

·基础地质·

云南丽江地区大具盆地早更新世金沙江砾石层的发现及其意义

赵希涛¹, 张永双², 胡道功², 曲永新¹

ZHAO Xi-tao¹, ZHANG Yong-shuang², HU Dao-gong², QU Yong-xin¹

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081

1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;*

2. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China*

摘要 报道了云南大具盆地北部金沙江下渡口西岸的2层早更新世金沙江砾石层, 它们分别位于盆地底部的冲、洪积砾石层的底部。该砾石层的砾石分选与磨圆很好, 局部被钙质胶结, 成分复杂, 大部分为本地所无, 表明其应为金沙江长距离搬运而来。该砾石层的钙质胶结物和钙质砂层2个样品的ESR年龄测定结果分别为 1950 ± 230 kaBP和 1770 ± 160 kaBP, 属早更新世。对比其上游四川德格含下更新统汪布顶组哺乳动物群的金沙江第五级阶地砾石层和下游四川攀枝花金沙江沿岸伏于中、晚上新世湖相沉积昔格达组之下的分选与磨圆良好、成分复杂的河流相砾石层, 表明在早更新世甚至上新世时期, 金沙江已经贯通。

关键词 云南大具盆地; 早更新世; 金沙江砾石层; ESR年龄测定; 金沙江河谷发育

中图分类号: P534.63^{*1} 文献标识码: A 文章编号: 1671-2552(2006)12-1381-06

Zhao X T, Zhang Y S, Hu D G, Qu Y X. Discovery of early Pleistocene gravels of the Jinsha River in the Daju basin, Yunnan, China, and its significance. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(12): 1381-1386

Abstract: This paper reports two beds of early Pleistocene gravels on the western bank of the lower ferry of the Jinsha River in the northern Daju basin, Yunnan. They are located at the base of a thick alluvial and proluvial gravel bed at the bottom of the basin. The gravels in the gravel bed are well sorted and rounded and partly cemented by calcareous materials, and their components are very complicated, most of which are absent in the study area, indicating that they were transported over a long distance by the Jinsha River. The ESR dates of two samples of calcareous cements and sands from the lower bed of gravels are 1950 ± 230 kaBP and 1770 ± 160 kaBP respectively, indicating an early Pleistocene age. The gravel bed is correlated with the gravel bed in the fifth terrace of the Jinsha River containing the mammal fauna of the early Pleistocene Wangbuding Formation at Wangbuding, Dega County, Sichuan Province, in the upper reaches of the river and the bed of alluvial well-sorted and rounded gravels of complex composition underlain by the middle-late Pliocene lacustrine Xigeda Formation at Panzhihua City, Sichuan, in the lower reaches. The results show that all the sections of the Jinsha River had been joined up and become into a long river by the early Pleistocene and even the Pliocene.

Key words: Daju basin, Yunnan; early Pleistocene; gravels of the Jinsha River; ESR dating; development of the Jinsha River valley

关于金沙江河谷的早期发育, 特别是它在云南石鼓附近流向由北北西转向北北东的突然改变, 即著名的“长江第一湾”, 早就引起了中外学者的关注, 从而产生了金沙江到底是由于河流袭夺而成还是一条先成河的长期争论^[1-15]。

大具盆地是长江上游金沙江中游的一个长宽各约为6 km的小型盆地, 位于云南省丽江市玉龙纳西族自治县北部大具乡与迪庆藏族自治州香格里拉县三坝民族乡江边村之间。金沙江从西面流入盆地并呈弧形转而从盆地北面流出

收稿日期: 2006-06-02; 修订日期: 2006-09-13

地调项目: 中国地质调查局国土资源调查项目《滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价》(编号1212010541404)资助。

作者简介: 赵希涛(1940-), 男, 研究员, 从事地貌与第四纪地质学研究。E-mail: xitao_zhao@sina.com

(图1)。流经大具盆地的金沙江,上游紧接闻名世界的虎跳峡,其两岸便是欧亚大陆上纬度最低、有现代冰川发育的雪山——东南岸为海拔5592 m的玉龙雪山,西北岸为海拔5400.2 m的哈巴雪山。再往上游不远处即为“长江第一湾”。以正断层为特征的玉龙山东麓断裂南北向通过盆地西部。该断层第四纪以来一直强烈活动,不仅使玉龙雪山和哈巴雪山抬升到雪线以上,并使大具地区断陷成为盆地,而且其近期活动还切穿了大坝子西北的玉龙冰期的冰碛与冰水成因的砾石层及其所组成的河流阶地状的地形(图版 I-1),还引发了1996年2月3日的丽江7.0级地震,同年10月28日晨笔者所目睹的位于虎跳峡下峡口西北岸滑石板处的巨型山崩(曾使金沙江短暂堰塞成湖)或许也与此有关。因此,大具盆地可以说是至今仍在强烈活动的断陷盆地。

本文将报道大具盆地北部金沙江下渡口西岸早更新世早期金沙江砾石层的发现,并简要讨论其在早期金沙江河谷发育与青藏高原东南缘的隆升研究中的意义。

1 大具盆地中的第四纪沉积地层

大具盆地除四周和西端底部出露石炭系、二叠系和三叠系的灰岩、大理岩、泥岩或粉砂岩和玄武岩夹千枚岩等基岩外,是一个完全由第四纪地层所构成的堆积盆地。金沙江谷底呈峡谷状,深约150~200 m,嵌入于开阔的盆地之中。盆地底部河流阶地状地形十分清晰(图版 I-1)。可惜的是,在这些“河流阶地”上均未找到真正属于金沙江的沉积物。因此,即使它们是金沙江的阶地,也应是将其其他第四纪沉积物作为“基岩”的侵蚀阶地。怪不得任美铎等^[7]曾据云南大学生物系的资料,认为大具盆地有4级阶地,为石质侵蚀阶地,在大具附近高出江面约100 m。

从大具盆地北部的盆地最底部向上,出露的第四纪地层自下而上依次如下(图2 图版 I-2)。

(1)早更新世早期的冲、洪积砾石层(Q_1^{1a-1d})。在金沙江峡谷两岸均有出露,可见厚度为50~60 m,产状近于水平或由两岸稍向河谷倾斜。砾石大小多在数厘米至数十厘米间,磨圆中等或较差,成分单调,为灰岩、大理岩和玄武岩,表明其物质来源均为四周的山地,具有洪积物或搬运距离较短的冲积物的性质。必须强调的是,本文所要报道的2个发现于金沙江下渡口西岸的早更新世金沙江砾石层(Q_1^{1a})即夹于此层底部与下部,分别被称为底层与下层。它们的分选与磨圆均很好,砾石成分复杂,显然非当地的成分而应来自于其上游。前者厚逾5 m,即使在枯水季节也部分被江水所淹而未见底,在洪水季节则完全淹没于江水之中;后者厚1.2~1.6 m,为磨圆度普遍达3~4级,粒径以5~20 cm为主,其次为1~5 cm的卵石层,局部夹结核状钙质砂层,出露在洪水位之上约15 m处(图版 I-3)。这2层早更新世金沙江砾石层是笔者于1996年10月下旬首次考察时发现的,以后又多次进行过考察。因该砾石层有一定程度的胶结,故2005年8月初笔者再次考察时,一方面对砾石层下层的砾石成分进行了统计以确定其物质来源,另

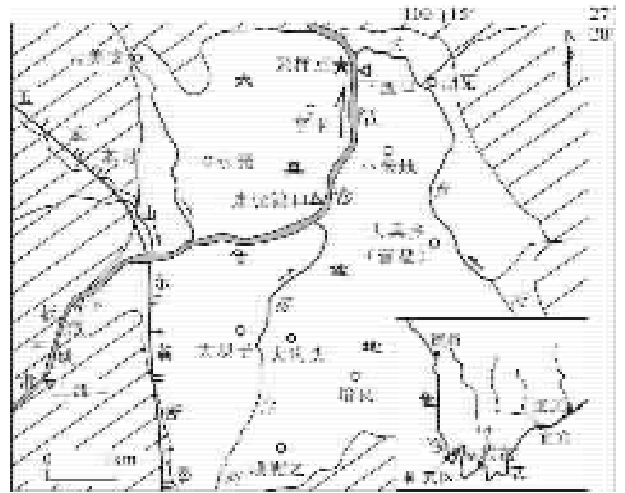


图1 云南大具盆地与采样位置图

Fig.1 Location of the Daju basin, Yunnan, and sampling site

一方面则采集了砾石间的钙质胶结物和所夹的钙质砂层进行电子自旋共振法(ESR)年龄测定,以确定其形成时代,其结果将在下面报道。

(2)早更新世晚期的“湖相”小砾石层(Q_1^{2a})不整合于上述冲、洪积砾石层之上,厚60~80 m或更多。其层理清晰,倾角变化大,由盆地南、北或西北与西南两侧明显倾角向盆地底部或金沙江河谷(如在盆地南部培良村边产状为 $20^\circ \angle 28^\circ$),故其既出露于峡谷中部,又出露于盆地南北两侧边缘。该小砾石层砾石分选较好,多为小于5 cm的小石子,部分层位为粗砂小砾,个别层位砾石的粒径可达近10 cm,但其磨圆差或较差,成分也同样单调,与层1相似,为灰岩、大理岩和玄武岩,表明其物质来源于四周的山地,系在高坡角的条件下的快速堆积。其分选较好、层理清晰、倾角较大、含淡水小螺化石等特征,表明其或为坡积,更可能为高山深谷区深水湖的“湖相”碎屑沉积,如果没有更好的解释的话,笔者倾向于后者。该“湖相”小砾石层也都被钙质胶结。

(3)中更新世早期玉龙冰期的冰水砾石层与冰碛砾石层(Q_2^{1a-1d})局部已胶结成岩。冰水砾石层厚30~50 m,覆盖了除西部以外的几乎整个盆地,与下伏的“湖相”小砾石层呈不整合接触。金沙江以南或西南者来自玉龙雪山方向,西北者来自哈巴雪山方向。无论是来自前者,还是来自后者,其沉积特征几乎完全相同:由夹有少量砂质透镜体或夹层的巨大漂砾和有所磨圆的砾石(多为粒径数十厘米的大砾石)所构成,最大漂砾的粒径常达数米至20~30 m,具有一定的层理和分选性。其地层倾向盆地下方,即来自前者倾向北东,来自后者则倾向东或南东。冰碛砾石层厚可逾百米,仅分布于盆地西部。来自玉龙雪山方向者主要分布于将台河出口附近的峨眉至大沟头之间和大坝子西北,而来自哈巴雪山方向者则仅分

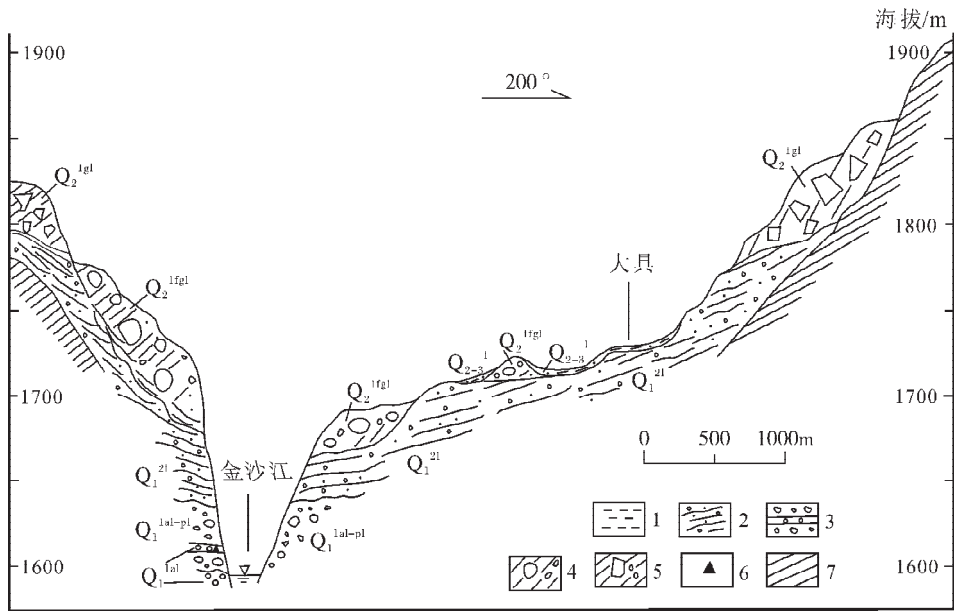


图2 云南大具盆地金沙江河谷横剖面

Fig.2 Cross-section of the Jinsha River valley in the Daju basin, Yunnan

1—砂、粉砂和粘土质粉砂 2—半胶结的小砾石 3—磨圆较差夹磨圆很好的砾石 4—半胶结和有所磨圆的漂砾和砾石 5—半胶结的漂砾和角砾 6—ESR样品采集部位 7—基岩；
 Q_1^{1al-p1} —早更新世早期的冲、洪积砾石层 Q_1^{2l} —早更新世晚期的“湖相”小砾石层 Q_2^{1gl} —中更新世早期玉龙冰期的冰水砾石层与冰碛砾石层 Q_2^{1fgl} —中—晚更新世湖相沉积砂与粉砂

布于永壳西北,均构成高100~200 m的丘陵状台地。无论其来自何处,其砾石均由巨大的漂砾和大小砾石(特别是粒径数十厘米的大砾石)所构成。玉龙冰期的冰碛与冰水沉积既有共同的特点:漂砾巨大,成分单一(灰岩、大理岩和玄武岩),均为附近地区基岩的产物,并多多少少被钙质胶结而轻度成岩,特别是其上层;但也有明显的差别:前者有一定的分选、磨圆和层理,且有时夹有砂层,而后者则常常缺少上述特点,其砾石粒径也普遍较前者为大。根据笔者^[16]对玉龙雪山更新世冰川作用的研究,玉龙冰期的ESR年龄为500~700 kaBP,属于中更新世早期。

除上述3套地层外,在大具盆地西南部玉龙冰期冰水砾石层台地的低洼处,常可见到厚仅1~2 m的湖相沉积物,以灰黄色的粘土质粉砂、粉砂、砂和砂夹粗砂小砾为主,纯的粘土层很少出现,其层理往往十分清晰,有时具纹层,并可见到它与层(2)和层(3)的不整合接触关系,其时代当属中、晚更新世(Q_{2-3}^1)。此外,在大具盆地西南部和西北部的将台河与本习沟、岩美支沟的沟谷中与沟谷口,还有不同时期,主要是中、晚更新世的冰川、冰水与冲沟等成因的沉积物分布。

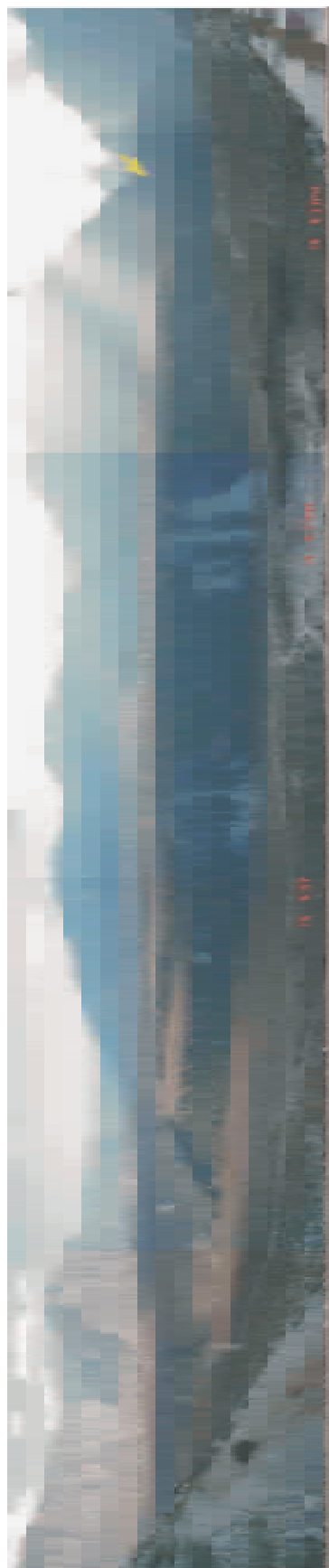
2 金沙江砾石层的物质来源与沉积时代

2005年8月初,因洪水淹没了金沙江砾石层底层,笔者仅对该砾石层下层进行了砾石的岩性统计。统计结果表明,灰

岩(18%)、大理岩(12%)和玄武岩(14%)等可能的当地成分共占砾石总数的44%,而花岗岩(18%)、闪长岩(8%)、辉长岩(2%)、辉绿岩(5%)、安山岩(3%)、变质砂岩(19%)和燧石(1%)等非当地成分则共占砾石总数的56%,而且花岗岩等侵入岩类和变质砂岩等成分,则是大具以上金沙江各河段中组成各级河流阶地磨圆良好的砾石层中砾石的常见成分。因此可以认为,发现于盆地北部下渡口西岸的2层分选与磨圆很好、成分复杂且以花岗岩等非当地成分为主的砾石层,应属金沙江的砾石层无疑。而且,在大具与其上游奔子栏之间金沙江200多公里的流程中及其支流流域却无花岗岩类分布,则更进一步说明了下渡口的金沙江砾石层属于远距离搬运的结果。

同时,笔者又对该砾石层下层砾石间的钙质胶结物(样品号QS034-1)和所夹的钙质砂层(样品号QS034-2)进行了ESR年龄测定(表1)。这一年龄测定结果是合乎与其上覆地层(早更新世晚期甚至稍稍延伸至中更新世初期的“湖相”小砾石层——来自营盘其上部地层钙质胶结物样品的ESR年龄为(670.0±134.3) kaBP和中更新世早期玉龙冰期的冰碛砾岩——位于玉龙雪山同一冰期的4个冰碛岩钙质胶结物样品的ESR年龄分别为(500.9±100.0) kaBP(玉龙山变电站)、(592.6±118.5) kaBP(云杉坪北)、(645.0±129.0) kaBP(干海子北垭口)、(697.1±139.2) kaBP(干海子北垭口)^[16]的沉积顺序

图版 I Plate I



1. 自金沙江左岸隔江望大具, 可见几级明显的阶地状地形, 右侧箭头所指处为玉龙山东麓断裂的断层崖



3. 早更新世金沙江砾石层下层



2. 大具盆地北部金沙江下渡口西岸出露的第四纪地层下部, 箭头所指处为早更新世金沙江砾石层下层

表1 云南大具盆地金沙江下渡口西岸金沙江砾石层下层的钙质胶结物与钙质砂层的ESR年龄测定结果

Table 1 ESR dates of calcareous cements and sands in the lower beds of gravels on the west bank of the lower ferry of Jinsha River in the Daju basin, Yunnan

野外编号	室内编号	地点与层位	样品物质	古剂量/Gy	年剂量/Gy·ka ⁻¹	年龄/kaBP
QS034-1	5198	下渡口早更新世金沙江砾石层下层	钙质胶结物	3657±430	1.874	1950±230
QS034-2	5199	下渡口早更新世金沙江砾石层下层	钙质砂层	2713±240	1.536	1770±160

注 :中国地震局地质研究所电子自旋共振测年实验室贾丽、鲍继飞、李如成协助测定

的,因而在地质上是可以接受的。而且还可以进一步认为,堆积于大具盆地底部的冲、洪积砾石层,其主体应是早更新世早期的金沙江砾石层。它不仅包括其底部与下部那2层分选与磨圆很好、砾石成分复杂的砾石层,而且在某种意义上,它的其他一些层位也应是早更新世金沙江砾石层组成的一部分,只不过是其搬运距离短些、主要来源于当地罢了。因为笔者仔细观察过金沙江上、中、下游数百公里河段不同阶地的砾石层,其中搬运距离远、分选与磨圆良好、成分复杂的层位只占一部分,有时甚至是一小部分,就是明显的例证。

3 关于早期金沙江河谷发育的初步讨论

大具盆地底部早更新世早期金沙江砾石层的发现,对于研究金沙江河谷的早期发育具有重要的科学意义。前已提及,对于金沙江河谷的早期发育,人们主要关注的问题是,它到底是一条先成河还是由于河流袭夺而来^[1-15]。其中,张叶春等根据金沙江地区、云南各断陷盆地的河湖相沉积和高原夷平面、剥蚀面、宽谷面、以年龄为3.29~1.78 MaBP的昔格达组^[17,18]为基座的金沙江高阶地(其T₇的ESR年龄为1.54±0.178 MaBP)的研究和测年结果,认为金沙江水系的发育经历了如下4个阶段:①3.4 MaBP以前,为高原面形成时期的古水系阶段。高原面上的水系可能为外流水系,但与现代金沙江水系无关。②(3.4~2.00±0.2)MaBP间,为金沙江水系孕育阶段。这是该地区的广泛成湖期,水系可能是以各古湖(如丽江古湖、剑川古湖、程海古湖、昔格达古湖、元谋古湖等)为归宿的内流水系,金沙江水系是在这些内陆水系的基础上发育的。③(2.00±0.2~1.54±0.178)MaBP,为金沙江水系调整阶段。这时古湖沉积相继结束,水系逐渐由内陆水系向外流水系调整,即川江以溯源侵蚀方式逐步由巧家以下(2.00±0.2 MaBP)、渡口(攀枝花)至巧家(1.78 MaBP前后)向上游延伸,最迟在(1.54±0.178)MaBP金沙江上段的最高级阶地(T₇)形成之时,金沙江全线贯通,主干河谷形成。④(1.54±0.178)MaBP以来,为现代金沙江水系形成与发展阶段^[14]。这是迄今所见对金沙江河谷发育历史最清晰的阐述。然而,可惜的是,该文作者对金沙江河谷本身的调查和了解可能偏少。因此,本文除报道大具盆地早更新世金沙江砾石层的发现外,还想补充如下2点资料。

(1)在金沙江上游的四川德格汪布顶,位于金沙江东岸

约0.5 km、海拔约3700 m处的第五级阶地(当地江面海拔约3100 m)由厚达16 m的粒径中等、较大、较小的砾石层及砂、砂质粘土层组成。其砾石磨圆与分选良好,成分复杂(为花岗岩、混合岩化花岗岩、花岗岩片麻岩、青灰色石英岩、砂岩、紫色砂岩、灰绿色、紫色火山岩等),与下伏基岩(古生代黑色板岩)明显不同。在中部的砂质粘土夹细砂层中发现了如下属于下更新统汪布顶组哺乳动物化石群的哺乳动物化石:横断山鼠兔(*Ochotona hengduanshanensis*)、横断山獭鼠相似种(*Mimomys cf. hengduanshanensis*)、印度熊未定种(*Indarctos? sp.*)、西藏黑熊(*Ursus cf. thibetanus*)、肿颌貂(*Martes cf. pachygnatha*)、贾氏獾(*Meles chiai*)、桑氏鬣狗(*Huaena licenti*)、横断山古猫(*Matailurus hengduanshanensis*)、横断山似剑齿虎(*Homotherium hengduanshanensis*)、山西猞猁(*Lynx shansium*)、豹(*Panthera pardus*)、更新猎豹(*Sivapanthera pleistocaenicus*)、西藏蹄兔(*Postschizotherium tibetensis*)、湖麂相似种(*Muntiacus lacustris*)、横断山麂(*Muntiacus hengduanshanensis*)、羚羊未定种(*Gazella sp.*)、山东绵羊相似种(*Ovis cf. shandongensis?*)、绵羊种未定(*Ovis? sp.*)、转角羚羊种未定(*Spiroceros? sp.*)^[9]。

(2)在金沙江下游的四川渡口(今攀枝花市)则发现了金沙江的8级阶地^[20]。其中,第四至第八级阶地(后者海拔200~210 m)皆以广泛分布的早更新世至中、晚上新世昔格达组湖相沉积物(其磁性地层年龄为约4.2~1.78 MaBP^[17,18,21,22])为基座。更为重要的是,在昔格达组之下还普遍发现了与其过渡或被其上覆、超覆的砾石层,砾石磨圆良好(往往达3~4级)、成分复杂(为花岗岩、闪长岩、石英岩、石英砂岩、玄武岩、干枚岩、砂页岩等),与下伏基岩(前震旦系深变质岩,震旦系碳酸盐岩与碎屑岩,二叠系碎屑岩、灰岩与玄武岩,三叠系含煤沉积及砾岩,侏罗系碎屑岩和花岗岩等)不同。尽管原作者将其定为早更新世初期金沙江冰期的冰碛和冰水沉积^[20],但笔者根据1985年、2005年和2006年的观察,更倾向于认为它们属于典型的金沙江河床相沉积层,其沉积时代显然与昔格达组的湖相沉积相当或比其更早。此外,笔者还发现了比金沙江第八级阶地高得多的金沙江阶地砾石层,其拔河高度达460 m,但遗憾的是,由于高差关系而缺乏与昔格达组的接触关系。

无独有偶的是,在邻近的长江主要支流大渡河流域的四

川汉源富林,磁性地层年龄为4.2~2.6 MaBP的昔格达组湖相沉积^[21-22]之下部也存在厚9.7 m的半胶结灰色阶地砾石层^[17],表明大渡河在上新世中晚期之前已经存在。同样,大渡河的高阶地(T₄—T₆)也已高出大渡河面达700~930 m^[21-23]。

由上所述可以设想,在早更新世早期或更早,从德格经大具到攀枝花,就有一条上下游贯通的大江——早期金沙江在其现今的位置上存在。这条早期的金沙江或许曾在某个或某几个阶段是一条串珠状的河流,即在其成干公里的流程中曾包含着若干个吞吐湖泊,如本文所涉及的早更新世晚期的“古大具湖”即为一例,并以巨大的“昔格达古湖”、“元谋古湖”或更远的四川盆地或川江为其终点。或许“昔格达古湖”也是发育在古金沙江和古大渡河上的一个或几个堰塞湖,甚至古大渡河上游曾经是古金沙江支流古安宁河的一部分^[23]。因此,现代金沙江水系的前身是否有一个外流水系阶段,是值得商榷的。

此外, Li Jijun等^[24]所测定的长江三峡及其西侧四川盆地长江第七级阶地沉积物的ESR年龄0.95~1.16 MaBP和与上U谷相当的溶洞的ESR年龄2.01~2.04 MaBP则进一步证明,在早更新世早期或中晚期,金沙江所汇入的川江就已经经过长江三峡流出了四川盆地,进入了中国东部平原,从而真正成为万里长江的一个重要组成部分。

4 结 语

大具盆地底部早更新世早期金沙江砾石层的发现及有关证据表明,在早更新世甚至更早的上新世,一条像现今的金沙江这样规模的、上下游贯通的大江——早期金沙江就已经在其现今的位置上存在了。

在早更新世甚至更早的上新世,这样规模的一条早期金沙江在其现今位置上的存在,至少将石鼓附近金沙江所发生的第一次流向的巨大改变的原因——到底是由于河流袭夺而成还是一条先成河——和时代的争论,从第四纪推到了新近纪。

早在早更新世或更早的上新世早期,金沙江的贯通和0.95~1.16 MaBP或2.01~2.04 MaBP川江就已经进入中国东部平原成为万里长江的事实,表明当时中国地势西高东低的基本格局已经形成。这为从地貌学与第四纪地质学角度讨论青藏高原到底是第四纪时期还是更早的新近纪时期已上升到接近现今的高度的争论^[25-27],从另一个侧面提供了有意义的线索。

参考文献:

[1] Deprat J. Etude geologique du Yunnan Oriental[J]. Mem. Sur. Geol. Indo-China, 1912, 1: 1-37.
 [2] Credner W. Observations on geology and morphology of Yunnan [M]. Geol. Sur. Kwangtung and Kwangsi. Spec. Publ., 1932.1-53.
 [3] 丁文江.漫游散记(二十)[J].独立评论, 1933, 12: 11-12.
 [4] 李春昱. The development of the Upper Yangtze Valley[J]. 中国地质学会会志, 1933, 13: 107-117.
 [5] Barbour G B. Physiographic history of the Yangtze[M]. 地质专报第十四号, 1935.1-112.

[6] 季承三. 长江发育史[J]. 人民长江, 1956, 12: 3-6.
 [7] 任美镔, 包浩生, 韩同春, 等. 云南西北部金沙江河谷地貌[J]. 地理学报, 1959, 25(2): 135-155.
 [8] 沈玉昌, 杨逸畴. 滇西金沙江袭夺问题的新探讨[J]. 地理学报, 1963, 29(2): 84-108.
 [9] 许仲路, 李行健. 滇西北丽江鸿文村—剑川甸南纵谷成因与金沙江河流袭夺问题之探讨[J]. 地理学报, 1982, 37(3): 325-334.
 [10] 黄少敏, 曾昭璇. 云南高原上河道的变化——金沙江袭夺问题[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1985(1): 18-24.
 [11] 何浩生, 何科昭, 朱祥民, 等. 滇西北金沙江河流袭夺的研究——兼与任美镔先生商榷[J]. 现代地质, 1989, 3(3): 319-330.
 [12] 何浩生, 何科昭, 蒋复初, 等. 滇西北沙溪—鸿文谷地的成因研究——金沙江河流袭夺问题的再商榷[J]. 现代地质, 1991, 5(2): 280-289.
 [13] 曾昭璇. 金沙江袭夺地形探讨[J]. 云南地理环境研究, 1991, 3(2): 44-48.
 [14] 张叶春, 李吉均, 朱俊杰, 等. 晚新生代金沙江形成时代与过程研究[J]. 云南地理环境研究, 1998, 10(2): 43-48.
 [15] Clark M K, Schoenbohn L M, Royden L H, et al. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns[J]. Tectonics, 2002, 23(TC1006): 1-20.
 [16] 赵希涛, 曲永新, 李铁松. 玉龙山东麓更新世冰川作用[J]. 冰川冻土, 1999, 21(3): 242-248.
 [17] 钱方, 徐树金, 陈富斌, 等. 昔格达组磁性地层的研究[J]. 山地研究, 1984, 2(4): 275-282.
 [18] 陈富斌, 赵永涛. 攀西地区新构造[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1989.1-101.
 [19] 宗冠福, 陈万勇, 黄学诗, 等. 横断山地区新生代哺乳动物及其生活环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.1-279.
 [20] 第四纪冰川考察队. 四川渡口地区第四纪金沙冰期的初步探讨[A]. 见: 中国地质科学院地质力学研究所. 中国第四纪冰川地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1977.44-54.
 [21] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 四川泸定昔格达组时代及其新构造意义[J]. 地质学报, 1999, 73(1): 1-6.
 [22] 王书兵, 赵志中, 乔彦松, 等. 泸定昔格达组时代认定与古环境[J]. 第四纪研究, 2006, 26(2): 257-264.
 [23] 陈智梁, 孙志明, Royden L H, 等. 四川泸定昔格达组的堰塞湖成因及其意义[J]. 第四纪研究, 2004, 24(6): 614-620.
 [24] Li Jijun, Xie Shiyong, Kuang Mingsheng. Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation[J]. Geomorphology, 2001, 41: 125-135.
 [25] 李吉均, 文世宣, 张青松, 等. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨[J]. 中国科学, 1979(6): 608-616.
 [26] 赵希涛. 青藏高原隆起幅度估算方法评述[A]. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题[C]. 北京: 科学出版社, 1981.167-175.
 [27] 潘保田, 方小敏, 李吉均, 等. 晚新生代青藏高原隆升与环境变化[A]. 见: 施雅风, 李吉均, 李炳元. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化(第十章)[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998.363-414.