

东昆仑山东段北坡河流阶地发育及其与构造隆升的关系

王岸, 王国灿, 向树元

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 河流系统的发育往往能反映相关地质作用的细节. 对东昆仑山东段北坡众多河流阶地及其沉积物的研究表明, 该区在早更新世晚期昆仑—黄河运动之后形成的东西向盆岭相间的地貌特征奠定了早期河流为东西向外流水系的基础; 中更新世晚期以来的又一次强烈构造抬升事件——共和运动, 导致昆仑山北坡各主要河流迅速溯源侵蚀发展, 伴随河流袭夺而形成现今的水系格局; 晚更新世晚期存在一段相对较长的构造稳定期, 河谷普遍发生堆积作用, 形成分布广泛且厚度较大的晚更新世冲积层; 接近全新世以来构造运动频繁而隆升的幅度趋于减弱, 形成了5级河流阶地, 并且阶地的发育类型普遍为以高级阶地(T_5)为基座的上叠阶地, 河流至今未能切穿晚更新世稳定期形成的厚冲积层.

关键词: 河流阶地; 构造隆升; 东昆仑山东段.

中图分类号: P548 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2003)06-0675-05

作者简介: 王岸(1980—), 男, 现在中国地质大学(武汉)研究生院攻读构造地质学专业硕士学位, 主要从事构造地貌研究.

关于东昆仑地区第四纪的研究目前已积累了较多的资料, 具有代表性的是崔之久等^[1,2]、李吉均等^[3]在昆仑山垭口地区的第四纪研究; Wu等^[4]根据昆仑山口一带的第四纪沉积地层序列和年代分析研究了昆仑山口地区的第四纪地貌演化, 强调了早中更新世之交的昆仑—黄河运动对奠定东昆仑地区现代地貌格局的重要意义; 最近, 王国灿等^[5,6]也探讨了东昆仑地区的成山作用过程, 提出东昆仑地区山系成型于第四纪, 且成山作用在时间上由北向南迁移; 向树元等^[7]阐述了东昆仑东段与地貌演化相适应的水系变迁过程和演化趋势. 诸多研究表明, 早更新世早期, 东昆仑山并未突起于高原面之上^[4~7], 据Wu等^[4]和崔之久等^[8]的研究, 东昆仑山在早更新世达到第一临界高度1500 m, 早更新世晚期的“昆仑—黄河运动”后达第二临界高度3000 m, 区域性盆岭地貌特征主要是在昆黄运动后迅速成型, 并

逐渐演化为现代山(昆仑山)盆(柴达木盆地)间达2000~3000 m^[8]的相对高差幅度.

从该区众多研究成果来看, 多数研究是从地层剖面中的沉积记录入手, 着重从气候与沉积环境方面分析它们与高原隆升的关系, 研究时间段主要集中在早、中更新世及上新世, 而对于晚更新世以来的研究相对较少. 东昆仑山地区众多中、晚更新世以来的河流及其阶地为深入刻画东昆仑地区乃至青藏高原的构造隆升特点提供了丰富的基础材料. 本文重点对东昆仑山北坡发育的格尔木河、诺木洪和哈图等主要河流水系的河流沉积和阶地发育特点进行了研究和对比, 从河流阶地发育的角度探讨该区中更新世晚期以来的构造隆升.

1 东昆仑东段北坡河流及其阶地特点

本研究涉及东昆仑东段北坡发育的4条主要河流, 分别为格尔木河、诺木洪、哈图以及加鲁河, 4条河流水系具有一定共性, 同时又有各自的特点. 呈南北流向的格尔木河是由上游近东西向的昆仑河和雪

收稿日期: 2003-05-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40072062); 中国地调局1:25万阿拉克湖幅区域地质调查项目(No. 19991300004021); 中国地调局1:25万库赛湖幅、不冻泉幅区域地质调查项目(No. 200313000005); 国家地质学理科基地基金.

水河(舒尔干河)2条主流相向汇合而成,横穿布尔汗布达山主脊后汇入柴达木盆地;加鲁河的特征几乎与之相同,其上游的红水河、托索河东西相向汇合成加鲁河,然后转向北穿过布尔汗布达山而流入柴达木盆地;诺木洪和哈图规模较小,尤其是哈图,其上游水系分支至今仍徘徊于布尔汗布达山北坡。从水系发育角度来看,东昆仑山北坡发育的水系具有东西向继承和南北向发展的特征,东西向继承性缘于该区一系列中更新世以来强烈活动的断裂^[2],南北向发展则是宏观上受早更新世以来南侧东昆仑山的隆升与北侧柴达木盆地的相对下降所形成的巨大地貌反差控制。研究区河流系统的发育显示出其受第四纪以来地貌的形成和演化控制,并与构造隆升活动之间存在一定的耦合关系。

1.1 加鲁河及其河流阶地特点

在 1999 年完成的 1:25 万冬给措纳湖幅区域地质调查中,李长安等^[9,10]获得了有关加鲁河河流阶地发育的一些新资料。加鲁河上游的 2 条支流红水河和托索河发源于布青山北侧,南与黄河源区的两湖遥相呼应,布青山为南部两湖与北部加鲁河水系的分水岭,加鲁河流域第四纪河流沉积始于中更新世,最高级河流阶地(T_5 阶地)主要分布在托索河等河谷中,为一套黄色—灰白色的厚层砾石层夹砂层,砾径具有较好的分选性,1~6 cm 的砾石占 60% 以上,磨圆度以圆及次圆为主,而加鲁河、托索河、红水川河谷中发育的 T_4 及其以下的各级阶地冲积物为一套浅黄—灰黄色砾石层、砂层和亚砂土组合,具二元结构特征,砾石磨圆中等,以次棱、次圆为主,分选一般^[10]。特别值得注意的是,托索河中 T_5 阶地的冲积砾石的叠瓦状构造产状为 $310^\circ \sim 340^\circ \angle 30^\circ$,指示的古托索河流向为由西向东,与现代托索河的流向正好相反^[9],体现在中更新世时期由于北部布尔汗布达山和南侧的马尔争—布青山的成型,其间的红水川—托索河谷地曾存在一条统一的由西向东流的河流。据研究,加鲁河在穿越布尔汗布达山河段内的高阶地上部亚砂土年龄为 $(113 \pm 7.8) \text{ka}$ ^[9],说明加鲁河在布尔汗布达山河段内向北溯源侵蚀的时间发生在中更新世晚期,其直接结果是袭夺了原统一东流的古红水河—古托索河东西向河流。

1.2 哈图及其河流阶地特点

哈图位于加鲁河以西约 50 km,发育于布尔汗布达山北侧,主体呈南北流向。哈图与加鲁河上游分支红水河的分水岭位于二者之间的布尔汗布达山主

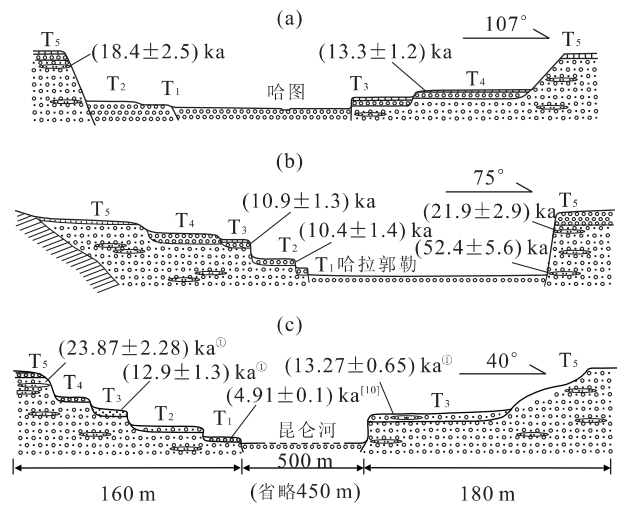


图 1 东昆仑东段部分河流阶地剖面

Fig. 1 Some river terrace sections in north slope of eastern Kunlun Mountains

a. 哈图; b. 诺木洪哈拉郭勒; c. 昆仑河

脊,现今哈图上游分支仍然位于山体主脊北侧,尚未切穿布尔汗布达山。晚更新世以来,哈图地区发育有 5 级阶地(图 1a),其中 T_5 阶地是堆积阶地,海拔 40~50 m,沉积厚度大,可见最大厚度大约为 50 m,且分布面积广。顶部砂层的 OSL 年龄为 $(18.4 \pm 2.5) \text{ka}$ 。其他阶地均为以 T_5 阶地沉积为基座的上叠阶地, T_4 、 T_3 阶地海拔分别为 13~15 m 和 8~9 m,冲积物均具有二元结构,下部为灰黄色砾石层,砾石成分复杂,往往具有明显的叠瓦状构造,上部为灰黄色粉砂层,具水平层理, T_4 阶地 OSL 测年为 $(13.3 \pm 1.2) \text{ka}$ 。

1.3 诺木洪及其河流阶地特点

诺木洪与加鲁河水系分布格局较为一致,上游由东西向的 2 条支流相向汇合而成,然后向北切过布尔汗布达山主脊而流入柴达木盆地。诺木洪同样发育有 5 级阶地,上游东侧哈拉郭勒支流剖面(图 1b)表明,与哈图相同, T_5 阶地是堆积阶地,海拔为 40~50 m,沉积厚度大且分布面积广,组成以灰黄色砂砾石层为主,夹有粉砂层,砂砾石层的砾石磨圆呈次圆—次棱角状,分选性中等,砾石扁平面总体呈顺层排列。 T_5 阶地顶部砂层 OSL 年龄为 $(21.9 \pm 2.9) \text{ka}$,可见的最下部层位 OSL 年龄为 $(52.4 \pm 5.6) \text{ka}$,说明哈拉郭勒 5 级阶地都是晚更新世晚期以来的产物。 T_5 以下各级阶地也都是以 T_5 阶地沉积为基座的上叠阶地,其中 T_4 、 T_3 的河拔分别为

①青海省地调院,1:5 万青海省食宿站幅区域地质调查报告,2003。

24~30, 20~22 m, 沉积都以砾石层为主, 局部夹有透镜状粉砂, 砾石局部发育叠瓦状构造, T_3 阶地的 OSL 年龄为 $(10.9 \pm 1.3) \text{ka}$ 。

1.4 昆仑河—格尔木河及其河流阶地特点

昆仑河大致位于格尔木市南 60 km, 是格尔木河上游的分支, 格尔木河在中上游的昆仑桥附近分为两支, 西支为发源于野牛沟的昆仑河, 东支为发源于秀沟的雪水河(舒尔干河)。昆仑河的阶地在野牛沟沟口东侧的三岔河大桥(图 1c)至纳赤台一带发育最好, 共发育 5 级阶地, 其中 T_5 阶地是堆积阶地, 河拔约为 52 m, 沉积厚度巨大, 在整个昆仑河地区都可进行空间对比, 其他各级阶地都上叠于 T_5 阶地之中。三岔河大桥北岸以及纳赤台和大干沟等地的野外考察显示, T_5 阶地的沉积物在空间上十分稳定, 从顶部至可见底部是一套灰黄色砂、砾石层夹透镜状粉砂层, 具辫状河沉积特征, 砾石往往具有叠瓦状构造, 磨圆、分选特点显示砾石具有近源特征。

综上所述, 各河流阶地特点显示一定的共性, 即均发育 5 级河流阶地, 其中 T_5 阶地均为堆积阶地, 沉积厚度较大, 一般 40~50 m, 且分布宽广, 形成时间一致, 为晚更新世产物, 体现出当时东昆仑东段是在构造背景较为稳定的辫状河的沉积环境中形成的。其余各级阶地均是以 T_5 阶地沉积为基座的上叠阶地, 反映 T_5 阶地形成后有频繁的构造活动, 但垂向活动性并不大。

2 构造隆升对河流的控制作用

2.1 昆仑—黄河运动对河流的控制作用

诸多的研究成果显示, 昆仑山的成山作用始于早更新世^[4~9, 11]中期, 并在早更新世晚期达到最盛。在阿拉克湖—托索湖一带, 早更新世中期布尔汗布达山南坡的沉积从湖三角洲相转为山前冲洪积相, 说明此时布尔汗布达山出现了较大的地貌反差, 体现了青藏运动 C 幕在该区的沉积响应^[7], 布尔汗布达山的凸现揭开了东昆仑地区的盆岭构造格局形成的序幕; 到早更新世晚期, 南部的马尔争—布青山崛起, 沿昆南断裂进一步活动, 阿拉克湖—红水川—托索湖谷地进一步断陷陷落, 东昆仑地区东西向的盆岭构造基本形成。在昆仑山垭口地区也有类似的构造和沉积响应, 早更新世早期昆仑山垭口地区的沉积以湖相层为代表, 未发现规模较大的河流冲积层^[4], 反映了当时地貌总体上差异不明显; 早更新世

晚期该区沉积从湖相的羌塘组(2.5~1.1 Ma)过渡到三角洲相的平台组(1.1~0.7 Ma), 而不整合上覆的冰碛物——望昆冰碛层(0.7~0.6 Ma)的出现则说明晚更新世早期昆仑山已抬升到新的高度^[7]。这些沉积记录都说明早更新世晚期—晚更新世早期发生了一次重大构造事件——昆仑—黄河运动^[2]。

研究区沉积记录体现出早更新世晚期形成的盆岭地貌格局对水系的发展产生了深刻影响。沿昆南断裂分布的一系列东西向谷地中普遍发育中更新世以来巨厚河流相冲积层, 如广泛分布于东、西大滩、昆仑河谷的三岔河组, 其底部的形成年龄为 $(355.26 \pm 28.4) \text{ka}$ ^[4], 据物探资料, 西大滩谷地中的中更新世沉积厚度达 300 m; 托索湖东西两侧谷地中巨厚的冲积层, 其中部砂层的形成年龄为 $(494 \pm 50) \text{ka}$ ^[9], 体现了昆仑—黄河运动使得北为布尔汗布达山、南为马尔争—布青山的盆岭构造形成之后, 布尔汗布达山南坡河流的发育受盆岭构造的控制, 为由西向东流的外流水系, 布尔汗布达山南北两侧水系此时仍为布尔汗布达山主脊分水岭所分隔, 彼此独立, 其南部受山体限制, 可能发育一条分布于现今的昆仑河、东、西大滩至加鲁河上游主分支红水川及托索河一线的一条东流的贯通大河, 沿托索河 T_5 阶地中更新世冲积砾石的叠瓦状构造所显示的古水流流向与现代河流流向相反是一佐证。

总之, 昆仑—黄河运动造成整个东昆仑地区的地貌和水系发生了重大的转折, 出现强烈的地貌反差, 东西向的盆岭格局基本成型, 并导致了高原水系由原内陆湖泊盆地的无序水系转化为受东西向山盆地地貌格局控制的东流水系。

2.2 共和运动对河流的控制作用

昆仑—黄河运动之后的中更新世形成的自昆仑河、东、西大滩—阿拉克湖—红水川—托索河一线的东西向贯通河流水系格局与现代水系格局还存在较大的差异, 一方面, 昆仑—黄河运动之后形成的盆岭地貌对水系的影响深刻, 难以改变; 另一方面, 当时的东昆仑山和柴达木盆地之间的地貌反差还不足以使柴达木内流河南北向特征迅速体现, 现代东昆仑山北坡内陆水系都已越过布尔汗布达山主脊到达南坡, 如加鲁河、诺木洪和格尔木河, 那么究竟是什么原因使得中更新世之后的水系又发生了重大调整? 笔者研究表明, 发生在中晚更新世之交的共和运动对此起着决定性的作用。(1)东昆仑北坡沿各主要河流广泛发育的 T_5 阶地沉积的可见沉积厚度一般都

在 50 m 左右,且都很宽广,并且为其他各级阶地的基座(图 1),说明在 T_5 堆积物形成之前存在因强烈构造抬升而产生的河流深切阶段,否则难以形成如此宽深的河谷. 诺木洪哈拉郭勒所出露的 T_5 阶地沉积最下部沉积物的 OSL 年龄为 $(52.4 \pm 5.6) \text{ ka}$, 阿拉克湖地区最老的阶地年龄为 $(86.6 \pm 9.5) \text{ ka}$, 强烈的下蚀作用(无沉积期)应在此之前,对应于中更新世晚期至晚更新世初期的共和运动时期. (2) 加鲁河上游东支托索河中更新世的砾石沉积所反映的古河流流向为由西往东,与现代流向相反,切穿布尔汗布达山段的加鲁河高阶地热释光年龄为 $(113.0 \pm 7.8) \text{ ka}$ ^[9],反映了加鲁河袭夺中更新世的外流水系的时间也在中更新世晚期至晚更新世初期,中更新世的东西向外流水系于中更新世末期结束之后,现代的水系格局就基本定型,而这一转折时间与共和运动时间相吻合. (3) 阿拉克湖扎木吐地区发现的晚更新世地层角度不整合于中更新世地层之上^[7],进一步说明在中晚更新世之交的短时间内发生强烈的构造运动.

由此看来,共和运动在进一步加剧东昆仑地区山(昆仑山)盆(柴达木盆地)地貌差异的同时,也增强了昆仑山北坡的各主要河流的侵蚀活力,促使昆仑山北坡的河流加鲁河、格尔木河、诺木洪哈拉郭勒向布尔汗布达山主脊挺进,并切穿主脊,袭夺了原昆仑河、东、西大滩—阿拉克湖—红水川—托索河的东西向外流水系,而形成现代水系格局. 大约 $52.4 \sim 18.4 \text{ ka}$ 的晚更新世晚期,东昆仑东段为共和运动之后的一段构造相对稳定期,在这段时间,昆仑山北坡的河流广泛发生沉积作用,形成了该区广布于河谷中的巨厚晚更新世河流冲积层(T_5 阶地堆积物),对昆仑河流域较大范围内的考察显示, T_5 阶地物的沉积特征在横向和纵向上都比较稳定,比较诺木洪、哈图等,可以看出 T_5 阶地堆积物的沉积都在这段时期,说明东昆仑地区此时的构造稳定具有区域一致性. 从图 1 中昆仑河、诺木洪哈拉郭勒和哈图等河流 T_5 阶地顶部和各低级阶地的形成年龄来看,东昆仑北坡河流普遍是在 18.4 ka 以后开始发育多级阶地,显示了接近全新世以来东昆仑地区构造活动频率加强的间歇性抬升特征,但看来幅度并不大,因为形成的 T_4 、 T_3 、 T_2 、 T_1 4 级阶地均是以 T_5 为基座的上叠阶地,后期河流都未能切穿晚更新世 T_5 阶地冲积层.

综上所述,早更新世晚期昆仑—黄河运动之后,

东昆仑地区在盆岭构造的控制下形成了东西向的外流水系,布尔汗布达山主脊分水岭使得外流水系与柴达木内流水系彼此独立;中更新世晚期至晚更新世初期的共和运动使昆仑山北坡水系切穿布尔汗布达山分水岭,形成了现今的水系分布,原东西向外流水系被昆仑山北坡水系袭夺而成为柴达木内流水系的一部分;广泛发育的 T_5 阶地厚的河流相冲积层代表了共和运动之后的一段稳定堆积时期;接近全新世以来构造间歇性的抬升具有频率加强而幅度不大的特征,河流普遍发育 5 级阶地.

参考文献:

- [1] 崔之久,伍永秋,葛道凯,等. 昆仑山垭口地区第四纪环境演变[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 54—61. CUI Z J, WU Y Q, GE D K, et al. Environmental change of Kunlun pass area since Quaternary [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1999, 19(1): 54—61.
- [2] 崔之久,伍永秋,刘耕年,等. 关于“昆仑—黄河运动”[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(1): 53—59. CUI Z J, WU Y Q, LIU G N, et al. On Kunlun-Yellow River tectonic movement [J]. Science in China (Series D), 1998, 28(1): 53—59.
- [3] 李吉均,方小敏,马海洲,等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 316—322. LI J J, FANG X M, MA H Z, et al. Geomorphological and environmental evolution in the upper reaches of the Yellow River during the Late Cenozoic [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(4): 316—322.
- [4] Wu Y Q, Cui Z J, Liu G N, et al. Quaternary geomorphological evolution of the Kunlun pass area and uplift of the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau [J]. Geomorphology, 2001, (36): 203—216.
- [5] 王国灿,侯光久,张克信,等. 东昆仑东段中更新世以来的成山作用及其动力转换[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(1): 4—12. WANG G C, HOU G J, ZHANG K X, et al. Mountain building and its dynamic transition since Middle Pleistocene in east of eastern Kunlun, northeast Tibet plateau [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(1): 4—12.
- [6] 王国灿,吴燕玲,向树元,等. 东昆仑东段第四纪成山作用过程与地貌变迁[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2003, 28(6): 583—592. WANG G C, WU Y L, XIANG S Y, et al. Mountain

- building processes of eastern Kunlun Mountains during Quaternary [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2003, 28(6): 583—592.
- [7] 向树元, 王国灿, 林启祥, 等. 东昆仑阿拉克湖地区近2 ka 以来风成沙沉积的气候变迁记录[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2003, 28(6): 669—674.
- XIANG S Y, WANG G C, LIN Q X, et al. Climate variance record of aeolian sand in recent 2 ka, Alakehu area, eastern Kunlun Mountains [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2003, 28(6): 669—674.
- [8] 崔之久, 高全洲, 刘耕年, 等. 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升[J]. *中国科学(D辑)*, 1996, 26(4): 378—386.
- CUI Z J, GAO Q Z, LIU G N, et al. Planation surfaces, palaeokarst and uplift of Xizang (Qinghai-Xizang) plateau [J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 26(4): 378—386.
- [9] 李长安, 殷鸿福, 于庆文. 东昆仑山构造隆升与水系演化及其发展趋势[J]. *科学通报*, 1999, 44(2): 211—213.
- LI C A, YIN H F, YU Q W. Evolution of drainage systems and its developing trend in connection with tectonic uplift of eastern Kunlun Mt. [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(2): 211—213.
- [10] 李长安, 骆满生, 于庆文, 等. 东昆仑晚新生代沉积、地貌与环境演化初步研究[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1997, 22(4): 347—350.
- LI C A, LUO M S, YU Q W, et al. A preliminary study on sediment, geomorphology and environmental evolution of Late Cenozoic in eastern Kunlun [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1997, 22(4): 347—350.
- [11] 李长安, 殷鸿福, 于庆文, 等. 昆仑山东段的构造隆升、水系响应与环境变化[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1998, 23(5): 456—460.
- LI C A, YIN H F, YU Q W, et al. Tectonic uplift, water system response and evolution in the eastern part of the Kunlun Mountains [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1998, 23(5): 456—460.

Characteristics of River Terraces in North Slope of Eastern Kunlun Mountains and Their Relationship with Plateau Uplift

WANG An, WANG Guo-can, XIANG Shu-yuan

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The study on the drainage system in the north slope of the eastern Kunlun Mountains indicates that the E-W trending basin-mountain geomorphology was formed after the Kunlun-Yellow River tectonic movement. This tectonic movement established the early stage of drainage system in which the main river developed along the E-W direction valley. Another important tectonic event, Gonghe tectonic movement, occurred between the Middle Pleistocene and Late Pleistocene, caused the N-S direction rivers to erode quickly southward and capture the drainage system of early stage, when the framework of present drainage pattern was also formed. Then, there was a relatively stable stage during Late Pleistocene. A sequence of thick and large-scale sediments of T₅ aged between 52.4 ka and 18.4 ka deposited along most of the rivers during this stage. Since 18.4 ka, the tectonic events in the area have been frequent but with limited intensity. Besides, five terraces were developed after 18.4 ka. The later terraces were upper-overlapping the fifth terrace and did not cut through the deposits of the fifth terrace.

Key words: river terrace; tectonic uplift; eastern Kunlun Mountain.