

# 利用遥感技术进行毛家庄滑坡 调查和稳定性分析

李红苗 郭振义 史振凯

(铁道部专业设计院 北京 100031)

**摘要** 本文介绍了利用遥感技术对毛家庄滑坡所作的调查和稳定性分析。毛家庄滑坡为一特大型老滑坡。从卫星图像上可看出,滑坡正好处在渭河主干断裂带内。从航空像片上可清楚地圈定出滑坡的范围,并能发现一系列表明滑坡复活的迹象。从对影响滑坡的几个因素进行的分析判断,该滑坡有再次滑动的可能。

**关键词** 滑坡调查,稳定性分析,遥感

## 1 概述

毛家庄滑坡位于陇海铁路宝鸡至天水段毛家庄车站北侧的山坡上,为一特大型老滑坡。滑坡顺铁路方向长约500m,沿山坡方向约1000m,相对高差达600余m。滑坡区主要岩性为华力西黑云母花岗岩,顶部覆盖晚更新世黄土。在滑坡前缘有一采石场,有3个采石面在滑体范围内。采石面距铁路300—400m。年均采石量 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右。1971年,为了了解采石场与滑坡的稳定问题,曾组织有关专家对滑坡进行过勘察、论证。当时,虽然认为滑坡对采石场的安全有一定的威胁,建议不要再继续采石,但并未引起有关部门的足够重视,采石工作继续进行至今。目前,在老滑坡的后缘及侧缘已出现一系列新的斜坡变形现象,显示滑坡有复活的可能。滑坡一旦再次发生,将危及采石场及铁路的安全。

## 2 卫星像片的判读

卫星像片主要用来判读滑坡所处的地质构造背景。在经计算机处理过的卫星像片上(图版I,图1)可清楚地看出,沿着渭河河谷发育有一条东西向的断裂带,即著名的渭河主干断裂。虽然河床弯曲,摇摆不定,但却始终未超出主干断裂的范围。可以说渭河河谷是在渭河主干断裂的基础上发育起来的。从图像上还可看出,渭河南岸的岸坡较陡,而北岸则较缓,说明南岸的岩体较坚硬、完整,而北岸的岩体则相对“软弱”、破碎。

毛家庄滑坡正好处在渭河主干断裂带内,且在渭河的北岸。断裂带内“软弱”、破碎的岩体奠定了滑坡的物质基础。而渭河主干断裂的活动<sup>[1]</sup>则成为滑坡发生、发展的促进因素。

收稿日期:1992年6月18日,收到修改稿日期:1993年6月7日

### 3 航空像片的判读

#### 3.1 地层、岩性的判读

滑坡区出露的地层、岩性较为简单,主要有黄土(Q<sub>3</sub>)、黑云母花岗岩(γ<sub>4</sub>)及第四纪冲、洪积物。它们在航空像片上的判读标志(图版 I,图 2 和 3)比较明显,因而容易判读。

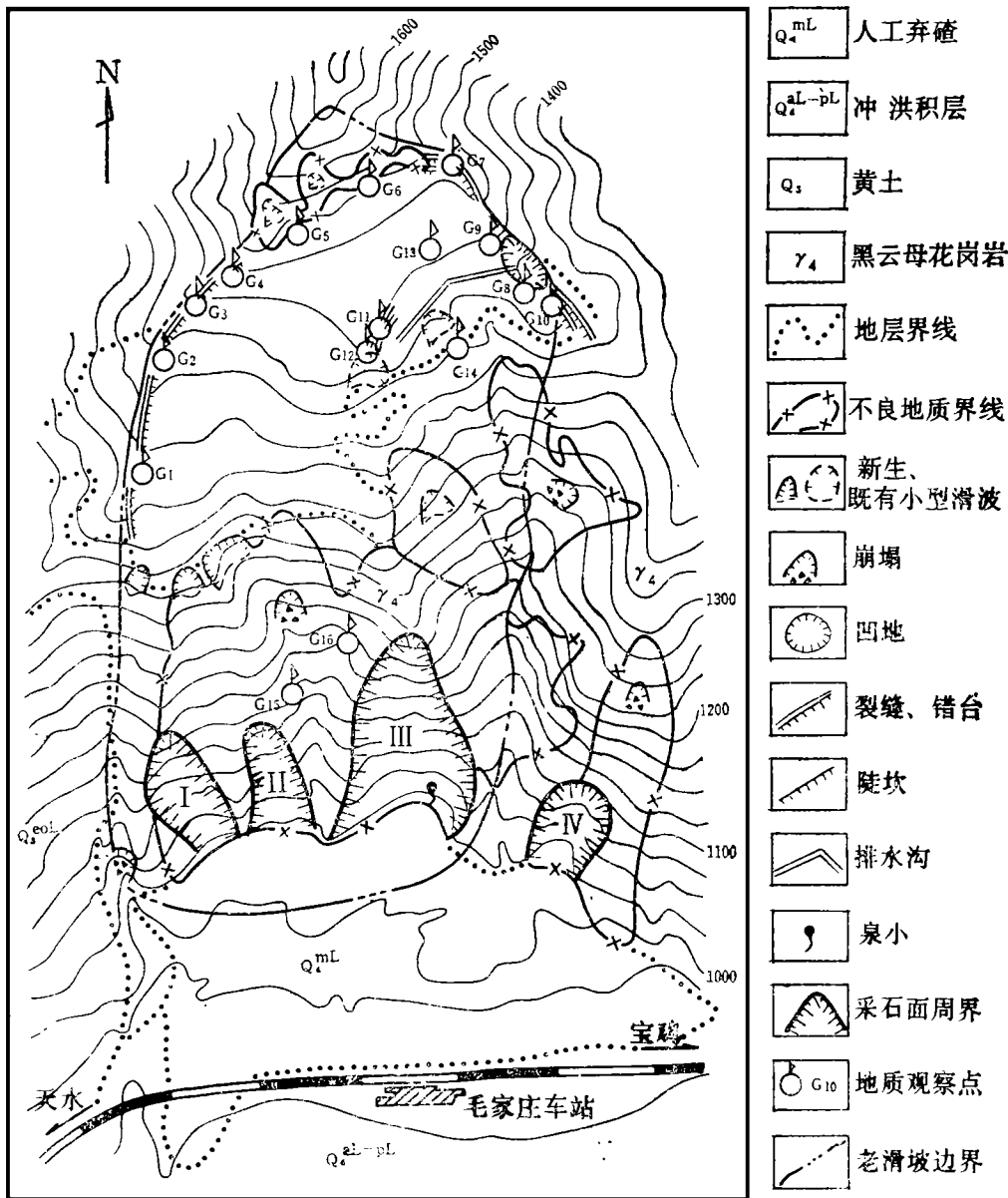


图 4 毛家庄滑坡航空像片判读图

Fig. 4 The interpretation map of Maojiazhuang landslide

黄土在航空像片上表现为色调均匀的浅灰到灰白色,感觉细腻,由于多辟为耕地(梯田)而形成条块状的几何图形。立体镜下可见其地形较为平缓,发育有近乎直立的陡坎。

花岗岩因其表面风化为残积层,多有草本植被覆盖,故在像片上呈深灰至黑色调,基岩裸露处则呈灰白至白色调,从而形成黑白相间的花斑状图案。其形成的地形较陡,坡度变化较大。

第四纪冲、洪积物所处的位置基本在河床及冲沟中。河床中的冲、洪积物颗粒较细,多垦为农田,因含水量大及植物繁茂,在航空像片上多呈深灰至黑色调,并表现出较规则的条状图形。而位于冲沟中的冲、洪积物由于颗粒粗、分选性差、含水量少及无植被发育而呈灰白色调,并具粗糙感。

地层、岩性的判读情况见图 4。

### 3.2 毛家庄滑坡的判读

滑坡的基本要素大部分在像片上有明显的显示。滑坡后壁在立体镜下可见为一三角形坡面,坡度较陡,估计为  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$ ,坡面平直,由于生长有灌木和草本植被而呈深灰色调。但在接近滑壁与滑体的交界处,由于发生多处小型崩塌及坍滑而呈现为线(带)状白色调,看上去有滑体下滑拉裂之感。

滑坡周界在航空像片上有如下明显标志:

**弧形陡坎** 主要产生在黄土分布地段,航空像片上的标志是,在黄土浅灰、灰白色调的背景上表现为弯曲的灰色线性影像。在立体镜下则更容易从地貌形态将其辨认出来。它与黄土内梯田陡坎的区别,在于梯田陡坎影像基本在同一高程上(横着坡向)延伸,而滑坡周界的陡坎则穿越较大的高差顺着坡向延伸。

**弧形裂缝及滑坡台阶** 多发生在花岗岩中。在像片上表现为在深灰色调背景上有弧形的白色线状影像,多级滑坡台阶则有多条白色线状影像近似平行分布。立体镜下则能见到地形有下错及反坡现象。

**封闭洼地** 在立体镜下可见,在地貌上有清楚的显示。

从滑坡周界及滑坡后壁的影像组合可看出,滑坡的平面形态呈一近南北向的长舌状。滑坡前缘由于采石的破坏,其原始地貌形态已经消失,在航空像片上已没有明显的影像特征,但从整体上看,滑坡的基本形态还是清楚的。

滑坡体上的崩塌及人工采石工作面均在花岗岩出露区。它们在航空像片上均表现为大片明亮的白色调。二者的区别在于人工采石工作面位于坡脚处,地点集中,范围较大,边界清楚、整齐,坡面坡度较周围山坡陡,坡面上部有集中、溜放石料留下的痕迹,下部有较平坦的场地且有道路通向外部。而崩塌则多发生在山坡的中、上部及冲沟两侧,范围较小,且大小不一,分布零乱,其坡度与周围山坡基本接近。

滑坡的判读结果见图 4。

### 3.3 毛家庄滑坡动态的判读

毛家庄滑坡在 1976 年和 1985 年拍摄的航空像片(图版 I, 图 2 和 3)上均有上述影像特征。但通过对这两个时相像片的对比判读,可发现该滑坡的动态变化。

(1) 发生在滑坡后壁上的小型崩塌与坍滑现象,在 1985 年航空像片上的影像范围比 1976 年有所扩大,说明该处小型崩塌和坍滑有新的发展。

(2) 滑坡周界附近的弧形裂缝和滑坡台阶,在 1985 年航空像片上的影像明显地较 1976 年有所加宽和加大。

(3) 采石场工作面的范围不断扩大。

(4) 滑体上的崩塌范围有所扩大,并有新的小型滑坡和崩塌发生。

经现场核查后证实,所有航空像片判读结果基本与实际情况吻合。

上述种种迹象充分表明,毛家庄老滑坡已经复活,有再次滑动的可能性。

#### 4 毛家庄滑坡的稳定性分析

综上所述,可以确定毛家庄老滑坡已经复活,目前正处于活动的初始阶段,并将有再次滑动的可能性。主要表现在以下几个方面:

(1) 滑坡前缘的坡度较陡(平均坡度约为 $35^{\circ}$ — $40^{\circ}$ ),滑体上下高差较大(约为 500m)。这有利于滑坡的发展。

(2) 位于滑坡周界处的封闭洼地有利于地表水汇集后渗入滑床,对滑坡的活动具有促进作用。

(3) 滑体前缘的采石活动,一方面削弱了滑体的抗滑能力,破坏了边坡原有的平衡,另一方面采石时放炮的震动也对滑坡的下滑有一定的影响。故采石活动是滑坡活动的直接诱因。

从滑坡目前所处的状态来看,滑体不可能沿着老滑坡面再次下滑。再次滑动的滑面将出现在老滑坡体内。而滑坡现有的各种变形现象,还不足以表明在原滑体内形成了一个完整、贯通的滑动面。因而,滑坡以大规模的整体形式下滑的可能性甚小。最大的可能是以滑坡群的形式出现,在原滑体内产生多个、多级和多方位的规模不一的中、小型滑坡。

过去,遥感图像在滑坡研究方面多用来进行滑坡分布的调查。通过此次工作我们认为,遥感图像同样可以用来进行滑坡工点的地质调查,可对滑坡进一步的地质勘探起指导作用。如果航空像片比例尺合适,其工作深度还可再进一步,这将使滑坡的勘察质量有所提高,同时也必将推动遥感技术的进一步发展。

#### 参 考 文 献

- [1] 于志欣. 从遥感图像上分析西秦岭活动断裂对宝天铁路的影响. 铁路航测,1992,(1).

## Landslide Survey in Maojiazhuang and It's Stability Analysis with Remote Sensing Techniques

Li Hongmiao Guo Zhenyi Shi Zhenkai

*(Institute of Professional Design, Ministry of Railway)*

**Abstract** This paper introduces how to survey Maojiazhuang landslide and analyse it's stability with remote sensing techniques. Maojiazhuang landslide, located in Gansu Province, China, is an old and a very large landslide. We can find the landslide on the fracture zone by interpreting satallite image and delineate it's extent clearly on aerial photos. At the front of the landslide a quarry has been build. At present, there appear many active phenomena within the old landslide area. They indicate the landslide will slide down.

**Key words** Landslide Survey, Stability Analysis of landslide, Remote sensing technique