

# 浅析泥石流堆积物的光谱特征

## ——以蒋家沟泥石流堆积物为例

何易平 崔鹏 李先华

(中科院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘要:** 作者运用 100BXMTS 野外光谱仪探测了小江支流蒋家沟新、老泥石流堆积物的光谱反射率, 总结了新、老堆积物的反射光谱特性, 进一步分析了影响泥石流堆积物反射光谱特性的因素(岩性、水分含量、植被覆盖), 最后讨论了应用高空间分辨率遥感图像解译泥石流堆积物的可能性。

**关键词:** 泥石流堆积物; 光谱反射率; 光谱特征; 植被覆盖

**中图分类号:** P642.23 **文献标识码:** A

遥感是通过传感器收集或记录地物反射或发射电磁波能量, 形成图像或磁带, 进一步判读和分析地表现象。遥感技术的物理基础是电磁波理论, 即自然的任何物体, 由于其种类和环境条件不同, 都具有反射或辐射不同波长电磁波的特性(地物的光谱特性)。利用遥感技术研究泥石流的基本特性是泥石流理论研究的新问题。泥石流堆积物的光谱特性是这一问题的基础和突破口。作者采用美国 EX-OTEXH 公司的 100BXTECH 野外光谱仪(测试波段范围 0.4~1.1  $\mu\text{m}$ ) 探测东川蒋家沟典型泥石流新、老堆积物和泥石流沟床的反射光谱特性, 结合泥石流活动情况和堆积物特征, 对泥石流堆积物的波谱特性作了分析, 得出一点新认识, 述诸于后。

### 1 蒋家沟泥石流活动情况介绍

蒋家沟位于云南省东北部小江右岸, 是我国西南山区泥石流暴发频繁、流态多样、规模较大的一条典型暴雨泥石流沟, 流域面积 48.6  $\text{km}^2$ , 主沟长 13.9  $\text{km}$ <sup>[1]</sup>。蒋家沟泥石流堆积物具有组成类型多样(有粘性的和稀性的泥石流堆积物)和形态多样(有泥石流的沟道堆积、边滩堆积、残留堆积、超高堆积和汇入小江口处的大的泥石流堆积扇<sup>[2]</sup>)的特征,

并且保存完好, 信息记录丰富, 因而选该沟泥石流堆积物作为研究对象。

### 2 不同时期泥石流堆积物的光谱特征

光谱测试点的分布及蒋家沟流域情况见图 1<sup>[3]</sup>。

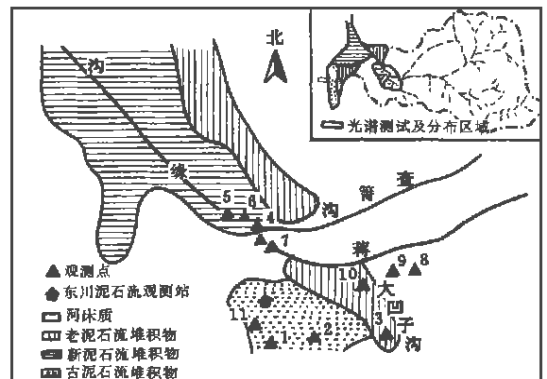


图1 蒋家沟泥石流堆积扇及光谱测试点分布图

Fig.1 Debris flow fan of Jiangjia gully and spectral test points

#### 2.1 早期泥石流堆积物的光谱特征

从蒋家沟的支沟门前沟和多照沟交汇处到蒋家沟沟口之间约 4 km 的沟道两岸都有泥石流堆积物

收稿日期: 2000-04-10

基金项目: 中国科学院“九五”重大项目 B“中国山区城镇泥石流综合防治技术研究”资助(KZ951-B1-202)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

分布。因蒋家沟泥石流形成区物质极为丰富，每年都有大量泥石流输入小江，蒋家沟泥石流堆积区物质主要是20世纪80年代以后的泥石流堆积物，更老年代的泥石流堆积物多被小江河流冲走，一部分开发为农田。历史时期的泥石流堆积物在大凹子沟和东川泥石流观测站站址后面的山坡上还有少量出露(参见图1)。

图2为蒋家沟老泥石流堆积物的反射光谱曲线。其中曲线1为大凹子村附近古泥石流堆积物(测点1)的反射光谱曲线，该泥石流堆积物受后期降水的强烈侵蚀，地表组成物质以不同变质程度的千枚岩、板岩等变质岩为主，细颗粒和粘土矿物含量少。

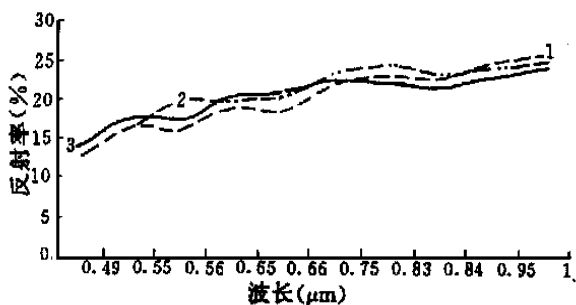


图2 老泥石流堆积物的反射光谱曲线

Fig. 2 Reflection spectrum curve of old debris flow deposit

由图2知老泥石流堆积物在观测波段的反射光谱曲线有以下规律：

总体呈线性递增的分布趋势。在观测范围内曲线可分为两个部分：在可见光波段范围内(0.46~0.76 μm)反射光谱曲线呈线性递增趋势，反射率从12%增加到22%，在近红外波段反射率在22%~25%之间变化。

据文献<sup>[4,5]</sup>千枚岩、板岩等变质岩和粘土矿物在观测波段的光谱反射率的变化范围是20%~45%，光谱反射曲线比较平直，变化趋势不明显，与图2泥石流堆积物的光谱反射曲线较为相似，笔者认为老泥石流堆积物的反射光谱曲线呈现这样的分布趋势主要是受堆积物中岩石和粘土矿物的影响。

### 2.2 新泥石流堆积物的光谱特征

图3中曲线1是1999年7月16泥石流形成堆积物(测点4)的反射光谱曲线(测试时间为1999年7月16日13时)，测点位于大凹子沟与蒋家沟交汇处蒋家沟沟道内，堆积物厚度35 cm，坡度4°~5°；组成物质以粘土矿物为主，平均粒径\*0.044 8 mm。曲线2是1999年5月7泥石流形成堆积物(测点5)的反射光谱曲线(测试时间为1999年7月4日15

时)，测点位于查管沟与蒋家沟交汇处蒋家沟河道内，堆积物颜色呈深灰色，坡度4°~5°；厚度25 cm，平均粒径0.154 2 mm；曲线3是1998年泥石流作用形成的堆积物(测点6)的反射光谱曲线(测试时间为1999年7月4日13时)，测点位于蒋家沟沟道右岸泥石流堆积阶地上，堆积物厚度50 cm，坡度4°~5°；外观颜色灰色，平均粒径1.171 8 mm；曲线4是1997年泥石流堆积物(测点7)的反射光谱曲线(测试时间为1999年7月4日11时30分)，测点位于蒋家沟河堤上，受河道改造和流水的影响，堆积物的组成物质较粗，平均粒径为1.307 2 mm。

由图3可知，较新的泥石流堆积物在观测波段内的光谱反射率有以下规律：

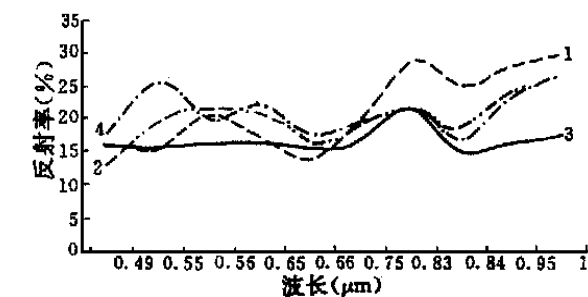


图3 较新的泥石流堆积物的反射光谱曲线

Fig. 3 Reflection spectrum curve of new debris flow deposit

反射曲线呈明显波形分布，形成时间越晚的堆积物的波动范围越大(如曲线1反射率的变化范围是12%~28%)，形成时间越早的堆积物的波动范围则越小(如曲线3反射率的变化范围是15%~22%)。反射曲线有一个较小的反射波峰和吸收波

时)。

反射曲线呈明显波形分布，形成时间越晚的堆积物的波动范围越大(如曲线1反射率的变化范围是12%~28%)，形成时间越早的堆积物的波动范围则越小(如曲线3反射率的变化范围是15%~22%)。反射曲线有一个较小的反射波峰和吸收波

\* 本文中用平均粒径的样品为测点区表层堆积物(表层5 cm以内)

谷:在 0.8  $\mu\text{m}$  处反射率较高,在 0.66  $\mu\text{m}$  处反射率较低,在 0.49~0.84  $\mu\text{m}$  之间反射曲线呈现明显的波动,在 0.84~1.0  $\mu\text{m}$  之间曲线呈单值递增的趋势。

据文献<sup>[4,5]</sup>,水在 0.66  $\mu\text{m}$  和 0.84  $\mu\text{m}$  处有中等强度的吸收,与图 3 的曲线较为相似,笔者认为图 3 曲线呈现的波动趋势主要是由堆积物中含水不同造成的,而在 0.84~1.0  $\mu\text{m}$  之间曲线呈单调递增趋势是由于粘土矿物和组成固体物质岩性影响的造成的(与图 2 较为相似)。

将图 2 和图 3 的曲线对比,可以发现:老泥石流堆积物的反射光谱曲线整体呈线性递增趋势,较新的堆积物的反射光谱曲线呈双波形或单波形分布趋势,在 0.66  $\mu\text{m}$  和 0.84  $\mu\text{m}$  处反射相对较弱,在 0.84  $\mu\text{m}$  和 1.0  $\mu\text{m}$  处反射较强。堆积物由老到新,反射率也呈相对有序的排列:较老的泥石流堆积物的光谱反射率较低,较新的堆积物的光谱反射率较高。

### 3 影响泥石流堆积物光谱反射率的因素

在可见光和近红外区地物光谱主要是电子跃迁和震动跃迁的结果,地物中具体成分的反射光谱极易受下述因素的影响:周围的晶格结构、在地物中基质的分布以及其他地物成分的存在<sup>[7]</sup>。具体而言,影响泥石流堆积物的光谱反射率的因素有很多,主要有观测的环境背景因素(天空含云量,太阳高度角等)、观测物本身的特性和人为因素。就泥石流本身的特性来讲主要有以下三种因素。

#### 3.1 岩性

图 4 为不同组成物质的泥石流堆积物的反射光谱曲线。图 4 中曲线 1、2 是蒋家沟泥石流堆积物(观测点 2、3)的反射光谱曲线,组成物质以板岩、千枚岩为主,杂以少量的砂岩、方解石矿脉和粘土矿物。曲线 3 是云南省梁河县浑水沟泥石流堆积物的反射光谱曲线,堆积物组成物质糜棱岩为主,粘土矿物含量较少<sup>[6]</sup>。曲线 4 为四川西昌东河泥石流堆积物的反射光谱曲线,组成物质以砂板岩为主,以及大量的河床相物质(砂岩、页岩和泥岩)。

由图 4 我们可以发现:泥石流堆积物的光谱反射率与泥石流的组成物质密切相关。固体供给物以糜棱岩为主的泥石流堆积物的光谱反射率最高,反射率从 20%变化到 40%(曲线 2),固体供给物以变质程度浅的变质岩为主的堆积物在观测波段的反射率较高,反射率从 15%变化到 30%(曲线 1, 2),固

体物质以变质程度较深的变质岩为主的堆积物的反射率较低,从 5%变化到 15%(曲线 4)。

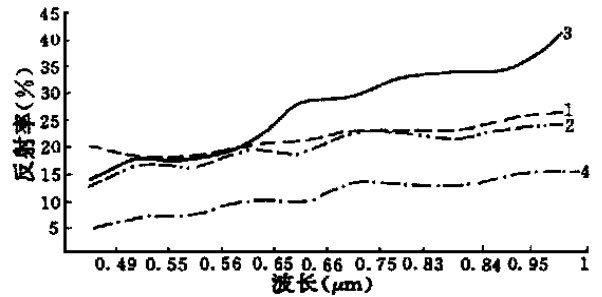


图 4 不同岩性泥石流堆积物的反射光谱曲线

Fig. 4 Reflection spectrum curve of the debris flow deposit with different grain size combination

#### 3.2 水分含量

图 5-a 中曲线 1、2、3、4 分别为 1999 年 7 月 16 日泥石流所形成堆积物(测点 4)的不同观测时间的反射光谱曲线;图 5-b 中曲线 5、6、7、8 分别为 1998 年泥石流堆积物(测点 6)在降雨前后不同水分含量的反射光谱曲线。表 1 为曲线 1~8 所代表的泥石流堆积物的水分含量和在观测波段的平均反射率。图 6 表示泥石流堆积物含水量和平均反射率的关系。

表 1 不同泥石流堆积物的水分含量及平均反射率

Table 1 The moisture content and the average reflectance of different debris flow deposits

系列名称	1	2	3	4	5	6	7	8
水分含量 (%)	40.03	35.7	29.05	11.00	11.35	9.8	7.98	12.08
平均反射率 (%)	22	20	18	19	11	12	13	18

由图 5-a 和 5-b 可以发现泥石流堆积物的光谱反射率与水分含量有以下关系:

(1) 反射光谱曲线因堆积物含水程度的不同而出现振幅不同的波动。曲线 1 所代表的泥石流堆积物的含水量为 40%,在观测波段范围内其反射率的变化范围是 12%~30%,曲线 6 所代表的堆积物的含水量为 9.8%,其反射率的变化范围是 10%~13%。

(2) 在近红外波段堆积物的反射率对水分含量的反映最为明显。曲线 1(含水量为 40%)在近红外的反射率变化范围是 25%~30%,曲线 7 的变化范围是 12%~14%。

(3) 在观测波段的平均反射率随含水量的增加呈减一增的关系(见图 6)。

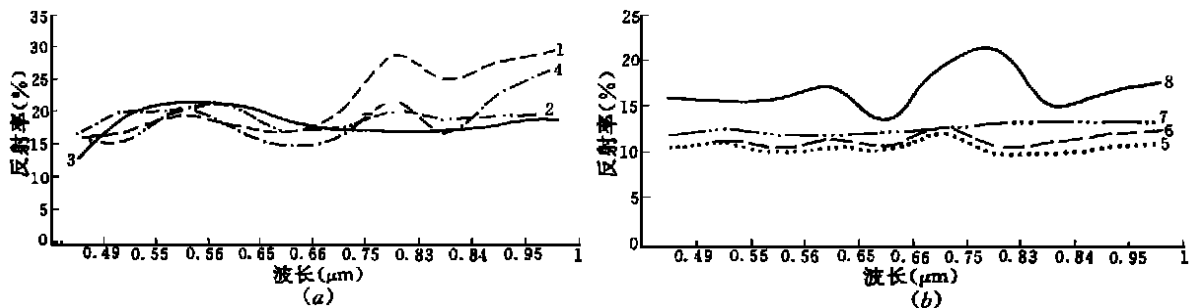


图5 不同含水量的泥石流堆积物的反射光谱曲线

Fig. 5 Reflection spectrum curves of the debris flow deposits with different moisture content

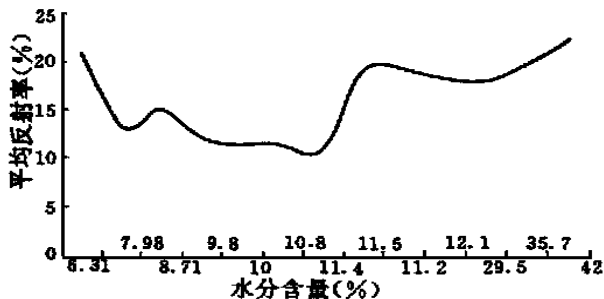


图6 不同含水量堆积物的平均反射率

Fig. 6 Average reflectance of debris flow deposit with different moisture content

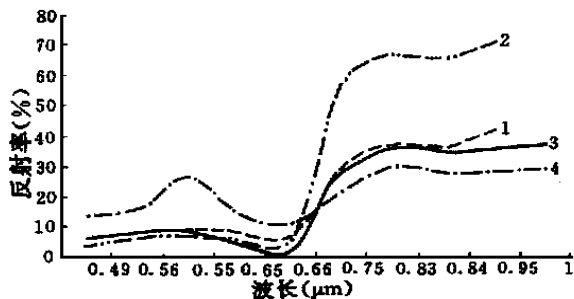


图7 有植被的泥石流堆积物的反射光谱曲线

Fig. 7 Reflection spectrum curve of debris flow deposit with vegetation

### 3.3 植被

蒋家沟泥石流堆积扇组成物质多为形成区土壤和坡积物,有机质含量较高,因坡度较小(一般为 $3^{\circ} \sim 4^{\circ}$ )多被开垦为农田,因此植被的影响也成为影响堆积物光谱特性的一个重要因素。图7为不同植被覆盖的泥石流堆积物的反射光谱曲线。其中曲线1为种植三个月的水稻(测点8)的反射光谱曲线,测点位于大巴子沟左岸的蒋家沟泥石流堆积扇上。曲线2为种植红薯的泥石流堆积物(测点9)的反射光谱曲线,测点位于大巴子沟左岸的蒋家沟泥石流堆积扇上。曲线3为有杂草的较湿润的泥石流堆积物(测点10)的反射光谱曲线,测点位于大巴子沟泥石流堆积扇上。曲线4为长有少量杂草的老泥石流堆积坡地(测点11)的反射光谱曲线。

由图7可以看出有植被的泥石流堆积物的光谱反射特性与植被的种类相关,由于地表被部分或完全覆盖,因此自然地表光谱中混合着泥石流堆积物和植被的光谱特性,二者贡献的大小取决于植被的覆盖度和辨识特征(吸收带)的强度<sup>[7]</sup>,因泥石流堆积物在观测波段无明显吸收带,致使有次生植被的泥石流堆积物的光谱反射率被部分或完全掩盖。

### 4 结论

通过上述分析,可得以下结论:

(1) 泥石流堆积物的光谱特性与堆积物的形成时间有关。新堆积物有较高光谱反射率,老堆积物有较低的反射率。

(2) 泥石流堆积物的光谱特性与物质供给有关。固体物质以糜棱岩为主的堆积物的光谱反射率最高,固体物质以高度变质的变质岩为主的堆积物的反射率最低。

(3) 泥石流堆积物的光谱特性与水分含量有关。含水量越多的泥石流堆积物的反射曲线有明显的波形分布,含水量较少的泥石流堆积物的反射曲线比较平直。在观测波段范围内泥石流堆积物的平均反射率随水分含量的增加呈减一增的关系。

(4) 泥石流堆积物的光谱特性与堆积物上的次生植被有关。有植被的泥石流堆积物将部分或完全掩盖泥石流堆积物的光谱特征。

### 5 讨论

泥石流堆积是一个组成物质极其复杂的松散堆积物,其光谱反射率因不同的发育源地、不同形成时期,不同的水分含量、不同的粒径组合以及不同的后期改造作用有不同的变化规律,同时在认识其规律

的同时还与观测的仪器、波段、时间、观测者有关,其中观测波段的范围是影响我们揭示泥石流堆积物光谱特性的一个主要因素,一般来讲对固体物质的较适宜的观测波段是 $0.40\sim 2.0\ \mu\text{m}$ ,因经费和野外实际限制,而且最后工作的遥感图像主要是航片,因此选择的是便携式的多波段光谱仪。要充分认识泥石流堆积物这种混杂堆积物的光谱特性还需要进一步的工作。

应用遥感图象解译泥石流沟,完成对我国泥石流沟的普查,或者对已有的泥石流数据库进行更新,是应用遥感技术于泥石流研究的大趋势。应用高分辨率的遥感图象解译出泥石流堆积物及解译出堆积物上土地利用类型则是我们研究泥石流堆积物这种松散堆积物的光谱特征的目的,而泥石流堆积物在遥感图象的影象组合特征、图案特征以及解译泥石流堆积物的标志和如何解译作者将另文讨论。

笔者在粒径分析、岩性确认和野外光谱测试过

程中,得到何淑芬和李泳的支持和帮助,在成文过程中韦方强博士也提出了建设性意见,谨表谢意。

### 参考文献

- [1] 吴积善,康志成,田连权等. 云南蒋家沟泥石流观测研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [2] 中科院成都山地研究与环境研究所. 泥石流研究与防治[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1989.
- [3] 杜榕桓,康志成,陈循谦等. 云南小江泥石流综合考察与防治规划研究[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1989.
- [4] 童庆禧等. 中国典型地物波谱及其特征分析[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [5] 中国科学院空间科学技术中心. 中国地球资源光谱信息资源汇编[M]. 能源出版社, 1987.
- [6] 朱启疆等. 云南省梁河县浑水沟泥石流物质反射光谱的一些特性[J]. 北京师范大学交换刊. 1~6.
- [7] [美] C Elachi. 遥感的物理学和技术概论[M]. 气象出版社, 1995.

## SIMPLE ANALYSIS ON THE REFLECTANCE SPECTRUM OF DEBRIS FLOW DEPOSIT

— Take Jiangjia gully debris flow deposit as an example

HE Yi-ping CUI Peng LI Xian-hua

(Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The authors detected the spectral reflectance of debris flow deposit by using field spectrometer 100BXMTS, made in U·S·, and sketches its reflectance spectrum curve. According to contrastive analyzing, the following conclusion are made:

- (1) The spectral reflectance of deposit relates to the deposit formation time. The newer deposit is the higher reflectance, the older deposit is, the lower reflectance.
- (2) The spectral reflectance of deposit relates to the lithological character of the solid particles in the deposit. Among the deposits the authors detected, the deposit has the highest spectral reflectance, of which major solid ingredient is mylonite, and the deposit has the lowest spectral reflectance, of which major solid ingredient is metamorphics ever heavily metamorphosed.
- (3) The spectral reflectance of deposit relates to moisture content. The reflectance spectrum curve of the deposit with the higher moisture content has obvious wave pattern, and the curve of the deposit with the lower moisture content has the flat one. With the increment of the deposit moisture content, the average reflectance appears a trend of decrement-increment.
- (4) The spectral reflectance of deposit relates to the vegetation. The reflectance spectrum of deposit with vegetation mainly reflects the spectrum of plant.

**Key words:** debris flow deposit; spectral reflectance; vegetation

**作者简介:** 何易平, (1975— )男,在读硕士生。1997年7月毕业于四川师范大学地理教育专业,同年考入中科院成都山地灾害与环境研究所,攻读自然地理学专业硕士学位。