

RS、GIS 在贵州省环境地质综合调查中的应用 ——以崩塌、滑坡、泥石流调查为例^①

刘 沛, 况顺达, 姚 智

(贵州省地质调查院, 贵州省遥感学会 贵州 贵阳 550005)

[摘 要] 通过遥感图像的目视解译及人机交互解译来识别地质灾害体, 并在 GIS 系统支持下参考区域地质、地貌背景, 对地质灾害发育规律和分布特征作进一步分析。可大大提高工作效率和成果的准确性, 对于区域性地质灾害 (尤其是崩塌、滑坡和泥石流) 的调查目前是最为有效的方法。这个方法为地质灾害的地学分析提供了一个直观的工作平台, 对于发现其各种地学规律, 提高研究程度帮助极大。

[关键词] RS; GIS; 地质灾害

[中国分类号] X87T979 [文献标识码] A [文章编号] 1000—5943 (2004) 03—0161—05

贵州省是山地类地质灾害的多发省份, 每年都有不同程度的地质灾害发生, 其造成的经济损失可达千万元。通过对省内地质环境的研究, 尽快查清省内地质灾害的发育规律, 是做好地质灾害防治工作的基础。遥感技术在进行区域性环境地质综合调查, 尤其是地质灾害的区域性普查方面具有明显的优势。

1 遥感技术的特点及其应用

遥感技术是从航空摄影逐步发展起来的一门新技术, 已广泛应用于生产实践中。遥感的含义是在远离目标、与目标不直接接触情况下判定、量测并分析目标性质。

1.1 遥感技术特点

遥感技术是基于地物电磁波特性而对地面进行观察研究的, 应用于地学方面具有视域广, 高效快捷的特点。进入 20 世纪 90 年代以后, 遥感技术的应用得到进一步的发展, 尤其是遥感技术与 GIS 技术的结合, 使遥感地学分析与制图技术大大地向前跨了一步。

1.2 项目工作流程

由于项目所采用技术路线主要是通过遥感图像的目视解译及人机交互解译来识别地质灾害体, 并在 GIS 系统支持下参考区域地质、地貌背景, 对地质灾害发育规律和分布特征作进一步分析。因此, 基本工作流程如图 1。

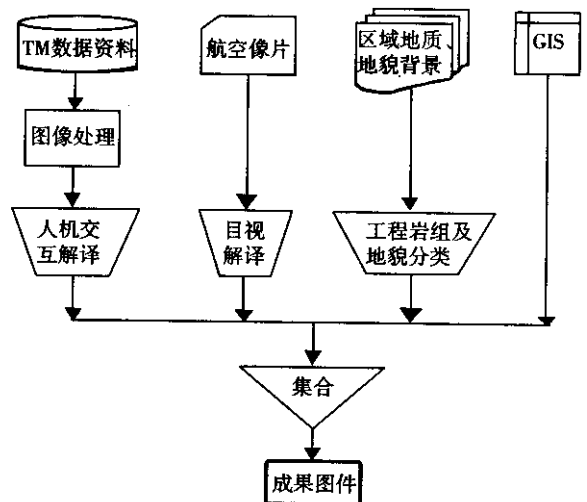


图 1 工作流程图

①[收稿日期] 2003—12—04

[作者简介] 刘沛 (1962—), 男, 高级工程师, 贵州省遥感学会秘书长。主要从事基础地质和遥感工作。E-mail: gzliupe@163.com。

1.3 资料选择及地质灾害信息的提取

1.3.1 资料选择

根据地质灾害体范围小,与地质背景关系密切的特点,本次研究选择的遥感资料为:全省不同时期(从 50 年代至 80 年代)全色航空像片,比例尺从 1:10000 至 1:50000 左右不等;美国陆地卫星 5 号 TM 数据,覆盖全省范围,空间分辨率为 30m,时相从 1988 年至 1996 年不等,数据质量较好;选用的地质资料为全省 1:200000 区调成果资料。

1.3.2 地质灾害信息提取

航片的目视解译:

滑坡 在全色航片上基本可判译出其各要素(滑坡机构)。(1)滑坡周界:软质岩或松散堆积层滑坡周界多呈不同曲率较圆滑的弧形、马蹄形、梨形、匙形或铲形影像;硬质岩滑坡周界多呈小曲率不规则的弧形、三角形、折线形影像。周界内缘常见完整或不完整的弧形拉张谷地,形成左右“双沟同源”现象。(2)滑坡壁:基岩类滑坡的滑坡壁一般比松散堆积层滑坡的滑坡壁高;特殊的“削顶滑坡”无后壁、侧壁。有时在滑坡后壁的后方可见后缘拉张地裂缝。(3)滑坡体:滑程较短的滑坡体的后部处于低凹负地形圈椅状谷地内,前部通常呈较地面略高的舌状体;滑程较长的滑坡体远离滑床,堆积在坡脚低地。滑坡体有时连续完整,有时呈离散状,有时推挤河流形成曲流段或堵塞谷地形成河谷裂点;松散堆积层和软质岩层滑坡的滑体常具挤压、扰动、松脱现象,呈“冰川”状、“皱纹”状影像。滑坡体上有时可见拉张谷地、封闭洼地、剪切性地裂缝、台地、台坎、鼓丘等。

崩塌 在硬质岩分布区,表现为色调深灰或灰白的崩塌陡崖。崖壁参差不齐,壁顶常见一组或几组节理,平面上呈锯齿状。陡崖下有大小不等杂乱无章的、影像结构粗糙的堆积体。而在软质岩构成的斜坡,其坡度在大于 55°时,尤其是上陡下缓的斜坡上,更易见堆积物呈撒落状的崩塌。

泥石流 泥石流的反映主要根据有无堆积物来区分。当然地质背景也是其间接解译标志。对于一处较典型的泥石流沟来说,区分出形成区、流通区和堆积区通常是不困难的。

泥石流形成区多呈勺状、漏斗状、椭圆状三面环山的围谷。山坡裸露,植被稀少,浮土厚,坡耕地多,影像色调浅灰—灰白。沟的源头常发育密集

的细沟、切沟,时有撂荒地,常见崩塌、滑坡现象;泥石流流通区常宽窄不一,流水呈分叉的游荡性河段或干沟。沟槽弯曲段常见色调灰白的堆积物,影像结构粗糙的是粗砾堆积物,影像结构细腻的是细粒堆积物。沟槽顺直段,具刷帮影像特征,缺少堆积物;泥石流堆积区主要位于沟口,平面常呈扇形体,其上水流不固定,多呈漫流或汉流。影像结构粗细间杂,色调浅灰—灰白。沿扇形地的主水道有时见堤坝和行树等防治工程。

泥石流属性的判别主要根据堆积物形态特征,以及堆积物与沟谷相对位置来确定。通常粘性泥石流流程短,堆积物影像结构粗糙,集中完整地堆积于沟谷中。流通区与堆积区合二为一,堆积体有流变痕迹,外形呈舌状、“冰川”状,顺沟常有多条脊状隆起,似冰川侧碛一般;而稀性泥石流一般流程较长,堆积物分散在沟谷的宽缓地段和沟口处。沟内及沟口常见漫流和分汊水道,难以分出主次水道,较易分出形成区、流通区和堆积区。

TM 影像的人机交互解译

TM 影像上识别滑坡可根据滑坡要素特征和地貌综合景观以及色彩异常等标志,一般可识别部分大到巨型滑坡。如大方县凤山镇三颗树滑坡。有时也可识别中型滑坡。

在经过处理的 1:5 万 TM 影像上,可判别出更多的滑坡。滑坡后壁影像常为色彩暗的陡崖。周界呈圆滑或参差不齐的弧形、梨形、铲形等圈椅状形态。滑坡体处于周界内低凹的异常地形中,无论色彩还是图斑都与周界外地形背景不协调,滑体表面影像平滑细腻。

泥石流的直接解译标志表现不清楚。在经过处理的 1:5 万 TM 影像上可识别某些规模较大的泥石流。其影像标志通常是由陆源碎屑岩、粘土岩构成的流域范围较大的集水谷地。流域内平行状、树枝状水系发育,在谷地中堆积有含水性较高的松散物(其上通常植被不发育,多为耕地)。

2 与 GIS 的集合

利用 GIS 的数据输入、编辑等功能,对遥感解译的灾害信息进行处理,建立地质灾害空间数据库,并利用 GIS 的 overlay、buffer 等功能,对地质灾害的空间分布、发育特征及其与地层、构造、地貌等因素的关系进行空间分析与数据统计,提取所需要的专题信息。

3 地质灾害发育现状及遥感应用效果分析

3.1 全省地质灾害的发育特征

3.1.1 类型特征

从解译结果看,省内发育的主要地质灾害类型是以山地、岩溶类地质灾害为主,表现为以滑坡、崩塌、泥石流为代表的斜坡类地质灾害和以岩溶塌陷、岩溶洪涝洼地为代表的岩溶类地质灾害。

3.1.2 崩、滑、流的分布特征

崩塌和滑坡

按各图幅崩塌、滑坡点数量作全省崩塌、滑坡发育等密度图(图2)。

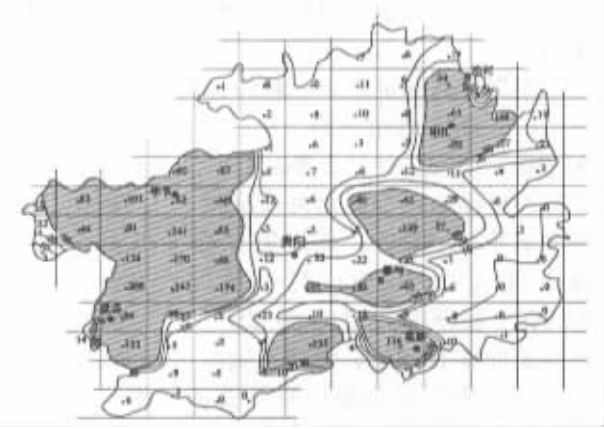


图2 崩塌滑坡等密示意图

从图上可发现,全省崩塌、滑坡分布密度较大的区域大致有两个带。一个是位于黔西北毕节—盘县带;另一个是江口—都匀—荔波带。统计省内崩塌及滑坡高程分布(崩塌选择后壁高程,滑坡选择剪出口高程)可发现,在以高程为横座标轴的直方图上(图3),崩塌、滑坡都存在两个峰值。一个为1 000

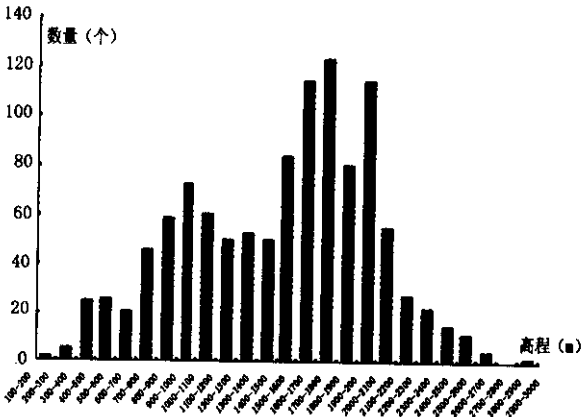


图3 崩塌高程分布直方图
万方数据

~1 100m,另一个为1 700~1 800m。根据统计,滑坡剪出口高度在900~1 200m范围占24.2%,高程在1 600~1 900m范围的占20.6%;崩塌后壁高程在900~1 200m范围占17.1%,高程在1 600~2 000m范围占38.7%。

据已有资料,因早更新世以来的掀斜隆升,造就了贵州地势呈现三个北北东走向的梯级地面(陈德琴,1980),其一在册亨—遵义—道真一线以西,一般海拔2 600~1 600m,最高峰韭菜坪达2 900m;其二在册亨—遵义—道真一线与沿河—黄平—荔波布茅一线之间,海拔多在1 500~1 000m左右;第三梯级地面在沿河—黄平—荔波布茅一线以东,一般海拔800~500m。不难看出,三级梯级面的分界高程,一个大致在1 600m左右,另一个大致在1 000m左右。这与崩塌、滑坡的后壁或剪出口高程统计的两个峰值带不谋而合。前述的三个梯级面之间分界正是贵州地势上切割较大的两个坡折带。对比崩塌、滑坡分布等密度图示意图,以及崩塌、滑坡高程统计直方图(图2、图3、图4),可发现这样一个规律:

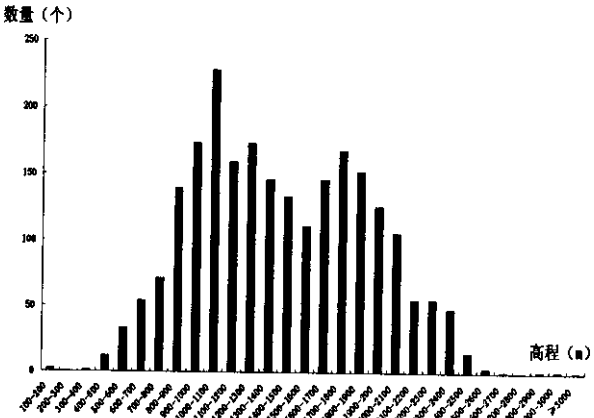


图4 滑坡高程分布统计直方图

即省内崩塌、滑坡大部份集中在贵州地势的坡折带上。在一、二级梯级面坡折带内,大部属乌江和北盘江流域,流域内的许多河流在该区都处于中上游,下蚀及溯源侵蚀作用强烈;在二、三级梯级面坡折带内,以苗岭山脉为界,北为乌江、沅江水系,南为都柳江水系,所属河流同前一个坡折带一样,也属中上游侵蚀段,均为崩塌、滑坡的发育创造了充分的空间条件。反映这两个带下蚀作用强烈的另一个佐证是这两个带内,都发现数处高阶地牛轭湖。

统计全省3 591处滑坡及崩塌与地层的关系,可看出如下规律:

在所有出露地层中，崩塌、滑坡主要集中在志留系、二叠系、三叠系中，根据统计，崩塌在下二叠统中分布最多，为 422 处，其次为下三叠统 214 处，二者分别占全部总数的 37.8% 和 19.2%。滑坡在志留系中分布 249 处，在下石炭统中分布 217 处，在下二叠统中分布为 476 处，在上二叠统中分布 231 处，在下三叠统中分布 327 处，在中三叠统中分布 160 处，它们分别占滑坡总数的 10.75%、9.37%、20.55%、9.97%、14.12% 和 6.91%。见崩塌、滑坡在各地层中分布统计直方图（图 5、图 6）。

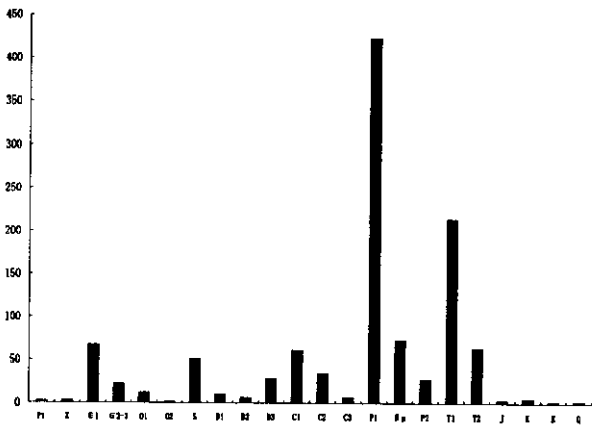


图 5 崩塌在各地层中分布统计直方图

造成这种现象的原因有两个方面：一是两种岩石力学性质差异造成的不均匀变形所致；另一个方面原因是二者水文性质的差异。

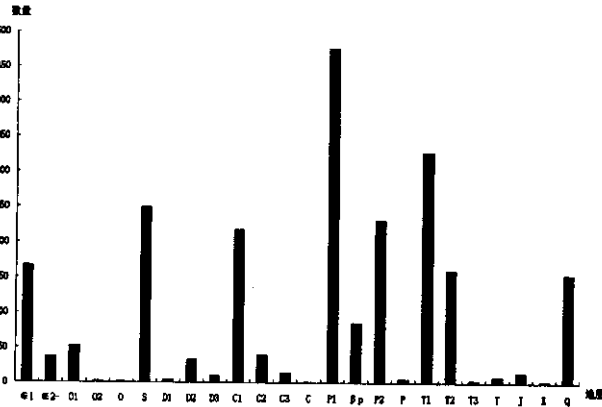


图 6 滑坡在各地层中分布直方图

泥石流

统计省内所解译出的泥石流，以稀性泥石流为多，共计 305 条，占泥石流总数的 89.05%，粘性泥石流 76 条，占总数的 19.95%。

泥石流的地层选择性是明显的，主要分布于黔东、黔东北的志留系；分布于黔中—黔西北的万方数据

上二叠统煤系地层、二叠系玄武岩地层，下三叠统飞仙关组、夜郎组和分布于黔南、黔西南的中上三叠统碎屑岩地层中。从区域上看，与崩塌和滑坡类似，泥石流多集中在我省地势的两个坡折带。

3.2 应用效果分析

根据比较分析，TM 影像在作环境地质解译，尤其是地质灾害方面，远不及全色航空像片。前者主要用于分析区域构造背景和地貌背景，分析区域植被覆盖情况等；而解译地质灾害体只能使用航空影像。这主要与影像空间分辨率相关，因为通常地质灾害体规模平面长（宽）度都大致在 10~20m 左右，而 TM 影像空间分辨率为 30m，故在解译过程中 TM 影像只能起辅助作用。

根据野外验证结果，解译正确率如下：

(1) 六盘水市、毕节市、威宁县、赫章县、大方县及纳雍县共计 2 8862km² 区域。各类地质灾害验证结果：滑坡野外验证率为 18.12%，解译准确率为 100%；崩塌野外验证率 16.01%，解译准确率 100%；泥石流野外验证率为 26.9%，解译准确率为 92.8%；其它地质灾害野外验证率 19.3%，解译准确率 98.5%。

(2) 省内其余地区野外验证结果：各类地质灾害野外验证率 10% 左右，其中滑坡、崩塌、地裂缝、危岩体等基岩类地质灾害解译准确率为 100%，而泥石流、洪涝洼地解译准确率一般在 90% 以上。

综上所述，通过野外验证，各主要地质灾害解译正确率高，资料可信，成果可用。基本反映了省内地质灾害的特征。

GIS 的应用，使制图和统计工作大大地简化，并提高了准确性。

4 结论

遥感技术应用于地质灾害调查被证明行之有效，与 GIS 相结合可大大提高工作效率和成果的准确性，对于区域性地质灾害（尤其是崩塌、滑坡和泥石流）的调查目前是最为有效的方法。无论 RS 还是 GIS，在地学应用中仅仅是一种手段，要达到一定的应用效果还必须结合专业知识，但这个手段是其它方法不可代替的。

(下接第 160 页)

Essentials of Remote Sensing Images of Emeishan Basalts, West Guizhou

YAO Zhi¹, LUO Xiao—huan², KUANG Shun—da³

(1. *Archives of City Construction, Guiyang 550001, Guizhou*; 2. *Barric Gold Corp., Guiyang 550001, Guizhou*; Remote Sensing Station, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Guiyang 550005, Guizhou, China)

[Abstract] Lied in the west of Guizhou, the Emeishan basalts do appear to the high distinguishability both on the TM images and panchromatic aerophotos. Of the TM images the identification are mostly in accordance with origin, geomorphic types and tonal diversity due to the lower spacial resolution and the tonal diversity is a considerable image indication, fundamentally these differences in petrofabric underground water types and hydrous quality give rise to various tonal of basalts and its up—and—down hydrofabric; of TM photos the identification is based upon the mirco-geomorphy, commonly up to the section in classification. The RS maps take on differentiations with the basalts from various landform divisions, structural segments and stratigraphic dip angle.

[Key Word] basalt; remote sensing images; Guizhou

(上接第 164 页)

通过 RS 和 GIS 的结合, 为地质灾害的地学分析提供了一个直观的工作平台, 对于发现其各种地学规律, 提高研究程度帮助极大。

[参 考 文 献]

[1] 贵州地质矿产局. 贵州区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社 1987.

[2] 《贵州农业地貌区划》编写组. 贵州省农业地貌区划 • 贵州 [M]. 贵阳: 人民出版社 1989.

[3] 李智毅, 王智济, 杨裕云. 工程地质学基础 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.

[4] 林树基, 等. 贵州的上新生界 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994.

[5] 中国科学院成都地理研究所. 泥石流 (1)、(3) 科学技术文献出版社重庆分社 1981. 8, 1984. 10.

[6] 姚智. 黔西北崩塌滑坡的发育分布规律 [J]. 贵州地质 1998. 15 (2) .

[7] 中国地质大学 (武汉) 信息工程学院. 地理信息系统原理、方法及应用 [M]. 武汉: 武汉地质大学出版社, 2001.

The Application of RS and GIS in the Comprehensive Survey of Environmental Geology: Taking Example for Slumping, Landslide and Mudflow

LIU Pei, KUANG Shun—da, YAO Zhi

(*Guizhou Academy of Geological Survey, Guiyang 550004, Guizhou, China*; Remote Sensing Academy, Guiyang 550001, Guizhou, China)

[Abstract] Based on visual interpretation and human—computer—interaction interpretation in identifying the geological hazards, further studies in terms of development laws and distribution characteristic have been carried out referring to regional geology and topographic setting by the GIS system. That may greatly enhance working efficiency and result accuracy as a mostly valid way at present during the survey of regional geological hazards, especially such as slumping, landslide and mudflow. This way supplies a visual platform for catastrophic analyses in geoscience and is considerably available to discovery multiform geoscience laws and improves studying levels.

[Key Word] remote sensing; geographic information system; geological hazards