

# 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

赵希涛<sup>1)</sup> 胡道功<sup>2)</sup> 张永双<sup>2)</sup>

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

**摘要** 本文主要描述和讨论了四川省攀枝花市沿金沙江分布、并以炳草岗地龙箐剖面为代表的昔格达组湖相沉积下伏的砾石层的沉积特征及其河流相成因。根据前人对昔格达组湖相沉积的磁性地层学研究结果, 为 4.2/3.28~2.6/2.12/1.78 MaBP 的上新世中、晚期或至早更新世早期, 表明其下伏厚达 50 m 的砾石层的形成时代约为 4.2~4.5/5 MaBP 的上新世早期。早上新世金沙江河流相砾石层在接近金沙江谷底位置的发现, 表明金沙江很早就已经从青藏高原主夷平面下切了 2 000 m 以上, 已在接近其现今谷底的位置上存在。这对于探讨古金沙江河谷发育及其与青藏高原隆升的关系, 具有重要的指示意义。

**关键词** 攀枝花市; 上新世; 河流相; 砾石层; 金沙江河谷发育; 青藏高原隆升

中图分类号: P546; P534.622

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)01-01-12

## Genesis and Age of the Gravels underlying the Xigeda Formation of Panzhihua, Sichuan, China, and Valley Development of the Ancient Jinsha River

ZHAO Xitao<sup>1)</sup> HU Daogong<sup>2)</sup> ZHANG Yongshuang<sup>2)</sup>

1) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

2) Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081

**Abstract** Problems concerning valley development and river capture of the Jinsha River has been studied for one hundred years. Based on lacustrine sediments of the Xigeda Formation and alluvial terrace sediments distributed along the Jinsha River and its tributaries as well as the Dadu River, some researchers proposed that the Jinsha River drainage basin was an inland drainage network formed by a series of fault basins in a period from 3.4 MaB.P. to 2.0 MaB.P. After that, owing to headward erosion of the Yangtze River in Sichuan, an adjustment from the inland drainage system to the external drainage system occurred during 2.0 MaB.P. to 1.54 MaB.P., and then the Jinsha River upstream of Panzhihua City, Sichuan Province was formed after 1.87 MaB.P., and the deposition of Xigeda Formation ended.

There are three types of sediments along the Jinsha River valley in Panzhihua City. One is the alluvial terrace sediments (there are 11 levels of terraces found in the Panzhihua area) consisting mainly of gravels. The second is lacustrine sand, silts and clays of the Xigeda Formation. The third is gravels with interbedded sand layers buried by the Xigeda Formation. This paper described the sedimentary characteristics of the 50 m thick gravels buried by the lacustrine sediments of the Xigeda Formation and discussed their genesis. The gravels are distributed along the Jinsha River valley and are typically seen in the Dilongqing profile of Bingcaogang, Panzhihua. They were previously recognized to be the Early Pleistocene glacial and fluvio-glacial deposits, and the "Jinsha Glaciation" was thus named. The thick gravels with some sand

本文由地质力学研究所基本科研业务费项目(编号 JZLXJK200708)和中国地质调查局国土资源大调查项目“滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价”(批准号 1212010541404)资助。

收稿日期 2007-10-15 改回日期 2007-12-14。责任编辑 魏乐军。

第一作者简介 赵希涛,男,1940年生,研究员,从事地貌与第四纪地质学研究,通讯地址:100029,北京 9825 信箱;电话:010-62008317;E-mail:xitao\_zhao@sina.com。

interbedded layers are characterized by good sorting, very high roundness and complicated lithological components of gravel. According to these characteristics, this paper proposes that the gravels are alluvial sediments, mainly river bed sediments, which were transported by the ancient Jinsha River for a long distance. As dating results of the gravels cannot be obtained now, this paper can only refer to the results of the magneto-stratigraphic research of the Sigeda Formation for their accumulation age. The Sigeda Formation was formed in Middle-Late Pliocene or even Early Pleistocene, from 4.2/3.28 MaB.P. to 2.6/2.12/1.78 MaB.P., so the age of the gravels is inferred to be Early Pliocene, approximately in a period from 4.2 MaB.P. to 4.5/5MaB.P.

The discovery of the Early Pliocene alluvial gravels near the Jinsha River valley bottom shows that the Jinsha River channel was near the modern valley bottom in its very early period. This suggests that the Jinsha River has downcut over 2000m from the main planation surface of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. This paper proposes that if the capture of the Jinsha River did occur, it could not have happened at the deep incising valley stage. Capture remains therefore must be sought on the main planation surface.

**Key words** Panzhihua City; Pliocene; alluvial gravels; valley development of the Jinsha River; uplift of Qinghai-Xizang Plateau

长江发源于青海高原西南部的格拉丹东雪山,自玉树直门达起称金沙江,由北而南转而东,曲折地流经川藏和川滇间横断山脉的高山深谷之中,在四川宜宾与岷江汇合后称川江,穿越四川盆地与三峡后,直泻中国东部平原,最后注入东海。在金沙江长约 3100 km 的流程中,经历了石鼓、涛源(金江街)和江边(龙街)的三次大的转折,其间宽谷、窄谷与峡谷相间,并有若干不同时代的古湖穿插其中。本文所讨论的金沙江四川攀枝花段位于涛源和江边两个转折之间。

20世纪50年代之前,人们主要对长江三峡的起源和平行南流的金沙江与澜沧江、怒江三大河流出海口却相去甚远的奇特的水系格局,特别是石鼓附近的金沙江大拐弯产生了极大的兴趣(Willis, 1907; Deprat, 1912; Lee, 1924; 叶良辅, 谢家荣, 1925; Credner, 1932; 李春昱, 1933; Barbour, 1935; 李承三, 1956; 袁复礼, 1957)。他们大多数人认为,此种奇特弯曲是由于金沙江河流袭夺造成的。只有少数人(李承三, 1956; 袁复礼, 1957)否定金沙江有袭夺问题,而认为是冰川侵蚀作用的产物或用嵌入河曲来解释。然而,由于客观条件的限制,他们大多是从地图上来分析,或仅根据有限的路线观察资料。

自上世纪50年代以来,不少研究者调查和讨论过本河段或邻近河段金沙江河谷发育问题,金沙江河流袭夺问题仍为人们所重视,但对其时代与年龄的研究仍难以令人满意(任美镔等, 1959; 沈玉昌, 杨逸畴, 1963; 沈玉昌, 1965; 第四纪冰川考察队, 1977; 许仲路, 李行健, 1982; 李兴唐等, 1984; 吴锡浩, 1989; 陈富斌, 赵永涛, 1989; 王思敬, 黄鼎臣, 1990; 张叶春等, 1998; 杨达源, 李徐生, 2001; Clark, 2002)。其中,具有代表性的看法是,金沙江所流经地区在3.4~2.0 MaBP间曾经是一个个由断陷盆地所组成的内

流水系,然后以川江溯源侵蚀的方式逐渐使内流水系向外流水系调整,其时间在2.0~1.54 MaBP之间,渡口(攀枝花)以上段则在昔格达组沉积结束的1.78MaBP以后形成(张叶春等, 1998)。

当2005年笔者(赵希涛等, 2006)获得云南大具盆地底部金沙江下渡口西岸分选与磨圆良好、成分复杂的河流相砾石层的电子自旋共振(ESR)年龄为(1.95±0.23)MaBP和(1.77±0.16)MaBP,并理解了这些数据对于金沙江河谷发育和青藏高原隆升的重要意义时,突然联想到1985年在攀枝花考察著名的昔格达组湖相沉积时,曾在数个地点和工地的昔格达组地层之下,发现过同样磨圆良好、成分复杂的砾石层,不知它们现在还能找到否?为此,在2005至2007年间,又4次短期考察攀枝花,并在金沙江沿岸找到了一系列地点昔格达组下伏的河流相砾石层,特别是其典型代表——炳草岗地龙箐剖面。

昔格达组是广泛分布于四川省西南部的金沙江及其支流雅砻江、安宁河和大渡河等河谷中的一套主要由均匀而疏松的亮黄色或土黄色砂与颜色稍深、大体显肉红色的纹层状粘土互层所组成的湖相沉积物,先被常隆庆称为混旦层,时代归于上新世(常隆庆, 1937);后由袁复礼(1958)改为今名,认为其形成于第四纪中晚期。由于昔格达组出露厚度和高程各地不一,地层分布不连续,所含化石稀少,特别是缺乏具有断代意义的哺乳动物化石,迄今除磁性地层研究(钱方等, 1984; 陈富斌, 赵永涛, 1989; 蒋复初等, 1999; 王书兵等, 2006; 姚海涛等, 2007)取得较好成果外,仍缺少有意义的年龄测定结果,故人们对其时代的认识存在很大的分歧。

攀枝花是金沙江中游的一个重要的工矿城市,始建于1965年,由原江边的一个渡口发展而来,故

曾称渡口市。金沙江自西而东横穿该市,在市区东部与其主要支流雅砻江汇合后再转而向南。东西向河段主要表现为窄谷甚至峡谷,南北向河段则为宽谷,但它们的河谷都具有较为宽展的谷肩,其上断续分布着厚层的昔格达组湖相沉积(图 1)。市区以东约 30 km 的红格昔格达村,就是昔格达组的得名地。

攀枝花段金沙江河谷主要由三套沉积物所组

成 ①主要由砾石组成的金沙江多级河流阶地冲积层(第四纪冰川考察队,1977;李兴唐等,1984;陈富斌,赵永涛,1989;王思敬,黄鼎臣,1990),本次调查共发现 11 级阶地;②构成金沙江多级高阶地(第四至第十级)基座的昔格达组湖相砂、粉砂与粘土沉积(图版 I-1)和③昔格达组湖相沉积下伏的夹有砂层的砾石层沉积(图 2)。

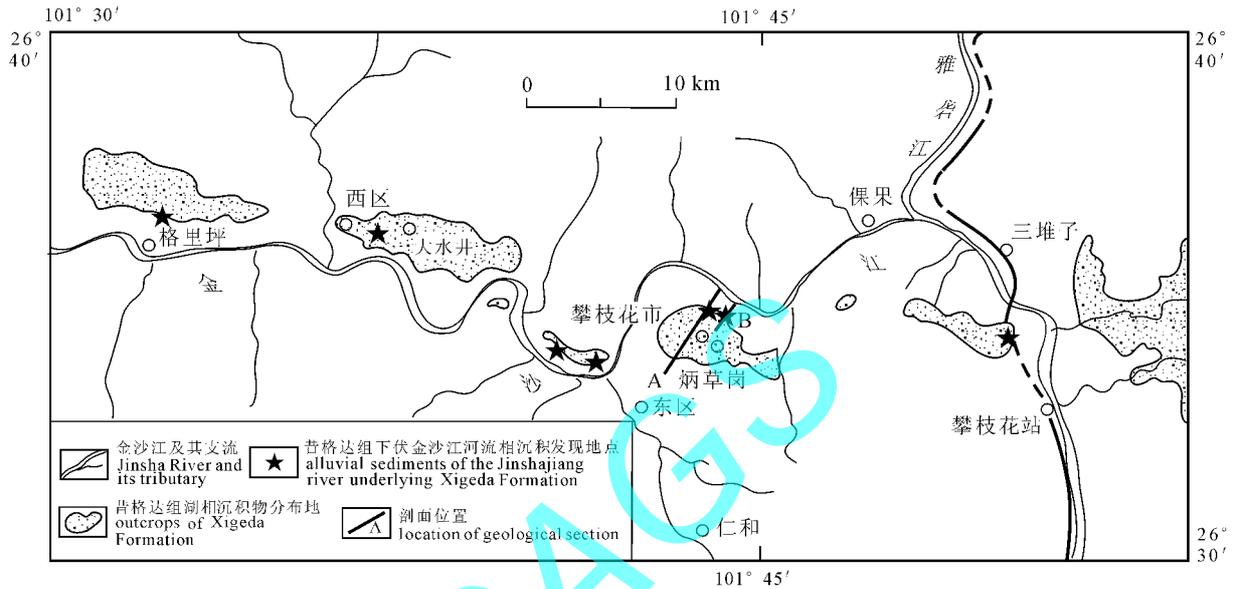


图 1 四川攀枝花上新世金沙江砾石层的发现地点与研究剖面分布图

Fig. 1 Distribution of the discovery sites and study profiles of Pliocene Jinshajiang gravels in Panzhihua, Sichuan Province

A-攀枝花公园-金沙江南岸河谷横剖面; B-炳草岗地龙箐-滨江路昔格达组下伏金沙江河流相沉积剖面

A-profile across the Jinsha R. valley from the Panzhihua Park to the southern bank of the Jinsha River;

B-profile of alluvial sediments buried in Xigeda Formation from Dilongqing to Binjianglu Bincaogang

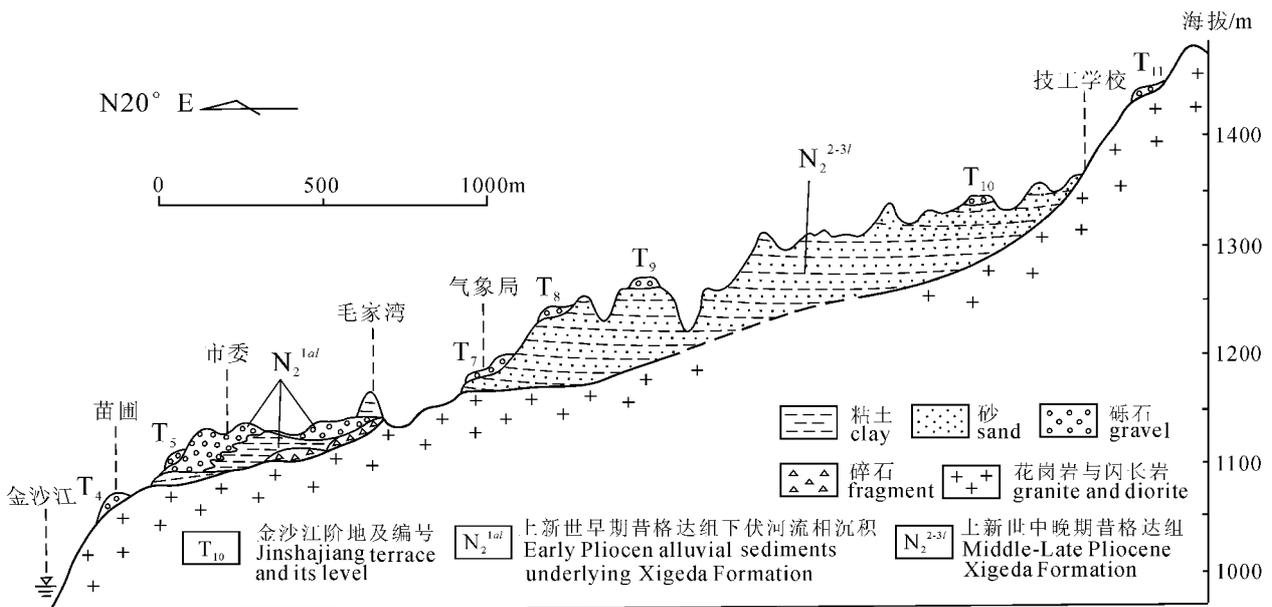


图 2 攀枝花公园-金沙江南岸金沙江河谷横剖面

Fig. 2 Profile across the Jinshajiang valley from the Panzhihua park to the southern bank of the Jinsha River

本文主要描述和讨论以炳草岗地龙箐剖面为代表的昔格达组湖相沉积下伏砾石层的沉积特征及其河流相成因,并根据前人对昔格达组湖相沉积的磁性地层学研究结果来探讨其下伏砾石层的形成时代,进而指出其对古金沙江河谷发育和青藏高原隆升的指示意义。

## 1 昔格达组下伏砾石层的河流相成因及其主要代表——炳草岗地龙箐剖面

### 1.1 昔格达组下伏砾石层及其特征

昔格达组下伏的河流相沉积层实际上是第四纪冰川考察队(1977)最先看到的,不过因观点问题,他们将之作为早更新世的冰碛与冰水沉积看待,并为此而划分出一个“金沙冰期”。其中,所涉及的“冰碛”与“冰水沉积”地点自西而东分别有:西部支沟口(“冰碛”与“冰水沉积”二者)、莲花池附近(冰水)、仁河沟口对岸的滥泥田附近(二者)、钟家垭口公路剖面(二者)及小鲊石剖面(冰水)。随后,陈富斌与赵永涛(1989)在研究攀西地区的新构造时,也注意到这套沉积物,但否定其“冰碛”成因而认为是河流相沉积,并将其划归于昔格达组底部。王思敬和黄鼎成(1990)<sup>①</sup>简单地描述了这套沉积物的基本特征并称其为“昔格达底砾层( $Q_1P_y$ )”,但未明确其成因。遗憾的是,这些研究都未能进一步思考这些砾石层与金沙江古水系的关系问题。

由于攀枝花市自建立以来40多年的巨大发展,已由深山僻壤变成为繁荣的中型工矿城市,不少地名与剖面已经消失或已难寻觅,如西部支沟口和钟家垭口公路剖面就未找到。1985年笔者在市委大楼下坡处建筑工地观察到的剖面 and 乌龟箐剖面也未能找到。而小鲊石剖面则是从老地形图上查到的,现称造船厂,又正成为攀田高速公路及其过江大桥的建筑工地。但也发现了新的地点与剖面,如格里坪和炳草岗地龙箐以北的几条小沟两侧。兹将昔格达组下伏的河流相沉积层出露地点表示于图1,包含1985年市委大楼下坡处建筑工地剖面的攀枝花公园剖面表示于图2。兹将几个“冰碛”与“冰水沉积”地点前人的记录和新近所观察到的砂砾石沉积物主要特征记述如下。

格里坪剖面昔格达组下伏的砾石层发现于格里坪大街通向金沙江漂流培训基地金沙滩道路岔口街北一商店后院,为受到人工明显改造的阶地陡坎。

伏于昔格达组之下的砾石层仅出露不到1 m(图版I-2),但据当地居民介绍,打井9 m尚未见到该砾石层的底。该砾石层之砾石分选与磨圆均很好,砾石大小绝大多数集中于1~5 cm之间,个别可达10 cm,磨圆度几乎个个可达3~4级,岩性成分相当复杂,以砂岩、花岗岩和石英岩为主(表1),显然系金沙江的河流相堆积。

荷池附近的“冰水沉积”荷池老地形图称莲花池,在5路公共汽车站路北牌旁人工陡壁剖面上可以看到分选与磨圆均很好、厚约2 m的砾石层伏于昔格达组之下,向西可见花岗岩基岩及大的磨圆砾石,昔格达组之上又有阶地砾石层覆盖。因系陡壁且下部已衬砌而无法仔细观察,故在此引用第四纪冰川考察队(1977)资料:“莲花池附近,没有见底的冰水砂砾层暴露于公路剖面,上覆昔格达组。基岩斜坡上覆以黄褐色砾石层,向上与含砂砾层透镜体构成巨型斜交层理。岩性成分复杂,以石英岩为主,次为花岗岩、闪长岩和砂页岩(表1),分选较好,磨圆度3~4级,砾径多为5~10 cm,偶有30~50 cm或稍大的砾石零星散布。”

仁河沟口对岸的“冰碛与冰水沉积”仁河沟口对岸伏于昔格达组之下的厚层河流相砾石层至今保存完好,可见厚度逾20 m,但在当地未见到基岩(稍远处为花岗岩)和覆于其上的昔格达组湖相沉积。剖面虽系人工陡壁,因有小路通向建筑于其上的居民小区而可以接近。虽然沉积物的原始状态稍受人工扰动,但其砾石成分与特征并未受到影响,为磨圆良好(大部分为3~4级),成分复杂(以砂岩、花岗岩和玄武岩为主,表1)的河流相砾石层。砾石砾径多为5~10 cm,大者10~40 cm,小者1~5 cm。而第四纪冰川考察队(1977)测称:“宽谷底部的冰碛与冰水沉积保存较好。冰碛物的层次不稳定,纵向与横向上有较大的变化,分选与磨圆度差,压实较高,胶结物类型和成分变化大,局部为钙质胶结。剖面底部冰碛中的砾石大者多,1 m以上直径的漂砾与磨圆较好的石英质砾石(5~10 cm)和棱角状碎屑(0.1~5 cm)杂处。砾石风化程度不一,为花岗岩、闪长岩、石英岩和石英砂岩等(表1)。冰碛层之上为冰水砂砾层,大量棱角状的、成分复杂的碎屑(1~3 cm)与磨圆较好的砾石成层沉积。层中偶见0.5~1 m砾径的漂砾,间夹含砾砂与亚砂土透镜体,砂土中含豆状铁锰结核。”

①注 笔者曾参加部分考察并提供其图3-6和图3-8的原始底图

小鲊石剖面的“冰水沉积”现为巨大工地的小鲊剖面在总体结构上如前人所述,可以清楚地看到典型的以纹层状粘土与砂互层为特征的昔格达组湖相沉积及其上覆的多级由磨圆良好的砾石层组成的金沙江阶地。也可以在市区通向金江(攀枝花)火车站的公路路北工地看到分选与磨圆很好的砾石层与下伏的花岗岩基岩的接触关系,但未直接见到它与昔格达组的接触关系,也无法进行详细观察。前人也仅给出了一个关系清楚的剖面图(第四纪冰川考察队,1977)而无详细描述。

市委大楼下坡处建筑工地剖面昔格达组下伏的砾石层 这是 1985 年 8 月上旬观察到的工地剖面,现已被建筑物覆盖。所见厚达 10~30 m 的砾石层直接与闪长岩基岩接触,底面略有起伏,而与上覆昔格达组湖相沉积间呈整合接触,接触面平坦。砾石层呈红褐色,含数层内有少量小圆砾的红粘土层。砾石风化较强烈,不少已完全腐烂。其分选与磨圆良好,大部分为 3~4 级,个别 2 级,且有一定排列。砾石成分复杂,主要为砂岩、石英岩、花岗岩和闪长岩,另有火山岩和片麻岩等,砾径多为 5~10 cm,大者 15~20 cm,小者 1~5 cm。上述特点与下述炳草岗地龙箐剖面十分相似。

1.2 炳草岗地龙箐剖面记述

剖面位于炳草岗地龙箐下方江南二路三村物资

公司库房(26°34'51.8"N,101°43'53.5"E)–滨江路(26°35'01.9"N,101°44'01.2"E),自上而下依次为(图 3 图版 I-3):

填土

昔格达组(>2 m,顶部已被削平为地基):

层 1:棕黄色粘土与土黄色砂互层 >2 m

昔格达组下伏砂砾石层(总厚 50.1 m):

层 2 红棕色和锈黄色砾石层,上部明显风化,砾石磨圆良好(3~4 级为主),成分复杂(以砂岩、花岗岩与石英岩为主,表 1)粒径以 1~5 cm 居多,中下部有 10~30 cm 者(图版 I-4) 7.0 m

层 3:浅红棕色含砾石粗砂小砾层,上部明显风化,砾石磨圆良好,成分以砂岩、花岗岩与石英岩为主,小砾粒径以 0.1~1 cm 居多,底部有所固结 2.0 m

层 4:砖红色粘土质粉砂,密实,块状 1.0 m

层 5:暗褐色粗砂细砾层,略显层理,细砾粒径主要为 0.1~2 cm 居多 2.5 m

层 6:红褐色小砾层,砾石磨圆良好(3~4 级为主),成分以砂岩、花岗岩与石英岩为主,小砾粒径以 0.5~3 cm 居多,个别达 5~8 cm 2.2 m

层 7:砖红色粘土质粉砂,较均匀,块状 1.4 m

层 8:黄褐色粉砂,较均匀,块状 0.6 m

层 9:砖红色粉砂质粘土 0.8 m

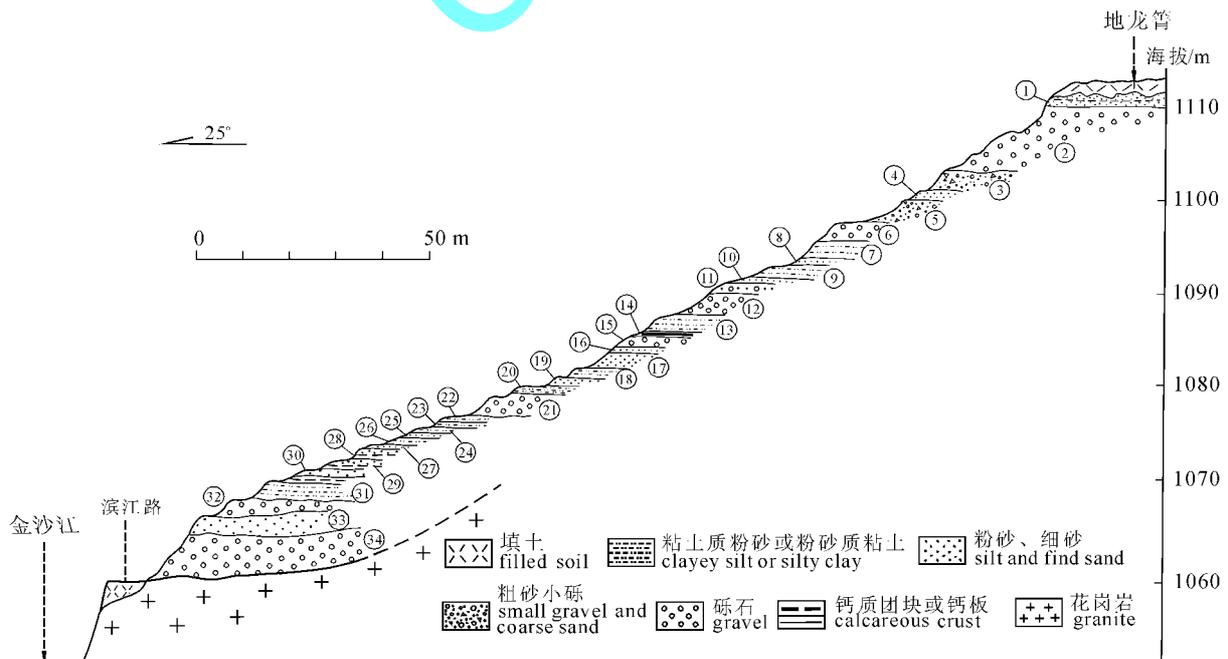


图 3 炳草岗地龙箐–滨江路昔格达组下伏砂砾石层剖面

Fig. 3 Profile of sand and gravels underlying the Xigeda Formation from Dilongqing to Binjianglu, Bingcaogang, Panzhihua

表 1 攀枝花金沙江阶地砾石层与昔格达组下伏砾石层砾石岩性观察与统计结果及其与下伏基岩的对比

Table 1 Statistics of gravel components from both gravels of Jinshajiang terraces and gravels underlying the Xigeda Formation and their comparison with local bedrocks

地点与层位	岩性观察与统计(%)	基岩岩性	备注
攀枝花技工学校旁山坡上金沙江 T <sub>11</sub> 砾石层	石英岩(56%), 砂板岩(18%), 砂岩(15%), 大理岩(4%), 燧石(2%), 花岗岩(1%), 闪长岩(1%), 片麻岩(1%), 基性脉岩(1%), 火山岩(1%)	花岗岩	本文
格里坪昔格达组下伏河流相砾石层	砂岩(60%), 花岗岩(15%), 石英岩(12%), 火山岩(3%), 砂板岩(3%), 灰岩与灰岩角砾(3%), 石英砂岩(1%), 花岗闪长岩(1%), 基性脉岩(1%), 凝灰岩(1%)	未见底	本文
莲花池昔格达组下伏“冰水”砾石层	石英岩, 花岗岩, 闪长岩, 砂页岩等	未见底	第四纪冰川考察队, 1977
滥泥田昔格达组下伏“冰水”砾石层	花岗岩, 闪长岩, 石英岩, 石英砂岩等	辉长岩或花岗岩	第四纪冰川考察队, 1977
仁和沟口对岸昔格达组下伏河流相砾石层	砂岩(45%), 花岗岩(20%), 玄武岩(19%), 火山岩(9%), 闪长玢岩(2%), 花岗闪长岩(1%), 石英岩(1%), 辉长岩(1%), 斜长角闪岩(1%), 片麻岩(1%)	花岗岩	本文
炳草岗剖面昔格达组下伏河流相砾石层顶部(层 2)	砂岩(55%), 花岗岩(30%), 石英岩(12%), 玄武岩(1%), 片麻岩(1%), 火山岩(1%)	花岗岩	本文
炳草岗剖面昔格达组下伏河流相砾石层底部(层 34)	砂岩(53%), 花岗岩(29%), 火山岩(7%), 石英岩(4%), 片麻岩(3%), 玄武岩(2%), 辉长岩(2%),	花岗岩	本文
攀枝花学院第三教学楼旁以昔格达组为基座的金沙江 T <sub>9</sub> 砾石层	砂岩(50%), 石英岩(21%), 玄武岩(9%), 花岗岩(8%), 花岗闪长岩(3%), 花岗片麻岩(1%), 花岗斑岩(1%), 火山岩(4%), 脉岩(2%), 云母石英片岩(1%)	花岗岩	本文

层 10 :土黄色粘土质细砂夹薄层(5 cm)的不规则小砂砾透镜体	0.8 m	层 26 :土黄-棕黄色粉细砂,质地疏松、均匀	0.9 m
层 11 :棕黄色粗砂细砾层	1.5 m	层 27 :砖红-黄棕色粘土质粉细砂	0.4 m
层 12 :红棕色砾石层,大者 5~8 cm,小者 0.5~3 cm,成分以砂岩、花岗岩与石英岩为主	2.5 m	层 28 :黄色细砂,大部疏松、均匀,其底部为钙质浅灰-灰黄色硬盘,但其厚度不均匀	1.1 m
层 13 :棕黄-土黄色粘土质粉砂	1.4 m	层 29 :土黄-棕黄色粉细砂,顶部 0.2 m 渐变为黄棕色,下部钙质含量较高,呈结核状,底部 10~15 cm 呈硬盘状	1.6 m
层 14 :灰黄色粉砂质钙板层,质地较细腻,厚度不均匀(0.1~0.8 m)	0.5 m	层 30 :砖红色粉细砂,局部含钙质团块,颜色有时局部变为棕黄色	0.5 m
层 15 :砾石层,上部明显风化,砾石磨圆良好(3~4 级为主),成分复杂,粒径以 1~3 cm 居多,个别 5~15 cm	1.0 m	层 31 :土黄色粘土质粉砂,含大量、多层但不均匀的钙质团块、硬盘和结核	3.5 m
层 16 :黄棕-红棕色粉细砂,较均匀,块状	0.4 m	层 32 :砾石层透镜体,其厚度向河谷方向加厚	2.0 m
层 17 :棕黄色粉砂,质地均匀、细腻,中含层状、透镜状、块状钙质硬结层或团块,多层出现	2.0 m	层 33 :中粗砂,疏松、均匀,有隐约层理	3.0 m
层 18 :浅红棕色粘土质粉细砂	0.4 m	层 34 :暗棕色砾石层,顶部有 0.5 m 的砖红色细砂,砾石磨圆良好(3~4 级为主,局部 2 级),成分复杂(以砂岩与花岗岩为主,另有石英岩等成分,表 1)粒径以 1~3 与 5~15 cm 居多,部分大达 15~40 cm(图版 I-5)	3.5 m
层 19 :含 10~20 cm 大小的钙质团块的棕黄色粉细砂	0.8 m	~~~~~侵蚀面	
层 20 :浅红棕色粘土质粉细砂	1.0 m	花岗岩	
层 21 :砾石层,局部钙质胶结呈砾岩状,局部为钙板	2.2 m	由上所述可以看出,该剖面昔格达组下伏的砂砾石层的顶(层 2~层 6)、底部(层 32~层 34)由分选与磨圆良好,成分复杂的砾石层夹砂砾层所组成,显然系山地大河即古金沙江从远处搬运而来,应为典型的大河的河流相,主要为河床相沉积,而剖面中	
~~~~~侵蚀面			
层 22 :砖红-黄棕色粘土质粉细砂	0.4 m		
层 23 :棕黄色粘土质粉细砂,局部钙质胶结呈硬块状	0.4 m		
层 24 :黄棕色粘土质粉细砂	0.4 m		
层 25 :杂色粗砂	0.4 m		

部的粉细砂、粘土质粉细砂与砾石的互层则表示河床相与河漫滩相沉积的多次交替(本剖面有 3 次),而以河漫滩相沉积为主,表明在相当长的时间中河流的深槽、与主流线在相对较宽的河谷内的多次摆动。前述昔格达组下伏砂砾石层的几个地点,除市委大楼下坡处建筑工地剖面外,只出露其顶部,故仅显示出河床相沉积部分的特征。

### 1.3 从砾石的岩性成分统计看其物质来源

从砾石的岩性推断其物质来源,我们对几个地点昔格达组湖相沉积下伏的砂砾石层砾石的岩性进行了统计,并与金沙江高阶地砾石层砾石的岩性及当地的基岩成分进行了对比(表 1)。

从表 1 可以看出,无论高于昔格达组( $T_{11}$ )或以昔格达组为基座( $T_9$ )的金沙江阶地砾石层,还是昔格达组下伏的砂砾石层,包括前人的“冰水沉积”砾石层,不仅其大部分层位的砾石分选与磨圆良好,磨圆度往往达 3~4 级,而且其成分相当复杂,大都以砂岩、石英岩和花岗岩为主要成分,另有少量花岗闪长岩、花岗片麻岩、花岗斑岩、片麻岩、片岩、闪长岩、玄武岩、火山岩、凝灰岩、基性脉岩、灰岩和砂页岩等,与当地基岩为前震旦系深变质岩、震旦系碳酸岩与碎屑岩、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与闪长岩等(王思敬,黄鼎臣,1990)不尽相同,显然含有不少由金沙江自远处长途搬运而来的成分。尽管有时在分选与磨圆良好的砾石层中夹有一些分选与磨圆不好的砾石或碎石层,也应是金沙江砾石层组成的一部分。正如笔者在有关大具早更新世金沙江砾石层的发现一文中所指出的那样:“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两层分选与磨圆很好,且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(赵希涛等 2006)。”

## 2 从昔格达组的磁性地层学研究结果探讨其下伏砾石层的时代

### 2.1 昔格达组的磁性地层学研究结果

以往,人们对于广泛分布于四川西南部的金沙江、雅砻江、安宁河和大渡河等河谷中的湖相沉积昔格达组时代的认识,由于缺乏同位素年龄和哺乳动物化石而存在很大的分歧。钱方等(1984)和陈富斌、赵永涛(1989)最早对汉源县富林、攀枝花西北的大水井清香坪(湾子头)攀枝花以东 30 km 的昔格达(村南)和攀枝花东北 19 km 的桐子林南侧的老台子梁岗等四个昔格达组湖相沉积剖面进行了磁性地层学研究。四个剖面的厚度分别为 222.5 m、172.4 m、84.8 m 和 78.5 m。除富林剖面 and 老台子梁岗剖面昔格达组底部分别有 9.7 m 和 18.0 m 的半胶结砾石层外,四个剖面昔格达组均为灰色和浅黄色钙质粉砂岩、细砂岩与灰色和肉红色钙质粘土岩互层,从中分别采集了古地磁样品 98、76、37 和 22 块,采样间距平均约为 2.3 m。研究结果表明,四个剖面大部分以正极性为主,仅富林和清香坪上部为反向。在正极性段,仅老台子梁岗剖面有一次极性倒转事件,其他三个剖面均有两次极性倒转事件。因此,原作者将此正极性期对比为高斯正向期,其上的反向段定为松山反向期,高斯期中的两次极性倒转事件对比为马莫斯事件和凯纳事件。并根据极性柱和当时的标准年表的对比及沉积速率,分别计算出各个剖面各段地层堆积的年代,其中富林剖面为 327.5 万~178.2 万年,清香坪剖面为 328.6 万~212.0 万年。

近年来,蒋复初等(1999)和王书兵等(2006)先后测定了泸定县海子坪剖面,姚海涛等(2007)测定了冕宁县周家大沟剖面的昔格达组磁性地层。蒋复初等测得海子坪剖面昔格达组厚度大于 441 m,其底部为厚约 30 m 的角砾岩,共采集样品 396 个,平均间距略大于 1 m。测量结果表明,昔格达组上部 386.0 m 为高斯正向极性带,内含两次极性倒转事件,分别对应于马莫斯事件和凯纳事件,顶部接近于松山与高斯极性带界面;386.0 m 以下为吉尔伯特反向极性带上部,其中记录了一次正向极性事件,对应于柯奇提正向极性亚带。按照 Cande 和 Kent(1995)修改后的极性年表,海子坪昔格达组湖相沉积的沉积年代约为 4.20~2.60 MaBP(蒋复初等,1999)。王书兵等(2006)重测的海子坪剖面昔格达组厚 440.5 m,其底部的角砾岩厚 43.0 m,共采集样品 500 块。测量结果表明,该剖面以正极性为主,内含四个层段呈反极性,参考了前人的研究结果,作者将 360 m 以上层段划为高斯正极性时( $G_a$ ),上部两个反极性段分别对应于凯纳(K)和马莫斯(M)

负极性亚时;360 m以下划属吉尔伯特负极性时(Gi),其中的两段正极性对应于柯奇提(C)和努尼瓦克(N)正极性亚时。按照沉积速率和极性年表,海子坪昔格达组的沉积年代约为4.2~2.6 MaBP,与蒋复初等的研究结果一致。

姚海涛等(2007)所测定的冕宁县周家大沟剖面昔格达组厚300.7 m,由上部112.6 m的黄色层与下部的188.1 m的灰色层所组成,按0.5 m间距采样,松散砂层未采样,共获得样品356块,其中黄色层因含粒度较粗的砂和粗砂细砾而仅采95块。96%的样品(342块)获得了可靠的特征剩磁分量。磁性地层测定结果表明,冕宁剖面所记录的地磁场方向总体为正极性,仅中上部、中部和底部分别出现1、2、3个样品为负极性。尽管负极性很少,但作者根据与海子坪和元谋等地河湖相沉积的磁性地层对比,仍把它们作为负极性亚时看待。鉴于冕宁剖面顶部第6级阶地砂砾石层中距底5m和底部的两个粘土质粉砂样品的电子自旋共振法(ESR)测年结果分别为1.01 MaBP和1.29 MaBP,故认为昔格达组顶部未出现松山/高斯极性时界限,而底部的3个标准负极性样品可能记录了吉尔伯特负极性时,因此得出结论:冕宁昔格达组形成于4.18~2.58 MaBP间,与海子坪剖面十分一致。

## 2.2 关于昔格达组下伏河流相砾石层形成时代的讨论

由于可用于测定第四纪沉积物年龄的大多数同位素测年方法对于以砂和粘土为主要成分的时代较老的古湖相沉积昔格达组已经无能为力,因而对于其下伏的河流相砂砾石层,暂时还没有合适的方法测定其同位素年龄。在获得可靠的测年结果之前,只好从其上覆的昔格达组湖相沉积的磁性地层学研究金沙江河谷的侵蚀与堆积速率两个方面来讨论其可能的形成时代。

首先,笔者之所以较详细地引用了不同作者对富林、清香坪、昔格达、老台子梁岗、海子坪和周家大沟等6个昔格达组剖面的磁性地层学研究结果,是想表明,尽管昔格达组本身缺少同位素年龄测定数据,且经实地考察对这些剖面昔格达组下伏的砂砾石层的成因尚有某些不一致的看法,但考虑到在昔格达组形成以后金沙江及其支流(和大渡河等河流)高阶地的ESR年龄多在1.01~1.54 MaBP间,如冕宁周家大沟剖面金沙江上源之一的马尿河——安宁河支流——第6级阶地为1.01 MaBP和1.29 MaBP(姚海涛等,2007),石鼓以上金沙江“最高的第

7级阶地”为 $1.54 \pm 0.178$  MaBP(张叶春等,1998),故可以认为,以正极性为主的昔格达组不可能在布容正极性时而应主要形成于高斯正极性时。考虑到昔格达组普遍出现两个负极性段,应相当于柯奇提和努尼瓦克正极性亚时,则其底部所出现的一些负极性样品可认为它甚至有可能进入吉尔伯特负极性时。至于钱方等(1984)将富林和清香坪二剖面昔格达组下部分别定为3.275 Ma和3.286 Ma是由于:(1)其所采用的高斯和吉尔伯特的界线年龄为3.4 Ma而非3.58 Ma,(2)采样密度过低,从而缺失了吉尔伯特负极性时的少数样品。实际上,尽管这两个剖面采样密度过低,但它们极性方向的变化一点也不少,特别是富林剖面(有5次反向),甚至超过了海子坪剖面(仅4次反向),清香坪剖面也与周家大沟剖面相当(各有3次反向)。如果将它们的M/Ga界线稍稍上移,则可得到与海子坪剖面一样的结果。因此,我们认为,昔格达组开始堆积的时间采用4.2 MaBP的上新世中期是可取的。果若如此,则昔格达组下伏的金沙江砾石层,其年龄至少应早于4.2 MaBP。

其次,在攀枝花,以昔格达组为基座的金沙江最高阶地——第10级阶地高出河面340~370 m(图2),这一高度可认为是第10级阶地形成以后的切割幅度。由于厚达150~200 m的昔格达组有可能是堰塞湖成因的湖相沉积,其外泄后的切割是很快的,且其下还有厚50 m左右以砾石为主的河流相沉积,故金沙江真正在基岩谷底中的切割幅度只有第4级阶地形成前后以来的60~100 m左右。可惜暂时还无法确定第10级阶地和第4级阶地形成的确切时间——很可能分别为早更新世中期和中更新世中晚期或晚更新世早期。因此,判断昔格达组下伏的金沙江砾石层的形成时间可以有如下两方面的考虑:(1)昔格达组开始形成的时间:4.2 MaBP,(2)昔格达组开始堆积之前金沙江在基岩谷底中先下切了大约50 m后又堆积了大约50 m砂砾石层所需要的时间。当地唯一可参考的沉积速率是:清香坪172.4 m的昔格达组的形成时间为距今328.6万~212.0万年间,即1.166 Ma(钱方等(1984)计算其沉积速率为17.6 cm/ka)。据此,我们可以估计,昔格达组下伏的金沙江砂砾石层的形成时代,也许为4.2~4.5/5.0 MaBP的上新世早期,待获得测年结果后再最后确定,则河流下切到当时谷底的时间可能还要早些。

### 3 关于早期金沙江河谷发育与青藏高原隆升的讨论

四川攀枝花地区金沙江河谷下部大约 4.2~4.5/5.0 MaBP 的上新世早期金沙江砾石层的发现与鉴别和云南大具盆地底部 1.95 和 1.77 MaBP 的早更新世早期金沙江砾石层的发现(赵希涛等, 2006), 对于研究金沙江河谷的早期发育具有重要的科学意义。它表明: 在上新世早期, 一条像现今的金沙江这样规模巨大的、上下游贯通的大江——古金沙江就已经在其现今的位置上存在了。而且, 其当时的河道在地处上升地区的攀枝花已接近今天的谷底, 而在处于断陷盆地的大具, 可能已被埋藏在现今的谷底之下。在位于金沙江支流雅砻江河谷的老台子梁岗和大渡河河谷的汉源县富林两个剖面, 在昔格达组底部分别有 9.7 m 和 18.0 m 的半胶结砾石层(钱方等, 1984; 陈富斌, 赵永涛, 1989) 也应是河流相的, 不也证明了古雅砻江和古大渡河已经在其现今的位置上存在了? 同样, 昔格达组湖相沉积广泛分布于金沙江及其支流雅砻江、安宁河以及大渡河及其支流的谷地之中, 也表明了长江上游金沙江水系与大渡河水系在上新世中期之前已经存在。因此, 金沙江、大渡河等长江上游支流何时穿过四川盆地, 川江是否晚至  $2.00 \pm 0.20$  MaBP(杨达源, 1988; 张叶春, 1995; Li Jijun et al., 2001) 或  $1.20$  MaBP/ $1.00 \pm 0.20$  MaBP 以来(吴锡浩, 1989) 才冲出三峡, 是一个值得加以重新审视问题。同样, 不仅长江水系, 中国其他主要水文网的发育历史, 是否也要加以重新考虑?

在上新世早期, 这样规模巨大的一条古金沙江(包括支流雅砻江、安宁河和岷江支流大渡河等)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别的原因的争论, 从第四纪和上新世早期进一步推向中新世或更早时期。这是因为大具盆地和攀枝花地区金沙江谷底的海拔高度分别为 1 600 m 和 1 000 m, 已深深切进了当地海拔 3 800~4 000 m 和 3 000 m 以上的高原面(即青藏高原主夷平面) 2 000 m 以上, 形成了这些地方的高山深谷地貌。金沙江间歇性地随青藏高原的隆升而深切 2 000 m 以上, 不是短短的几百万年所能完成的——位于上升地区的攀枝花自上新世早期 5 Ma 左右以来真正的下切幅度不足 400 m(基岩中不到 100 m), 而位于相对下降盆地的大具自早更新世早

期近 2 Ma 左右以来则几乎没有什么下切(赵希涛等, 2006)。这就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相当甚至接近现今的高度的争论(李吉均等, 1979; 赵希涛, 1981), 从另一个侧面提供了有意义的线索。

最后, 笔者还有几个问题或概念想与持金沙江曾经内流论或袭夺论者商榷:

(1) 像金沙江这样一条源远流长、流域面积广大且流经地区气候湿润的大河——其年径流量必然十分巨大——是不可阻挡的。她不会因其流经地区的区域性抬升或下沉作用而停顿或终止其行程的。她必然会切割其沿途的抬升地区(如玉龙山与哈巴山之间的虎跳峡)或充填其下沉地区(如大具盆地)而继续奔向其终点——海洋。即使其流经地区因发生区域性下沉(断陷或凹陷)或被堰塞而形成湖泊(陈智梁等, 2004; 赵希涛等, 2006, 2007), 但这些湖泊往往只是过水湖或吞吐湖, 并不影响其行程。只有像塔里木、柴达木和藏北这样面积巨大而又干旱的内流区, 才会有一些中小型河流, 往往是间歇性的河流, 注入内陆湖泊。因此, 我们认为, 金沙江不太可能存在一个 3.4~2.0 MaBP 间的内流阶段。

(2) 青藏高原是世界的屋脊, 她不仅向东倾斜, 也向南倾斜, 河流袭夺, 应该发生在比降大的河流去袭夺比降小的河流, 而不是相反。因此, 是否会发生金沙江等河流的袭夺, 就必须比较最可能发生河流袭夺的地点——石鼓与长江口之间的直线距离和石鼓与可能被袭夺的元江—红河河口之间的直线距离。前者直线距离逾 2 100 km, 后者仅近 1 000 km, 远短于前者。如果要发生河流袭夺, 只能是红河上游去袭夺金沙江, 而不可能是相反。

(3) 金沙江等河流如果要发生袭夺, 是不可能晚近的地质时期的深切河谷状况之下进行的。它必然是在地形起伏比较小的青藏高原主夷平面形成的较早时期——至少要在中新世早些时期或更早发生, 或许当时的东西和南北两个方向的比降与现今的不同。笔者并非完全反对袭夺论, 只是认为金沙江等河流如果要发生袭夺, 必须要在地形的夷平时期即在主夷平面上, 而不是在近期已经深切了的河谷中寻找。

#### 参考文献

- 陈富斌, 赵永涛. 1989. 攀西地区新构造. 成都: 四川科学技术出版社, 1~101.

- 陈智梁, 孙志明, Royden L H, 等. 2004. 四川泸定昔格达组的堰塞湖成因及其意义. 第四纪研究, 24(6): 614~620.
- 常隆庆. 1937. 宁属七县地质矿产(四川省资源调查报告之一). 第四纪冰川考察队. 1977. 四川渡口地区第四纪金沙冰期的初步探讨. 见: 中国第四纪冰川地质文集. 中国地质科学院地质力学研究所编. 北京: 地质出版社, 44~54.
- 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 1999. 四川泸定昔格达组时代及其新构造意义. 地质学报, 73(1): 1~6.
- 李承三. 1956. 长江发育史. 人民长江, 12月号: 3~6.
- 李春昱. 1933. The development of the Upper Yangtze Valley. 中国地质学会会志, 13: 107~117.
- 李吉均, 文世宣, 张青松, 等. 1979. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨. 中国科学, (6): 608~616.
- 李兴唐, 许学汉, 黄鼎臣, 等. 1984. 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. 地质科学, (3): 262~275.
- 钱方, 徐树金, 陈富斌, 等. 1984. 昔格达组磁性地层的研究. 山地研究, 2(4): 275~282.
- 任美镔, 包浩生, 韩同春, 等. 1959. 云南西北部金沙江河谷地貌与河流袭夺问题. 地理学报, 25(2): 135~155.
- 沈玉昌. 1965. 长江上游河谷地貌. 北京: 科学出版社, 1~162.
- 沈玉昌, 杨逸畴. 1963. 滇西金沙江袭夺问题的新探讨. 地理学报, 29(2): 87~108.
- 王思敬, 黄鼎臣. 1990. 攀西地区环境工程地质. 北京: 海洋出版社, 1~355.
- 王书兵, 乔彦松, 赵志中, 等. 2006. 泸定昔格达组时代认定与古环境. 第四纪研究, 26(2): 257~264.
- 吴锡浩. 1989. 青藏高原东南部地貌边界与金沙江水系发育. 山地研究, 7(2): 75~84.
- 许仲路, 李行健. 1982. 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. 地理学报, 37(3): 325~334.
- 杨达源. 1988. 长江三峡的起源与演变. 南京大学学报(自然科学版), 24(3): 466~472.
- 杨达源, 李徐生. 2001. 金沙江东流的研究. 南京大学学报(自然科学版), 37(3): 317~322.
- 姚海涛, 赵志中, 乔彦松, 等. 2007. 四川冕宁昔格达组磁性地层学初步研究及其意义. 第四纪研究, 27(1): 74~84.
- 叶良辅, 谢家荣. 1925. 扬子江流域巫山以下地质构造及地文史. 地质汇报, 第7号: 87~109.
- 袁复礼. 1957. 长江河流发育史的补充研究. 人民长江, 2月号.
- 袁复礼. 1958. 中国西南区第四纪地质的一些资料. 中国第四纪研究, 1(2): 130~140.
- 张叶春. 1995. 长江三峡贯通的时代及意义. 西北师范大学学报(自然科学版), 31(2): 52~56.
- 张叶春, 李吉均, 朱俊杰, 等. 1998. 晚新生代金沙江形成时代与过程研究. 云南地理环境研究, 10(2): 43~48.
- 赵希涛. 1981. 青藏高原隆起幅度估算方法评述. 见: 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题. 中国科学院青藏高原综合科学考察队编. 北京: 科学出版社, 167~175.
- 赵希涛, 张永双, 胡道功, 等. 2006. 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. 地质通报, 25(12): 1381~1386.
- 赵希涛, 张永双, 曲永新, 等. 2007. 玉龙山西麓更新世冰川作用及其与金沙江河谷发育的关系. 第四纪研究, 27(1): 35~44.

## References

- Barbour G B. 1935. Physiographic period of the Yangtze valley. Bulletin of the Geological Society of China, 14: 1~15.
- Cande S C, Kent D V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. Journal of Geophysical Research, 100: 6093~6095.
- Chang Longqing. 1937. Geology and mineral resources of seven counties in Ningyuan, Sichuan (in Chinese).
- Chen Fubin, Zhao Yongtao. 1989. The Neotectonics in Panzhihua-Xichang Region of China. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 2~14 (in Chinese).
- Chen Zhiliang, Sun Zhiming, Royden L H et al. 2004. Landslide blocked lake: Origin of the Xigeda Formation in Luding, Sichuan, and its significance. Quaternary Sciences, 24(6): 614~620 (in Chinese with English abstract).
- Clark M K, Schoenbohn L M, Royden L H et al. 2002. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. Tectonics, 23(TC1006): 1~20.
- Credner W. 1932. Observations on geology and morphology of Yunnan. Geol. Sur. Kwangtung and Kwangsi. Spec. Publ. 1~53.
- Deprat J. 1912. Etude geologique du Yunnan Oriental. Mem. Sur. Geol. Indo-China, 1: 1~37.
- Jiang Fuchu, Wu Xihao, Xiao Huaguo et al. 1999. On the age of the Xigeda Formation in Luding, Sichuan, and its neotectonic significance. Acta Geologica Sinica, 73(1): 1~6 (in Chinese with English abstract).
- Lee C Y. 1933. The development of the upper Yangtze valley. Bulletin of the Geological Society of China, 13: 107~118.
- Li Chengsan. 1965. Development history of the Yangtze. Renmin Changjiang (The People's Yangtze), (12) 3~6 (in Chinese).
- Lee J S. 1924. Geology of the Gorge district of the Yangtze (From Ichang to Tzekuei) with special reference to the development of the gorges. Bulletin of the Geological Society of China, 3: 351~391.
- Li Jijun, Wen Shixuan, Zhang Qingsong et al. 1979. A discussion on the period, amplitude and type of the Qinghai-Xizang Plateau. Scientia Sinica, 22(11): 1314~1328.
- Li Jijun, Xie Shiyong, Kuang Mingsheng. 2001. Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation. Geomorphology, 41: 125~135.
- Li Xingtang, Xu Xuehan, Huang Tingchen et al. 1984.  $C^{14}$  dating of the fluvial alluvions in Dukou-Xichang area and its implication for the geochronology of recent faulting. Scientia Geologica Sinica, (3): 262~275 (in Chinese with English abstract).
- Qian Fang, Xu Shujin, Chen Fubin et al. 1984. Study on the paleomagnetism of the Xigeda Formation. Mountain Research, 2(4): 275~282 (in Chinese with English abstract).
- Quaternary Glacier Survey Group, 1977. Preliminary research on Jinsha glaciation of Quaternary in Dukou area, Sichuan. In: Collection on Quaternary Glacial Geology of China, Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences (eds.). Beijing: Geologi-

- cal Publishing House, 44~54 (in Chinese).
- Ren Mei'e, Bao Haosheng, Han Tongchun et al. 1959. Problems on valley morphology and river capture of the Jinsha River, Northwest Yunnan. *Acta Geographica Sinica*, 25(2): 135~155 (in Chinese).
- Shen Yuchang. 1965. *Geomorphology of the Upper Yangtze valley*. Beijing: Science Press, 1~162 (in Chinese).
- Shen Yuchang, Yang Yichou. 1963. New research on the problem of river capture of Ching-sha-chiang (The Upper Yangtze) Western Yunnan, China. *Acta Geographica Sinica*, 29(2): 87~108 (in Chinese with English abstract).
- Wang Sijing, Huang Dingchen. 1990. *Environmental and Engineering Geology in Panzhihua-Xichang Region*. Beijing: Ocean Press, 1~355 (in Chinese).
- Wang Shubing, Qiao Yansong, Zhao Zhizhong et al. 2006. Age and paleoenvironment of Xigeda formation in Luding, Sichuan. *Quaternary Sciences*, 26(2): 257~264 (in Chinese with English abstract).
- Willis B, Blackwelder, Sargent R. 1907. *Research in China* (vol. 1). Washington: Press of Gibson Brothers, 278~339.
- Wu Xihao. 1989. On morphologic boundary of the southeastern Qinghai-Xizang Plateau and development of Jinsha River System. *Mountain Research*, 7(2): 75~84 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhonglu, Li Xingjian. 1982. On the origin of the longitudinal valley between Hongwen village and Diannan village, NW Yunnan, and the discussion on the river capture of Jinshajiang. *Acta Geographica Sinica*, 37(3): 325~334 (in Chinese with English abstract).
- Yang Dayuan. 1988. The genesis and evolution of Yangtze Gorges. *Journal of Nanjing University (Natural Science)* 24(3): 466~472 (in Chinese with English abstract).
- Yang Dayuan, Li Xusheng. 2001. Study on the Eastward flow of the Jinsha River. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)* 37(3): 317~322 (in Chinese with English abstract).
- Yao Haitao, Zhao Zhizhong, Qiao Yansong et al. 2007. Magnetostratigraphic dating of the Xigeda formation in Mianning, Sichuan and its significance. *Quaternary Sciences*, 27(1): 74~84 (in Chinese with English abstract).
- Yih L F, Xie J R. 1925. Geological structure and physiographic history of the Yangtze valley below Wushan. *Bulletin of the Geological Survey of China*, 7: 87~109.
- Yuan Fuli. 1957. A supplementary research on the river development history of the Yangtze. *Renmin Changjiang (The People's Yangtze)*, (2) (in Chinese).
- Yuan Fuli. 1958. Some data of Quaternary geology in Southwest China. *Quaternaria Sinica*, 1(2): 130~140 (in Chinese).
- Zhang Yechun. 1995. Formation of the Yangtze Gorges and its significance. *Journal of the Northwest Normal University (Natural Science)*, 31(2): 52~56 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yechun, Li Jijun, Zhu Junjie et al. 1998. Studies on development of Jingshajiang River during Late Cenozoic. *Yunnan Geographical Environment Research*, 10(2): 43~48 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xitao. 1981. An estimation of the uplifting amplitude of the Qinghai-Xizang Plateau. In: *Studies on the Period, Amplitude and Type of the Uplift of the Qinghai-Xizang Plateau*. the Comprehensive Scientific Expedition of The Qinghai-Xizang Plateau, Academia Sinica (eds). Beijing: Science Press, 167~175 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xitao, Zhang Yongshuang, Hu Daogong et al. 2006. Discovery of the Early Pleistocene gravels of the Jinsha River in the Daju Basin, Yunnan Province and its significance. *Geological Bulletin of China*, 25(2): 1381~1386 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xitao, Zhang Yongshuang, Qu Yongxin et al. 2007. Pleistocene glaciations along the eastern foot of the Yulong Mountains and their relationship with the formation and development of the Jinsha River. *Quaternary Sciences*, 27(1): 35~44 (in Chinese with English abstract).

图版 I 攀枝花段金沙江两岸昔格达组湖相沉积及其下伏金沙江砂砾石层剖面与沉积

Plate 1 Profiles and sediments of the Sigeda formation and their underlying Jinsha R. sand and gravels along the banks of the Jinsha R. in Panzhihua

1-攀枝花公园剖面昔格达组湖相沉积物顶部; 2-格里坪昔格达组湖相沉积及其下伏河流相砂砾石层顶部; 3-炳草岗地龙箐-滨江路剖面昔格达组下伏河流相沉积剖面的砾石层; 4-炳草岗剖面以西昔格达组下伏河流相沉积顶部的砾石层; 5-炳草岗剖面以东昔格达组下伏河流相沉积底部的砾石层及其与基岩花岗岩的接触关系

1-top of lacustrine sediments of Xigeda Formation along Panzhihua park profile; 2-lacustrine sediments of Xigeda Formation and top of their underlying alluvial sand and gravels at Geliping; 3-profile of alluvial sediments underlying Xigeda Formation along Dilongqing-Binjianglu profile at Bingcaogang; 4-gravels at the top of alluvial sediments underlying Xigeda Formation west of Bingcaogang profile; 5-gravels at the bottom of alluvial sediments underlying Xigeda Formation east of Bingcaogang profile and their contact relationship with granite bedrock

图版 I Plate I

