

黄河源典型卵石河床底栖动物的小尺度分布

赵 娜¹, 周罕觅¹, 李志威², 徐梦珍³, 尹冬雪¹

(1.河南科技大学农业装备工程学院,河南 洛阳 471003;

2.长沙理工大学水沙科学与水灾害防治湖南省重点实验室,湖南 长沙 410114;

3.清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室,北京 100084)

摘要:研究卵石河床上底栖动物的小尺度分布对保护河流生态完整具有重要意义。为了解底栖动物在单个卵石上的分布特征,于2012年7月和2013年6月在黄河源区兰木错曲卵石河床选取6个样点进行底栖动物采样调查,同时对样点环境参数进行监测,对河流水质、底栖动物组成、物种丰富度和卵石表面积进行分析,以揭示底栖动物种数、个体数与卵石表面积的关系,探究大卵石层和卵石夹沙层中的底栖动物群落特征。结果表明,研究河段基本处于自然状态,水质为II类。调查期间共采集底栖动物2门、4纲、9目、16科、28属,在物种组成上,以水生昆虫为主。单个卵石上底栖动物的种数和个体数随着卵石表面积的增加呈幂指数增加,对数函数相关系数R²分别为0.589、0.655($P<0.01$)。卵石河床上,卵石夹沙层和大卵石层的物种丰富度(10~13种)差别不大,卵石夹沙层的密度(706~868个/m²)远高于大卵石层(194~360个/m²)。大卵石不易随水流运动,更适合附石类底栖动物尤其是毛翅目(Trichoptera)生存,大卵石层毛翅目的物种数(2~5种)和密度(12~87个/m²)均高于卵石夹沙层(1~2种、1~9个/m²)。毛翅目对河流生态具有重要意义,大卵石层对维持河流生态健康具有重要作用。

关键词:黄河源;底栖动物;物种数;个体数;卵石表面积

中图分类号:Q145 文献标志码:A 文章编号:1674-3075(2020)01-0022-08

大型底栖动物(Macroinvertebrates)是生活在河床上的一类生物(大于500 μm),也是河流生态系统的一个重要类群,在水生态系统的食物链中处于关键环节,在河流生态评价中有着不可比拟的优势,已被作为指示生物广泛用于生态评价和生物监测(Smith et al, 1999)。作为底栖动物主要的生存场所,河床底质是决定其群落结构的重要因素之一(Beisel et al, 1998);在各种底质类型中,有水生植物生长的卵石河床,底栖动物的多样性最高(段学花等,2010)。

国内外很多研究报道了卵石河床上的底栖动物分布及其影响因素(段学花等,2007; Rice et al, 2008; 李艳利等,2015)。在自然状态的卵石河床上,底栖动物以水生昆虫为主,包括蜉蝣、石蛾、石蝇等,卵石河床上底栖动物分布受流速、水质、水温、电导率、海拔和河床稳定性等因素的影响(Zhao et al, 2015; 于帅等,2017; Wieczorek et al, 2018)。关于卵石河床上底栖动物的分布,大部分报道是基于大

尺度(如河流或流域)研究,对小尺度上底栖动物分布的报道相对较少,且认知不深。Douglas & Lake(1994)对单个卵石上底栖动物的研究表明,其物种数与卵石表面积之间存在较强的幂函数关系;而Heino & Korsu(2008)研究表明,在单个卵石上,物种-面积的相关关系很弱。国内对小尺度卵石上底栖动物群落的研究基本空白,仅王强等(2011)对西南山区大圆石(平均粒径214.7 mm)和小圆石(平均粒径122.3 mm)上的底栖动物群落进行了研究,其认为大圆石上昆虫群落多样性和丰富度明显高于小圆石。

本研究于2012年7月和2013年6月选取黄河源区处于自然状态的卵石河床,通过野外调查采样,旨在研究底栖动物在单个卵石上的分布特征及其物种数、个体数与卵石面积的关系,揭示底栖动物在大卵石层和卵石夹沙层中的群落特征,为河流生态健康保护和管理提供科学参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

兰木错曲位于青海省东南部,是黄河源区支流,与永曲在河南县多松乡下游汇合后流入黄河。兰木错曲属于弯曲型河流,为典型的卵石河床。该区域

收稿日期:2018-03-21

基金项目:国家自然科学基金(51809086;51779120);河南省高等学校重点科研项目(16A416002)。

作者简介:赵娜,1988年生,女,博士,副教授,研究方向为河流生态及河流综合管理。E-mail:nanalucky@126.com

属于高原大陆性气候,气候特点明显,每年5—10月温暖多雨,11月至次年4月寒冷干燥。年均气温9~15℃,年均降水量597~615 mm。2012年7月和

2013年6月对兰木错曲6个样点(S1~S6)进行野外调查测量和底栖动物采样,研究区域及采样点分布见图1。

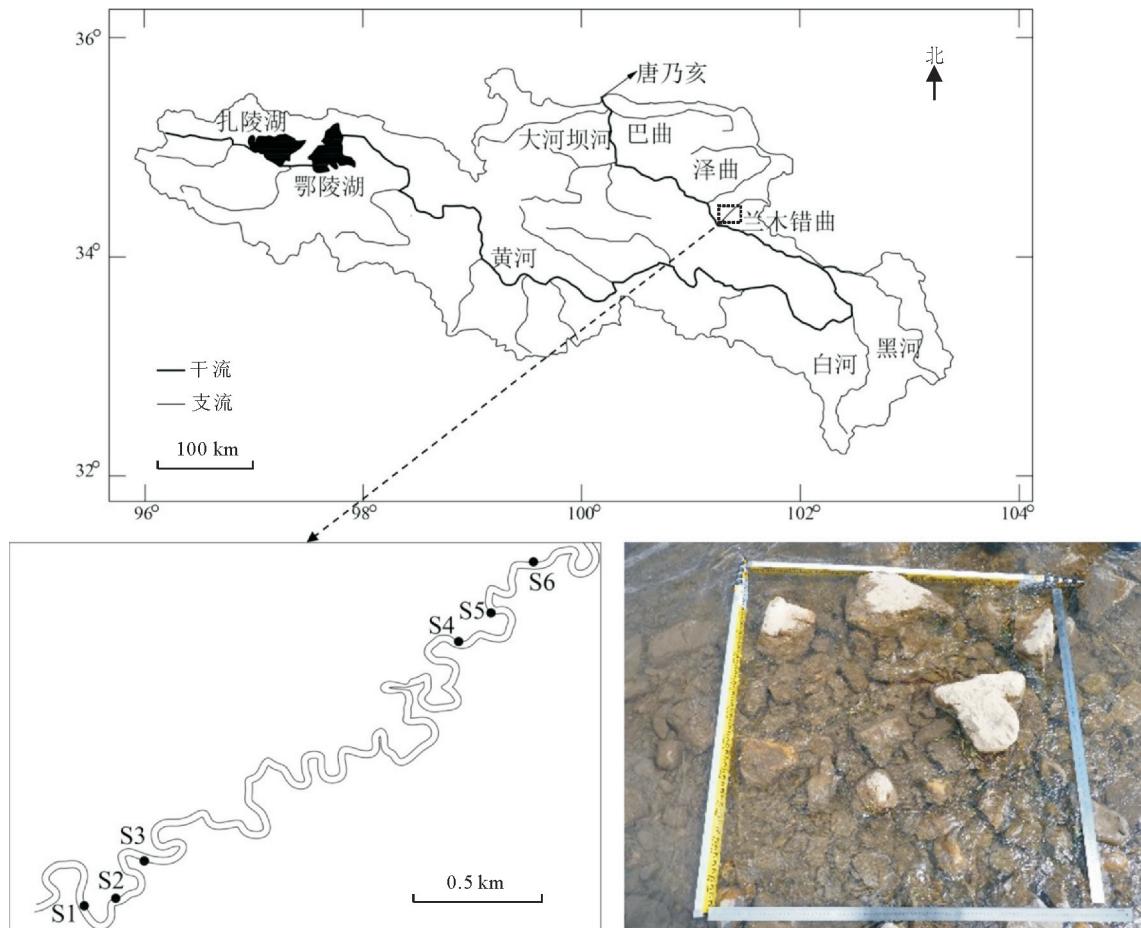


图1 研究区域及采样点布置

Fig.1 Location of study area and sampling sites

1.2 研究方法

2012年7月和2013年6月在兰木错曲生境基本一致的两个河段进行调查,每个河段各设3个采样点,共计6个采样点,每个采样点为1 m×1 m。6个采样点中,9 cm以下为均匀的卵石夹沙底质,9 cm(含)以上为随机分布的大卵石,选择9 cm作为卵石夹沙和大卵石的分界粒径。为了防止大卵石上的底栖动物随水流漂走,在采样前将1 m×1 m面积隔离出来,尽量保证采样区域内的流速为0。

在每个采样点,对≥9 cm的大卵石迅速翻起,然后放入桶中清洗,再将桶中的水经0.45 mm的钢网筛过滤后,将其中的动物和其他杂质放入封口袋中,并测量卵石粒径;对<9 cm的卵石夹沙底质,采用踢网法采集底栖动物,经0.45 mm的钢网筛过滤后,将其中的动物和其他杂质放入封口袋中。将封口袋带回室内于白瓷盘中挑选底栖动物样本,所

得样本用75%的酒精固定,然后带回实验室进行鉴定、计数,尽量鉴定至属或种。

水温及pH采用Hanna HI 98128笔式pH计现场测量。采用HACH HQd-40便携式手持溶氧仪现场测定溶解氧(探头LBOD 10101)和电导率(探头CDC 40101)。水深采用钢尺测量,透明度采用萨氏盘测量,流速采用Global Water FP111旋桨式流速仪测量。取采样点表、底层混合水样,带回室内分析,总氮—碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB 11894—89);总磷—钼氨酸紫外分光光度法(GB 11893—89)。按照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)对水质进行划分。

卵石表面积计算公式为(Graham et al, 1988):

$$A = 1.15 \times (L \times W + W \times H + L \times H)$$

式中:A为卵石表面积;L、W、H分别为卵石的长、宽、高。

采用 Sørensen 指数计算底栖动物群落相似性 (Sørensen, 1948):

$$SC = 2a / (b + c)$$

式中: SC 为相似性系数; a 为两个群落的共同物种; b, c 分别为两个群落的物种数。

采用常见的幂指数函数拟合卵石上的物种-面积关系:

$$S = cA^z$$

式中: S 为物种数; A 为采样面积 (m^2); c, z 为常数。

利用 SPSS18.0 统计学软件分析表面积 A 、物种数 S 和个体数 N 的相关性, 并对回归方程进行 F 检验, $P < 0.01$ 说明回归方程具有极显著性。

2 结果

2.1 环境参数

兰木错曲各样点的水环境参数见表 1。6 个样点均为卵石夹沙底质, 水环境差异不大; 其中, pH 为 8.20~8.36, 天然水中溶有各种矿物质离子, 呈弱碱性; 溶解氧含量为 7.04~7.70 mg/L, 水体基本处于饱和溶解氧状态; 电导率为 414~462 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 水中含盐量相对较少。根据总氮、总磷和溶解氧浓度对各样点的水质进行划分, 研究河段基本处于自然状态, 水质为 II 类。

2.2 底栖动物组成

兰木错曲各样点的底栖动物种类名录见表 2。

表 1 兰木错曲采样点的环境参数

Tab.1 Environmental parameters of each sample site in the Lanmucuoqu River

样点	水温/ ℃	pH	溶解氧/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	水深/ m	透明度/ m	流速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	总氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总磷/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
S1	15.5	8.25	7.42	414	0.05~0.10	0.70	0.10	0.130	0.014
S2	18.5	8.24	7.04	440	0.05~0.15	0.66	0.12	0.125	0.017
S3	14.9	8.31	7.63	432	0.10~0.20	0.65	0.15	0.276	0.023
S4	12.8	8.36	7.70	456	0.10~0.15	0.65	0.05	0.281	<0.01
S5	16.2	8.20	7.23	462	0.05~0.15	0.72	0.20	0.186	0.020
S6	15.8	8.26	7.56	445	0.10~0.15	0.69	0.17	0.201	0.015

表 2 兰木错曲底栖动物种类组成

Tab.2 Taxa composition of macroinvertebrates in the Lanmucuoqu River

底栖动物	不同采样点的种(属)数					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
环节动物门 Annelida						
寡毛纲 Oligochaeta						
颤蚓目 Tubificida						
颤蚓科 Tubificidae	(1)	(1)	0	(1)	(1)	0
节肢动物门 Arthropoda						
蛛形纲 Arachnida						
螨形目 Acariformes						
螨形目 Acariformes 一科	1 ^u	0	1 ^u	0	1 ^u	0
甲壳纲 Crustacea						
端足目 Amphipoda						
钩虾科 Gammaridae	1 ^u					
昆虫纲 Insecta						
蜉蝣目 Ephemeroptera						
四节蜉科 Baetidae	2	2	2	1	1	1
扁蜉科 Heptageniidae	1	1	1	1	1	1
𫌀翅目 Plecoptera						
石蝇科 Perlidae	1	1	1	1	1	1
短尾石蝇科 Nemouridae	1	1	1	1	1	1
毛翅目 Trichoptera						
纹石蛾科 Hydropsychidae	0	0	0	1	0	0
短石蛾科 Brachycentridae	1	1	1	1	1	1
沼石蛾科 Limnephilidae	(1)	(1)	(2)	(3)	(3)	(3)
鞘翅目 Coleoptera						
长角泥甲科 Elmidae	1	1	1	1	1	1
龙虱科 Dytiscidae	0	0	1	0	0	0

续表 2

底栖动物	种(属)数					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
半翅目 Hemiptera						
宽肩蝽科 Veliidae	0	0	0	1 ^u	0	0
双翅目 Diptera						
伪蚋虻科 Athericidae	1 ^u	0	0	1 ^u	0	1 ^u
大蚊科 Tipulidae	0	(1)	(1)	0	0	0
摇蚊科 Chironomidae	(4)	(2)	(3)	(2)	(3)	(3)
合 计	16	13	16	16	15	14

注:1^u 表示没有鉴定到属和种,但有 1 个分类单元。括号内是属数。

Note: "1^u" represents 1 taxon unidentified to genus and species. Genus number is in parentheses.

6 个采样点共采集底栖动物 2 门、4 纲、9 目、16 科、28 属;其中,寡毛纲(Oligochaeta)1 种,蛛形纲(Arachnida)1 种,甲壳纲(Crustacea)1 种,昆虫纲(Insecta)25 种。在物种组成上,各采样点均以水生昆虫为主。图 2 为各采样点底栖动物的物种丰富度和密度,物种丰富度最低为 13,最高为 16;密度最低为 868 个/m²,最高为 977 个/m²。6 个样点间的物种组成、物种丰富度和密度差别不明显。

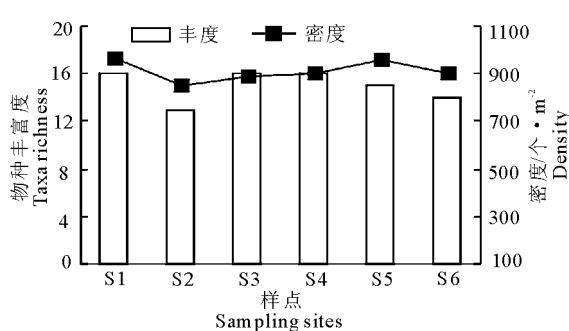


图 2 兰木错曲 6 个样点底栖动物的物种丰富度和密度

Fig.2 Macroinvertebrate taxa richness and density across the six Lanmucuoqu River sampling sites

2.3 群落相似性

6 个样点之间的 Sørensen 相似性系数见表 3。S2 与 S4 的相似性最低,为 0.621,S5 与 S6 的相似性最高,为 0.828,群落间相似性在 0.621~0.828,6 个样点底栖动物群落间的相似性非常高。

表 3 采样点群落间的 Sørensen 相似性系数

Tab.3 Sørensen similarity coefficient of the macroinvertebrate assemblages for each Lanmucuoqu River sampling site

样点	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1.000	0.759	0.688	0.625	0.710	0.667
S2	-	1.000	0.759	0.621	0.786	0.741
S3	-	-	1.000	0.625	0.774	0.733
S4	-	-	-	1.000	0.710	0.733
S5	-	-	-	-	1.000	0.828
S6	-	-	-	-	-	1.000

2.4 底栖动物种类、个体数与卵石表面积的关系

由上述分析可知,6 个采样点间的环境参数相似,生境基本一致,底栖动物群落密度和物种丰富度差别不明显,群落间相似性非常高。为了分析卵石粒径、表面积与底栖动物个体数和物种数之间的关系,从 6 个采样点中选取 20 颗代表卵石(粒径 ≥ 9 cm),统计其粒径 D、表面积 A、物种数 S 和生物个体数 N,统计关系如图 3 所示。将表面积 A、物种数 S 和个体数 N 分别取对数后做线性回归,可得物种数、个体数、卵石表面积之间的关系方程,如表 4 所示。由图 3 和方程可知,随着卵石表面积的增加,卵石上底栖动物的物种数和个体数呈幂指数增加,表 4 中各方程的参数之间相关性较高($R^2 \geq 0.589, P < 0.01$)。

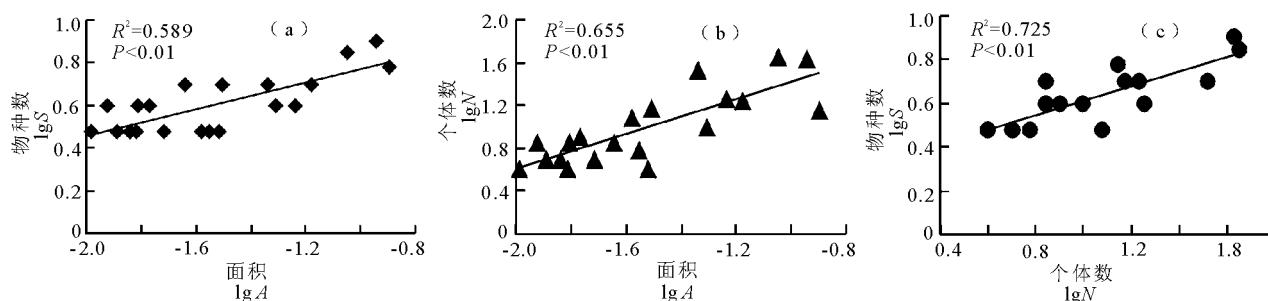


图 3 卵石上底栖动物物种数-面积关系(a)、个体数-面积关系(b)和物种数-个体数关系(c)

Fig.3 Species number-stone area relationship (a), individual number-stone area relationship (b), species number-individual number relationship (c) of macroinvertebrates on cobbles

表4 底栖动物物种数、个体数、卵石表面积之间的关系及相关性检验

Tab.4 Relationship and correlation of species number, individual number of macroinvertebrates and stone surface area

关系	方程	R ²	F	P
物种数-面积	$lgS = 0.308lgA + 1.078$	0.589	25.826	<0.01
个体数-面积	$lgN = 0.815lgA + 2.232$	0.655	36.729	<0.01
物种数-个体数	$lgS = 0.340lgN + 0.271$	0.725	49.587	<0.01

2.5 卵石夹沙层和大卵石层底栖动物的群落特征

将底栖动物的栖息空间沿垂向分为2层,一层为卵石夹沙层,一层为随机分布的大卵石层。图4给出了底栖动物在2层空间里的物种丰富度和密度,卵石夹沙层和大卵石层的物种丰富度(10~

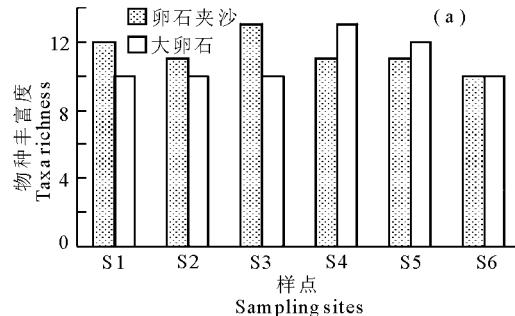


图4 卵石夹沙层和大卵石层的底栖动物种丰富度(a)和密度(b)

Fig.4 Taxa richness (a) and density (b) of macroinvertebrates in the gravel-sand and cobble substrates

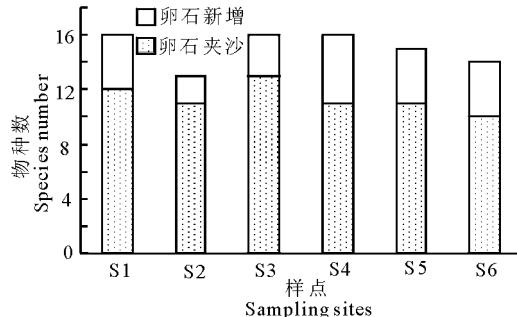


图5 总物种数与卵石夹沙层物种数

Fig.5 Total species number and species number in the gravel-sand layer

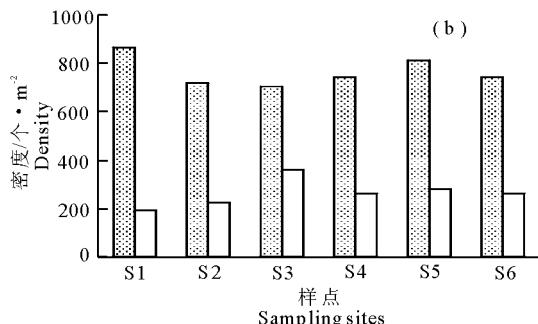
3 讨论

3.1 高原河流的水生态特点

兰木错曲为卵石河床,本研究中底栖动物平均物种丰富度为15。流经北京郊区的拒马河也为卵石河床,其底栖动物平均物种丰富度为25。两条河流研究断面的流速相近(兰木错曲:0.05~0.20 m/s,拒马河:0.1~0.4 m/s),研究河段均属于自然状况河段,受人类活动干扰小,而拒马河的平均物种丰富度远高于兰木错曲(徐梦珍等,2012)。兰木错曲属于高原河流,海拔3 500 m左右,而拒马河

13种)差别不大,但卵石夹沙层的底栖动物密度(706~868个/m²)远高于大卵石层(194~360个/m²)。

对比卵石夹沙层和大卵石层的底栖动物群落,大卵石层中有卵石夹沙层中没有的生物,图5给出了卵石层新增物种数。大卵石层对提高生物多样性有明显作用,对物种数的提高幅度在18.2%~45.5%。图6给出了卵石夹沙层和大卵石层毛翅目的物种数和密度,大卵石层毛翅目的物种数(2~5种)和密度(12~87个/m²)均高于卵石夹沙层(1~2种、1~9个/m²);可见毛翅目更倾向于栖息在大卵石层。



海拔低于500 m;可见海拔高程对底栖动物的分布有重要影响。对欧洲特拉山海拔1 700~2 200 m高原湖泊中的底栖动物群落研究也发现,底栖动物物种丰富度随高程降低呈现明显增加趋势(Ciamporova-Zatovicova et al,2010)。这是由于高海拔地区温度低,生存环境相对恶劣,只适合小范围的底栖动物生存,水生态比较脆弱。

3.2 底栖动物物种数与卵石表面积的关系

参考前人的研究,并考虑到物种数-面积的幂函数模型具有一定的理论基础(Douglas & Lake, 1994; Heino & Korsu, 2008),本研究的物种数-面积关系采用幂函数模型拟合。与大部分关于物种数-面积关系的研究相比(Gaston & Blackburn, 2008; 段学花等,2010),本研究也发现相似规律,物种数随着卵石表面积的增加呈幂指数增加,相关系数R等于0.767,这与Douglas & Lake(1994)的研究结果类似;但与有些学者的研究结果有所不同,Heino & Korsu(2008)对芬兰南部2条河流的研究显示,底栖动物物种数-卵石面积之间不存在强烈的相关关系,这可能与所研究卵石面积变化范围有关,其研究中,卵石表面积为0.207~0.575 m²,面积变化幅度[(最大值-最小值)/最大值]为64%,该范围可能不

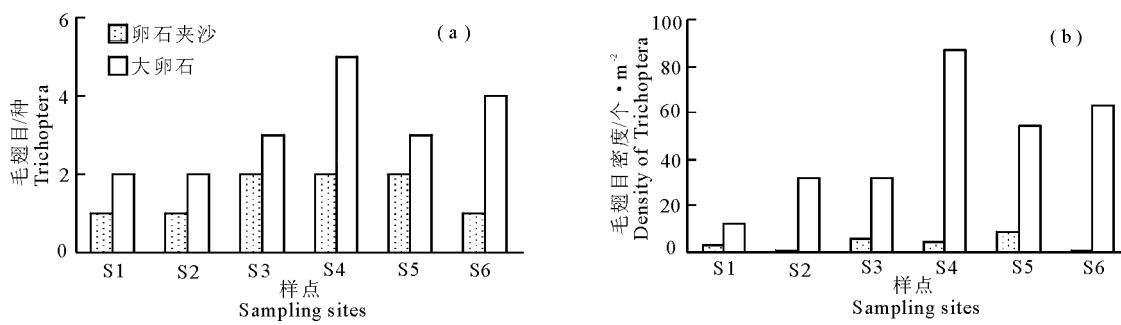


图 6 卵石夹沙层和大卵石层毛翅目的物种数(a)和密度(b)

Fig.6 Species number (a) and density (b) of Trichoptera in the gravel-sand and the cobble substrates

足以显示较强的物种数-面积关系;而本研究中卵石的表面积为 $0.010 \sim 0.127 \text{ m}^2$, 面积变幅为 92%; Douglas & Lake(1994)的研究中,卵石表面积为 $0.0045 \sim 0.1125 \text{ m}^2$, 面积变幅为 96%,本研究与其研究中卵石面积范围和变化幅度均相似。

3.3 卵石粗糙度对底栖动物数量的影响

调查过程中,发现卵石表面的粗糙程度对底栖动物的物种数和个数有一定的影响。表面粗糙的卵石,底栖动物物种数和个数高于表面光滑的卵石。从微生境的角度考虑,粗糙的卵石表面一些低洼处受水流冲刷相对较弱,能为底栖动物提供更适宜的空间,更适合底栖动物生存。这与前人的研究结果类似,Erman & Erman(1984)研究发现,糙度高的岩石比糙度低的岩石更易被底栖动物栖息;Downes 等(2000)认为表面粗糙的底质比光滑底质中的物种更丰富。

3.4 大卵石层有利于提高底栖动物的生物多样性

本次研究表明,卵石夹沙层和大卵石层的物种丰富度差别不大,但卵石夹沙层的底栖动物密度却远高于大卵石层。其主要原因,兰木错曲的钩虾是优势物种,密度很大,这种钩虾可能属潜沙栖居型(闫启伦和王睿睿,2011),所以卵石夹沙层的密度远大于大卵石层;另外,研究还发现,大卵石层中生存有卵石夹沙层没有的生物,对底栖动物多样性的提高起到一定作用。毛翅目主要栖息于大卵石层,这主要由于大卵石不易随着水流运动,更稳定,所以更适合毛翅目等附石类底栖动物的生存。毛翅目是底栖动物的重要类群,对河流生态完整性和健康具有重要作用,随机分布的大卵石增加了水流阻力,抗冲刷能力强,为附石类动物及毛翅目等底栖动物提供了相对稳定的栖息环境(余国安,2009)。大卵石层对维持河流生态具有重要作用,这可为河流治理提供一定参考。

4 结论

(1) 黄河源单个卵石上底栖动物的物种数随表面积的增加而增加,底栖动物物种数-面积之间为幂函数关系,基本符合通用的种数-面积关系曲线,相关系数为 0.767。

(2) 卵石夹沙层和大卵石层底栖动物的物种数差别不大,但卵石夹沙层的底栖动物密度却远高于大卵石层,这主要是由于喜欢生活在沙中的钩虾为优势物种。

(3) 毛翅目喜欢栖息于大卵石上,大卵石层毛翅目的物种数和个体数均高于卵石夹沙层。毛翅目是底栖动物的重要类群,对河流生态具有重要意义,大卵石层对维持河流生态健康具有重要作用。

参考文献

- 段学花,王兆印,程东升,2007.典型河床底质组成中底栖动物群落及多样性[J].生态学报,27(4):1664-1672.
- 段学花,王兆印,徐梦珍,2010.底栖动物与河流生态评价[M].北京:清华大学出版社.
- 李艳利,李艳粉,徐宗学,2015.影响浑太河流域大型底栖动物群落结构的环境因子分析[J].环境科学,36(1):94-106.
- 王强,袁兴中,刘红,2011.西南山地源头溪流附石性水生昆虫群落特征及多样性—以重庆鱼肚河为例[J].水生生物学报,35(5):887-892.
- 徐梦珍,王兆印,潘保柱,等,2012.雅鲁藏布江流域底栖动物多样性及生态评价[J].生态学报,32(8):2351-2360.
- 闫启伦,王睿睿,2011.端足类河螺羸蜚的生活史[C].中国甲壳动物学会第十一届年会暨学术研讨会论文摘要集.厦门.
- 于帅,贾娜尔·阿汗,张振兴,等,2017.新疆伊犁河不同生境大型底栖动物群落及其影响因素[J].水生生物学报,41(5):1062-1070.

- 余国安, 2009. 河床结构对推移质运动及下切河流影响的试验研究[D]. 北京: 清华大学.
- Beisel J N, Usseglio-Polatera P, Thomas S, et al, 1998. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics [J]. *Hydrobiologia*, 389(1/3): 73–88.
- Ciamporova-Zatovicova Z, Hamerlik L, Sporka F, et al, 2010. Littoral benthic macroinvertebrates of alpine lakes (Tatra Mts) along an altitudinal gradient: a basis for climate change assessment[J]. *Hydrobiologia*, 648(1): 19–34.
- Douglas M, Lake P, 1994. Species richness of stream stones: an investigation of the mechanisms generating the species-area relationship[J]. *Oikos*, 387–396.
- Downes B J, Lake P, Schreiber E, et al, 2000. Habitat structure, resources and diversity: the separate effects of surface roughness and macroalgae on stream invertebrates[J]. *Oecologia*, 123(4): 569–581.
- Erman D C, Erman N A, 1984. The response of stream macroinvertebrates to substrate size and heterogeneity [J]. *Hydrobiologia*, 108(1): 75–82.
- Gaston K, Blackburn T, 2008. Pattern and process in macroecology[M]. John Wiley & Sons: Oxford.
- Graham A, McCaughey D, McKee F, 1988. Measurement of surface area of stones[J]. *Hydrobiologia*, 157(1): 85–87.
- Heino J, Korsu K, 2008. Testing species-stone area and species-bryophyte cover relationships in riverine macroinvertebrates at small scales[J]. *Freshwater Biology*, 53(3): 558–568.
- Rice S P, Buffin-Belanger T, Lancaster J, et al, 2008. Movements of a macroinvertebrate (*Potamophylax latipennis*) across a gravel-bed substrate: effects of local hydraulics and micro-topography under increasing discharge[C]. Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration, 637–660.
- Smith M, Kay W, Edward D, et al, 1999. AusRivAS: using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia[J]. *Freshwater Biology*, 41(2): 269–282.
- Sørensen T, 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons[J]. *Biol Skr*, 5: 1–34.
- Wieczorek M V, Bakanov N, Bilancia D, et al, 2018. Structural and functional effects of a short-term pyrethroid pulse exposure on invertebrates in outdoor stream mesocosms[J]. *Science of the Total Environment*, 610: 810–819.
- Zhao N, Wang Z Y, Pan B Z, et al, 2015. Macroinvertebrate assemblages in mountain streams with different streambed stability[J]. *River Research and Applications*, 31(7): 825–833.

(责任编辑 万月华)

Small-scale Distribution of Macroinvertebrates in a Typical Gravel Bed of the Yellow River Headwaters

ZHAO Na¹, ZHOU Han-mi¹, LI Zhi-wei², XU Meng-zhen³, YIN Dong-xue¹

(1. College of Agricultural Equipment Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, P.R.China;

2. Key Laboratory of Water-Sediment Sciences and Water Disaster Prevention of Hunan Province, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, P.R.China;

3. State Key Laboratory of Hydroscience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, P.R.China)

Abstract: Research on small-scale distribution of macroinvertebrates in gravel bed is important for protecting the integrity of river ecology. In order to study the distribution of benthic organisms on a single stone, field investigations of macroinvertebrates and environmental parameters were conducted in July 2012 and June 2013 in a headwater stream (Lanmucuoqu River) of the Yellow River. The investigation focused on water quality, macroinvertebrate community composition, taxa richness and stone surface area. The objectives were to characterize the relationship of species number, individual number of benthic organisms and stone surface area, and the macroinvertebrate community characteristics in cobble and gravel-sand layers. The study will provide scientific data supporting the conservation and management of riverine ecosystems. The river section studied was generally in a natural condition, with Grade II water quality. A total of 28 macroinvertebrate genera belonging to 2 phyla, 4 classes, 9 orders, and 16 families were identified, with dominance by aquatic insects. The species number and individual number of benthic organisms on a single stone increased with stone area (power exponent relationship), with the correlation coefficient R^2 of logarithmic function 0.589, 0.655 ($P < 0.01$), respectively. The difference of taxa richness (10 – 13) between gravel-sand layer and cobble layer was small, while the density in the gravel-sand layer (706 – 868 ind/m²) was much higher than in the cobble layer (194 – 360 ind/m²). Cobbles are not easily moved by flowing water and provide a more stable substrate, so the number of attached organisms is higher, especially for Trichoptera. The species number (2 – 5) and density (12 – 87 ind/m²) of Trichoptera in the cobble layer was higher than in the gravel-sand layer (species number 1 – 2, density 1 – 9 ind/m²). Trichoptera plays an important role in aquatic ecology and cobber layer is important in maintaining riverine health in the headwater area of the Yellow River.

Key words: Yellow River headwaters; macroinvertebrates; species number; individual number; stone surface area