

# 川西凹陷地区更新统砾石层沉积成因探讨

崔志强<sup>1</sup> 刘登忠<sup>2</sup> 孟庆敏<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000,

2. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059)

**摘要:** 笔者通过野外地质调查和相关资料, 从宏观形态和沉积特征多方面对川西凹陷地区的更新统砾石层的成因进行综合分析。发现各时期更新统砾石层平面上均呈扇状, 具多级阶地。各砾石层的岩性结构柱、基本层序、砾石的组构特征均表现为河流相冲洪积成因。并通过 ESR 和孢粉、充填序列和地貌标志探讨了区内各更新统砾石层的沉积时代、古气候特征。综合研究表明区内存在 4 套不同特征的更新统砾石层, 它们不仅在空间位置上存在密切联系, 而且在沉积特征和形成时代上也具继承性。沉积环境均为温暖潮湿热环境下, 出龙门山的古青衣江在盆地中不同时期、不同位置的沉积响应。并反演古青衣江水系在前陆盆地中不同时期的迁移及变化规律。

**关键词:** 川西凹陷; 更新统; 砾石层; 沉积特征; 沉积环境

**中图分类号:** P534.63+1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2009)05-1065-14

四川龙门山山前与成都平原西侧的川西凹陷地区, 第四系十分发育, 向来被视为中国南方和长江流域具有重要代表性的地区。本文研究区位于在成都平原西南缘的山前丘陵、台地地区, 该区第四纪沉积物大面积的分布, 不同地质时代的堆积物依次掩覆, 其厚度较大, 保存较好, 对该地区的更新统砾石层的研究, 一直是该地区新生代以来地学研究的重点。虽然通过前人几十年的相关研究, 但仍存在一定争议。主要表现在以下两方面: ①砾石层的成因上, 长期以来, 对该地区更新统砾石层的成因众说纷纭。以李春昱<sup>[1]</sup>、李承三<sup>[2]</sup>为代表的冰川成因论者认为在名山、邛崃一带散布甚广的褐黄-红黄色粘土砾石层, 是经雅安-名山间的金鸡关溢口外流的巨大冰泛, 其时代属于最老的一把伞冰期(Q<sub>1</sub>)。到 20 世纪 80 年代刘兴诗等<sup>[3]</sup>在名山东部十里桥和大塘附近见风化强烈的砾石都紧密排列, 均呈颗粒支撑结构, 扁平砾石的叠瓦状构造, 砾石的定向排列都很清楚, 砾石磨圆度较好, 其中多数已有不同程度的风化, 由于砾石岩性复杂, 加之后期强烈的湿热风化生成的网纹状

构造, 使整个砾石层剖面显得杂色斑驳, 初步认为砾石层内的大量杂色粘土是由强风化后的砾石而来, 并非原生的冰水沉积。后来, 张倬元等<sup>[4]</sup>根据砾石的风化程度和川西前陆盆地第四纪演化特征, 以及青衣江阶地地位相对比, 论述了丹棱—思濛砾石层的形成时代为中更新世早期(Q<sub>2</sub><sup>1</sup>), 并认为丹棱—思濛砾石层为冲积成因, 为古青衣江出山后在前陆盆地中充填的冲积扇。②对砾石层的划分和综合对比分析。李春昱<sup>[1]</sup>认为广泛分布于青衣江以北—邛崃以东直至新津—眉山一带、灌县—郫县—大邑以西地部分台地, 广汉—成都—新津断裂以东直到龙泉山西麓的大部分第四纪都命名为“雅安砾石层”。李承三<sup>[2]</sup>将名山—邛崃台地地区不整合于古近纪地层之上的黄色泥砾层定名为“名邛砾石层”。张倬元等<sup>[4]</sup>认为夹江—眉山间砾石层沉积序次和风化程度与名山、邛崃砾石层有明显差别, 把丹棱—思濛地区的更新统砾石层命名为“丹思砾石层”。刘兴诗等<sup>[3]</sup>认为“雅安砾石层”只指雅安飞机坝及附近沿江的同等阶地砾石层。近年来李勇等<sup>[5]</sup>在分析晚新生代成都盆地

物源特征与水系演化时再次把熊坡背斜东坡砾石层认为是“大邑砾石层”。前后不同时期的命名存在混淆,进而对该地区整个更新统砾石层的综合对比显得不足。

本文针对以上存在的不足之处,通过实测剖面,实地收集该地区更新统砾石层的多方面沉积信息,围绕砾石层的成因和沉积环境,从多角度进行讨论,试图对该区争议较多的更新统砾石层进行划分上的清理,并对其成因、沉积时代、沉积环境等进行详细讨论。其成果能为青藏高原的隆升对龙门山造山带的影响、新构造运动特征、成都盆地沉降中心的演化、第四纪的古气候变化提供重要的科学依据。

### 1 区域地质背景

研究区位于成都盆地西南缘,属龙门山推覆构造带前陆盆地边缘,与东西两侧的龙泉山、龙门山构成“两山夹一盆”构造格局。处于北东向构造带与南北向“Y”字形构造带接合的特殊部位,为川西前陆

盆地凹陷区<sup>[6-8]</sup>。构造环境主要表现为受龙门山挤压推覆构造的影响,前陆盆地南段内部发育多条逆冲构造带,走向几乎平行于龙门山南段构造走向的正向或反向的逆冲断层以及与冲断层相伴生的褶皱构造。区内及周边主要的构造断裂以龙门山推覆构造带、双石断裂、龙泉山断裂、熊坡断裂(蒲江—新津断裂)、熊坡背斜、三苏场背斜、名山向斜等为代表(图1)。

此外,笔者在蒲江西侧发现一条近南北走向的活动断裂,横跨名邛台地,遥感影像和数字高程模型特征明显,表现为直线状延伸的负地形横切更新统砾石层中部,沿线河流表现为不同程度的左形平移。区内最大的临溪河沿断层走滑方向弯曲近2 km,为典型的活动构造地貌标志。这些断裂构造活动不仅控制了地表水系的发育、碎屑物的沉积位置,而且对水系的迁移和沉积物的保存起控制作用。

区内出露地层由老到新主要有白垩纪夹关组、灌口组,古近纪名山组、芦山组,为一套河流-湖泊沉积相砂泥岩地层。第四系大面积分布,上新世晚

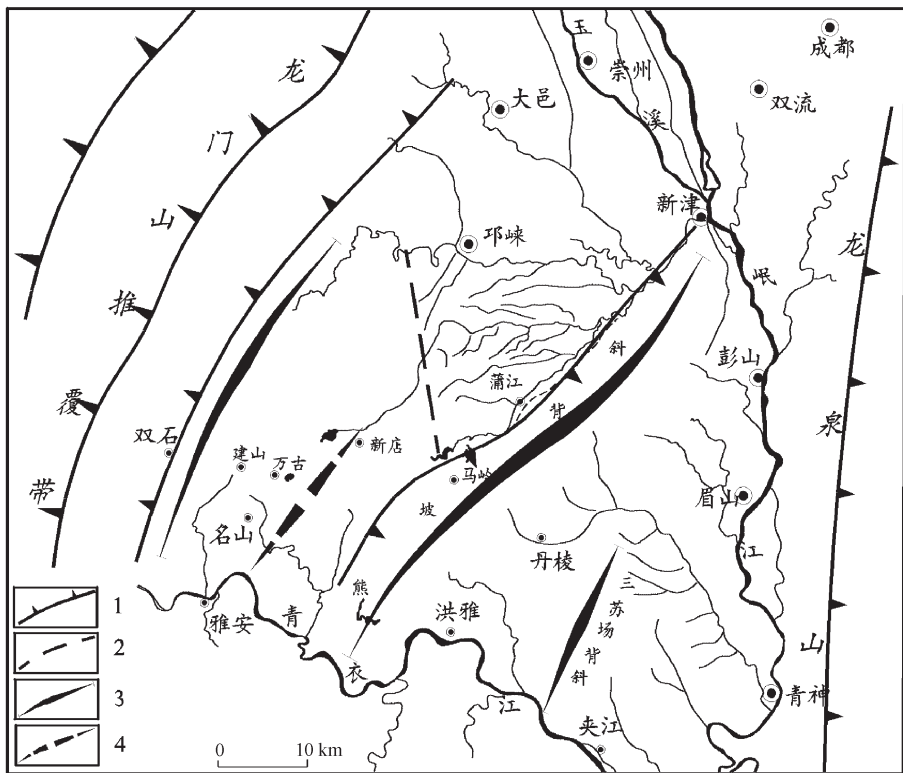


图1 研究区构造略图  
 1—推覆构造;2—隐伏断裂;3—背斜;4—向斜  
 Fig.1 Tectonic sketch map of the study area  
 1—Nappe fault;2—Concealed fault;3—Anticline;4—Syncline

期—全新世砾石层出露较全。岩性主要为一套黄灰色、灰黄色砂砾层、粘土层。具出露面积广,厚度大、构成多级台(阶)地等特点。

## 2 地形地貌特征

研究区内更新统砾石层多分布于低山槽谷、浅丘、冲积台地、沿江阶地等,构成多级台地、阶地,最多可达五级阶地。各地砾石层的高程、物质组成结构等均存在巨大差异,为阶地划分提供了依据。

区内更新统砾石层的主体分布于总岗山南北两侧(图 2),总岗山北侧在名山—邛崃一带台地表面,具体为名山县城北建山—万古—新店—马岭—蒲江—五星一线以北,邛崃以南,整体形状呈舌状,共发育五级阶地之多,其中Ⅲ—Ⅴ级阶地属更新统砾石层。总岗山以南为丹棱—思濛—眉山一带,由北西向南东的多个扇体组成,共发育四级阶地,其中Ⅱ—Ⅳ级阶地属于更新统砾石层。其次为雅安瓦窑坡东侧—雅安市郊—姚桥镇—大兴场等地,沿青衣江形成Ⅱ—Ⅳ级阶地。

研究区内更新统砾石层分布面积广、特征复杂等特点,通过对前人命名的清理,并结合野外观察,综合分析砾石层的岩性组合特征及地理位置,发现该地区更新统砾石层可以按地理位置预分为 4 套具有不同特征的砾石层。由老到新依次分为:“大邑砾石层”、“名邛砾石层”、“丹思砾石层”和“雅安砾石层”(表 1、图 2)。

根据沉积与剥蚀、沉积物与地貌发育的相关性<sup>[9]</sup>,本文通过遥感影像和数字高程模型观察,发现“名邛砾石层”从南西—北东呈“舌状”,且南西高、北东低,依次形成Ⅴ、Ⅳ、Ⅲ级阶地。“丹思砾石层”由北西向南东由多个方向基本一致的“扇状”组成。二者扇体

表面均发育扇状水系,特别是在扇体前缘,由于受挤压抬升的影响,后成河发育,冲沟密且深切,部分可达 50 m,形成带状浅丘地貌。且各级阶地地表粗糙度差异明显,阶地相对高差为 30~70 m。“雅安砾石层”主要包括沿河的Ⅱ—Ⅳ级阶地,沿河谷两侧呈断续平行带状分布。“大邑砾石层”作为盆地的基底砾石层,出露范围较窄,据刘兴诗<sup>[9]</sup>研究,平面上仍为西厚东薄的扇状,且具有多源特征。

针对前人认为的冰川地貌,笔者在区调中进行了实地考察,名邛台地前缘邛崃河、百丈河南侧地区的一些前人所谓的“冰蚀残丘”、“终碛垅”、“侧碛垅”等冰川堆积地貌。它们实际上是受新构造运动抬升影响,在砾石层边缘(扇缘)被后期发育河流下切分割开的残余垅岗地形,垅间发育后成河,残留砾石层多以杂基—颗粒支撑为主,局部夹砂质条带式透镜体,砾石磨圆好、定向好,具有较好的成层性,属典型的扇扇中—扇缘的结构特点,应属冲洪积所致,而非终碛垅。其次,对于前人认为在“一把伞冰期”,名山—邛崃一带散布着广大的褐黄—黄色粘土砾石层,是经雅安与名山之间的金鸡关溢口外流的巨大冰泛沉积,其所谓的金鸡关溢口,本身地形十分狭窄,且低于名邛砾石层分布高程约 100 m,很难想象大规模的“冰泛”能够从此溢出,并堆积上千平方千米的砾石层,并且在金鸡关堰口处未见相关砾石层堆积物残留。

## 3 砾石层沉积结构特征

为了了解区内更新统砾石层的沉积特征,笔者选取了区内 4 条实测剖面(剖面位置及代号见图 2)和 2 条前人工作剖面<sup>[10]</sup>作为分析的切入点,从其物质组成、沉积旋回、砾石及其组构特征等方面入手。

表 1 研究区更新统砾石层划分对比

Table 1 Correlation of Pleistocene gravel layers in the study area

名称	地理位置	典型阶位	阶地平均高程	主要岩性
雅安砾石层	雅安城郊及附近沿江地区	雅安城郊及附近沿江Ⅱ—Ⅳ级阶地	Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级阶地的平均高程分别为 575 m、600 m、607 m	松散黄色砂砾层、亚粘土层 砾石层、沙层、粘土层韵律状产出
丹思砾石层	丹棱—思濛—眉山	丹棱—思濛一带区域性Ⅱ—Ⅳ级阶地	Ⅱ—Ⅳ级阶地平均高程分别为 450 m、490 m、515 m	棕黄色含细砾砂土、亚沙土层,含棕红色泥质斑块及铁锰质薄膜
名邛砾石层	名山—蒲江—邛崃	名山—邛崃台地区域性Ⅲ—Ⅴ级阶地	Ⅲ—Ⅴ级阶地平均高程分别为 600 m、730 m、830 m	棕黄色、黄灰色及少量灰—灰白色半固结复成分砾石层,顶部为黄灰色网状纹粘土层、亚粘土层
大邑砾石层	建山—庙坡—大邑	未见典型阶地保留(盆地基底砾石层)	砾石层出露高程为 675~860 m	黄灰色、暗紫红色及褐黄色半固结砾石层夹少量透镜状沙层组成,局部夹灰色亚粘土及薄层泥炭、褐煤层

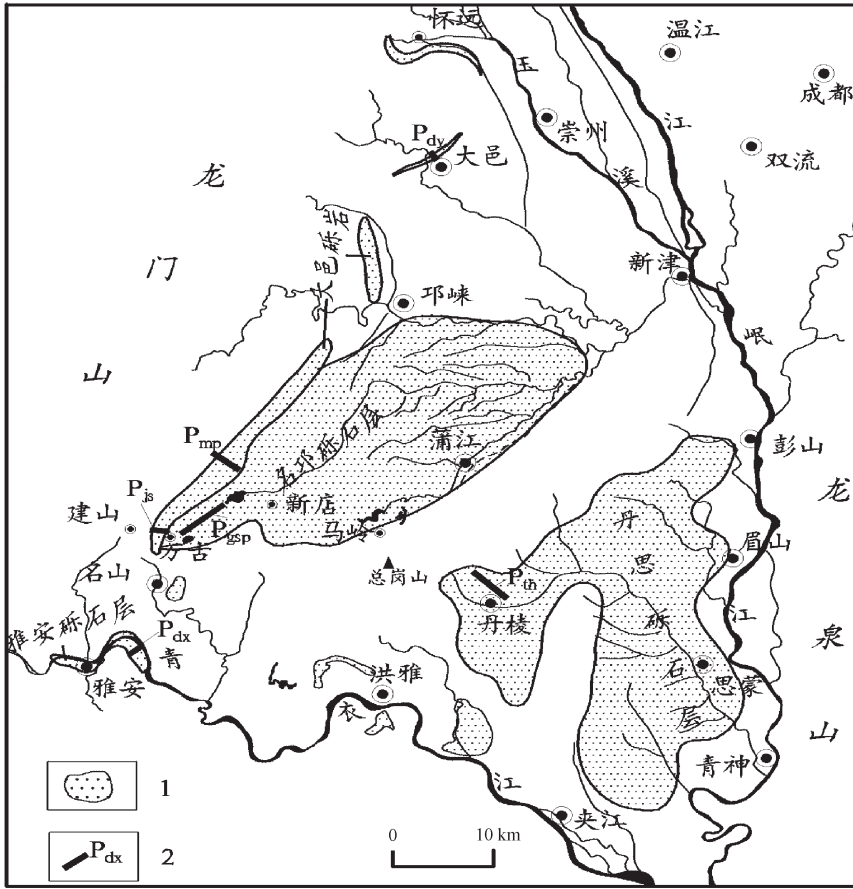


图2 研究区各更新统砾石层分布图

1—更新统砾石层分布范围;2—实测剖面位置及编号

Fig.2 Distribution of Pleistocene gravel in the study area

1- Distribution of Pleistocene gravel;2-Location and serial number of measured profile

讨论其成因、物质来源、沉积时代和沉积环境。

### 3.1 沉积相及其特点

6条剖面均为位于龙门山山前砾石层分布区,各剖面的厚度、物质组成、沉积韵律各具独特性(图3)。“大邑砾石层”以庙坡( $P_{mp}$ )、建山剖面( $P_{js}$ )砾石层最厚,厚度分别为308 m、305 m,大邑县城剖面( $P_{dy}$ )仅为175 m。“名邛砾石层”为Ⅲ-Ⅴ级阶地厚度为88 m,名山高山坡剖面( $P_{sp}$ )未见顶。熊坡背斜东翼丹棱唐河剖面( $P_{th}$ )“丹思砾石层”Ⅱ-Ⅳ级别阶地厚度为84 m。雅安大兴场剖面( $P_{dx}$ )Ⅲ、Ⅳ级阶地为基座阶地,仅剥蚀残留2.5 m、4.5 m的强风化砾石层,Ⅱ-Ⅳ级阶地整体厚度为37 m。从图3可以看出,区内砾石层均表现为向上变细的多个沉积旋回,各旋回内又含有若干个尺度不等的小旋回。“大邑砾石层”的庙坡剖面、大邑剖面、建山剖面分别由12、10、11个小旋回组成,庙坡剖面和建山剖面底部

存在一个向上变粗的沉积旋回。高山坡剖面的五级阶地中,每级阶地沉积物粒度特征均表现为向上变细,每级阶地内部又包括多个向上变细的小旋回,共11个小旋回,其中Ⅲ-Ⅴ级阶地中包括8个。丹棱唐河剖面揭示“丹思砾石层”具有与名邛砾石层同样的沉积规律,Ⅲ、Ⅳ级阶地中,共发育7个向上变细的小旋回。大兴场剖面显示“雅安砾石层”阶地内均具有向上变细的沉积结构,共包括3个小旋回。

区内更新统砾石层层理发育,在砾石层和沙层中发育流水作用形成的交错层理,粉沙层和泥质层中发育水平层理(图4)。槽状交错层理多见于砾石层所夹沙层中,横向剖面上,整个沙体呈透镜体状,沙体内部纹层呈槽状,层系的厚度为1~10 cm。水平层理主要发育于砾石层间所夹泥质层、粉沙层中,泥质层、粉沙层厚度从几厘米到几十厘米不等,纹层呈平直状,纹层间彼此平行且平行于总的平面,厚度仅几毫米。为

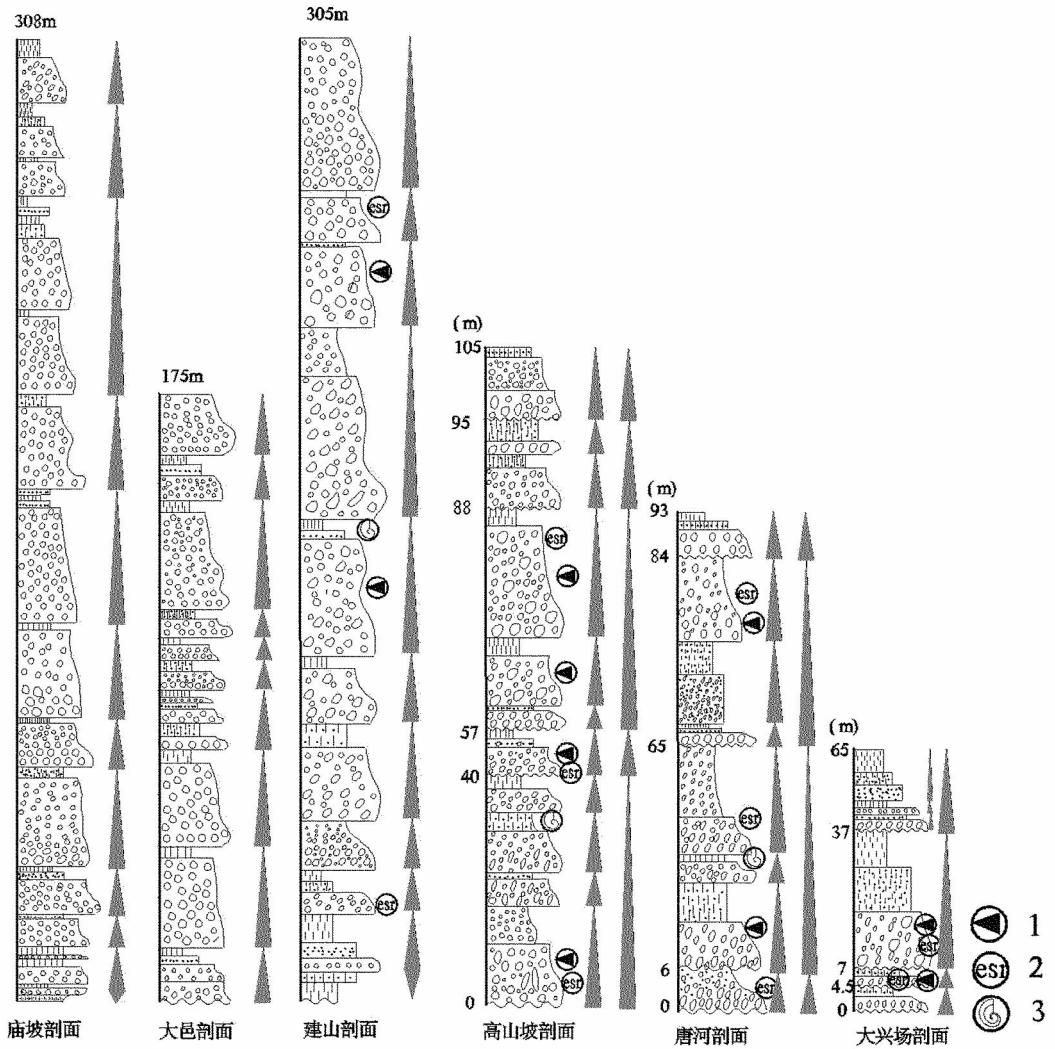


图 3 研究区各更新统砾石层剖面结构图

1—砾石统计层位;2—esr 采样层位;3—孢粉采样层位

Fig.3 Profile structure of Pleistocene gravel in the study area

1—Statistics of gravel horizons;2—esr sampling layer;3—Sporopollen sampling layer

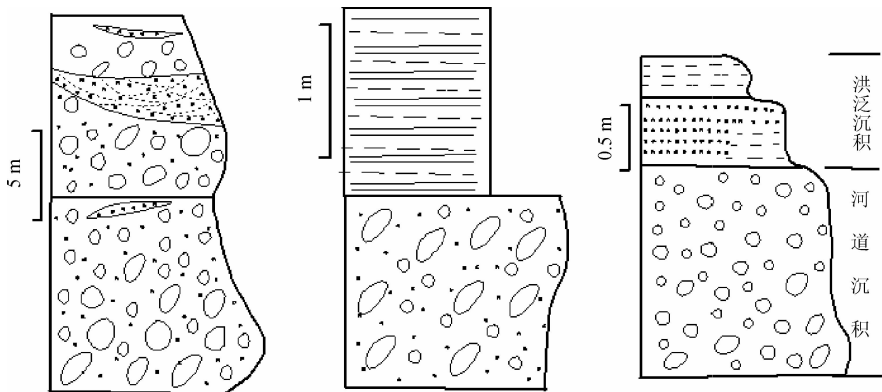


图 4 更新统砾石层基本层序

Fig.4 Basic sequence of Pleistocene gravel

典型的辫状河流-洪泛沉积类型。

### 3.2 砾石结构特征

砾石层中砾石的大小、定向情况等对分析砾石层的成因类型尤为重要。本文通过统计砾石的粒度、粒向和粒态等参数,对砾石的成因类型进行探讨<sup>[11-14]</sup>。在区内各典型实测剖面中各阶地中分别选取砾石层厚度大、保存较好的位置进行统计,其中建山剖面、高山坡剖面、唐河剖面、大兴场剖面分别统计 2 处、4 处、2 处、2 处(砾石统计层为见图 3),每个点统计 100 块砾石。

砾石的粒度一般采用砾石体积公式 ( $V = \pi abc / 6$ ,砾石 a、b、c 轴的长度) 计算出各个测点砾石体积的平均值,再求它们的分布趋势。本文只选择了能综合代表砾石大小参数的 b 轴进行统计,统计结果显示砾石 b 轴长度在 0~30 cm 的占整个砾石含量的 90%以上,其中 6~20 cm 的占了总量的 70%以上。各剖面垂向上显示,从下到上砾石的大小逐渐减小,阶地内部亦显示此规律。平面上表现为,名邳地区、丹思地区分别表现为从西向东、由南向北砾石体积逐渐减小。反映其搬运动力具有周期变化性,且表现为逐渐减小的趋势。

砾石层中砾石的长轴排列方向和扁平面(ab 面)产状(即砾石扁平面的倾向和倾角)对确定沉积环境具有很重要的意义。根据统计结果作 ab 面倾向和倾角的玫瑰花图(图 5)。建山剖面的统计结果显示“大邑砾石层”在此处砾石倾向以 SWW 向为主,“名邳砾石层”以 SW 向,“丹思砾石层”的 ab 面倾向为 NNW 向,雅安大兴场剖面中砾石扁平面为北北西向。注意在建山剖面和大兴场剖面中少部分砾石 ab 面倾向存在变化甚至反向,造成这种现象的主要原因是砾石的 a 轴较长,而 b、c 轴短,似圆柱状,或者呈球形、近球状,在水流的垂向和测向翻滚下产生的“横向方位”和“侧向方位”变化。整体看来,区内更新统各砾石层砾石排列具明显的定向性,砾石扁平面的倾角均在 30°以内,多数为 10°~20°。

砾石的形态(磨圆度)也作为识别沉积环境的一种重要标志,它主要取决于搬运介质和搬运方式。本文对研究区砾石统计中观察了磨圆情况,共分为 4 个等级:圆、次圆、次棱、棱(图 6)。呈圆、次圆状的砾石含量超过 80%,次棱、棱状砾石的总含量不足在 20%。且在整个更新统砾石层中 80%的石英砂岩、石英岩砾石呈次圆状(由于石英岩最少要经历上 100

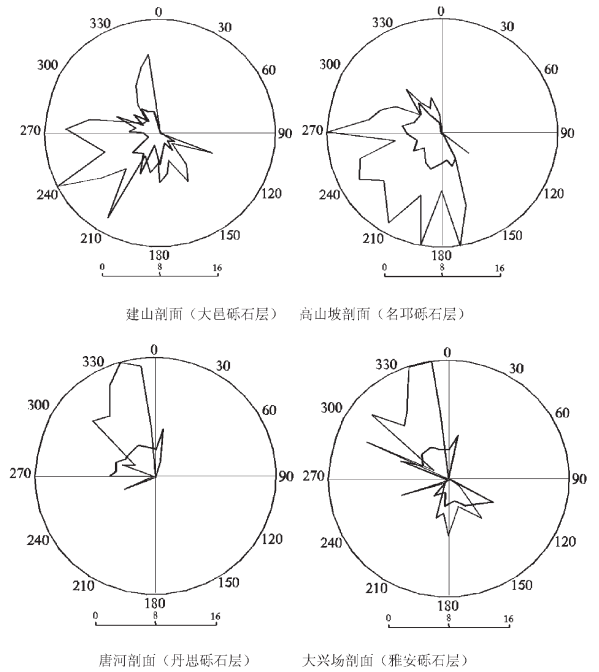


图 5 砾石粒向统计图  
(细线代表 ab 面倾向,粗线代表 ab 面倾角)  
Fig.5 Statistics of gravel orientation  
(Thin line means dip of ab plane, whereas coarse line means dip angle of ab plane)

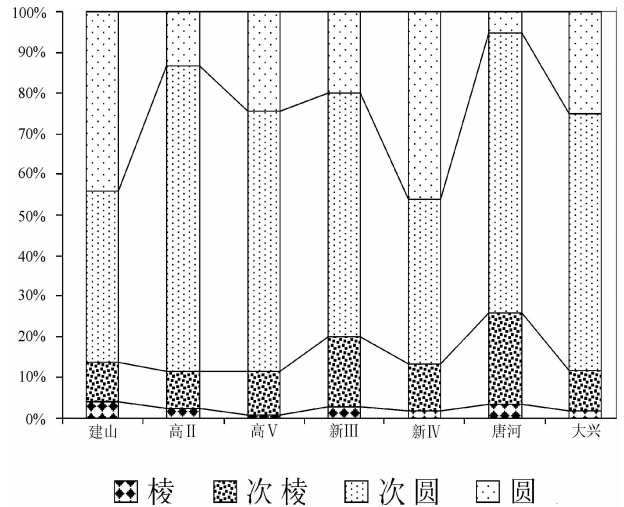


图 6 粒态统计图  
Fig.6 Statistics of grain roundness

km 的搬运才能出现明显的圆度变化)。因此,研究区砾石总体磨圆好,且经历过长距离的搬运。

研究区 4 套更新统砾石层总体均表现为向上沙、泥含量增加,砾岩/沙、沙/泥比值减小,磨圆性、定向性、分选性逐渐变好,且砾石层中常见砂质透镜

体,填隙物粒度达到细砂、粉砂级。在不同层位显示不同的沉积韵律尺度,垂向上表现为向上旋回厚度逐渐变小、厚度逐渐变薄。以上综合特征表明区内更新统砾石层属河流相,且沉积物自下而上显示为一个水动力条件逐渐变弱的沉积环境,流态从重力流到牵引流的退积过程。

## 4 年代划分及其古生物标志

### 4.1 ESR 测年

通过采集各砾石层砾石间填隙物或砂质透镜体(采样层位见图 3),送成都理工大学核磁共振实验室进行电子自旋共振(ESR)法测定年龄。其结果如下:名山县建山乡“大邑砾石层”剖面底部和顶部的 ESR 样品测试结果为 (901±70) ka 和 (751±70) ka (早更新世(Q<sub>1</sub>));新店乡庙子湾—高山坡的“名邛砾石层”的Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级阶地的 ESR 样品测年分别为 (127±5) ka (中更新世晚期(Q<sub>2</sub><sup>3</sup>))、(382±5) ka (中更新世中期(Q<sub>2</sub><sup>2</sup>))、(719±10) ka (中更新世早期(Q<sub>2</sub><sup>1</sup>));丹棱县唐河乡高大地“丹思砾石层”的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级阶地上采集地 ESR 样品测年为 (72±5) ka (中更新世晚期(Q<sub>3</sub><sup>1</sup>))、(143±5) ka (中更新世晚期(Q<sub>3</sub><sup>2</sup>))、(213±5) ka (中更新世中期(Q<sub>3</sub><sup>3</sup>));大兴场“雅安砾石层”中的Ⅱ、Ⅲ级阶地中填隙物的 ESR 年龄结果分别为:20±2 ka (晚更新世晚期(Q<sub>3</sub><sup>3</sup>))、(85±5) ka (晚更新世早期(Q<sub>3</sub><sup>1</sup>))。

### 4.2 古生物标志

笔者对建山大邑砾石层、高山坡名邛砾石层和唐河丹思砾石层中典型层位分别采集了 3 块孢粉分析样品(采样点位见图 3),送中国地质大学(武汉)进行微体古生物分析。结果显示 3 块样品的孢粉组合面貌相似,均以松科、榆科、禾本科、胡桃科及蕨类植物的水龙骨科最为丰富,壳斗科、金缕梅科及蕨类植物的凤尾蕨属也很常见。被子植物花粉占孢粉总数的 44.0%~57.0%,以具孔类的榆科、胡桃科、禾本科为主;榆科花粉中以榆属(*Ulmus*)为主,占 5.0%~9.0%;朴属(*Celtis*)也常出现,多在 2.0%左右。壳斗科中青冈属(*Cyclobalano psis*)和栎属(*Quercus*)最丰富,占 4.0%~7.0%。桐属(*Lithocarpus*)和栲属(*Castanopsis*)较少见及。胡桃科花粉类型较多,其中胡桃属(*Juglans*)、枫杨属(*Pterocarya*)、山核桃属(*Carya*)常见,含量多在 4.0%~6.0%。青钱柳属(*Cyclocarya*)和黄杞属(*Engelhardtia*)只是偶然见及。多孔的金缕梅科花粉含

量多在 5.0%以下,以个体较小者为主,推测其母体植物更可能和阿丁枫属有关。禾本科花粉含量易较高,占 3.0%~5.0%。其他被子植物花粉类型虽多但含量不高。裸子植物花粉占孢粉总数的 13.0%~21.0%,绝大部分为松科花粉,其中松属(*Pinus*)最为丰富,占孢粉总数的 8.0%以上。蕨类孢子占孢粉总数的 30.0%~36.0%,以水龙骨科(*Polypodiaceae*)为主,占孢粉总数的 19.0%~25.0%,其次是凤尾蕨属(*Pteris*),含量为 7.0%~10.0%。其余孢子含量基本上均不超过 2.0%。

分析结果表明,区内更新统砾石层沉积时代由老到新依次为:大邑砾石层上新世晚期—早更新世早期(N<sub>2</sub>-Q<sub>1</sub>),名邛砾石层为早更新世晚期—中更新世(Q<sub>2</sub><sup>1</sup>-Q<sub>2</sub><sup>3</sup>),丹思砾石层为中更新世晚期—晚更新世早期(Q<sub>3</sub><sup>2</sup>-Q<sub>3</sub><sup>1</sup>),雅安砾石层为晚更新世早期(Q<sub>3</sub><sup>1</sup>)。孢粉组合上具有明显的继承性,均以水龙骨科和具孔类的榆科、胡桃科花粉为主,孢粉中沉积时期植被以被子植物为主,温带落叶阔叶植物成分较多,热带-亚热带成分较少,裸子植物较少,草本植粉较多,但从孢粉颜色上比较,名邛、丹思砾石层中颜色较建山大邑砾石层中孢粉颜色浅、热变质程度低,说明沉积时代较晚<sup>[15,16]</sup>。孢粉组合特征表明更新世时期的古气候应该属温暖-湿润型。

## 5 充填序列

由于研究区位于成都盆地西南边缘,为盆地收敛部位,晚新生代龙门山以北北东向的右行剪切为特征,以逆冲走滑为主<sup>[10]</sup>。这些断裂构造活动在新近纪以来对地表水系迁移及相应的沉积响应造成严重影响。成都盆地新近纪以来经历过 3 次较大规模的演化过程,具体表现为沉降中心逐渐向东迁移,盆地西南缘的向东掀斜(图 7)。

上新世—早更新世时期,受龙门山逆冲作用的影响,所产生的侧向挤压使得盆地基底发生褶皱。沉降中心紧靠龙门山前缘断裂,发育横切龙门山的横向河流在进入盆地的河口地段进积于成都盆地,形成粗碎屑楔状堆积体,即大邑砾石层。中更新世时期,随着龙门山前缘的逆冲抬升,使名山—邛崃—竹瓦地区抬升,早期沉积的大邑砾石层向东掀斜,发育于龙门山南段的青衣江等横向河流向盆地东部进积,在名山—邛崃一带形成不整合于“大邑砾石层”之上的新的碎屑流堆积体,即“名邛砾石层”。随着龙门山前展式的逆冲作用,在晚更新世时期,受挤压作

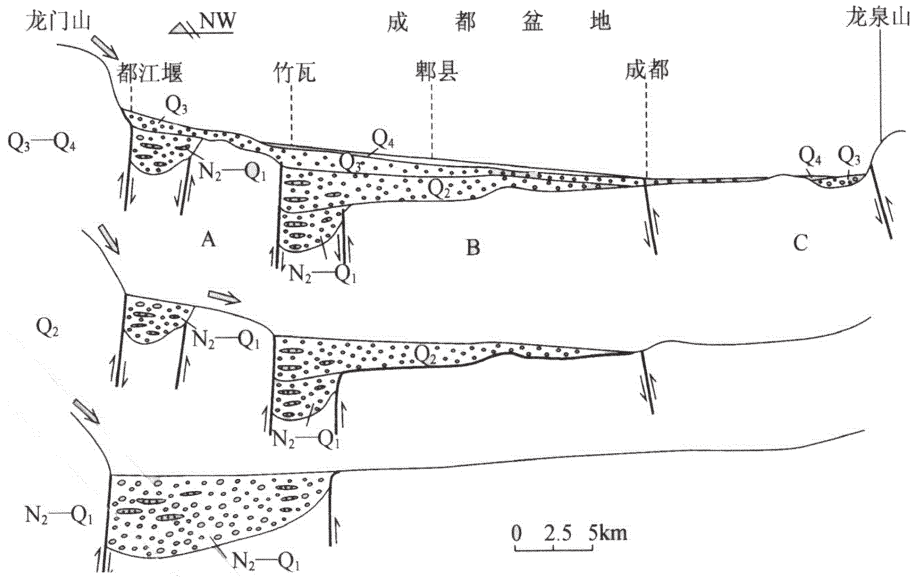


图7 成都盆地沉降中心迁移<sup>[10]</sup>

Fig.7 Migration of the depocenter in Chengdu basin<sup>[10]</sup>

用的影响,名邛台地与熊坡开始抬升,沉降中心向南迁移至洪雅、丹棱、眉山、夹江—思濛一带,沉积物随水系变化亦向南沉积,充填堆积了丹棱—思濛一带,形成丹思砾石层。无论是逆冲带和前陆盆地,都遵循龙门山幕展式的逆冲作用,每次逆冲推覆所产生的构造负荷都导致其前缘挠曲下沉形成新的成盆期,根据这一理论可划分出区内各更新统砾石层及其相应的地貌单元(图8)。

## 6 物源区及水系演化

### 6.1 物源分析

砾石的岩石成分与物质源区岩石对应。统计砾石层中砾石的成分及组合特征,是分析砾石来源的重要手段。对上述砾石统计点砾石的岩性成分统计(表2)。

从表中可以看出,区内4套更新统砾石层中砾石成分比例相似,岩浆岩占50%~70%(其中酸性岩浆岩50%、中性岩浆岩30%~40%、基性岩浆岩10%~20%)、沉积岩10%~20%、变质岩20%~40%。各砾石层中不同成分砾石的百分含量、众数相近,反映其各砾石层中砾石具有同源性。由于区内两条大河(青衣江、岷江)的物源地质环境不同,砾石中玄武岩砾石在基性岩中的统计数据具有判别物源的意义<sup>[9]</sup>,青衣江的漫滩及阶地中玄武岩统计值占基性岩50%左右,而岷江漫滩中却很少发现玄武岩。由此说明研究

区内大邑砾石层、名邛砾石层、丹思砾石层、雅安砾石层在物源上具同源性,均来源于青衣江流域上游。

砾石层中除少量砂岩外,主要以岩浆岩和少量浅变质岩为主,主要有花岗岩、闪长岩、安山岩、石英闪长岩和浅变质的石英岩,说明砾石来源于大面积的出露侵入岩、岩浆岩、变质岩出露区。

青衣江流域上游为天全河、宝兴河、荣经河,均以二郎山为分水岭,在飞仙关汇合后流入川西盆地。青衣江上游流域范围内主要包括3套杂岩体,分别为:荣经河上游的汉源杂岩,宝兴河上游的宝兴杂岩和天全河流域的紫石关杂岩<sup>[7]</sup>(图9)。紫石关杂岩多含花岗岩、花岗闪长岩、英安岩、流纹岩、玄武岩,其次含闪长岩、石英闪长岩;宝兴杂岩中花岗岩、英安岩、安山岩、玄武岩等中性岩含量较多;汉源杂岩中的酸性岩浆岩以花岗闪长岩、英安岩为主。

研究区更新统砾石层中酸性侵入岩及火山岩砾石含量较大,砾石成分组合与宝兴杂岩、紫石关杂岩主要成分比例相似。据此推断,研究区更新统砾石层中砾石主要来源于青衣江上游的天全河和宝兴河流域的宝兴杂岩、紫石关杂岩。

### 6.2 水系演化

由于研究区更新统砾石均为古青衣江的沉积产物,根据砾石及其组构特征,结合前人统计数据<sup>[2,3]</sup>,恢复研究区内更新统砾石层沉积区的古流向(图10),发现除“雅安砾石层”的古流向与现代青衣江流



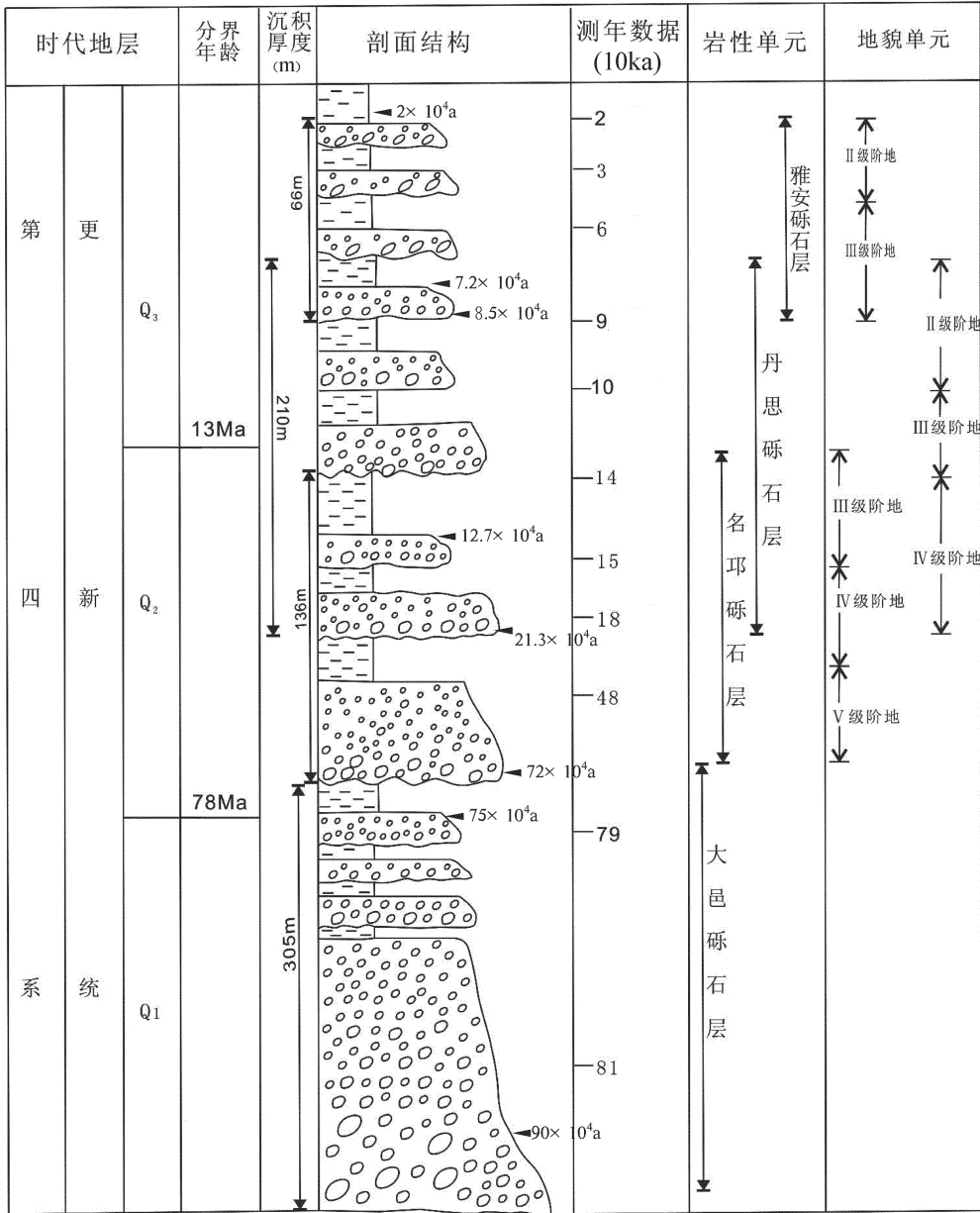


图 8 研究区垂向充填序列及相应的地貌单元

Fig.8 Vertical filling sequence and corresponding geomorphic units

表 2 砾石风化程度岩性统计(个数)

Table 2 Lithologic statistic chart of gravel's weathering extent

典型剖面	岩浆岩			沉积岩	变质岩	其他
	花岗岩、花岗闪长岩、 英安岩、流纹岩	闪长岩、安山岩、 石英闪长岩	玄武岩、 辉长岩	石英砂岩、长石石英砂岩、 粉砂岩、泥岩、硅质岩、灰岩等	石英岩、石英片岩、 板岩、片岩等	不易判断的 粘土化砾石
大兴场剖面	65	34	17	32	52	2
唐河剖面	71	51	22	19	37	1
高山坡剖面	91	53	35	82	139	3
建山剖面	60	68	26	41	105	7

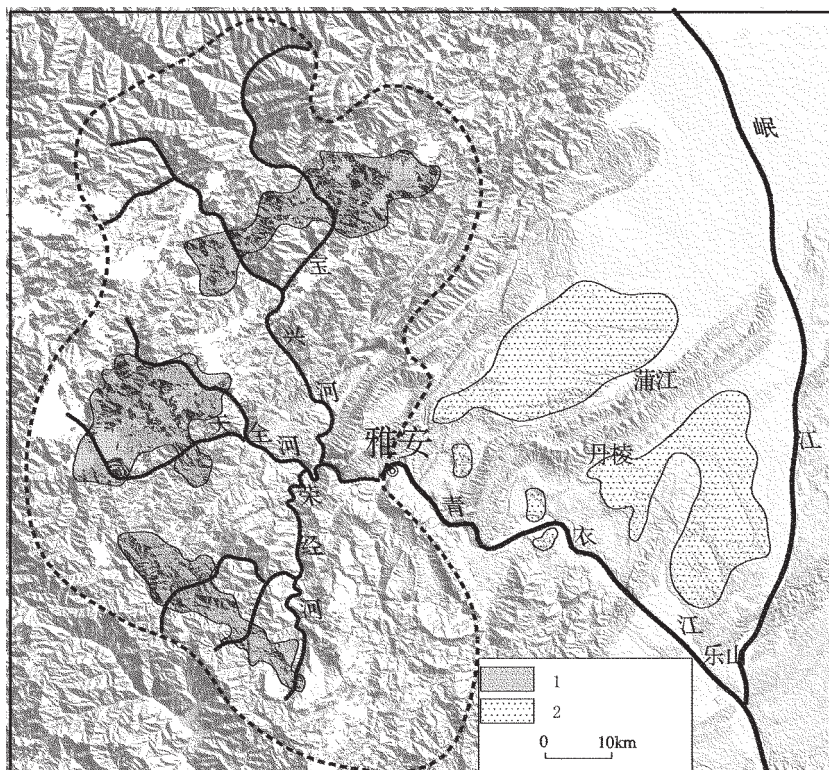


图9 青衣江流域范围及岩体分布图

1—岩体分布范围;2—更新统砾石层分布范围

Fig.9 Watershed area and distribution of rocks in Qingyi River valley

1-Distribution of rock body; 2-Distribution of Pleistocene gravel

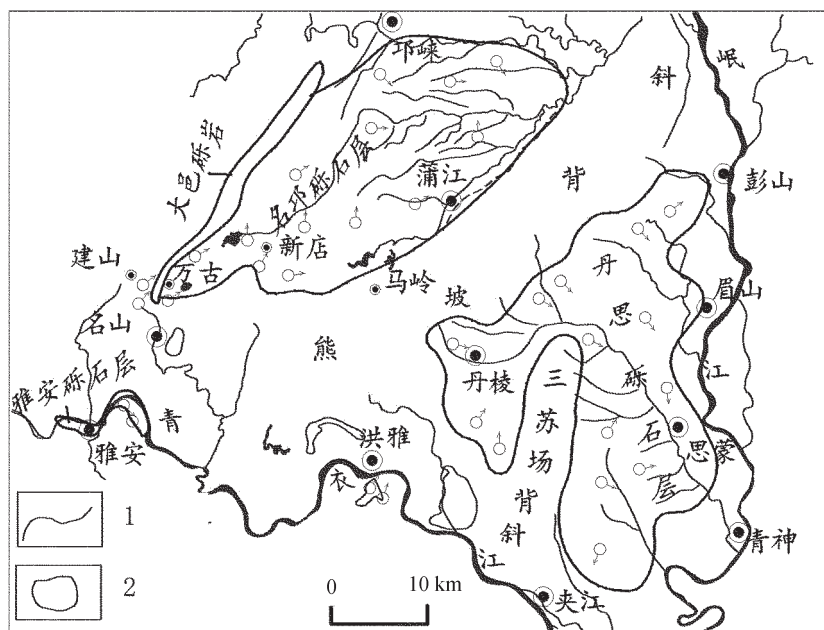


图10 古流向统计图

1—河流;2—更新统砾石层分布范围

Fig.10 Statistics of ancient flow directions

1-Stream and river; 2- Distribution of Pleistocene gravel

向相同外,建山、万古—新店地区的砾石统计显示古流向为南西流向东北,蒲江—邛崃一带砾石层所指示的古流向为由西向东;丹棱以南至三苏场背斜以北为南西流向东北,三苏场背斜以东的大量资料显示为由北向南,说明古青衣江在更新世时期经历过较大

规模的河道变迁,综合各砾石层的沉积时代和更新世以来该地区受龙门山幕冲式的影响,前陆盆地的沉降中心不断向东、南迁移的规律和熊坡背斜活动的的时间和规律<sup>[18-20]</sup>。推测古青衣江从上新世到晚更新世晚期大致可以分为 5 次大规模的变迁(图 11)。

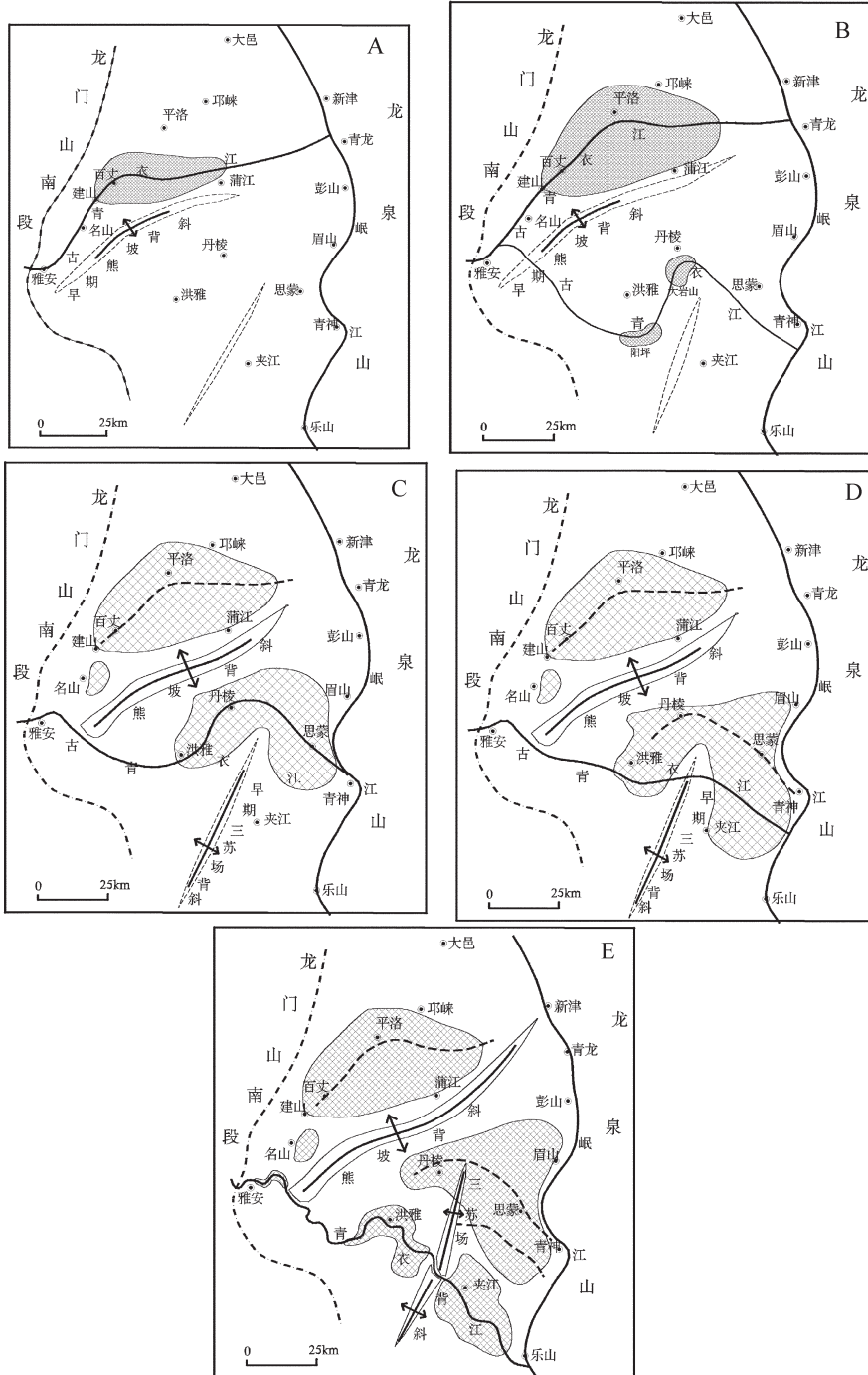


图 11 河流变迁期次推测图

Fig.11 Inferred change sequence of the Qingyi River

上新世晚期( $N_2$ )—中更新世早期( $Q_2^1$ )(A 期),盆地南缘的沉降中心位于名山及其东部地区,熊坡背斜初见端倪,古青衣江出山后在该区沉积大邑砾石层和名邛砾石层的扇根。中更新世早期( $Q_2^2$ )—中更新世中期( $Q_2^3$ ),受龙门山推覆构造的影响,盆地边缘(名山地区)抬升和熊坡背斜的隆起,受地形影响和名邛砾石层和丹思砾石层的Ⅲ—Ⅳ级阶地沉积年代上存在的交叉,推测古青衣江在该时期向南迁移的过程中在熊坡背斜南侧形成一条支流(B 期),北侧表现由南西向北东进积过程,继续在前缘沉积新的砾石层,而南侧从罗坝穿过熊坡背斜,经洪雅北侧、丹棱、思濛,在青神汇入岷江,在丹棱和阳平形成丹思砾石层的扇头。

中更新世晚期( $Q_2^4$ )—晚更新世早期( $Q_3^1$ ),继续受龙门山逆冲挤压作用的影响,盆地边缘发生大规模的掀斜,熊坡背斜快速隆起,原从名山到邛崃的南西→北东流向的古青衣江支流被迫在雅安转向南东,在洪雅、丹棱、思濛一带沉积现今丹思砾石层的主体部分(C 期)。从晚更新世晚期( $Q_3^2$ )以后,盆地南缘开始收敛,由于熊坡背斜较三苏场背斜抬升速度快,古青衣江逐渐向南偏移直到形成现今的青衣江河谷(D 期和 E 期)。其次,从上新世以来古青衣江几次大规模的迁移均在砾石层的表面形成大型古河道,而且古河道的河谷宽度比现代青衣江的要大得多。

综上所述,研究区内 4 套更新统砾石层均为古青衣江在进入盆地后不同时期、不同地点,由北向南逐渐迁移的沉积产物,其地理位置、地表形态特征差异受后期新构造运动影响所致。

## 7 初步结论

通过对雅安、名山—邛崃、丹棱—思濛地区更新统砾石层的地质地貌特征、沉积特征、砾石及组构特征、沉积时代及古生物标志、沉积物来源等多方面进行详细讨论,总结其沉积环境。初步取得以下结论:

(1) 本文对前人的命名进行清理,并结合本次调查,将研究区内更新统砾石层归纳为 4 套不同特征的更新统砾石层,分别为:“大邑砾石层”、“名邛砾石层”、“丹思砾石层”和“雅安砾石层”。并分别从砾石层出露的地理位置、分布特征、沉积环境、胶结特征、胶结物、地表形态特征、发育规律等多方面进行对比。

(2) 通过对各套砾石层的实测剖面,从沉积厚

度、沉积旋回、砾石及其组构特征等多方面对比讨论,发现区内各更新统砾石层从老到新(“大邑砾石层”、“名邛砾石层”、“丹思砾石层”、“雅安砾石层”)沉积厚度逐渐变薄,均存在多个向上变细的沉积旋回,旋回厚度逐渐变小,二元结构明显。地表形态主要呈扇状或“舌”形扇状,均存在三级以上阶地,其中,名邛砾石层存在五级阶地之多,且各砾石层拔河高度(现代青衣江)均在 100 m 以上。扇状表面河流冲沟发育,发育宽度上 1000 m 的古河道。

(3) 从砾石间填隙物 ESR 测年和孢粉组合特征分析区内更新统各砾石层的沉积时代和古气候特征。“大邑砾石层”沉积时期为上新世晚期—早更新世,“名邛砾石层”沉积时期为中更新世早期( $Q_2^1$ )开始沉积,“丹思砾石层”从中更新世中期( $Q_2^2$ )开始沉积,“雅安砾石层”为晚更新世早期( $Q_3^1$ )。确定其沉积时期古气候为温暖—潮湿气候类型。

(4) 对研究区内各更新统砾石层中具代表性的砾石成分、砾态、砾向以及粒度等进行统计,发现研究区内更新统砾石层中砾石为河流搬运所致,物源来自龙门山南段的宝兴、紫石关杂岩区。并对与沉积物密切相关的水系变化进行总结。古青衣江在上新世晚期以来曾多次发生大规模迁移,主要表现为从西向东的推移和由北向南的迁移过程。区内各更新统砾石层均为古青衣江不同时期在山前盆地中的沉积响应。

综上所述,区内 4 套更新统砾石层(“大邑砾石层”、“名邛砾石层”、“丹思砾石层”以及“雅安砾石层”)均为古青衣江在上新世晚期—更新世晚期期间,受龙门山推覆构造的影响,在前陆盆地中不同时间、不同地点沉积的具有不同特征的碎屑物。

**致谢:**在此对在本文撰写过程中给予帮助的赵兵教授、陶晓风教授、马润则教授等表示感谢!

## 参考文献(References):

- [1] 李春昱. 扬子江上游河谷之成因[J]. 地质学会志, 1934.  
Li Chunyu. Causes reaches of the the upper Yangtze River Valley [J]. Geological Association, 1934(in Chinese with English abstract).
- [2] 许仲路, 李代均, 刘亚萍. 再论雅安砾石层成因 [J]. 第四纪地质, 1976, 2:62-80.  
Xu Zhonglu, Li Daijun, Liu Yaping. On Ya'an Gravel layer Causes [J]. Quaternary Sciences, 1976, 2:62-80 (in Chinese with English abstract).
- [3] 刘兴诗. 四川盆地的第四系 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1983.  
Liu Xinshi. The Quaternary of the Sichuan Basin [M]. Chengdu:

- Sichuan Science and Technology Publishing House, 1983 (in Chinese).
- [4] 张倬元, 陈叙伦, 刘世青, 等. 丹棱-思濛砾石层成因与时代[J]. 山地学报, 2000, 18:8-16.  
Zhang Zhuoyuan, Chen Xulun, Liu Shiqing, et al. Origin and geological age of the Danling-Simong gravel Bed [J]. Journal of Mountain Science, 2000, 18:8-16 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李勇, 黎兵, Steffen D, 等. 青藏高原东缘晚新生代成都盆地物源分析与水系演化[J]. 沉积学报, 2006, 24(2):309-320.  
Li Yong, Li Bing, Steffen D, et al. Provenance analysis and drainage evolution in Late Cenozoic Chengdu basin on eastern margin of Tibetan plateau[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(2):309-320(in Chinese with English abstract).
- [6] 陶晓凤. 龙门山南段推覆构造与前陆盆地演化 [J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(1):156-164.  
Tao Xiaofeng. Evolution of nappe tectonic and foreland basin in the southern section of Longmen Mountains [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1999, 26 (1):156-164 (in Chinese with English abstract).
- [7] 刘树根, 赵锡奎, 罗志立, 等. 龙门山造山带-川西前陆盆地系统构造事件研究[J]. 成都理工大学学报, 2001, 28(3):221-230.  
Liu Shugen, Zhao Xikui, Luo Zhili, et al. Study on the tectonic events in the system of the West Longmen Mountain Sichuan foreland basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(3): 221-230(in Chinese with English abstract).
- [8] 贾东, 陈竹新, 贾承造. 龙门山前陆褶皱冲断带构造解析与川西前陆盆地的发育[J]. 高校地质学报, 2003, 9(3):402-410.  
Jia Dong, Chen Zhuxin, Jia Chengzao. Structural features of the Longmenshan fold and thrust belt and development of the western Sichuan foreland basin, Central China [J]. Geological Journal of China Universities, 2003, 9 (3):402-410 (in Chinese with English abstract).
- [9] 王飞燕. 地貌学与第四纪地质学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991:42-74.  
Wang Feiyan. Geomorphology and Quaternary Geology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1991:42-74(in Chinese).
- [10] 李勇, 周荣军, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑挤压作用的沉积响应[J]. 沉积学报, 2006, 24:153-165.  
Li Yong, Zhou Rongjun, Densmore A L, et al. Sedimentary responses to Late Cenozoic Thrusting and strike slipping of Longmenshan along eastern margin of Tibetan Plateau [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24:153-165 (in Chinese with English abstract).
- [11] 蔡雄飞, 廖计华, 蔡海磊, 等. 第四系冲、洪积物的识别标志及研究意义[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(1):10-12.  
Cai Xiongfei, Liao Jihua, Cai Hailei, et al. The identification and research significance of the Quaternary alluvial sediment [J]. Marine Geology Letters, 2007, 23 (1):10-12 (in Chinese with English abstract).
- [12] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1978:98-135.  
Chengdu Geology Institute Shanbei Team. Sedimentary Grain Size Analysis and Application[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1978:98-135(in Chinese ).
- [13] 张庆云, 田得利. 利用砾石形状和圆度判别第四纪堆积物的成因[J]. 长春地质学院学报, 1986, 1:69-65.  
Zhang Qingyun, Tian Deli. The identification of the origin of Quaternary accumulative material by shape and roundness of gravels [J]. Journal of Changchun Geological College, 1986, 1:59-65 (in Chinese with English abstract).
- [14] 吴磊伯. 粒组分析与疏松岩石结构、构造研究 [J]. 第四纪研究, 1965, 4:23-31.  
Wu Leibo. An analysis of grain size and fabric and the structure and construction study of the loose rock [J]. Quaternary Sciences, 1965, 4:23-31(in Chinese with English abstract).
- [15] 汪品先. 寻求高分辨率的古环境记录[J]. 第四纪研究, 1999, 19: 1-17.  
Wang Pinxian. Searching high-resolution paleo-environmental records: A review [J]. Quaternary Sciences, 1999, 19:1-17 (in Chinese with English abstract).
- [16] 谭明. 中国高分辨气候记录与全球变化 [J]. 第四纪研究, 2004, 24:455-462.  
Tan Ming. High-resolution climatic records of China and global change [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24:455-462 (in Chinese with English abstract).
- [17] 四川地质矿产局. 四川省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.  
Sichuan Geological and Mineral Resources Bureau. Regional Geology of Sichuan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991(in Chinese).
- [18] 李勇, 王成善, 曾允孚. 造山作用与沉积响应[J]. 矿物岩石, 2000, (2):23-31.  
Li Yong, Wang Chenshan, Zhen Yunhu. Orogeny and sedimentary response [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2000, 2:23-31(in Chinese with English abstract).
- [19] 罗志立, 龙学明. 龙门山造山带的崛起和川西前陆盆地的沉降 [J]. 四川地质学报. 1992, (1):1-17.  
Luo Zhili, Long Xueming. The uplifting of the Longmen mountain orogenic zone and the subsidence of the west Sichuan foreland basin [J]. Acta Geologica Sichuan, 1992, (1):1-17 (in Chinese with English abstract).
- [20] 郑文俊, 王伟涛, 李传友, 等. 熊坡背斜构造变形与蒲江-新津断裂活动特征[J]. 地震地质, 2008, 30:1-11.  
Zhen Wenjun, Wang Weitao, Li Chuanyou, et al. The deformation of the Xiongpo anticline and the activity of Pujiang-Xinjin fault [J]. Seismology and Geology, 2008, 30:1-11 (in Chinese with English abstract).

## The origin of the Pleistocene gravel in western Sichuan depression

CUI Zhi-qiang<sup>1</sup>, LIU Deng-zhong<sup>2</sup>, MENG Qing-min<sup>1</sup>

(1. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China;*

2. *Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

**Abstract:** Combining related materials with regional geological mapping, the authors analyzed the cause for the formation of the Pleistocene gravel strata in the light of the space-time distribution and sedimentary features. The Pleistocene gravel strata are fan-shaped and have multi-level terrace. The Pleistocene gravel is genetically of fluvial deposition, as shown in such aspects as lithologic column structure, basic sequence and fabric characteristics. The authors also probed into the deposition epochs and the paleoclimate on the basis of ESR measurement, sporopollen and filling sequence. The results have led the authors to believe that there exist four sections of Pleistocene sequence which are not only related to each other in space but also have inheritance in deposition epochs and sedimentary features. It is thus concluded that the formation of the Pleistocene sequence was completed by the river from Longmen Mountain and the deposition was carried out in different epochs on the foreland basin under the condition of warm-humid climate. Finally, the authors made inversion for the regularity of the change of the Qingyi River in the foreland basin in Pleistocene.

**Key words:** western Sichuan depression; Pleistocene; gravel strata; sedimentary features; depositional environment

---

**About the first author:** CUI Zhi-qiang, male, born in 1981, majors in regional geology and remote sensing; E-mail: cuizhiqiang@igge.cn.