

文章编号: 1000-0550(2009) 01-0137-05

雅安地区青衣江流域第四纪阶地特征分析¹

唐 熊 陶晓风

(成都理工大学地球科学学院 成都 610059)

摘 要 雅安青衣江流域阶地非常发育。通过砾石的岩性、粒度、扁平面的统计,研究区阶地砾石主要来源于青衣江上游地区,在万古场古青衣江流向由北东改为向东,在阳坪现代青衣江流向一致为东南,流速有逐渐减小的趋势。根据阶地测年和阶面相对高程分析,从早更新世至全新世本区至少有 7 次构造抬升,万古场阶地最大抬升幅度达 85 m,最大抬升速率为 0.532 mm/a,阳坪阶地抬升幅度最大达到 52 m,最大抬升速率为 1.25 mm/a。

关键词 青衣江 阶地 砾石 测年 构造抬升

第一作者简介 唐熊 男 1983 年出生 研究生 构造地质学 E-mail: tangxiong718@163.com

中图分类号 P534.63 **文献标识码** A

阶地是河流间歇性下切的产物,阶地的形成与新构造运动息息相关^[1]。阶地在其形成过程中记录下了当时的环境条件,阶地本身包含了十分丰富的信息。因此通过对阶地地貌特征、阶地的组成的分析,可以探求阶地成因、阶地形成时代的,并且能够有效地分析新构造运动。

1 研究区概况及青衣江阶地分布

研究区位于雅安市东边,主要包括名山、马岭、草坝、洪雅。此区处于龙门山推覆构造体的前陆盆地中。

一条走向大致为北西—南东的背斜即熊坡背斜穿过该区。熊坡背斜的南东主要分布是丹棱—思濛砾石层^[2]。熊坡背斜的北西主要分布是名山—邛崃砾石层(雅安砾石层),该砾石层是由古青衣江的冲积而形成^[3]。在早更新世时,古青衣江总体上是从西流向东—北东方向(如图 1),从熊坡背斜的北东端流过,在新津附近汇入古岷江^[4]。由于熊坡背斜的隆起,古青衣江逐渐改道为向东和向南东^[5]。现代青衣江从雅安流入该区,从熊坡背斜的南端流过,向东南流去,在乐山附近汇入岷江,总体从西流向东—东南方向。

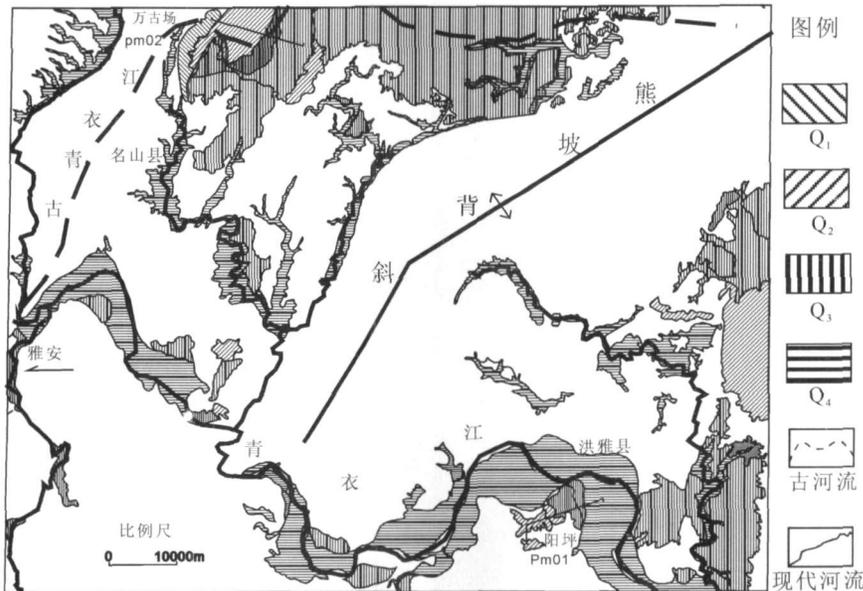


图 1 青衣江流域第四系分布图

Fig 1 Quaternary distribution of Qingyi River

¹ 四川省重点学科“构造地质学”建设基金资助项目 (SZD0408) 资助。本文所有原始资料 (除参考文献外) 均来自名山、草坝、马岭、洪雅四幅图 1:50000 区域调查。

收稿日期: 2008-01-20 收修修改稿日期: 2008-04-22

雅安地区青衣江流域第四系覆盖广泛(如图 1),沿现代青衣江和古青衣江都有第四纪砾石层的大量分布,其中阶地十分发育,保存也较为完好,多数地点都保留有 3 级以上的阶地。名山县万古场一带有一个保存完好的 4 级阶地,它位于熊坡背斜的北西即名山—邛崃砾石层中,该处的阶地是古青衣江的产物。洪雅县城南阳坪附近保存有一个多达 6 级的阶地,它位于熊坡背斜的南边,该处的阶地是现代青衣江的产物。它们都非常有代表性,因此,可以通过对这两处阶地的分析来研究雅安地区青衣江流域阶地的特征。

2 青衣江流域阶地的组成

2.1 现代青衣江阶地的组成

从图 1 可以清楚看到洪雅南阳坪附近,现代青衣江在这里有一个大转弯,而阶地就在青衣江的南岸,即河流的凸岸。这里阶地发育非常好(如图 2),从示意图上清晰地见有 6 级阶地,最新的 iv 级阶地其时代为 Q_4 ,海拔约 453 m,最老的 v 级阶地其时代为 Q_2 ,海拔约为 613 m。

iv 级阶地 (Q_4): 此级阶地在洪雅青衣江江边,是堆积阶地。下部为砾石层,上部为砂土层,是典型的二元结构谷底沉积。砾石主要成分为花岗岩、闪长岩、石英岩、辉绿岩、火山岩,次为砂岩、脉石英,砾石分选性中等,以次圆状为主,砾石为颗粒支撑,砂质充填。下层砾石砾径约为 10~20 cm,砾石具叠瓦状排列,其扁平面向为 310° 。而上层砾径约为 7~15 cm,结构比下层要细。上部为黄色中粒砂粒层,砂粒成分以石英岩为主,砂粒分选性较好,具平行层理,未固结。阶面由含有腐殖质及植物根系的灰色—灰黑色亚砂土组成。

⑤级阶地 (Q_3): 此级阶地是基座阶地,下部为砾石层,上部为砾砂层,具河流沉积二元结构。它的底部为黄色未固结砾石层,砾石成分主要为石英岩、花岗岩,其次为火山碎屑岩和砂岩,其中抗风化较弱的火山碎屑岩和砂岩已经半风化。其上为黄色—灰色

厚层砾砂层,砾石分选较差,次圆状为主,平均砾径约 10 cm。总体上来说,从下至上其结构由粗变细。

⑥级阶地 (Q_3): 此级阶地为基座阶地,其基座为古近系名山组的深砖红色中—薄层状钙质粉砂质泥岩,下部为黄灰色亚砂土层和含有少量石英质砾石的黄色亚粘土,顶部为含腐殖土及植物根系的深灰色亚粘土层。此阶地也是具有二元结构的谷底沉积。

⑤级阶地 (Q_2): 此级阶地为基座阶地,底部为风化较强的砾石层,顶部为亚粘土,具河流沉积二元结构。砾石成分主要为石英岩、花岗岩、石英砂岩和火山岩,砾石分选性中等,次圆状为主,除石英岩外大部分砾石已经风化或半风化,杂基支撑,砂泥质充填。阶面为含植物根系及腐殖土的黄色松散状亚粘土。

④级阶地 (Q_2): 此级阶地为基座阶地,基座为古近系名山组的深砖红色薄层状钙质粉砂质泥岩,下部为砾石层,顶部为亚粘土层。下部黄灰色强风化砾石层,砾石成分为石英岩、花岗岩、闪长岩、火山岩、辉绿岩,除石英岩砾石外其他大部分砾石都已经风化,砾石直径 15~25 cm 为主,砾石分选中等,次圆状为主,杂基支撑,砂泥质充填。其上为红黄色强风化砾石层,砾石直径约 15 cm 左右,砾石成分主要为石英岩、花岗岩、闪长岩、石英砂岩和火山岩,除石英岩砾石外其他大部分砾石都已经风化成泥土,杂基支撑,砂泥质充填。顶部为黄灰色亚粘土层。此阶地由下至上,结构变细,也是典型的河流沉积二元结构。

v 级阶地 (Q_2): 此级阶地为基座阶地,基座也是古近系名山组的深砖红色中—薄层状钙质粉砂质泥岩,下部为含少量砾石的黄红色亚粘土层,砾石主要成分为石英岩、花岗岩、闪长岩、石英砂岩,除石英岩半风化,其他砾石都风化成砂土。顶部为黄灰色亚砂土层,含少量砾石,砾石主要成分为石英岩、花岗岩、闪长岩。砾石风化十分强烈,绝大部分砾石都风化成砂土,连抗风化很强的石英岩也差不多完全风化。很多砾石都保持其外形,但里面都已经风化成砂土。

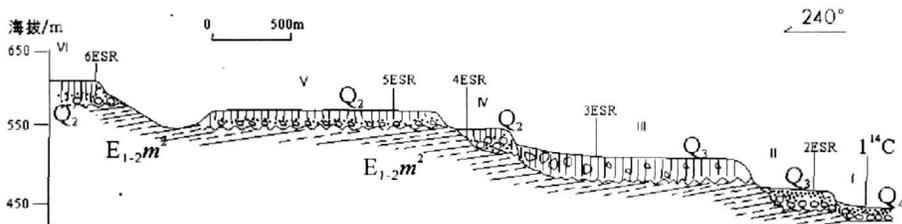


图 2 洪雅阳坪阶地剖面示意图

Fig. 2 Section plane of the Yangping terrace

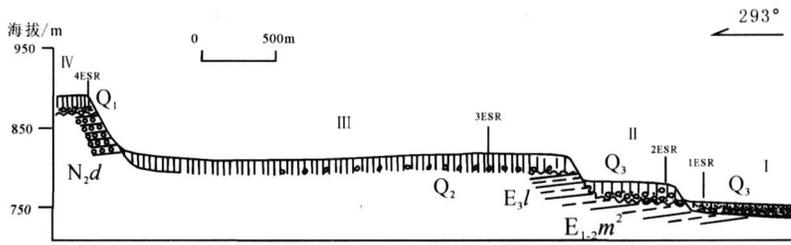


图 3 名山万古场阶地剖面示意图

Fig 3 Section plane of the Wangu terrace

2.2 古青衣江阶地的组成

此阶地位于熊坡背斜北西边的名一邛砾石层中(雅安砾石层)^[3],也就是名山县城北东的万古场乡一带。古青衣江在早更新世时曾流经名山万古场,从现在熊坡背斜的北端流过,形成了雅安砾石层。张偉元、陈叙伦^[3]、李勇^[5]等人也认为这里的砾石层是古青衣江冲积而成。这里阶地保存完好,从示意图上清楚可见有 4 级阶地,此处最新的 iv 级阶地其时代为 Q_3 ,海拔约 750 m,最老的 ④级阶地其时代为 Q_1 ,海拔约为 890 m。此阶地形成时代较早,风化较强烈。

iv 级阶地 (Q_3): 此阶地为基座阶地,基座为紫红色薄层泥质粉砂岩,水平层理发育,属于名山组二段地层。下部为砾石层,上部为含砾砂土层,典型的二元结构。下部灰—黄灰色砂砾石层,砾径 10~25 cm,砾石成分主要为石英岩、脉石英、花岗岩、闪长岩、砂岩,砾石分选差,磨圆、次圆状为主,砾石间主要为黄灰色含砾粘土物质。上部黄色含砾亚砂土层,砾石含量 15%,砾石大小一般 0.5~5 cm,砾石成分主要为石英岩、硅质岩、砂岩、花岗岩,分选较差。

③级阶地 (Q_3): 此阶地为基座阶地,基座也是名山组二段的紫红色薄层泥质粉砂岩。阶地底部为砾石层,顶部为含砾亚粘土层,具二元结构。棕黄色砂砾石层,砾石含量 80%,砾石成分主要为石英砂岩、石英岩、花岗岩、闪长岩,分选中等,以次圆—圆状为主,砾石间为砂泥质充填。砾石由下至上结构变细,含量减少。下面砾径一般 10~15 cm,上面一般只有 3~6 cm,砾石含量底部 80%,往上逐渐减少到 10%。顶部为 10 cm 厚的含植物根系亚粘土层。

②级阶地 (Q_2): 此阶地为基座阶地,基座为芦山组紫红色中厚层状泥岩,局部发育水平层理,下部为泥砾层,上部为粘土层,从下至上依结构变细。下部为棕黄色泥砾层,砾石成分复杂,含量约占 80%,分选较差,略具定向性,砾径 12~28 cm 大小,80%砾石强风化,填隙物为黄色亚砂土。中部为黄色含砾亚粘

土层,砾石含量很少,约占 5%,砾石主要为石英岩,从下至上砾径变小,砾径都小于 6 cm,略显层理。顶部为灰褐色厚层亚粘土层,含棕色网纹及植物根系。

①级阶地 (Q_1): 此阶地为基座阶地,基座为大邑组的黄灰色中砾岩,其中砾石以石英岩、砂岩为主,次为花岗岩、灰岩等。下部为黄灰色砾石层。砾石成分主要为石英岩、砂岩、火山岩、花岗岩,以圆—次圆状为主,砾石分选差,砂泥质充填。砾石风化非常强烈,石英岩都已强烈风化。由下至上砾石结构变细,含量减少。下部砾径一般 10~15 cm,上部一般 3~5 cm。顶部为黄灰色亚粘土层及粉砂质粘土。

3 青衣江阶地砾石统计

表 1 为阳坪阶地和万古场阶地的砾石统计^[4]。从砾石成分上来看,无论阳坪还是万古场各个阶地,花岗岩、石英岩、火山岩、砂岩、闪长岩加起来都占砾石组分的 90% 以上。这些砾石都来自河流上游地区,即青衣江上游的宝兴河、天全河、荣经河流域^[2]。其变质岩砾石主要来自前震旦系黄水河群,花岗岩砾石主要来自前震旦系的宝兴杂岩体,沉积岩砾石则来自龙门山泥盆系—白垩系沉积岩^[5]。粒度即砾石的体积,用公式 $V = \frac{\pi}{6} abc$ 计算,粒度主要受流速和流量制约^[2]。阳坪阶地砾石粒度从高级阶地至低级阶地呈递减规律,说明河流流速有逐渐变慢的趋势。

从风化程度上来比较,万古场阶地年代久远,因此整体上比阳坪阶地风化程度强。各个阶地中,从低级阶地至高级阶地风化程度依次增强。从磨圆度来看,两处阶地的圆和次圆状砾石都占 80% 以上,次棱状的砾石含量较少甚至为零,这为其是河流沉积提供了证据。从砾石扁平面方位上分析,阳坪阶地砾石扁平面倾向一致为西—北西,表明现代青衣江在此处流向一直为东—南。而万古场各级阶地砾石扁平面倾向不尽一致,总体倾向西南和西,可以推断出古青衣

表 1 阶地砾石统计表

Table 1 Statistics of terrace gravels

| 统计位置 | 阳坪阶地砾石 | | | | | 万古场阶地砾石 | | | |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | ㊦ | ㊧ | ㊨ | ㊩ | iv | ㊦ | ㊧ | ㊨ | ㊩ |
| 砾性 % | 花岗岩 | 26 | 28 | 14 | 12 | 22 | 14 | 10 | 16 |
| | 石英岩 | 29 | 33 | 35 | 31 | 33 | 43 | 32 | 20 |
| | 火山岩 | 17 | 14 | 17 | 11 | 15 | 4 | 35 | 31 |
| | 砂岩 | 9 | 11 | 13 | 23 | 20 | 28 | 16 | 21 |
| | 闪长岩 | 11 | 10 | 14 | 14 | 7 | 5 | 4 | 4 |
| | 其他 | 8 | 4 | 7 | 9 | 3 | 6 | 3 | 8 |
| 平均砾径 /cm | a | 11.82 | 13.16 | 18.23 | 23.19 | 16.38 | 11.67 | 24.32 | 14.06 |
| | b | 8.26 | 9.25 | 16.52 | 19.42 | 12.12 | 8.94 | 12.33 | 10.52 |
| | c | 6.04 | 7.21 | 13.87 | 16.22 | 10.18 | 6.11 | 10.97 | 8.66 |
| 粒度 /cm ³ | V | 308.4 | 459.0 | 2184.6 | 3820.3 | 1057.0 | 333.4 | 1720.4 | 669.9 |
| 磨圆度 / | 圆 | 40 | 38 | 23 | 27 | 17 | 13 | 3 | 50 |
| | 次圆 | 57 | 61 | 70 | 66 | 83 | 68 | 97 | 42 |
| | 次棱 | 3 | 1 | 7 | 7 | 0 | 19 | 0 | 8 |
| 风化程度 / | 未风化 | 20 | 17 | 17 | 13 | 30 | 1 | 21 | 4 |
| | 弱风化 | 62 | 58 | 53 | 52 | 35 | 68 | 16 | 45 |
| | 强风化 | 18 | 25 | 30 | 35 | 35 | 31 | 63 | 51 |
| 扁平面优势方位 /° | 270~ 290 | 280~ 300 | 335~ 350 | 330~ 345 | 220~ 270 | 170~ 180 | 250~ 270 | 240~ 280 | |
| 统计数 | 99 | 103 | 188 | 163 | 152 | 176 | 204 | 288 | |

江在此处的流向,从早更新世向北东改为晚更新世向东^[4],这与李勇等人的青衣江水系演化观点相吻合^[5]。

4 阶地测年及地壳抬升

阶地的形成时代以及它的抬升速率,可以通过阶地年龄测定和阶面相对高程来推断^[5]。抬升速率可用公式 $v = \frac{\Delta h}{\Delta t}$ 求得,其中 v 是抬升速率, Δh 为两阶面高程之差, Δt 为两阶地年龄之差。

4.1 古青衣江阶地

表 2 万古场阶地构造抬升速率

Table 2 Uplift rate of Wangu terrace

| 阶地 | 形成时代 | 年龄 /万年 | 测年方法 | 海拔 /m | 抬升速率 / (mm/a) |
|----|----------------|----------|------|-------|---------------|
| iv | Q ₃ | 1.1±0.1 | ESR | 750 | |
| ㊦ | Q ₃ | 11.0±1.2 | ESR | 780 | 0.303 |
| ㊧ | Q ₂ | 15.7±1.5 | ESR | 805 | 0.532 |
| ㊨ | Q ₁ | 79.1±6.0 | ESR | 890 | 0.134 |

注:测年数据均来自成都理工大学应用核技术研究所

名山万古场阶地是古青衣江所形成的阶地,其 iv 级阶地海拔 750 m,其年龄约为 11 000 a 其形成时代为晚更新世。㊦级阶地海拔 780 m,与 iv 级阶地高差约为 30 m,其年龄约为 110 000 a 其形成时代为晚更

新世,抬升速率约为 0.303 mm/a,㊧级阶地海拔 805 m,与 ㊦级阶地高差约为 25 m,其年龄约为 15 700 a 其形成时代为中更新世,抬升速率约为 0.532 mm/a,㊨级阶地海拔 890 m,与 ㊦级阶地高差达到 85 m,其年龄约为 791 000 a 其形成时代在早更新世,抬升速率约为 0.134 mm/a(表 2)。

4.2 现代青衣江阶地

表 3 阳坪阶地构造抬升速率

Table 3 Uplift rate of Yangping terrace

| 阶地 | 形成时代 | 年龄 /万年 | 测年方法 | 拔河 /m | 海拔 /m | 抬升速率 / (mm/a) |
|----|----------------|----------|-----------------|-------|-------|---------------|
| iv | Q ₄ | 0.5 | ¹⁴ C | 3 | 453 | 0.60 |
| ㊦ | Q ₃ | 3.1±0.3 | ESR | 23 | 473 | 0.769 |
| ㊧ | Q ₃ | 9.3±1.0 | ESR | 75 | 525 | 0.839 |
| ㊨ | Q ₂ | 12.9±1.4 | ESR | 100 | 550 | 0.694 |
| ㊩ | Q ₂ | 14.9±1.5 | ESR | 125 | 575 | 1.25 |
| v | Q ₂ | 26.6±3.0 | ESR | 163 | 613 | 0.325 |

洪雅阳坪青衣江河面海拔约为 450 m, iv 级阶地海拔约 453 m,拔河 3 m,用 ¹⁴C 测得其年龄为 5 000 a 其形成时代为全新世,抬升速率约为 0.60 mm/a (表 3)。㊦级阶地海拔约 473 m,拔河 23 m,用 ESR 测得其年龄约为 31 000 a 其形成时代为晚更新世,抬升速率约为 0.769 mm/a,㊧级阶地海拔约 525 m,拔河 75 m,用 ESR 测得其年龄约为 93 000 a 其形成时代为晚更新世,抬升速率约为 0.839 mm/a,㊨级阶地海拔约 550 m,拔河 100 m,用 ESR 测得其年龄约为

129 000 a 其形成时代为中更新世, 抬升速率约为 0.694 mm/a (Ⅸ级阶地海拔约 575 m, 拔河 125 m, 用 ESR 测得其年龄约为 149 000 a 其形成时代为中更新世, 抬升速率约为 1.25 mm/a v 级阶地海拔约 613 m, 拔河 163 m, 用 ESR 测得其年龄约为 266 000 a 其形成时代为中更新世, 抬升速率约为 0.325 mm/a

4.3 对比分析

名山万古阶地年代总体较老, 海拔较高, 其最新的 iv 级阶地海拔达 750 m, 时代为晚更新世, 最老的 Ⅴ级阶地海拔已达 890 m, 时代要追溯到早更新世。而阳坪阶地最新的 iv 级阶地海拔仅仅 453 m, 时代为全新世, 最老的 v 级阶地海拔也只有 613 m, 其时代是中更新世。从两组数据中可看出阳坪阶地总体抬升速率较快。阳坪阶地地壳最大抬升速率为 1.25 mm/a 万古场都阶地地壳最大抬升速率为 0.532 mm/a 其时代都处于中更新世晚期的 15 万年 ~ 11 万年, 即这段时间本区地壳抬升最快。阳坪阶地地壳抬升幅度最大为 52 m, 其抬升时间为晚更新世的 9.3 万年 ~ 3.1 万年。而万古阶地地壳抬升幅度最大为 85 m, 其抬升时间为早更新世的 79.1 万年到中更新世的 15.7 万年之间。

5 结论

(1) 研究区内阶地发育, 主要受新构造运动所制约, 绝大部分为基座阶地, 阶地堆积物中砾石具叠瓦状排列, 二元结构发育, 属典型的河流沉积。

(2) 由砾石统计分析可知: 本区砾石层是流水成因, 物源区为青衣江上游地区; 由阳坪阶地粒度分析可知, 从中更新世至今青衣江流速有变缓的趋势; 由砾石扁平度统计可知, 在万古一带古青衣江流向从早更新世向北东改为晚更新世向东, 青衣江在阳坪一带流向一致为东—东南。

(3) 由测年及构造运动分析得出各阶地形成时代及地壳抬升速率。现代青衣江的阳坪阶地地壳最

大抬升速率为 1.25 mm/a 古青衣江的万古场阶地地壳最大抬升速率为 0.532 mm/a 它们都出现在中更新世晚期的 15 万年 ~ 11 万年间。

(4) 通过地壳抬升分析, 从早更新世至全新世本区至少有 7 次构造抬升。现代青衣江的阳坪阶地抬升幅度最大达到 52m, 抬升时期为晚更新世; 古青衣江的万古场阶地抬升幅度最大达 85 m, 抬升时期为早更新世至中更新世之间。

参考文献 (References)

- 1 谢宇平. 第四纪地质学及地貌学 [M]. 北京: 地质出版社, 1998: 59-64 [Xie Yuping. Quaternary Period Geology and Geomorphology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998: 59-64]
- 2 张倬元, 陈叙伦, 刘世青, 等. 丹棱—思蒙砾石层成因与时代 [J]. 山地学报, 2002, 18: 8-16 [Zhang Zhuoyuan, Chen Xiulun, Liu Siqing, et al. Origin and geological age of the Danling-Simong gravel bed [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 18: 8-16]
- 3 张倬元, 陈叙伦, 刘世青. 论名、邛砾石层的成因 [C]// 中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集 1. 北京: 科学出版社, 1985: 87-95 [Zhang Zhuoyuan, Chen Xiulun, Liu Siqing. On the origin of boulder clay in Mingshan-Qionglai region, Sichuan Province [C]// Chinese Quaternary Period Periglacial Symposium Memoir 1. Beijing: Science Press, 1985: 87-95]
- 4 袁俊杰, 陶晓风. 四川名山—丹棱地区青衣江流域的砾石层特征及水系演化 [J]. 四川地质学报, 2008, 28(1): 6-12 [Yuan Junjie, Tao Xiaofeng. The features of gravel bed and drainage evolution in the Qingyi River Valley in Mingshan-Danling Region, Sichuan [J]. Acta Geologica Sichuan, 2008, 28(1): 6-12]
- 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(3): 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(3): 309-320]
- 6 高红山, 潘保田, 邬光剑, 等. 祁连山东段河流阶地形成时代与机制探讨 [J]. 地理科学, 2005, 25(2): 197-202 [Gao Hongshan, Pan Baotian, Wu Guangjian, et al. Age and genesis of alluvial terraces in east Qilian Mountains [J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(2): 197-202]

Analysis on Characteristics of Qingyi River Quaternary Terrace in Ya'an Area

TANG Xiong TAO Xiao-feng

(College of Earth Sciences of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract The terrace of Qingyi River is very development in Ya'an area. According to lithology, flat surface and granularity of gravel in this area, the gravel root in the upper reach of Qingyi River. The direction of ancient Qingyi River from northeast to east in Wanguchang area in Yangping area, the direction of modern Qingyi River is east-northeast all the while, the velocity has the tendency which reduces gradually. According to the terraces dating and height above sea level from early Pleistocene to Holocene Epoch, seven times tectonic uplift have taken place in Ya'an area. In Wanguchang area, the biggest uplift scope reaches 85 m, the maximum uplift rate is 0.532 mm/a; in Yangping area, the biggest uplift scope reaches 52 m, the maximum uplift rate is 1.25 mm/a.

Key words Qingyi River; terrace; gravel; dating; tectonic uplift