

# 阳光晒退对泥石流表层物质热释光信号的影响

宋波, 魏明建\*, 何友兵, 周锐, 赵秋月, 张彬

(首都师范大学 释光断代实验室, 北京 100048)

**摘要:**应用热释光技术对模拟阳光晒退后的泥石流标样和实际阳光晒退后的泥石流样品进行了热释光信号分层测定。实验结果表明:泥石流发生后经过曝光,样品积存热释光晒退程度随深度增加逐渐减弱,光晒退明显。光晒退随光照强度和时间增大而增强,深度增大,但深度变化总体不大。模拟的阳光晒退实验晒退深度达1 mm左右,实际阳光晒退实验晒退深度达6 mm左右。根据等效剂量随深度的变化可知,天然泥石流块状样由两次泥石流堆积形成。这一结果可为利用热释光技术开展泥石流测年和发生期次研究提供依据。

**关键词:**等效剂量;热释光;泥石流;阳光晒退

中图分类号:TL824

文献标志码:A

文章编号:1000-6931(2013)02-0317-04

doi:10.7538/yzk.2013.47.02.0317

## Influence of Thermoluminescence Signal for Debris Flow Surface Materials by Sunlight Bleaching

SONG Bo, WEI Ming-jian\*, HE You-bing, ZHOU Rui, ZHAO Qiu-yue, ZHANG Bin  
(Laboratory of Luminescence Dating, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Thermoluminescence was utilized for measuring the thermoluminescence signals of the standard debris flow samples which were bleached by simulated sunlight and debris flow samples after real sunlight bleaching. The experiment results demonstrate that light bleaching phenomenon of the debris flow occurs when it experiences a period of exposure. The thermoluminescence signal of the samples weakens gradually with the increase of depth. The optical bleaching phenomenon is obvious. Within a certain depth, light bleaching phenomenon is enhanced with the increase of light intensity. The annealing depth of simulated sunlight bleaching experiment is about 1 mm, and the actual annealing depth of sunlight bleaching is about 6 mm. According to the equivalent dose variation with depth, the mud of natural debris flow can be divided into two stages. It has fundamental significance in the application of thermoluminescence dating techniques to divide the stages of debris flow sediments.

收稿日期:2012-02-28;修回日期:2012-07-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871017);北京市自然科学基金资助项目(8102013);北京市自然科学基金重点项目B类(KZ201210028034)

作者简介:宋波(1987—),男,重庆涪陵人,硕士研究生,从事热释光研究

\*通信作者:魏明建, E-mail: weimj@mail.cnu.edu.cn

**Key words:** equivalent dose; thermoluminescence; debris flow; sunlight bleaching

云南小江流域第四系地层的有关问题,已有不少学者进行过探讨。目前遗留问题的焦点是各堆积地层的时代及各堆积地层的归属。泥石流年代学的报道相对较少<sup>[1-4]</sup>,释光断代技术提供矿物的绝对年龄,测年范围从110万年以上到几百年,是第四纪沉积物年龄测定的有效方法,其已在泥石流沉积研究开始应用。魏明建等<sup>[5]</sup>对小江流域蒋家沟的现代泥石流堆积物进行了释光退火机制研究,认为泥石流流动过程中矿物碎屑间的摩擦、碰撞和挤压等机械作用也可造成矿物释光信号的衰减,但衰减并不彻底,蒋家沟的泥石流堆积物存在一定的本底。泥石流堆积物的残余本底给年龄测定带来很大困难,是因为剩余积存光量的校正太大,影响实验的精度,且泥石流堆积物的形成过程与对于释光测年较成熟的黄土的形成过程有着本质的不同,泥石流的移动性较强、接受光照的时间长短不一、石英的粒径较大,因而所含积存热释光未能全部由阳光的作用而消失。为了解泥石流堆积物在泥石流过程中受热、曝光程度及退火是否充分,本工作进行泥石流堆积物阳光晒退的相关研究。

## 1 泥石流标样的阳光晒退

李虎侯<sup>[6]</sup>用碘钨灯曝晒黄土中的石英,结果显示随着曝晒时间的增加黄土中积存的热释光逐渐减少,25 h后,剩余积存热释光量仅为原来的10%左右。这一结果为利用释光技术测定年代提供了理论基础。黄土晒退实验其实是针对沉积物薄表层而言的,实际多数沉积物1次沉积时形成的厚度远大于黄土1次沉积时形成的厚度。

### 1.1 实验方法

实验室制作了1套泥石流模拟实验的标准样品,过筛粒径小于147  $\mu\text{m}$ ,用盐酸去除碳酸盐等杂质,蒸馏水冲洗至中性,烘干后600  $^{\circ}\text{C}$ 高温退火,最后在北京大学钴源放射中心辐照60 Gy剂量<sup>[7]</sup>。在书上钻1孔,里面注入标样,用塑料胶带固定,以保证样品不撒落或上下翻动,置于首都师范大学实验楼楼顶(经度 $39^{\circ}55'52.30''$ ,纬度 $116^{\circ}18'12.46''$ ),每天中午接受阳光照射约

2 h,正午太阳高度角约为 $66^{\circ}\sim 68^{\circ}$ ,累计照射约30 h。

根据书厚度和页数计算每页纸的厚度,翻页取样即可得到距表层不同深度的样品,用硅油粘片法制片,选取粒径为40~74  $\mu\text{m}$ 的样品,质量控制控制在6~10 mg。使用RGD-3B型热释光仪(初始温度200  $^{\circ}\text{C}$ 并持续10 s,最高温度500  $^{\circ}\text{C}$ 并持续20 s,升温速率10  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,频率 $f=1$ ),测定样片的热释光曲线,记录峰值左右20  $^{\circ}\text{C}$ 面积积分值。

### 1.2 实验结果

泥石流标样不同深度的释光量变化示于图1。光晒退使表层样品退去约85%(不可晒退组分未考虑),随着深度增加,样品积存热释光晒退程度逐渐减弱,深度至1.1 mm左右时积存热释光不再减小。实验过程中表层样品积存的热释光在所曝光时间内仍有少量的释光残留,受到曝光的样品仅为1.1 mm左右的表层,退火作用很难达到深部。

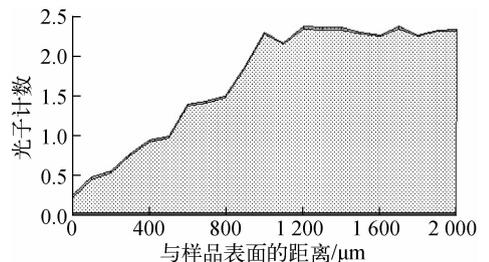


图1 泥石流标样不同深度的释光光子计数变化  
Fig. 1 Thermoluminescence signal change of debris flow samples at different depths

## 2 蒋家沟表层泥石流的释光特性

### 2.1 采样位置

样品采自云南昆明蒋家沟主沟、多照沟与门前沟汇合处下游约470 m处(经度 $26^{\circ}15'1.20''$ ,纬度 $103^{\circ}9'13.00''$ ),为从泥石流沟冲出的重新堆积的约6 cm厚泥块,表面有雨痕、泥裂,底层有砾石。样品采集后用密封袋封装,再用黑色塑料袋封装,胶带包裹严密。带回实验室后,于暗室中用小刀平行于泥块上表面分样,共分成16个样品,每层厚度约2~5 mm。

## 2.2 实验方法

实验仪器为 RGD-3B 型热释光仪,用硅油粘片法制片,选取粒径为 74~100  $\mu\text{m}$  的样品,其他实验过程同周锐等<sup>[8]</sup>的操作。

## 2.3 实验结果

等效剂量随深度的变化大致可分为 4 段:

- 1) 0~6 mm, 等效剂量随深度加深而升高;
  - 2) 11~43 mm, 等效剂量随深度加深而降低;
  - 3) 43~50 mm, 等效剂量随深度加深而升高;
  - 4) 50~60 mm, 等效剂量随深度加深而降低。
- 根据等效剂量的变化情况发现样品有明显的分层现象(图 2),可分 3 层,第 1 层和第 3 层的最大等效剂量约是最小等效剂量的 2 倍,经表层曝光后表层以下约 2 mm 处等效剂量降低 1/2、约 6 mm 以内有等效剂量降低现象,第 2 层是第 1、3 层的过渡层。

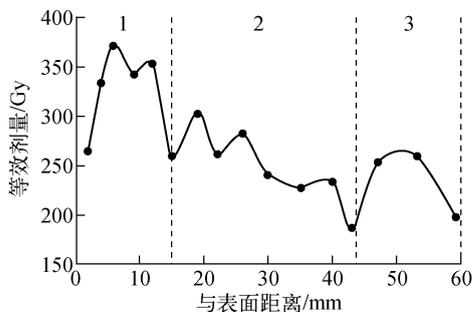


图 2 等效剂量随深度的变化

Fig. 2 Equivalent dose change at different depths

## 3 讨论

泥石流发生后经一段时间曝光,有明显的光晒退现象,利用热释光技术对泥石流进行测年有一定的可行性。样品积存热释光晒退程度随着深度增加逐渐减弱,模拟的阳光晒退实验晒退深度仅约 1 mm,实际阳光晒退实验中晒退作用影响的深度达 6 mm 左右,退火程度不充分,曝光深度无法达到整个块状样品厚度,且晒退后的残余热释光本底较大,应用热释光技术进行泥石流释光测年时应选择泥石流堆积物曝光面,并应考虑本底修正。

两次泥石流的源区或流通过程不同导致两次泥石流的残余等效剂量不同,可视为泥石流堆积后、曝光前的本底,每次泥石流的热释光本底并不同,使用热释光技术对泥石流释光测年

时应应对每个样品的本底分别分层研究。

实际阳光晒退实验的样品晒退深度深于模拟阳光晒退实验的,可推测因不同区域的光照强度、曝光时间等因素的不同,不同区域泥石流堆积物晒退程度不同,残留的热释光本底也不同,泥石流释光测年的本底问题应注意区域性。

每个样品中上层相对于下层的等效剂量有明显减小的可认为有曝光面存在,实验用到的天然泥石流样品有两个曝光面,由两次泥石流堆积形成。这块样品中等效剂量呈 3 层,第 1 层和第 3 层内的等效剂量峰值约为各自表层的 2 倍,分别是两次泥石流发生后的堆积物,每次泥石流上部等效剂量变小是曝光后晒退的结果。第 2 层可能有第 1、3 层泥石流相互冲刷交汇现象,呈现出过渡状态。

对泥石流块状样品开展较细致的分层热释光实验,可依据实验获得的等效剂量曲线变化,将等效剂量分组,同一层次的泥石流样品具有接近的等效剂量,据此可判断该块泥石流样品包含了几次泥石流过程,对台地序列进行取样分析,可研究某一泥石流台地的形成经历了几次泥石流事件。

光晒退是泥石流退火过程的一种机制,为泥石流释光测年提供了理论依据。应指出的是,泥石流的晒退并不充分,且晒退深度很小,泥石流热释光测年本底问题需开展更为精细的研究。光晒退只是泥石流退火机制的一种,是否有其他退火机制,它们之间的关系如何,有待进一步研究。

## 4 结论

泥石流发生后经曝光,泥石流堆积物积存热释光晒退程度随深度增加逐渐减弱,光晒退效应明显。光晒退随光照强度和时间增大而增强,晒退影响增加,但深度变化不大。模拟的阳光晒退实验晒退到 1 mm 左右,实际阳光晒退实验晒退到 6 mm 左右。根据等效剂量随深度变化可知,本研究的天然泥石流块状样是由两次泥石流堆积形成的。这一结果可为热释光技术开展泥石流测年和发生期次研究提供支撑。

中国科学院东川泥石流观测研究站在本文泥石流野外采样工作中提供了大量帮助,在此

表示感谢,同时感谢李虎侯教授对本文的指导。

### 参考文献:

- [1] 雷祥义,李昭淑. 蒋家沟泥石流堆积物的时代及成因[J]. 山地研究,1993,11(3):149-155.  
LEI Xiangyi, LI Zhaoshu. Primary study on age and genesis of debris flow deposits in Jiangjia Ravine[J]. Mountain Research, 1993, 11(3): 149-155(in Chinese).
- [2] 业渝光,刁光波,和杰,等. 云南东川古泥石流堆积物 ESR 测年的初步研究[J]. 地理科学,1995,15(4): 374-377.  
YE Yuguang, DIAO Guangbo, HE Jie, et al. Preliminary study on ESR dating of palaeoaccumulation of mud-rock flow in Dongchuan, Yunnan[J]. Scientia Geographica Sinica, 1995, 15(4): 374-377(in Chinese).
- [3] 况明生,张远瞩,谢世友,等. 云南小江流域第四纪洪积-泥石流沉积的年代与地层划分[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2002,27(6):974-980.  
KUANG Mingsheng, ZHANG Yuanzhu, XIE Shiyu, et al. Age and stratigraphical division of diluvium-depositional sub-facies of debris-flow in quaternary in Xiaojiang Drainage, Yunnan[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 2002, 27(6): 974-980(in Chinese).
- [4] 魏明建,葛永刚,刘兆文,等. 泥石流堆积物质释光退火机制研究进展[J]. 山地学报,2008,26(4): 433-438.  
WEI Mingjian, GE Yonggang, LIU Zhaowen, et al. Study on the mechanism of thermo-luminescence attenuation of debris flow deposit[J]. Journal of Mountain Science, 2008, 26(4): 433-438 (in Chinese).
- [5] 魏明建,刘兆文,葛永刚,等. 热释光信号在泥石流发生后的变化[J]. 核技术,2009,32(2):119-122.  
WEI Mingjian, LIU Zhaowen, GE Yonggang, et al. Changes in TL signals from debris flow substance[J]. Nuclear Techniques, 2009, 32(2): 119-122(in Chinese).
- [6] 李虎侯. 黄土的热释光年代:光晒退的实验测定和结果修正[J]. 地球化学,1984(2):180-185.  
LI Huhou. Thermoluminescence dating of loess: Experimental determination of shine fading and correction of experimental[J]. Geochimica, 1984(2): 180-185(in Chinese).
- [7] 何友兵,魏明建,刘超,等. 释光技术在泥石流标样制作中的应用[J]. 原子能科学技术,2010,44(增刊): 486-491.  
HE Youbing, WEI Mingjian, LIU Chao, et al. Luminescence technology application in fabrication of standard samples of debris flow[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2010, 44(Suppl.): 486-491(in Chinese).
- [8] 周锐,魏明建,刘超,等. 北京清水河流域现代稀性泥石流表层物质热释光本底初步研究[J]. 核电子学与探测技术,2010,30(8):1 059-1 062.  
ZHOU Rui, WEI Mingjian, LIU Chao, et al. Preliminary research of TL background radiation for modern turbulent debris flow surface materials in Qingshui River Basin[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2010, 30(8): 1 059-1 062(in Chinese).