

文章编号: 1006-6616 (2011) 02-0185-15

金沙江雅砻江河口—金坪子河段贯通过程

胥勤勉¹, 杨达源², 葛兆帅³

(1. 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 南京大学地理与海洋学院, 江苏 南京 210093; 3. 徐州师范大学城市与环境学院, 江苏 徐州 221116)

摘要: 通过对金沙江雅砻江河口—金坪子段的地貌、沉积和年代学的研究, 结合区域地貌和新生代沉积, 初步认为该区域河流发育经历了4个阶段: 高原面解体河流发育期(7~4.2 Ma)、高原湖泊和盆地形成期(4.2~1.1 Ma)、古雅砻江和古金沙江期(1.1~0.73 Ma)和金沙江贯通东流期(0.73 Ma至今)。7~4.2 Ma, 高原面解体发育河流, 攀枝花地区河流形成两级陡坎, 并形成昔格达组下伏的卵石层; 古鲮鱼河开始发育形成, 可能越过现代金沙江的位置进入古掌鸠河, 汇合到昆明盆地。4.2~1.1 Ma, 昔格达组、会理、会东盆地均发育; 古城河可能流入元谋盆地; 攀西地区的湖泊和元谋的湖泊可能不相连; 古鲮鱼河在1.1 Ma前改道东流, 并未贯通为金沙江。1.1~0.73 Ma, 古鲮鱼河贯通为金沙江, 不断地向古城河方向溯源侵蚀; 古雅砻江和古城河入元谋盆地; 0.73 Ma, 金沙江袭夺古城河、古雅砻江而贯通, 元谋组堆积结束。0.73 Ma以来, 金沙江快速深切; 中晚更新世开始发育阶地。

关键词: 金沙江; 河流地貌; 沉积; 贯通过程; 溯源侵蚀

中图分类号: P512.31

文献标识码: A

金沙江形成和发育过程的研究始于长江第一湾(石鼓)和鸿文—剑川谷地成因的探讨^[1-5], 并初步认为金沙江因袭夺而贯通东流。后继的学者又分别从沉积、区域地貌和河流阶地探讨金沙江贯通东流的问题^[6-13], 并认为金沙江在早更新世全线贯通东流, 河谷发育河流阶地以及黄土状堆积物^[14-15]。金沙江石鼓—宜宾段为多次河流袭夺而贯通^[10-11, 13], 其中禄劝乌东德峡谷—金坪子河段约在0.8 Ma万年贯通^[16-17], 亦有学者提出该段可能在早更新世甚至上新世就已贯通^[18-20], 这可能是因为没有区分金沙江阶地系统的原因^[17, 21]。本文主要从区域地貌、沉积和河谷地貌特征等方面, 在区分金沙江阶地的基础上, 探讨了金沙江雅砻江河口—金坪子河段的贯通过程。

1 地质概况

金沙江雅砻江河口—金坪子河段西起四川省攀枝花市雅砻江汇入金沙江处, 至云南禄劝

收稿日期: 2010-11-04

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金项目(编号: 20060284028)。

作者简介: 胥勤勉(1979-), 男, 山东济宁人, 助理研究员, 主要从事河流地貌与海岸带地貌、沉积研究。地址: 天津市大直沽八号路四号天津地质矿产研究所, 邮编: 300170, Email: xuqinmian@163.com, 电话: 02284112963。

县金坪子，全长约 100km，整体成一倒“几”字型。在大地构造单元上，该河段分别属于扬子准地台西缘“康滇地轴”的泸定-米易台拱、武定-米易隆断束和东川断拱，主要有磨盘山-绿汁江断裂、会东-皎西断裂、汤郎-易门断裂、德干断裂和金沙江断裂（图 1）。研究区

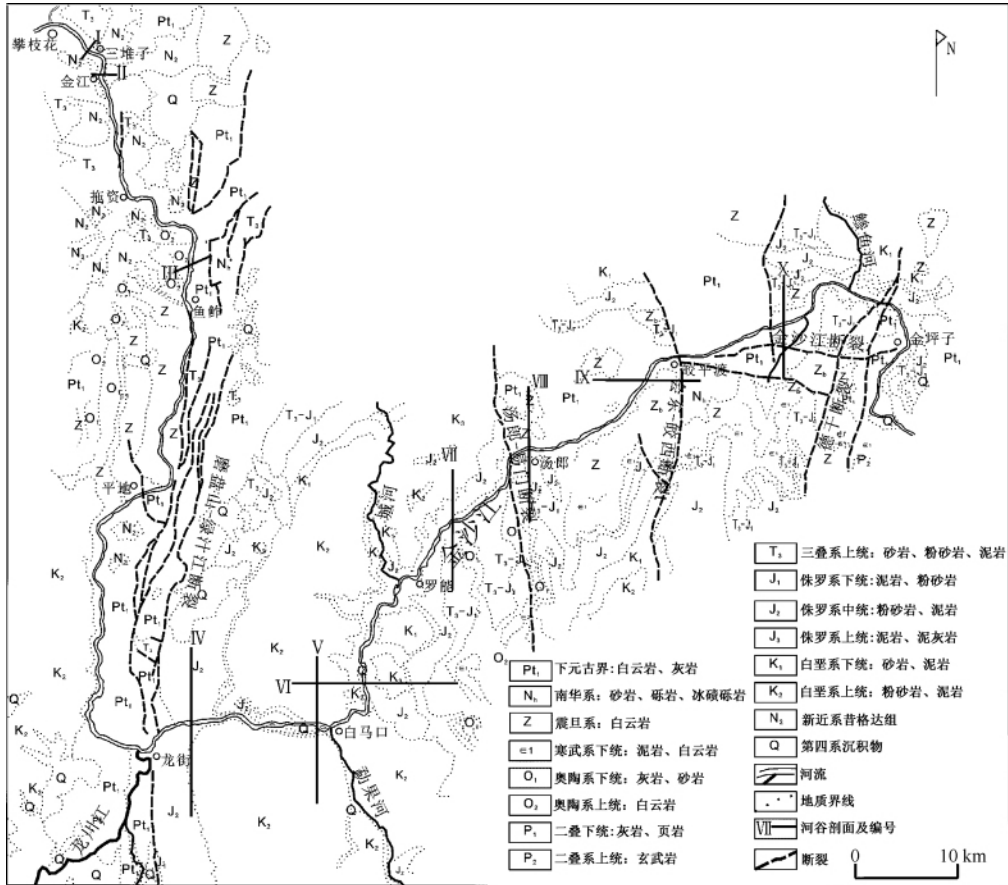


图 1 金沙江雅砻江河口-金坪子地质构造图

Fig. 1 Simplified map showing geology and tectonics along the Estuary of Yalong River-Jinpingzi reach of Jinsha River

内山脉也呈南北走向，地形总体表现为北高南低，北纬 26°40′以北为海拔 3000m 左右的山地，主要为侏罗系、白垩系；北纬 26°40′以南至金沙江河谷多数为海拔 1600 ~ 1800m 左右的高原面和山间盆地，上覆昔格达组和第四系冲积、洪积物；北纬 25°40′以北至金沙江河谷，高原面由海拔 2200m 增至 2700m，山顶为寒武系、奥陶系、侏罗系和白垩系。研究区地形还表现为西低东高、盆山相间的格局，其中金沙江北岸攀枝花-龙帚山之间为海拔 1200 ~ 1600m 的山间盆地，上覆昔格达组；龙帚山以东则为海拔 1600 ~ 1800m 的会理盆地，至会东盆地升高到 2000m 左右，主要为白垩系和侏罗系砂岩、粉砂岩和泥岩；金沙江南岸西侧为元谋盆地，海拔在 1200m 左右，其东侧为海拔 2000m 左右的中高山，再向东增至 3000m 左右的三台山，并以三台山为分水岭，西侧水系入勐果河，东侧水系入掌鸠河（图 2）。

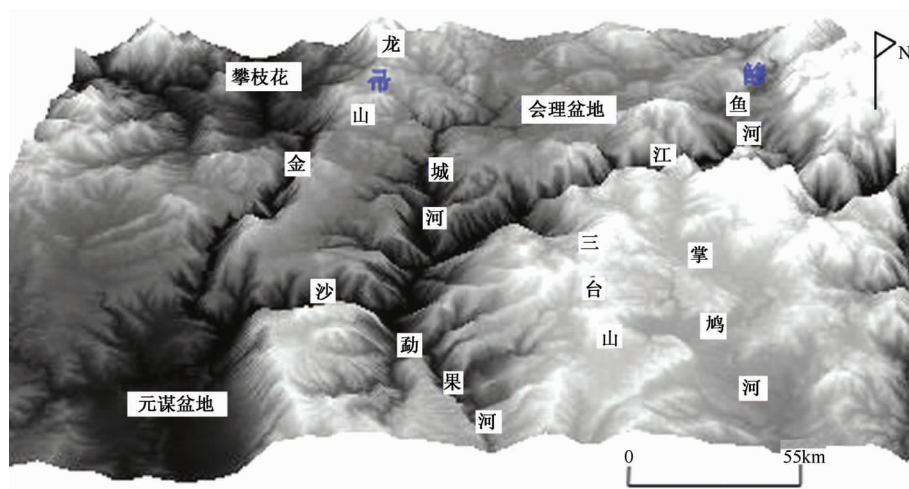


图 2 金沙江雅砻江河口-金坪子数字高程模型图

Fig. 2 The DEM along the Estuary of Yalong River - Jinpingzi reach of Jinsha River

2 研究方法

本文主要采用地貌学和沉积学的研究方法, 利用 1:1 万的河谷地形图分析河谷地貌特征, 同时也用美国 SRTM 计划获得的分辨率为 90m 的数字高程模型 (DEM); 岸坡的破碎度主要依据上述 DEM、1:20 万地形图和 1:1 万地形图综合分析获得; 河流阶地为实地调查, 阶地面高程由全球卫星定位系统 (GPS) 测定, 最高精度为 2.5m; 高阶地沉积物主要采用电子自旋共振 (ESR) 测年, 由国土资源部青岛海洋地质研究所实验室测试; 阶地的属性, 即是金沙江阶地, 还是古水系的阶地, 主要依据沉积物的重矿物组合判断。

3 金沙江雅砻江河口-金坪子段河谷地貌特征

金沙江雅砻江河口-金坪子河段按流向、构造和河谷地貌分为三段: ①雅砻江河口-龙街河段, 自北向南流, 大体和磨盘山-绿汁江断裂平行, 总长约 80km; ②龙街-罗能河段, 自西向东流, 穿越元谋盆地及东侧中高山地, 在白马口折向东北, 总长约 35km; ③罗能-金坪子河段, 自西南向东北流, 横越汤朗-易门断裂、会东-皎西断裂和德干断裂, 总长约 45km (图 1)。

3.1 雅砻江河口-龙街河段

雅砻江河口-龙街河段细分为两段: ①攀枝花附近雅砻江河口-拖资段, 流向为北北西至南南东, 总长 25km; ②拖资-龙街河段, 河谷在平地附近发生明显的转折, 但是上下两段都呈近南北流向, 总长 55km。

3.1.1 雅砻江河口-拖资段

该河段位于雅砻江河口到磨盘山断裂和金沙江交汇处的拖资之间, 流向由北西西转为北北西, 在拖资又转为北西西, 河流整体呈“Z”字型。河谷两侧地层发育略有差别, 西侧谷坡出露的地层主要为昔格达组和三叠系粉砂岩, 以及不同时代的火山岩, 东侧谷坡的地层主

要是昔格达组、震旦系白云岩和下元古界灰岩、白云岩,以及不同时代的火山岩,同时昔格达组分布的平坦地区分布有第四纪洪冲积物(图1)。

河谷在攀枝花-龙帚山之间的海拔1600m以下的单斜山之间,单斜山走向与河谷成直交或斜交,单斜山和河流直交处,岸坡呈喇叭状,在单斜山的背面,则发育大量的冲沟,河谷中多边滩和冲出锥;单斜山和河流相斜交时,岸坡呈凹线型,约在海拔1300m处为转折点,其中海拔2115~1850m和海拔1800~1600m为两段较陡的岸坡。河谷横剖面具有不对称性,但是仍可见三级平台和较陡的岸坡,河谷右岸山顶面海拔2115m,为侵蚀残留的高原面;第三级平台海拔1800~1850m;第二级平台海拔1600m,为昔格达组堆积的上限,此高程以下岸坡多发育冲沟;第一级平台海拔1300m,自此以下岸坡较为和缓,并发育六级阶地,以及一些边滩和心滩(图3、图4-I、II)。

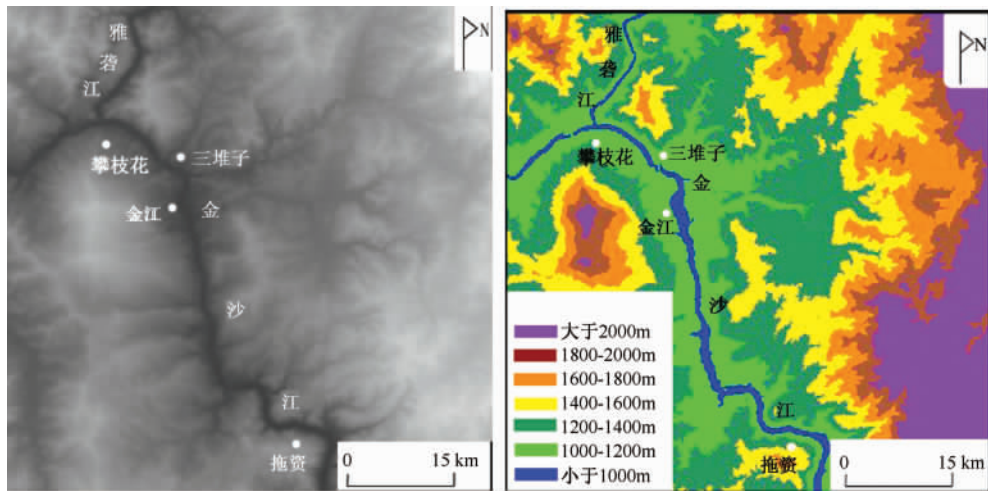


图3 金沙江雅砻江河口-拖资段数字高程模型图

Fig. 3 The DEM along the Estuary of Yalong River - Tuozi reach of Jinsha River

该河段河谷开阔,江面海拔980m,宽约200m;海拔1200m的岸坡平台最宽约15km,平均宽约10km;海拔1400m的岸坡平台最宽约30km;平均宽约20km。该河段小支流比较发育,岸坡破碎度比较高,其中两岸有八、九条支流发育,大型的支流均呈树枝状结构,少数达到四级支流。支流溯源侵蚀的高程均在海拔1600m以下,而岸坡冲沟多发育在海拔1400m以下,这说明海拔2115~1600m的岸坡发育时期,河谷下切较快或河道经常迁移使岸坡来不及发育冲沟。根据上下游对比研究,我们认为古金沙江在海拔1600m时发育在昔格达组之上,河床经常摆动,而使得岸坡不能发育冲沟;而海拔1400m以下岸坡冲沟的特征则说明河谷下切至1400m以下时,河谷存在一个长期相对稳定的时期。

该河段共发育六级阶地,主要为基座阶地,基座为昔格达组和火山岩。第六级阶地位于攀枝花公园山顶部的昔格达组之上,分布高程海拔约1239m,砾石散布,成分为砂岩、石英砂岩、花岗闪长岩等,砾径2~6cm,个别达到10cm左右,砾石磨圆以圆、次圆状为主,风化严重,直径10cm砂岩砾石基本风化彻底;阶地下伏为昔格达组灰白色河湖相沉积,并不整合于花岗岩之上;花岗岩上部有厚约1m的红色风化壳,显示了区域风化夷平作用。第五级阶地主要集中在金沙火车站附近,阶地顶面海拔约1111m,为基座阶地,主要有砾石层组成;砾石层厚2m,砾石成分砂岩、石英砂岩、花岗岩,砾径为2~10cm,以5cm的为主,

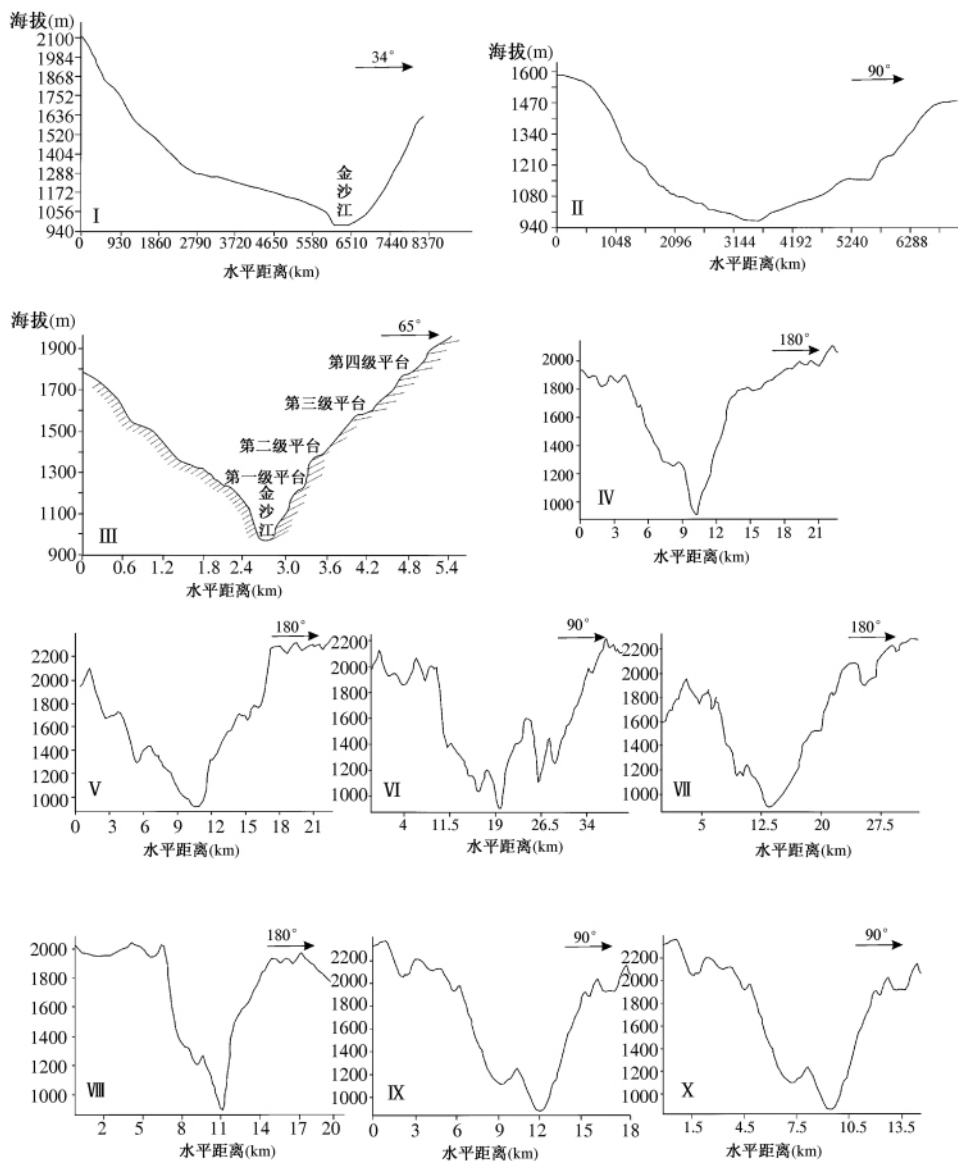


图 4 金沙江雅砻江河口-金坪子段不同河谷剖面形态

Fig. 4 The section character of different reach of Jinsha River

砾石磨圆度为圆-次圆, 阶地重矿物组合为磁铁矿-赤褐铁矿-绿帘石-石榴子石-钛铁矿, 砾石间的细砂有粘化现象; 下伏花岗岩红色风化壳, 质地粘重。第四级阶地顶面海拔约 1102m, 为基座阶地, 由砾石层和砂层组成, 砾石层厚 5m, 砂层 2m, 砂层风化为红色, 并有粘化现象, 砾石以砂岩为主, 少量火成岩, 砾石直径 2~10cm, 以 4cm 左右的为主, 磨圆度为圆-次圆, 阶地重矿物组合为赤褐铁矿-磁铁矿-绿帘石-钛铁矿-锆石; 砾石层下伏红色花岗岩风化壳, 质地粘重。第三级阶地砾石层顶面海拔约 1088m, 为基座阶地, 由砾石层和粉砂层组成, 砾石层厚约 10m, 粉砂层 0.2m, 粉砂层已粘化, 呈红色; 砾石上部成分主要为砂岩、少量花岗岩, 砾径为 2~10cm, 以 5~10cm 为主, 极圆; 砾石层下部成分主要为花岗岩, 砾径为 10~20cm; 阶地重矿物组合为磁铁矿-赤褐铁矿-绿帘石-锆石-钛铁矿。第二级阶地砾石

层底部海拔约 1041m, 为基座阶地, 由砾石层和砂层组成, 砾石层厚约 15m, 砂层厚约 5m, 砾石成分主要花岗岩, 含有砂岩、粉砂岩等, 粉砂岩风化圈厚 10cm, 砂岩风化较弱; 阶地重矿物组合为石榴子石-磁铁矿-绿帘石-赤褐铁矿-钛铁矿; 砾石成层分布, 似有一定的分选, 底部砾石平均砾径为 20cm, 呈水平状分布, 中部砾石砾径多为 10cm, 具有交错层理, 上部砾石, 不具层理, 大小混杂, 砾径为 5~20cm, 似高处阶地的坡积物。第一级阶地面海拔 1035m, 为堆积阶地, 上部为灰色粉砂层, 金江火车站便坐落在这级阶地上。

3.1.2 拖资-龙街段

该河段在拖资循入磨盘山-绿汁江断裂带, 两侧岸坡的岩性也受到断裂的控制, 西侧岸坡在平地以北主要为震旦系白云岩、奥陶系泥灰岩、山顶主要为白垩系砂岩、粉砂岩以及山间盆地的昔格达组和第四系冲洪积物, 平地以南则主要为白垩系砂岩、粉砂岩, 这是由平地附近的断层造成的; 东侧河谷出露的地层主要为南华系灰岩、白云岩, 以及零星出露的三叠系砂岩、粉砂岩 (图 1)。

河谷具有再生深切的特点, 表现为谷中谷的形态特征, 东岸发育四级缓倾平台。山顶海拔 2000m 左右, 为侵蚀的高原面; 第四级平台海拔 1800m 左右, 分布有南华系南沱组冰碛砾岩风化残积, 过去曾被认为是金沙江的第四级阶地^[2]; 第三级平台为基岩平台, 海拔 1600m 左右; 第二、一级平台也为基岩平台, 海拔分别在 1400m 和 1200m; 海拔 1200m 之下为金沙江贯通后深切形成的“V”型河谷, 共发育三级阶地, 以及一些边滩和心滩, 江面高程海拔 960m, 江面宽约 300m (图 4-III)。

该河段河谷束窄, 江面高程约 960m, 宽约 200m; 海拔 1400m 的岸坡平均宽仅有 4km。岸坡具有明显的陡坎, 岸坡比较完整, 侵蚀三角面发育较低, 冲沟沟谷浅、流程短, 冲沟沟头主要集中在海拔 1600m 和 1400m, 同时海拔 1400m 和 1200m 又有台地发育 (图 5)。这些共同说明河道一直比较稳定, 较少发生迁移。

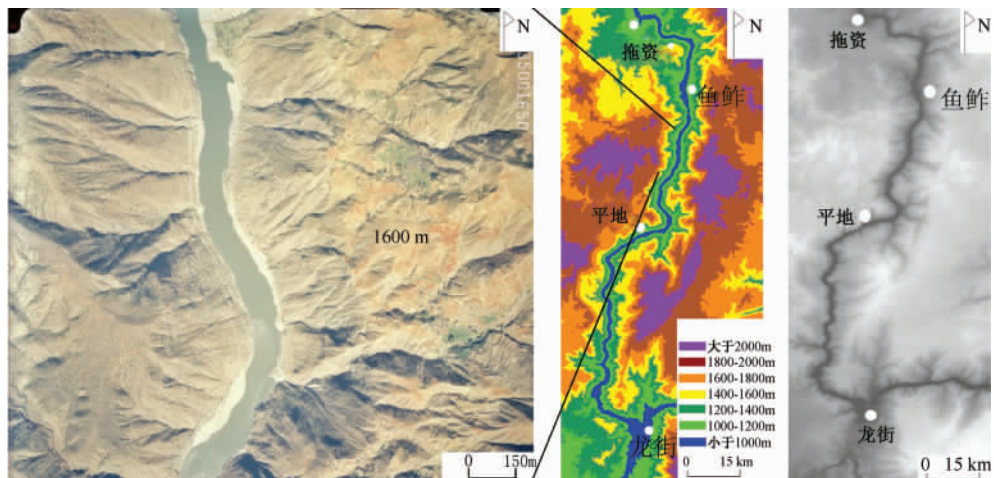


图 5 金沙江拖资-龙街段河谷数字高程模型图及部分河段航空影像图

Fig. 5 The DEM and aerial images along Tuozi-Longjie reach of Jinsha River

3.2 龙街-罗能河段

该河段穿过磨盘山-绿汁江断裂带, 进入元谋盆地东侧的中高山地, 在白马口折向东北。河谷两岸主要为侏罗系、白垩系砂岩、粉砂岩和泥岩, 断裂发育较少, 基本没有火山岩分

布。该河段的支流主要有右岸的龙川江、勐果河汇入，左岸的城河，以及多条小支流，这些支流和金沙江多呈直交，只有城河和金沙江相逆交（图 1）。龙川江发育在海拔 1100m 的元谋盆地，城河发育在海拔 1600 ~ 1800m 的会理盆地，小支流发育，岸坡破碎。

该河段河谷深切于海拔 2000m 以下，发育四级阶梯状平台，分别为海拔 1800m、1600 ~ 1700m、1400m 和 1200 ~ 1300m，江面高程为 915m（图 4 ~ IV、V、VI）。该段河谷岸坡沟谷发育深，其相对高差达 400m，显示了该段河谷发育历史较久。

该河段河谷横剖面基本呈“U”字型，海拔 1200m 以下比较开阔，白马口附近达 3km，海拔 2000m 的岸坡仅有 9km。该河段广泛发育有心滩和边滩（图 6），这在金沙江下段比较少见，且河床上有厚层的堆积物，沈玉昌先生调查发现，龙街附近的金沙江河床覆盖层厚达 60 余米，主要为钙质粉砂和亚粘土沉积物^[2]。龙街上下的金沙江河谷中，有厚约 40m 左右的龙街粉砂层堆积，粉砂层一直延续到白马口附近^[22]。

该河段岸坡发育在海拔 2000m 以下，支流和冲沟非常发育，破碎度高；大型的冲沟已溯源侵蚀到海拔 2000m 以上，且冲沟岸坡上又发育小型冲沟；一些中小型冲沟主要发育在海拔 1600m 以下，海拔 1300m 以下发育侵蚀三角面（图 6）；大型冲沟的形成则可能是古城河岸坡的冲沟和金沙江岸坡的冲沟相叠加而形成的，海拔 1600m 以下的冲沟则是金沙江贯通后形成的，河谷下段侵蚀三角面的发育则是金沙江快速深切和相对稳定过程共同作用形成的。

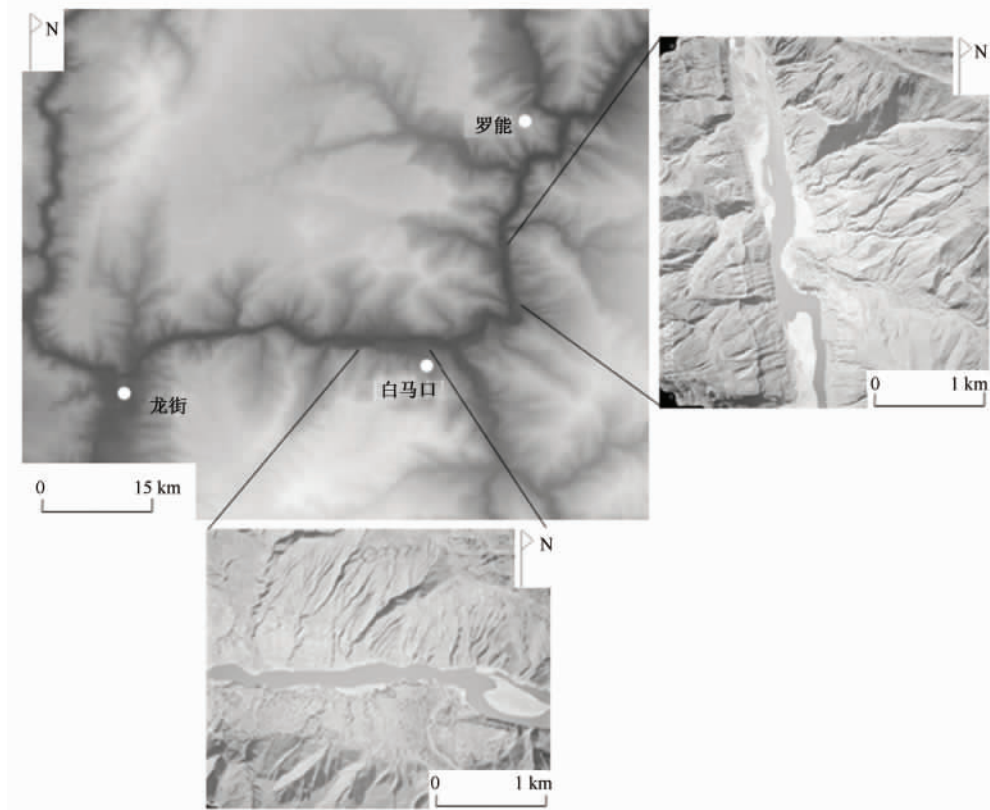


图 6 金沙江龙街-罗能段河谷的数字高程模型及部分河段航空影像图

Fig. 6 The DEM and aerial images along Longjie-Luonong reach of Jinsha River

3.3 罗能-金坪子河段

该河段自罗能至陆车林为西南-东北流向,而陆车林至金坪子则形成“几”字型弯曲(图1)。根据河流地质地貌,及河谷地貌特征,又可将该河谷分为:罗能-汤朗河段和汤朗-金坪子河段。

3.3.1 罗能-汤朗河段

罗能-汤朗河段两岸主要为白垩系、侏罗系的砂岩、粉砂岩和泥岩,构造断裂也较少发育。两岸发育仅有几条较小的支流,均于金沙江呈直交(图7),支流溯源侵蚀到海拔1900m,在支流上又有小沟谷的发育,使得岸坡比较破碎。该段河谷相对比较开阔,边滩、心滩广泛发育;岸坡也可以划分出四级平台,分别为1900m、1500m、1400m和1200m(图4~VII)。无论从河流的地质地貌,还是河谷岸坡的结构特征,以及岸坡的发育程度,都说明该河段具有较长的演化历史,因此我们认为该段曾为古城河的一条支流,后被金沙江袭夺而成为改向河。

3.3.2 汤朗-金坪子河段

汤朗-金坪子河段自汤朗断裂开始,向东北分别穿过汤朗-易门断裂、会东-皎西断裂、德干断裂,以及金沙江断裂,河谷两岸出露的地层,下部主要为震旦系白云岩、灰岩和下元古界白云岩、灰岩,往上至山顶,依次出露寒武系、奥陶系、二叠系、三叠系、侏罗系和白垩系,以及一些不同时期的火山岩(图1)。

河谷两岸发育众多水系,其特点为:①支流发育的海拔高,主要支流均发源于海拔2700m左右的山地;②支流的分支比较高,即支流上又有小支流的发育;③有的二级支流的流向与金沙江相平行。河谷北侧以海拔2700m为分水岭,以南入金沙江,以北入掌鸠河。

该河段在首尾存在两处峡谷,①汤朗易门断裂附近的河谷,海拔1000m的岸坡宽1km,海拔1600m的岸坡宽约4km,海拔1800m的岸坡也仅有6km;②凹嘎和金坪子之间的乌东德峡谷,海拔1000m的水平面在此产生中断,这是由于DEM的分辨率较低造成的,同时也说明了此处为峡谷河段(图7)。

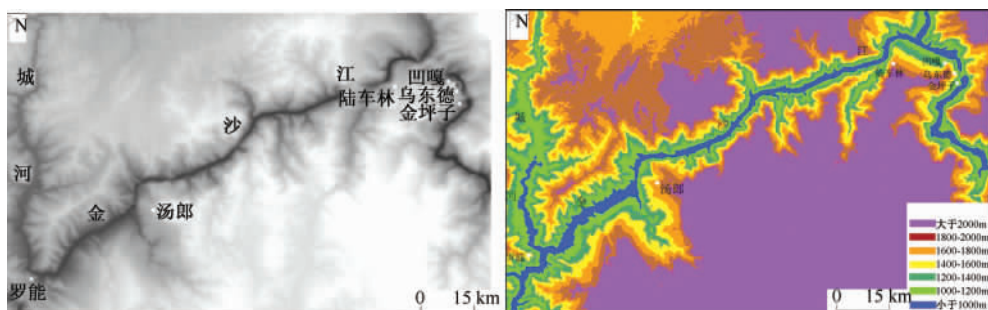


图7 罗能-金坪子段河谷数字高程模型

Fig. 7 The DEM along Luoneng-Jingpingzi reach of Jinsha River

该河段岸坡仅存在两级平台,分别为海拔1600m和1200~1300m,岸坡结构相对简化(图4~VIII、IX、X)。岸坡陡崖发育在海拔2000m以下,除有个别支流切穿陡崖外,岸坡冲沟并未将陡崖侵蚀成三角面,其发育程度弱于龙街-罗能、罗能-汤朗河段,但高于拖资-龙街河段。

我们在该河段,尤其是在可能发生袭夺的地貌部位做了比较详细的实地调查,分别在马鹿塘和阿巧等地发现了几次高位河流形成的堆积物(图8)。

阿巧位在金沙江下段乌东德峡谷以下的南北向河段左岸小支流河谷盆地中, 海拔 1525m 左右。阿巧河可能形成于金沙江贯通之前, 它本来是向东流, 经过沙威台子继续东去的。金沙江的贯通, 横截了古阿巧河, 原来阿巧河汇水盆地的来水, 从此直接注入金沙江, 流程只有几公里远了; 与此同时, 金沙江干流的强烈深切, 导致阿巧河发展溯源深切, 而且其裂点循阿巧河不断上溯, 现已达到阿巧盆地的中间部位, 裂点的高程为 1515m。在裂点部位, 有残留的古阶地, 上覆红色粘土和红色松散堆积物, 有铁染夹层, 含有少量砾石, 成分主要为千枚岩, 砾径多在 2cm 左右。现代小河谷底, 布满了岩块砾石。古阶地红色粘土的矿物成分种类较多, 主要有磁铁矿 (28.36%)、赤褐铁矿 (35.45%)、绿帘石 (19.40%), 稳定矿物电气石、锆石和金红石含量较高, 并含有不稳定矿物角闪石和辉石, 本就不是现在的金沙江, 而是另一条其他的大河所形成的堆积物, 其堆积物的电子自旋共振 (ESR) 测年为 791Ka。

禄劝马鹿塘位于掌鸠河与金沙江支流的分水垭口部位, 海拔 2400m 左右, 有砾石堆积充填在灰岩裂隙中, 砾石成分较为复杂, 有砂岩、火成岩、灰岩、石英砂岩等, 砾径为 1~5cm 左右, 个别砾石达到 10cm 左右。10cm 的砾石已经完全风化, 细碎屑已成红色粘土状, 砾石磨圆极好, 呈圆-次圆、极圆状。堆积物矿物成分种类比较多, 主要有磁铁矿、赤褐铁矿、绿帘石, 且稳定矿物金红石、电气石和锆石含量较高等, 其电子自旋共振年龄为 111.6 万年。

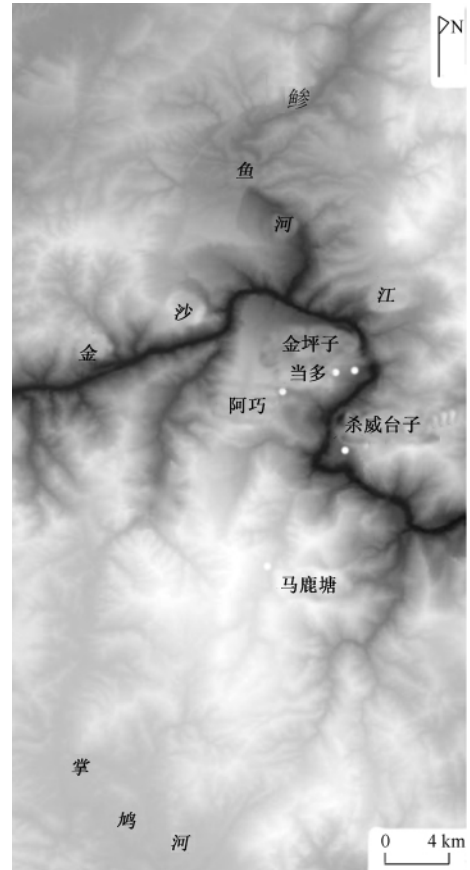


图 8 金坪子附近数字高程模型

Fig. 8 The DEM of vicinity in Jinpingzi

4 金沙江雅砻江河口-金坪子段河谷发育过程

根据金沙江雅砻江河口-金坪子的河谷地貌特征, 以及区域地貌、地层的对比分析研究, 金沙江雅砻江河口-金坪子河段的发育过程分为 4 个阶段: 高原面河流发育时期、高原湖泊和盆地形成时期、古雅砻江和古金沙江时期和金沙江贯通东流时期 (图 9)。

4.1 高原面河流发育时期 (7~4.2Ma)

崔之久^[23]认为青藏高原主夷平面发育在 19~7 Ma, 云南高原灰岩红土风化壳为新近纪夷平面被抬升后土壤水文条件改变后形成的^[24~25]; 昔格达组与攀西红土不整合接触, 其下限年代为自北向南由 4.2^[26]减到 3.40~3.30Ma^[27], 因此 7~4.2 Ma 云南高原和攀西高原的高原面分解, 区域内发育一些古河流。

马鹿塘附近的阶地和灰岩红土风化壳呈不整合接触, 古鳊鱼河开始发育形成, 越过金沙江进入古掌鸠河, 汇入到昆明盆地。昆明盆地中新近系与第四系厚 600m 左右^[28]。元谋盆地

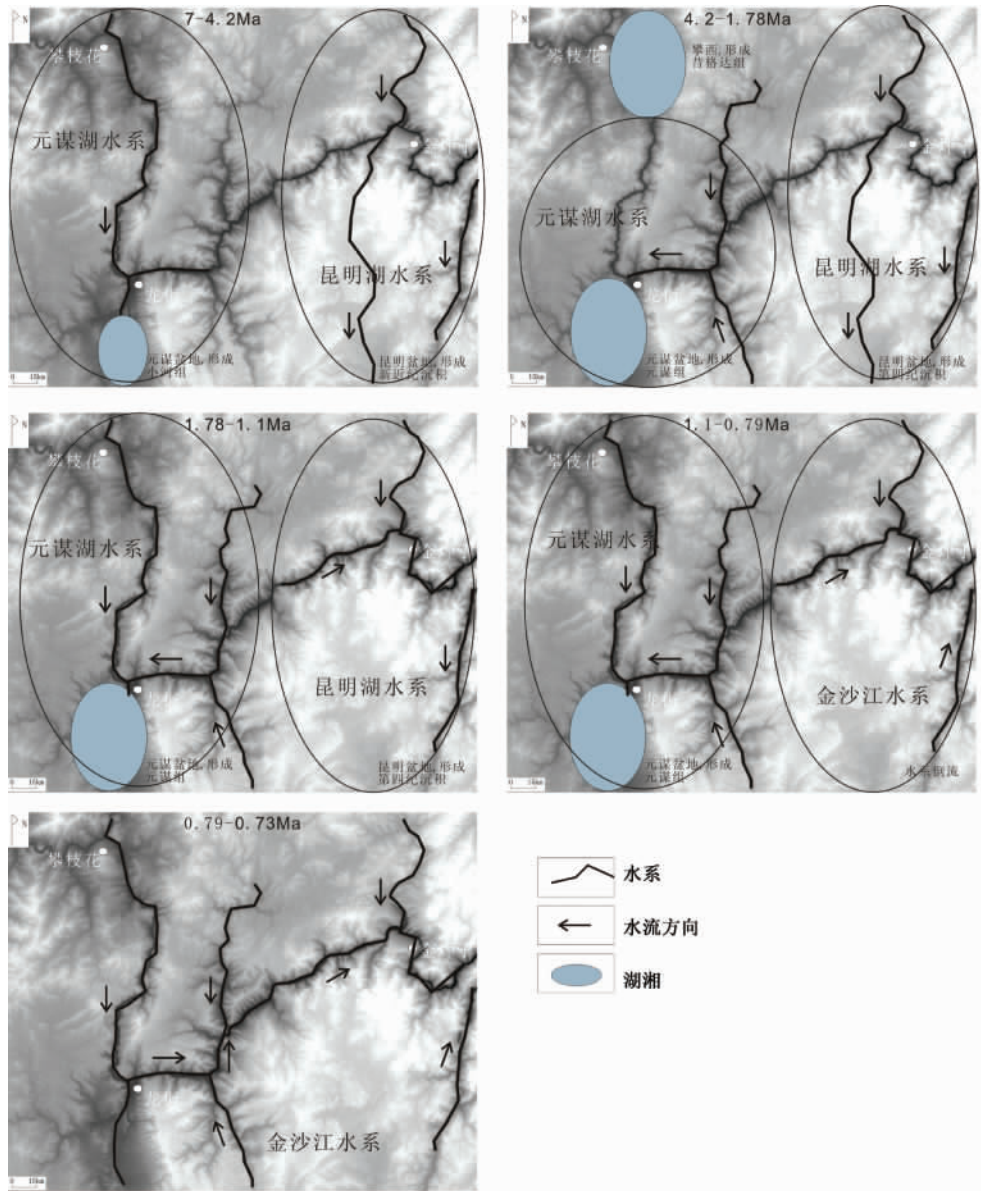


图9 金沙江雅砻江河口-金坪子段水系演变过程

Fig. 9 Drainage evolution of the Yalong River - Jinpingzi reach of Jinsha River

则形成龙川组，攀枝花地区河流深切于海拔 2000m 的夷平面，形成 1800 ~ 2000m 和 1600 ~ 1800m 的两级陡坎，并形成昔格达组下伏的卵石层。

4.2 高原湖泊和盆地发育时期 (4.2 ~ 1.1 Ma)

昔格达组和元谋组各为一套河湖相沉积，以中细砂、粉砂、粉砂质黏土、黏土互层为主，说明此时攀西和云南高原为河流和湖泊发育期。攀枝花地区昔格达组堆积结束的年代，自北部泸定向南部攀枝花由 2.60 至 1.78 Ma [29-30]。元谋组堆积结束的年代存在一定的争议，一种观点认为是 1.30 Ma [31-32]，另一种观点认为是 0.73 Ma [33]。早更新世晚期，云南高原的下更新统普遍发生褶皱，这次运动称为元谋运动 [34]。0.79Ma 时，金沙江在阿巧袭夺

古鲡鱼河, 因此我们赞同元谋组堆积结束的年代为 0.73 Ma。

昔格达组堆积的顶高为海拔 1600m, 而会理、会东盆地发育的高程也在 1600m 以上, 因此我们认为海拔 1600m 为湖泊和盆地发育的时期。此时, 会理、会东盆地可能已经形成古城河, 而元谋盆地又处在相对较低的位置, 古城河可能流入元谋盆地。古雅砻江在拖资附近穿过海拔 1600m 的单斜山时, 形成开口向上的喇叭型河谷, 结合附近河谷地貌特征, 我们认为此时攀西地区的湖泊和元谋的湖泊可能不相连。金沙江永善-宜宾段约在 1.2Ma 贯通^[14], 古鲡鱼河在 1.1Ma 改道东流, 并未贯通为金沙江, 仍可能经普渡河入昆明盆地。

4.3 古金沙江和古雅砻江发育时期 (1.1 ~ 0.73 Ma)

昔格达组堆积至海拔 1600m 时, 湖水越过龙帚山北端海拔 1600m 的单斜山, 湖水南泻进入元谋盆地, 形成古雅砻江, 古城河也汇入元谋盆地。元谋湖泊则成为古雅砻江和古城河的侵蚀基准, 并使两条古河流均侵蚀形成海拔 1400 ~ 1600m 的陡坎。0.79Ma, 古鲡鱼河贯通为古金沙江, 并强烈下切, 阿巧盆地内的河流相沉积结束。此时古金沙江不断的向古城河方向溯源侵蚀, 金沙江罗能-金坪子河段海拔 1400m 均没有发育平台, 因此我们认为此时古鲡鱼河已经贯通为古金沙江。

根据河谷地貌特征, 我们认为古金沙江在汤朗附近袭夺古城河, 古城河下段倒流, 并溯源侵蚀, 使古雅砻江成为金沙江的一段, 元谋组沉积结束, 此段时间为 0.73 Ma。

4.4 金沙江贯通东流 (0.73 Ma 以来)

金沙江贯通东流后, 雅砻江河口-汤朗段经历了一个快速下切的阶段, 并在海拔 1200 ~ 1400m 的岸坡形成陡坎。之后, 河谷发育进入到一个相对稳定的时期, 并在海拔 1200m 的岸坡形成侵蚀平台。

中更新世晚期以来, 金沙江各段普遍发育阶地, 以及岸坡崩坡积物堵江等复杂的地貌过程。

5 结论

通过对金沙江雅砻江河口-金坪子段的地貌、沉积和年代学的研究, 以及区域地貌和新生代沉积, 初步认为该区域河流发育经历了四个阶段: 高原面河流发育时期 (7 ~ 4.2Ma)、高原湖泊和盆地形成时期 (4.2 ~ 1.1 Ma)、古雅砻江和古金沙江时期 (1.1 ~ 0.73 Ma) 和金沙江贯通东流时期 (0.73 Ma 至今)。

7 ~ 4.2 Ma 云南高原灰岩红土风化壳隆升, 云南高原和攀西高原的高原面分解, 区域内发育一些古河流。古鲡鱼河开始发育形成, 可能越过金沙江进入古掌鸠河, 汇入到昆明盆地。攀枝花地区河流深切于海拔 2000m 的夷平面, 形成 1800 ~ 2000m 和 1600 ~ 1800m 的两级陡坎, 并形成昔格达组下伏的卵石层。

攀枝花地区昔格达组堆积结束的年代, 自北部泸定向南部攀枝花由 2.60 延至 1.78 Ma。元谋组堆积结束的年代为 0.79 Ma。

昔格达组堆积高程, 会理、会东盆地发育的高程均在 1600m, 为湖泊和盆地发育的时期。此时, 古城河形成于会理、会东盆地, 可能流入元谋盆地。攀西地区的湖泊和元谋的湖泊可能不相连。金沙江永善-宜宾段约在 1.3Ma 贯通, 古鲡鱼河在 1.1Ma 改道东流, 并未贯通为金沙江, 仍可能经普渡河入昆明盆地。

昔格达组堆积, 古雅砻江形成, 汇入元谋盆地; 古城河也汇入元谋盆地; 元谋湖泊则成

为古雅砻江和古城河的侵蚀基准,并使两条古河流均侵蚀形成海拔 1400~1600m 的陡坎。0.79 Ma,古鲮鱼河贯通为古金沙江,并强烈下切。向古城河方向溯源侵蚀。古金沙江在汤朗附近袭夺古城河,古城河下段倒流,并溯源侵蚀,使古雅砻江成为金沙江的一段,元谋组沉积结束,此时间为 0.73 Ma。

致谢:感谢三峡勘测研究院李会中教授级高工在野外提供的帮助;在野外,任雪梅、徐永辉、周彬和陈可峰等同志协助采样;在成文过程中,南京大学王富葆教授、韩志勇副教授、姜洪涛副教授和中国科学院南京地理与湖泊研究所吴瑞金研究员提供帮助;最后成文中,天津地质矿产研究所孙晓明教授级高工提供帮助;特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 任美镔,包浩生,韩同春,等. 云南西北部金沙江河谷地貌与河流袭夺问题 [J]. 地理学报, 1956, 25 (2): 135~155.
Ren Mei-e, Bao Hao-sheng, Han Tong-chun *et al.* Geomorphology of the Jinshajiang River valley and its river capture in Northwestern Yunnan [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1956, 25 (2): 135~155.
- [2] 沈玉昌. 长江上游河谷地貌 [M]. 北京: 科学出版社, 1965, 1~200.
Shen Yu-chang. Valley Geomorphology in Upper Reaches of Yangtze River [M]. Beijing: Science Press, 1965. 1~200.
- [3] 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): 87~108.
Shen Yu-chang, Yang Yi-chou. New research on the problem of river capture of Ching-Sha-Chiang (the upper Yangtze), Western Yunnan [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1963, 29 (2): 87~108.
- [4] 许仲路, 李行键. 滇西北丽江鸿文村-剑川甸南纵谷成因与金沙江袭夺问题之探讨 [J]. 地理学报, 1982, 37 (3): 325~333.
Xu Zhong-lu, Li Xing-jian. On the origin of longitudinal valley between Hongwen village and Diannan village, NW Yunnan, and the discussion on the river capture of the Jinshajiang [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1982, 37 (3): 325~333.
- [5] 何浩生, 何科昭, 朱祥民, 等. 滇西北金沙江河流袭夺的研究 [J]. 现代地质, 1989, 3 (2): 319~330.
He Hao-sheng, He Ke-zhao, Zhu Xiang-min *et al.* Study on the piracy of the Jinshajiang River [J]. *Modern Geology*, 1989, 3 (2): 319~330.
- [6] 程捷. 金沙江奔子栏-金江街段发育史研究 [J]. 华东地质学院学报, 1994, 17 (3): 234~241.
Cheng Jie. Discussion on the evolutionary history of Jinsha River from Benzilan to Jinjiangjie in Northwestern Yunnan [J]. *Journal of East China Geological Institute*, 1994, 17 (3): 234~241.
- [7] 曾普胜. 滇西北地区岩浆活动与长江第一弯形成的关系 [J]. 地理学报, 2002, 57 (3): 310~316.
Zeng Pu-sheng. Relationship between the formation of the first bent of Changjiang River and the magmatic activity in Laojunshan district [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57 (3): 310~316.
- [8] 陈富斌, 赵永涛. 攀西地区新构造 [M]. 四川成都: 四川科学技术出版社, 1989, 2~14.
Chen Fu-bin, Zhao Yong-tao. The Neotectonics in Panzhihua-Xichang Region of China [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 1989, 2~14.
- [9] 吴锡浩. 青藏高原东南部地貌边界与金沙江水系发育 [J]. 山地研究, 1989, 7 (2): 75~84.
Wu Xi-hao. On morphologic boundary of the southeastern Qinghai-Xizang Plateau and development of Jinsha River System [J]. *Mountain Research*, 1989, 7 (2): 75~84.
- [10] 杨达源, 李徐生. 金沙江东流的研究 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2001, 37 (3): 317~323.
Yang Da-yuan, Li Xu-sheng. Study on the flowing eastward of the Jinshajiang River [J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2001, 37 (3): 317~323.
- [11] 李郎平, 杨达源, 黄典, 等. 金沙江巧家-新市镇河段的水系变迁 [J]. 第四纪研究, 2009, 29 (2): 327~333.
Li Lang-ping, Yang Da-yuan, Huang Dian, *et al.* Drainage evolution of Qiaojia-Xinshizhen Section of Jinsha River [J].

- Quaternary Sciences, 2009, 29 (2): 327 ~ 333.
- [12] 张叶春, 李吉均等. 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 ~ 49.
Zhang Ye-chun, Li Ji-jun, Zhu Jun-jie et al. Studies on development of Jingshajiang River during Late Cenozoic [J]. Yunnan Geographical Environment Research, 1998, 10 (2): 43 ~ 49.
- [13] Clark M K, Schoenbohm L M, Royden L H, et al. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns [J]. Tectonics, 2004, 23: 1 ~ 20.
- [14] 胥勤勉, 杨达源, 葛兆帅, 等. 金沙江三堆子乌东德河段阶地研究 [J]. 地理科学, 2006, 26 (5): 609 ~ 615.
Xu Qin-mian, Yang Da-yuan, Ge Zhao-shuai, et al. Terraces along Sanduizi-Wudongde reach of Jinsha River [J]. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26 (5): 609 ~ 615.
- [15] 蒋复初, 吴锡浩, 王书兵, 等. 金沙江巧家段河谷黄土状堆积的时代问题 [J]. 地质力学学报, 1999, 5 (4): 35 ~ 40.
Jiang Fu-chu, Wu Xi-hao, Wang Shu-bing, et al. On the age of Loessal sediment around Qiaojia in the Jinshjiang River Valley [J]. Journal of Geomechanics, 1999, 5 (4): 35 ~ 40.
- [16] 杨达源等. 长江地貌过程 [M]. 北京: 地质出版社, 2006, 12 ~ 37.
Yang Da-yuan, et al. Geomorphic Process of Yangtze River [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006, 12 ~ 37.
- [17] 杨达源, 韩志勇, 葛兆帅, 等. 金沙江石鼓-宜宾河段的贯通与深切地貌过程的研究 [J]. 第四纪研究, 2008, 28 (4): 564 ~ 568.
Yang Da-yuan, Han Zhi-yong, Ge Zhao-shuai, et al. Geomorphic process of the formation and incision of the section from Shigu to Yibin of the Jinsha River [J]. Quaternary Sciences, 2008, 28 (4): 564 ~ 568.
- [18] 赵希涛, 张永双, 胡道功, 等. 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 [J]. 地质通报, 2006, 25 (12): 1381 ~ 1386.
Zhao Xi-tao, Zhang Yong-shuang, Hu Dao-gong, et al. Discovery of early Pleistocene gravels of the Jinsha River in the Daju basin, Yunnan, China, and its significance [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25 (12): 1381 ~ 1386.
- [19] 赵希涛, 胡道功, 张永双. 四川攀枝花昔格达组下伏砾石层成因和时代探讨与古金沙江河谷发育 [J]. 地球学报, 2008, 29 (1): 1 ~ 12.
Zhao Xi-tao, Hu Dao-gong, Zhang Yong-shuang, et al. Genesis and age of the gravels underlying the Xigeda Formation of Panzhihua, Sichuan, China, and valley development of the ancient Jinsha River [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 29 (1): 1 ~ 12.
- [20] 赵希涛, 郑绵平, 李道明. 云南迪庆小中甸古湖的形成演化及其与石鼓古湖和金沙江河谷发育的关系 [J]. 地质学报, 2007, 81 (12): 1645 ~ 1651.
Zhao Xi-tao, Zhen Mian-ping, Li Dao-ming. Formation and evolution of the ancient "Lake Xiaozhongdian" in Diqing, Yunnan and its relationship with development of the ancient "Lake Shigu" and the modern valley of the Jinsha River [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (12): 1645 ~ 1651.
- [21] 任雪梅, 杨达源, 韩志勇. 长江上游水系变迁的河流阶地证据 [J]. 第四纪研究, 2006, 26 (3): 413 ~ 420.
Ren Xue-mei, Yang Da-yuan, Han Zhi-yong. Terrace evidence of river system change in the upper reaches of Changjiang River [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26 (3): 413 ~ 420.
- [22] 云南省水利电力局设计院. 金沙江龙街电站地区新地质构造的特点及其对水工建筑物影响的初步探讨 [M]. 北京: 水利水电出版社, 1960: 2 ~ 9.
- [23] 崔之久, 高全洲, 刘耕年, 等. 青藏高原夷平面与岩溶时代及其起始高度 [J]. 科学通报, 1996, 41 (15): 1402 ~ 1406.
Cui Zhi-jiu, Gao Quan-zhou, Liu Geng-nian, et al. Planation and the formation age and originate uplift height of the palaeokarst on the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Chinese Science Bulletin, 1996, 41 (15): 1402 ~ 1406.
- [24] 李德文, 崔之久, 刘耕年. 湘贵黔滇藏红色岩溶风化壳的发育模式 [J]. 地理学报, 2002, 57 (3): 293 ~ 300.
Li De-wen, Cui Zhi-jiu, Liu Geng-nian. A development model of red weathering crust on limestones: an example from Hunan, Guangxi, Guizhou, Yunnan and Tibet [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57 (3): 293 ~ 300.
- [25] 李德文, 崔之久. 岩溶夷平面演化与青藏高原隆升 [J]. 第四纪研究, 2004, 24 (1): 58 ~ 66.
Li De-wen, Cui Zhi-jiu. Karst planation surface and the Qinghai-Xizang Plateau uplift [J]. Quaternary Sciences, 2004,

- 24 (1): 58 ~ 66.
- [26] 陈富斌. 再论横断运动 [J]. 火山地质与矿产, 1996, 17 (3-4): 14 ~ 22.
- [27] 王书兵, 乔彦松, 赵志中等. 泸定昔格达组时代认定与环境记录 [J]. 第四纪研究, 2006, 26 (2): 257 ~ 264.
Wang Shu-bing, Qiao Yan-song, Zhao Zhi-zhong, et al. Age and paleoenvironment of Xigeda Formation in Luding, Sichuan [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26 (2): 257 ~ 264.
- [28] 阎庆桐, 白声贵. 昆明盆地的新生界 [A]. 第四纪冰川与第四纪地质论文集 (第五集). 北京: 地质出版社, 1988, 22 ~ 40.
Yan Qing-tong, Bai Sheng-gui. Cenozoic of Kunming Basin. Quaternary Glaciology and Quaternary Geology (5). Beijing: Geological Publishing House, 1988, 22 ~ 40.
- [29] 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.
Qian Fang, Xu Shu-jin, Chen Fu-bin, et al. Study on the paleomagnetism of the Xigeda Formation [J]. Mountain Research, 1984, 2 (4): 275 ~ 282.
- [30] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 泸定昔格达组时代与新构造意义 [J]. 地质学报, 1999, 73 (1): 1 ~ 6.
Jiang Fu-chu, Wu Xi-hao, Xiao Hua-guo, et al. On the age of the Xigeda Formation in Luding, Sichuan and its neotectonic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 73 (1): 1 ~ 6.
- [31] 尹济云, 梁其中, 江能人. 元谋盆地晚新生代古地磁地层年代学及其古生物意义 [J]. 云南地质, 1994, 13 (3): 306 ~ 310.
Yi Ji-yun, Liang Qi-zhong, Jiang Neng-ren. The Late Cenozoic palaeomagnetic chronostratigraphy of Yuanmou Basin and its paleontologic significance [J]. Yunnan Geology, 1994, 13 (3): 306 ~ 310.
- [32] 钱方. 元谋人的时代 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (4): 302 ~ 310.
Qian Fang. On age of Yuanmou Man [J]. Journal of Geomechanics, 2005, 11 (4): 302 ~ 310.
- [33] 张宗祜, 刘平贵, 钱方, 等. 元谋盆地晚新生代地质研究的新进展 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14 (2): 1 ~ 18.
Zhang Zong-hu, Liu Ping-gui, Qian Fang, et al. New development in Research of Late Cenozoic stratigraphy in Yuanmou Basin [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1994, 14 (2): 1 ~ 18.
- [34] 浦庆余, 钱方. 对元谋人化石地层—元谋组的研究 [J]. 地质学报, 1977, 51 (1): 89 ~ 100.
Pu Qing-yu, Qian Fang. Study on the Fossil Human Strata—the Yuanmou Formation [J]. Acta Geologica Sinica, 1977, 51 (1): 89 ~ 100.

RUN-THROUGH ALONG THE ESTUARY OF THE YALONG RIVER-JINGPINGZI REACH OF THE JINSHA RIVER

XU Qin-mian¹, YANG Da-yuan Yang², GE Zhaoshuai

(1. *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170, P R China;*

2. *School of Geographic and Oceanographic Sciences; Nanjing University, Nanjing 210093, P R China;*

3. *School of Urban and Environmental Sciences, Xuzhou Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, P R China)*

Abstract: Based on the study of the fluvial geomorphology along the Jinsha river from the estuary of Yalongjiang to Jinpingzi by using the methods of sedimentology, geomorphology and chronology, combining with the character of geomorphology and the Cenozoic sediment in this region, we suggest that the development of reach can be divided into four stages, i. e., 1) the river developing on the plateau (7-4.2 Ma), 2) the lake and basin developing on plateau (4.2-1.1 Ma), 3) the ancient water system developing (1.1-0.73 Ma), and 4) the eastward flowing of Jinsha river (0.73 Ma).

7-4.2 Ma, the river developed after planation surface discomposed. The two steep slopes of 1800-2000 m and 1600-1800 m had formed after the river incised planation surface of 2000 m, and the pebble layer underlying the Formation depositing had formed. The ancient Shenyu river run through Jinsha river, entered into the ancient Zhangjiu river, and converged into the Dianchi lake.

4.2-1.1 Ma, Xigeda formation, and Huili and Huidong basins developed. the ancient Cheng river probably converged into Yuanmou basin and began to form Yuanmou formation. These ancient lake in Panzihua area and Yuanmou did not link. The ancient Shenyu river divagated and flawed eastward, but not run through.

1.1-0.73 Ma, the ancient Shenyu river run through and formed the Jinsha river. Intensive headward erosion took place toward the ancient Cheng river, so the platform did not form in area of 1400 m along Luonong to Jinpingzi of Jinsha river. The ancient Yalong and Cheng rivers converged into Yuanmou basin.

0.73 Ma, the Jinsha river captured the ancient Cheng and Yalong rivers, and run through this area. The developed of Yuanmou formation finished.

0.73 Ma to now, the bank of 1200-1400 m along Jinsha river had formed steep slop under speedy incising of the river. Terraces has began to form since the late middle Pleistocene.

Key words: Jinsha River; fluvial geomorphology; Cenozoic sediments; run-through; headward erosion