

胡春生,吴立,杨立辉.青弋江上游泾县段阶地砾石层砾组结构及其沉积环境研究[J].地理科学,2016,36(6):951-958.[Hu Chunsheng, Wu Li, Yang Lihui. Gravel Fabric and Sedimentary Environment of Terrace Gravel Layers of the Upper Qingyijiang River at Jingxian County. Scientia Geographica Sinica,2016,36(6):951-958.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.06.019

青弋江上游泾县段阶地砾石层砾组结构及其沉积环境研究

胡春生^{1,2}, 吴立^{1,2}, 杨立辉^{1,2}

(1.安徽师范大学国土资源与旅游学院,安徽 芜湖 241000; 2.安徽自然灾害过程与防控研究省级实验室,安徽 芜湖 241000)

摘要:通过对青弋江上游泾县段阶地砾石层进行砾组分析,讨论阶地砾石层的沉积环境及其对青弋江发育的启示。结果表明:①砾径以中砾和粗砾为主,砾石沉积时水动力条件较强,流速基本为2 m/s左右,最大可达到3.5 m/s,特别是T3砾石层形成时期;②砾向在T3和T2砾石层形成时期分别为南南西(SSW)和南西西(SWW)方向,古流向变化不大,呈自南而北的基本流向;③砾态以次圆和圆为主,其总含量超过70%,较高的磨圆度暗示砾石经历了较远距离的搬运;④砾性主要有石英砂岩、砂岩、脉石英和石英岩,其总含量达到90%以上,且砾石物源区变化不显著;⑤T2砾石层和T1砾石层是典型的河流沉积,而T3砾石层可能是河流沉积和泥石流沉积叠加作用的产物,并且T3砾石层的沉积特征对于分析古青弋江的发育有一定的启示作用。

关键词: 青弋江;阶地;砾石层;砾组分析;泾县

中图分类号: P931.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2016)06-0951-08

沉积物剖面中由砾石组成的岩层或土层被称为砾石层,一般其厚度大于10 cm、砾石含量超过30%^[1]。砾石层的沉积环境复杂,既可能是河流沉积,又可能是海岸沉积,还可能是冰川沉积,蕴涵着丰富的古气候、古环境信息,是研究古气候、古环境变迁的良好载体。因而,关于沉积物中砾石层的研究备受众多学者的关注,其中尤以河流沉积砾石层为最^[2-8]。河流系统作为塑造地表形态重要的外营力^[9],它能够对外部因素变化,如气候变化、构造抬升和基准面变化等古环境信息做出积极而敏感响应^[10-12],并将这些变化信息记录到河流沉积物及其所塑造的地貌等河流档案中^[13]。而河流阶地作为河流地貌系统演化的产物,是上述河流档案的重要组成部分^[14]。所谓河流阶地是河流曾经古河道的所在地,因河流下切而突出于新河床之上的阶梯状地形,其沉积结构一般包括上部河漫滩相沉积物、中部河床相沉积物以及下部基岩面^[9,15],其中阶地中部的河床相沉积物在河流中上游地区一般即表现为砾石层。当前,砾组分

析是定量研究砾石层沉积环境的有效途径之一,其基本研究内容包括砾径分析、砾向分析、砾态分析和砾性分析,有助于揭示和重建砾石层形成时的水动力条件、搬运过程、岩性成分以及物质来源等信息^[4,16-21]。

青弋江是长江下游一级支流,发源于黄山山脉,沿青弋江上游泾县段两岸发现至少3级阶地砾石层,是黄山北麓地区古环境变化的重要信息载体。因此,我们运用砾石层砾组分析法,并结合前人相关研究资料进行分析与讨论,达到以下几点目标:①测量和计算青弋江泾县段阶地砾石层的砾组结构参数;②分析青弋江泾县段阶地砾石层形成时期的沉积环境及其对古青弋江发育的启示;③为青弋江发育与阶地年代学研究提供基础数据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

青弋江属长江下游南岸一级支流,发源于安

收稿日期: 2015-07-13; **修订日期:** 2015-10-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41301011, 41201008)资助。[Foundation: National Nature Science Foundation of China(41301011, 41201008).]

作者简介: 胡春生(1978-),男,安徽无为,副教授,主要从事河流地貌研究。E-mail: huchsh03@163.com

安徽省黄山北麓黟县(图1),干流全长309 km,流域面积达7 195 km²。流域属中亚热带季风气候区,气候温暖,降水丰沛,年均温为16℃,年降水量为1 500 mm。青弋江属雨源型河流,水位流量随降雨量变化而变化,西河镇水文站多年平均水位10.36 m。

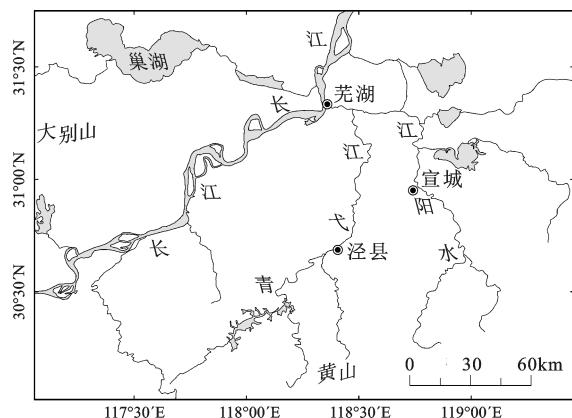


图1 青弋江上游泾县段位置示意图

Fig.1 Sketch map of the upper reaches of the Qingyijiang River at Jingxian County

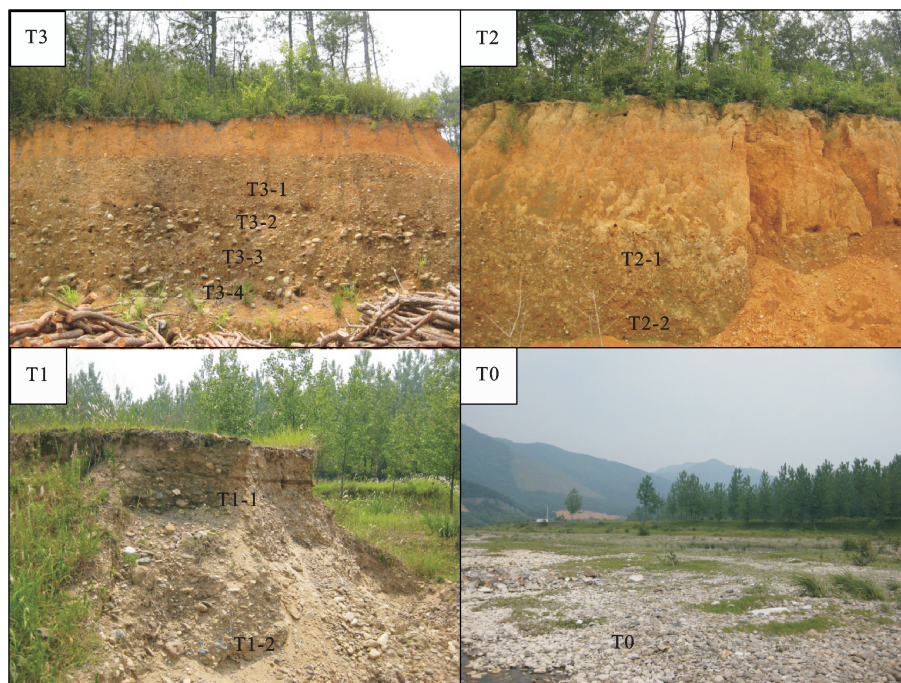
青弋江流域构造上属于江南古陆北部骨干的皖南突起,其北侧是宁芜洼陷^[22],因而造成了河流

自南而北的基本流向。流域内河流地貌比较发育,河流两岸有多级河流阶地^[23,24],是长江下游地区环境变化的重要地貌证据之一。其中,青弋江泾县段位于青弋江上游地区,处于山区和平原区的过渡地带,经野外调查,发现该区发育3级河流阶地(T1、T2、T3),阶地砾石层厚度一般4~6 m,T2和T3之上堆积了2~5 m厚度不等的第四纪红土,T3砾石层网纹化显著(图2)。

1.2 研究方法

根据青弋江泾县段阶地(T1、T2、T3)砾石层剖面的特征与差异,划分出8个不同的层位,同时增加1个现代河床砾石层(T0)作参考层位,共9个层位(图2)。针对每个层位,采用网格法分别选择10 cm×10 cm的区域,运用砾组分析法对每个网格内的砾石进行砾径、砾向、砾态和砾性等参数进行测量与计算,要求每个层位统计砾石不少于100颗。

砾径分析基于对每颗砾石的长轴(a轴)、中轴(b轴)和短轴(c轴)长度 d_a 、 d_b 和 d_c 的测量,然后根据公式 $d = \sqrt[3]{d_a d_b d_c}$ ^[19,21]计算砾径 d 、根据公式 $S_0 = \sqrt[2]{d_{75}/d_{25}}$ ^[17,19,25]计算分选系数 S_0 ,其中 d_{25} 和 d_{75} 分别表示砾径累积曲线上累积含量为25%和75%处的粒径。砾向分析通过地质罗盘直接测量典型砾



注:T0~T3分别表示四级不同拔河高度的砾石层,其中T0是现代河床砾石层,T1~T3是河流阶地砾石层。

图2 青弋江上游泾县段阶地砾石层及层位划分

Fig.2 Gravel layers and its horizons of terraces of the upper Qingyijiang River at Jingxian County

石最大扁平面(ab面)的倾向和倾角以及a轴走向。砾态分析则按照棱状、次棱状、次圆状、圆状和极圆状对砾石进行分类,并同步对砾石的砾性进行野外鉴定。

2 结果与分析

2.1 砾径与水动力分析

砾径是反映水动力条件最直观的指标,砾径大表明水动力强、砾径小表明水动力弱。通过对青弋江泾县段阶地砾石层不同层位砾径的测量与计算,发现不同阶地以及同一阶地不同层位的砾径变化均较大(表1)。就不同阶地而言,平均砾径变化基本是T3砾石层>T2砾石层>T1砾石层,并且最大砾径、平均a轴、最大a轴等都呈现不同程度的由大变小的趋势。就同一阶地不同层位而言,上述各参数基本是下部大上部小,符合河流下大上小的基本沉积规律。需要指出的是,T3阶地砾石层存在2个明显的沉积旋回,分层现象明显,而其他2级阶地均只存在1个沉积旋回(表1)。

表1 青弋江上游泾县段阶地砾石层砾径

Table 1 Gravel diameter of terrace gravel layers of the upper Qingyijiang River at Jingxian County

剖面	平均砾径 (cm)	最大砾径 (cm)	平均a轴 (cm)	最大a轴 (cm)	分选系数 S_0
T0	4.22	10.78	6.47	19	1.26
T1-1	3.11	7.23	4.85	14	1.31
T1-2	3.53	7.94	5.40	13	1.37
T2-1	4.04	8.88	6.42	15	1.36
T2-2	4.19	7.96	6.60	14	1.19
T3-1	3.02	4.70	4.61	6.50	1.16
T3-2	5.65	25.87	8.70	33	1.43
T3-3	2.67	4.88	4.65	9	1.25
T3-4	5.98	17.67	8.66	33	1.78

通过对各级阶地砾石层砾径分布的分析,发现T1砾石层砾径主要以2~4 cm为主,T2砾石层砾径主要以3~5 cm为主,而T3砾石层砾径变化则较大,T3-1和T3-3砾径主要以2~4 cm为主,T3-2和T3-4砾径分布比较分散、粗大砾石多(图3)。根据温德华粒级分类,青弋江泾县段高阶地(T3)砾石层以中粗砾为主、较低阶地(T2、T1)砾石层以中砾为主,表明阶地砾石层沉积时期具有较强的水动力条件,并且T3阶地砾石层形成时期水动力条件

最强。

分选系数(S_0)是表征沉积环境动力条件的另一个重要指标。根据分选系数的等级,1~1.25分选很好,1.25~1.41分选好,1.41~1.74中等,1.74~2分选差,>2很差,>3极差^[4]。通过计算砾石层的分选系数,发现自T3砾石层至T0砾石层分选系数逐渐变小、分选变好(表1),表明砾石层形成时的水动力环境越趋稳定、流速变幅趋小。其中,T0、T1和T2砾石层分选好,表明其形成时水动力条件比较稳定。然而,T3砾石层分选系数总体较大、分选也较差,并且不同层位变化明显,表明T3砾石层形成时期的水动力环境很不稳定,可能流速变幅大、易暴涨暴落,所以才能搬运砾径高达33 cm的巨砾。

2.2 砾向与古流向及水动力分析

野外调查发现青弋江泾县段阶地砾石层呈叠瓦状定向排列,砾石ab面向上游倾向,可作为指示河流古流向的直接标志。通过对T3砾石层和T2砾石层倾向的测量与统计,发现砾石ab面倾向在T3砾石层和T2砾石层形成时期分别为191°和250°,表现为南南西向(SSW)和南西西向(SWW)(表2,图4)。可见,青弋江泾县段古流向在T3砾石层至T2砾石层形成时期略有东移,但仍与现代青弋江泾县段自南而北的流向基本一致,并未发生显著的流向格局变化。同时,砾石长轴(a轴)走向与ab面倾向基本一致(表2,图4),即砾石长轴的排列基本平行于水流方向,表明青弋江泾县段T3和T2砾石层形成时期河流具有比降大、流速快的山间或山前河流特征^[25,26]。

砾石倾角的大小主要与流速有关,一般流速越大倾角也越大^[4]。据研究,水流流速在0.8~1 m/s时倾角为10°~15°,流速为2 m/s时倾角可达30°,流速达3~3.5 m/s时倾角则可增至45°^[4]。一般河流沉积中叠瓦状排列砾石的倾角较陡,范围为15°~30°之间^[25]。通过对倾角的统计,T3砾石层和T2砾石层平均倾角分别为28°和22°,并且最大倾角分别可达到48°和40°(表2)。砾石倾角分析表明T3砾石层和T2砾石层基本符合河流沉积的范畴,并且T3砾石层和T2砾石层形成时期流速基本为2 m/s左右,最大可达到3.5 m/s。同时,T3砾石层形成时期的流速总体大于T2砾石形成时期,并且流速不稳定,此结果与砾径分析基本一致。

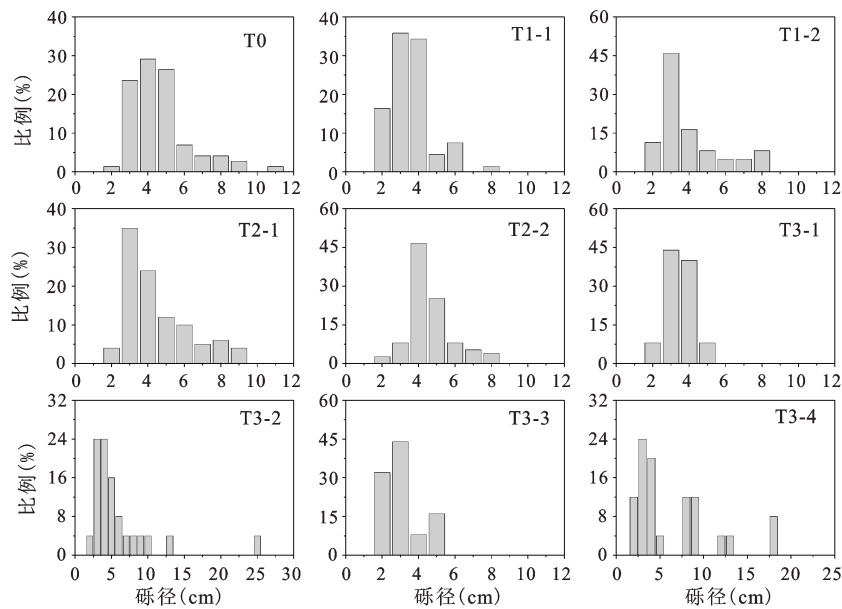


图3 青弋江上游泾县段阶地砾石层中不同砾径比例

Fig.3 Gravel diameter proportion of terrace gravel layers of the upper Qingyijiang River at Jingxian County

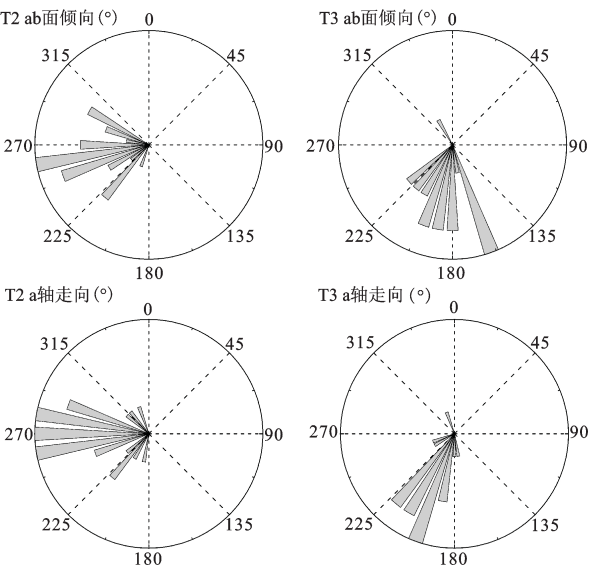


图4 青弋江上游泾县段阶地砾石层倾向和走向

Fig.4 Dip and strike of terrace gravel layers in the upper Qingyijiang River at Jingxian County

2.3 砾态与搬运距离分析

碎屑物的形态特征是恢复碎屑物的侵蚀、搬运过程及重建古沉积环境的重要标志。其中,碎屑物的磨蚀程度(磨圆度)能反映砾石搬运距离的远近,并与其搬运距离成正比。磨圆度越高,表明搬运距离越远,反之则表明搬运距离较近。通过对青弋江泾县段阶地砾石层砾石砾态的测量与分

表2 青弋江上游泾县段阶地砾石层砾向

Table 2 Gravel orientation of terrace gravel layers of the upper Qingyijiang River at Jingxian County						
剖面	测点数量 (个)	a轴走向 (°)	ab面倾向 (°)	倾角 (°)	最大倾角 (°)	古水流 来向
T2	25	260±	250±	22±	40	SWW
T3	21	206±	191±	28±	48	SSW

析,发现砾石的磨圆度可划分为4级,即次棱状、次圆状、圆状和极圆状。各级阶地砾石层均以次圆状和圆状为主,总含量均达到70%以上,磨圆度较好,但存在差异(表3)。T1砾石层极圆状砾石含量最多,达到19.38%,而T3砾石层次棱状砾石含量最多,达到18.82%(表3)。砾态分析结果表明各级阶地砾石层磨圆度较好,砾石经历了较长距离的搬运过程,应该以远源物质为主,特别是T2砾石层和T1砾石层。然而,T3砾石层中却含有较多的次棱状砾石,以及磨圆度整体偏低,表明T3砾石层中也可能存在一部分近距离搬运的物质,并且其沉积环境可能较T2砾石层和T1砾石层复杂。

2.4 砾性与物源区变化分析

砾性分析可直接反映砾石物源区的母岩成分,进而可以基本确定不同砾石沉积时期物源区的变化情况。通过对青弋江泾县段阶地砾石层砾性的分析,发现各级砾石层的主要组分为石英砂

表3 青弋江上游泾县段阶地砾石层砾态				
Table 3 Gravel shape of terrace gravel layers of the upper Qingyijiang River at Jingxian County				
剖面	次棱 (%)	次圆 (%)	圆 (%)	极圆 (%)
T0	5.41	39.19	40.54	14.86
T1	8.53	40.31	31.78	19.38
T2	4.71	51.76	25.88	17.65
T3	18.82	38.61	32.67	9.90

岩、砂岩、脉石英和石英岩,并且总含量均超过90%,同时也含有少量的燧石、石灰岩和花岗岩(表4)。但不同阶地砾石层砾性也存在较大差别,T3砾石层石英砂岩含量最多,达到46.15%,T2砾石层砂岩含量最多,达到41.77%,T1砾石层也是石英砂岩含量最多,达到50.78%,并且较高的T3砾石层和T2砾石层均含有一定的石灰岩组分,而较低的T1砾石层则含有较多的花岗岩组分(表4)。砾性分析表明各级阶地砾石层物源区主要位于青弋江上游的泥盆纪和志留纪沉积岩地区^[27],虽然T1砾石层形成时期砾石物源区可能发生了一定的改变,导致花岗岩组分的增加,但各级阶地砾石层物源区的变化并不显著。

表4 青弋江上游泾县段阶地砾石层砾性							
Table 4 Gravel lithology of terrace gravel layers of the upper Qingyijiang River at Jingxian County							
剖面	脉石英 (%)	石英砂岩 (%)	砂岩 (%)	石英岩 (%)	燧石 (%)	石灰岩 (%)	花岗岩 (%)
T1	13.28	50.78	22.66	4.69	6.25	0	2.34
T2	8.86	36.71	41.77	6.33	2.53	3.80	0
T3	7.69	46.15	34.63	7.69	1.92	1.92	0

3 讨论

通过对青弋江泾县段阶地砾石层的砾组结构分析,T2砾石层和T1砾石层的沉积环境与现代河床砾石层(T0)几乎一致,表明其具有典型的河流沉积特征,并且其沉积环境相对比较稳定。而T3砾石层虽与现代河床砾石层也有一定的相似性,但其砾径变化大、分选较差、磨圆度较低的特征表明其沉积环境比较复杂,在河流沉积之外可能还存在其他沉积作用,因此我们主要讨论T3砾石层的沉积环境。

讨论T3砾石层的沉积环境之前,应确定T3砾石层的形成年代。文献中涉及青弋江阶地的年代学资料极少,并且没有绝对测年数据的支撑,因此只能通过区域对比分析以确定年代。通过查阅相关文献资料^[23,24,27],我们认为青弋江泾县段3级阶地(T3、T2、T1)分别形成于早更新世、中更新世和晚更新世,并由此推断T3砾石层应形成于早更新世。与T3砾石层几乎同时期,在黄山山麓地带广泛发育了一套更新世早期的砾石层,学术界对于该砾石层的成因提出过不同的观点,并伴随着不同的称谓,例如“黄山冰碛层”^[28,29]、“黄山泥砾”^[30,31]或“黄山粘土砾石层”^[32]等。冰川成因观点认为该砾石层是冰碛物,表现为山麓冰川的终碛遗迹,并以此作为黄山地区存在第四纪冰川作用的证据^[28]。非冰川成因观点认为所谓的古冰碛物实际为山区河流-水石流-泥石流的堆积物^[33],并得到沉积物孢粉^[29,34]、砾石组构^[30]、砾石分形^[31]以及沉积物粒度^[28]等方面研究的支持。近年来,学术界基本认同非冰川作用的观点,赞同黄山山麓地带广泛堆积的砾石层是山区泥石流在山间盆地、出山口或山麓地带堆积而形成的洪积——泥石流沉积。

基于上述青弋江泾县段T3砾石层的形成年代与黄山山麓地带砾石层的形成年代基本一致,以及T3砾石层砾组结构有别于低阶地以及现代河床的结果,推测青弋江泾县段T3砾石层是河流沉积和泥石流沉积共同作用的产物。在早更新世时期,在黄山山麓地带由于长期山区季节性洪流或泥石流的作用,在出山口地带形成了广阔的冲洪积扇。在此冲洪积扇基础之上可能发育了多条古辫状河,古青弋江便可能是从这些古辫状河逐渐演化而来。其后,再经过古青弋江的侵蚀、搬运和堆积作用,最终形成了具有一部分泥石流沉积特征的T3砾石层。因此,青弋江泾县段T3砾石层的沉积环境可能是泥石流沉积和河流沉积的叠加,其下部具有泥石流沉积的痕迹,而其上部则是河流作用的结果,并且T3砾石层的沉积特征对于揭示古青弋江的形成也具有一定的启示作用。

4 结论

1) 青弋江泾县段高阶地T3砾石层以中粗砾为主、而较低阶地T2砾石层和T1砾石层以中砾为主,砾石层沉积环境的水动力条件较强,流速可达2 m/s左右,特别是T3砾石层沉积时最强,并且不

同时期沉积环境有变化。

2) 青弋江泾县段T3砾石层和T2砾石层形成时期古水流来向分别为 191° 和 250° ,表现为南南西(SSW)和南西西(SWW)向,古流向虽然稍有变化,但与现代青弋江泾县段自南而北的流向基本一致。

3) 青弋江泾县段阶地砾石层砾石均以次圆和圆为主,砾石磨圆度高,其中T2砾石层和T1砾石层应为搬运距离较远的远源物质沉积,而T3砾石层中除远源物质以外,还可能含有一部分近距离搬运的物质。

4) 青弋江泾县段阶地砾石层的主要组分为石英砂岩、砂岩、脉石英和石英岩,同时也含有少量的燧石、石灰岩和花岗岩。砾石层物源区主要位于青弋江上游的泥盆纪和志留纪沉积岩地区,物源区的变化并不显著。

5) 青弋江泾县段T1和T2砾石层是典型河流沉积,而T3砾石层很可能是河流沉积作用和泥石流沉积作用叠加的产物,并且T3砾石层的沉积特征对于分析古青弋江的发育具有一定的启示作用。

可见,砾组分析是讨论阶地砾石层沉积环境的有效手段,对讨论山区河流的起源亦有一定的借鉴意义。并且如能辅以年代学资料,将有助于进一步探讨河流的起源与发育过程。因此青弋江阶地砾石层的年代学研究将是今后工作的重点。

参考文献(References):

- [1] 丁新潮,徐树建,倪志超. 沉积物中砾石层的研究进展[J]. 鲁东大学学报:自然科学版, 2014, 30(3): 267-273, 288. [Ding Xinchao, Xu Shujian, Ni Zhichao. Research progress on gravel beds in sediments. Ludong University Journal(Natural Science Edition), 2014, 30(3): 267-273, 288.]
- [2] 李立文,方邳森. 南京附近的古砾石层[J]. 地质论评, 2012, 23(2): 111-121. [Li Liwen, Fang Yesen. Ancient gravel beds in the suburbs of Nanjing. Geological Review, 2012, 23(2): 111-121.]
- [3] 徐建辉,谢又予. 秦岭太白山北麓砾石层的成因及第四纪古冰川问题[J]. 地理研究, 1987, 6(1): 53-60. [Xu Jianhui, Xie Youyu. On the origin of gravels and Quaternary glacial at the North foot of Taibai Mountain in Qinling. Geographical Research, 1987, 6(1): 53-60.]
- [4] 邓健如,徐瑞瑚,齐国凡,等. 新洲阳逻—黄州龙王山砾石层的砾组分析[J]. 湖北大学学报:自然科学版, 1987, (2): 81-87. [Deng Jianru, Xu Ruihu, Qi Guofan et al. Gravel fabric of the gravel layer in Yangluo, Xinzhou and Longwangshan, Huangzhou. Journal of Hubei University(Natural Science Edition), 1987(2): 81-87.]
- [5] 赵希涛,胡道功,张永双. 四川攀枝花昔格达组下伏砾石层成因和时代探讨与古金沙江河谷发育[J]. 地球学报, 2008, 29(1): 1-12. [Zhao Xitao, Hu Daogong, Zhang Yongshuang. Genesis and age of the gravels underlying the xigeda formation of panzhuhua, Sichuan, China, and valley development of the ancient jinsha river. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 29(1): 1-12.]
- [6] 梅惠,李长安,陈方明,等. 武汉阳逻砾石层ESR地层年代学研究[J]. 地球与环境, 2009, 37(1): 56-61. [Mei Hui, Li Changan, Chen Fangming et al. ESR stratigraphically chronological study of the gravel layer in Yangluo town, Wuhan city. Earth and Environment, 2009, 37(1): 56-61.]
- [7] 李庭,李长安,康春国,等. 宜昌砾石层的沉积环境及地貌意义[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 438-445. [Li Ting, Li Changan, Kang Chunguo et al. Sedimentary environment and geomorphological significance of the gravel bed in Yichang. Geology in China, 2010, 37(2): 438-445.]
- [8] 王令占,涂兵,田洋,等. 鄂西利川清江源地区高海拔砾石层的发现与分析[J]. 人民长江, 2011, 42(11): 1-4. [Wang Lingzhan, Tu Bing, Tian Yang et al. Discovery and analysis of High-elevation gravel stratum in source area of Qingjiang River, Lichuan, West Hubei Province, China. Yangtze River, 2011, 42(11): 1-4.]
- [9] 杨景春,李有利. 地貌学原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001. [Yang Jingchun, Li Youli. Principle of Geomorphology. Beijing: Peking University Press, 2001.]
- [10] Schumm Stanley A, Dumont J F, Holbrook J M. Active tectonics and alluvial rivers[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [11] 胡春生,潘保田,高红山,等. 最近150ka河西地区河流阶地的成因分析[J]. 地理科学, 2006, 26(5): 603-608. [Hu Chunsheng, Pan Baotian, Gao Hongshan et al. Analysis of origin of river terraces in Hexi area since 150 ka B.P. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(5): 603-608.]
- [12] 胡春生,周迎秋. 河流对0.8Ma B.P.环境突变事件的地貌响应研究[J]. 地理科学, 2014, 34(5): 614-620. [Hu Chunsheng, Zhou Yingqiu. Geomorphic response of the river to the environmental change event at 0.8 Ma B.P. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(5): 614-620.]
- [13] Cohen KM, Stouthamer E, Berendsen J HA. Fluvial deposits as a record for Late Quaternary neotectonic activity in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands[J]. Netherlands Journal of Geosciences, 2002, 81(3-4): 389-405.
- [14] Bull W B. Stream-terrace Genesis: implications for soil development[J]. Geomorphology, 1990, 3(3/4): 351-367.
- [15] 严钦尚,曾昭璇. 地貌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985. [Yan Qinchang, Zeng Zhaoxuan. Geomorphology. Beijing: Higher Education Press, 1985.]
- [16] 吴磊伯,沈淑敏. 海滨砾石组构分析的一个实例[J]. 地质学报, 1962, 42(4): 353-361. [Wu Leibai, Shen Shumin. An example of fabric analysis of beach gravels. Acta Geologica Sinica,

- 1962, 42(4): 353-361.]
- [17] 李容全, 刘增森. 北京地区长辛店砾石层的沉积学特征与西山地貌发育的几个问题[J]. 地理学报, 1984, 39(1): 86-96. [Li Rongquan, Liu Zengsen. Some problems about the relationship between the sedimentological trait of Changxindian formation and the geomorphological development of Xishan Mountain, Baijing. Acta Geographica Sinica, 1984, 39(1): 86-96.]
- [18] 张倬元, 陈叙伦, 刘世青, 等. 丹棱-思濛砾石层成因与时代[J]. 山地学报, 2000, 18(增刊): 8-16. [Zhang Zhuoyuan, Chen Xulun, Liu Shiqing et al. Origin and geological age of the Danling-Simong gravel bed. Journal of Mountain Science, 2000, 18(Supplement): 8-16.]
- [19] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 念青唐古拉山主峰地区第四纪砾石层砾组分析[J]. 地质力学学报, 2002, 8(4): 323-332. [Zhu Dagang, Zhao Xitao, Meng Xiangang et al. Fabric analysis of gravel in Quaternary gravel beds on backbone area of Niqingtanggulashan Mountains. Journal of Geomechanics, 2002, 8(4): 323-332.]
- [20] 梅惠, 胡道华, 陈方明, 等. 武汉阳逻砾石层砾石统计分析研究[J]. 地球与环境, 2011, 39(1): 42-47. [Mei Hui, Hu Daohua, Chen Fangming et al. Study on the statistical analysis of gravels at Yangluo in Wuhan city. Earth and Environment, 2011, 39(1): 42-47.]
- [21] 张宜梅, 王建力, 钟俊. 重庆江北砾岩的砾石统计及其沉积环境探究[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2013, 30(1): 48-52. [Zhang Yimei, Wang Jianli, Zhong Jun. The gravel statistics and sedimentary environment of Jiangbei conglomerate in Chongqing. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science Edition), 2013, 30(1): 48-52.]
- [22] 方鸿琪. 长江中下游地区的新构造运动[J]. 地质学报, 1959, 39(3): 328-343. [Fang Hongqi. Neotectonic movement in the middle and lower reaches of the Yangtze River region. Acta Geologica Sinica, 1959, 39(3): 328-343.]
- [23] 严庠生, 黄志强. 皖南青弋江、水阳江地区第四纪沉积与环境变迁[J]. 徐州师范学院学报: 自然科学版, 1991, 9(1): 58-64. [Yan Xiangsheng, Huang Zhiqiang. Quaternary sedimentation and paleoenvironmental changes of the Qingyi River area and the Shuiyang River area in the southern Anhui province. Journal of Xuzhou Teachers College, 1991, 9(1): 58-64.]
- [24] 严庠生. 皖南青弋江、水阳江地区地貌与新构造运动[J]. 南京师范专科学校学报, 1999, 15(4): 118-124. [Yan Xiangsheng. Landforms and neotectonics of the Qingyi River area and the Shuiyang River area in the southern Anhui province. Journal of Nanjing Teachers College, 1999, 15(4): 118-124.]
- [25] 任明达, 王乃梁. 现代沉积环境概论[M]. 北京: 科学出版社, 1981. [Ren Mingda, Wang Nailiang. Modern sedimentary environment. Beijing: Science Press, 1981.]
- [26] 陈建强, 周洪瑞, 王训练. 沉积学及古地理学教程[M]. 北京: 地质出版社, 2004. [Chen Jianqiang, Zhou Hongrui, Wang Xunlian. Sedimentology and paleogeography. Beijing: Geological Publishing House, 2004.]
- [27] 安徽省区域地层表编写组. 华东地区区域地层表安徽省分册[M]. 北京: 地质出版社, 1978: 197-199, 216-217. [Compiling group of Anhui regional strata table. Regional strata table in East China: fascicle of Anhui Province. Beijing: Geology Publishing House, 1978: 197-199, 216-217.]
- [28] Lee J S. Confirmatory evidence of Pleistocene glaciation from the Huangshan, southern Anhui[J]. Bulletin of Geological Society of China, 1936, 15(3): 279-284.
- [29] 任振纪. “黄山冰渍层”孢粉分析及古气候探讨[J]. 河北地质学院学报, 1985, (4): 57-66. [Ren Zhenji. A discussion on the pollen analysis and palaeoclimate of Huangshan moraine. Journal of Hebei College of Geology, 1985(4): 57-66.]
- [30] 周秉根, 李刚, 王结贵, 等. 黄山第四纪泥砾沉积物的成因分析[J]. 冰川冻土, 1992, 14(4): 360-365. [Zhou Binggen, Li Gang, Wang Jiegui et al. An analysis of the sediment formation of the Quaternary mudstone in the Mount Huangshan. Journal of Glaciology and Geocryology, 1992, 14(4): 360-365.]
- [31] 周秉根. 黄山第四纪泥砾沉积物分形结构特征与沉积环境分析[J]. 地理科学, 1999, 19(1): 93-95. [Zhou Binggen. Analysis on the fractal structure features and sedimentary environment of the boulder clay of the Quaternary in Mt. Scientia Geographica Sinica, 1999, 19(1): 93-95.]
- [32] 黄培华. 黄山麓第四纪粘土砾石层形成机制和环境的研究[J]. 地理科学, 1994, 14(3): 211-216, 295. [Huang Peihua. A study on the sedimentation mechanism and environments of Quaternary boulder clay deposits at piedmont in Mount Huangshan, Anhui Province. Scientia Geographica Sinica, 1994, 14(3): 211-216, 295.]
- [33] 施雅风, 崔之久, 李吉均, 等. 中国东部第四纪冰川与环境问题[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 187-192. [Shi Yafeng, Cui Zhijiu, Li Jijun et al. Quaternary glacial and environmental problem in eastern China. Beijing: Science Press, 1989: 187-192.]
- [34] 黄培华, Diffenhal R F, 杨明钦, 等. 黄山山地演化与环境变迁[J]. 地理科学, 1998, 18(5): 10-17. [Huang Peihua, Diffenhal R F, Yang Mingqin et al. Mountain evolution and environmental changes of Huangshan. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18(5): 10-17.]

Gravel Fabric and Sedimentary Environment of Terrace Gravel Layers of the Upper Qingyijiang River at Jingxian County

Hu Chunsheng^{1,2}, Wu Li^{1,2}, Yang Lihui^{1,2}

(1.College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000, Anhui, China; 2.Anhui Key Laboratory of Natural Disaster Process and Prevention, Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: Through the analysis of the gravel fabric of terrace gravel layers to the upper Qingyijiang River at Jingxian County, this article tries to discuss the sedimentary environments of terrace gravel layers and its indicative effect on the development of the Qingyijiang River at Jingxian County. The Qingyijiang River Basin is located in southern of Anhui Province, issuing from the northern fringe of Huangshan Mountain, is an important tributary of lower reaches of the Yangtze River. Field investigation focuses on a natural outcrop along the upper reaches of the Qingyijiang River at Jingxian County, where a well-preserved sequence of three gravel layers of river terraces is present. These gravel layers are generally 4-6 m in thickness, overlying by about 2-5 m red clay. The results show that: 1) The gravels are mainly medium and coarse in diameter, and the hydrodynamic conditions are strong in the formation periods of terrace gravel layers when the mean velocity of river is about 2 m/s while the maximum velocity can be up to 3.5 m/s, especially in the formation periods of T3 terrace gravel layer; 2) The gravel orientations in T3 terrace gravel layer and T2 terrace gravel layer are 191° and 250°, pointing to the SSW direction and SWW direction, respectively. The paleocurrent of the Qingyijiang River at Jingxian County shows little change from the formation period of T3 terrace gravel layer to that of T2 terrace gravel layer, being similar to the present current which flows from south to north; 3) The gravels are mainly sub-round or round in shape, and the total content of such gravels is more than 70% in each terrace gravel layer. The roundness of terrace gravel layers is good, implying that these gravels should be transported over a long distance from its provenances; 4) The terrace gravel layers contain mainly quartz sandstone, sandstone, vein quartz and quartzite, and the total content of such gravels is up to 90% in each terrace gravel layer, showing that the change of the provenances is not significant; 5) The gravel layers of T2 terrace and T1 terrace are typical fluvial sediments, while the gravel layer of T3 terrace might be a product of the superimposition between the debris flow deposit and river deposit, and the sedimentary characteristics of the T3 terrace gravel layer might potentially has some indicating functions on the analysis of the development of the Qingyijiang River to some extent.

Key words: the Qingyijiang River; river terrace; gravel layer; gravel fabric analysis; Jingxian County