

长江三峡阶地的成因机制*

杨 达 源
(南京大学)

摘 要

根据对长江三峡阶地堆积物进行的野外调查与室内分析发现三峡阶地的成因具有以下特点:构成阶地上部的河漫滩相堆积、中部的冲积砾石层与作为阶地基座的基岩平台是在不同时期形成的;阶地上部河漫滩相堆积是在中全新世气候温暖、长江三峡高水位条件下形成的。因此,长江三峡阶地是在构造上升的基础上由于气候及长江三峡流量及水位变化而形成的,并非一定是间歇性构造上升的标志。

关键词 长江三峡阶地 气候温暖时期 高水位 泛滥堆积

河流阶地是一种分布十分普遍的地貌类型。几十年来,一直认为山区河流阶地是构造运动间歇性上升的标志或者反映冰期、间冰期气候变化。冰期时大量碎屑物质在河谷底部堆积,间冰期时河流因水量增加而发生下切,从而形成阶地^[1]。

对于上述山区河流阶地的成因机制,至今很少有人表示异议,但是,我们在三峡地区进行调查和采样分析之后,发现上述河流阶地成因理论,至少在三峡地区是不适用的。今将与长江三峡阶地成因机制有关资料 and 我们的初步认识,提供读者参考。

一、长江三峡阶地的分布与结构类型

本世纪 50 年代末期至 60 年代初期,沈玉昌先生首先提出从奉节到宜昌的长江三峡河谷中有 10 级明显的阶地^[2],第五级阶地以下多为基座阶地,形成于第四纪更新世时期。

1984—1986 年间,我们又多次赴三峡进行考察,对阶地堆积物进行系统采样分析,包括粒度结构、矿物、粘土化学成分,粘土 X 衍射、孢粉以及部分样品的绝对年龄测定等。通过上述工作证实,长江三峡中大部分低位平台上的堆积物确属河流冲积物,它们的共同特征是:细颗粒分选系数为 1—1.5 左右,原生矿物中没有不耐风化腐蚀的不稳定矿物,石英颗粒表面多具有流水碰击的凹坑、断口和刻槽;粘土矿物以高岭石为主,含有少量拜来石、伊利石和蛭石等。不同地点而时代相同的阶地,其堆积物中的粘土化学成分及其百分

* 参加这项工作的有杨达源、陈宝冲、韩辉友、阎国年、谢明、吴胜光、施少华、耿丽华和长江流域规划办公室周继颐工程师等。在长江三峡阶地的调查研究过程中,我们曾得到长江流域规划办公室勘测总队与荆江河床实验站的积极支持和协助,南京大学地理系的支持和老师的指教,大部分样品分析由地理系实验室曹琼英、周旅复、王雪瑜等完成,图件由范信同志清绘,成稿后曾得到王乃梁教授、韩慕康副教授的指教,顺致感谢。

含量较相近,而时代不同的阶地则有明显差别。阶地砾石层的砾石磨圆良好,分选程度较高,并多发育典型的斜层理或叠瓦状构造等。根据测定资料,我们得到了长江三峡有冲积层的低位阶地分布表(表 1)。

表 1 长江三峡有冲积层的低位阶地分布表
Tab.1 Distribution of the lower river terraces with the alluvial layer in the Three Gorge course of the Changjiang (Yangtze) River

阶地形成时代	阶地的分布和阶地面的海拔高度(m)			
	奉节附近	巫山附近	三斗坪附近	宜昌附近
中更新世早期(Q ₁ ¹)				善溪窑, 170 多
中更新世中期(Q ₁ ²)				宜昌东山, 152
中更新世中晚期(Q ₁ ³)		北门坡, 190—195		宜昌土门, 120
晚更新世早期(Q ₂ ¹)	营盘包, 165—170	巫山中学, 163		宜昌火车站, 80—85
晚更新世中晚期(Q ₂ ²)	奉节城东 135	宝塔坪, 130	茅坪中学 95	宜昌西坝, 75
全新世(Q ₃)			中堡岛, 75—80	宜昌江滨, 57—60

一般情况下,河流阶地由三部分组成:下部为基岩,基座表面为侵蚀面;中部为砂、砾等组成的粗颗粒堆积层,属河床相堆积;上部为粉细砂和粘土等组成的细颗粒堆积层,属河漫滩相堆积。后二者有时在河道横向迁移过程中基本上同时形成,称阶地的二元相结构。长江三峡有冲积层的河流阶地大致可以分为四种结构类型:

I 型 由“基座+粗颗粒堆积+细颗粒堆积”组成。这类阶地比较常见。但阶地中部粗颗粒堆积物并非都是冲积砾石层,或是冲积砾石层发生了次生变化。如宜昌第一级阶地中部的冲积砾石层,表层厚 2m 左右,已由钙质胶结成坚硬的岩石。又如奉节营盘包的晚更新世早期阶地,它为古滑坡堆积体充填了深切基岩的沟谷。再如秭归县龙江镇的第四级阶地,其中间为古滑坡堆积体,局部夹冲积砾石层,都已由钙质胶结成岩。

II 型 由“基座+钙华层+细颗粒堆积”组成。三斗坪、中堡岛及茅坪附近江滨的第一级阶地属这种类型,基座为被侵蚀的花岗岩,在花岗岩基面上有一层厚 5—25cm 钙华层,它呈壳状随花岗岩基面向江心倾斜。

III 型 由“基座+细颗粒堆积”组成。巫山附近的二级阶地属这种类型,基岩侵蚀面上有风化破碎的岩块,岩块之间与岩缝中充填残积风化的红色含碎石粘土。

IV 型 目前所见由“基座+冲积层+次生堆积物”组成。巫山附近的中更新世中晚期阶地,阶地面上又披覆了一层厚 3—10m 的风成黄土层。奉节城西二道桥边,晚更新世早期的阶地后缘部分已为新滑坡堆积体掩埋,部分阶地堆积层也受其影响而发生错动。

二、长江三峡阶地时代特征分析

平原河道横向迁移,形成冲积物包括河床相堆积与河漫滩相堆积差不多是同时的。但长江三峡阶地的基座、中部粗颗粒堆积层与上部细颗粒堆积层的形成时代则往往是不一

致的。

1. 阶地基座基岩被侵蚀而形成侵蚀面的时代比阶地堆积物形成的时代要早得多

巫山晚更新世早期阶地(第二级)属上述的 III 型阶地, 其基座表面已发生较强风化, 岩块间与岩缝中充填残积风化的红色碎石粘土, 局部为红色土壤层, 它的几种主要氧化物的百分含量, 与秭归龙江和宜昌的第四级阶地的堆积物相一致(表 2), 而其上部的堆积物为棕黄色粘土质粉砂, 则与宜昌、龙江等地的第三级阶地的上部堆积物相似, 为晚更新世早期的泛滥堆积。

巫山晚更新世中晚期阶地(第一级), 上部黄土状堆积层中夹有钙质结核, 其性状特征与龙江、庙河和宜昌等地第二级阶地上部的堆积物相一致。钙质结核 ¹⁴C 年代为距今 26 180 ± 1 500 年和 24 490 ± 840 年。然而, 巫山、奉节等地晚更新世中晚期阶地的外侧, 近代又常为特大洪水淹没, 并形成几米厚的黄棕色砂质亚粘土属。巫山宝塔坪外侧, 晚全新世堆积层掩埋了巫山古人遗址^[3]。

表 2 阶地堆积物化学成分比较
Tab.2 Comparison of chemical compositions of the deposits on the terraces

地点及阶地的相对级序	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
巫山 T ₂ 底部	69.74	5.53	13.05	1.14	1.73	4.24
秭归龙江 T ₄ 上部	69.74	5.43	13.13	1.04	1.57	3.79
宜昌 T ₄ 上部	67.15	6.18	16.28	0.29	0.92	5.32
秭归龙江 T ₃ 上部	64.24	4.94	11.64	5.73	1.69	6.55

奉节附近晚更新世早期阶地(第二级)与秭归龙江第四级阶地属上述的 I 型阶地。但是, 阶地上部冲积层形成在基岩和古滑坡被侵蚀切割事件之后, 阶地堆积物不仅掩覆了古滑坡, 而且充填了先前的沟谷(图 1)。

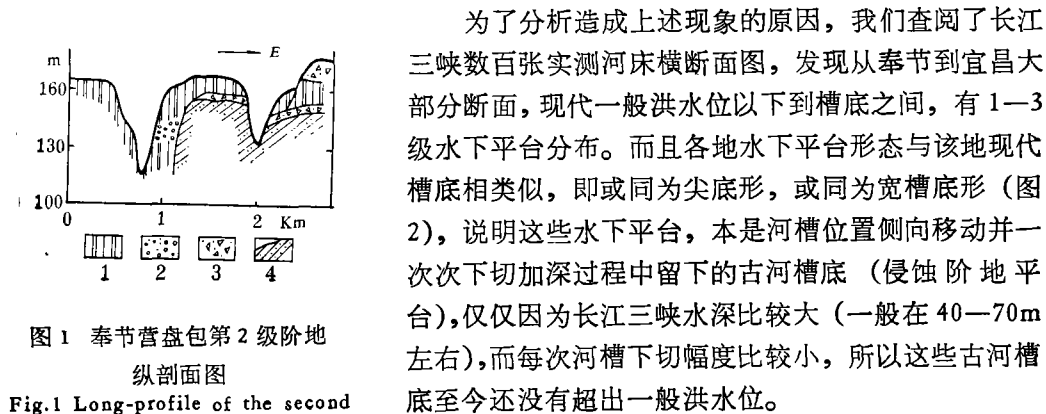


图 1 奉节营盘包第 2 级阶地纵剖面图
Fig.1 Long-profile of the second terrace (Q₂) at Ying Pabao, Feng Jie, Sichuan province
1.棕黄色砂粘土层河漫滩相沉积 2.冲积砾石层 3.古滑坡堆积 4.基岩

为了分析造成上述现象的原因, 我们查阅了长江三峡数百张实测河床横断面图, 发现从奉节到宜昌大部分断面, 现代一般洪水位以下到槽底之间, 有 1—3 级水下平台分布。而且各地水下平台形态与该地现代槽底相类似, 即或同为尖底形, 或同为宽槽底形(图 2), 说明这些水下平台, 本是河槽位置侧向移动并一次次下切加深过程中留下的古河槽底(侵蚀阶地平台), 仅仅因为长江三峡水深比较大(一般在 40—70m 左右), 而每次河槽下切幅度比较小, 所以这些古河槽底至今还没有超出一般洪水位。

根据以上分析, 特别是长江三峡的 III 型阶地, 其基座形成较早, 它曾经历过水下平台阶段, 尔后河槽再下切加深, 古河槽底相对升高到接近洪水位高度之后,

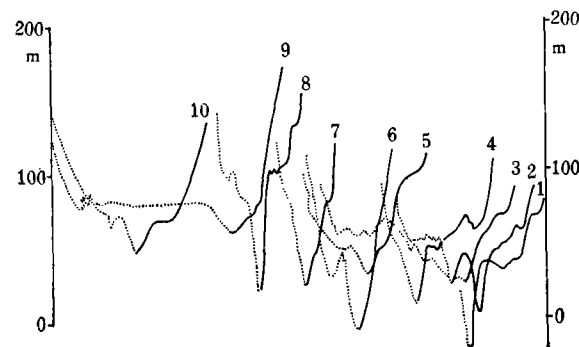


图2 长江三峡河槽横断面图

Fig.2 Cross-profiles of the Three-Gorges channel of the Changjiang (Yangtze) River
1—3. 西陵峡下段 4. 太平溪附近 5、6. 秭归附近 7. 巫峡中段 8. 瞿塘峡下段 9、10. 奉节附近

才出现河漫滩相堆积超覆而形成阶地。

2. 阶地中部粗颗粒堆积形成时代比上部细颗粒堆积形成时代要早

上述 I 型阶地多数情况下中部为冲积砾石层,表层已胶结成岩。宜昌宝塔河口右侧第一级阶地中部已胶结成岩的冲积砾石,胶结物 ^{14}C 年代为距今 $13\,400 \pm 400$ 年。而其上覆河漫滩相堆积层下部所含古树 ^{14}C 年代为距今 $6\,570 \pm 110$ 年。重庆等地第一级阶地也是如此,中部灰黄色砾石层之顶部所含古木 ^{14}C 年代为距今 $39\,300 \pm 2\,600$ 年,或距今 $31\,100 \pm 1\,000$ 年等,而上部砂砾层之底部所含古木 ^{14}C 年代为距今 $5\,540 \pm 80$ 年或 $4\,980 \pm 170$ 年等,即中部形成于晚更新世中晚期,而上部形成于全新世^[3]。

上述 II 型阶地,中部有一层钙华壳层。中堡岛北侧江滨钙华层 ^{14}C 年代为距今 $20\,210 \pm 900$ 年;茅坪朝天咀新石器时代文化层底部二薄层钙华层 ^{14}C 年代分别为距今 $11\,665 \pm 370$ 年与 $13\,800 \pm 370$ 年,它们也比阶地上部全新世河漫滩相堆积层要老一些。

仔细观察胶结砾石层的胶结物结构特点,它们多呈皮壳状包裹砾石,皮壳之间有众多钙质细脉管相连,显系蒸发作用形成,表明砾石层在被胶结的时候它是经常出露在水面以上的。三斗坪等地花岗岩上的钙华壳层形成时期,它也是出露在水面之上的。这就说明是后来水位上升,它们被淹没并被河漫滩相堆积层超覆,之后又成为阶地的。

三、长江三峡阶地的成因机制

山区河流阶地是在构造上升河流下切过程中形成的。但长江三峡阶地是在构造上升河流下切过程中由于气候变化以及长江三峡的流量与水位变化所造成的。

1. 阶地上部堆积物为气候温暖长江三峡高水位时期的河漫滩相堆积物

(1) 表 1 中所列长江三峡多级有堆积物的阶地,以及秭归龙江镇的四级阶地和庙河二级阶地等,根据阶地上部堆积物的粒度结构、矿物成分和电镜扫描分析等,把它们与现代三峡高漫滩堆积物的分析结果进行比较,确定上述阶地上部堆积物为河漫滩相堆积物,这也是确定上述几个地方多级堆积物组成平台为河流阶地的依据。

(2) 对不同地点不同高度阶地上部堆积物的粘土物质作 X 衍射分析, 粘土矿物成分均以高岭石为主, 仅含少量拜来石、伊利石和蛭石等, 说明它们多是气候温暖时期的堆积物。

(3) 宜昌、三斗坪等地第一级阶地上部堆积物, 经 ^{14}C 年代测定和考古资料判断, 它们为中全新世气候温暖、高水位条件下的泛滥堆积。全新世, 在国外有的称为弗兰德林 (Flandrian) 间冰期。

对三斗坪中堡岛和茅坪朝天咀第一级阶地上部堆积物采样作孢粉分析, 堆积物中孢粉数量较少, 其中较常见的有青刚栎 (*Cyclobalanopsis*)、枫杨 (*Pterocarya*) 与栎属 (*Quercus*) 等喜温暖树种的花粉, 而相对数量较多的是菊科 (Compositae)、禾本科 (Gramineae) 及蒿属 (*Artemisia*) 等在江滨滩地上生长的草本植物花粉与蕨类孢子。

长江三峡全新世温暖时期、高水位的泛滥沉积, 在宜昌附近掩埋了晚更新世晚期胶结的冲积砾石层, 在三斗坪附近掩埋了晚更新世晚期形成的钙华壳, 在巫山、奉节等地又部分地掩埋了晚更新世中晚期形成的阶地。

2. 气候较干寒时期为长江三峡低水位, 原河漫滩相堆积部位超出一般洪水位成为阶地的时期

晚更新世为末次冰期的鼎盛时期, 长江三峡沿岸地带, 在黄土状堆积物中形成钙质结核, 部分冲积砾石层表层发生钙质胶结和部分基岩面上形成钙华壳层时期。另外, 四川盆地中第二级阶地堆积物中的钙质结核的 ^{14}C 年代为距今 $23\,500 \pm 410$ 年或 $16\,960 \pm 210$ 年^[3]。江汉平原长湖钻孔岩芯中钙质结核的 ^{14}C 年代为距今 $13\,570 \pm 300$ 年。南京附近下蜀土上层钙质结核的 ^{14}C 年代为距今 $24\,190 \pm 550$ 年、 $16\,670 \pm 200$ 年或 $16\,470 \pm 200$ 年^[4]。这时期也为江西鄱阳湖及长江沿岸一系列风成砂丘 (俗称“砂山”)^[5] 和安徽省长江南岸部分风成黄土的形成时期。可见晚更新世晚期为长江流域四川盆地以下气候比较干寒的时期。

巫山、奉节等地, 晚更新世晚期以前的河漫滩相堆积中发育钙质结核, 说明此时它已脱离了洪水的作用而成为阶地。三斗坪附近, 比近代泛滥堆积顶面低 7—10m 的花岗岩顶面, 在晚更新世晚期曾出露在洪水位以上, 形成钙华壳层。宜昌附近, 河床相冲积砾石层在晚更新世晚期上升至洪水位高度, 并为钙质胶结, 之后又为全新世河漫滩相堆积所超覆, 现在它比多年平均水位高 8—10m。

3. 长江三峡阶地形成与溯源深切有关, 还受到水位变幅限制

图 2 揭示了长江三峡一系列水下平台的分布状况, 总趋势是自三峡下游段往上, 几级水下平台的级差高度逐渐变小。黄陵庙与三斗坪附近, 三级水下平台相对于现代槽底的高度分别为 21m、44—47m 和 59—61m。巫山附近二级水下平台相对于现代槽底的高度分别为 11—15m 和 38m 左右。奉节附近一级水下平台比现代槽底高 23m 左右。各地深槽形成和发展与当地岩性和基岩破裂构造发育有十分密切的关系。但是, 上述长江三峡水下平台的分布状况基本上反映了三峡下游段下切侵蚀比其中上游段更为强烈的特点。

巫山、奉节等地缺失宜昌、三斗坪等地的全新世阶地。如上所述, 宜昌附近第一级阶地形成时期的洪水位要比距今 $13\,400 \pm 400$ 年前 (下伏冲积砾石层表部钙质胶结时期) 高 6m 多, 现在它又比该地多年平均水位高 8—10m, 比一般洪水位高 2—5m。前者可能是由

于全新世长江流量增多所造成,后者可能与中全新世以来的河槽下切加深以及右汉成为主流并拓宽^[6]有关。巫山附近情况有所不同(图3),在江东咀江滨河漫滩堆积层中有一层厚10—30cm的钙质胶结砂层,胶结物¹⁴C年代为距今 4240 ± 140 年,其上部高度为95m左右,它比当地一般洪水位要低10—18m,比1870年洪水位则要低42m左右。该地1870年以来的最大水位差达74m左右,比宜昌附近大53.5m多。所以,在巫山附近,近代的特大洪水能淹没一部分晚更新世中晚期形成的阶地,而没有在全新世中形成新的阶地。

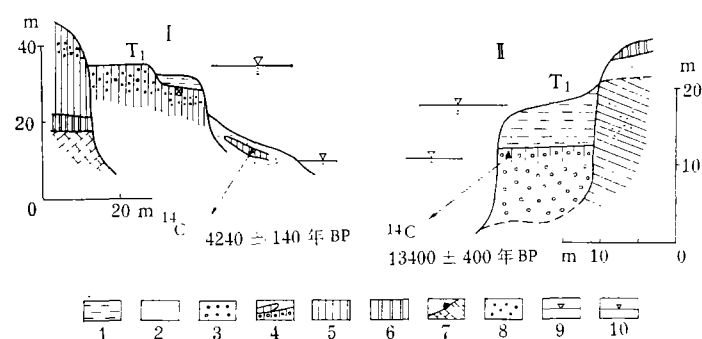


图3 巫山(I)与宜昌(II)第一级阶地的比较

Fig.3 Comparison between the first terrace at Wu Shan city (I) and the first terrace at Yi Chang city (II)

1.砂粘土堆积层 2.砂层或粉砂层 3.砂砾层或砾石层 4.胶结砂层或胶结砾石层 5.黄土状堆积 6.古土壤层 7.基岩 砂岩或灰岩 8.钙质胶结 9.洪水位 10.平均水位

对于以上现象,如果不用气候变化、长江三峡流量与水位变化及其变幅差异和溯源深切来解释,而用构造原因来解释的话,就会得出构造运动来回蹦跳、宜昌附近相对上升更为强烈的结论,这显然是令人难以置信的。

参 考 文 献

- [1] Markewich, H. W., In Tectonic Geomorphology, M. Morisawa & J. T. Hack (eds.), 279—297. Boston, Allen. 1985.
- [2] 沈玉昌,长江上游河谷地貌, 114—160. 科学出版社, 1965.
- [3] 刘兴诗,四川盆地的第四系,四川科学技术出版社, 64, 1983.
- [4] 吴标云,海洋地质与第四纪地质, 5(2), 113—121, 1985.
- [5] 杨达源,中国沙漠, 5(4), 36—43, 1985.
- [6] 孙仲明,地理科学, 5(1), 79—85, 1985.

GENETIC MECHANISM OF THE ALLUVIAL TERRACES ALONG THE THREE-GORGES COURSE OF THE CHANGJIANG RIVER

Yang Dayuan
(*Nanjing University*)

Key words: The terraces in the Three-Gorges course of the Changjiang River; The climatic warm period; High water-level; The floodplain deposits

Abstract

In the past, many investigators considered that the alluvial terraces in mountain areas are generally produced by the intermittent crustal uplift movement; or, it might result from a change to a more arid climate; or, from the greatly increased load derived from melting glaciers in the upstream region so that a valley floor is filled with alluvium by an aggrading stream.

However, based on the field survey and the analyses of the chemical composition, mineral assemblage, pollen analysis and deposits on the alluvial terraces distributed along the Three-Gorges course of the Changjiang River, the genetic mechanism is somewhat different from the above-mentioned sayings.

(1) The three parts which constitute a terrace: the upper floodplain deposit, the middle alluvial gravel and the lower rock bench as base of terrace, were formed in different periods. The rock bench of terrace as former river bed had been formed much earlier than the flood plain deposit. The middle gravel had been eroded before it was covered by the floodplain deposit.

(2) The upper floodplain deposit on terraces was formed under the condition of interglacial climate and high water level in Late Holocene.