

# 航空遥感图像在泥石流沟调查中的应用

潘 仲 仁

(铁道部专业设计院)

1987 年 3 月 30 日收稿

## 摘 要

泥石流沟的调查,以往都是采用地面现场观察的方法。这种方法不但劳动强度大,而且受气候、地形、交通条件及视野等因素的限制。因此,要准确地判断一条泥石流沟是很困难的。遥感方法不但可以克服上述不利因素,降低劳动强度,而且可以提高判别泥石流沟的准确性。利用航空遥感图像判读泥石流沟,主要是通过色调、形态、纹形、水系等影像特征,识别产生泥石流的各种要素,来确定泥石流沟存在与否。实践表明,利用航空遥感图像进行泥石流沟调查,效果明显,应加以推广。

## (一)

泥石流,是山区常见的一种灾害性的自然地理现象。它具有发生突然,来势凶猛,破坏力强等特点。对山区的基本建设及人民的生命财产威胁很大。因此,查明泥石流的发生、发展趋势以及分布规律,对山区的建设事业是十分重要的。

泥石流沟的调查,以往都是采用地面一条沟一条沟现地观测的方法。这种方法往往受到气候、地形、交通及视野等因素的限制,难以对一条沟作出较全面的评价,尤其是对流域面积大于 10 平方公里以上的沟谷调查时,有可能出现漏判或误判现象,从而带来不可估量的损失。采用航空遥感图像判读泥石流沟,不但能克服地面调查方法所遇到的困难,而且可以对整个工作区内控制泥石流发生、发展的区域因素,进行宏观分析,为全面地认识泥石流沟提供可靠的依据。

## (二)

航空遥感图像具有视野广阔、形象逼真的特点,能直接提取大量的地物信息。

直接影响泥石流发生、发展的因素是多方面的,如自然因素中的地形、地质、植被、雨量等;人类活动因素中的毁林垦荒、筑路修渠、采石开矿等。除雨量因素在遥感图像中不能直接判读外,其余的因素均可从中获取。实践表明,通过遥感图像中的色调、形态、纹形、水系特征等可综合判读出各种地物,并可根据判读成果编制与泥石流有关的专题图件,如地质构造及第四系地质图、小流域植被分布图、山坡坡度图、不良地质现象分布图等(图 1)。

### 1. 山坡坡度的判读与量测

航空遥感图像在立体镜下观测,地貌形态历历在目,陡坡、缓坡一目了然。但是所观察到的坡度,往往比实际的坡度要陡,主要原因是立体镜具有垂直夸大效应,另外与摄影时的航向重叠度有关。因此,确切的坡度,需用视差尺量测,或比照相应比例尺的地形图。根据精度要求,可按  $5^\circ$  的级差分类,也可按  $10^\circ$  的级差分类,直接在图像中勾绘。然后,利用转绘仪再转绘到地形底图上,编成图 1C 所示的山坡坡度图。

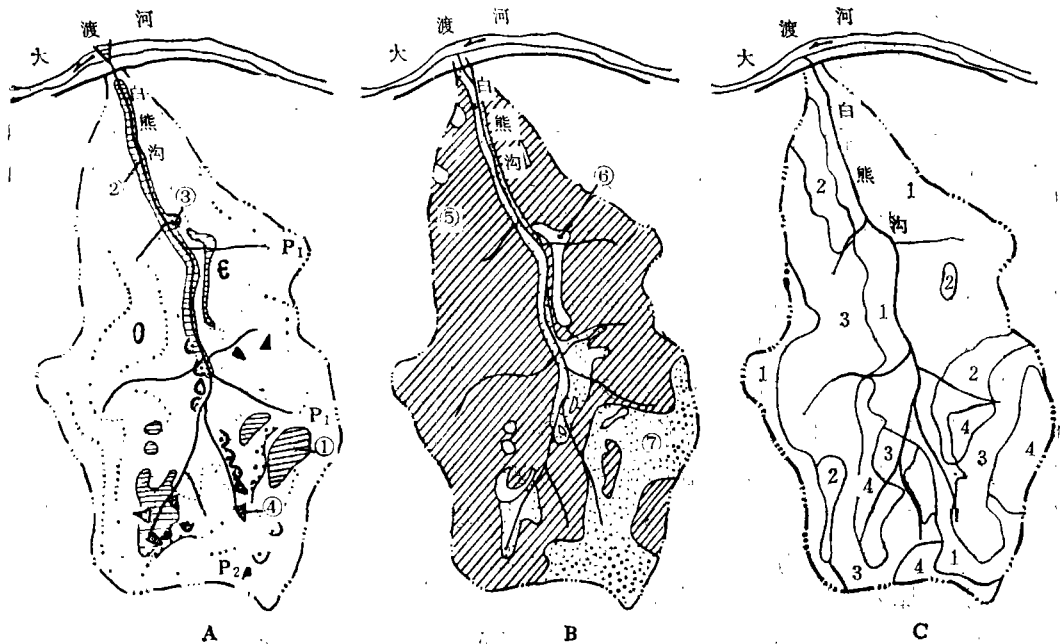


图 1  
Fig. 1

A. 地质构造及第四系地质图, B. 小流域植被图, C. 小流域山坡坡度图  
 ①——第四系松散物, ②——滑坡, ③——崩塌, ④——岩堆, ⑤——林木,  
 ⑥——耕地, ⑦——荒坡  
 山坡坡度及等级: 1—— $45^\circ$  以上, 2—— $35-45^\circ$ , 3—— $25-35^\circ$ ,  
 4—— $15-25^\circ$ , 5—— $15^\circ$  以下

### 2. 植被的判读

一条沟中,其流域范围内植被覆盖率的高低,直接关系到泥石流的暴发频率。在一般情况下,植被覆盖率高,泥石流的暴发频率就低,反之则高。植被,在全色黑白航空像片中,一般呈深色调——黑色或浅黑色,在彩色红外图像上则呈红色。因此,根据图像中的色调(或颜色)即可准确地直接判读和圈定出植被的分布范围,求出分布面积和覆盖率,并编制植被分布图(图 1B)。

### 3. 松散固体物质的判读

松散固体物质是决定泥石流沟的重要因素之一,它的多少直接影响到泥石流的严重

程度。因此,松散固体物质的判读准确程度,对确定泥石流沟是十分重要的。

松散固体物质的形成,与流域内的断裂、岩性、不良地质现象等有密切关系,其次,人类活动也是松散固体物质来源的主要因素之一。因此,需要查清流域内的断裂、岩性、不良地质现象及人类活动的情况。

#### (1) 断裂的判读

在遥感图像中断裂往往呈线性影像。线性两侧的地物在色调上有明显的差异,或地下水呈线状出露等,这些均为断裂的判读标志。若断裂规模较大时,往往伴随有崩塌、滑坡等不良地质现象出现。

#### (2) 岩性的判读

岩性的判读比较复杂些,影响岩性判读的因素也较多。因此,需要根据图像中的色调、形态、纹形、水系特征等综合分析。如花岗岩,一般呈均一的浅色调,地貌形态多为块状山,水系表现为典型的树枝状。沉积层类,则可根据其特定的层理标志与其它岩类区别。而变质岩类的判读,则需要参考前人的资料或先到现场建立判读标志。

#### (3) 不良地质现象的判读

能产生大量松散固体物质的不良地质现象,主要有滑坡、崩塌、岩堆等。根据遥感图像中的色调、形态,即可识别其属性。

**滑坡:** 主要由于坡脚的岩土结构受破坏引起岩体(或土体)失重而产生整体位移,在地貌上往往留下形似圈椅状的地形,在遥感图像中的影像十分明显,判读效果极好。

**崩塌:** 通常出现在陡坡(或陡崖)地段,及断层、岩层产状近似水平的岩性软硬相间的地段。它的主要判读标志除地貌外,还有色调。崩塌部位一般呈现白色或灰白色,表明该崩塌体正在发展中。相应地在其下部将出现岩堆,也是浅色调。崩塌部位的色调若为暗色调,则该崩塌体已处于稳定状态。

#### (4) 人类活动痕迹的判读

能产生大量松散固体物质的人类活动,主要有采石开矿、筑路修渠、毁林垦荒等。尤其是采石开矿,将有大量的弃碴堆卸到山坡及沟床中,在遥感图像中能准确地圈出其分布范围。

#### (5) 松散固体物质储量的确定

松散固体物质的来源,包括三个部分,即不良地质现象产生的;残积、坡积(包括耕地)及沟床堆积物;各种弃碴。

### 4. 泥石流沟的确定

根据在成昆铁路北段采用航空遥感图像调查泥石流沟的试验,满足(1)坡度  $>25^\circ$  以上的山坡面积占小流域面积 40% 以上者;(2)松散固体物质的储量在  $40-50$  万米<sup>3</sup>/公里<sup>2</sup>以上;(3)主沟床中上游的平均纵坡降  $>200\%$ ,即可判定为泥石流沟。泥石流沟的严重程度,则需结合其它因素综合评定。

### 5. 应用实例

白熊沟,是成昆铁路线上的一条沟,位于官村坝车站以南 1.9 公里。根据遥感图像判

读的结果,流域面积为 21.70 平方公里,主沟长 7.34 公里,主沟平均纵坡降为 336‰,植被覆盖率达 75.30% (覆盖面积为 16.34 平方公里),山坡坡度  $>25^\circ$  以上的面积占流域面积的 88.02%,滑坡、崩塌、岩堆等不良地质现象共有 19 处,松散固体物质的总储量可达 1203.6 万米<sup>3</sup>。该沟被定为严重泥石流沟。此后不久,1984 年 6 月 4 日凌晨爆发了成昆铁路建成通车以来的第一次严重泥石流,冲毁了沟口附近的民房及施工便道桥。由于铁路以一跨的拱桥通过,只是南端拱脚被撞伤,未造成严重事故。

该沟地处大渡河狭谷段,沟谷深切,地形陡峻,植被茂密,人烟稀少。若采用常规的地面调查是难以确定的。这充分表明了遥感图像在判读泥石流沟方面的优越性。

### 6. 泥石流沟动态变化的判读

判读不同时相的遥感图像,作出相应的图件,综合分析研究地物变化的情况,如不良地质现象的增减,松散固体物质的变化,植被的破坏及人文活动情况等,从中判读泥石流沟的发展趋势。对成昆铁路利子依达泥石流沟的判读结果表明,采用两个时相以上的图像判读,即能确定泥石流沟的发展趋势。

表 1 为采用 1965 年 11 月和 1981 年 5 月航摄的遥感图像(封二)判读利子依达泥石流沟的结果。

表 1  
Table 1

航摄年月	流域面积 (公里 <sup>2</sup> )	松散固体物 质总储量 ( $\times 10^4$ 米 <sup>3</sup> )	植被		荒坡		耕地		不良地质	
			面积 (公里 <sup>2</sup> )	占流域 (%)	面积 (公里 <sup>2</sup> )	占流域 (%)	面积 (公里 <sup>2</sup> )	占流域 (%)	滑坡 (处)	崩塌 (处)
1965.11	24.49	1693.87	17.89	73.10	5.43	22.13	1.18	4.77	2	6
1981.5	24.49	1928.87	16.34	66.72	6.72	27.44	1.43	5.84	5	21

表 1 中的数据表明,该沟流域范围内自然条件发生了较大的变化,垦荒伐林,水土流失较严重,不良地质现象剧增,松散固体物质不断扩大,属于发展中的严重泥石流沟。

据调查,该沟自 1959 年以来,共爆发了六次泥石流,其中规模最大的一次是 1981 年 7 月 9 日凌晨爆发的灾害性泥石流。它冲毁了铁路大桥(一孔 31.7 米的钢筋混凝土预应力梁和一孔 44 米的结合梁),并被卷入大渡河中。给国家造成直接经济损失近千万元。

### (三)

遥感图像在泥石流调查中的应用效果是明显的。通过成昆铁路沙湾至泸沽段 330 公里范围的试验,我们有如下体会。

(1) 视野广大,形象逼真,有利于大面积的调查。目前我国使用的航空遥感图像的像幅,一般为  $18 \times 18$  厘米<sup>2</sup> 和  $23 \times 23$  厘米<sup>2</sup>。若以航摄比例尺 1:5 万为例,单张图像所覆盖的地表面积分别为 81 平方公里和 132.25 平方公里,立体观测的面积分别为 48.6 平方

公里和 79.35 平方公里。泥石流沟的流域面积,一般以 10 平方公里以下为多。因此,往往几条沟同时在一张图像上,不但可作全流域的判读,而且可以作对比判读,克服地面调查中所遇到的各种不利因素。尤其在人烟稀少的地区,更显优越。

(2) 工作效率高,劳动强度低。常规的泥石流调查工作,是一项体力劳动很强的工作。采用遥感方法,很多外业工作就可移到室内进行。不仅减轻了具体工作人员的劳动强度,而且可提高工作效率 2—3 倍。

(3) 可以提高判别泥石流沟的准确性。由于一幅图像所覆盖的地表面积可达数平方公里或数十平方公里(取决于航摄比例尺),因此,不但可以对每条沟谷的全流域作详细的、全面的判读,而且还可对整个工作区进行判读,研究对泥石流沟的发展趋势有直接影响的地质背景(如断裂构造,地层岩性等)。综合分析研究区域性因素和具体沟谷实际情况后所得出的结论,将会比单沟调查得出的结论更客观、更准确。

(4) 对比分析不同时相的图像,有助于了解泥石流沟的动态变化,可为预测泥石流发生,减少损失以及整治泥石流沟提供依据。

## Application of Aerial Remote Sensing Technology on Mudflow Gully Investigation

Pan Zhongren

(Professional Design Institute of Railway Ministry)

### Abstract

For mudflow investigating, method of inspecting one by one the scenes of gullies has long been used. It not only gives rise to a great amount of field work, but also is limited by the factors of climate, topography, traffic condition and field of vision etc. So, by this method, it is affected seriously to judge a mudflow gully correctly.

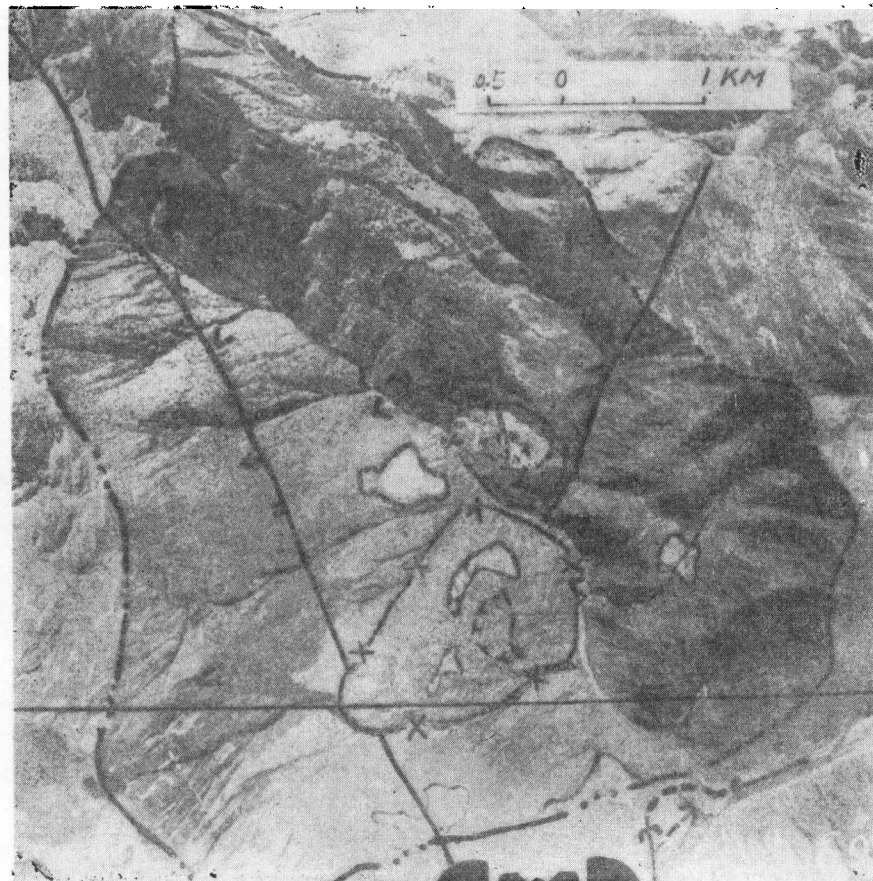
Applying aerial remote sensing technology in investigation of mudflows can overcome the disadvantage factors in ground surveying, reduce intensity of work and increase the correctness of judgement. It mainly rely on the characteristic of tones, patterns, veins and hydrographic nets on aerial photos to identify various elements which may cause a mudflow or not. By practice, it is clear that adopting aerial remote sensing technology in the investigation of mudflows has produced good results, so it should be spread out for an extensive use.

潘仲仁：航空遥感图像在泥石流沟调查中的应用

Pan Zhongren: Application of Aerial Remote Sensing Technology on  
Mudflow Gully Investigation



1965年11月



1981年5月