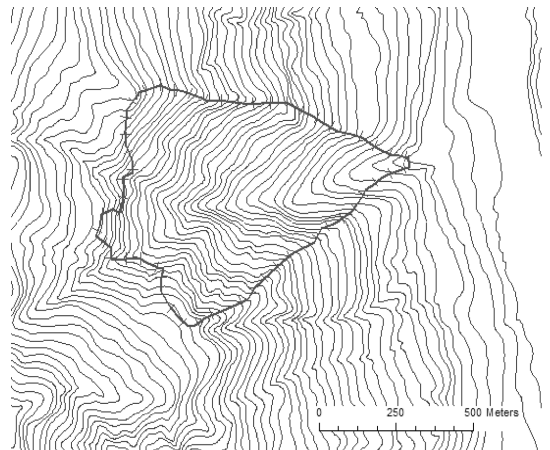


图9 崩塌地形

Fig. 9 Collapse Terrain (Contour Features)

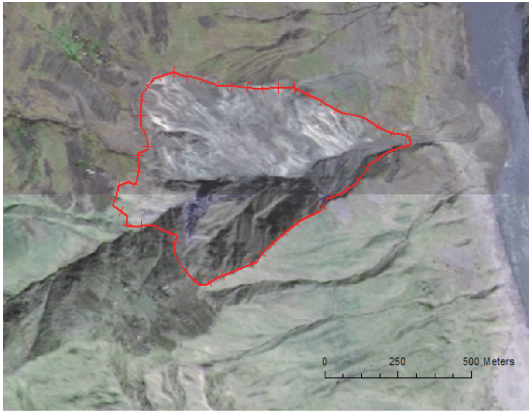


图 10 崩塌影像
Fig. 10 Collapse Image

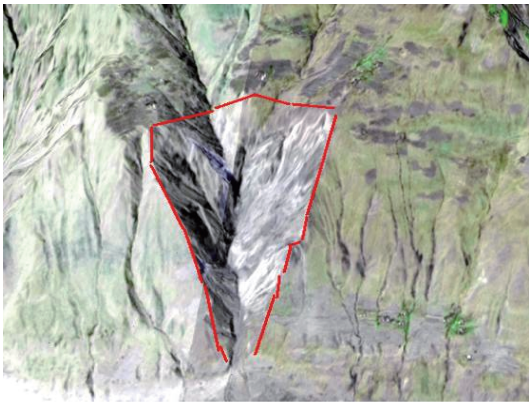


图 11 崩塌三维特征验证
Fig. 11 Collapse Characteristics Test of Landslide



图 12 崩塌现场照片
Fig. 12 Collapse Contour Features

3. 2. 3 泥石流的解译

泥石流灾害的形成取决于足够的水动力和物源条件。水动力可通过地形进行比降计算来分析；物源状况可通过分析汇水单元内的滑坡、崩塌分布状态，结合植被、岩土体性质来进行判断。此外，泥石流沟口堆积的扇状土石堆积区也是泥石流识别的重要标志。

图 13 ~ 图 15 是某泥石流解译过程的主要特征及其图示。图 14 所示的泥石流沟地形较陡，主流由两条支沟汇聚而成，在图 14 的遥感影像上可以看出扇形堆积明显，沟谷切割较深，同时，影像还表示沟内物源(图 15)丰富，泥石流处于活跃期。

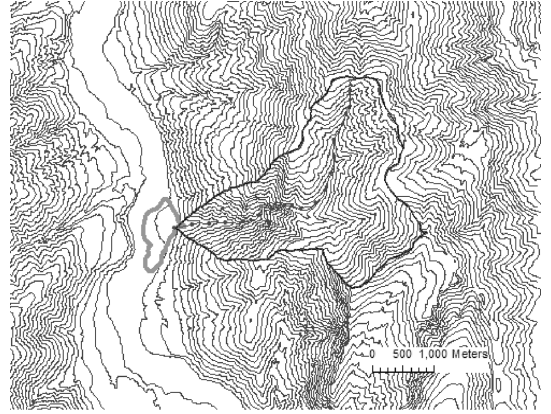


图 13 泥石流堆积区及汇水区地形
Fig. 13 Debris Flow Accumulation Area and Catchment Area Terrain

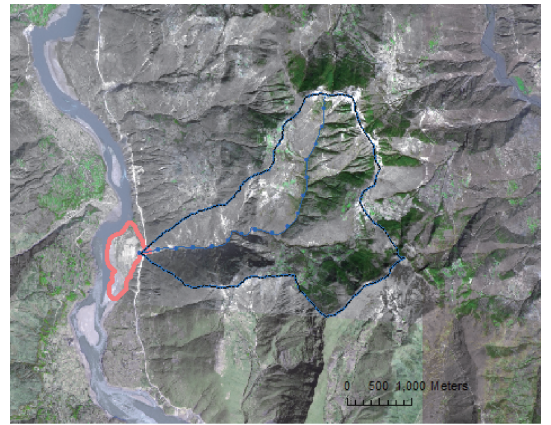


图 14 泥石流堆积区及汇水区影像
Fig. 14 Debris Flow Accumulation Area and Catchment Area Image

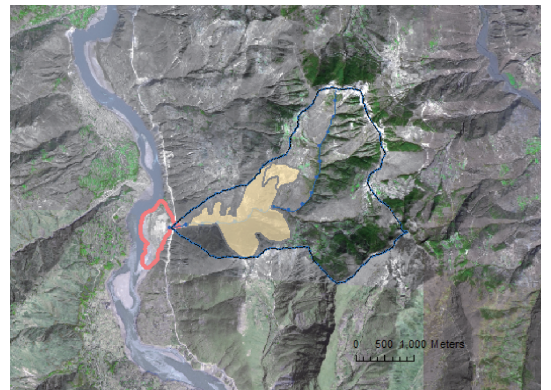


图 15 泥石流物源范围(黄色区域)
Fig. 15 Debris Source Range(Yellow Region)

正如上述实例说明的一样, 本文将 GIS 技术、遥感技术、三维可视化技术相结合, 进行了高精度地质灾害解译分析, 形成了地形解译分析、影像解译及三维真彩色解译相结合的高精度层次解译方法。

因诸多因素影响影像解译的质量, 客观因素有: 影像时相、遥感波长、数据比例尺、各类数据的原始误差。主观因素有: 数据处理水平, 解译人员的经验与知识程度等。对于客观因素的影响在数据采集之前应给与足够考虑及评估, 或者用相似数据进行补充校正, 主观上数据处理要根据数据的应用不断尝试找到合适的方法, 而对于解译人员来说, 对“解译标志”的建立与不断完善, 才能使解译工作成为系统, 而为解释地质现象规律寻求依据。

4 结论

本文采用高精度层次解译方法对滑坡、崩塌、泥石流的解译流程进行了深入系统的研究, 通过数据处理及解译识别策略, 将该方法应用于滑坡、崩塌、泥石流的实际案例中, 取得了很好的应用效果, 在提高精度的同时, 大大降低了现场工程地质测绘的工作量。

整个解译的过程是一个不断丰富修改解译标志的过程, 通过地质灾害遥感解译工作, 我们发现不同的地质环境状况, 斜坡变形的表现形式也不尽相同, 存在着许多干扰解译识别的因素与现象。今后在信息自动化提取、光谱信息利用等方面还需要进一步努力。

参考文献:

[1] 谢谟文. 水库区三维遥感解译与基于 GIS 的工程地质评价 [M]. 北京, 中国水利水电出版社, 2015.
XIE Mowen. Reservoir Area 3D Remote Sensing Interpretation

and Engineering Geological Based on GIS [M]. Beijing, China Water & Power Press, 2015.

[2] FRANCO M, ROBERT S, VAN WESTER C J. Remote Sensing Techniques for Landslide Studies and Hazard Zonation in Europe [J]. *Geomorphology*, 1996, 15: 213-225.

[3] POLEMIO M, PET R O. Hydrogeological Monitoring and Image Analysis of a Mudslide in Southern Italy [J]. *Phys Chem Earth*, 2001, 26(9): 689-695.

[4] JUNKO Iwashasia, SHIAKI Watanabeb, TAKAHIKO Furuya. Landform Analysis of Slope Movements Using DEM in HigashikuBiki Area, Japan [J]. *Computers & Geosciences*, 2001, 27: 851-865.

[5] 李家存, 魏永明, 蔺启忠. 遥感信息在南水北调西线工程区构造解译中的应用 [J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2004, 34(1): 150-153.
LI Jiacun, WEI Yongming, LIN Qizhong. The Application of Remote Sensing Information in the Structure Interpretation of the West Route Project of South-to-North Water Transfer [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2004, 34(1): 150-153.

[6] WANG Zhihua. Digital Landslide Technology and Its Application [J]. *Geoscience*, 2005, 19(2): 157-164.

[7] 谢谟文, 刘翔宇. 基于三维遥感系统的泥石流土石量计算机影响范围模拟 [J]. *水文地质工程地质*, 2011, 38(239): 115-119.
XIE Mowen, LIU Xiangyu. A 3D Remote Sensing System Based on Assessment of Debris Flow and Impact Area Mulation [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2011, 38(239): 115-119.

[8] 卓宝熙. 工程地质遥感判释与应用 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
ZHUO Baoxi. *Engineering Geological Remote Sensing Interpretation and Application* [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2002.

(责任编辑 郑文棠)

广 告

±1 100 kV 昌吉至古泉特高压直流输电工程	封二
500 kV 狮洋至五邑输电线路工程	封三
中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司	封四
第十一届中国核电技术发展高峰论坛暨《南方能源建设》核能专刊征稿通知	A4