

川西安宁河 I ~ III 级阶地孢粉记录反映 晚更新世以来古气候变化

程建武^{1,2}, 官会玲², 郭雪莲³

(1. 甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国地震局地质研究所, 北京 100039;

3. 兰州大学 资环学院西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:植物孢子和花粉是理想的恢复环境变化的有机指标, 对于第四纪地层划分和区域古气候的对比具有重要意义。本文在川西冕宁泸沽镇附近选取安宁河 I ~ III 级阶地剖面进行年代学测量和孢粉采样分析。结果表明: 安宁河 I 级阶地形成时期为全新世, 气候温和较湿或轻湿; II 级阶地沉积时期在晚更新世晚期或全新世早期, 温度及湿度均比 I 级阶地时低, 在该时期无论植被和气候曾出现过两次以上比较明显的变化及波动; III 级阶地沉积时期为晚更新世中期, 气候温和较湿或轻湿, 堆积时期之温度及湿度均比 II 级阶地时高, 但又均比 I 级阶地时低。同时探讨了安宁河阶地形成时期构造、气候的变化规律。根据河流的下切速率可以间接的推断晚更新世构造隆升速率大于晚更新世末期—全新世。

关键词: 川西地区; 安宁河阶地; 孢粉; 古气候; 晚更新世

中图分类号: P532

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2010)04-0349-08

Pollen Records Reflecting Paleoclimate Change since Late-pleistocene in the Terraces I ~ III of Anning River in Western Sichuan Province

CHENG Jian-wu^{1,2}, GONG Hui-ling², GUO Xue-lian³

(1. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China; 2. Institute of Geology, CEA, Beijing 100029, China;

3. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The plant spores and pollen are more desirable indicators to the recovery of environmental change. It had great significance using palynological indicators for the Quaternary stratigraphic subdivision and regional paleoclimate contrast. In this paper, the I ~ III terraces profiles of Anning river at Lugu township, Mianning county in western Sichuan province are selected to do chronology measurement and analysis of pollen samples. The results show that the terrace I formed during the Holocene (Q_4), climate was wet or light wet. The terrace II deposited during the end of Late-pleistocene (Q_3^3) or the early Holocene (Q_4^1), both temperature and humidity were lower than that of terrace I, and vegetation and climate had more than two obvious changes and fluctuations. The terrace III deposited during the middle Late-pleistocene (Q_3^2), climate was wet or light wet, the temperature and humidity were higher than terrace II, lower than terrace I. The tectonic and climate change during the formation of Anning river terraces are discussed. According to the speed of river downcutting, it is indicated that the uplift rate of epipleistocene to be bigger than the end of epipleistocene-Holocene.

Key words: Western Sichuan province; Anning river terraces; Pollen; Paleoclimate; Late-pleistocene

收稿日期: 2009-07-06

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2004CB418401); 中国地震局兰州地震研究所科研论著号: LC2009034

作者简介: 程建武(1971-), 男(汉族), 陕西宝鸡人, 博士, 高级工程师, 主要从事活动构造、地震预报的理论与应用研究。

0 引言

植物的孢子和花粉因其比植物的其它部分更容易保存、个体小、纹饰和构造比较清晰等特点而成为较理想的恢复环境变化的有机指标,所以用孢粉指标来恢复晚新生代以来的气候环境演化具有十分重要的意义^[1-4]。青藏高原第四纪气候变化,特别是晚更新世以来高原隆起对亚洲夏季风的影响,是近年来中外科学家所瞩目的热点科学问题^[5]。

安宁河谷位于青藏高原东缘,具有复杂的地质构造和特殊的气候特征。安宁河属雅砻江支流,发源于冕宁县北小相岭菩萨岗,流经冕宁、西昌、德昌、米易等县,干流长 326 km,流域属亚热带气候,降水丰沛,年降水量 800~1 000 mm(图 1)。前人已经对该区的地质构造演化、晚第四纪以来的构造地貌特征、活动构造等做了详细的研究^[6-12],但是对该区

的晚第四纪以来古环境和古气候的变化特征及其构造地貌单元的成因分析较少。涉及本区的研究主要包括在冕宁的勒冶地区建立了 4 个孢粉组合带,对古气候进行了初步分析,对安宁河的阶地形成时代进行划分,I 级阶地为全新世堆积,II~V 级阶地为更新世堆积^[13]。黄仕华^[14]在邻区的理塘县章德盆地 I~III 级阶地的沉积物中采集孢粉样品进行了分析研究。本文试图通过安宁河谷野外的地貌调查和 I~III 级阶地系列孢粉样品来分析晚第四纪以来河流阶地形成时期的古环境和古气候的特征,揭示研究区晚更新世以来的植被和气候变化,为区域古气候、古环境重建提供基础数据,填补川西地区晚更新世以来气候与环境研究的空白,为研究青藏高原晚更新世以来的气候变化有重要意义。

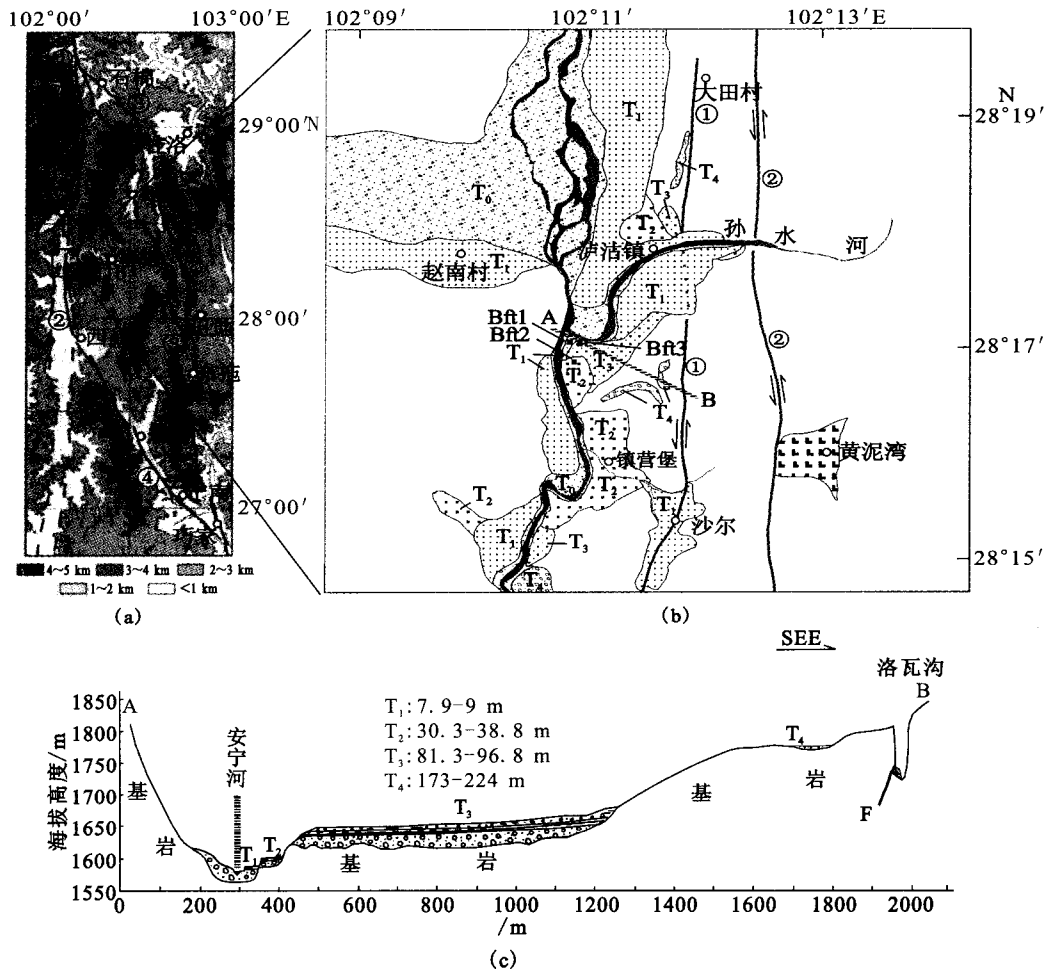


图1 (a)中: ①鲜水河活动断裂带, ②安宁河断裂带, ③大凉山断裂带, ④则木河断裂带; Bft1为I级阶地的采样位置, Bft2为II级阶地的采样位置, Bft3为III级阶地的采样位置。图1 (b)中: T₀为河漫滩, T₁为I级阶地, T₂为II级阶地, T₃为III级阶地, T₄为IV级阶地; ①安宁河全新世活动断层, ②晚更新世-全新世活动断层。

图 1 研究区构造地貌、孢粉采样位置及阶地剖面图

Fig. 1 The tectonic landform, the location of spore and pollen sampling and profile for the terraces of Anning River in research area.

1 阶地剖面时代及河流下切速率

1.1 采样及阶地时代分析

本次研究的阶地剖面在安宁河河谷的中游(图 1),构造地貌清楚,阶地发育良好。在冕宁县泸沽镇附近发育有 4 级阶地,晚更新世以来发育了 I~III 级阶地,采集测年样品时先用冰镐在剖面上挖坑,去

掉表面的暴露部分,再用长约 29 cm,直径 5 cm 的钢管直接打进砂土层中,然后两端用锡纸和黑色的塑料袋包裹,尽量减少曝光的机会。测试结果见表 1。利用流动 GPS 测量了阶地的剖面和阶地的拔河高度(表 1,图 1(c))。

河流阶地的形成时代问题比较复杂,采样时人

表 1 冕宁县泸沽镇安宁河阶地光释光样品测试结果

送样编号	埋深/m	测量技术	剂量率/Gy·ka ⁻¹	等效剂量/Gy	年龄/ka	实验室评估
LGTLT1-1	0.7	SMAR 细颗粒石英 OSL	4.8±0.5	34.2±0.5	7.2±0.7	较可靠
LGTLT1-2	0.9	SMAR 细颗粒石英 OSL	4.8±0.5	40.6±1.3	8.5±0.9	仅供参考
LGTLT2-1	0.7	SMAR 细颗粒石英 OSL	5.8±0.6	268.2±13.7	46.1±5.2	仅供参考
LGTLT2-2	1.2	SMAR 刻蚀后细颗粒混合矿物(Post-IR)OSL	6.8±0.6	> 400	> 100	仅供参考
LGTLT3-1	1.5	SMAR 刻蚀后细颗粒混合矿物(Post-IR)OSL	4.4±0.4	72.2±3.6	16.5±1.8	较可靠
LGTLT3-2	3.5	SMAR 细颗粒石英 OSL		> 300		建议不使用

注:样品由中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室测试。

们往往选取阶地中某一层位物质的年龄来近似代表阶地的形成年龄,这就造成了因采样位置不同而导致测年结果差异较大,加之目前测年技术的误差,因此测量结果存在很大的不确定性。本文研究试图根据前人的研究和本次采样的结果(表 1)对安宁河阶地的形成年龄再作一些讨论,同时进行区域对比来确定安宁河阶地的形成时代。

安宁河 I 级阶地拔河高度约 7.9~9 m,为堆积阶地,阶地剖面表层为 0.5 m 的灰黑色表土层,上部为中一粗砂层,中部为含粗砂砾石层,底部为中一粗砾石层(图 2(a))。在埋深 0.7 m 处取光释光样品测年结果为 7.2±0.7 ka BP;埋深 0.9 m 处取样结果为 8.5±0.9 ka BP。前人测年结果分布在 4 100~10 300 a BP^[15],区域上大渡河泸定烹坝 I 级阶地上部粉砂质堆积¹⁴C 年代 5 763±77 a BP 左右,因此通过对比分析,安宁河 I 级阶地的形成时代应该在 4.1~10.3 ka BP,取中值为 7.2 ka BP。

II 级阶地拔河高度约 30.3~38.8 m,为基座阶地,基座为昔格达组的湖相地层,阶地剖面表层为 0.5 m 的灰黑色的表土层,上部为中一粗砂层,中下部为含粗砂砾石层,局部夹细砂层(见图 2(b))。埋深 0.7 m 处取光释光样品测年结果为 46.1±5.2 ka BP,这一结果与前人研究结果出入较大,测年结果不是很理想,其中一个样品未给出测年结果。李兴唐等^[16]过野外采样获得一组安宁河 II 级阶地¹⁴C 年龄:如林里村 25 350±410 a BP、泸沽镇 15 995±205 a BP、黄连关 24 075±450 a BP、刘所 25 930±700 a BP;在西昌以北的 4 个¹⁴C 年代显示安宁河 II 级阶地堆积年代为 16~26 ka BP;徐锡伟^[9]在林里村附近获得二级阶地热释光年龄为 25 350±410 a,综合

分析认为,安宁河 II 级阶形成时代为 16~26 ka BP,取中值为 21 ka BP。

安宁河 III 级阶地拔河高度约 81.3~96.8 m,为基座阶地,基座为西格达组的湖相地层,阶地剖面表层为 0.5 m 的灰黑色表土层,上部为中一粗砂层,中下部为含粗砂砾石层,局部夹细砂层(见图 2(c))。在阶地剖面的细粒层中取 2 个光释光样品,测年结果显示 LGTLT3-1 为 16.5±1.8 ka,而下部的 LGTLT3-2 因剂量饱和而超出测年的范围。可能原因是 LGTLT3-1 样品采样位置在阶地顶部,年结果偏小,因而并不能完全代表阶地的形成时代。徐锡伟^[9]在林里村附近获得 III 级阶地热释光年龄为 31 000±1 900 a,冕宁 III 级阶地剖面底部样品热释光年龄为 46.3±2.8 ka,何宏林等^[17]在冕宁高山堡附近的砾石层中的粉砂质粘土的热释光测年结果为(29.37±2.29)ka BP,由此推论安宁河 III 级阶地形成时代应在 30~46 ka BP,取中值为 38 ka BP。

1.2 晚更新世以来河流下切速率

根据阶地的拔河高度和形成时代,简单的探讨晚更新世以来不同阶地河流下切速率(表 2)。为了计算方便,阶地的形成时间取中值,分别为 7.2 ka BP、21 ka BP 和 38 ka BP。从 III—I 级阶地下切持续时间为 17 ka,阶地高差为 54.5 m,由此得出平均下切速率为 3.21 mm/a,其余同理。

表 2 安宁河流域晚更新世以来河流的下切速率

下切阶段	下切持续时间/ka	拔河高度/m	阶地高差(均值)/m	下切速率/[mm·a ⁻¹]
I 级阶地至今	7.2	7.9~9	8.5	1.18
II—I 级阶地	13.8	30.3~38.8	26.1	1.89
III—II 级阶地	17	81.3~96.8	54.5	3.21

2 孢粉样品的采集和分析

2.1 采集方法

在野外对3个阶地的剖面都进行了孢粉和剖面地层光释光样品采集。虽然前人对研究区的河流阶地的形成时代已经有多次的研究结果,本次研究的年代样品想进一步对比分析研究,给出较为准确的阶地形成时代。

根据3个阶地剖面的不同沉积状况,沉积物粒度粗细和剖面的采样情况,对不同级阶地剖面采样采用了不同的采样间隔。其中I级阶地剖面采样厚度约5.8 m,采样间距约0.3 m,采集孢粉样品18个;II级阶地剖面采样厚度18 m,采样间距约0.5 m,粗砾石层中适当放稀,采集孢粉样品16个;III级阶地剖面采样厚度约24 m,采样间距约0.5 m,粗砾石层中适当放稀,采集孢粉样品19个。送实验室分析有效样品50个。

2.2 泸沽孢粉组合特征

孢粉样品都来自3个阶地中上部的河流堆积层,大部分样品统计到100~150粒,最多统计了174粒,个别样品的少于100粒。整个剖面本次孢粉采样共发现48个科属花粉,其中木本植物花粉主要有松属 *Pinus*—冷杉属 *Abies*—铁杉属 *Tsuga*—桦属 *Betula*—桤木属 *Alnus*—胡桃属 *Juglans* 等;灌木及草本植物花粉主要有蒿属 *Artemisia*—藜科 *Chenopodiaceae*—莎草科 *Cyperaceae*—禾本科 *Gramineae* 等;蕨类植物孢子主要有水龙骨属 *Polypodium*—水龙骨科 *Polypodiaceae*—环纹藻属 *Concentricyates* 等。

2.3 I~III阶地的孢粉组合特征

根据泸沽I级、II级及III级阶地的孢粉分析结果及其孢粉组合特征,我们发现既有相同之处,也有不同点。在3级阶地中采样结果自然形成了3个孢粉组合带,故对其孢粉组合特征逐一给予分析。

(1) I级阶地剖面

从图2(a)可知,该阶地剖面的孢粉组合特征是:乔木植物花粉多,平均占总数的80.1%,其中又以平均占总数62.1%的松花粉较多,还有依次分别平均占总数5.2%、5.7%及3.5%的铁杉、冷杉及桦粉;灌木及草本植物花粉较少,平均占总数的11.2%,其中又以分别平均占总数4.1%及2.6%的蒿及莎草科花粉较多;蕨类植物孢子少,平均占总数的8.7%,其中又以平均占总数4.0%的水龙骨属孢子较多。

(2) II级阶地剖面

据图2(b)可以看出,该阶地剖面的孢粉组合特征是:乔木植物花粉较多,平均占总数的70.6%,其中又以平均占总数55.1%的松花粉较多,还有依次分别平均占总数7.1%、3.7%及2.9%的冷杉、铁杉及桦粉,特别是该阶地的5.6 m处冷杉粉可占总数的20.9%;灌木及草本植物花粉较少,平均占总数的20.6%,其中又以分别平均占总数4.2%及9.8%的蒿及藜花粉较多,且于该阶地的顶部(0.8~1.8 m)及上部(0.5~5.6 m)灌木及草本植物花粉分别可占总数的58.7%及33.1%;蕨类植物孢子少,平均占总数的8.8%,其中又以平均占总数3.0%的水龙骨属孢子较多。

(3) III级阶地剖面

从图2(c)可以看出,该阶地剖面的孢粉组合特征是:乔木植物花粉多,平均占总数的82.4%,其中又以平均占总数64.9%的松花粉较多,还有分别平均占总数6.7%及6.3%的冷杉及铁杉花粉,且于该阶地深12.5 m处冷杉粉可占总数的18.1%;灌木及草本植物花粉较少,平均占总数的10.3%,其中又以分别平均占总数2.9%、1.8%及1.7%的蒿、莎草科及禾本科粉较多;蕨类植物孢子少,平均占总数的7.3%,其中又以平均占总数4.1%的水龙骨属孢子较多。

3 气候地层分析及相关问题讨论

3.1 阶地剖面孢粉记录反映的晚更新世以来古气候变化特征(气候地层分析)

植物恃环境而生长及转变。孢粉源于植物,因此根据孢粉分析结果可推论及恢复阶地沉积物堆积时期的古环境。

(1) I级阶地剖面堆积时期的古环境分析

根据该阶地的孢粉组合特征及其中一些主要植物孢粉含量的分析,可知在该阶地剖面堆积时期一些主要植物的数量以乔木植物多,为灌木及草本植物和蕨类植物的和的四倍,且其中又以温性可占各类植物总数3/5的针叶裸子植物松较多,还有合计可占各类植物总数1/7性喜暖湿、湿润及凉湿环境的针叶裸子植物铁杉、冷杉及阔叶被子植物桦;灌木及草本植物和蕨类植物平均较少及少,合计仅占各类植物总数的1/5,且其中主要又以合计可占各类植物总数1/8,适生温性及温湿性环境的蒿及莎草科等草本植物和水龙骨属等蕨类植物较多。据这样的各类特性植物及组成,可以推论,该阶地沉积时期的植被,以针叶裸子植物松为主组成的常绿针叶林,气候

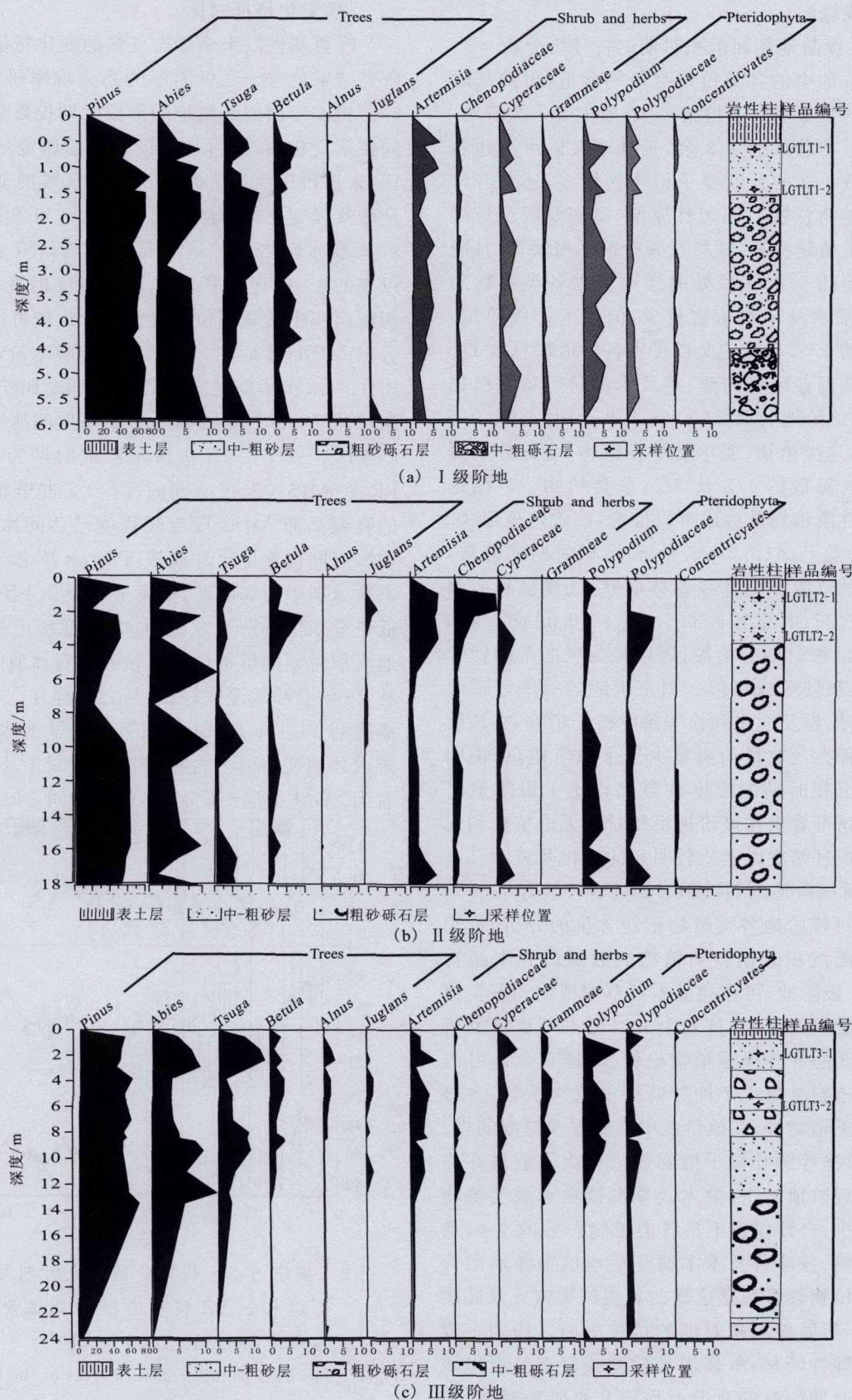


图 2 泸沽镇安宁河 I~III 级阶地剖面孢粉百分含量图谱

Fig. 2 The combinative characteristics of spore-pollens in the section of terrace I~III of Anning river at Lugu town.

温和较湿或轻湿。

(2) II级阶地剖面沉积时期的古环境分析

据该阶地中的各类植物孢粉的含量,可知其时各类植物的数量以乔木植物较多,但少于I级阶地,可占各类植物总数的2/3余,且其中又以可占超各类植物总数1/2的针叶裸子植物松较多,还有合计可占各类植物总数1/7,习性凉湿、温润及暖湿环境的针叶裸子植物冷杉、铁杉及阔叶被子植物桦,且冷杉在该阶地的5.6 m深处的样中可占各类植物总数的1/5;灌木及草本植物较少,但多于I级阶地,可占总数的1/5,且其中又以可占各类植物总数1/6适生温爽及温性环境的藜、蒿及禾本科等草本植物较多,且在该阶地的顶部(0.8~1.8 m)及上部(0.5~5.6 m),这类植物(灌木及草本植物)合计分别可占各类植物总数的1/3及3/5;蕨类植物少。据这样的各类性质植物及构成可以推论:该阶地顶部(0.8~1.8 m)及上部(0.5~5.6 m)沉积时期的植被,分别属森林草原及森林或森林草原,气候温和或温凉轻爽或轻润;中部至下部(5.6~18.0 m或7.5~18.0 m),沉积时期的植被,属以松为主的常绿针叶林,气候温和较湿或轻湿。据该阶地的一些好暖湿及温湿的桦、栎及胡桃和榆等阔叶被子植物,在该阶地中无论种类及数量均明显少于I级阶地,可说明在该阶地沉积时期的温度及湿度均比I级阶地时低。同时还可看出在该阶地沉积时期无论植被和气候也曾出现过两次以上比较明显的变化及波动。

(3) III级阶地剖面沉积时期的古环境分析

通过对该阶地各类植物孢粉含量的分析,可知在阶地剖面沉积时期各类植物的数量以乔木植物多,多于II级阶地,可占超灌木及草本植物和蕨类植物孢粉含量的四倍半,且其中又以可占不足各类植物总数2/3的针叶裸子植物松较多,还有合计可占不足各类植物总数1/7的针叶裸子植物铁杉、冷杉及阔叶被子植物桦,在该阶地中喜暖湿及温湿的桦、栎、胡桃及榆等阔叶被子植物无论种类及数量亦均明显比I级阶地时少;灌木及草本植物和蕨类植物均较少及少,合计仅占不足各类植物总数的1/6,且其中又以蒿、莎草科及禾本科等草本植物和水龙骨科等蕨类植物较多。据这样的各类植物构成及性质可以推论,该阶地沉积时期的植被应属以松为主森林型的常绿针叶林,气候温和较湿或轻湿。看出该阶地堆积时期的温度及湿度均比II级阶地时高,但又均比I级阶地时低。

3.2 晚更新世以来安宁河流域气候特征与全球气

候变化特征对比

晚更新世以来全球古气候的变化特征最详细的研究结果莫过于三极冰芯的高分辨率研究结果(图3)。将安宁河河流阶地的形成时期投影到图3的氧同位素变化曲线上,与三极的冰芯研究结果进行对比,来探讨川西地区晚更新世古气候的变化特点与全球气候变化的异同。据文献[18]和[5],西昆仑山古里雅冰帽之上的古里雅冰心的研究表明,MIS5以来的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录指示了该地温度的变化,将其与深海沉积中的氧同位素变化曲线比较可以清楚地划分出MIS1(冰后期)、2(末次冰期晚冰阶,32~15 ka BP)、3(末次冰期间冰阶,58~32 ka BP)、4(末次冰期早冰阶,75~58 ka BP)和5(末次间冰期,125~75 ka BP)。安宁河III级阶地形成时期为30~46 ka BP,在MIS3(末次冰期间冰阶)。古里雅冰芯反映的青藏高原MIS3段温暖程度已达间冰期的程度,在深海同位素记录 and 南极Vostok冰芯记录中均为末次冰期中的弱暖期,温度虽高于2、4阶段,但显著低于全新世暖期和末次间冰期;孢粉记录反映该阶地沉积时期的植被应属以松为主森林型的常绿针叶林,气候温和较湿或轻湿,与之相符合。II级阶地形成时期16~26 ka BP。相当于古里雅冰芯的MIS2末次冰期晚冰阶。古里雅冰芯记录上18 ka BP左右为LGM低温出现时间,持续时间3 ka左右,温度

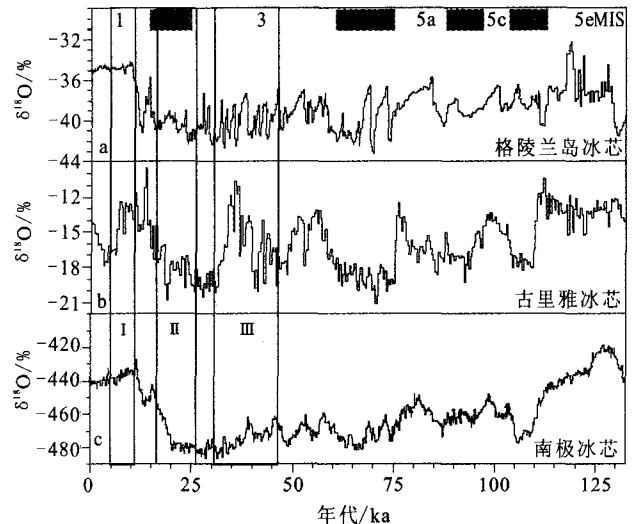


图3 安宁河I~III级阶地形成时期与晚更新世以来全球三极冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素含量变化曲线(据文献[18、5]修编)

Fig. 3 The $\delta^{18}\text{O}$ isotope content curves of the Ice Core since Late-pleistocene from three poles of earth compares with the forming periods of I~III terraces of Anning river(based on conferences [18] and [5]).

低于现代 10°C ; 阶地孢粉记录反映了该时期植被以森林草原, 气候温凉轻湿。I 级阶地 4.1—10.3 ka BP, 相当于古里雅冰芯的 MIS1 冰后期。而 6—7 ka BP 为全新世最暖期, 高于现代温度 1.5°C ; 孢粉记录揭示该阶段以针叶裸子植物松为主组成的常绿针叶林, 气候温和较湿。在该阶地沉积时期的温度及湿度大小相对变化为 I 级阶地大于 III 级阶地, III 级阶地大于 II 级阶地, II 级阶地是在冰盛期堆积而后下切形成的。这与古里雅冰芯反映的青藏高原的古气候变化是一致的。另外, 根据黄仕华^[14]在理塘县章德盆地的 I~III 级阶地的沉积物中采集孢粉样品, 3 阶地中植物的发展明显表现出由早期温热潮湿气候—偏冷暖气候—较干冷的森林草原气候三个发展阶段。这三个发展阶段基本上与本次研究 I~III 级阶地孢粉分析结果在温度和湿度相对变化上基本相同, 只是黄仕华只给出相对的形成时代。

3.3 阶地形成时代的分析和划分

不同的地史时期具有不同的古植被, 不同特征的古植被具有不同特性的孢粉组合。因此根据孢粉分析结果也可确定沉积物的地质时代及进行地层的划分和对比。据孢粉颜色的深浅、立体性的强弱及压扁程度的轻重, 均是确定沉积物时代新老的重要标志。一般时代较新的孢粉, 如全新世及晚更新世时期的孢粉, 其颜色相对较浅, 立体性较强及压扁程度较轻。通过对泸沽 I、II 及 III 级阶地的孢粉颜色、立体性及压扁程度的观察亦可看出, 这些阶地孢粉的特性具有明显的时代新近性, 其时代有可能不会早于晚更新世。

I 级阶地的孢粉组合特性反映出的其沉积时期的古环境性质具有四川一些地区全新世时期的古植被及古气候的明显特征。据此看来泸沽 I 级阶地沉积物的地质时代均似可划为全新世。

在晚更新世晚期及早全新世的初期时的我国华北及西北地区的气候, 均相对比较凉干或冷湿, 植被分别多属草原或森林草原及针叶林。在我国西南地区亦是, 只是程度较轻。这样的古气候及古植被在泸沽 II 级阶地的顶部时亦有显示及反映, 其沉积时代可划为晚更新世的晚期。

晚更新世中期气候的特性相对晚更新早期及晚期而言比较暖湿或温湿。泸沽 III 级阶地沉积时期的古植被及古气候有比较明显的晚更新世中期古环境的性质。

根据前面阶地测年结果分析可知, 孢粉特征划分地质时代与测年结果基本吻合。测年样品一般都

近似的采用阶地顶部细粒物质的形成时间来代表阶地形成的时代, 往往不同人的测年结果有相当大的差别, 这可能与测年方法本身的原理和野外采样方法有直接关系。同时由于采集样品只近似的代表阶地剖面中某一层形成时代, 对于阶地面到底什么时候形成还存在一定的差距。而孢粉特征划分阶地形成时代是根据阶地形成时期的古环境与古气候的特征与区域古气候的研究结果对比给出的, 较为准确和可靠, 但是只能给出相对的形成时代。孢粉特征划分阶地形成时代与样品测年结果确定阶地年龄二者是整体与局部的关系, 只有二者相互结合、相互印证才能给出较为合理的形成时代。

3.4 安宁河阶地形成时期与构造活动的关系

河流地貌和沉积特征对构造运动有很敏感的响应^[19-21]。控制河流阶地形成的主要因素为构造运动和气候变化, 它们通过改变河流系统的水动力条件来影响河流的堆积与切割过程。在构造相对稳定的西北欧地区, 大量的研究工作显示河流的活动性与气候波动有密切的关系, 气候变化是阶地形成的主导因素^[22]。而安宁河阶地剖面特征基本不具备气候阶地的特征, 同时其阶地高度很大, 较短时间段有如此大的河流下切应该是与构造隆升有关系。它们是青藏高原隆升、河流下切过程的直接产物, 所以对研究青藏高原的隆升至关重要。

安宁河 I~III 阶地的高度分别为 8.5 m, 34.6 m 和 89.1 m, 反映在 38—21 ka BP 期间河流的平均下切速率为 3.21 mm/a ; 在晚更新世末期河流的平均下切速率为 1.89 mm/a ; 全新世为 1.183 mm/a 。虽然河流的下切速率不完全等于构造隆升的速率, 因为气候在河流的下切过程中一直起着一定的作用, 但根据河流的下切速率仍然可以推断晚更新世构造隆升速率大于晚更新世末期—全新世。

4 结语

本文通过对安宁河 I~III 级阶地上部冲积物进行了孢粉样品分析和地层年龄取样, 分析晚更新世以来安宁河 I~III 级阶地形成时期的古环境和古气候, 讨论了河流阶地形成时代归属, 探讨了安宁河河流阶地的成因和构造气候相互作用的关系, 给进一步的区域古气候的对比和第四纪地层的划分提供科学依据。

冲积物是第四纪孢粉分析经常遇到的研究对象, 冲积物孢粉与湖泊、沼泽沉积物孢粉有着显著的不同, 是一个非常复杂的研究领域, 其形成过程、沉

积机制及其与流域植被的关系等一系列问题,是影响利用冲积物孢粉恢复古植被、古气候的关键。弄清和把握冲积物孢粉在不同地貌单元的沉积机制对准确重建古环境有着积极的意义,国内外许多孢粉学者已进行了探讨和研究^[23-29]。但研究工作仍是初步的,冲积物孢粉与空气孢粉、表土孢粉以及现存植被相互之间的定量关系还有待进一步研究和探讨。

致谢:本文在研究期间得到了冉勇康研究员的悉心指导,光释光(OSL)样品年龄由中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室尹功明等测定,孢粉样品由中国地震局地质研究所严富华和麦学舜鉴定,感谢评审者提出的宝贵意见,特此致谢!

[参考文献]

- [1] 施雅风,王昭良,等. 中国全新世大暖期的气候波动于重要事件[J]. 中国科学(D辑), 1992, (12):1300-1307.
- [2] Newsome J C. Pollen-vegetation relationships in semi-arid south-western Australia[J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1999,106:103-119.
- [3] Davis A, Brewer S, Stevenson A C, et al.. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data[J]. Quaternary Science Reviews, 2003, 22:1701-1716.
- [4] 吴福莉. 黄土高原中部晚新生代孢粉记录的生态环境演变[D]. 兰州: 兰州大学, 2004.
- [5] 姚檀栾, L G Thompson, 施雅风, 等. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究[J]. 中国科学(D辑), 1997, 27(5): 447-452.
- [6] 闻学泽. 四川西部鲜水河—安宁河—则木河断裂带的地震破裂分段特征[J]. 地震地质, 2000, 22(3):239-249.
- [7] 周荣军, 何玉林, 杨涛, 等. 鲜水河—安宁河断裂带磨西—冕宁段的滑动速率与强震位错[J]. 中国地震, 2001, 17(3):253-262.
- [8] 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(增刊):12-20.
- [9] 徐锡伟, 于贵华, 马文涛, 等. 中国大陆中轴构造带地壳最新构造变动样式及其动力学内涵[J]. 地学前缘, 2003, 10(特刊): 160-167.
- [10] 张岳桥, 杨农, 孟晖, 等. 四川攀西地区晚新生代构造变形历史与隆升过程初步研究[J]. 中国地质, 2004, 31(1):21-33.
- [11] 李建彪, 甘卫军, 冉勇康, 等. 青藏高原东部构造块体的运动学记变形特征分析[J]. 西北地震学报, 2006, 28(2):97-103.
- [12] 冉勇康, 程建武, 宫会玲, 等. 安宁河断裂带晚第四纪活动速率及变形特征[J]. 地震地质, 2008, 30(1): 86-98.
- [13] 郭建强, 朱学波. 冕宁冶勒地区新生代孢粉组合特征[J]. 四川地质学报, 1998, 18(1): 20-25.
- [14] 黄仕华. 川西义敦章德坝子全新世孢粉组合和环境研究[J]. 四川地质学报, 2004, 24(2): 69-72.
- [15] 王新民, 张成贵, 裴锡瑜. 晚第四纪以来安宁河断裂的构造活动与演化[J]. 四川地震, 1998, (4): 1-12.
- [16] 李兴唐, 许学汉, 黄鼎成, 等. 渡口—西昌区域河流冲积层 C (14) 年龄与断裂活动最新地质年代研究[J]. 地质科学, 1984, 58(3): 262-275.
- [17] 何宏林, 池田安隆. 安宁河断裂带晚第四纪运动特征及模式的讨论[J]. 地震学报, 2007, 29(5): 537-550.
- [18] Thompson L G, Yao T, Davis M E, et al.. Tropical climate instability: the last glacial cycle from a Qinghai—Tibetan ice core[J]. Science, 1997, 276:1821-1825.
- [19] Maddy D, Bridgland D. Accelerated uplift resulting from Anglian glacioisostatic rebound in the Middle Thames Valley, UK—Evidence from the river terrace record[J]. Quaternary Science Reviews, 2000, 19:1581-1588.
- [20] Holbrook J, Schumm S A. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: A brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings [J]. Tectonophysics, 1999, 305:287-306.
- [21] Li Y L, Yang J C, Xia Z K, et al.. Tectonic geomorphology in the Shanxi Graben System, northern China[J]. Geomorphology, 1998, 23:77-89.
- [22] Starkel Leszek. Climatically controlled terraces in uplifting mountain areas[J]. Quaternary Science Reviews, 2003, 22: 2189-2198.
- [23] Hall S A. Quaternary pollen analysis and vegetation history of the southwest[A]// Bryant, Jr V M, R G Hollowayeds. Pollen records of late-Quaternary North American sediment [G]. Dallas: American association of stratigraphic palynologists. 1985:95-123.
- [24] Hall S A. Pollen analysis and paleoecology of alluvium, letter to the editor[J]. Quaternary Research. 1989, 31: 435-438.
- [25] Fall P L. Pollen taphonomy in a canyon stream[J]. Quaternary Research, 1987, 28:393-406.
- [26] 杨振京, 徐建明. 孢粉—植被—气候关系研究进展[J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊):73-81.
- [27] Zhu Y, F H Chen, B D Madsen. The environmental signal of an early Holocene pollen record from Shiyang River basin lake sediments, NW China[J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47:267-273.
- [28] Xu Q H, X L Yang, C Wu, et al.. Alluvial pollen on the North China Plain[J]. Quaternary Research, 1996, 46:270-280.
- [29] Xu Q H, X L Yang. Ancient vegetation interpreted by alluvial pollen at Northern Mountain Area of Hebei Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18: 486-492. (in Chinese).