

DOI: 10.16788/j.hddz.32-1865/P.2020.03.005

引用格式: 许应石, 欧健, 郭刚, 等. 西昆仑依格孜也尔河阶地沉积特征及其对河流演化的指示[J]. 华东地质, 2020, 41(3): 237-245.

## 西昆仑依格孜也尔河阶地沉积特征 及其对河流演化的指示

许应石, 欧健, 郭刚, 贺新星

(江苏省地质调查研究院, 南京 210018)

**摘要:** 对西昆仑山前依格孜也尔河阶地进行野外地质调查, 获得阶地河拔、分布、发育及沉积特征等资料。在此基础上, 分析阶地沉积相及沉积环境, 进一步研究西昆仑山前河流阶地发育成因及河流演化过程。依格孜也尔河发育基座阶地 T4 和 T3, 堆积阶地 T2 和 T1, 阶地 T1、T2、T3 和 T4 时代依次为 5~8 ka B.P.、18~30 ka B.P.、40~50 ka B.P. 和 80~100 ka B.P.。阶地形成主要受控于间歇性构造抬升, 受气候变化影响较小, 阶地类型差异主要受河流演化影响。阶地沉积相分析表明, T4 和 T3 阶地分别为泥石流相和冲洪积扇相, 河流侵蚀作用强, 间歇性堆积; T2 阶地沉积期河流系统出现重大转变, 呈多旋回辫状河沉积, 堆积作用增强; T1 阶地为主河道-漫滩相沉积, 侵蚀-堆积作用趋于平衡。

**关键词:** 西昆仑; 依格孜也尔河; 河流阶地; 沉积特征; 河流演化

**中图分类号:** P588.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2020)03-237-09

河流阶地的形成和发育受构造、气候、基准面变化控制, 与物源条件、河流地貌过程、植被覆盖等因素密切相关<sup>[1-3]</sup>。河流阶地沉积物记录了沉积环境、地貌地质条件以及经历的构造抬升等信息, 是第四纪地质研究的重要对象之一<sup>[4-10]</sup>。

国内外学者对河流阶地沉积物开展大量研究, 主要集中于阶地成因及其对构造运动、气候变化的指示意义<sup>[11-18]</sup>, 较少涉及阶地沉积相分析与河流演化过程研究<sup>[19-20]</sup>。西昆仑北麓山前地区是青藏高原北部与塔里木盆地西南缘的接触部位, 地形落差大、物源丰富, 沉积物对区域构造活动与环境变化响应迅速, 是第四纪河流阶地研究的理想区域。西昆仑山前大河发育数量有限, 而长度数十至数百千米的小型河流十分密集, 这些河流与人类活动密切相关, 大部分山区村镇均沿河而筑, 人类生产生活大多集中于低位阶地之上, 对此类小型河流开展阶

地调查, 研究河流演化历史, 具有十分重要的现实意义。

本文在新疆西昆仑 1:5 万区域地质矿产调查的基础上, 选择阿克陶县克孜勒陶乡依格孜也尔河作为研究对象, 对比不同阶地分布及沉积特征, 探讨西昆仑山前河流的演化历史。

### 1 地质背景

西昆仑山位于塔里木板块与印度板块之间的西昆仑造山带, 地质构造演化历史复杂, 经历了塔里木板块基底形成阶段、被动大陆边缘沉积及碰撞造山阶段、陆内断陷盆地发展阶段、陆表海发展阶段和前陆盆地发展阶段, 发育一系列 NW 向—SE 向褶皱—逆冲断层带构造<sup>[21-23]</sup>。依格孜也尔河发育于西昆仑山东北段, 向北东汇入塔里木盆地, 全长约 90 km, 以冰雪补给为主, 汛期为 7—8 月, 是 1 条

\* 收稿日期: 2019-06-24 修订日期: 2019-09-29 责任编辑: 谭桂丽

**基金项目:** 中国地质调查局“新疆西昆仑 1:5 万 J43E009017、J43E010017、J43E010018、J43E011017、J43E011018 等 5 幅区域地质矿产调查(编号: 1212011220631)”项目资助。

**第一作者简介:** 许应石, 1986 年生, 男, 高级工程师, 主要从事地貌学与第四纪地质学研究。

典型的砾质辫状河(图 1)。流域内以陆源碎屑沉积为主,岩石易风化破碎,物源丰富。流域上游主要出露石炭纪—二叠纪灰色灰岩、白云岩、泥岩、石英砂岩,侏罗纪灰黑色、灰绿色砂岩、泥岩、页岩,局部出露花岗岩、闪长岩、变质岩;中游主要出露侏罗纪灰黑色、灰绿色砂岩、泥岩、页岩、砾岩,局部出露泥

盆纪灰紫色、灰色砂岩、砾岩、灰岩、泥岩;下游主要出露侏罗纪灰色、灰绿色砂岩、泥岩、页岩及第四纪砂砾石层<sup>[24-25]</sup>。依格孜也尔河垂直穿过西昆仑山体与塔里木盆地之间的过渡带,沿途发育多级河流阶地,阶地地貌和沉积物记录了区域地质环境演化的重要信息。

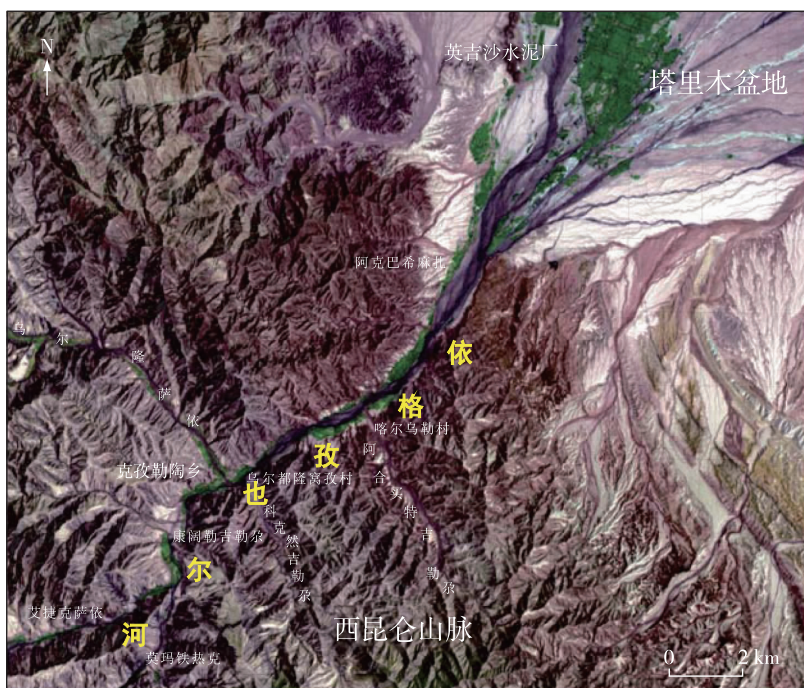


图 1 研究区 ETM 影像

Fig. 1 Map showing the ETM image of the study area

## 2 阶地分布与剖面特征

### 2.1 阶地分布

依格孜也尔河阶地主要分布于河流下游大约 15 km 的河段两侧,向上游阶地迅速消减,高位阶地消失,仅发育渐进狭窄的一级阶地,本次研究在河流下游 15 km 范围内开展(图 2)。依格孜也尔河属于砾质辫状河,沟谷深切,地貌较破碎,发育 2~4 级河流阶地,分布不连续。

(1) T4 阶地。分布于河流下游喀尔乌勒村附近,距离河口约 5 km。该阶地基本丧失阶地形态,在基岩顶部出露砾石层,厚 30~50 m,风化剥蚀严重,阶面宽 10~20 m,高出现代河床 80~90 m。

(2) T3 阶地。呈带状分布于河流下游,在喀尔乌勒村及康阔勒吉勒附近出露,最远距离河口 12 km,阶面宽 15~20 m,阶坡较陡,局部近直立,砾

石层出露厚 30~50 m,高出现代河床 60~70 m。

(3) T2 阶地。断续分布,自河口—莫玛铁热克均有出露,局部缺失。该阶地集中分布于河流左岸,右岸零星分布,呈台阶状地形,界面宽 20~30 m,砾石层厚 10~20 m。

(4) T1 阶地。呈条带状广泛分布,研究区普遍出露,阶面宽阔平坦,河流左岸阶面宽度 > 200 m,右岸较窄;阶面土壤发育,植被茂密,是人类农牧活动的主要聚集地,阶面高出现代河床 2~5 m。

综上,依格孜也尔河阶地分布特征为:由老到新分布范围逐渐向河流上游延伸。高位阶地砾石层厚度大于低位阶地,低位阶地阶面宽度大于高位阶地。阶地沿现代河流展布,越向下游阶面越宽阔。高位阶地剥蚀严重,低位阶地保存相对完整。

根据各级阶地分布位置、阶面距离现代河床高度、阶地砾石层厚度,还原完整的依格孜也尔河 4 级

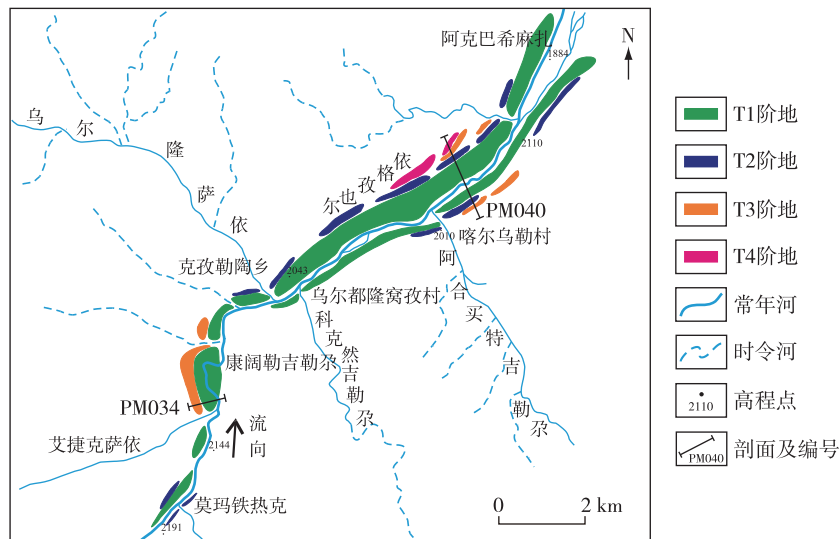


图 2 依格孜也尔河阶地分布及剖面位置示意图

Fig. 2 Sketch map showing distribution of terraces of Yigeziyer River and location of profiles

阶地位相示意图(图 3)。本文选取 PM034 和 PM040 横向剖面(图 2),分析依格孜也尔河阶地沉积

物的沉积相特征,并进一步探讨其成因及河流演化过程。

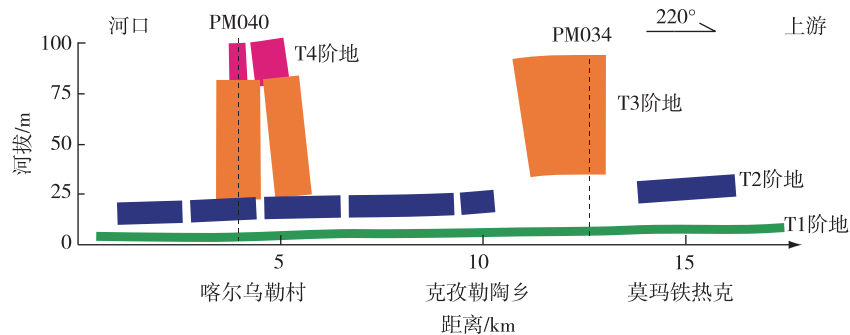


图 3 依格孜也尔河阶地位相示意图

Fig. 3 Sketch diagram showing the facies of Yigeziyer River terraces

## 2.2 阶地剖面

### 2.2.1 克孜勒陶乡河流阶地剖面(编号:PM034)

该剖面位于克孜勒陶乡康阔勒吉勒附近,露头较好,出露 T1 和 T3 阶地, T2 阶地缺失,剖面沉积特征如图 4 所示。

(1) T3 阶地。河拔 68 m, 出露厚 38 m, 基座阶地。砾石层整体无层序, 混杂堆积, 下部砾石含量约 50%, 上部砾石含量 > 85%。粒径分为多个组分, 大者粒径 10~20 cm, 含量约 40%; 小者粒径 3~5 cm, 含量 40%~50%; 另含粒径 30~40 cm 的巨砾, 含量 5%~10%。砾石分选差, 磨圆中等, 次棱一次圆状, 砾石成分主要有灰绿色细砂岩、灰黑色

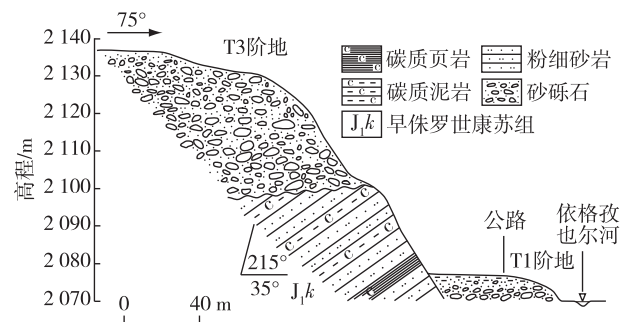


图 4 克孜勒陶乡河流阶地实测剖面图

Fig. 4 The measured profile of river terraces in Kezleto Country

砂岩、粉细砂岩、黑色碳质泥页岩,见少量白色含砾粗砂岩、石英岩、花岗岩。砾石层,下部半固结,上部较松散。基座为康苏组,下切厚度为10~20 m。

(2)T1阶地。河拔4 m,堆积阶地。沉积物具有河流二元结构,下部为砂砾石层,下粗上细,粒径以5~10 cm为主,大者粒径超过30 cm,小者粒径1~3 cm,磨圆较好,以次圆状为主,砾石呈叠瓦状

排列。砾石成分主要有砂岩、粉砂岩和石英等,向上突变为土黄色细砂土层,水平层理发育,顶部黏土层发育,地表植被茂盛。

### 2.2.2 喀尔乌勒村河流阶地剖面(编号:PM040)

该剖面位于克孜勒陶乡喀尔乌勒村,河流左岸发育4级阶地,河流右岸发育3级阶地,露头良好,剖面沉积特征如图5所示。

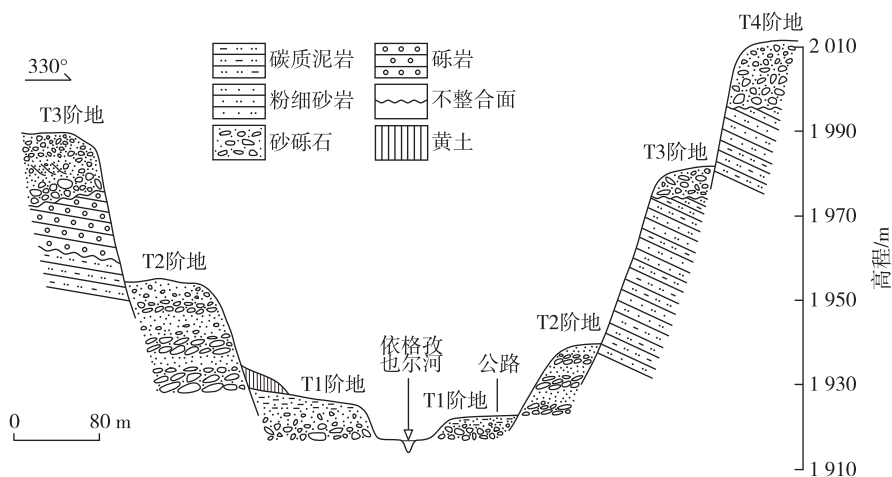


图5 喀尔乌勒村河流阶地实测剖面图

Fig. 5 The measured profile of river terraces in Karwule Village

(1)T4阶地。河拔约90 m,砾石层厚18 m,基座阶地。主体为砾石层,砾石直径为10~15 cm,分选差,磨圆差,次棱状为主。基质支撑,多为泥质;砾石成分以砂岩为主,胶结较好。基座为早侏罗世康苏组,基岩下切厚度为20~25 m。

(2)T3阶地。河拔65 m,出露厚20~30 m,基座阶地。沉积物以砂砾石为主,混杂堆积,下部砾石粒径以5~8 cm为主,大者粒径30~40 cm,砾石含量约占60%,磨圆中等,以次棱一次圆状为主。上部砾石粒径以3~5 cm为主,分选好,磨圆以次棱为主,砾石含量80%~90%,细砾、细砂填充,无定向性,粒序混乱。基岩为康苏组,下切厚度超过30 m。

(3)T2阶地。河拔26 m,出露厚15~30 m,堆积阶地。沉积物具有3个旋回,每个旋回底部为砾石层,厚3~5 m,砾石粒径以10~20 cm为主,大者粒径>50 cm,分选差,磨圆较好,砾石呈叠瓦状排列,成层性好。砾石主要成分为砂岩、含砾砂岩、粉砂岩和花岗岩,紫红色砂岩较常见。上部为含砾砂

层,厚1~2 m,见斜层理。

(4)T1阶地。河拔3~5 m,堆积阶地。阶面宽100~250 m,沉积物为具有二元结构的砂砾石层,砾石多呈扁平状,长轴5~10 cm,大者长轴>30 cm,小者1~3 cm,磨圆较好,以次圆为主,砾石呈叠瓦状排列。向上变细,中部为细砂层,顶部黏土含量较高,土壤发育,植被覆盖。

## 3 阶地岩相划分

沉积物的岩相类型是分析沉积相的基础。研究区河流阶地沉积物类型复杂、沉积组合多变,但是岩石类型可分为砾石、砂和泥三类。根据三类岩相粒度组成、层理和填充特征,参考前人研究成果<sup>[26-29]</sup>,将阶地沉积物分为7个岩相。砾石类代号为G,分为4个亚相,分别为G1、G2、G3和G4;砂类代号为S,分为2个亚相,分别为S1和S2;泥质类只有1个亚相M1,具体岩相类型划分如表1所示。



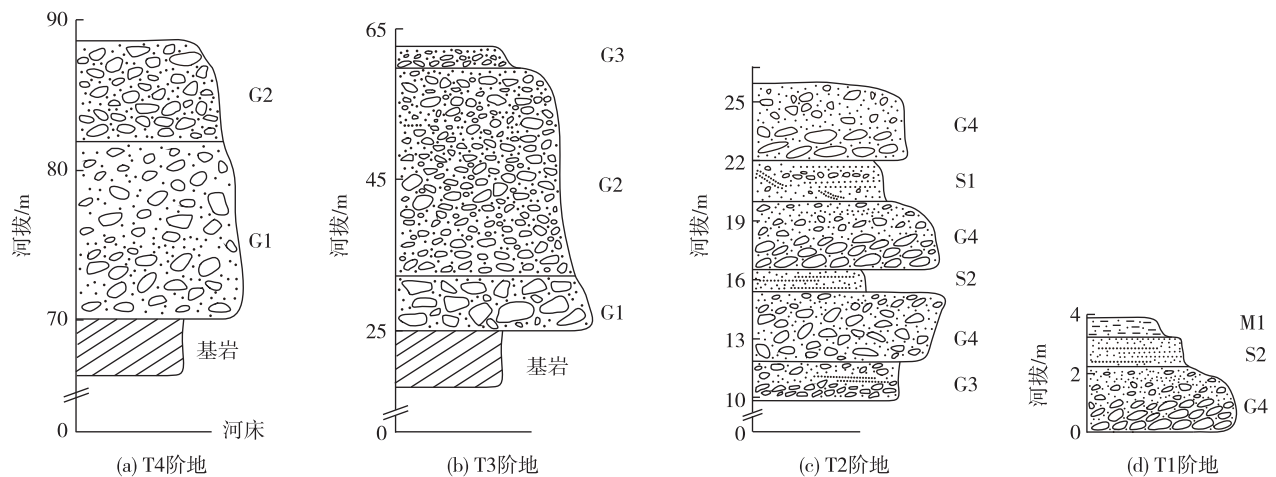
表 1 河流阶地沉积物岩相沉积特征与沉积环境

Table 1 Lithofacies features of sediments and sedimentary environments of river terraces

岩性	岩相	沉积特征	沉积环境
砾(G)	紊乱杂基支撑砾石(G1)	平均粒径>10 cm,大者达50 cm,分选和磨圆差,结构紊乱,砾石含量40%~70%,颗粒、泥质杂基支撑,块状构造,砾石成分主要为砂岩	近源搬运、快速堆积为动力强劲、黏性较大的泥石流沉积
	紊乱颗粒支撑砾石(G2)	砾石大小混杂,具多个粒级组分,多见30~50 cm巨砾石,分选较差,以次圆为主,颗粒支撑,细砾、粗砂充填,砾石含量>80%,成分多样	具阵发性和暴发性,属于较大规模冲洪积扇沉积
	非均质成层性砾石(G3)	粒径以3~5 cm为主,分选和磨圆中等,砾石成层性较好,局部层理发育,槽状交错层理、平行层理,砾石层多夹砂质条带或砂质透镜体,非均质,具正粒序结构	辫状河心滩沉积,是辫状河沉积主体
	叠瓦状颗粒支撑砾石(G4)	砾石下粗上细,粒径3~20 cm,分选中等,磨圆较好,砾石多呈扁平状、椭球状,下部砾石具叠瓦状构造,粗糙层理,颗粒支撑,砾石含量60%~80%,成分较复杂,底部见冲蚀面	叠瓦状构造、正粒序层理,为河床滞留沉积,属于辫状河河道沉积
砂(S)	中粗粒含砾透镜状砂(S1)	中粗粒砂,砂层间夹细砾石层,砾石细小,磨圆好,局部斜层理发育,见板状层理、交错层理,砂层呈透镜状、条带状分布	辫状河弱动力条件下侧向加积
	层理发育的长条状砂(S2)	中细粒—中粗粒,发育水平层理,砂体呈板状、长条状,顶、底突变接触,砂体较松散,厚10~50 cm	辫状河二元结构顶部或沙坝顶部沉积
泥(M)	植被发育的块状泥(M1)	粉砂质-泥质,块状构造,局部见水平层理,厚20~50 cm,顶部植被发育	洪水期河漫滩顶部垂向加积

T4 阶地下部 10~12 m 为 G1 岩相,上部 5~8 m 为 G2 岩相,均为混杂堆积砾石沉积,粒径以 10~15 cm 为主,大者达 40 cm。下部多为基质支撑,基质以泥质为主,砾石含量约 50%;上部以颗粒支撑为主,砾石含量约 85%。砾石成分以砂岩为主,局部可见较大的砂岩岩块(图 6,图 7)。

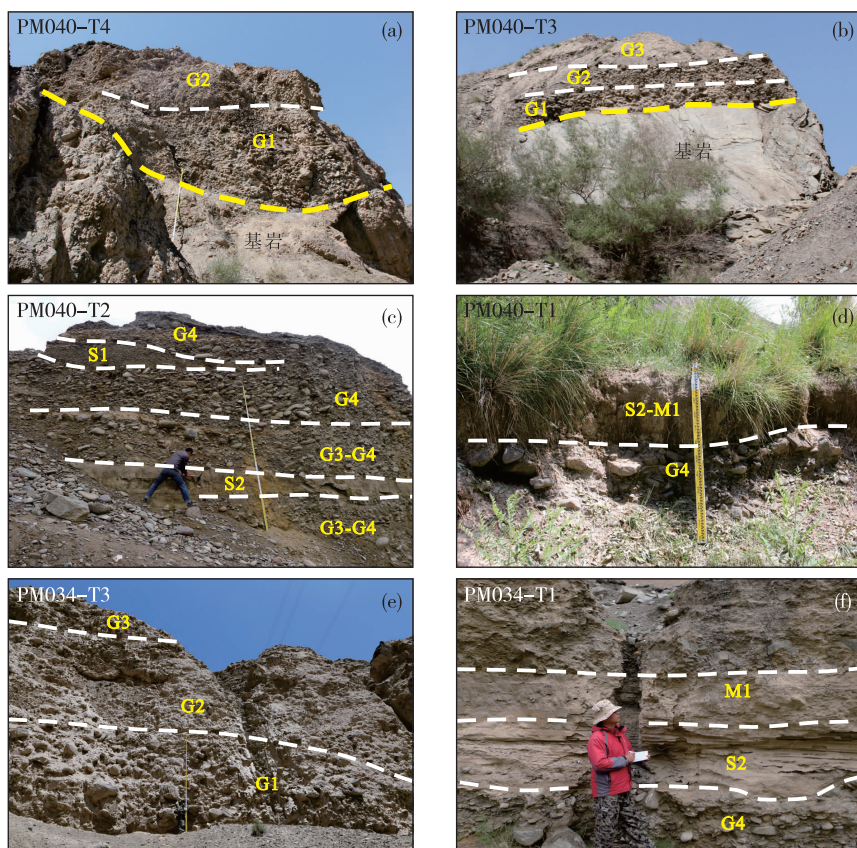
T3 阶地以砾石层为主,沉积厚度可达 40 m,自下而上岩相分别为 G1 岩相、G2 岩相和 G3 岩相,以中部 G2 岩相为主(图 6,图 7)。下部主要为泥石流沉积,向上过渡为冲洪积扇沉积,顶部为辫状河心滩沉积,砾石向上变细,中等磨圆,砾石成分具多样性特征。



G1.泥石流相砾石;G2.冲洪积扇相砾石;G3.辫状河砾石;G4.河床相砾石;S1.辫状河中粗砂;S2.辫状河中细砂;M1.漫滩相黏土

图 6 阶地沉积物岩相组合特征

Fig. 6 Lithofacies association of sediments of terraces



G1.泥石流相混杂砾石层;G2.冲洪积扇相颗粒支撑砾石层;G3.辫状河心滩砂砾层;G4.河床相叠瓦状砾石层;S1.辫状河透镜状中细砂层;S2.辫状河中细砂层;M1.漫滩相黏土层

图7 依格孜也尔河阶地沉积物野外地质照片

Fig. 7 Field photos showing the terrace sediments of Yigeziyer River

T2 阶地岩相主体为 3 层 G4 岩相叠瓦状砾石层,沉积物成层性好,出现下粗上细的正粒序旋回,砾石层上部覆盖 S2 和 S1 河流相砂层,构成 G4—S2 岩相组合和 G4—S1 岩相组合,砾石磨圆较好,成分较复杂,出现花岗岩和变质岩(图 6,图 7)。

T1 阶地为河流二元结构沉积,主体为 G4 岩相叠瓦状砾石层,砾石磨圆较好,成分复杂。上部覆盖 S2 相辫状河砂层,水平层理发育;顶部出现 M1 相,阶面平坦开阔,植被茂盛,是山区农牧业赖以生存的宝贵空间(图 6,图 7)。

## 4 讨论

### 4.1 阶地形成年代与 T1 阶地新认识

阶地沉积物以砂砾石为主,难有较好的测年材料,因此阶地测年是研究难点。目前,阶地测年主要测定阶地内部或上部覆盖的黄土、粉砂、细砂、有

机质的绝对年龄,以阶地上部的测年数据代表河流开始下切的年代,测年方法主要有 OSL、ESR、 $^{14}\text{C}$  及宇生核素测年等。前人对西昆仑山前河流做了大量研究工作<sup>[30-35]</sup>,本文统计分析了主要河流阶地的分布特征、沉积特征及年代数据(表 2),发现晚新生代以来,在青藏高原西北缘构造隆升背景下主要河流同级阶地特征具有可对比性,测年结果具有较好的一致性。

T1 阶地的划定是不同河流阶地对比的基础,不同学者对 T1 阶地的理解和划分不同<sup>[33-35]</sup>。一些学者将现代河床的砾质漫滩划分为 T1 阶地,可理解为正在形成的新一级阶地,另一些学者将已经形成完整阶地地貌的 T1 阶地划定为现代河流高漫滩。T1 阶地划定的差异直接导致不同河流阶地对比混乱。通过依格孜也尔河阶地分布特征、沉积特征及沉积相研究,笔者认为西昆仑山前河流 T1 阶地应具备以下特征:(1)具有明显的阶地陡坎,阶面宽

阔,河拔 $<10$  m,沿河对称分布。(2)沉积相组合自下而上为 G4-S2-M1,具二元结构,底部为叠瓦状河

床相砾石层,中部夹水平层理砂层,顶部发育漫滩相泥质层。

表 2 西昆仑山前主要河流阶地年代统计结果  
Table 2 Formation ages of piedmont river terraces of West Kunlun

阶地级数 (修订)	年代/ka B.P.						
	叶尔羌河 <sup>[33]</sup>	玉龙喀什河 <sup>[33]</sup>	喀拉喀什河 <sup>[33]</sup>	克里雅河 <sup>[33]</sup>	提孜那甫河 <sup>[34]</sup>	喀拉喀什河 <sup>[34]</sup>	阿什库勒河 <sup>[35]</sup>
T1	—	5.33(OSL)	5.18(OSL)	4.17(OSL)	8.19( <sup>14</sup> C)	—	7.7( <sup>10</sup> Be)
T2	18.20(OSL)	—	17.40(OSL)	17.40(OSL)	30.00(ESR)	29.11( <sup>14</sup> C)	32.7( <sup>10</sup> Be)
T3	—	30.20(OSL)	39.90(OSL)	—	49.00(ESR)	43.00(ESR)	53.6( <sup>10</sup> Be)
T4	103.20(OSL)	—	—	—	—	85.00(ESR)	115.7( <sup>10</sup> Be)

通过厘定西昆仑山前主要河流阶地级数,对比各级阶地年龄数据(表 2),认为依格孜也尔河 T1、T2、T3 和 T4 阶地时代依次为 5~8 ka B.P.、18~30 ka B.P.、40~50 ka B.P.和 80~100 ka B.P.。

#### 4.2 阶地成因

国内外学者对河流阶地成因进行了深入探讨,认为内陆河流阶地主要受控于构造运动和气候变化<sup>[8-10,17]</sup>。对于西昆仑山前河流阶地形成的驱动因素,目前尚存争议,部分学者认为第四纪晚期西昆仑山阶段性快速隆升驱动了多级河流阶地的形成<sup>[32,35]</sup>,但也有学者提出晚更新世以来气候变化是主导因素<sup>[34]</sup>。依格孜也尔河阶地成因主要为构造抬升,受气候变化的影响较小。此外,河流演化历史也是阶地形成中不可忽视的因素,主要证据有:

(1)T3、T4 阶地属于基座阶地,地貌切割较深,级差较大,分布不对称,多分布于北西岸,这种阶地特征是气候变化难以驱动的,主要受构造抬升控制,第四纪晚期印度板块向北加速俯冲,青藏高原阶段性隆升,西昆仑山前部位阶段性构造抬升,伴随发生区域断裂差异抬升,河流持续下切,形成多级阶地。

(2)T2 阶地形成年代对应深海氧同位素 MIS2 阶段,该期全球气候迅速变冷,处于末次冰盛期<sup>[36]</sup>,与气候阶地冰期堆积、间冰期下切的一般规律相悖,表明气候变化对区域阶地形成影响较小。

(3)T1、T2 阶地与 T3、T4 阶地沉积结构、沉积相组合截然不同,表明河流形态、流域范围发生巨大变化,河流搬运能力、侵蚀能力增强,河流演化对阶地形成产生一定影响。

#### 4.3 阶地沉积相对河流演化的指示

阶地沉积物是研究河流演化历史最直接的证

据,通过沉积物沉积相研究可以判断河流演化过程。依格孜也尔河是西昆仑众多水系中的一条中型河流,其演化历史可追溯至晚更新世早期。T4 阶地以泥石流沉积相为主体,堆积厚度较大,砾石成分单一,分选磨圆差,底部与下伏基岩侵蚀面接触,具近源快速堆积特征。该时期河谷初生,河道短直,动能强,地形坡度较大,属山前泥石流通道。晚更新世中期,T3 阶地开始堆积,以冲洪积扇为主体,沉积厚度巨大,砾石较粗大,分选差,略有磨圆,砾石成分稍杂,指示流域范围扩大,搬运距离增加,在持续构造抬升的背景下,河谷加深,支谷延展,沉积物多在洪水期快速堆积,形成间歇性山区河流。

晚更新世中后期,河流系统发生重大转变,T2 阶地发育 3 套二元结构砾石层,下部砾石呈叠瓦状排列,夹含砾砂层,成层性好,砾石磨圆较好,成分复杂,出现花岗岩、变质岩,表明流域范围已扩展到现代河流上游岩体出露位置,河谷进一步扩宽,纵比降增大,河流搬运能力增强,堆积作用强于侵蚀作用,形成加积作用为主的辫状河。晚更新世晚期—全新世早期,T1 阶地发育 1 套二元结构沉积,下部以主河道沉积相为主,具有较强的分选性和成层性,顶部漫滩相发育,沉积物粒度减小,表明河流坡降变缓和上游侵蚀砂增多,河流侵蚀、堆积速率相对平衡,形成相对平缓的辫状河。

## 5 结 论

(1)依格孜也尔河下游现存四级良好阶地,T3、T4 阶地属基座基地,T1、T2 阶地属堆积阶地。T1、T2、T3 和 T4 阶地时代依次为 5~8 ka B.P.、18~30 ka B.P.、40~50 ka B.P.和 80~100 ka B.P.。

(2)依格孜也尔河四级阶地形成主要受控于构造抬升,受气候变化影响较小,阶地类型的差异主要受河流演化影响。

(3)依格孜也尔河 T4、T3 阶地主要为泥石流相与冲洪积扇相,河流侵蚀作用强,间歇性堆积;T2 阶地呈现多旋回辫状河沉积,堆积作用增强;T1 阶地为主河道-漫滩相沉积,侵蚀-堆积作用趋于平衡。晚更新世以来河流演化过程为泥石流通道-间歇性河道-砾质辫状河,T2 阶地沉积期河流系统突变是基座阶地转变为堆积阶地的直接因素。

## 参考文献

- [1] 田晴映,郑文俊,张冬丽,等. 构造活动和气候变化对河流阶地发育的影响——以祁连山北缘洪水坝河和马营河为例[J]. 地震地质, 2017, 39(6): 1283-1296.
- [2] 于航,步凡,胡道功,等. 祁连山大通河河流阶地形成时代及地质意义[J]. 中国地质调查, 2018, 5(3): 43-48.
- [3] 胡庆,董文钦,余松,等. 汉江鄢阳段河流阶地发育特征及新构造运动意义[J]. 大地测量与地球动力学, 2017, 37(2): 127-131.
- [4] 王继龙,吴中海,孙玉军,等. 青衣江河流沉积与阶地特征及其成因演化[J]. 地质力学学报, 2016, 22(3): 642-658.
- [5] 高红山,李宗盟,刘小丰,等. 三阳川盆地渭河阶地发育与河谷地貌演化[J]. 中国科学: 地球科学, 2017, 47(2): 191-204.
- [6] 梁文君,何颖,肖传桃. 祁连山北麓祁青地区河流阶地沉积特征及成因[J]. 地质学刊, 2015, 39(2): 218-224.
- [7] 高红山,潘保田,邬光剑,等. 祁连山东段河流阶地的形成时代与机制探讨[J]. 地理科学, 2005, 25(2): 197-202.
- [8] 王利晓,郭进京,马春田,等. 西秦岭北缘漳河阶地发育特征与成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 181-186.
- [9] 刘小丰,高红山,刘洪春,等. 河流阶地研究进展评述[J]. 西北地震学报, 2011, 33(2): 195-199.
- [10] 魏全伟,谭利华,王随继. 河流阶地的形成、演变及环境效应[J]. 地理科学进展, 2006, 25(3): 55-61.
- [11] 钟岳志,李有利,熊建国,等. 祁连山东段童子坝河阶地对气候变化与新构造运动的响应[J]. 古地理学报, 2017, 19(6): 1075-1086.
- [12] BULL W B. Stream-terrace genesis: implications for soil development [J]. Geomorphology, 1990, 3(3/4): 351-367.
- [13] GIBBARD P L, LEWIN J. River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe [J]. Tectonophysics, 2009, 474(1/2): 41-55.
- [14] 郭怀军,杨利荣,朱小辉,等. 祁连山地区河流阶地与第四纪构造隆升[J]. 地质通报, 2016, 35(12): 2033-2044.
- [15] 谭亮,夏月成,江仁剑,等. 马尼干戈盆地河流阶地特征及其构造成因[J]. 四川地质学报, 2014, 34(4): 484-488.
- [16] 邢成起,丁国瑜,卢演涛,等. 黄河中游河流阶地的对比及阶地系列形成中构造作用的多层次性分析[J]. 中国地震, 2001, 17(2): 187-201.
- [17] 常宏,安芷生,强小科,等. 河流阶地的形成及其对构造与气候的意义[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(2): 8-11.
- [18] 杨硕,靳刘圆,卞翔,等. 天山开都河流域河流阶地形成年代与新构造运动意义[J]. 新疆地质, 2017, 35(4): 455-460.
- [19] 贾小龙,安福元,张啟兴. 格尔木河流域河流地貌演化研究进展[J]. 盐湖研究, 2016, 24(4): 59-65.
- [20] 董铭,苏怀,史正涛,等. 金沙江金江街段河流阶地年代及对河谷水系演化历史的启示[J]. 地理学报, 2018, 73(9): 1728-1736.
- [21] 欧健,李向前,潘明宝,等. 西昆仑塔木一带山前推覆构造样式浅析[J]. 西北地质, 2014, 47(4): 37-46.
- [22] 倪康,武彬,叶现韬. 新疆阿尔金北缘拉配泉组流纹岩的锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 华东地质, 2017, 38(3): 168-174.
- [23] 刘栋梁,李海兵,潘家伟,等. 帕米尔东北缘—西昆仑的构造地貌及其构造意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(11): 3499-3512.
- [24] 陈锐明,张克信,陈奋宁,等. 新疆其木干剖面新近纪沉积序列与西昆仑隆升的耦合[J]. 地质科技情报, 2011, 30(4): 55-64.
- [25] 郭刚,许应石,欧健. 新疆塔里木盆地西南缘盆山结合带新生代盆地演化与青藏高原北缘隆升的关系[J]. 西北地质, 2014, 47(4): 13-23.
- [26] SUBHAJIT S, SURESH N, ROHTASH K, et al. Sedimentologic and geomorphic studies on the Quaternary alluvial fan and terrace deposits along the Ganga exit [J]. Quaternary International, 2010, 227(2): 87-103.
- [27] MIAL L A D. The geology of fluvial deposits [M]. Berlin: Springer, 1996: 580-582.
- [28] CHEN L Q, STEEL R J, GUO F S, et al. Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: Implications for



- tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2017, 134: 37-54.
- [29] 靳军, 刘大卫, 纪友亮, 等. 砾质辫状河型冲积扇岩相类型、成因及分布规律——以准噶尔盆地西北缘现代白杨河冲积扇为例[J]. *沉积学报*, 2019, 37(2): 254-267.
- [30] 王永, 王军, 迟振卿, 等. 克里雅河阶地的形成与西昆仑山隆升[J]. *宁夏工程科技*, 2004, 3(3): 207-209.
- [31] 王永, 李德贵, 肖序常, 等. 西昆仑山前晚新生代构造活动与青藏高原西北缘的隆升[J]. *中国地质*, 2006, 33(1): 41-47.
- [32] 张伟, 侯明才, 刘顺, 等. 西昆仑叶尔羌河流域河流阶地的类型及沉积特征[J]. *成都理工大学学报*, 2013, 40(2): 170-179.
- [33] 王永, 王军, 肖序常, 等. 西昆仑山前河流阶地的形成及其构造意义[J]. *地质通报*, 2009, 28(12): 1779-1785.
- [34] 赵振明, 李荣社, 孟勇, 等. 西昆仑提孜那甫河与喀拉喀什河山前河谷地貌对比及构造-气候意义[J]. *新疆地质*, 2006, 24(2): 115-119.
- [35] 潘家伟, 李海兵, 孙知明, 等. 青藏高原西北部晚第四纪以来的隆升作用——来自西昆仑阿什库勒多级河流阶地的证据[J]. *岩石学报*, 2013, 29(6): 2199-2210.
- [36] 王照波, 王江月, 张剑. 山东蒙山第四纪冰川、黄土、水系沉积物与 MIS 对比研究[J]. *华东地质*, 2019, 40(2): 81-90.

## Sedimentary characteristics of Yigeziyer River terraces of West Kunlun, China and its implications for river evolution

XU Ying-shi, OU Jian, GUO Gang, HE Xin-xing

(*Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China*)

**Abstract:** This study obtained heights, distribution, development and sedimentary characteristics of terraces through field geological investigation on Yigeziyer River terraces in the piedmont of West Kunlun. On this basis, authors further investigated development genesis of terraces and evolution process of river by analyzing sedimentary facies and paleo environments of different river terraces. The results show that the Yigeziyer River developed two pedestal terraces (T4 and T3) and two accumulation terraces (T2 and T1), which formed at about 80~100 ka B.P., 40~50 ka B.P., 18~30 ka B.P., 5~8ka B.P. respectively. The terraces resulted mainly from periodic tectonic uplifting, with limited effect from climate change, and the difference of terrace types was mainly influenced by river evolution. Terrace sedimentary facies analysis shows that the main sedimentary facies of T4 and T3 are debris flow sedimentary and alluvial-proluvial fan sedimentary respectively, with strong river erosion and intermittent accumulation. During the T2 sedimentary period, the river system changed greatly, the sediment shows multi-cycle braided river deposit, with enhanced accumulation. The sedimentary facies of T1 terrace was mainly channel-floodplain deposits, with the erosion-accumulation process towards to balance.

**Key words:** West Kunlun; Yigeziyer River; river terrace; sedimentary characteristics; river evolution