

文章编号: 1008-2786(2000)增-0001-07

# 丹棱—思濠扇积物中的漫洪相粘土层

张倬元, 陈叙伦, 刘世青, 夏克勤

(地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川成都 610059)

摘要: 在简述丹棱—思濠冲积扇上覆粘土层的分布与特征之后, 应用粒度分析方法和孢粉组合来论述其沉积环境, 并尝试应用粘土矿物与土体中易累积的稳定化合物含量与淋溶系数(ba)等所代表的粘土风化程度来论证该粘土层的相对年代。

关键词: 粘土层; 漫洪相; 粒度分析; 孢粉分析; 风化程度; 地质时代

中图分类号: P534.63, P531., P588.2

文献标识码: A

## 1 丹棱—思濠冲积扇上覆粘土层分布及某些特征

彭山、眉山、青神一线以西广泛分布的丹棱—思濠冲积扇砾石层的顶部, 覆有一层粘土层(图1)。粘土层在西端黄坪、席草坪一带厚0 m~1 m, 向东至洪雅、丹棱厚达3 m, 伏龙一带厚可达4 m, 白马、眉山车辆厂一带近扇前缘部位厚度达7 m左右。总体上从西向东厚度递增, 机械沉积分异的规律较明显。丹棱以西粘土一般都覆盖在砾石层上, 明显呈二元结构, 但往往也缺失上覆粘土而砾石裸露, 扇顶及扇中上部粘土厚度较薄, 分布也不连续, 到扇中下部, 不仅厚度增大分布连续, 并且近地表的剖面上往往仅见粘土而见不到砾石层。

剖面上粘土具下述特征: 1. 不显示层理, 肉眼观察与野外简易测试未发现粒序性, 粘土呈块状构造; 2. 自上而下颜色往往可分三带, 近地表1 m~2 m为浅土黄色粘土, 向下逐渐变深呈棕黄色, 下部则常呈褐黄或者褐色。棕黄色与褐黄色或褐色这两个带的厚度因地而异。而且被揭露的粘土剖面并非都显现三个带; 3. 粘土中发育蠕虫状白斑带, 白斑有时微显灰白、浅兰灰或浅绿灰色, 其分布似带状但并不连续成带, 一个剖面上有时出现2~3个带, 褐黑色铁锰膜呈斑点或斑状密集, 往往与蠕虫白斑带间杂出现, 但也有只显现蠕虫白斑而不见间杂的铁锰膜的情况; 4. 粘土中裂隙发育, 大致呈垂向, 裂隙一般宽1 mm

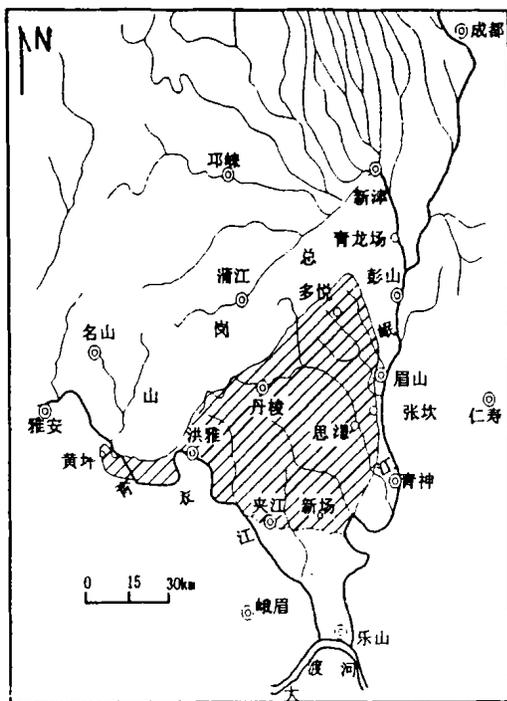


图1 粘土层分布

Fig. 1 Map showing the distribution of the clay bed

收稿日期: 1999-11-15

作者简介: 张倬元(1926-), 男(汉族), 河北乐亭县人, 1951年毕业于清华大学地质系, 现任成都理工学院教授, 博士生导师, 在工程地质、地质灾害领域发表论文百余篇, 出版专著十余部

~2 mm, 个别宽达 5 mm, 裂隙密集部位每宽 10 cm, 就出现 2~3 条裂隙, 裂隙虽然大致垂向发育, 但并不贯穿整个粘土层, 裂隙发育部位与粘土中的蠕虫白斑带和颜色分带三者间不显现必然的关连性, 蠕虫白斑带多出现在棕黄色粘土带内, 但有时也出现在上面浅黄色或下面褐黄色或褐色带内。蠕虫白斑带与裂隙虽然往往并存在同一部位, 但并不一定在裂隙发育的部位, 裂隙不发育的部位也出现蠕虫白斑, 且蠕虫白斑明显不沿裂隙生成。

## 2 粘土的沉积环境与时代

沉积物粒度大小受搬运营力控制, 与沉积环境密切相关<sup>[6]</sup>, 所以粒度分析资料可以用来鉴别沉积环境, 是辨别沉积物成因的有效途径; 孢粉组合表征一定环境条件下的植被, 所以孢粉资料可恢复古植被再造古气候与古地理环境; 粘土矿物类型往往表征粘土的风化阶段或者表征所处环境的特征; 湿润气候条件下土体中某些化学组分或化学组分比率的变化如二氧化钛、淋溶系数(ba)等, 可以表征土体经历风化时期的长短, 既反映土体所处物理化学环境也反映土体相对年代。当然粒度大小、孢粉组合、粘土矿物成因、土体中化学组分或化学组分的比率往往是多方面因素影响的结果, 但是采用综合分析上述资料与参数的方法, 如果其结果都趋近同一性, 则所表征的沉积环境与相对年代就有较高的可信度。本文采用上述方法来检验验证丹棱—思濛扇漫洪相粘土的成因和时代。检测点和样品数见表 1。

表 1 丹棱—思濛扇漫洪相粘土与邻区样品和检测点统计表

Table 1 Sample site and sample number from Danling-Simong clay bed and other clay bed for comparison

分析项目	丹棱—思濛 相粘土层		对比样品(研究区及邻区)				总 计		测 定 单 位				
			五级阶地		四级阶地					三级阶地		二级阶地	
	测点	样品	测点	样品	测点	样品	测点	样品		测点	样品		
粒度分析	3	3	4	4					7	7	中科院南京地理与 湖泊研究所  地矿部水文地质工程 地质技术方法队  成都理工学院测试中心  同上 同上		
孢粉分析	3	18	2	10	1	5	2	10	8	43			
全土化学分析	4	8	6	11	1	1	2	3	2	3		15	26
X 衍射	3	3	1	1	1	1	1	1	6	6		6	6
差热分析	3	3	1	1	1	1	1	1	6	6		6	6

### 2.1 粒度分析

粘土样品 50 $\mu$  以上用筛析法, < 50 $\mu$  用 SKC-2000 光透法粒度测定仪测定, 分析结果为: 粘粒含量 > 40%, 粉粒含量 30% 左右, 砂粒约 20%, 按三因分类法的三角图解定名, 都为粉砂质粘土。

粒度分析数据按  $\phi_5$ 、 $\phi_{16}$ 、 $\phi_{25}$ 、 $\phi_{50}$ 、 $\phi_{75}$ 、 $\phi_{84}$ 、 $\phi_{95}$  取得累积百分含量, 计算出: 分选系数 ( $S_0$ ), 平均粒径 ( $Mz$ )、偏度 ( $SK_1$ )、尖度 ( $Kg$ )、标准离差 ( $\sigma$ ) 等参数, 其范围分布为:  $S_0$  2.46~3.98、 $Mz$  7.00~7.70、 $SK_1$  0.05~0.28、 $Kg$  1.13~1.15、 $\sigma$  2.10~3.44。Füchtbaver & Müller 1970 所累积的资料, 将各种环境沉积物的粒度参数综合成表格, 我们摘录其中的冰川、风成与河流三者(表 2)与丹棱—思濛粘土层测得的粘土粒度参数进行对比, 显然丹棱—思濛粘土的  $Mz$  值 > 风成, 从稳定出现的值域分析, 也与冰川值域变化大的特征不符;  $S_0$  明显大于风成而小于冰成;  $SK_1$  不在 0 上下;  $\sigma$  远大于风成环境; 而  $S_0$  与  $SK_1$  与河流环境中泛滥平原的数值范围吻合。据文献<sup>[2]</sup>对比泥石流与冲积扇特征资料(表 3), 丹棱—思濛粘土层的粒度参数 ( $S_0$  与  $\sigma$ ) 介于冲积扇水流沉积环境与过渡型环境类型之间, 结合丹棱—思濛粘土层所处地貌部位分析, 该值域表征漫洪相沉积。

表2 各种环境的粒度参数(据文献[2])  
Table 2 Granularity parameter of various environments

环境	河流		风		冰川		
	河床和边滩	泛滥平原	沙丘	黄土	冰川沉积	冰水	
粒度参数	$S_0$	$> 1.2$	$> 2$	1.25		5.48	5.48
	$SK_1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	$\pm 0$	$\pm 0$
	$\sigma$			0.21 ~ 0.26			
	$Mz$			0.15 ~ 0.35	$< 0.1$	变化大	变化大

表3 冲积扇上各种沉积类型的特征对比(据文献[2])  
Table 3 Features of various sedimentary type of the alluvial fan

水流沉积	过渡型沉积	泥石流沉积
无一定边界	无明显边界	边界显著
通常是干净的砂或粉砂	砂粒表面或空隙壁上糊有粘土	舌状体, 既有大量粘土又有巨大漂砾, 粒间空隙常被粘土充填
交错层, 水平层或块状层	具分级层理和定向颗粒	无分级层理或颗粒定向性
$S_0 = 1.8$	$S_0 = 4.0$	$S_0 = 9.7$
$\sigma = 1.4$	$\sigma = 3.9$	

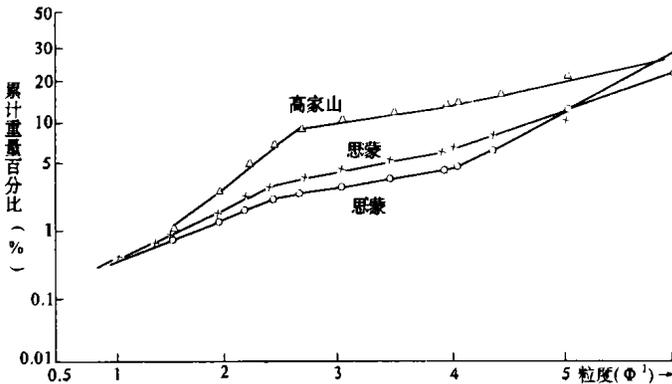


图2 丹棱—思蒙粘土粒度分布曲线图

Fig. 2 Chart of grain-size distribution of Danling-Simong clay

沉积学者应用粒度分析资料来研究沉积环境, 例如维谢尔(1969)根据1500个已知成因的样品, 在正态概率图上得出沉积物搬运方式与粒度分布之间的关系, 以及一些环境概率图模式。将丹棱—思蒙粘土层的粒度分析资料也在正态概率图纸上作出粒度分布曲线(图2), 其形状与戴东林<sup>[1]</sup>当代河流沉积的粒度分布曲线形态不类似, 与古河流粒度分布曲线也不相似, 但分布曲线的基本特点却又符合河流特征: 其一是缺乏推移总体; 其二是跃移总体分布范围为 $1.75\phi \sim 2.5\phi$ ; 其三是悬移与跃移总体之间的截点在 $2.75\phi \sim 3.5\phi$ 区间。但不符合的特点则有: 跃移与悬移总体的斜率都特别低, 悬移总体区间特别宽细尾特别长。戴东林论述洪积物粒度分布曲线的特点认为: “有些像浊流沉积, 粒度分布曲线的分选性很差, 斜率低。”这些特征与丹棱—思蒙粘土层粒度分布曲线的形态类似。故丹棱—思蒙粉砂质粘土粒度分布曲线应属扇积物中的漫洪相沉积。

萨休(1964)根据福克和沃德的粒度分布参数, 应用线性多元判别分析得出区别沙丘、海滩、浅海、油

流和河流 5 种环境的判别公式, 我们选取有关判别河流的两个公式进行试算。萨休的判别公式为

$$Y_{(\text{浅海-河流})} = 0.2825 Mz - 8.7604\sigma^2 - 4.8932 SK_1 + 0.0482 Kg \quad (1)$$

( $Y < -7.4190$  为河流,  $Y > -7.4190$  为浅海)

$$Y_{(\text{浅海-浊流})} = 0.7215 Mz - 0.4030\sigma^2 + 6.7322 SK_1 + 5.2927 Kg \quad (2)$$

( $Y < -9.8433$  为河流,  $Y > 9.8433$  为河流)

通过计算, 丹棱高家山和思濛两个测点粒度参数资料(表 5) 都属河流环境。

表 4 丹棱—思濛粒度参数资料

Table 4 granularity parameter data of Danling—Simong clay

地名	$S_0$	Mz	$SK_1$	Kg	$\sigma$
高家山	2.48	7.20	0.17	1.15	2.10
思濛	3.98	7.70	0.28	1.13	2.61

$$Y_{\text{高家山}} = -37.074248 \ll -7.4190 \quad Y_{\text{高家山}} = 10.64849 > 9.8433$$

(浅海—河流) (河流—浊流)

$$Y_{\text{思濛}} = -58.8171 \ll -7.4190 \quad Y_{\text{思濛}} = 10.675991 > 9.8433$$

(浅海—河流) (河流—浊流)

据上述分析与比较, 可以判定丹棱—思濛扇上覆粘土层, 是湿热气候条件下流水沉积物, 属冲积扇上的漫洪相沉积。

## 2.2 孢粉分析

丹棱—思濛漫洪相粘土与邻区 IV 级阶地二元结构上的粘土样品分析结果的特征基本一致, 孢粉种类多(一般每个样品孢粉科属  $> 30$  个)、数量大(一般每个样品孢粉量 200~300 粒, 个别可达 500 粒以上)。

木本花粉以亚热带山地或温带暖温带科属占优势, 如杞(*Alnus*)、山毛榉(*Fagus*)、冬青(*Ilex*)、胡桃属(*Juglans*)、榛(*Fraxinus*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、榉(*Zelkova*)、桦(*Betula*)、松(*Pinus*)等, 但同时含相当数量的亚热带、热带雨林分子如: 五加科(*Araliaceae*)、木兰科(*Magnoliaceae*)、桑科(*Moraceae*)等; 草本花粉有: 禾本科(*Gramineae*)、菊科(*Compositae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、石竹科(*Caryophyllaceae*)、百合科(*Liliaceae*)、豆科(*Leguminosae*)、伞形科(*Umbelliferae*)、蒿属(*Artemisia*)等, 包含不少耐干旱科属, 蕨类孢子有: 水龙骨(*Polypodiaceae*)、裸子蕨(*Gymnodiaceae*)、中国蕨(*Sinopteridaceae*)、凤尾蕨(*Pteridaceae*)、姬蕨(*Hypolepidaceae*)、膜蕨(*Hymenophyllaceae*)、里白科(*Gleicheniaceae*)、剑蕨(*Loxogram-maceae*)、蚌壳蕨科(*Dicksoniaceae*)等, 其中不少为喜暖喜湿的科属。孢粉组合中没有代表冰期的分子, 但却包括一定数量亚热带特有的与热带雨林分子。

不同植物分布区的植物交错渗透, 在我国第四纪属常见现象。一般理解为第四纪气候冷暖变化导致植物演替与迁移。杨怀仁教授认为: “我国更新世植物在发展过程中随时间推移干旱耐冻的植被愈来愈向南侵。……山核桃 *Carya* 已南迁 12~17 个纬度。”<sup>[7]</sup> 丹棱—思濛粘土层中亚热带孢粉科属与温带暖温带科属分布叠置的现象, 不排除温带、暖温带植物科属南移的因素, 但孢粉组合总体上是亚热带常绿阔叶林为主, 不仅有亚热带特有的分子, 还包含热带雨林分子<sup>[8][9]</sup>, 故无疑属亚热带湿热条件下的植物群落。

从地理条件分析, 丹棱—思濛粘土层正处北纬 30°, 在植被类型南北分区的界面附近, 由于处川西平原南隅, 在秦岭以南 300 km 左右, 植被分带属亚热带常绿阔叶林带, 代表亚热带湿热气候特性。但是事实上也的确存在温带、暖温带植物科属南移, 不同区系植物叠置的现象, 按孢粉组合分析应属亚热带常绿阔叶—落叶阔叶混交林, 表征间冰期植物群落。

### 2.3 化学组分与粘土矿物分析

温暖湿润气候条件下第四纪沉积物的风化剖面诸如风化程度、盐类的淋溶、粘土矿物的蚀变程度等, 被广泛用来作为划分第四纪地层沉积阶段或者划分相对年龄的依据。土壤学近期的研究进展认为: “许多在发生上有意义的指标, 如硅铝率等由时间因素引起的变化( $Q_1-Q_4$ )已超过同一母质发育的不同土类间的变化”<sup>[5]</sup>。所以研讨粘土矿物成份的同时, 综合分析土体中某些化合物的比率, 可提高划分沉积阶段, 确定相对年代的可信程度。

湿热气候条件下, 粘土经历硅铝风化的阶段不相同, 则某些化学成分的数量必然有差异, 特别是不易淋溶与很易淋溶的化合物, 或者它们的比值, 例如二氧化钛与淋溶系数( $ba = \frac{Na_2O + K_2O + CaO}{Al_2O_3}$ )等<sup>[3, 4]</sup>。当然粘土的化学成份还受其它因素影响, 而会有些变化以致规律性不够清晰, 但其数值分布的趋势性或总体规律仍然会反映出来。所以我们将邻区已确定时代的粘土的二氧化钛和淋溶系数与丹棱—思濠粘土层的样品进行对比分析(表 5)。

表 5 粘土的淋溶系数、 $TiO_2$  含量及粘土矿物对比表

Table 5 Comparison of leaching coefficient,  $TiO_2$  content and clay mineral composition of various clay beds

丹棱—思濠粘土层				对比地区粘土层				
取样地点	ba	$TiO_2$	粘土矿物成分	取样地点	时代	ba	$TiO_2$	粘土矿物成分
丹棱高家山	0.21	1.09	高岭石为主+水云母	雅安龙岗山		0.45	1.45	高岭石为主+水云母
丹棱南门山	0.14	0.72	高岭石为主+水云母+针铁矿	邛崃土地坡	$Q_1$	0.16	1.28	高岭石为主+水云母
丹棱南门山	0.13	1.02		邛崃十里桥		0.15	1.22	
眉山思濠	0.16	1.31	高岭石为主+少量水云母	彭县挖断山	$Q_2$	0.19	1.45	高岭石为主+水云母
眉山思濠	0.23	1.35		雅安草坝石坪		0.18	1.28	
				彭县龙尾巴		0.20	1.22	
眉山机车车辆厂砖厂	0.14	1.03	高岭石为主+水云母+针铁矿	洪雅杨坪山	$Q_3$	0.25	1.16	高岭石、水云母、针铁矿
眉山机车车辆厂砖厂	0.15	1.10		彭山城北		0.30	0.83	
眉山机车车辆厂砖厂	0.16	1.21		广汉三星堆	$Q_4$	0.43	0.83	水云母+绿泥石+石英+长石
眉山机车车辆厂砖厂				成都十二桥		0.53	0.74	绿泥石+水云母+石英
				彭县关口		0.52	0.89	

另一方面, 湿热气候条件下, 粘土的矿物组成随风化时期增长而变化, 例如富含钾和镁的火成岩风化分解后, 如果钾和镁仍然保持在风化环境中, 就会形成伊利石和蒙脱石; 当镁含量低时仅形成伊利石, 如果钾量低则仅形成蒙脱石; 当钾和镁都淋溶迁移就形成高岭石。火成岩中矿物成份在风化过程中上述蚀变顺序表明, 高岭石往往是晚期风化产物, 所以粘土矿物组成也可标志风化阶段, 能表征粘土形成的相对时代<sup>[10][11]</sup>。

为避免单一指标判断偏颇, 我们将粘土的化学成份和矿物组成进行综合分析, 以便较确切地探讨粘土的形成时期。从表 6 中粘土矿物的组成分析, 丹棱—思濠粘土矿物组成以高岭石为主, 不含蒙脱石, 应属晚期风化产物。与邻区已知时代的粘土矿物组成对比与早更新至中更新世的粘土类似。从二氧化钛的含量分析, 除南门山的一个样品为 0.72 外, 测出值在 1.02~1.35 间, 也基本与邻区早至中更新世测值类似, 而且与中更新世测值区间几乎完全吻合。淋溶系数值在 0.13~0.23 间, 较邻区晚更新世测值小, 较早更新世测值大, 与邻区中更新世测值 0.19~0.20 比较接近, 从上述资料对比, 说明丹棱—思濠粘土层应属中更新世早期( $Q_1^1$ )。

### 3 结 论

彭山、眉山以西分布的粘土层上覆于丹棱—思濛扇状分布的砾石层之上,在扇顶与中上部,粘土分布不连续,厚度往往不足 1m,向东厚度递增,呈板片状覆盖在扇的前缘。

据三因分类法定名为粉砂质粘土;粒度分析计算出的各个参数( $S_0$ 、 $Mz$ 、 $SK_1$ 、 $Kg$ 、 $\sigma$ )值,都在河流环境值域范围内;据前人沉积环境粒度参数计算值及粒度分布参数,并应用线性多元判别得出的判别公式对比,属河流环境;据粒度分布曲线形态对比,与扇积物分布形态近似。综合粒度分析资料与所处地貌条件判断,粘土应为丹棱—思濛冲积扇中的漫洪相沉积。

孢粉组合分析属间冰期植物群,表征湿热至温暖潮湿气候环境。

粘土矿物以高岭石为主,与名、邛砾石层的粘土矿物类似,粘土中  $TiO_2$  含量明显高于晚更新世( $Q_3$ )沉积物中  $TiO_2$  的含量,总体上低于早更新世( $Q_1$ )沉积物中的含量,表明属中更新世( $Q_2$ )。淋溶系数值在 0.13~0.23 之间,明显小于晚更新世沉积物,总体上却大于早更新世( $Q_1$ )沉积物,也同样表明属中更新世( $Q_2$ )沉积。

故彭山、眉山以西,丹棱—思濛一带分布的粘土层,是中更新世( $Q_2$ )青衣江改道自竹箐关流入川西前陆盆地所形成的扇积物中的漫洪相沉积。

#### 参考文献:

- [1] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社. 1978. 31~54, 61~64, 81~108.
- [2] 任明达,王乃梁. 现代沉积环境概论[M]. 北京:科学出版社. 1981. 1~26.
- [3] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京:农业出版社. 1983. 263~295.
- [4] 朱鹤健. 世界土壤地理[M]. 北京:高等教育出版社. 1985. 1~63, 159~169, 171~188, 216~223.
- [5] 龚子同等. 土壤的地球化学和应用[M]. 北京:科学出版社. 1985.
- [6] H. G. Reading. (英)沉积环境和相[M]. 北京:科学出版社. 1985. 20~79.
- [7] 杨怀仁. 第四纪地质[M]. 北京:高等教育出版社. 1987. 301~323.
- [8] 殷鸿福等. 中国古生物地理学[M]. 武汉:中国地质大学出版社. 1988. 1~3, 292~300.
- [9] 王飞燕等. 地貌学与第四纪地质学[M]. 北京:高等教育出版社. 1991. 42~44.
- [10] 任磊夫. 粘土矿物与粘土岩[M]. 北京:地质出版社. 1992. 9~11, 37~40, 165~172.
- [11] 杨雅秀,张乃娴. 中国粘土矿物[M]. 北京:地质出版社. 1994. 1~18, 52~54.
- [12] 赵济等. 中国自然地理[M]. 北京:高等教育出版社. 1995. 82~92

## CLAY BED OF FLOOD-PLAIN FACIES OVERLYING DANLING—SIMONG ALLUVIAL FAN GRAVEL BED

ZHANG Zhuo-yuan, CHEN Xiu-lun, LIU Si-qing, XIA Ke-qin  
(National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059)

**Abstract:** After a brief description of the distribution, characteristics and variation of the thickness of the clay bed overlying on the Danling—Simong gravel bed, the facies and sedimentary environment of the clay bed are determined through fractional analysis and spore—pollen analysis respectively, in this paper. Then, the relative geological age of the clay bed is

judged from some indices of weathering degree, as expressed by the chemical and mineralogical composition of clay. Such indices include leaching coefficient (ba), the content of  $TiO_2$  the type of clay minerals, etc. For the cumulative contents of the weathering-stable compounds would be increasing and the types of clay minerals would be changing from montmorillonite to illite and then to Kaolinite ultimately with the deepening of the weathering degree, and the more deepening the weathering degree, the more old ageing the weathered clay bed. It is concluded finally, that the clay bed overlying the Danling-Simong gravel bed is of flood-plain facies and was deposited in a semitropical to tropical environment with broadleaf forest, and its geological age is early middle Pleistocene.

**Key words:** Clay bed; flood plain facies, fractional analysis, spore-pollen analysis, weathering degree, geological age