

# 西昆仑山前晚新生代构造活动与青藏高原 西北缘的隆升

王 永<sup>1</sup> 李德贵<sup>2</sup> 肖序常<sup>1</sup> 迟振卿<sup>1</sup> 闵隆瑞<sup>1</sup> 王 军<sup>1</sup> 王彦斌<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. “中央研究院”地球科学研究所, 台湾 台北)

**摘要:**西昆仑山前晚新生代地貌与沉积特征记录了西昆仑山及青藏高原西北缘的隆升过程。利用沉积学、地貌学、古地磁研究结果,对西昆仑晚新生代构造活动进行了探讨。约 25 Ma,西昆仑山前沉积面貌发生显著变化,反映西昆仑山整体开始隆升;约 5 Ma 时,西昆仑山前磨拉石发育,表明西昆仑山开始快速隆升。古地磁结果表明:始新世—中新世西昆仑有显著的旋转运动,而第四纪以来水平挤压造成的垂直运动为主,没有明显的旋转运动。河流阶地发育显示,西昆仑地区约在 1.2 Ma 时河流下切开始形成阶地,第四纪中晚期以来西昆仑地区构造抬升幅度与频率加快,全新世中期(约 5 kaB.P.)有一次快速隆升过程。

**关键词:**西昆仑;晚新生代;青藏高原;隆升

**中图分类号:**P546 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)01-0041-07

黄汲清<sup>[1]</sup>关于青藏高原及其邻区上新世—更新世磨拉石建造的研究,对探讨高原隆起的时代、幅度和速度等方面起到了指导作用,并成为该地区新构造研究的经典性成果。至今仍为多数研究者所引用。但限于技术方法及测年手段的限制,未获得关于新生代高原隆升的绝对年代资料。

关于青藏高原隆升,过去的研究<sup>[2-9]</sup>主要集中在高原本部及东部长时间尺度的隆升阶段上。实际上,青藏高原在晚新生代后期隆升事件趋于频繁,隆升速率也有加快的趋势,而这些次一级的隆升事件的深入研究,对揭示高原隆升的详细过程具有重要意义。作为青藏高原西北边界的西昆仑山,其山麓带地貌与沉积特征记录了青藏高原西北缘晚新生代构造活动与环境演变的重要信息,成为高原隆升研究的理想场所。

通过对西昆仑山前晚新生代沉积特征及发育的河流阶地系列所反映的青藏高原西北缘隆升事件进行分析,探讨晚新生代以来构造隆升过程的细节,对了解高原隆升机制具有重要意义。笔者试图应用古地磁研究结果,结合地貌、地层与沉积学证据对西昆仑晚新生代以来的构造活动进行初步探讨,揭示青藏高原西北缘的隆升过程。

## 1 晚新生代构造活动的主要表现

### 1.1 构造抬升和相应的凹陷作用

西昆仑山山前地带主要为不同构造单元的分界所在,是西昆仑山与塔里木两大构造块体之间的结合部位。沿西昆仑山山前广泛分布着隆起带和凹陷带。隆起带平均海拔 3 000~5 000 m,多由被抬升的前寒武纪—古生代地层和岩体所组成,地形变化较大;山前凹陷带,平均海拔 1 000~1 500 m,为挤压背景下的前陆盆地,在横剖面上具有明显的不对称性。晚新生代以来西昆仑山体急剧隆升,而山体北部的拗陷区发生显著下降,在山前堆积了巨厚的沉积,奠定了现代昆仑山的基本地貌格局。

### 1.2 褶皱与活动断裂

西昆仑山北麓晚新生代褶皱强烈,形成具有一定隆起幅度的背斜构造。在中巴公路奥依塔格桥头,可见渐新世至中新世地层发生倒转,老地层覆盖在新地层上。沿西昆仑山山前发育褶皱—断裂带,大型叠瓦状冲断—褶皱构造沿山麓带分布,褶皱形态呈不对称状。沿山前断裂带前中生界普遍逆冲在新生代地层之上。叠瓦状逆冲断裂均发育在铁克里克断裂

收稿日期:2004-12-24;改回日期:2005-06-29

基金项目:国家自然科学基金项目(40302027)、中国地质调查局地质大调查项目(200313000059)和国土资源部青藏高原专项(200102010402)共同资助。

作者简介:王永,男,1968年生,研究员,从事第四纪地质学与新构造研究;E-mail:wangyong@cags.net.cn。

以南的区域,地表主要由前中生界组成,构成多个断块。由多条逆断裂组合成构造带,前中生界被冲断形成残缺不全的背斜,局部逆冲到新生界之上。

西昆仑山前活动断裂发育,大多数是与山体走向一致的纵向断裂(图1)<sup>[7]</sup>,不仅断裂面与晚新生代地层接触,甚至使第四纪地层受到变形或超覆,而且在断裂带上近代有一系列大地震发生,显示出断裂带近期的剧烈活动性<sup>[8]</sup>。

主要的活动断裂有:

(1)喀喇昆仑断裂

西起帕米尔,向东经过中巴公路,至新疆与西藏交界,全长4000km。走向NW,倾向S,倾角较陡,为右旋走滑,形成于燕山期,为喀喇昆仑与昆仑山的分界断裂。

(2)康西瓦断裂

走向NWW,倾向SSW,倾角70°~80°,为逆冲性质,麻扎—康西瓦一带发育。形成在古生代,错动晚新生代地层,显示出断裂明显活动的特点。在新藏公路康西瓦一带第四纪玄武岩沿该断裂侵入。

(3)西昆仑北缘断裂(铁克里克断裂)

主要为逆冲作用和左旋走滑运动,走向NW—EW。前寒武纪—古生代地层由南向北呈叠瓦状逆冲推覆在塔里木盆地新生代沉积物之上,在山前形成前陆凹陷,在叶城一带新生代沉积厚度达12000m。该断裂为区域性古生界与中新

界的分界断裂,沿断裂带新生代地层发生褶皱变形,表现出显著的活动性。

从褶皱与断裂活动所涉及的地层和构造关系可以看出,这些构造运动与西昆仑山的隆升在新生代表现出明显的活动性。

1.3 地震与火山活动

本区地震活动强烈,主要沿断裂带发生,已发生破坏性地震( $M_s \geq 7.0$ )十余次<sup>[8,9]</sup>。晚新生代以来西昆仑地区普遍存在火山活动,其中于田普鲁火山岩时代为1.1~1.4Ma,阿什库勒火山岩时代为0.2~2.8Ma(K-Ar法)<sup>[10]</sup>,大红柳滩火山岩时代为0.28Ma(TL法),泉水沟火山岩时代为3.3Ma(K-Ar法)<sup>[11]</sup>。显示晚新生代以来西昆仑山火山活动的显著性。

2 西昆仑晚新生代构造活动的主要证据

2.1 晚新生代地层与沉积特征

区内新生代地层分布较广泛,但由于所处地理位置的不同,其沉积特征在区域上存在差异。西昆仑山前古近纪普遍为浅海—海陆过渡相沉积环境,直到渐新世末期(约25Ma)才结束海相沉积历史<sup>[12,13]</sup>,沉积面貌发生显著变化。沉积组合具有相变快、沉积厚度大等特点。中新世以来,西昆仑北麓盆地扩张,以河湖相,尤其是河流相沉积为主。上新世时(约5Ma),沉积物为土黄、浅褐色为主的泥岩、砂岩、砾岩互层,上部砾

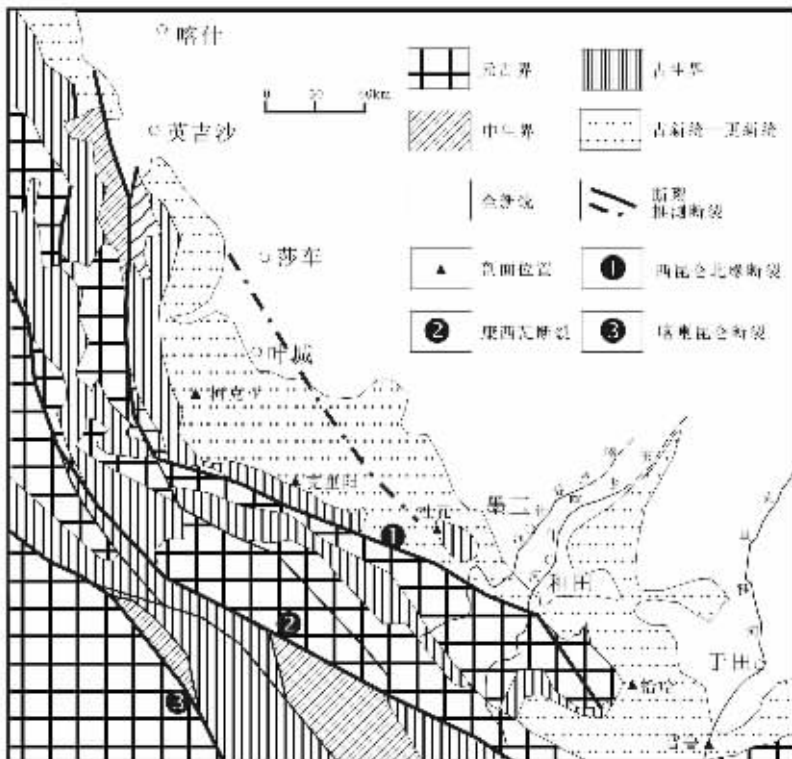


图1 西昆仑地区地质简图(根据参考文献[7]简化)  
Fig.1 Simplified geological map of the western Kunlun area

岩逐渐增多。表明在上新世期间,山前磨拉石建造开始发育,西昆仑山急剧地大幅度上升<sup>[14]</sup>。上新世末(约 3.6 Ma)至第四纪初<sup>[1]</sup>,受构造运动的驱动,山地强烈抬升,西昆仑山山体已达到巨大的高度,现代地貌格局基本形成。

对产于西昆仑山山前、天山南北山前的西域砾岩的时代,前人进行了较多的研究<sup>[11,14-16]</sup>。由于该套地层沉积面貌的一致性,因此,以前很多学者也以此作为地层划分对比的标志,将大套砾岩出现的地层定为第四纪的开始。从构造意义来说,这套地层应该是一个构造事件开始时期的产物,表明该时期构造活动开始加强,周边山系隆升速度和幅度都有所加强。但最近的研究表明,该套地层在不同地区其时代存在差异<sup>[14-17]</sup>,总体具有南老北新的特点。

### 2.2 古地磁证据

在西昆仑山山前和田及其邻近地区共采集 4 个点的沉积岩样,进行古地磁研究。采样点分别位于策勒南方的恰哈村(共采 11 个岩心,地层属中新世)、杜瓦北方 3~5 km 处(共采 13 个岩心,地层属中新世)、皮山西南方克里阳剖面(共采两个点,其一为始新世泥灰岩,共钻取了 9 个岩心;另一为第四纪晚期,共钻取了 16 个岩心)及叶城柯克亚剖面(共钻取 80 个岩心,均取自中新世安居安组)。

恰哈村的古地磁结果显示,经层面修正前的平均方向约为:磁偏角 230°,磁倾角-40°,经层面修正后的平均方向约

为:磁偏角 260°,磁倾角-40°,显示本采样点之沉积物为反向极性时沉积,且已有较大角度的顺时针旋转运动(图 2-a)。若层面修正后的方向为特性剩磁方向,则该地点的构造已产生 70°~80°顺时针旋转运动,这一顺时针旋转运动的量较其他地点大很多,除区域性构造运动外,应也有局部地区相当大角度的构造旋转运动,此点需进一步加以证明。反之,若层面修正前的方向为特征剩磁方向,则该地点的构造应已产生重磁化现象,且显示有 40°~50°顺时针旋转运动,这一角度虽然仍较本地区其他地方的结果稍大,但比较一致,可能性较大,这一结果表明重磁化现象应发生在该构造运动之后。

杜瓦剖面的古地磁结果指出,层面修正后的平均方向约为:磁偏角 40°,磁倾角 25°,显示为正向极性时沉积,也有较大角度(30°~40°;图 2-b)的顺时针旋转运动。

皮山县西南克里阳剖面始新世地层的平均方向(图 2-c)在层面修正后约为:磁偏角 355°,磁倾角-40°,由于塔里木盆地于中生代中晚期已到达目前的地理位置,因此这一结果所指示的方向相当不合理。反之层面修正前的平均方向约为:磁偏角 210°,磁倾角-40°,则为较合理的反向极性时结果。因此推论本点的古地磁方向已被重磁化,重磁化后的方向也显示与附近其他点 N<sub>1</sub> 及 N<sub>2</sub> 地层之间有相同的顺时针构造旋转运动现象,其量在 30°~40°。推断重磁化发生时间应在地层构造倾斜之后,可能在中新世至上新世之间。

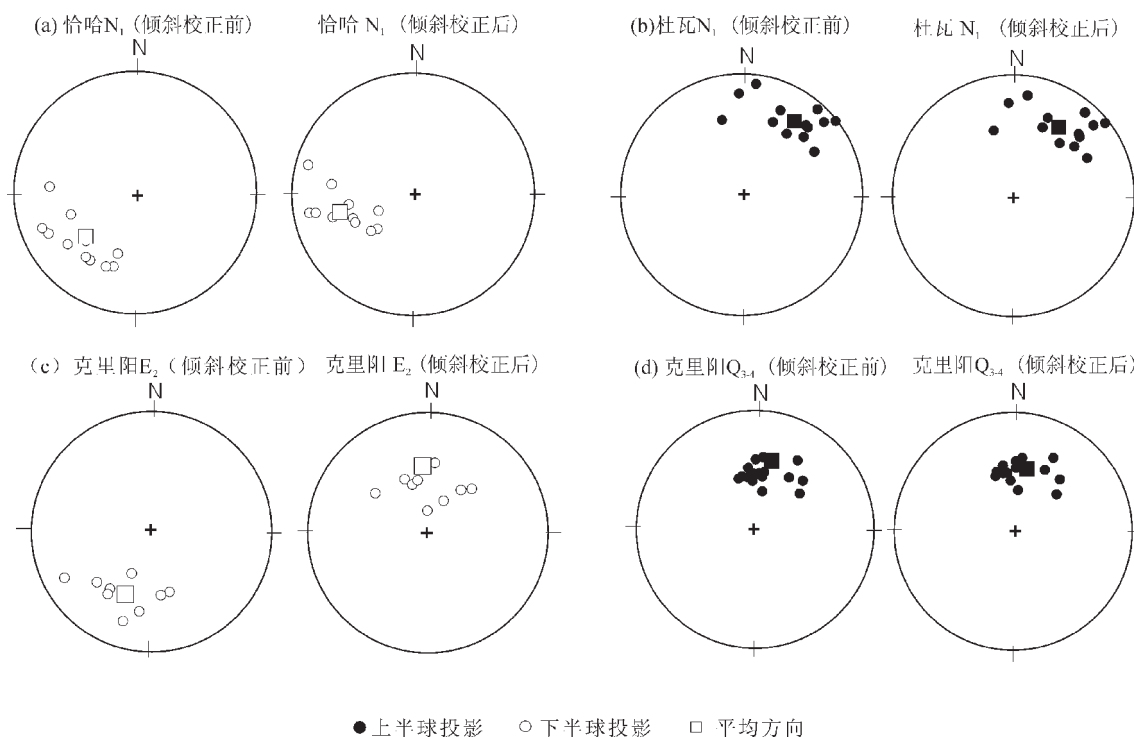


图 2 西昆仑山前晚新生代古地磁结果

Fig.2 Paleomagnetic measurements of Late Cenozoic strata in the West Kunlun Mountain front

至于克里阳剖面第四纪(Q<sub>3-4</sub>)红棕色冲积物所测得的古地磁平均方向在层面修正后约为:磁偏角5°,磁倾角40°(图2-d),显示Q<sub>3-4</sub>冲积物为正向极性时沉积,而其后并没有明显的构造旋转及平移运动。

叶城柯克亚剖面的古地磁结果<sup>①</sup>显示正反极性交变出现,与新生代以来的古地磁极性年表<sup>[17]</sup>对比,本剖面安居安组下部约450m地层的年代大约始于20~21Ma年前,并延续至大约17Ma年前。按平均沉积速率计算,柯克亚剖面厚层砾岩出现的时间约为5Ma B.P.。此外,平均古地磁方向显示安居安组地层也有30°~40°的顺时针旋转运动。

上述结果表明,始新世—中新世期间西昆仑地区发生显著的顺时针旋转运动,而第四纪晚期以来未发生明显的旋转运动。

### 2.3 河流阶地地貌特征

晚新生代以来,西昆仑山强烈隆起,形成山脉与盆地直接接触,以山前断裂为界,形成地势对照鲜明的地貌格局,表

明两者之间新构造运动的差异比较明显。

西昆仑山山前河流阶地非常发育,阶地级数众多,反映第四纪构造活动的多次波动性。西昆仑山北坡的克里雅河发育6级阶地,分别为T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub>,T<sub>3</sub>,T<sub>4</sub>,T<sub>5</sub>,T<sub>6</sub>(图3),最高一级阶地高出河床约130m。玉龙喀什河、喀拉喀什河发育6~8级阶地,二级阶地与高阶地为基座阶地。最高一级阶地高出河床约120m,这说明第四纪以来山麓带仍有明显的构造抬升活动。

西昆仑山山前河流阶地的年龄资料较少<sup>[18]</sup>,已有数据中最老的阶地堆积物年龄约为1.2Ma<sup>[9]</sup>,表明西昆仑山前最早约在1.2Ma B.P.时河流下切开始形成阶地。高阶地(6级以上)和二级阶地(T<sub>2</sub>)与相邻阶地的级差最大,表明高阶地形成后(约1.2Ma B.P.)及T<sub>2</sub>形成后(约5ka B.P.)为两次相对较强的构造活动时期。

根据阶地级差及相应的年龄数据(表1),可以初步计算西昆仑山晚新生代以来隆升速率的变化。约1.2Ma B.P.西昆仑山山前克里雅河6级阶地地面相对于现代河床抬升了约

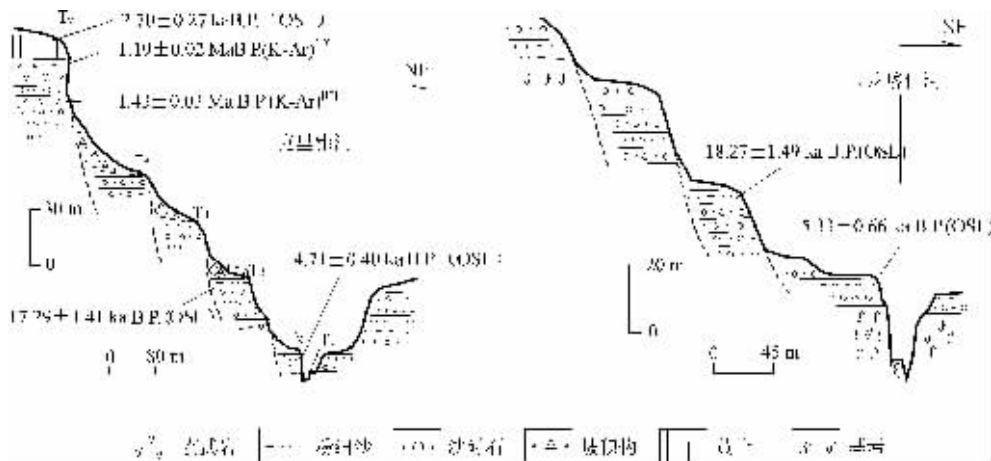


图3 西昆仑山前河流阶地示意图

Fig.3 Schematic map of river terraces in the West Kunlun Mountain front

表1 西昆仑山山前河流阶地年龄测定结果

Table 1 Dating of river terraces in the West Kunlun Mountain front

河流名称	样号	样品	拔河高度 (m)	系数 (a)	环境剂量率 (Gy/ka)	古剂量 (Gy)	OSL 年龄 (ka B.P.)
克里雅河	Kly-1	T2 粉砂	23	0.097±0.008	4.199	19.80±1.60	4.71±0.40
雅河	Kly-2	表层黄土		0.100±0.009	15.49	41.84±2.84	2.70±0.27
	Kly-3	T3 粉砂	38	0.114±0.012	4.311	74.52±4.82	17.29±1.41
		T6 玄武岩	130				1190±20 (K-Ar) <sup>[19]</sup>
玉龙喀什河	Hb-1	T2 粉砂	31	0.090±0.012	5.381	28.70±4.10	5.33±0.66
喀拉喀什河	Hb-2	T3 粉砂	55	0.114±0.012	4.078	74.52±4.82	18.27±1.49

注:所有样品的光释光(OSL)测年均在中国地震局地质研究所新年代学实验室进行。

① 李德贵,王永. 新疆地学海峡两岸学术研讨会论文集,1999,88~94.

130 m,其平均抬升速率为 0.01 cm/a。约 18 ka B.P.以来最大相对抬升量为 55 m,平均抬升速率为 0.31 cm/a,而 5 ka B.P.以来最大相对抬升了 31 m,平均抬升速率约为 0.62 cm/a,这说明晚新生代以来西昆仑山发生了明显的后期加速隆升。这一结果与青藏高原及其周边地区晚新生代以来的隆升过程基本一致<sup>[5,6,19-25]</sup>。

#### 2.4 现今地壳运动速率

根据近 30 年水准测量,青藏高原仍在继续上升。张青松等<sup>[26]</sup>统计青藏高原 102 个水准点中有 87 个点表现为规律性的上升,在昆仑山北坡和喀拉昆仑地区上升速率为 0.6~0.9 cm/a。彭树森<sup>[27]</sup>据新疆 20 世纪 50 年代至 80 年代精密水准测量资料,编制了新疆地区地壳垂直形变速率图,其中西昆仑一带上升速率为 1 cm/a,阿尔金为 0.51 cm/a,塔里木为一继承性沉降区,地壳垂直形变等值线走向与周边断裂带展布一致,运动速率为 0.2 cm/a。反映印度—青藏高原的碰撞效应,引起昆仑山三维空间运动速率的变化,这一变化一直持续到现在。

### 3 西昆仑晚新生代构造活动阶段划分

#### (1) 整体隆升阶段(25~5 Ma)

渐新世末期—中新世早期,西昆仑山山前结束海相沉积历史<sup>[12,13]</sup>,山麓带从中新世中晚期开始以砂泥岩沉积为主,发生显著的沉积相变,反映青藏高原西北缘西昆仑山整体开始抬升,代表着地质历史的巨大转折,造成上下地层不整合或假整合,并发生显著的顺时针旋转运动。直到中新世末期,西昆仑山前为统一的盆地发展时期,较统一的山前盆地开始形成。为西昆仑晚新生代构造活动的第一阶段。

#### (2) 快速隆升阶段(5~3.6 Ma)

中新世末期—上新世早期(约 5 Ma),西昆仑山前开始出现砾岩沉积<sup>[14]</sup>,为山前磨拉石开始发育时期。以典型磨拉石的出现为特征,形成向上变粗序列,沉积岩碎屑组分更为复杂。青藏高原西北缘快速隆升,表现为山脉与山前盆地具有显著的地形差异。这是晚新生代构造活动的第二阶段。

#### (3) 强烈隆升阶段(3.6~1.2 Ma)

上新世晚期—早更新世早期为粗碎屑砂砾石沉积,以西域砾岩的形成<sup>[11]</sup>为代表,反映构造活动强烈。之后,沉积物粒度变细,说明山麓地带逐渐被剥蚀夷平。西域砾岩堆积后,西昆仑山地区普遍发生了一次强烈的构造活动,导致西域砾岩与新近系全部褶皱,区域性不整合广泛分布。青藏高原西北缘强烈隆升。为晚新生代构造活动的第三阶段。

#### (4) 间歇性隆升阶段(1.2 Ma—现在)

第四纪中晚期以来,西昆仑间歇式构造活动明显,多级河流阶地开始形成,山麓侵蚀面上堆积着砂砾石层,其上又堆积了黄土与黄土状物质,反映第四纪沉积环境的又一次重大变化,这一时期山麓低阶地受构造活动影响而发生局部隆起变形。

## 4 结 论

(1)晚新生代以来西昆仑地区垂直运动与水平运动同样显著。以山前断裂为界,南部抬升形成山脉,北部相对下降形成盆地。晚新生代以来青藏高原西北缘西昆仑山经历了强烈的上升阶段和相对稳定的剥蚀夷平阶段。

(2)从沉积特征、新构造活动、地貌演化及气候变迁等方面可以看出,青藏高原西北缘晚新生代以来构造活动的主要特征是存在阶段性,并与青藏高原周边地区的隆升过程相一致。

(3)古地磁结果表明,始新世—中新世,西昆仑地区有显著的旋转运动,而第四纪以来水平挤压造成的垂直运动为主,没有明显的旋转运动。

(4)河流阶地发育显示,西昆仑地区约在 1.2 Ma 时河流下切开始形成阶地,第四纪中晚期以来青藏高原西北缘构造抬升幅度与频率加快。

**致谢:** 古地磁样品的测试在台北中央研究院地球所进行,并得到林诗凯、陈朝志先生的帮助;光释光测试在中国地震局地质研究所新年代学实验室进行,在此表示感谢!

#### 参考文献(References):

- [1] 黄汲清,陈炳蔚. 特提斯—喜马拉雅构造域上新世—第四纪磨拉斯的形成及其与印度板块活动的关系[A]. 见:地质部书刊编辑室编. 国际交流地质学论文集-1(构造地质、地质力学)[C]. 北京:地质出版社, 1980.1~14.  
Huang Jiqing, Chen Bingwei. On the formation of Pliocene—Quaternary molasses in the Tethys—Himalayan tectonic domain and its relation with the India plate motion [A]. In: Book Newsroom in Ministry of Geology (ed.). Scientific Papers on Geology for International Exchange, No.1 (Structural Geology, Geomechanics) [C]. Beijing: Geological Publishing House. 1980, 1~14(in Chinese).
- [2] Amano K, Taira A. Two-phase uplift of Higher-Himalayas since 17Ma[J]. Geology, 1992,20(5):391~394.
- [3] Klootwijk C T, Gee J S, Peirce J W, et al. Neogene evolution of the Himalayan—Tibetan region: constraints from ODP site 758, Northern Ninetyeast Ridge; bearing on climatic change[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1992,95: 95~110.
- [4] Molnar P, England P, Martinod I. Mantle dynamics, uplift of Tibetan Plateau, and the India monsoon[J]. Reviews of Geophysics, 1993,31:357~396.
- [5] 李吉均,方小敏,潘保田,等. 新生代晚期青藏高原强烈隆起及其对周边环境的影响[J]. 第四纪研究,2001,21(5):381~391.  
Li Jijun, Fang Xiaomin, Pan Baotian, et al. Late Cenozoic intensive uplift of Qinghai—Xizang Plateau and its impacts on environments in surrounding area[J]. Quaternary Sciences, 2001,21(5): 381~391 (in Chinese with English abstract).
- [6] 施雅风,李吉均,李炳元,等. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境

- 变化[J].地理学报,1999,54(1):10~20.
- Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan, et al. Uplift of Qinghai-Xizang (Tibetan) plateau and East Asia environmental change during late Cenozoic [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(1):10~20 (in Chinese).
- [7] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 [M]. 北京:地质出版社,1993.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. *Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region* [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1993(in Chinese with English abstract).
- [8] 李建华,张家声,单建新.西昆仑-西南天山地区断裂活动性研究[J].地质学报,2002,76(3):347~353.
- Li Jianhua, Zhang Jiasheng, Shan Jianxin. Faulting in the Western Kunlun-southwestern Tianshan area[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2002, 76(3):347~353(in Chinese with English abstract).
- [9] 陈祥玉.公元1600-1987年新疆地震目录( $M_s \geq 4.7$ ) [J].内陆地震,1988,2(3):320~340.
- Chen Xiangyu. Earthquake contents ( $M_s > 4.7$ ) since 1600-1987 B. C. in Xinjiang [J]. *Inland Earthquake*, 1988,2(3):320~340 (in Chinese).
- [10] 刘嘉麒,买买提.依明.西昆仑山第四纪火山的分布与K-Ar年龄 [J].中国科学(B辑),1990,2:180~187.
- Liu Jiaqi, Mai Maiti. Distribution and K-Ar ages of Quaternary volcanic rock in western Kunlun [J]. *Science in China (Series B)*, 1990,2:180~187(in Chinese).
- [11] 韩同林,林景星.青藏大冰盖及其对高原隆升和全球变化的贡献 [A].见:国家计委国土司,地矿部科学技术司编.地质科学研究论文集[C].北京:中国经济出版社,1996.437~450.
- Han Tonglin, Lin Jingxing. The great Qinghai-Xizang ice sheet and its contributions on Plateau uplift and global change [A]. In: Department of Spatial Planning & Regional Economy, State Planning Commission; Department of Science and Technology, Ministry of Geology and Mineral Resources (ed.) *Contributions to Geoscience Research* [C]. Beijing:China Economic Publishing House, 1996. 437~450(in Chinese).
- [12] 郝诒纯,曾学鲁,裘松余,等.新疆塔里木盆地中新世有孔虫及其地质意义[J].中国地质科学院院报,1982,(4):70~79.
- Hao Yichun, Zeng Xuelu, Qiu Songyu, et al. Miocene foraminifera of Tarim basin, Xinjiang, and their geological significance [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Geological Sciences*, 1982, (4):70~79 (in Chinese with English abstract).
- [13] 雍天寿,单金榜,魏景明,等.古特提斯海北支塔里木古海湾岩相古地理[M].北京:科学出版社.1989,1~129.
- Yong Tianshou, Shan Jinbang, Wei Jingming, et al. Lithofacies and Paleogeography of the Tarim Bay, the North Branch of the Tethys Sea [M]. Beijing: Science Press, 1989, 1~129(in Chinese with English abstract).
- [14] Zheng H B, Powell C M, An Z S, et al. Pliocene uplift of the northern Tibetan Plateau [J]. *Geology*, 2000, 8, 715~718.
- [15] 陈华慧.新疆第四纪地质图及说明书[M].北京:地质出版社,1994.1~132.
- Chen Huahui. *Explanation of Quaternary Geological Map of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~132(in Chinese with English abstract).
- [16] 滕志宏,岳乐平,何登发,等.南疆库车河新生界剖面磁性地层研究 [J].地层学杂志,1997,21(1):55~62.
- Teng Zhihong, Yue Leping, He Dengfa, et al. Magnetostratigraphic research of Cenozoic section of Kuche River area, South Xinjiang [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1997, 21(1):55~62 (in Chinese with English abstract).
- [17] 陈杰,尹金辉,曲国胜,等.塔里木盆地西缘西域组的底界、时代、成因与变形过程的初步研究[J].地震地质,2000,22(增刊):104~116.
- Chen Jie, Yin Jinhui, Qu Guosheng, et al. Timing, lower boundary, genesis, and deformation of Xiyu formation around the western margins of the Tarim basin [J]. *Seismology and Geology*, 22(supp.): 104~116(in Chinese with English abstract).
- [18] Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1995, 100(B4): 6093~6095.
- [19] 柏美祥.新疆河谷阶地的年代[J].内陆地震,1996,12(1):13~19.
- Bai Meixiang. Date of valley terraces in Xinjiang [J]. *Inland Earthquake*, 1996, 12(1):13~19(in Chinese).
- [20] 刘东生,郑邦平,郭正堂.亚洲季风系统的起源和发展及其与两极冰盖和区域构造运动的时代耦合性 [J].第四纪研究,1998,(3):194~204.
- Liu Dongsheng, Zhen Mianping, Guo Zhengtang. Initiation and evolution of the Asia monsoon system timely coupled with the ice-sheet growth and the tectonic movements in Asia [J]. *Quaternary Sciences*, 1998,18(3): 194~204(in Chinese with English abstract).
- [21] 潘保田,高红山,李炳元,等.青藏高原层状地貌与高原隆升[J].第四纪研究,2004,24(1):50~57.
- Pan Baotian, Gao Hongshan, Li Bingyuan, et al. Step-like landforms and uplift of the Qinghai-Xizang plateau [J]. *Quaternary Sciences*, 2004,24(1):50~57(in Chinese with English abstract).
- [22] 李吉均,方小敏,马海洲,等.晚新生代黄河上游地貌演化与环境变迁[J].中国科学(D辑),1996,26(4):316~322.
- Li Jijun, Fang Xiaoming, Ma Haizhou, et al. Geomorphological and environmental evolution in the upper reaches of Yellow River during the Late Cenozoic [J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 39(4):380~390 (in Chinese).
- [23] 李勇,侯中健,司光影,等.青藏高原东缘新生代构造层序与构造事件[J].中国地质,2002,29(1):30~36.
- Li Yong, Hou Zhongjian, Si Guangying, et al. Cenozoic tectonic sequence and tectonic events at the eastern margin of the Qinghai Tibet plateau [J]. *Geology in China*, 2002,29(1):30~36(in Chinese with English abstract).
- [24] 葛肖虹,刘永江,任收麦.青藏高原原隆升动力学与阿尔金断裂[J].中国地质,2002,29(4):346~350.
- Ge Xiaohong, Liu Yongjiang, Ren Shoumai. Uplift dynamics of

- the Qinghai-Tibet Plateau and Altun fault [J]. *Geology in China*, 2002, 29(4): 346~350 (in Chinese with English abstract).
- [25] 柏道远, 孟德保, 刘耀荣, 等. 青藏高原北缘昆仑山中段构造隆升的磷灰石裂变径迹记录 [J]. *中国地质*, 2003, 30(3): 240~246.
- Bai Daoyuan, Meng Debao, Liu Yaorong, et al. Mountains on the northern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Geology in China*, 2003, 30(3): 240~246 (in Chinese with English abstract).
- [26] 张青松, 周耀飞, 陆祥顺, 等. 现代青藏高原上升速度问题 [J]. *科学通报*, 1991, 36(7): 529~531.
- Zhang Qingsong, Zhou Yaofei, Lu Xiangshun, et al. Uplift velocity of modern Qinghai-Tibetan plateau [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1991, 36(7): 529~531 (in Chinese).
- [27] 彭树森. 大地形变测量所反映的天山最新构造运动 [J]. *内陆地震*, 1993, 7(2): 136~141.
- Peng Shusen. Newest Neotectonic activity inferred from measurement of land deformation [J]. *Inland Earthquake*, 1993, 7(2): 136~141 (in Chinese).

## Late Cenozoic tectonic movement in the front of the West Kunlun Mountains and uplift of the northwestern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau

WANG Yong<sup>1</sup>, LEE Tehquei<sup>2</sup>, XIAO Xu-chang<sup>1</sup>, CHI Zhen-qing<sup>1</sup>,  
MIN Long-rui<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>, WANG Yan-bin<sup>1</sup>

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, China*)

**Abstract:** The Late Cenozoic geomorphologic and sedimentary features in the West Kunlun Mountain front record the uplift process of the West Kunlun Mountains and the western margin of the Qinghai-Tibet Plateau. Based on geomorphologic and paleomagnetic studies, the Late Cenozoic tectonic movement in the West Kunlun are discussed. At about 25 Ma, significant change took place in sedimentary features in the West Kunlun Mountain front, reflecting that the West Kunlun began to be uplifted, and at about 5 Ma, molasse developed in the West Kunlun Mountain front, indicating that the West Kunlun began to be uplifted rapidly. Paleomagnetic results show that marked clockwise rotational movements occurred in the Eocene-Miocene, while vertical movements resulting from horizontal compression have predominated in the Quaternary and no marked rotational movement during this period. The downward incision of the rivers in the West Kunlun at about 1.2 Ma gave rise to terraces. Since the Mid-late Quaternary, the magnitude and frequency of the tectonic uplift have increased, and a rapid tectonic uplift event took place in the middle Holocene (at about 5 ka).

**Key words:** West Kunlun; Late Cenozoic; Qinghai-Tibetan Plateau; uplift

**About the first author:** Wang Yong, male, born in 1968, mainly engages in the study of Quaternary geology and Neotectonic; E-mail: wangyong@cags.net.cn.