

# 东昆仑东段第四纪成山作用过程与地貌变迁

王国灿<sup>1</sup>, 吴燕玲<sup>1</sup>, 向树元<sup>1</sup>, 贾春兴<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074 2. 青海省地质调查研究院, 青海西宁 810012)

**摘要:** 东昆仑山的现代地貌格局为一系列北西西向的山系和盆地(谷地)相间列, 第四纪沉积和岩相分布与地貌格局存在良好的匹配性, 第四纪不同时代沉积反映了山系的成山作用过程。显著地貌分异首先出现于北部的布尔汗布达山, 即早更新世中晚期(1525 ka), 表现为受布尔汗布达山地貌控制的其南部山脚的早更新世中期(1525 ka)左右冲洪积物的始现。南部马尔争—布青山的成型发生于早中更新世之交, 这次成山作用在整个青藏高原昆仑—黄河源地区具有广泛影响。更南部的查哈西里山在1113.9~979.6 ka间的沉积特征也显示了这一事件的影响, 即由湖相转变为冲洪积相, 但在这一时期查哈西里山总体仍为沉积区, 山系并未形成, 山顶最高层位粗冲洪积物的砾石成分统计和砾石扁平度统计仍显示物源来自北部。沉积与北部隆起的马尔争—布青山有关, 查哈西里山真正隆起高于两侧, 应发生在晚更新世。伸展断裂组合与地貌之间的良好耦合关系表明, 东昆仑地区山体的崛起与伸展断裂构造之间存在密切的成因关系。山系突出于高原面的成山作用主要受控于近南北向的伸展作用, 这一伸展作用应与青藏高原整体隆升后边缘的重力失稳垮塌及均衡作用相联系, 这种伸展垮塌随着时间的迁移向南发展。

**关键词:** 东昆仑东段, 第四纪, 成山作用过程, 伸展构造。

**中图分类号:** P534.63

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2383(2003)06-0583-10

**作者简介:** 王国灿(1963-), 男, 教授, 1997年在中国地质大学(武汉)获博士学位, 长期从事构造学的教学与研究工作, 近年主要研究方向为造山带地质和构造年代学。

**E-mail:** wgc@ugc.edu.cn

青藏高原的隆升作用一直为世人所瞩目, 从目前众多的研究成果来看, 青藏高原的崛起特别是高原边缘山系的崛起并非传统概念上的造山运动(或ogen)的产物, 而是具有复杂的高原隆升过程和成山作用过程。陈正乐等<sup>[1]</sup>通过磷灰石裂变径迹研究确定阿尔金山脉的隆升始于渐新世, 并一直延续到中新世, 且是非匀速、空间上有差异性; 许志琴等<sup>[2]</sup>通过地球物理资料的分析认为青藏高原北部的隆升可能是印度板块与欧亚板块碰撞后产生强大的板内变形的结果, 提出高原深部地幔底劈作用的动力模型; 崔之久等<sup>[3]</sup>首次重建了青藏高原的两级夷平面, 后来他又根据昆仑山垭口地区的地貌、构造、沉积相、地层及生物组合特征提出1.1~0.7 Ma青藏高原北缘地区存在大规模的昆仑—黄河运

动<sup>[4,5]</sup>。施雅风等<sup>[6,7]</sup>和李吉均等<sup>[8]</sup>对黄河上游晚新生代地层和地貌进行研究, 提出青藏高原主夷平面形成于3.4 Ma, 3.4 Ma开始青藏高原整体抬升, 主夷平面解体, 并详细刻画了阶段性隆升的过程; 最近, 李炳元等<sup>[9]</sup>根据可可西里东部地区的夷平面地貌和新生代火山岩地貌及年代学研究提出, 青藏高原主夷平面形成于9.9~6.95 Ma之后, 3 Ma之前。李长安等<sup>[10]</sup>对东昆仑山构造隆升与水系演化及其发展趋势进行了分析; George等<sup>[11]</sup>根据祁连山地区磷灰石裂变径迹研究和锆质反射研究认为青藏高原的开始隆升发生于20~10 Ma间, 而非6~5 Ma之后; 赵志军等<sup>[12]</sup>通过对酒泉砾石层的古地磁年代学研究确定了在0.93~0.84 Ma间青藏高原发生了一次强烈的新构造抬升运动。从众多的研究成果来看, 有关青藏高原隆升过程及机制的认识仍存在很大分歧, 其中, 高原周缘山系的成山过程及成山动力学是核心问题之一。近年来, 笔者在青藏高原北部边缘山系东昆仑东段进行地质调查研究过程中, 通

收稿日期: 2003-05-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40072062); 中国地质调查局项目“1:25万阿拉克湖幅区域地质调查”(No. 199913000040213)。

万方数据

过地貌第四纪研究结合隆升构造分析,注意到青藏高原边缘山系的成山作用过程与整个高原隆升过程的差异性,本文即是对这一研究成果的总结。

1 地貌轮廓及地质背景

研究区位于东昆仑山系的东段,其北临柴达木盆地,南部进入高原腹地,是典型的青藏高原北部边

缘山系,同时也构成北部柴达木内陆水系和南部黄河外流水系的分水岭(图 1)。北部柴达木水系区地形切割强烈,地形破碎,水流势能大,流水作用强烈;南部黄河水系区地面切割程度低,地形较平坦开阔。内部的现代地貌格局总体为一系列北西西向的山系和盆地(谷地)相间列。主要地貌单元从北往南依次有东昆仑山主脊布尔汗布达山、八宝滩—阿拉克湖—红水川谷地、马尔争—布青山、马尔争—布青山南部洼地、查哈西里山。地势上有以下基本特点(1)北

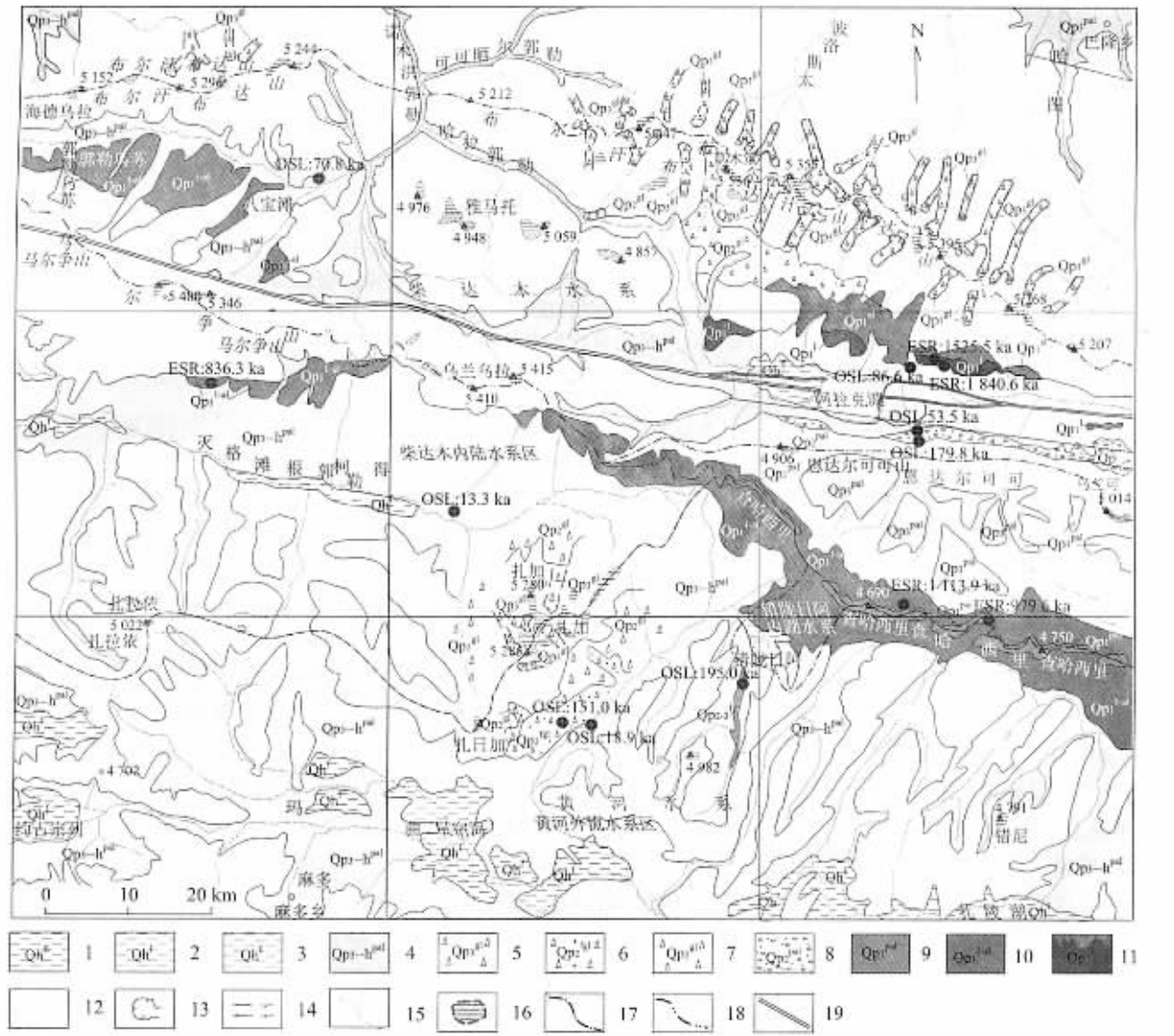


图 1 东昆仑阿拉克湖一带第四纪地质简图

Fig. 1 Distribution of Quaternary strata and relief framework in Alake Lake area of the eastern Kunlun, Qinghai Province

1. 全新世湖沼沉积 灰色淤泥质粉细砂、亚砂土及含钙质粘土 2. 全新世湖泊沉积 砂砾石、粉砂及次生黄土 3. 全新世沼泽沉积 灰色淤泥质粉细砂、亚砂土及含钙质粘土 4. 晚更新世—全新世洪冲积 灰色、杂色粘土、砂砾石 5. 中更新世冰碛 杂色泥砂质砾石及漂砾 6. 中更新世冰水沉积 杂色泥砂质砾石 7. 中更新世冰碛 杂色泥砂质砾石及漂砾 8. 中更新世冲洪积 灰黄色、杂色砂砾石 9. 早更新世洪冲积 灰色、杂色砂砾石 10. 早更新世河湖积 弱胶结杂色砂砾岩夹粉砂岩透镜体 11. 早更新世湖积 浅灰色粉砂质粘土、灰黄色粉砂夹砂砾石 12. 前第四纪基岩区 13. 冰川 U 形谷 14. 水系 15. 平坦夷平面 16. 水系系统界线 17. 主要山脊线、分水岭 18. 东昆南活动断裂

侧高差大,切割深,而南侧高差小,切割浅,侵蚀作用较弱(2)山系的山顶面海拔总体向南降低,而其间的盆(谷)地的海拔则总体向北降低(3)尽管布尔汗布达山山顶面最高,但并不是它构成北部柴达木内陆水系和南部黄河水系的分水岭,而是更南部的马尔争-布青山和查哈西里山。

基岩与第四纪沉积分布与地貌特点关系密切,第四系主要分布于山系之间的谷地或凹地中,但查哈西里山均为第四系覆盖,基岩在山系地带广泛出露,但谷地中也有一些相对年轻的基岩出露。布尔汗布达山基岩主要出露前寒武纪基底片麻岩、片岩、大理岩岩系、加里东期和海西-印支期不同时代花岗岩系、早古生代浅变质枕状玄武岩、碎屑岩系及晚三叠-侏罗纪的陆相火山-碎屑含煤建造等;夹持于布尔汗布达山与马尔争山之间的八宝滩谷地除大面积分布第四纪沉积外,也有一些晚三叠-侏罗纪的陆相火山-碎屑含煤建造出露,其与东部的阿拉克湖-红水川-冬给措纳湖谷地之间的雅马托山地基岩主要出露早中三叠世的滨浅海相陆源碎屑岩-火山碎屑岩-浅海碳酸岩岩系;夹持于布尔汗布达山与恩达尔可可山之间的阿拉克湖-红水川谷地则均

为第四系覆盖,未见基岩出露。中部的马尔争-布青山一线基岩主要出露一套无根的二叠纪块层状生物礁相灰岩和一套混杂岩系,后者的组成包括有浅变质的复理石岩系、硅质岩、中酸性火山岩、变质玄武岩及碳酸盐岩、超基性岩等,此外尚有零星的第三纪红色碎屑岩系分布。马尔争-布青山一线以南地区除了在恩达尔可可山与南部的查哈西里山之间的凹地广泛分布第三纪红色碎屑岩系和在扎加-扎日加高山地区分布花岗岩外,其余基岩大部为三叠纪巴颜喀拉山群的一套碎屑浊积岩系。

2 第四纪沉积地层对比

研究区第四纪沉积类型丰富,其成因类型主要有湖积、冲积、冲洪积、冰水堆积等,地形、地貌各异。通过系统填图,测区主要第四纪沉积地层发育简述如下(图12)。

2.1 早更新世地层(Qp<sub>1</sub>)

早更新世地层出现于2种地貌单元,其一沿昆仑山(布尔汗布达山)和马尔争山-恩达尔可可山

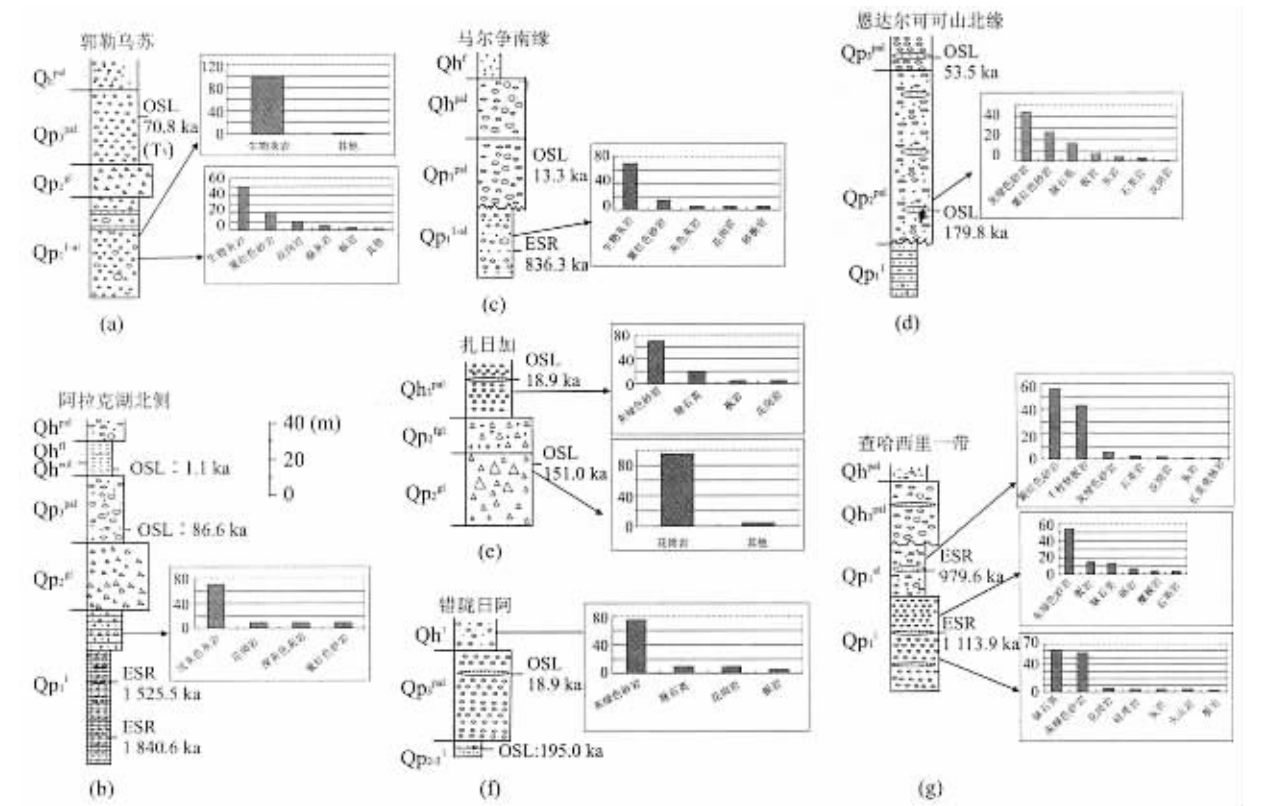


图2 测区不同部位第四系综合地层柱及砾石成分统计  
万方数据 Fig. 2 Quaternary stratigraphic columns in different parts and gravel composition

之间的谷地分布,包括郭勒乌苏—八宝滩早更新世地层分布区和阿拉克湖北侧早更新世地层分布区,少量早更新世地层见于马尔争山南缘灭根滩北;其二分布于查哈西里山脊一线及其南北两坡,即查哈西里早更新世地层分布区。(1)郭勒乌苏—八宝滩早更新世地层。主要为一套湖积—冲积黄灰色块层状弱固结粗砾—细卵石岩,靠上部出现少量的具有水平层理的粉砂岩条带,可见厚度大于 67 m(图 2a)。砾石成分在横向上出现明显变化,南部靠马尔争山砾石相对较单一,主要为二叠纪的灰白色生物灰岩砾石,其含量一般达 98% 以上,仅有极少量的灰绿色砂岩和火山岩砾石等;靠北侧接近布尔汗布达山砾石成分相对较复杂,除二叠系灰白色生物灰岩砾石外(含量一般在 40% 以上),尚有较多的第三系的紫红色砂岩、花岗岩、三叠系的玄武岩、凝灰岩等。砾石以中粗砾为主,少量细砾,磨圆度较好,多为次圆—浑圆状。下部砾石扁平面的叠瓦状构造不明显,上部砾石扁平面具有明显的叠瓦状排列方向,东侧八宝滩测得砾石总体扁平面产状为  $230^{\circ} \sim 240^{\circ} \angle (22^{\circ} \sim 25^{\circ})$ ,显示主体由南西向北东的水流方向。(2)阿拉克湖北侧早更新世地层。下部主要为一套湖积—湖三角洲相的黄灰色砂岩、灰黄色粉砂岩与浅灰—灰黄色薄层至极薄层粘土质粉砂、粉砂质粘土组成的韵律层,其中靠下部富粘土,缟状层理发育,往上砾石夹层增多,总厚大于 84.5 m;上部主要为一套冲积相土黄色具有平行层理的砂砾石层,局部夹卵石层,与下部地层为侵蚀界面接触,砾石分选性差,磨圆度中等,多为次棱角状—次圆状,成分有灰岩、花岗岩、紫红色砂岩等,厚度大于 100 m(图 2b)。(3)马尔争山南缘早更新世地层。地貌上显示为高山边缘的高平台,主要为一套灰黄色块层状细卵石层及中粗粒砂层,砾石以细砾为主,个别砾石达 12 cm,砾石分选性差,磨圆度较好,主要为圆状—次圆状。平行层理发育,砾石成分主要为二叠系的生物灰岩,少量第三系紫红色砂岩和灰绿色砂板岩(图 2c)。(4)查哈西里早更新世地层。查哈西里山早更新世地层向南缓倾,层位随地形海拔的升高而升高。由下往上地层呈现明显的变化。下部为一套灰白—柠檬黄色的湖相块层状砾石层夹透镜状砂体,与下伏地层晚第三系呈角度不整合接触,接触面发育深褐色富铁锰质风化壳,总厚 74.2 m。砾石成分以脉石英、灰绿色砂岩为主,另有少量花岗岩、灰岩、板岩、火山岩等(图 2g),其中花岗岩砾石中的钾长石

的高岭土化较强。砾石磨圆好,一般呈浑圆状,分选

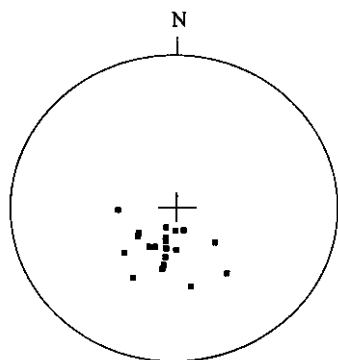


图 3 查哈西里山顶晚更新统顶部冲洪积物的砾石扁平面产状极点图(下半球投影)

Fig. 3 Pole diagram of the oblate pebbles of the Late Pleistocene proluvium and alluvium deposit on the top of Chahaxili

中等,层理不发育。中部为一套灰黄色湖积砂砾石层,砾石磨圆度较好,多为圆—浑圆状。与下伏早更新世湖积砂砾石层相比,砾石的总体构成相似,含量有所变化(图 2g),砾石相对较细,分选性较好。平行层理发育,砾石扁平面排列不明显。上部为一套紫红色砂砾石层—卵石层夹砂质透镜体,砾石成分复杂,第三纪的红色砂岩砾石占相当大的比例,导致岩石颜色发红,其他砾石成分尚有三叠系的灰绿色砂板岩、石英岩、二叠系的生物灰岩以及少量的花岗岩、石英岩及片麻岩等(图 2g)。砾石的分选性较差,磨圆度也较差,主要为次棱角状—次圆状,砾石的扁平面呈现明显的叠瓦状排列,显示水流方向由北向南(图 3)。

## 2.2 中更新世地层( $Qp_2$ )

测区中更新世沉积局限,主要包括 2 种基本类型,其一为一套冲洪积砂砾石层,主要见于恩达尔可可山—布青山北麓,受恩达尔可可山—布青山的明显控制;其二为一套冰碛或冰水沉积,主要分布于布尔汗布达山南麓、扎加—扎日加北东向山体的北西及南东两侧。另外,在南部地区的错阿日陇发育有中更新世湖积地层。(1)冲洪积砂砾石层。研究区中更新世冲洪积见于恩达尔可可山北麓,冲洪积堆积物总厚达 279 m,以棕黄色—土黄色砂砾石层为主夹透镜状砂—粉砂,砂砾石层岩性单调,砾石分选磨圆度均较差,以次棱角—次圆状为主,成分主要为灰绿色砂岩、第三纪紫红色砂岩、脉石英,另有少量板岩、灰岩、石英岩、花岗岩等(图 2d)。在研究区东部查干

额日格与之相对应的地层可划分出2套冲洪积层,下部冲洪积层由一套黄色半固结的砂砾石层及砂土层组成,可划分出6个以冲积为主的辫状河建造和以洪积为主的洪积扇建造相间的旋回<sup>[13]</sup>,辫状河建造中的砾石层中普遍发育砾石的叠瓦状构造,并发育斜层理前积纹层,指示水流流向总体由南向北、物源来自布青山,洪积扇相沉积主要由块状层理的巨厚的砾石层构成,砾石层中砾石无序排列,不显叠瓦构造,大小混杂,磨圆度差,为陆上洪积泥石流产物;上部冲洪积层为一套灰黑色弱固结的砂砾石层,叠瓦状砾石的扁平面优势方位为 $180^{\circ} \angle 25^{\circ}$ ,指示古水流方向由南向北,物源仍来自布青山。2套冲洪积层之间为侵蚀不整合接触关系,存在沉积间断。(2)冰碛及冰水沉积( $Q_{p2}^{gl}$ )。分布于布尔汗布达山南麓、扎加—扎日加等地(图2a、2e)的冰碛物在地貌上常呈垄岗状地貌,主要为灰黄色、土黄色含泥砂砾石、卵石、漂砾等,分选及磨圆度均极差,磨圆度多为尖棱角状,无层理。冰水沉积地貌上为冰碛前缘的平缓台地,主要为泥质砂砾石层,砾石大小混杂,磨圆度为尖棱角状,砾石扁平面排列无规律,并常见近直立的扁平面排列。砂砾石层中常夹有不规则状砂质团块。冰碛或冰水沉积中的砾石成分与邻近的高山地区基岩相同,显示主要为近距离的山谷冰川堆积及其前缘的冰水沉积。(3)湖积( $Q_{p2-3}^l$ )。仅零星出露于错阿日陇周围河流冲沟中,常呈夹层分布于中更新世冰水沉积的含泥沙质砾石层之上和晚更新世洪冲积砾石层之下。岩性为灰黄色含砾粉砂层与深灰色含泥质粉砂层互层,厚度大于6 m(图2f)。

### 2.3 晚更新世地层

晚更新世地层分布极广,尤以冲洪积发育最广,其他沉积类型包括南部扎陵湖周围的湖积阶地和湖三角洲沉积及布尔汗布达山、扎加至扎日加等海拔4500 m以上的高山U形谷中的冰碛物。冲洪积物以砾石层为主,局部夹粉砂层,分选性较差,磨圆度中等,较松散,常具平行层理。扎陵湖周围 $T_1$ 湖积阶地和入湖河流三角洲上的湖积岩性为灰色砾石层、粉砂层、含砾砂层等。布尔汗布达山、扎加至扎日加等地的冰碛发育于U形谷中,呈侧碛垄、中碛垄或底碛丘陵,主要为灰黄色、土黄色泥质砂砾石、卵石、漂砾层,漂砾上发育冰川擦痕,分选性极差,磨圆度以尖棱角状为主。

### 2.4 全新世地层

全新世地层类型多样,以洪冲积、湖沼沉积、沼

泽沉积为主。洪冲积( $Q_h^{pal}$ )主要分布于现代河流河床与河漫滩及哈图和哈拉郭勒—诺木洪郭勒 $T_1$ 、 $T_2$ 阶地上。总体以卵石和砾石层为主,局部以砾石和砂为主。卵石和砾石成分与物源有关,分选性差,磨圆性较好,松散,厚度不详。湖沼沉积( $Q_h^f$ )主要分布于阿拉克湖湖滨及西侧,为灰黑色腐泥,局部有泥炭层。沼泽沉积( $Q_h^f$ )主要分布于玛曲流域的星宿海、约古宗列、格尔木河流域的卡穷、灭格滩根柯得郭勒一带,为灰色粉砂质粘土、灰黑色腐泥等,局部有泥炭层。

## 3 第四纪沉积的时代约束

通过较系统的热释光、光释光年龄测定,不同地区第四纪沉积时代见表1。

## 4 第四纪成山作用与地貌变迁

上述不同部位的第四纪沉积勾划出研究区的第四纪成山作用过程。

### 4.1 沉积相证据的反映

研究区最老的第四纪沉积——阿拉克湖北侧的早更新世早期(1840~1525 ka)沉积仍显示为一套相对稳定的粉砂质、泥质湖相沉积,后转为砾、砂、粉砂、粉砂质粘土旋回发育的湖三角洲沉积,反映当时的古地理景观为平缓高原上的内陆湖泊,并未出现反映地貌反差大的冲洪积物。

早更新世中晚期(1525 ka以后),北部布尔汗布达山南坡发育的一套以冲积砾石层为主、部分洪积砾石层的山区河流相沉积,说明布尔汗布达山地区出现了明显的地貌反差,南部的查哈西里一带仍为继承早更新世早期的湖滨相的砂砾石沉积,这种沉积相的差别说明,青藏运动时期布尔汗布达山开始强烈上升,而南部的马尔争—布青山及更南部的查哈西里山并没有突出高原面。早更新世晚期(1113.9~836 ka)马尔争—恩达尔可可—布青山一线开始控制沉积作用,两侧沉积由湖滨砾石层逐渐转为地貌反差较大的冲积砂砾石层,其中郭勒乌苏—八宝滩一带的早更新世晚期的河湖相沉积明显夹持于北侧的布尔汗布达山和南侧的马尔争山之间,显示为山间盆地的性质,反映南侧的马尔争山发生了强烈隆升。更南部的查哈西里山此时表现为广

泛的沉积区 ,并未成山 ,这里早更新世地层向南缓 沉  
倾 ,层位随地形海拔的升高而升高 ,测得的最高层位 积年龄为979.6ka ,反映查哈西里山的崛起发生在

表 1 研究区不同部位主要第四纪沉积年龄测试结果

Table 1 Ages of the Quaternary strata in study area										
地点	经纬度	层位	沉积类型	代号	测试条件				测试方法	t/ka
					$u(\text{H}_2\text{O})/\%$	$u(\text{U})/10^{-6}$	$u(\text{Th})/10^{-6}$	$u(\text{K}_2\text{O})/\%$		
布尔汗布达山南缘	97°13'80"E 35°36'70"N	下更新统下部	湖积	QP <sub>1</sub> <sup>1</sup>	5.1	3.05	11.70	2.10	ESR	1 840.6
	97°13'80"E 35°36'70"N	下更新统中部	湖三角洲	QP <sub>1</sub> <sup>1</sup>	3.4	2.71	12.10	1.82	ESR	1 525.5
	96°23'20"E 35°47'60"N	上更新统	冲洪积	QP <sub>3</sub> <sup>pal</sup>	2.6	2.40	7.52	1.19	OSL	70.8 ± 8.6
	97°12'07"E 35°36'68"N	晚更新世	冲洪积	QP <sub>3</sub> <sup>pal</sup>	10	0.188 ± 0.029	0.046 ± 0.028	1.57	OSL	86.6 ± 9.5
恩达尔可可山北缘	97°12'20"E 35°31'50"N	中更新统	冲洪积	QP <sub>2</sub> <sup>pal</sup>	10	0.158 ± 0.019	0.016 ± 0.018	1.78	OSL	179.8 ± 18.1
	97°12'20"E 35°31'50"N	晚更新世	冲洪积	QP <sub>3</sub> <sup>pal</sup>	10	0.129 ± 0.016	0.017 ± 0.017	1.94	OSL	53.5 ± 5.4
马尔争山南缘	96°16'24"E 35°35'79"N"	下更新统	河 - 湖积	QP <sub>1</sub> <sup>1-al</sup>	2.7	1.52	6.34	1.16	ESR	836.3
	96°31'10"E 35°12'79"N	晚更新世	冲洪积	QP <sub>3</sub> <sup>pal</sup>	10	0.013 ± 0.001	0.000 ± 0.000	1.78	OSL	13.3 ± 1.4
查哈西里山	97°18'92"E 35°19'53"N	下更新统	河 - 湖积	QP <sub>1</sub> <sup>1-al</sup>		1.19	4.62	0.82	ESR	979.6
	97°12'26"E 35°20'45"N	下更新统	湖积	QP <sub>1</sub> <sup>1</sup>	9.4	0.34	2.92	1.24	OSL	1 113.9
扎日加	96°44'74"E 35°12'47"N	中更新统	冰碛物	QP <sub>2</sub> <sup>fgl</sup>	15	0.108 ± 0.021	0.036 ± 0.020	1.49	OSL	151.0 ± 13.2
	96°46'03"E 35°12'47"N	晚更新世	冲洪积	QP <sub>3</sub> <sup>pal</sup>	11.2	0.125 ± 0.024	0.04 ± 0.023	1.70	OSL	18.9 ± 1.7
扎陵湖北部 错陇日阿	96°58'03"E 35°14'92"N	中更新统	湖积	QP <sub>2-3</sub> <sup>1</sup>	14.2	0.160 ± 0.022	0.035 ± 0.022	2.66	OSL	195.0 ± 21.4

早更新世以后 ,但是 ,沉积特征显示出由湖相向冲洪积相的转变 ,反映北部物源区地貌差异性加大的趋势.

中更新世早期出现一套冰碛物 ,即望昆冰碛层<sup>[6]</sup> ,其主要分布在布尔汗布达山的南坡 ,说明中更新世早期布尔汗布达山已上升到相当大的海拔高度.

中更新世晚期 ,仅在阿拉克湖至红水川南侧的恩达尔可可山—布青山北缘分布有洪冲积砾石沉积 ,这些沉积明显受恩达尔可可山—布青山崛起的控制 ,查干额热格中更新世剖面的热释光年龄分析和古地磁分析显示沉积时代为 300 ~ 110 ka 间的中更新世晚期 ,南区错陇日阿和两湖地区此时仍为内陆盆地. 伴随中晚更新世之交的共和运动 ,本区布尔汗布达山、马尔争—布青山进一步崛起 ,并进入倒数第二期冰期 ,布尔汗布达山、布青山、扎加—扎日加和琼走—错尼等山区均见冰碛和冰蚀谷 ,在工作区南侧扎日加东南测得冰水沉积物 OSL 年龄为( 151 ±

13.2 )ka.  
查哈西里山一带及两侧未见中更新世沉积 ,受查哈西里山崛起控制的冲洪积沉积出现于晚更新世 ,反映查哈西里山的崛起主要发生于晚更新世.

4.2 沉积物砾石来源证据的反映

早更新世中晚期( 1 525.5 ~ 1 113.9 ka )北部的布尔汗布达山已经崛起 ,并在南侧山前发育冲洪积 ,而南部的查哈西里山仍为滨湖沉积区 ,滨湖相砂砾石层的砾石成分以灰绿色砂岩和脉石英占绝大部分 ,没有见到第三纪的紫红色砂砾岩的砾石( 图 2g ) ,说明此时查哈西里山一带的滨湖沉积的物源区不可能来自北部 ,因为北侧基岩大量分布的是第三系紫红色碎屑岩系 ,因此 ,物源主要为南部的巴颜喀拉山群分布区. 进入早更新世晚期( 1 113.9 ~ 836 ka ) ,查哈西里山一带冲洪积砂砾石层中除仍有较多的灰绿色砂岩、板岩和脉石英外 ,第三纪的紫红色砂砾岩占很大的比例 ,最高含量达 50%( 图 2g ) ,

反映物源为北侧的第三纪地层分布区,山顶最高层位粗冲洪积物的砾石扁平面产状统计也反映物源来自北部(图3)。这种砾石成分的变化所反映的物源的变化说明,在早更新世末期,北部恩达尔可可—布青山开始崛起,成为南部查哈西里沉积物的物质供应区。往西的马尔争山两侧早更新世晚期(836.3 ka)的沉积物也反映与马尔争山的崛起存在密切关系,马尔争山北部郭勒乌苏—八宝滩一带早更新世晚期的湖积—冲积的砾石层中主要为二叠系生物碎屑灰岩(靠南侧达98%以上)和第三系的紫红色砂岩(局部达60%),少量为板岩、火山岩,这些物质显然来自于南侧广泛分布于马尔争山一带的相应地层,在八宝滩靠上部层位的冲积物测得砾石总体扁平面产状为 $230^{\circ} \sim 240^{\circ} \angle (22^{\circ} \sim 25^{\circ})$ ,也显示主体由南西向北东的水流方向;马尔争山南缘的早更新世晚期的砾石成分同样以生物灰岩和紫红色砂岩为主,少量灰绿色砂岩、板岩和花岗岩,物质来自于北侧的马尔争山,而非南侧的巴颜喀拉山群的砂板岩。由此说明早更新世晚期马尔争山—恩达尔可可山—布青山已隆起,并起到控制两侧盆地沉积的作用。

中更新世,分布于恩达尔可可山(马尔争—布青山带)北麓的冲洪积砂砾石层的砾石成分也以灰绿色砂板岩、石英岩和紫红色砂岩为主(图2d),反映其来自强烈隆起剥蚀的恩达尔可可山(马尔争山—布青山带)的近源堆积,与早更新世晚期相比,地貌反差明显增大。

晚更新世研究区广泛发育冲洪积扇群,北部及中部地区冲洪积扇群与现代地貌格局基本匹配,主要分布于布尔汗布达山、马尔争山两侧山前谷地,物源来自相邻山区,反映布尔汗布达山与马尔争—布青山之间的山—谷相间的现代地貌格局在晚更新世已基本定型。查哈西里山体现代地貌形态显示为北部较陡,南部则极为平缓,与此相适应,北侧山前的晚更新世冲洪积扇群也较明显,显示晚更新世时查哈西里山的崛起及其对北侧洪积扇群的控制。查哈西里山南部与青藏高原腹地的丘形地貌缓缓过渡,在过渡部位的洼地中继承中更新世的高原湖泊沉积。更南部至扎陵湖北侧广大地区出现一系列的北东—南西方向的宽缓谷地。这些谷地由于其流线型、贯穿型的特点而认为是倒数第二或第三次冰期冰盖作用的侵蚀地貌<sup>[14]</sup>,但在这一带的地质调查结果表明,除了靠近扎加—扎日加出现与扎加—扎日加的局部高山地貌相适应的中晚更新世的冰碛或冰水沉

积外,没有找到大规模冰盖作用的依据,冰碛或冰水沉积均为与高山地貌相适应的山谷冰川,其砾石成分与邻近的高山地区基岩相同,显示主要为近距离的山谷冰川堆积及其前缘的冰水沉积。宽缓槽谷中主要分布的是晚更新世的冲洪积物,与水流作用有关,但值得注意的是,这些谷地多显示出由南向北逐渐变宽的趋势,水系的发育也很有特色,虽然主谷地的河流现一般由北向南流向扎陵湖,但支流往往呈现为由南向北汇入主谷地的河流,这种水系结构特点说明,扎陵湖北侧晚更新世时期的水流流向为由南向北,物质向北汇入查哈西里山南侧的高原湖泊,后由于北部查哈西里山的持续抬升,南部黄河水系向北袭夺原向北流的河流,并造成北侧湖泊的萎缩消失。由此看来,查哈西里山高出高原面的抬升作用(成山作用)主要成型于晚更新世时期,晚于北部的马尔争—布青山。

## 5 讨论

从上述分析可以看出,研究区有证据的显著地貌分异首先出现于北部的布尔汗布达山,即早更新世中晚期的1525 ka左右,马尔争—布青山的成型发生于早中更新世之交,这次成山作用在整个青藏高原昆仑—黄河源地区具有广泛影响,崔之久等<sup>[5]</sup>对昆仑垭口地区的研究,将这一期间(1100~700 ka)发生的构造运动称之为昆仑—黄河运动。这一成山作用事件也影响到北部祁连山地区,根据赵志军等<sup>[12]</sup>的研究,祁连山北部角度不整合于玉门砾岩之上的酒泉砾石层的底部的年龄为840 ka,不整合面年龄为930~840 ka,与昆仑—黄河运动在时间上可进行对比。研究区更南部的查哈西里山在1113.9~979.6 ka间的沉积特征也显示了这一事件的影响,即由湖相转变为冲洪积相,但在这一时期查哈西里山总体仍为沉积区,山系并未形成,其真正突出高原面构成现代地貌轮廓发生于晚更新世。因此,研究区三条主要山系的成型时间表现出由北向南的迁移。这种山系地貌的迁移性也影响到高原湖盆沉积中心的迁移,早更新世中期湖盆沉积中心应在阿拉克湖一带,中晚期则迁移至查哈西里山一带,而晚更新世由于查哈西里山的隆起,盆地沉积中心继续南移至错陇日阿一带,全新世以来随着查哈西里山的持续抬升,盆地沉积中心南移至现今的扎陵湖区。郑本兴和王苏民<sup>[15]</sup>对黄河源区的古冰川与古

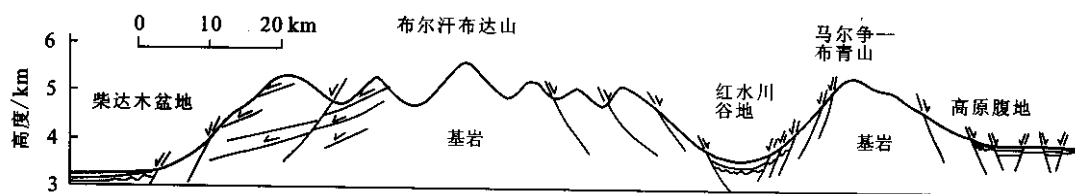


图 4 东昆仑地区现代地貌与更新世伸展断裂系统关系

Fig. 4 Relationship between the modern relief and Pleistocene extension normal faults in the eastern Kunlun Mountains

环境研究也得出相似结论。

这种由北向南的地貌迁移演化规律也体现于西部青藏公路沿线的纳赤台—昆仑垭口一带,崔之久等<sup>[5]</sup>根据沉积物来源分析提出上新世和早更新世早期,垭口盆地和柴达木盆地的分水岭在纳赤台以北,早更新世晚期东西向的野牛沟—昆仑河谷地才形成,分水岭南移到野牛沟至西大滩一带,而进入到中更新世以后才形成西大滩谷地,分水岭南移至相当于本研究区的马尔争—布青山带的昆仑垭口一线。

究竟是什么动力因素控制青藏高原北部第四纪的成山作用及其迁移性?长期以来人们一般习惯于将青藏高原的抬升过程与印度板块和欧亚板块碰撞后的陆内俯冲挤压相联系<sup>[16~21]</sup>,并常常将青藏高原周缘山系的成山作用过程与青藏高原的整体隆升未加区别地进行讨论。近年来,人们开始注意到高原周缘山地地质过程的特殊性,Bendick 和 Bilham<sup>[22]</sup>通过对比喜马拉雅前缘和阿尔金山前缘的最大垂直隆升速率、最大河流侵蚀速率、最大地貌差异、微震事件频率以及最大应力方向旋转等认为青藏高原南北缘响应一个单一应力场,提出很可能受构造和重力势能之间平衡所控制。崔之久等<sup>[5]</sup>提到昆仑—黄河运动为抬升—断陷的突发式的隆升过程,并特别提到西大滩谷地及两侧山系是伴随东昆南走滑断裂的活动而产生相应的断块山和断陷谷。赵志军等<sup>[12]</sup>提出青藏高原北部在早中更新世之交为强烈的构造挤压隆升,但并没有对挤压作用的构造依据进行论述。

笔者的研究说明,东昆仑地区所呈现的成山作用的迁移性显示出特殊的构造背景和动力机制,主要动力机制为地壳强烈加厚和整体抬升后的高原边缘的重力失稳垮塌及均衡作用。具体表现为一系列伸展条件下的断块成山和断陷成谷,这种伸展构造格局已被填图研究发现的第四纪伸展断裂构造的广泛发育所证实,这种伸展断裂构造与地貌形态常呈现出明显的相关性,如布青山为一不对称山系,其北坡相对高差大,南坡相对高差小,与此相应的伸展构

造特征是北坡发育向北的阶梯状正断裂系统,而南坡发育堑垒构造,布尔汗布达山为一近对称的山系,因而表现为近对称的一套背向式正断层体系或滑脱裂隙系统(图4);这种与地貌相匹配的构造组合型式显然与两大山系的差异升降崛起有关。另外,在山体与山间盆(谷)地交界处一般都存在倾向盆(谷)地的正断层,如马尔争山南缘分割早更新世地层与南侧基岩间的第四纪正断层。最南部的查哈西里山南坡缓北坡陡,更新世地层缓倾向南,与南坡缓坡角近一致,地貌形态和第四纪地层产状呈现出受北部边界断裂控制的掀斜构造。人们也许会将这种伸展构造解释为东昆仑地区第四纪北西西—南东东向的左旋走滑断裂的派生构造,问题是这些伸展正断层系统在产状上与昆仑左旋走滑断裂近平行产出,与由东昆仑左旋走滑断裂派生的张性结构面在空间产状配置关系上是不相符的。成山作用的深部过程可能反映为青藏高原北部岩石圈根的拆沉作用,地球物理资料已经显示青藏高原北部岩石圈地幔相对于南部出现明显减薄,异常热的岩石圈地幔出现部分熔融,在地表出现碱性火山岩活动<sup>[20,23,24]</sup>。

致谢:参加野外工作的还有中国地质大学(武汉)的朱云海、林启祥,青海省地调院的贾春兴、邓中林、王青海、安守文等同志。电子自旋共振测年(ESR)由国土资源部青岛海洋地质实验测试中心完成,光释光测年(OSL)由中国科学院西安地球环境研究所黄土与第四纪地质研究室和国家地震局地质研究所新年代学开放实验室完成。在此一并致以衷心感谢。

#### 参考文献:

- [1] 陈正乐, 张岳桥, 王小凤, 等. 新生代阿尔金山脉隆升历史的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 2001, 22(5): 413-418. CHEN Z L, ZHANG Y Q, WANG X F, et al. Fission track dating of the apatite constrains on the Cenozoic uplift of the Altyn Tagh Mountains [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2001, 22(5): 413-418.

- [ 2 ] 许志琴,姜枚,杨经绥. 青藏高原北部隆升的深部构造物理作用——以“ 格尔木—唐古拉山 ”地质及地球物理综合剖面为例[ J ]. 地质学报, 1996, 70( 3 ): 195—206.  
XU Z Q, JIANG M, YANG J S. Tectonophysical process at depth for the uplift of the northern part of the Qinghai-Xizang plateau: Illustrated by the geological and geophysical comprehensive profile from Golmud to the Tanggula Mountains, Qinghai Province, China[ J ]. Acta Geologica Sinica, 1996, 70( 3 ): 195—206.
- [ 3 ] 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( Tibet ) plateau[ J ]. Science in China( Series D ), 1996, 39( 4 ): 391—400.
- [ 4 ] 崔之久,伍永秋,刘耕年. “ 昆仑—黄河运动 ”的发现及其性质[ J ]. 科学通报, 1997, 42( 18 ): 1986—1989.  
CUI Z J, WU Y Q, LIU G N. Discovery and character of the Kunlun-Yellow River movement[ J ]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42( 18 ): 1986—1989.
- [ 5 ] 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, 41( 6 ): 592—600.
- [ 6 ] 施雅风,李吉均,李炳元. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化[ M ]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 373—408.  
SHI Y F, LI J J, LI B Y. Uplift and environmental changes of Qinghai-Xizang( Tibetan ) plateau in the Late Cenozoic[ M ]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998. 373—408.
- [ 7 ] 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—54.  
SHI Y F, LI J J, LI B Y, et al. Uplift of the Qinghai-Xizang( Tibetan ) plateau and east Asia environmental change during Late Cenozoic[ J ]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54( 1 ): 10—54.
- [ 8 ] 李吉均,方小敏,马海州,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, 39( 4 ): 380—390.
- [ 9 ] 李炳元,潘保田,高红山. 可可西里东部地区的夷平面与火山作用[ J ]. 第四纪研究, 2002, 22( 5 ): 397—405.  
LI B Y, PAN B T, GAO H S. A planation surface and ages of volcanic rocks in eastern Hoh Xil, Qinghai-Tibetan plateau[ J ]. Quaternary Sciences, 2002, 22( 5 ): 397—405.
- [ 10 ] 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 development trend in connection with tectonic uplift of eastern Kunlun Mt[ J ]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44( 2 ): 211—213.
- [ 11 ] George A D, Marshall S J, Wyrwoll K H, et al. Miocene cooling in the northern Qilianshan, northeastern margin of the Tibetan plateau, revealed by apatite fission-track and vitrinite-reflectance analysis[ J ]. Geological Society of America, 2001, 29( 10 ): 939—942.
- [ 12 ] 赵志军,方小敏,李吉均,等. 酒泉砾石层的古地磁年代与青藏高原隆升[ J ]. 科学通报, 2001, 46( 14 ): 1208—1212.  
ZHAO Z J, FANG X M, LI J J, et al. Paleomagnetic dating of the Jiuquan gravel in the Hexi Corridor: Implication on mid-Pleistocene uplift of the Qinghai-Tibetan plateau[ J ]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46( 14 ): 1208—1212.
- [ 13 ] 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 the east of eastern Kunlun, northeast Tibetan plateau[ J ]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27( 1 ): 4—12.
- [ 14 ] 周尚哲,李吉均,潘保田,等. 黄河源区更新世冰盖初步研究[ J ]. 地理学报, 1994, 49( 1 ): 64—71.  
ZHOU S Z, LI J J, PAN B T, et al. A preliminary study on the local ice sheet of Pleistocene in the source area of the Yellow River[ J ]. Acta Geographica Sinica, 1994, 49( 1 ): 64—71.
- [ 15 ] 郑本兴,王苏民. 黄河源区的古冰川与古环境探讨[ J ]. 冰川冻土, 1996, 18( 3 ): 210—217.  
ZHENG B X, WANG S M. A study on the paleoglaciacion and paleoenvironment in the source area of the Yellow River[ J ]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1996, 18( 3 ): 210—217.
- [ 16 ] Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen[ J ]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2000, 28: 211—280.
- [ 17 ] An Z, Kutzbach J E, Prell W L, et al. Evolution of Asian monsoons and phased uplift of the Himalaya-Tibetan plat-

eau since Late Miocene times [ J ]. Nature , 2001 , 411 ( 6833 ) : 62 – 66.

[ 18 ] Shen F , Royden L H , Burchfiel B C. Large-scale crustal deformation of the Tibetan plateau [ J ]. Journal of Geophysical Research , B , Solid Earth and Planets , 2001 , 106 ( 4 ) : 6793 – 6816.

[ 19 ] Sun J M , Liu T S. Stratigraphic evidence for the uplift of the Tibetan plateau between approximately 1. 1 and approximately 0. 9 Ma ago [ J ]. Quaternary Research , 2000 , 54 ( 3 ) : 309 – 320.

[ 20 ] Owens T J , Zandt G. Implications of crustal property variations for models of Tibetan plateau evolution [ J ]. Nature , 1997 , 387( 1 ) : 37 – 43.

[ 21 ] Tapponnier P , Xu Z , Roger F , et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau [ J ]. Science , 2001 , 294 : 1671 – 1672.

[ 22 ] Bendick R , Bilham R. Building Tibet : Earthquakes and topography on the Himalayan and Altyn Tagh fronts [ A ]. In : Geological Society of America. 1999 Annual meeting , abstracts with programs [ C ] , 1999 , 31( 7 ) : 297.

[ 23 ] Dewey J F , Shackleton R M , Chang C F , et al. The tectonic evolution of the Tibetan plateau [ J ]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London , Series A : Mathematical and Physical Sciences , 1988 , 327 : 379 – 413.

[ 24 ] Platt J P , England P C. Convective removal of lithosphere beneath mountain belts : Thermal and mechanical consequences [ J ]. American Journal of Science , 1994 , 294 ( 3 ) : 307 – 336.

Mountain Building Process and Geomorphic Migration of Eastern Kunlun Mountains during Quaternary

WANG Guo-can<sup>1</sup> , WU Yan-ling<sup>1</sup> , XIANG Shu-yuan<sup>1</sup> , JIA Chun-xing<sup>2</sup>

( 1. Faculty of Earth Sciences , China University of Geosciences , Wuhan 430074 , China ; 2. Institute of Qinghai Geological Survey , Xining 810012 , China )

**Abstract** : The relief in the eastern Kunlun Mountains , northeast Tibetan plateau is characteristic of a series of NWW-SEE ranges alternating with basins or valleys. The distribution of Quaternary deposits and facies match well with the relief , exposing the mountain building process. The obvious relief differentia first appeared in the north of Buerhanbuda Mountain , represented by the first occurrence of the fluvial deposits at its south foot in the mid-late Early Pleistocene( after 1 525 ka ). While the molding of the Maerzheng-Buqing Mountain happened in the later Early Pleistocene , when a so-called Kunlun-Yellow River movement affected an extensive area , the eastern Kunlun Mountains and the headstreams of the Yellow River. The Chahaxili Mountains in the south of our research area were also affected by this event which is inferred by the change from lacustrine deposits to pluvial or alluvial deposits at about 1 113. 9 – 979. 6 ka. However , the fact that there are still the deposition area in Chahaxili Mountain area shows that it didn't plump up at that time. Hence , the provenance of the pluvial or alluvial deposits , coming from the north and related to the uplift of the Maerzheng-Buqing Mountain , can be deduced by statistics of the gravel composition and the gravel array. It is concluded that the molding of the Chahaxili Mountains could have occurred in the Late Pleistocene. On the other hand , the good matching relationship between the Pleistocene extension fractures and the relief framework indicates that the mountain building process should be extension-controlled , mainly N-S. This N-S extension should be related to the collapse and equilibrium adjusting of the north edge of the Tibetan plateau caused by gravity unbalance after its being uplifted. The transfer of the mountains building process from north to south implies that the collapse developed from north to south.

**Key words** : eastern Kunlun ; Quaternary ; mountain building process ; extensional structure.

作者: [王国灿](#), [吴燕玲](#), [向树元](#), [贾春兴](#)  
作者单位: [王国灿, 吴燕玲, 向树元 \(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉430074\)](#), [贾春兴 \(青海省地质调查研究院, 青海西宁810012\)](#)  
刊名: [地球科学-中国地质大学学报](#)   
英文刊名: [EARTH SCIENCE-JOURNAL OF CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES](#)  
年, 卷(期): 2003, 28(6)  
被引用次数: 14次

参考文献(24条)

1. [陈正乐](#), [张岳桥](#), [王小凤](#) 新生代阿尔金山脉隆升历史的裂变径迹证据[期刊论文]-[地球学报](#) 2001(05)
2. [许志琴](#), [姜枚](#), [杨经绥](#) 青藏高原北部隆升的深部构造物理作用—以“格尔木-唐古拉山”地质及地球物理综合剖面为例 1996(03)
3. [崔之久](#), [高全洲](#), [刘耕年](#) 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升 1996(04)
4. [崔之久](#), [伍永秋](#), [刘耕年](#) “昆仑-黄河运动”的发现及其性质 1997(18)
5. [崔之久](#), [伍永秋](#), [刘耕年](#) 关于“昆仑-黄河运动” 1998(01)
6. [施雅风](#), [李吉均](#), [李炳元](#) 青藏高原晚新生代隆升与环境变化 1998
7. [施雅风](#), [李吉均](#), [李炳元](#) 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[期刊论文]-[地理学报](#) 1999(01)
8. [李吉均](#), [方小敏](#), [马海州](#) 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起 1996(04)
9. [李炳元](#), [潘保田](#), [高红山](#) 可可西里东部地区的夷平面与火山年代[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2002(05)
10. [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[期刊论文]-[Chinese Science Bulletin](#) 1999(02)
11. [George A D](#), [Marshallsea S J](#), [Wyrwoll K H](#) Miocene cooling in the northern Qilianshan northeastern margin of the Tibetan plateau revealed by apatite fission-track and vitrinite-reflectance analysis 2001(10)
12. [赵志军](#), [方小敏](#), [李吉均](#) 酒泉砾石层的古地磁年代与青藏高原隆升[期刊论文]-[Chinese Science Bulletin](#) 2001(14)
13. [王国灿](#), [侯光久](#), [张克信](#) 东昆仑东段中更新世以来的成山作用及其动力转换[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2002(01)
14. [周尚哲](#), [李吉均](#), [潘保田](#) 黄河源区更新世冰盖初步研究[期刊论文]-[地理学报](#) 1994(01)
15. [郑本兴](#), [王苏民](#) 黄河源区的古冰川与古环境探讨 1996(03)
16. [Yin A](#), [Harrison T M](#) Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen 2000
17. [An Z](#), [Kutzbach J E](#), [Prell W L](#) Evolution of Asian monsoons and phased uplift of the Himalaya-Tibetan plateau since Late Miocene times 2001(6833)
18. [Shen F](#), [Royden L H](#), [Burchfiel B C](#) Large-scale crustal deformation of the Tibetan plateau 2001(04)
19. [Sun J M](#), [Liu T S](#) Stratigraphic evidence for the uplift of the Tibetan plateau between approximately 1.1 and approximately 0.9 Ma ago 2000(03)
20. [Owens T J](#), [Zandt G](#) Implications of crustal property variations for models of Tibetan plateau evolution 1997(01)
21. [Tapponnier P](#), [Xu Z](#), [Roger F](#) Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau 2001

22. [Bendick R, Bilham R Building Tibet:Earthquakes and topography on the Himalayan and Altyn Tagh fronts](#) 1999

23. [Dewey J F, Shackleton R M, Chang C F ThetectonicevolutionoftheTibetanplateau](#) 1988

24. [Platt J P, England P C Convective removal of lithosphere beneath mountain belts:Thermal and mechanical consequences](#) 1994 (03)

相似文献 (3条)

1. 期刊论文 [王国灿, 侯光久, 张克信, 朱云海 东昆仑东段中更新世以来的成山作用及其动力转换 -地球科学-中国地质大学学报](#)2002, 27 (1)

对东昆仑造山带东段第四纪构造及与地貌关系的分析表明, 现代山盆相间的地貌格局成型于中更新世, 且在中更新世以来发生了多次构造变形体制的转换. 根据布青山北部查干额热格地区第四系剖面的构造、地层时代及地层与构造关系的分析表明, 中更新世时期为伸展构造体制, 昆仑山内部开始发生了差异隆升, 布青山开始崛起. 中更新世末应力体制发生急剧变化, 由伸展体制转为收缩事件, 又急速转为伸展构造体系, 短暂的收缩事件造成了中更新世冲洪积层的褶皱, 随后的伸展则导致了影响深刻的向北依次断落的阶地状正断层系统. 晚更新世应力体系再度发生重大转换, 伸展正断层体系被左旋走滑运动体系所代替, 并一直延续至今. 中更新世以来多次隆升构造变形体制的转换说明东昆仑地区的成山过程受控于多种动力背景, 而非单一的挤压抬升. 隆升构造变形体系的确定及其时代约束为深入刻划青藏高原东缘隆升作用的动力过程提供了重要信息.

2. 期刊论文 [张岳桥, 马寅生, 杨农, 张会平, 施炜, ZHANG Yueqiao, MA Yinsheng, YANG Nong, Zhang Huiping, SHI Wei 西秦岭地区东昆仑-秦岭断裂系晚新生代左旋走滑历史及其向东扩展 -地球学报](#)2005, 26 (1)

通过在TM遥感图像解译和野外观测的基础上, 描述了东昆仑断裂带东段活动形迹的组成和活动断层地貌特征, 阐述了甘南高原西秦岭地区新近纪拉分盆地的沉积-构造特征, 提出了该区东昆仑-秦岭断裂系晚新生代左旋走滑伸展-走滑挤压-走滑伸展的3个阶段的构造变形模式. 指出, 中新世晚期至上新世早期, 东昆仑-秦岭断裂系以左旋走滑伸展活动为主, 伴随着西秦岭地区拉分盆地的形成和超基性火山岩群的发育. 这期左旋走滑伸展活动向东扩展导致了渭河盆地新近纪张应力方向由早期的NE-SW向转变为晚期的NW-SE向. 上新世晚期以来 (约3.4 Ma 以前), 东昆仑-秦岭断裂系以左旋走滑挤压活动为主, 导致早期拉分盆地的轻微褶皱变形, 走滑挤压活动主要集中在东昆仑东段玛沁-玛曲主断裂带上. 该期构造变动持续到早更新世, 它的向东扩展产生了广泛的地壳形变效应, 包括青藏东缘峨山隆起带的快速崛起、华北地区汾-渭地堑系的形成和发展以及郯庐断裂带右旋走滑活动等. 中、晚更新世时期, 断裂系以走滑伸展变形为主, 主要集中在东昆仑断裂带东段3个分支上, 地块向东挤出伴随着顺时针旋转.

3. 学位论文 [吴燕玲 东昆仑东段阿拉克湖一带第四纪成山作用过程及环境变化](#) 2003

研究区的现代地貌格局为一系列北西西向的山系和盆地(谷地)相间列, 主要地貌单元从北往南依次有东昆仑山主脊布尔汗布达山、阿拉克湖-红水川-冬给措纳湖谷地、马尔争-布青山、马尔争-布青山南部洼地、查哈西里山. 山系的顶部海拔总体向南降低, 而其间的盆(谷)地则总体向北降低. 山顶面最高的布尔汗布达山并不是构成北部柴达木内陆水系和南部黄河外泄水系的分水岭, 而是更南部的布青山和查哈西里山. 对东昆仑东段阿拉克湖一带地貌地质、第四纪地层沉积、水系变迁和环境演化的研究, 反映了山系的成山作用过程. 早更新世早期 (1525kaBP之前), 研究区气候温暖、湿润, 没有统一的大河出现, 研究区海拔不高. 沉积物及沉积相显示该区处于构造运动相对稳定的时期, 当时布尔汗布达山还没成山. 早更新世中晚期 (1525kaBP), 显著地貌分异首先出现于北部的布尔汗布达山, 表现为受布尔汗布达山地貌控制的其南部山脚的冲洪积物的始现, 说明布尔汗布达山隆起于早更新世中晚期. 早更新世晚期一中更新世早期, 随着北部布尔汗布达山的隆起, 气候逐渐向冷、干转变. 区内受“昆仑-黄河”运动的强烈影响, 中部的马尔争-布青山开始成山并控制一套山前洪积物. 南部的查哈西里山在11131.9~979.6kaBP间的沉积特征也显示了这一事件的影响, 即由湖相转变为冲洪积相, 但在这一时期查哈西里山总体仍为沉积区, 山系并未形成. 山顶最高层位粗的冲洪积物的砾石成分统计和砾石扁平面产状统计仍显示物源来自北部, 沉积与北部隆起的马尔争-布青山有关, 因此中部的马尔争山-布青山的成型发生于早中更新世之交. 中更新世中晚期, 分布在错陇日阿一带的冰碛物和冰水堆积物特点指示了此时查哈西里山已经崛起. 气候变冷, 降水量减少, 湖泊补给不充足, 致使大型湖泊消失, 地表水系从无序变为有序, 从散流汇集为统一的大河. 晚更新世研究区广泛发育冲洪积扇群, 主要分布于山体两侧山前谷地, 物源来自相邻山区, 反映研究区的山-谷相间的现代地貌格局在晚更新世已基本定型, 现代水系格局已经基本形成. 研究区三大山系成山作用过程呈现出由北向南的迁移性, 这种山系地貌的迁移性也影响到高原湖盆沉积中心的迁移. 早更新世中期湖盆沉积中心应在阿拉克湖一带, 中晚期则迁移至查哈西里山一带, 而中更新世由于查哈西里山的隆起, 盆地沉积中心继续南移至错陇日阿一带. 现在, 盆地沉积中心南移至今现的孔陵湖区.

引证文献 (13条)

1. [曹凯, 王国灿, 王岸 东昆仑山昆仑河纵剖面形貌分析及构造涵义](#)[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2007 (5)

2. [曹凯, 王国灿, 王岸 东昆仑山昆仑河纵剖面形貌分析及构造涵义](#)[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2007 (5)

3. [吴珍汉, 叶培盛, 赵文, Patrick J. Barosh, 胡道功 东昆仑南部晚新生代逆冲推覆构造系统](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2007 (4)

4. [柏道远, 熊延望, 刘耀荣 中昆仑山形成时代与隆升幅度——基于夷平面与磷灰石裂变径迹研究](#)[期刊论文]-[资源调查与环境](#) 2007 (1)

5. [程捷, 田明中, 张绪教 黄河源区黄河袭夺长江水系之初探](#)[期刊论文]-[地学前缘](#) 2007 (1)

6. [程捷, 田明中, 张绪教 黄河源区黄河袭夺长江水系之初探](#)[期刊论文]-[地学前缘](#) 2007 (1)

7. [马新民, 向树元, 王国灿, 吴燕玲 东昆仑阿拉克湖地区第四纪地层时代厘定及环境变迁](#)[期刊论文]-[沉积与特提](#)

斯地质 2006(1)

8. 向树元, 喻建新, 王国灿, 张智勇 东昆仑阿拉克湖盆地1.85~1.58 MaBP间植被演替及高原隆升启示[期刊论文]-海洋地质与第四纪地质 2005(1)
9. 王岸, 王国灿 构造地貌及其分析方法述评[期刊论文]-地质科技情报 2005(4)
10. 王国灿, 杨巍然, 马华东, 王岸 东、西昆仑山晚新生代以来构造隆升作用对比[期刊论文]-地质前缘 2005(3)
11. 刘德民, 李德威, 杨巍然, 汪校锋, 张金阳 喜马拉雅造山带晚新生代构造隆升的裂变径迹证据[期刊论文]-地球科学-中国地质大学学报 2005(2)
12. 刘德民, 李德威, 杨巍然, 汪校锋, 张金阳 喜马拉雅造山带晚新生代构造隆升的裂变径迹证据[期刊论文]-地球科学-中国地质大学学报 2005(2)
13. 王岸, 王国灿, 向树元 东昆仑山东段北坡河流阶地发育及其与构造隆升的关系[期刊论文]-地球科学-中国地质大学学报 2003(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dqkx200306001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dqkx200306001.aspx)

授权使用: 西北大学(xaxbdx), 授权号: 1ed2099f-a1d6-4af5-b8f8-9e9c00dea19d

下载时间: 2011年3月4日