

怒江(云南段)大型底栖动物纵向分布 和季节性变化规律研究^①

李 斌, 张耀光, 王志坚

淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 水产科学重庆市市级重点实验室, 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715

摘要: 该文主要通过聚类分析和对应分析方法, 以大型底栖动物科级组成上的出现与不出现代替其丰度和生物量, 讨论怒江(云南段)大型底栖动物分布格局及季节性变化规律. 结果表明: 怒江(云南段)大型底栖动物科级组成沿河流纵向分布无明显规律, 但具有相同生境类型站点的底栖动物组成较为相似; 怒江(云南段)大型底栖动物科级组成春季与秋季相似性高, 春、秋季与夏季有明显差异.

关键词: 大型底栖动物; 纵向分布; 季节性变化; 怒江(云南段)

中图分类号: Q958.8

文献标志码: A

底栖动物是指生活史的全部或大部分时间生活于水体底部的水生动物类群, 是水生生态系统的的一个重要组成部分^[1]. 底栖动物在水生生态系统中具有多种作用, 它除了可以加速水底碎屑的分解、调节泥水界面的物质交换及促进水体的自净, 还是水生生态系统食物链的重要环节^[1].

怒江流域(云南段)拥有著名的世界自然遗产——“三江并流”、高黎贡山和南滚河 2 个国家级自然保护区以及丰富的物种资源、自然景观资源和人文资源^[2]. 虽然该地区经济欠发达、生态环境脆弱, 但其可利用资源中的水电资源开发条件优越. 为加快落后地区经济发展, 国家电力公司北京勘测设计研究院和华东勘测设计研究院对怒江中、下游水电开发进行了规划^[3]. 水电开发虽然可以给人们带来巨大的经济利益, 但也可能会引发诸多环境问题. 目前为止, 对怒江(云南段)水生生态系统中占有重要位置的大型底栖动物的相关研究几乎为零, 尤其是缺乏怒江(云南段)大型底栖动物本底资料及其分布格局和季节性变化规律的研究.

中国水产科学研究院长江水产研究所、中国科学院水生生物研究所和西南大学生命科学学院共同对怒江流域的水生生物进行了为期 2 年的考察. 本文是对怒江(云南段)大型底栖动物分布格局和季节性变化规律的初步研究, 以期水电站开发提供电站建设后生态恢复的理论依据, 同时也为后续底栖动物的监测研究提供参考.

1 材料与方 法

1.1 站点设置

怒江(云南段)起始于贡山县城的丙中洛, 沿途经过福贡、六库和龙陵等市(县)在木城镇流出国境后改名为萨尔温江. 云南段全长 600 多 km, 沿江等距离共设置了 25 个采样站点, 各站点的生境见表 1、图 1. 怒江云南段属于热带(大部分)和亚热带气候类型, 特别是福贡以下江段四季变化不明显, 夏季上游冰雪融

① 收稿日期: 2010-03-10

基金项目: 中华人民共和国环境保护部重点资助项目(EPA4261).

作者简介: 李 斌(1981-), 男, 河南信阳人, 博士研究生, 主要从事渔业生物学研究.

通信作者: 王志坚, 副教授.

化及雨季的到来致使江水浑浊、暴涨, 春、秋季节江水较为清澈。

表 1 各采样站点的环境简介

站 点	东 经	北 纬	海拔/m	岸边生境与底质	备 注
丙中洛(No1)	98°37'891"	28°01'382"	1 570	农田与灌木; 卵砾石	有溪流汇入
丙中洛下 20 km(No2)	98°39'693"	27°58'196"	1 510	灌木; 卵石、砾石	无
丙中洛下 40 km(No3)	98°40'492"	27°52'980"	1 490	灌木与乔木; 卵砾石	无
贡山县城(No4)	98°40'085"	27°44'509"	1 410	灌木与居民区; 卵石泥沙	回水湾
普拉底(No5)	98°46'427"	27°36'135"	1 380	灌木和乔木; 卵砾石	有溪流汇入
普拉底下 20 km(No6)	98°49'849"	27°28'571"	1 370	灌木农田; 大砾石和沙	有沱湾
马吉(No7)	98°51'178"	27°20'936"	1 290	灌木和乔木; 大卵石和沙	无
福贡上 20 km(No8)	98°52'458"	27°08'475"	1 240	农田与居民区; 卵砾石	有生活污水汇入
福贡城(No9)	98°52'537"	26°52'891"	1 160	居民区(县城); 砾石夹沙	有城市污水汇入
福贡下 20 km(No10)	98°53'809"	26°41'527"	1 100	居民区与乔木; 卵砾石	有溪流汇入
福碧大桥(No11)	98°54'089"	26°29'437"	1 010	灌木和乔木; 卵砾石	有溪流汇入
福贡双纳瓦底(No12)	98°52'154"	26°16'055"	930	杂草与灌木; 砾石	无
泸水县大兴地(No13)	98°51'180"	26°01'147"	837	灌木与居民区(镇); 卵石	有生活污水汇入
六库(No14)	98°51'580"	25°49'726"	813	居民区(地级市); 卵砾石	有溪流汇入
泸水县上江(No15)	98°52'500"	25°43'066"	790	农田; 砾石	无
泸保交界处(No16)	98°56'217"	25°33'295"	735	农田和村庄; 泥沙与卵石	回水湾(渡口)
芒宽下(No17)	98°52'088"	25°20'123"	727	农田; 卵石夹沙	无
芒合(No18)	98°51'030"	25°14'124"	703	农田; 卵砾石	无
赛格(No19)	98°50'287"	25°05'758"	678	农田与灌木林; 卵砾石	无
东风桥(No20)	98°52'583"	24°56'203"	643	农田与居民区; 砾石夹沙	有溪流汇入
红旗桥(No21)	98°58'400"	24°44'214"	637	灌木与乔木; 卵砾石	有溪流汇入
碧寨(No22)	99°02'409"	24°53'450"	616	农田; 砾石夹泥沙	有溪流汇入
三江口(No23)	99°09'791"	24°57'631"	610	农田与矿厂; 砾石夹沙	有支流汇入
龙镇(No24)	99°06'517"	24°44'487"	608	乔木和灌木; 砾石夹沙	无
木城(No25)	99°04'543"	24°43'210"	517	灌木和乔木; 卵砾石	有支流汇入

1.2 采样方法与样品分析

根据怒江流域云南段的水文状况, 课题组于 2007—2008 年共进行了 5 次调查, 分别是在平水期(2007 年 4 月和 2008 年 4 月)、丰水期(2007 年 8 月和 2008 年 8 月)和枯水期(2007 年 11 月)。每一站点沿着河道两边上、下江段选择不同的水环境, 用手抄网(30 cm×30 cm)捞取或翻捡石块及水中固体物, 将获得的样品经 40 目分样筛筛选后拣出大型动物, 存放至备好的塑料瓶中, 用 5% 的福尔马林固定保存, 带回实验室鉴定。所有的大型底栖动物在解剖镜下鉴定, 分类到科级水平。

1.3 统计分析

统计学分析中所涉及的聚类分析、对应分析均在 SPSS13.0 中完成。

2 结 果

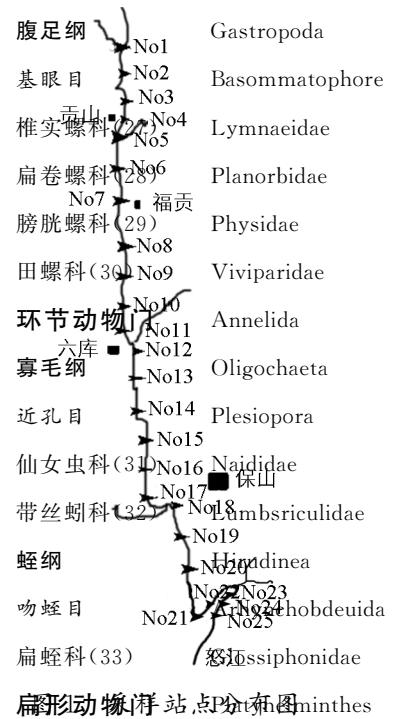
2.1 怒江(云南段)大型底栖动物类群

经鉴定, 怒江(云南段)大型底栖动物共有 4 门, 12 目, 34 科(表 2)。

表 2 怒江云南段大型底栖动物

名 录	拉丁文	名 录	拉丁文	名 录	拉丁文
节肢动物门	Arthropod	鞘翅目	Coleoptera	软体动物门	Mollusca

昆虫纲	Insecta	龙虱科(13)	Dytiscidae	腹足纲	Gastropoda
蜉蝣目	Ephemeroptera	毛翅目	Trichoptera	基眼目	Basommatophore
扁蜉科(1)	Ecdyuridae	原石蛾科(14)	Rhyacophilidae	椎实螺科(27)	Lymnaeidae
蜉蝣科(2)	Ephemeridae	多距蛾科(15)	Pdyoentropodidae	扁卷螺科(28)	Planorbidae
二尾蜉科(3)	Siphomneridae	网栖石蛾科(16)	Hydropsychidae	膀胱螺科(29)	Physidae
四节蜉科(4)	Baetidae	长角石蛾科(17)	Leptoceridae	田螺科(30)	Viviparidae
细蜉科(5)	Cacnidae	石蛾科(18)	Phryganeidae	环节动物门	Annelida
小囊蜉科(6)	Leptophlebiidae	双翅目	Diptera	寡毛纲	Oligochaeta
蜻蜓目	Odonata	大蚊科(19)	Tipulidae	近孔目	Plesiopora
差翅亚目	Anisoptera	水蝇科(20)	Ephydriidae	仙女虫科(31)	Naididae
箭蜓科(7)	Gomphidae	蚊科(21)	Culicidae	带丝蚓科(32)	Lumbriculidae
蜻科(8)	Libellulidae	毛蠓科(22)	Psychodidae	蛭纲	Hirudinea
襁翅目	Plecoptera	蚋科(23)	Simuliidae	吻蛭目	Phobdeuida
石蝇科(9)	Perlidae	水虻科(24)	Stratiomyiidae	扁蛭科(33)	Siphonidae
短尾石蝇科(10)	Nemouridae	摇蚊科(25)	Chironomidae	扁形动物门	Plathelminthes
半翅目	Hemiptera	甲壳纲	Crustacea	涡虫纲	Turbellar
潜水蝽科(11)	Naucoridae	十足目	Decapoda	三肠目	Tricladida
划蝽科(12)	Corixidae	长臂虾科(26)	Palaemonidae	三角涡虫科(34)	Dugesiiidae



2.2 采样点底栖动物科级水平组成的聚类分析

将 25 个采样站点大型底栖动物科级组成进行聚类分析(SPSS13.0), 结果见图 2. 怒江(云南段)底栖动物采样点底栖动物组成的科级水平组成聚类分析表明, 25 个采样点聚为 6 组. 首先可以分为 2 大组, 即 No2, No3, No9, No12, No7, No5, No24, No13, No22, No14, No20 和 No1; No10, No15, No19, No8, No11, No21, No23, No18, No6, No17, No25, No4 和 No16. 2 大组各包含 3 个分支, 共 6 个分支, 即 No1, No20, No14 和 No22; No13, No24, No5, No7, No12, No9 和 No3; No2; No10, No15, No19, No8 和 No11; No21, No23, No18, No6, No17 和 No25; No4 和 No16.

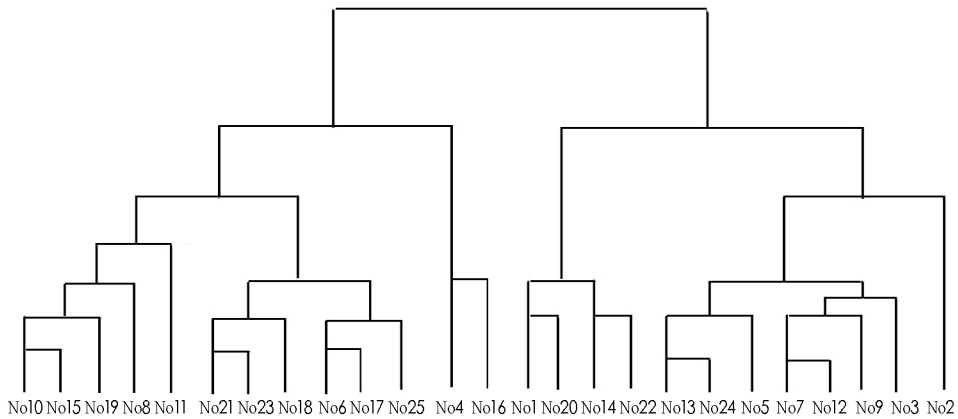
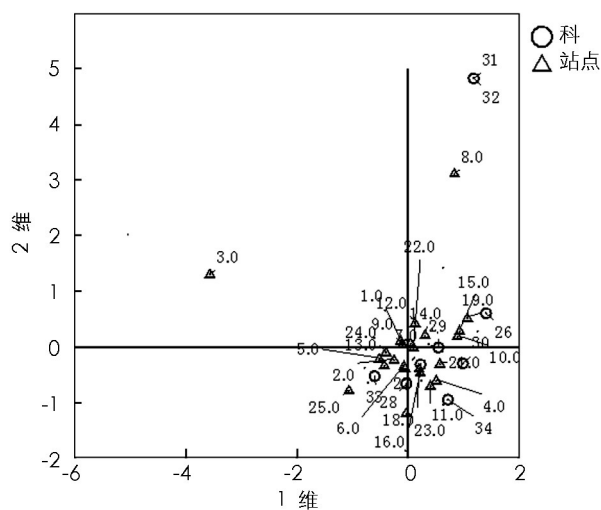


图 2 怒江(云南段)25 个采样站点底栖动物种类组成聚类图

对应分析揭示了怒江(云南段)大型底栖动物科级组成与采样站点及季节之间的关系(图 3). 由图 3 可知, 有些大型底栖动物随着河流生境的变化, 分布呈现规律性. 如软体动物门中的椎实螺科 Lymnaeidae (27)、扁卷螺科 Planorbidae (28)和膀胱螺科 Physidae (29), 主要分布在有小溪流汇入的站点, 如 No4,

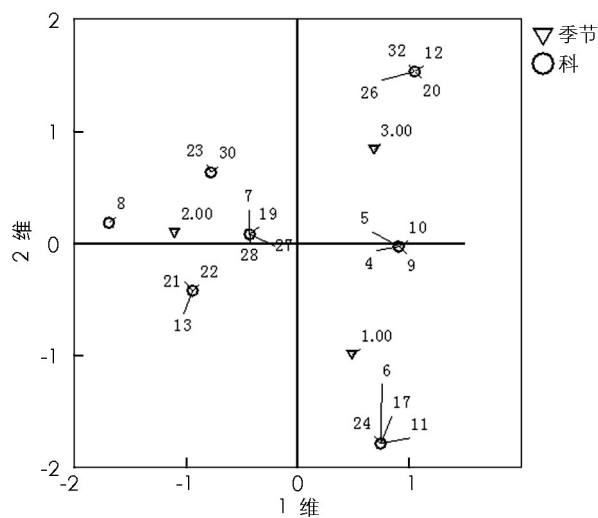
No7, No14 和 No21 等;寡毛纲中的仙女虫科 Zaidiae (31)和带丝蚓科 Lumbriculidae (32), 主要分布在有生活污水的区域, 如 No8 站点;扁形动物门中的三角涡虫科 Dugesiida (34), 主要分布在有小溪流汇入的站点, 如 No11 和 No4 等;而水生昆虫中的大多数种类在各个站点均有分布。

图4显示了怒江大型底栖动物科级组成在不同季节的分布情况。由图4可知,水生昆虫主要出现在春季和秋季,如小囊蜉科 Leptophlebiidae (6)、潜水蝽科 Naucoridae (11)、长角石蛾科 Leptoceridae (17)、划蝽科 Corixidae (12)和水蝇科 Ephydriidae (20)等;双翅目 Diptera 中的类群主要集中在夏季,如蚊科 Culicidae (21)、毛蠓科 Psychodidae (22)和水虻科 Stratiomyidae (24)等;甲壳类出现在秋季,如长臂虾科 Palaemonidae (26);软体动物主要出现在夏季,如椎实螺科 Lymnaeidae (27)和扁卷螺科 Planorbidae (28);寡毛类出现在秋季,如带丝蚓科 Lumbriculidae (32)。从图4可看出,怒江(云南段)大型底栖动物在组成上,春季和秋季没有明显的差异,而春、秋季节与夏季差别较为明显。



“1.0-25.0”表示“No1-No25”

图3 怒江(云南段)大型底栖动物科级水平与采样站点间的关系图



“1.00”表示“春季”;“2.00”表示“夏季”;“3.00”表示“秋季”

图4 怒江(云南段)大型底栖动物科级组成与采样季节之间的关系图

3 讨 论

本文主要采用对应分析法来探讨怒江(云南段)大型底栖动物科级水平组成与不同采样站点及季节之间的变化规律。

图3显示了怒江(云南段)从丙中洛到国境处不同采样站点大型底栖动物科级组成之间的关系。有些类群在怒江(云南段)的整个江段都有分布,如软体动物门中的扁卷螺科 Planorbidae (28)和膀胱螺科 Physidae (29),在上、中、下3段均有分布。另外,在有溪流汇入的站点(如 No4)有石蝇科动物分布,这可能与溪流卵砾石底质、流速和水体清洁有关^[4-5]。

对应分析(图3)所显示的怒江(云南段)大型底栖动物科级组成和各个采样站点之间的对应关系与图2聚类分析所得结果一致。前者主要分析科级组成与采样站点之间的对应关系,后者则侧重把相似度高的采样站点聚集在一起^[6]。由于自然环境的差异及人为活动的干扰,怒江(云南段)采样站点聚类成不同的组。怒江(云南段)大型底栖动物采样站点的聚类结果和预期(沿河流纵向可聚为上、中、下3段)有差异,但具有相同生境类型的站点,底栖动物组成较为相似。如 No1, No20, No14 和 No22 站点聚为一组与其溪流汇入有关; No21, No23, No18, No6, No17 和 No25 站点聚为一组可能与生境类型有关,如落差减小,河道变宽,水流减缓,沿岸农田增多等; No6, No21, No23, No18, No17 和 No25 聚在一组可能与其所处的生境类型有关(表1)。

由图 4 可知,怒江(云南段)大型底栖动物科级水平组成上秋季与春季的相似性高,春、秋季与夏季的相似性低,与 Armitage 等^[7]研究结果一致(认为大型底栖动物的组成在秋季与冬季相似性高,而春季与夏季差异性显著)。同时,图 4 显示了较多大型底栖动物类群都有季节性变化的规律,如蜉蝣目(小裳蜉科)、半翅目(划春科)和毛翅目(长角石蛾科)等主要分布在春、秋季节,该结果与在地中海一河流中毛翅目、半翅目和蜻蜓目主要出现在夏季的结果不一致^[8-9],分析其原因可能与怒江(云南段)的热带或亚热带气候类型致使怒江(云南段)春、秋季节水温相对较高(有利于水生昆虫生存),而夏季怒江(云南段)江水暴涨不利于大型底栖动物的生存有关。怒江(云南段)大型底栖动物的生活史,包括它们的分布和生物量均受到温度^[10]、底质类型及结构^[11]、水体压力和食物的获得性^[12]等综合因素的影响。有些大型底栖动物生境需要一定的流速,当流速减缓时,这些物种的生存受到威胁^[13-14]。怒江(云南段)从丙中洛到国境,海拔降低、河面变宽、水面覆盖物减少,流速减缓、导致水体温度增加^[15],生境的变化必将对大型底栖动物的分布和生存产生一定的影响(表 1)。

本文的分析和讨论仅建立在底栖动物鉴定的科级水平,在科级水平能够探讨和分析大型底栖动物纵向分布,如果能够建立在属至种的水平,就能更清晰准确地反映出大型底栖动物纵向分布格局的细微变化^[16]。

致谢:中国水产科学研究院长江水产研究所刘绍平研究员,中国科学院水生生物研究所曹特博士、徐军博士在野外标本采集中给予了大力帮助;西南大学生命科学学院谢嗣光副教授在标本的鉴定中给予了指导,在此一并感谢。

参考文献:

- [1] 龚志军,谢平,阎云君. 底栖动物次级生产力研究的理论与方法 [J]. 湖泊科学, 2001, 11(3): 79-88.
- [2] 钟华平,刘恒,耿雷华. 怒江水电梯级开发的生态环境累积效应 [J]. 水电能源科学, 2008, 16(1): 52-59.
- [3] 杨德. 试验设计与分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 52-255.
- [4] ARMITAGE P D, MOSS D, WRIGHT J F, et al. The Performance of a New Biological Water-quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide-range of Unpolluted Running-water Sites [J]. Water Research, 1983, 17(3): 333-347.
- [5] BARGOS T, MESANZA J M, BASAGUREN A, et al. Assessing River Water Quality by Means of Multifactorial Methods Using Macroinvertebrates [J]. A Comparative Study of Main Water Courses of Biscay Res, 1990, 24(1): 1-10.
- [6] CAO Yong, BARK A W, WILLIAMS W P. Measuring the Responses of Macroinvertebrate Communities to Water Pollution: A Comparison of Multivariate Approaches, Biotic and Diversity Indices [J]. Hydrobiologia, 1996, 341(1): 1-19.
- [7] ARMITAGE P D, LATTMANN K, KNEEBONE N, et al. Bank Profile and Structure as Determinants of Macroinvertebrate Assemblages-seasonal Changes and Management [J]. Regul Rivers: Res Manage, 2001, 17(4): 543-556.
- [8] COIMBRA C N, GRACA M A S, CORTES R M. The Effects of a Basic Effluent on Macroinvertebrate Community Structure in a Temporary Mediterranean River [J]. Environmental Pollution, 1996, 94(3): 301-307.
- [9] RIERADEVALL M, BONADA N, PRAT N. Community Structure and Water Quality in the Mediterranean Streams of a Natural Park [J]. Limnetica, 1999(17): 45-56.
- [10] WETZEL R G. Limnology-Lake and River Ecosystems [M]. San Diego: Academic Press, 2001: 1006.
- [11] ALLIAN J D. Stream Ecology-Structure and Function of Running Waters [M]. London: Chapman Hall, 1995: 888.
- [12] BASAGUREN A, ELOSEGUI A, POZO J. Changes in the Trophic Structure of Benthic Macroinvertebrate Communities Associated with Food Availability and Stream Flow Variations [J]. Revue Ges Hydrobiol, 1996, 81(1): 79-91.
- [13] HYNES H B N. The Ecology of Running Waters [M]. Toronto: Press of the University of Toronto, 1970.
- [14] STATZNER B, GORE J A, RESH V H. Hydraulic Stream Ecology: Observed Patterns and Potential Applications [J].

Journal of the North American Benthological Society, 1988, 7(4): 307–360.

- [15] LEUNDA P M, MIRANDA R, ESCAKA M C. Seasonal Aquatic Habitat Assessment of the Erro River (Navarre) [J]. *Munibe*, 2004(55): 103–126.
- [16] DOLEDEC S, OLIBIERM J M, STATZNER B. Accurate Description of the Abundance of Taxa and Their Biological Traits in Stream Invertebrate Communities: Effects of Taxonomic and Spatial Resolution [J]. *Archive Hydrobiological*, 2000, 148(1): 25–43.

Longitudinal and Seasonal Variation of the Benthic Macroinvertebrate Community of the Nu River in Yunnan Province

LI Bin, ZHANG Yao-guang, WANG Zhi-jian

Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Ministry of Education),

Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In this paper, the cluster analysis and correspondence analysis methods were applied to evaluate the macrobenthos longitudinal distribution and seasonal variation in the Yunnan section of the Nu River. The results showed that: the section level segment composed of macrobenthos along the river had no significant distribution of the vertical side, but the site with the same habitat type is similar to the composition of benthic fauna. In the spring, the composition at the section level shares a high similarity with the autumn; spring and summer there are significant differences in the fall.

Key words: macrozoobenthos; longitudinal; seasonality; the Nu River in Yunnan province

责任编辑 夏娟