

## 蒋家沟泥石流堆积物的时代及成因\*

雷祥义

(西北大学地质系, 西安, 710069)

李昭淑

(西北大学地理系, 西安, 710069)

**提 要** 据石英 ESR 和<sup>14</sup>C 测年结果, 蒋家沟泥石流堆积可分为晚更新世形成的古泥石流堆积和近代泥石流堆积两类。古泥石流堆积再分为早、中、晚三期。扫描镜下观察蒋家沟古泥石流堆积中的石英砂表面机械结构特征和现代泥石流十分相同, 例如两者的颗粒都呈尖锐棱角状, 粒面上均发育很好的贝壳状断裂结构、解理面、凹坑、擦痕(或擦沟)等, 这表明二者的形成环境是相同的。

**关键词** 泥石流堆积 ESR 测年 石英颗粒 表面结构

云南东川地区的川道沟谷中普遍发育着第四纪松散泥砾沉积。由于未发现化石, 又无测年结果, 故该地层的时代划分至今尚未得到满意方案; 关于其成因, 主要有冰川与泥石流之说。针对上述问题, 对区内蒋家沟流域(图1)这套沉积中的石英作了 ESR 测年, 并对其石英颗粒表面结构在扫描镜下作了观察分析, 所得资料对了解蒋家沟流域乃至东川地区的第四纪沉积物的形成年代、成因及发育规律有着重要意义。

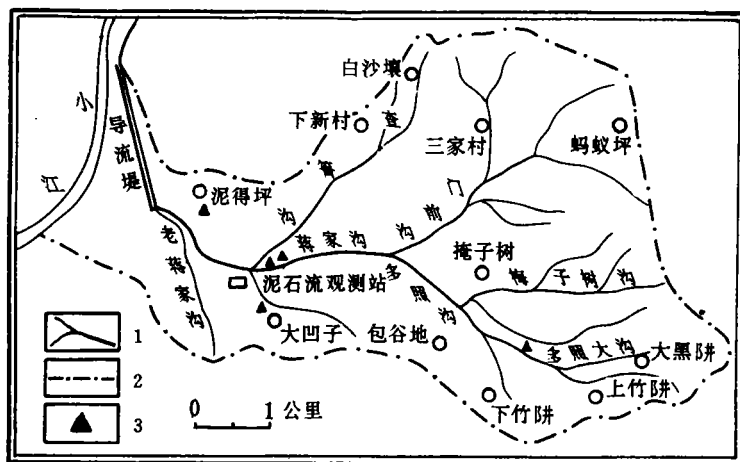


图1 蒋家沟流域图

Fig. 1 Map of Jiangjia Ravine Basin

\* 中国科学院东川泥石流观测研究站基金资助项目。

本项研究得到杜榕恒研究员、康志成研究员、田连权副研究员等的大力支持; 张仁霖、蔡国华等同志参加了野外工作, 借此一并表示感谢。

本文收回日期: 1993-06-14。

## 一、泥石流堆积的形成时代

### (一) 石英 ESR 测年

关于石英 ESR 测年的原理及可信性已有许多文献作过论述,并用这种方法在第四纪物质的年龄研究中已取得丰富的资料<sup>[1-4]</sup>.在国内首次对蒋家沟泥石流堆积中的石英作了 ESR 测年研究.这些采自各剖面底部的样品的年龄值可视为其开始堆积的时间.此外,用稀释法<sup>[5]</sup>对 Yn 年-1 和 Yn 年-5 作了<sup>14</sup>C 测定,其中 Yn 年-1 未作石英 ESR 测年,而 Yn 年-5 的<sup>14</sup>C 测年和其石英 ESR 测年结果基本一致,分别为  $20.13 \pm 1.48$  千年和 22.70 千年(表 1),它说明这批样品的石英 ESR 测年数据是可信的.

表 1 蒋家沟泥石流堆积物的 ESR 及<sup>14</sup>C 的测年结果<sup>1)</sup>

Table 1 ESR of debris flow deposits along Jiangjia Ravine and the results of <sup>14</sup>C dating

样号	采样地点	层位(米)	ESR 测年结果					<sup>14</sup> C 测年结果 果年龄(千年)
			TD(拉德)	$\mu$ (微克/克)	Th(微克/克)	K <sub>2</sub> O(%)	年龄(千年)	
Yn 年-1	多照沟 <sup>2)</sup>	45						>24.00
Yn 年-2	老田梁子	120	497.2	2.21	11.6	4.08	98.30	
Yn 年-3	仙圆田	48	299.5	2.44	13.3	4.02	56.10	
Yn 年-4	泥得坪	90	307.5	2.58	10.7	4.06	63.10	
Yn 年-5	大凹子沟口	18	124.6	2.58	12.6	4.38	22.70	$20.13 \pm 1.48$

1) ESR 及<sup>14</sup>C 测年结果由国家地质矿产部海洋地质研究所实验室测定.

2) 该样因未选出足量石英,未做 ESR 测定.

### (二) 蒋家沟泥石流堆积的形成时代

根据石英 ESR 和<sup>14</sup>C 测年结果以及地层结构特征,暂将蒋家沟流域泥石流堆积划分为古泥石流堆积和近代泥石流堆积两类.

#### 1. 古泥石流堆积

这是晚更新世(Q<sub>3</sub>)时期(即 130.0—10.0 千年)<sup>[6-10]</sup>形成的泥石流堆积.根据测年结果(见表 1),蒋家沟流域的古泥石流堆积可再分为早、中、晚三个堆积时期.

1) 早期古泥石流堆积 以老田梁子泥石流堆积剖面(图 2)为代表,是一套夹漂砾的混杂堆积,紧实、无层次,厚 100 米以上,剖面顶部发育有红色风化壳,厚度约 2.0—3.0 米,表层为 0.5 米左右的红壤.这套沉积不整合地堆积在昆阳群浅变质岩基座上.剖面底部石英 ESR 测年结果为

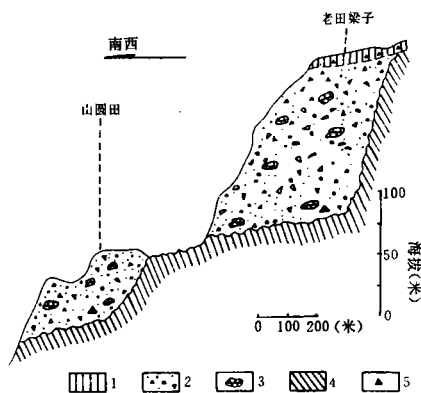


图 2 蒋家沟沟口泥石流堆积剖面  
Fig. 2 The profile of debris flow deposits  
at Jiangjia Ravine

1. 红色风化壳; 2. 泥石流堆积物; 3. 碳酸盐  
岩漂砾; 4. 昆阳群浅变质岩; 5. 采样位置

98.3 千年. 这个年龄数据与末次间冰期的第二间冰阶的年龄 100.0—90.0 千年<sup>[11]</sup>相当, 因此蒋家沟早期古泥石流堆积是在晚更新世初期湿润气候期形成的.

2) 中期古泥石流堆积 是一套夹有漂砾的泥砾沉积. 泥得坪剖面(图 3)厚约 100.0—150.0 米, 顶部发育有厚约 2.5 米的红色风化壳, 表层为 0.5 米厚的红壤, 底部石英 ESR 测年为 63.1 千年. 仙圆田剖面(见图 2)顶部被强烈剥蚀, 残留厚度仅 50.0 米左右, 基底部 ESR 测年结果为 56.1 千年. 从图 2 可以看出, 仙圆田泥石流堆积基座较老, 田梁子低约 75.0 米左右, 这表明前者的形成时代较后者为晚. 石英 ESR 测年结果也证实两者属于不同时期的两级阶地泥石流堆积物. 这期泥石流堆积的年龄 63.1—56.1 千年与末次冰期的第二间冰阶的年龄 62.0—50.0 千年<sup>[11]</sup>相接近, 说明这期古泥石流堆积当是在湿润气候条件下形成的.

3) 晚期古泥石流堆积 这是一套疏松汲砾沉积. 多照沟剖面(图 4-A)夹有多层泥炭层透镜体, 层厚 50 米左右. 底部泥炭夹层<sup>14</sup>C 测年结果 > 24.00 千年. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所(1990)<sup>[12]</sup>曾对这套泥石流堆积中的泥炭层做过<sup>14</sup>C 测定, 最大年龄值为 17.39 千年. 这个年龄较测得的年龄为小, 其原因可能与测试的样品取自剖面上部有关. 大凹子的沟口剖面(图 4-B), 因受近期泥石流堆积影响, 仅出露 18.0 米左右, 其底部石英 ESR 和<sup>14</sup>C 测年结果分别为 22.70 千年和 20.13 ± 1.48 千年, 这两个年龄数据非常接近. 这期堆积的年龄 24.00—20.13 千年与末次冰期的第一间冰阶的年龄 32.00—21.00 千年<sup>[11]</sup>相当, 表明它亦是在湿润时期形成的.

综上所述, 蒋家沟流域古泥石流的三个堆积时期与晚更新世时期的三个间冰阶具有良好的对应性, 即早期堆积——末次间冰期的第二间冰阶, 中期堆积——末次冰期的第二间冰阶, 晚期堆积——末次冰期的第一间冰阶. 这种对应性绝非偶然的巧合, 它充分说明云南蒋家沟流域的三期古泥石流堆积是晚更新世湿润气候期的产物.

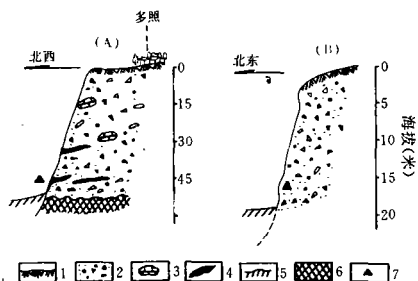


图 4 泥石流堆积剖面

Fig. 4 The profiles of debris flow deposits

A. 多照沟剖面; B. 大凹子沟沟口剖面.

1. 耕作层; 2. 泥石流堆积; 3. 碳酸盐岩漂砾;
4. 泥炭夹层; 5. 现代河床堆积; 6. 昆阳群浅变质岩基座; 7. 采样位置

## 2. 近代泥石流堆积

蒋家沟流域近代泥石流堆积包括沟口泥石流堆积扇和泥石流回淤堆积滩两类. 广泛分布于中、下游较平缓的开阔地段. 关于近代泥石流开始堆积的时间, 认识不一, 有人认为

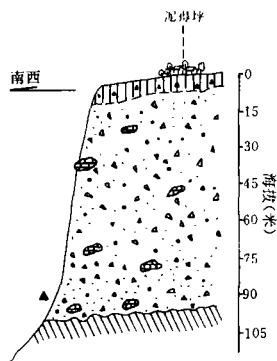


图 3 泥得坪泥石流堆积剖面  
(图例见图 1)

Fig. 3 The profile of debris flow deposits at Nideping

始于 200—300 年前<sup>[13]</sup>。

## 二、泥石流堆积中石英砂表面结构特征

对蒋家沟流域近期泥石流堆积和古泥石流堆积中石英砂各 250 粒在扫描镜下作了颗粒形态及表面结构特征的对比观察分析,所得图象资料对了解泥石流堆积物的搬运特点及其成因很有帮助。

### (一) 石英砂的分离

先将筛选后粒径为 0.25—0.01 毫米的碎屑在稀盐酸中煮沸约 20 分钟,以除去碳酸盐岩碎屑,再将清洗出的碎屑置于浓硫酸中煮沸约 20 分钟,去掉石英砂表面上铁的氧化物,然后洗净,烘干,在双目实体显微镜下挑选出粒径 > 0.1 毫米的石英砂,并将其按等间距成排置于胶带纸上,借扫描镜下观察使用。这样选出的石英砂,表面较干净,大小均一,纯度可高达 100%。

### (二) 近期泥石流堆积中石英颗粒形态及表面结构特征

#### 1. 颗粒形态

所观察的石英砂均呈不规则或极不规则状,棱角尖锐,颗粒边缘往往呈参差锯齿状(照片 1—6)<sup>1)</sup>,几乎没有见到次圆状或圆状的颗粒。它们反映了离母岩区不远的快速堆积环境。

#### 2. 表面结构特征

蒋家沟近期泥石流堆积中的石英砂表面只发育机械结构,主要有如下 4 种:

1) 贝壳状断裂结构 几乎在所有的颗粒上都能见到贝壳状断裂结构,有的呈弧形阶梯凹面或凸起(照片 4,7),有的呈贝壳状断口(照片 8),有的呈多条平行的弧形曲线断面(照片 9)。在一个粒面上的两个或两个以上的贝壳状断裂结构常常相互迭置、交切(照片 4,7)。若与其它环境(如冰川、正常流水、风积砂、洪积等)中的石英砂表面结构<sup>[14—16]</sup>比较,泥石流石英砂的最大特点是贝壳状断裂结构十分发育。

2) 解理面 解理面常呈阶梯状台面出现(照片 10)。泥石流石英砂表面的解理面较平整、干净,与冰川石英砂的解理面上常粘附被挤压形成的棱角锐利的石英小片截然不同。

3) 凹坑 粒面上的凹坑多呈浅平碟型(照片 1—3,7),但在颗粒边缘部位常呈 V 型(照片 2,7)。泥石流撞击形成的凹坑,以其底部及周边较粗糙而区别于正常流水的磨蚀凹坑。冰川石英砂一般不发育凹坑。

4) 擦痕和擦沟 擦痕浅而窄(照片 3,8,9),而擦沟深而宽(照片 1,3,10)。擦沟有的底部圆滑,较平直,向两端逐渐变浅,直至尖灭(照片 10),有的呈平直 V 型(照片 1,3)。它们是硬而尖锐的颗粒掠过石英砂时撞击刻划而成,与冰川挤压形成的深而直的擦痕(或擦沟)有明显的差异。

1) 本文照片见刊末图版 I, 1。

### 3. 石英颗粒形态及表面结构的形成

蒋家沟流域近期泥石流堆积中的石英砂几乎都呈不规则或极不规则状,颗粒边缘常呈锯齿状.这是因为泥石流的流程一般较短(如蒋家沟泥石流的流程仅14公里左右),石英砂尚未经过充分磨蚀就沉积了.

蒋家沟泥石流是高容重的非均质流体,它的固相组分十分复杂,流速较大,一般为7—8米/秒,最快达15米/秒.故具有较大的动能,不仅流体有强大冲击力,而且急湍的泥石流流动过程中,颗粒间相互撞击的能量很大,所以在石英颗粒上留下了各种机械结构.据统计,贝壳状断裂结构占所观察的250粒石英砂的88%,解理面占10%,凹坑占12%,擦痕和擦沟占18%(表3).

表2 蒋家沟泥石流堆积中石英颗粒形态及表面结构特征

Table 2 The form and the surface texture characteristics of quartz in debris flow deposits along Jiangjia Ravine

泥石流堆积性质	观察 颗粒数 (粒)	颗粒形态(占总颗粒百分数)				表面结构特征(占总颗粒百分数)					
		棱角 状 (%)	次棱角 状 (%)	次圆 状 (%)	圆 状 (%)	机械结构				化学结构	
						贝壳 状断 口 (%)	解理 面 (%)	凹 坑 (%)	擦 痕 (%)	溶蚀 结构 (%)	氧化 硅沉 淀 (%)
近期泥石流堆积	250	85	15			88	10	12	18		
古泥石流堆积	250	81	19			84	11	15	20	10	

### (三)古泥石流堆积中石英砂表面结构特征及其成因

扫描镜下观察结果表明,蒋家沟流域古泥石流堆积中的石英砂拥有近期泥石流石英砂所具有的全部颗粒形态及表面机械结构特征,而且各种特征非常相似.例如,古泥石流石英砂表面上的贝壳状断裂结构(照片5,6,11—14)十分发育,而且两个或两个以上贝壳状断裂结构的选置现象(照片14)较普遍,贝壳状断裂结构占所观察的250粒颗粒的84%;解理面(照片12,15)在11%的粒面上均有出现;凹坑有的呈V型(照片11,13,15),有的呈浅平碟型(照片16),在15%的粒面上见有凹坑;擦痕(照片14,17)和擦沟(照片6,11,13,14,17)在20%的粒面上见有.蒋家沟流域古泥石流石英砂表面机械结构特征与近期泥石流非常类同的事实表明它们的生成环境和搬运营力是相同的.

应该指出,蒋家沟流域古泥石流堆积中的石英颗粒表面上发育有不同程度的化学结构如溶蚀坑结构(照片12,14,17,18),这是古泥石流石英砂表面结构与近期泥石流最大区别,它表明古泥石流石英砂在沉积后经受了一定程度的化学风化作用的改造.

## 三、结 论

综上所述,可以得到如下3点初步认识:

1. 云南蒋家沟流域泥石流堆积可以分为古泥石流堆积和近代泥石流堆积两类.根据石英ESR和<sup>14</sup>C测年结果以及地层结构特征,蒋家沟流域古泥石流堆积可再分为三个堆

积时期:98.3千年前的早期古泥石流堆积;63.1—56.1千年前的中期古泥石流堆积和24.0—20.1千年前的晚期古泥石流堆积。这三个堆积时期分别与晚更新世的三个间冰阶(即末次间冰期的第二间冰阶及末次冰期的第二和第一间冰阶)相对应,说明云南蒋家沟三期古泥石流堆积是晚更新世湿润气候期的产物。

2. 扫描镜下观察结果表明,泥石流石英砂的主要标志性特征是:1)颗粒呈不规则或极不规则状,棱角尖锐,颗粒边缘常呈参差锯齿状,它们代表短距搬运,快速堆积环境;2)贝壳状断裂结构在所有环境中石英砂表面上均有发育,尤以泥石流环境中最为发育,在一个粒面上常有3—8个之多,并且相互叠置、交切;3)解理面较平整、干净,这与冰川石英砂解理面上常粘附被挤压形成的棱角锐利的石英小片截然不同;4)泥石流撞击形成的凹坑,以其底部及周边较粗糙而不同于正常流水的磨蚀凹坑,冰川石英砂一般不具凹坑;5)泥石流石英砂上撞击、刻划形成的擦痕与冰川挤压形成的深而直的擦痕有明显差异。

3. 蒋家沟流域古泥石流堆积中石英砂表面的机械结构特征和近期泥石流者十分相同的事实表明它们的生成环境及搬运营力是类同的。

## 参 考 文 献

- [1] 黄培华等,1986,电子自旋共振法(ESR)测定第四纪物质年龄的研究,科学通报,(6),第453—455页。
- [2] 业渝光等,1991,冲积物中石英 ESR 测年的研究,地质科技情报,10(2),第93—96页。
- [3] Tanaka, T. et al., 1985, ESR dating of Late Pleistocene near-shore and terrace sands in Southern Kanto, Japan. ESR Dating and Dosimetry, IONICS, Tokyo, 17—26.
- [4] 业渝光等,1989,有关 ESR 测年中年代计算的几个问题,地质实验室,(5),第35—27页。
- [5] 业渝光等,1987,稀释技术测定小样品的<sup>14</sup>C年龄,地质实验室 3(4),第275—277页。
- [6] 雷祥义,1997,黄土高原南部晚更新世黄土地层划分,显微结构及力学性质特征,第四纪研究,(2),第128—135页。
- [7] 卢演传等,1991,陕西渭南介子村黄土的热释光测年,地质论评,37(4),第356—362页。
- [8] 安芷生等,1990,最近13万年黄土高原季风变迁的磁化率证据,科学通报,(7),第529—532页。
- [9] 刘东生等,1985,黄土与环境,科学出版社,第277—302页。
- [10] 王永焱,1987,中国黄土区第四纪古气候变化,中国科学(B辑),(10),第1099—1106页。
- [11] 安芷生等,1991,最近130ka中国的古季风——Ⅰ.古季风变迁,中国科学(B辑),(11),第1209—1215页。
- [12] 吴积善等主编,1990,云南蒋家沟泥石流观测研究,科学出版社,第16—32页。
- [13] 李斌等,1979,云南东川蒋家沟泥石流的发生、发展过程的初步分析,地理学报,34(2),第156—168页。
- [14] Krinsley, D. H., Doornkamp, J. C., (陈瑞君等译),1980,石英颗粒表面结构图,石油工业出版社,第1—30页。
- [15] 王永焱等,1982,黄土中石英砂颗粒表面结构与中国黄土的成因,地理学报,37(1),第36—40页。
- [16] 雷祥义,1985,西安白鹿塬黄土物质来源问题,西北大学学报(自然科学版),(1),第54—63页。

## PRIMARY STUDY ON AGE AND GENESIS OF DEBRIS FLOW DEPOSITS IN JIANGJIA RAVINE, YUNNAN PROVINCE

Lei Xiangyi

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069*)

Li Zhaoshu

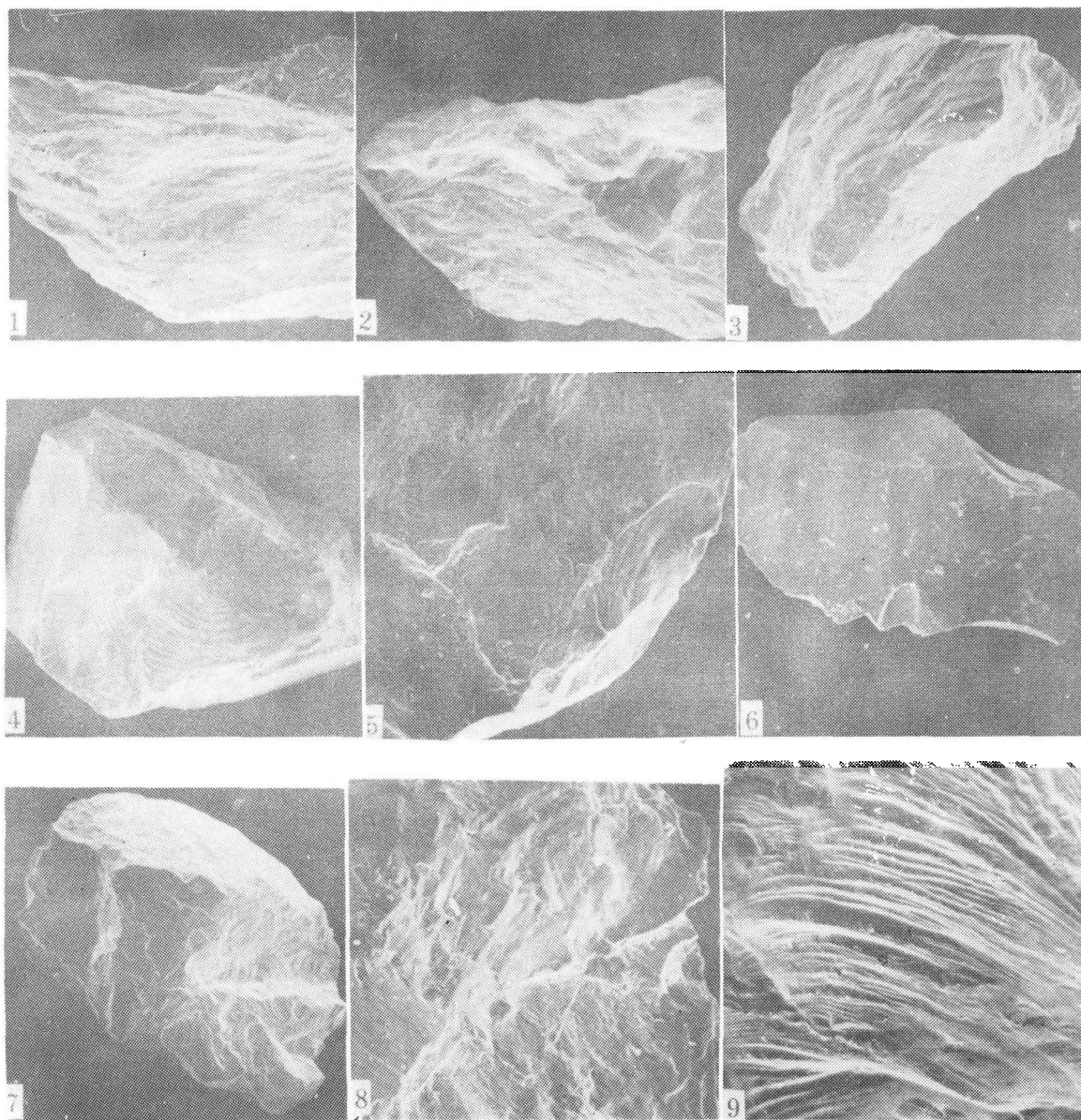
(*Department of Geography, Northwest University, Xi'an, 710069*)

### ABSTRACT

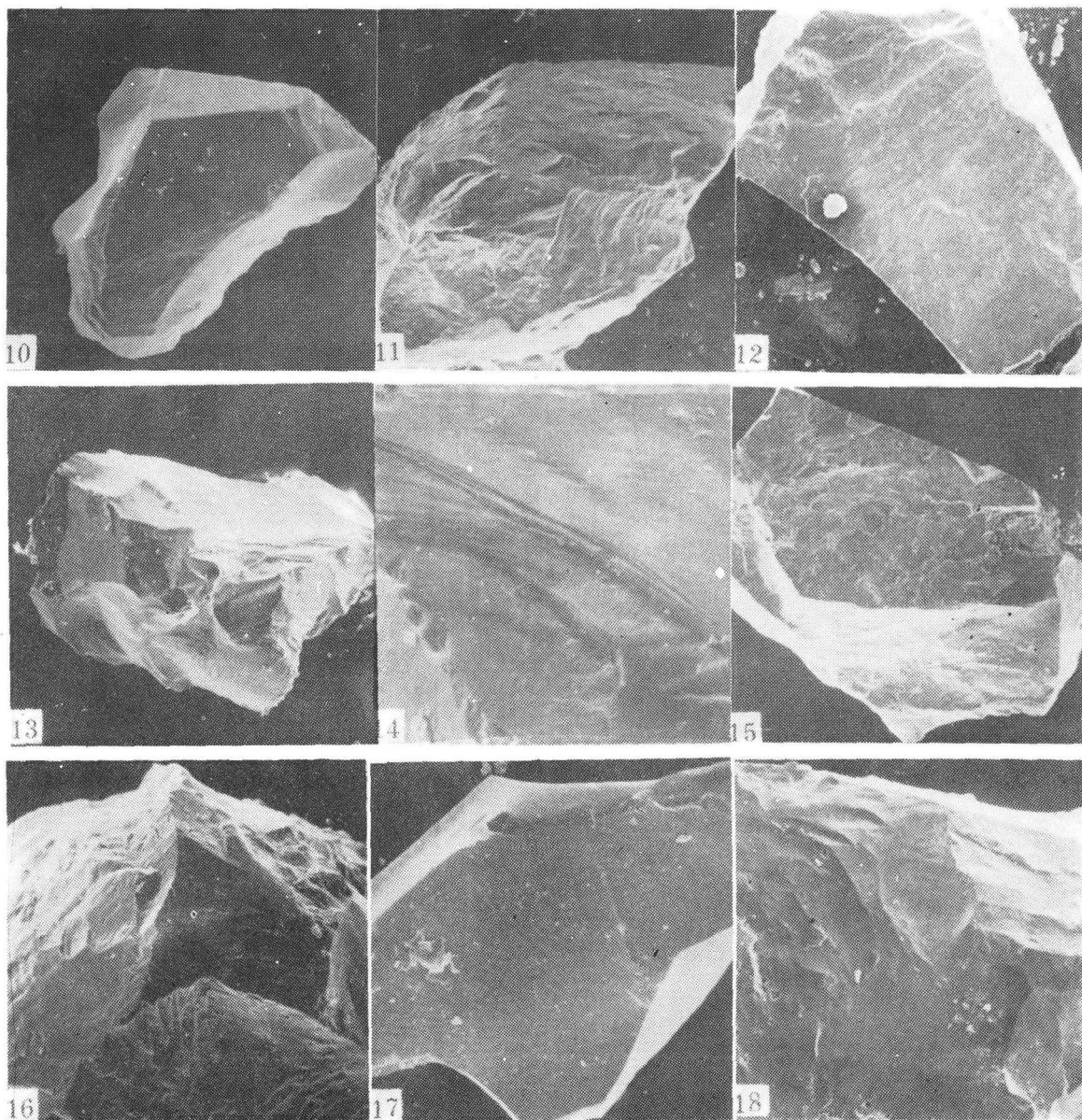
The Jiangjia Ravine in the northeast of Yunnan Province is a typical area where debris flows are active in China. A comprehensive survey in this district shows that debris flows in modern times have been widespread and frequent, and clear evidence of debris flow activities from the remote past can also be found everywhere. Therefore, Jiangjia Ravine can be viewed as a natural museum of debris flow. In order to understand ages and genesis of debris flow deposits in the Jiangjia Ravine, the textures on the surface of quartz grains the debris flow deposits have been dated by application of the ESR technique and studied. According to the results obtained by ESR dating, the debris flow deposits in the Jiangjia Ravine can be classified into 2 types: ancient and new debris flow deposits. The ancient debris flow deposits can also be divided 3 subtypes: the early ancient debris flow deposit formed in 98.3 Ka age; the middle one in 63.1—56.1 Ka age; and the later one in 24.0—20.1 Ka age. The three periods of debris flow deposits in Jiangjia Ravine are respectively consistent with the second interstadial of last interglacial (100.0—90.0 Ka B. P.), the second and the first interstadial of last glacial (i. e., 62.0—50.0 Ka B. P. and 32.0—21.0 Ka B. P.), showing that the three periods of debris flow deposits in the Jiangjia Ravine related closely to the three humid periods in Late Pleistocene.

The results obtained by analysis under SEM show that the quartz grains of new debris flow deposits in Jiangjia Ravine are rather complicated in shape, their approximate shapes which are observed are mainly sharp edgeangle, which may be formed during the period of transportation. There are cleavage planes, conchoidal fractures, pits, scratch and grooves, etc. on the surfaces of quartz grains. The shapes and surface microtextures of the quartz grains in ancient debris flow deposits are almostly similar to those of the new one. Therefore, the similarity between quartz grains of ancient and new debris flow deposits obviously shows that their genetic environment is alike.

**Key words** debris flow deposits, ESR dating, quartz grains, surface texture



1. 颗粒边缘呈锯齿状(上方), 碟形坑(左上), 近期泥石流堆积,  $\times 400$ . 2. 颗粒边缘呈锯齿状(下方), 不规则凹坑(上方), 近期泥石流堆积,  $\times 400$ . 3. 颗粒呈锯齿状, 擦痕和擦沟, 近期泥石流堆积,  $\times 300$ . 4. 贝壳状断裂结构, 近期泥石流堆积  $\times 300$ . 5. 颗粒边缘呈锯齿状, 贝壳状断口, 古泥石流堆积,  $\times 800$ . 6. 颗粒边缘呈锯齿状, 贝壳状断口, 贝壳状断裂面, 擦沟(右上), 古泥石流堆积,  $\times 400$ . 7. 贝壳状断裂结构, 凹坑, 锯齿状边缘, 近期泥石流堆积,  $\times 200$ . 8. 贝壳状断口(右方), 贝壳状断裂结构(左中), 擦痕, 近期泥石流堆积,  $\times 800$ . 9. 贝壳状断裂结构, 擦痕(右边), 近期泥石流堆积,  $\times 200$ .



10. 解理面,解理台面,擦沟(左下),贝壳状断口,近期泥石流堆积,×400. 11. 贝壳状断裂结构,V型凹坑,擦痕(左中),古泥石流堆积,×400. 12. 解理面,解理台面,贝壳状断口(左下方),溶蚀坑,古泥石流堆积,×400. 13. 贝壳状断面,碟形坑,擦痕(中上方),古泥石流堆积,×300. 14. 贝壳状断裂结构,擦痕(右上面),溶蚀坑(左边),古泥石流堆积,×300. 15. 解理面,V型凹坑,古泥石流堆积,×400. 16. 碟形坑,不规则撞击坑,古泥石流堆积,×800. 17. 贝壳状断裂面,贝壳状断口(右中),擦痕(左上方)和擦沟(右上方),古泥石流堆积,×400. 18. 擦沟(左上方),溶蚀坑,古泥石流堆积,×800.