

关于北京南口山前红土砾石层 成因争论之我见

李树德

(北京大学地理系)

通过对南口山前红土砾石层沉积物的机械组成、粘土矿物及化学成分、沉积结构特征及微结构特征研究分析表明：南口山前红土砾石层沉积与冰川作用无关，是古泥石流沉积。同时，在古泥石流形成时期，气候比较湿热，雨量丰富，氧化作用、物理风化作用和化学风化作用都比较强烈。

在南口山前洪积扇和洪积台地上，有一层棕红色粘土砾石层(下称红土砾石层)，从老爷岭附近向东南方向经红泥沟、陈庄一带呈长条形连续分布，厚度约1.5—2.0m。上部在一些地方直接被黄土覆盖，下部是一层浅色红土，它们之间有一明显侵蚀界面(图1)。关于这一层的成因探讨，不少人认为与冰川作用有关或可能有关^[1,2]。我们通过多种方法对该层沉积物进行了研究，认为该层沉积物与冰川作用无关，而是属于古泥石流沉积。

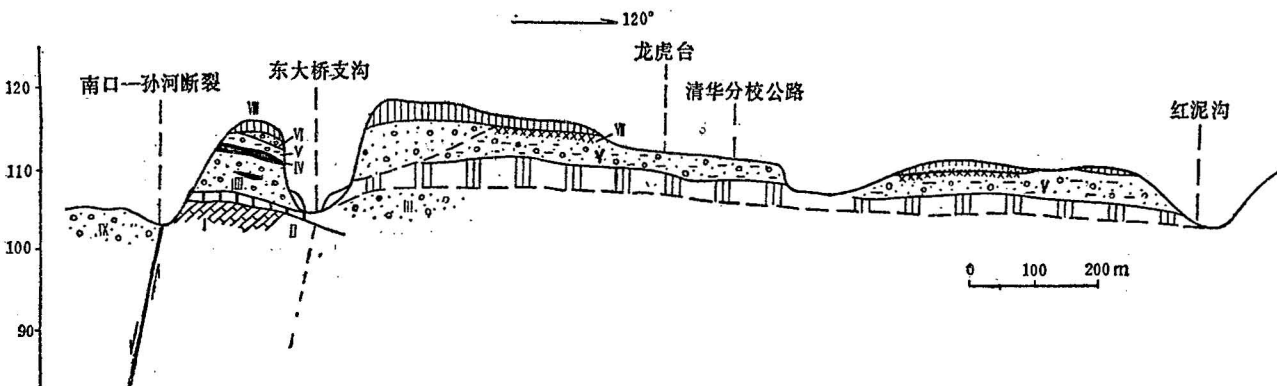


图1 南口河—红泥沟地质剖面

Fig. 1 Geological cross section between the Nankou River and Hongnigou Gully

I—Z硅质灰岩；II—N₂深红色粘土角砾；III—Q₁灰白色胶结砾石层；IV—Q₂浅色红土；V—Q₂红色土砾石层；VI—Q₂灰白色松散砾石层；VII—Q₂棕红色古土壤；VIII—Q₃次生黄土；IX—现代冲积砾石层

一、红土砾石层砾石的产状和岩性

从红土砾石层沉积剖面上选取了五个比较好的出露点，分别对100块砾石的产状、岩性和磨圆度进行测量统计。从No. 1到No. 4点统计结果，砾石最大扁平面(AB轴面)的倾向，绝大多数

集中在 300° — 350° 之间, No. 5点处显得比较零乱。这种现象说明红土砾石层中砾石的排列方向具有一般河床水流作用所形成的砾石组构特征, 即砾石的最大扁平面倾向水流的上游方向。这和现代泥石流中砾石的沉积特征是一致的¹⁾。根据这一特征, 可以推测该沉积物是从西北向东南方向流动。No. 5点因位于末端, 当泥石流向前运动时, 由于下部受到地表面摩擦力影响, 上流速相对比下部流速要大, 又因流动前方无侧压, 致使流动物质部分向前发生倾倒, 使砾石排列无一定方向。这种现象在云南东川蒋家沟泥石流的前端龙头部位也能看到, 在运动过程中由于石块向下翻落, 沉积后的砾石倾斜方向不一, 呈混乱状态²⁾。根据这一特征并结合南口山前红土砾石层的分布范围, 可以确定古泥石流沉积, 龙头位置大致在七间房村小水库附近。

该沉积物中砾石的岩性比较复杂, 根据野外统计, 岩性百分比见表1。

表 1 南口古泥石流砾石岩性组成百分比

Table 1 Lithological component percent of gravels from the paleo debris flow in Nankou region

硅质灰岩	55%	石英岩	5%	辉绿玢岩	1%
含硅质白云岩	9%	煌斑岩	4%	细岩	2%
石英砂岩	3%	辉长岩	2%	细晶岩	3%
砂岩	2%	辉石	3%	细晶斑岩	2%
泥质灰岩	1%	石英斑岩	2%	片麻岩	2%
花岗岩	2%	辉绿岩	2%		

从表1中砾石的岩性和西北山地基岩岩性比较, 具有一致性。山前一带出露的地层全是震旦系的, 更多的是高于庄组硅质灰岩, 硅质白云岩及石英砂岩, 大洪峪组的硅质灰岩。而砾石中震旦系硅质灰岩占55%, 片麻岩砾石却很少, 只有2%, 还有风化很深的花岗岩砾石。从这一点看, 古泥石流虽然发源于山地, 但源头并不远, 因为距山前仅两公里的臭泥坑附近就有大量片麻岩出露。当时很可能就是山前的一些较陡的小冲沟, 由于暴雨, 带下大量风化碎屑而形成泥石流。

在古泥石流沉积中, 砾石的磨圆度变化较大, 有些砾石磨圆度极好, 可达IV级, 多为岩紫岩及脉岩类。而另一些砾石几乎未经磨圆, 是一些呈零级或I级的基岩风化碎屑, 绝大多数是硅质灰岩。它们混杂在一起, 充分说明古泥石流中的砾石大部分是从山坡上基岩风化壳带来的, 另一部分是从附近谷床中或谷坡上的高阶地上带来的。

根据以上资料初步确定, 南口古泥石流是从西北附近山地冲沟发源, 经南口山前流向东南, 直达七间房村的水库附近。呈长条形连续分布, 堆积范围长达4km。

二、红土砾石层的结构特征

根据不同地点, 对纵剖面上、下层位中的砾石分布面积百分比 ($D_s\%$)、砾石体积百分比 ($D_v\%$) 和砾石重量百分比 ($D_g\%$) 的测量统计, 可以看出有以下特征:

1. 在各测点剖面, 下层的 $D_s\%$ 、 $D_v\%$ 和 $D_g\%$ 指标均比上层要高 (表2)。这种现象是由于砾石在搬运过程中, 一方面随浆体一起向前运动, 同时因砾石本身自重的影响, 分别作不同程度的沉降, 随着搬运距离的增大, 砾石不断地沉积, 最后形成下层砾石较多, 上层砾石较少。再者, 泥石流沉积堆积的后期, 水量逐渐减少, 搬运能力降低, 一些粗大砾石不再继续向前运动而沉积下来, 这时泥石流浆体中的上层部位所含砾石相对减少。这是一种递变粒级层结构³⁾。上层的砾石

1) 田连泉等, 1980, 西藏波密加其美沟泥石流沟道演变。全国泥石流会议论文集。

2) 袁志成, 1980, 云南蒋家沟泥石流流态特征。全国泥石流会议论文集。

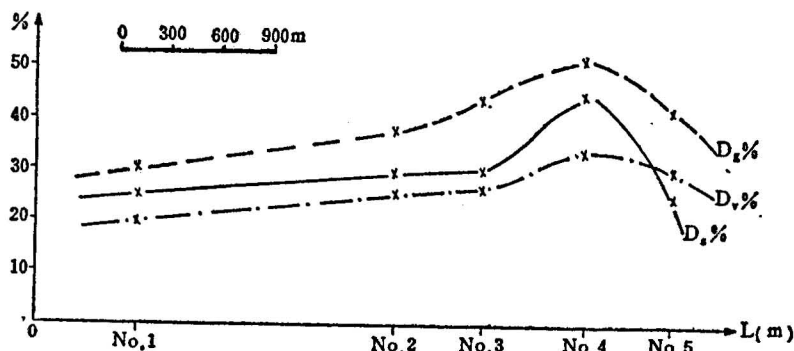
表 2 No.1—No.5测点剖面上、下层中 $D_s\%$ 、 $D_v\%$ 及 $D_g\%$ 指标Table 2 The indications of $D_s\%$, $D_v\%$, and $D_g\%$ in the upper and lower layers in the sections at locations N. 1-N.5

地 点	层 位	项 目			下层比上层多出的百分数		
		面积百分比 ($D_s\%$)	体积百分比 ($D_v\%$)	重量百分比 ($D_g\%$)	面积百分比 ($D_s\%$)	体积百分比 ($D_v\%$)	重量百分比 ($D_g\%$)
No.1	上 下	8	11	15	17.5	9	15
		25.5	20	30			
No.2	上 下	12	16	24	18	8.8	14
		30	24.8	38			
No.3	上 下	14	17	29	16	9.4	15.3
		30	26.4	44.3			
No.4	上 下	15.4	24.8	42	24.6	9.2	10
		45	34	52			
No.5	上 下	13	20	32.3	12.6	10	9.7
		25.6	30	42			

平均粒径为12.27cm，比下层砾石的平均粒径24.3cm要小。

2. 在上层中也夹有粒径达30cm以上的大石块，是一些强烈风化的硅质灰岩，但就在同一剖面的下部，有相当多粒径只有15cm左右的硅质灰岩（风化极微弱）砾石，这是由于山坡上或山前基岩剥蚀面上的风化岩屑，因强烈风化，比重较小，而浆体有较大的浮力，混合在其中不致下沉，而一些粒径较小的硅质灰岩砾石，由于在搬运之前未遭受强烈风化，比重较大，相对容易沉降到底部。

3. 沿纵剖面，砾石含量随搬运距离的增加而逐渐增多。当泥石流物质搬运到一定距离之后，砾石沉积含量又相对减少（图2、3）。这一现象是由于泥石流在向下游运动过程中，开始因地形坡度大，流速快，动能也大，搬运能力强，这时浆体中的砾石主要是向前运动。但随着自身能量不断消耗，动能变小，搬运能力也越来越小，一些悬浮在浆体中的砾石也随之沉积下来，所以砾石的沉积含量随搬运距离增加而增多。但在其末端部位No.5处由于浆体中砾石的总含量相对大大减少，故其 $D_s\%$ 、 $D_v\%$ 和 $D_g\%$ 指标均相应减少（表2）。

图 2 南口古泥石流下层 $D_s\%$ 、 $D_v\%$ 、 $D_g\%$ 随距离 L 变化图Fig. 2 Diagram showing the variation of $D_s\%$, $D_v\%$ and $D_g\%$ in the lower layer of paleo-debris flow with distance L in Nankou region

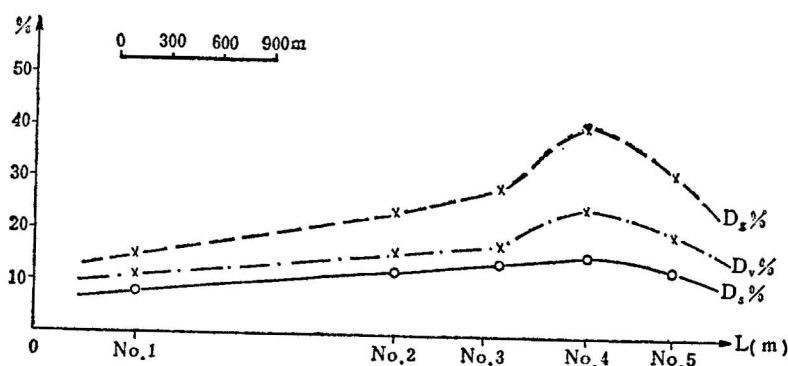


图3 南口古泥石流上层Ds%、Dv%、Dg%随距离L变化图

Fig. 3 Diagram showing the variation of Ds%, Dv% and Dg% in the upper layer of paleo-debris flow with distance L in Nanhou region

4. 在各剖面剖面上, 普遍见到一些大小和形状相似的砾石, 但由于它们的岩性比重不同, 表现出沉积深度也不一样。一些比重较大的岩性, 如岩紫岩及基性脉岩类等普遍在下部。同时在一些剖面上观察到一些岩性相同、大小相等、形态相似的砾石, 由于其风化程度不同而表现出沉降深度不同。风化微弱的砾石在风化较强的砾石的下面, 这显然是密度在起主导作用。

上述特征都是在以水或以浆体为搬运介质的沉积物中才可能出现。特别是在以浆体为搬运介质的泥石流堆积中能有充分的发育, 粗颗粒出现悬浮递变现象。这些结构特征在沉积物以固体搬运和以滚动、滑动的方式移动而沉积的冰川沉积物中是不可能出现的^[4]。

三、红土砾石沉积微结构特征

在野外按一定的方位严格取样, 在电子显微镜下扫描观察研究, 发现有以下特征和现代泥石流很相似, 这对认识泥石流沉积和判断泥石流运动方向有一定意义。

1. 在纵剖面上, 可以清楚看到一些细小颗粒之间形成不规则的三角形空洞 (图版—1)。这是沉积时受到一定程度的挤压及后期水分丧失和气体逸出后所形成的空隙, 这种现象在现代泥石流中也常见到 (图版—2)。

2. 在沉积物水平方位上, 见到一种压片或叶片状结构, 同时清晰见到细粒物质沿碎屑颗粒周围流动现象 (图版—3)。现代泥石流中也有类似现象¹⁾。这是由于运动过程中层流作用, 特别是后期失水受到自重压力影响而形成。

3. 沿流向纵剖面上, 出现许多斜列的微张裂隙, 这些张裂隙向岩沉积物流动方向倾斜 (图版—4)。这是因为沉积物在流动过程中因流速不同, 上、下部分显示相对差异运动, 即发生相对水平剪切运动, 由引张作用导致一系列定向排列的微张裂隙。根据这些张裂隙的倾斜方向判断沉积物流向和依据沉积物分布形态及剖面中砾石最大扁平面向判断沉积物流向是完全一致的。

4. 对沉积物中粒径0.5—0.3mm的石英砂表面电镜扫描观察 (图版—5、6)。其特征是磨圆度较好的表面具有强烈溶蚀现象, 形成不规则凹坑。说明石英砂曾经过水的侵蚀作用。

1) 田连泉等, 1980, 西藏波密加其美沟泥石流沟道演变。全国泥石流会议论文集。

四、红土砾石沉积物中的粘土矿物及化学成分

1. 重砂矿物特征 (比重 >2.9 , 粒径 $<0.3\text{mm}$)

总的特征是含量少, 粒径小, 种类单一, 主要以铁的氧化物和氢氧化物为主, 如褐铁矿、钛铁矿、赤铁矿、磁铁矿等, 占重矿物的70—80%。晶形保留完好, 多为半自形晶, 棱角稍有磨圆。透明矿物以绿帘石、透闪石为主, 含量10%, 呈他形晶不规则细粒状, 说明红土砾石(泥石流物质)搬运不远。

从沉积物中重矿物分布情况(见表3)。重矿物中占优势的是抗风化力强的极稳定矿物和稳定矿物, 而象角闪石、黑云母这样一些不稳定矿物在重矿物中占的比例很小, 而较稳定矿物绿帘

表 3 南口古泥石流沉积物及风化壳中重矿物分布表

Table 3 Heavy minerals distribution in the deposits of paleo-debris flow and in weathering crust in Nankou region

类 别 分布地点	重矿物 (比重 <2.9 , 粒径 $<0.3\text{mm}$)			
	极 稳 定 矿 物	稳定矿物	较稳定矿物	不稳定矿物
No.30 红泥沟 上 层	褐铁矿 锆石 电气石 金红石 钙石	磁铁矿 赤铁矿 钛铁矿 榍石	绿帘石 透辉石 透闪石	角闪石 黑云母
No.28 红泥沟 下 层	褐铁矿 锆石 金红石 光晶石	磁铁矿 钛铁矿	绿帘石 透闪石	角闪石
老爷岭 东 沟 红土风 化 壳	褐铁矿 锆石 电气石 金红石 光晶石	磁铁矿 钛铁矿	绿帘石 透闪石	

石、透闪石等含量也不多。这说明红土砾石物质不少是来源于风化壳上的物质, 它们曾遭受较强烈的物理风化和化学风化作用, 致使大部分不稳定矿物分解破坏, 而残留下来的是抗风化力强的矿物。

2. 粘土矿物特征

样品经过去有机质、钙质处理, 提取粒径小于 $2\mu\text{m}$ 的粘粒, 用X光衍射分析, 差热分析、红外光谱分析及电子显微镜研究等多种手段测定, 结果如下:

(1) 粘土矿物主要是蛭石、伊利石和高岭石, 也有少量多水高岭石, 从上到下伊利石和高岭石减少, 蛭石增多。在X光衍射分析图谱中, $14 \times 10^{-10}\text{m}$ (蛭石)、 $10 \times 10^{-10}\text{m}$ (伊利石)、和 $7 \times 10^{-10}\text{m}$ (高岭石) 的衍射峰都很明显 (图4)。

(2) 在电子显微镜下观察到的伊利石多呈圆滑边界的细片状, 这是碎屑沉积和风化壳中伊利石的典型形态。高岭石不多见, 晶形也不完整, 多水高岭石呈管状, 在管的末端因脱水而开裂呈参差状 (图版—7—10)。

(3) 沉积物中的粘土矿物和风化壳上的粘土矿物, 其类型、组合特征都相似。

3. 化学成分特征

质^[5]，此剖面下层比上层风化作用强也表明和后期湿热作用无关，代表了原始环境特点。

五、红土砾石沉积的机械组成

粘度是碎屑沉积物（岩）最重要的结构特征，粒度分析已广泛地应用于各种沉积环境的研究之中。不仅可以对不同的环境作出定性的或定量的评价，而且对于区分冰川、类冰川和非冰川环境，判别沉积类型，恢复古环境，是十分重要的手段。

近几年来 Slatt(1971)、Mill(1977) 等人对美国的阿拉斯加一些冰碛物及现代山谷冰川的冰碛物所做的频率曲线^[6]，我国科学工作者对喀喇昆仑山一些山谷冰川冰碛和英国两处大陆冰盖冰碛物所做的频率曲线以及对天山、西藏波密地区冰碛物所做的频率曲线研究表明^[6]，冰碛物在频率曲线上最为明显的特征在于其峰值总是出现在4—5 ϕ 粒级范围，这一点也为A. Dreimanis和U. Vagners (1969) 关于机械磨蚀的试验所证实^[6]。4—5 ϕ 粒级范围的峰值反映了以机械磨蚀作用为主的冰川作用环境。而南口山前红土砾石层沉积物，通过粒度分析绘制出频率曲线（图5），从

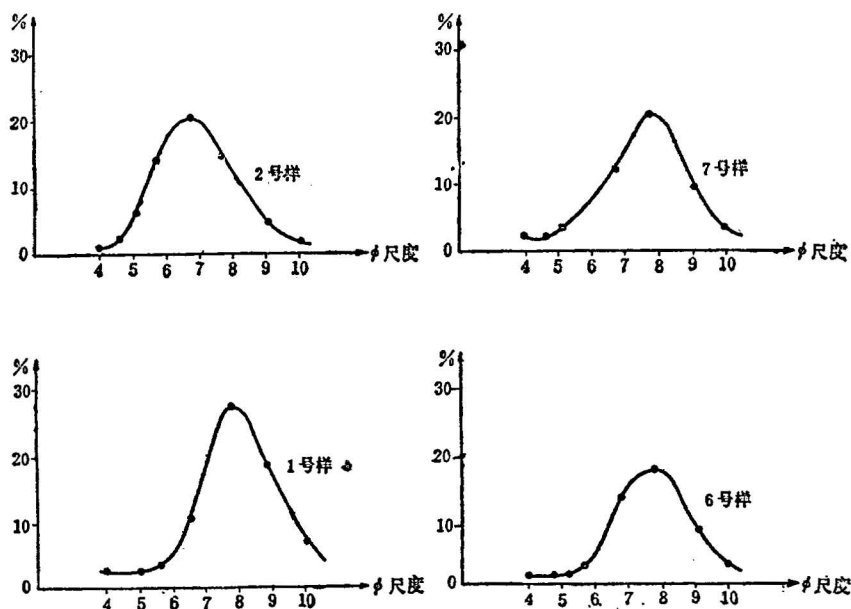


图 5 南口山前红土砾石层粒度分析频率曲线

Fig. 5 Grain-size distribution curve of piedmont red earth and gravel layer in Nankou region

沉积物频率曲线看出在4—5 ϕ 粒级范围内没有出现峰值，这充分说明红土砾石层在沉积之前没有受过以机械磨蚀作用为主的冰川作用。而在4—7 ϕ 粒级范围内出现峰值，这正是泥石流沉积物频率曲线出现峰值的粒级范围^[6]。

通过以上多种方法及手段对南口山前红土砾石层沉积物的研究分析，与现代泥石流沉积及冰水沉积特征进行比较表明：

1. 南口山前红土砾石层是古泥石流沉积。

2. 南口山前古泥石流形成时期，气候比较湿热，雨量丰富，氧化作用、物理风化作用和化学风化作用都比较强烈。

参 考 文 献

- [1] 王乃樑、潘德扬, 1956, 南口山前平原地貌与第四纪沉积物特征及其对于新构造运动与气候变迁的反映。北京大学学报, 3期, 第390—394页。
- [2] 魏兰英、卢演俦、安藏生、郑洪汉、阵承惠, 1982, 北京南口红土地砾石层、古土壤的组成和结构特征。第四纪学术会议论文集, 第90页, 科学出版社。
- [3] 崔之久, 1986, 初探沟谷泥石流及扇形地的沉积类型, 宏观特征及形成机制。沉积学报, 2期, 第69—79页。
- [4] 崔之久, 1981, 天山乌鲁木齐河源冰碛垅与冰碛沉积的类型和特征。冰川冻土, 增刊, 第36—48页。
- [5] 李树德、崔之久、王靖泰、张振栓, 1981, 天山乌鲁木齐河源冰碛、冰水及冲积砾石的岩性和形态特征。冰川冻土, 第三卷第78—85页。
- [6] 石生仁、陈怀录, 1985, 试论冰川沉积物与泥石流沉积物的区别。水土保持通报, 第35页。

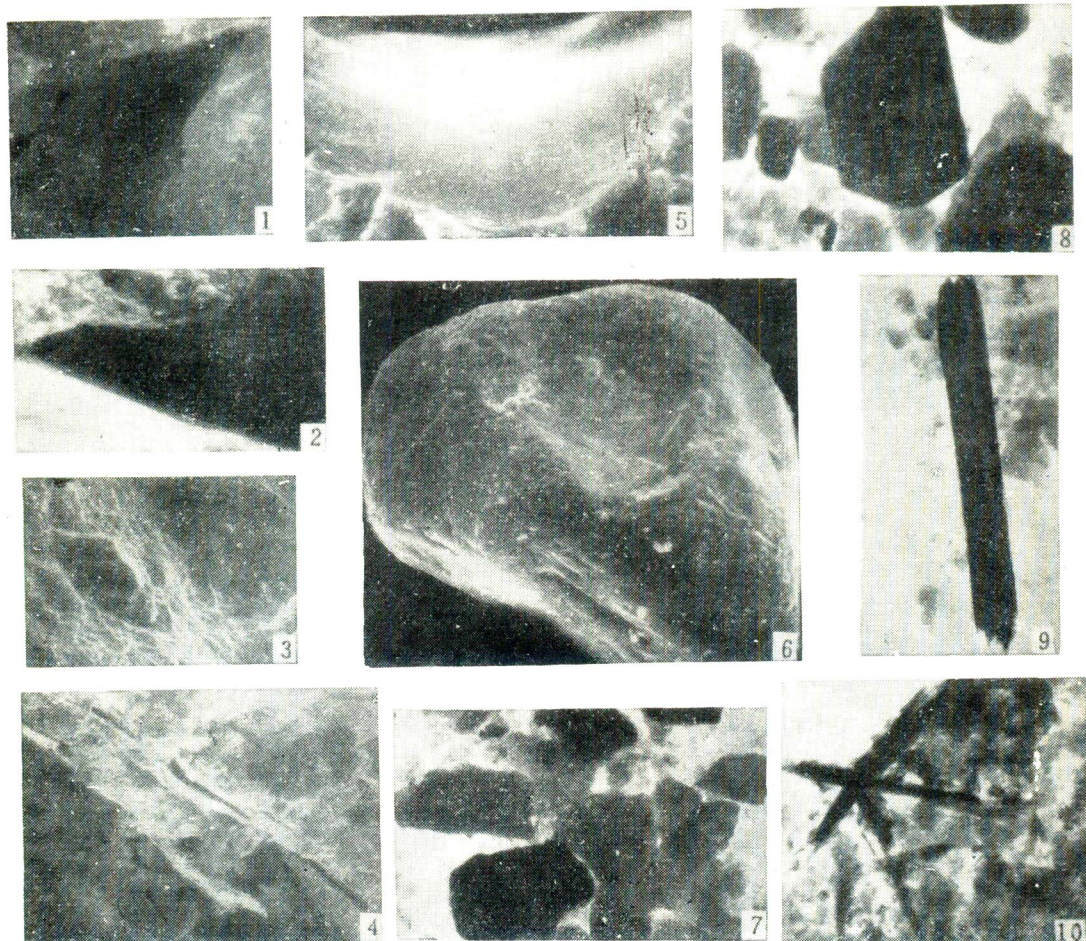
MY VIEWS ON THE ORIGIN OF PIEDMONT RED EARTH AND GRAVEL LAYERS IN NANKOU, BEIJING

Li Shude

(Department of Geography, Peking University, Beijing)

Abstract

Analyses of the mechanical composition, chemical composition, clay minerals and sedimentary microstructures and microtextures of piedmont red earth and gravel deposits in Nankou northwest of Beijing suggest that these deposits have nothing to do with glaciation but are paleo-debris flow deposits. During the period of their deposition, the climate was humid and hot, rainfall was plentiful, and oxidation and physical and chemical weathering were rather intense.



图版说明

1. 南口古泥石流沉积中的三角形空洞。784×
2. 甘肃武都现代泥石流，沉积中的三角形空洞。821×
3. 南口古泥石流中压片（叶片）结构及微流动构造现象。384×
4. 南口古泥石流沉积物中的定向排列微张裂隙（倾

向下游）。336×

5. 石英砂表面贝壳状断口及 SiO_2 的沉积作用。670×
6. 石英砂表面磨圆很好，同时见有溶蚀坑及 SiO_2 沉淀。179×
7. 伊利石与高岭石共生。12 000×
8. 高岭石、伊利石。18 000×
9. 多水高岭石。11 000×
10. 多水高岭石（风化壳中）。39 000