

香格里拉岗曲河大型底栖动物群落和水质的快速生物评价

朱迪, 郑海涛, 常剑波

(水利部中国科学院水工程生态研究所, 湖北 武汉 430079)

摘要:首次针对香格里拉保护区水生生态系统状况进行调查。河源到河口共设置 16 个采样河段, 采集到的大型底栖动物共计 9 目 39 科(亚科)61 种(属), 划分为 34 个不同敏感类群(科或属), 并给出不同种类所指示的水质状况。采用香农生物多样性指数(Shannon - Wiener Diversity Index)和 MBI 生物指标(Macroinvertebrate Biotic Index)对大型底栖无脊椎动物群落进行计算、评价和分类, 对岗曲河的水质状况进行快速生物评价。研究表明:除了一些靠近矿山和村庄下游河段, 香格里拉保护区水生生态系统生物种类组成丰富、水质状况良好, 其调查数据和研究结果是进一步开展保护区水生生态系统研究的基础, 也可作为同类型河流生态系统评价的参照。

关键词:香格里拉; 大型底栖无脊椎动物; 水生生态系统; 快速生物评价

中图分类号: S932.8, X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 3075 (2009)02 - 0056 - 11

底栖大型无脊椎动物(以下简称底栖动物)即用肉眼就可看到的无脊椎动物, 一般不能通过 500 μm 孔径筛网, 常见的有水生昆虫、寡毛类、螺贝类与虾蟹类等, 其中最常见且种类最多的为水生昆虫。在利用生物进行水质监测和评价中, 底栖动物的应用最为广泛(石大康, 1986; 王建国等, 2003; 王备新等, 2001); 这类动物具有以下特点: 种类多、分布广、易于采集, 生活史够长, 可用来解释受到干扰前后种群个体数的差异。水生昆虫具有个体较大、种类多、数量大、易于鉴定、耐受范围广、活动范围较小、对污染的逃避能力弱和对环境变化比较敏感等特点(王俊才, 2000 等), 利用水生昆虫进行水质监测和评价是水质生物监测的主要手段之一(Morse J C et al, 1994; Matt R W et al, 2000), 也是昆虫学在实际应用中的一个新领域。

生物评价水环境的目的是描述水资源状况和受人类干扰后生物群落结构的变化趋势。在北美, 1960 年代以传统的定性评价为主, 根据指示生物的出现与否来判定水体受污染程度; 1970 年代起, 大量采用各种多样性指数来评价水质, 强调定量采样和复杂的统计分析; 1980 年代初开始, 人们又将兴

趣转向定性评价, 并在方法上作了重要改进, 提出一个全新的概念——“快速生物评价法”(rapid bio-assessment method)。最早用以水质快速评价的生物是鱼类, 近年来, 大型底栖无脊椎动物以其独特的优越性已被美国、英国、加拿大和澳大利亚等国环保部门广泛使用(Resh V H et al, 1995)。在亚洲, 日本和韩国走在最前沿, 早在 1970 年代就开展了这方面的研究, 1990 年代初期已开始采用底栖动物类群的耐污值和生物指数来评价水质(Yoon I B et al, 1992a; 1992b; 1992c)。目前, 许多发展中国家也陆续开始应用该技术来监测和评价水环境。在中国, 应用底栖动物评价水质也已经有 30 多年的历史(石大康, 1986; 王建国等, 2003; 陆强国, 1986; 王备新等, 2004; 国家环保局水生生物监测手册编委会, 1993; 刘保元等, 1981; 刘保元等, 1984)。本文使用多种生物指标综合评价水环境质量, 其中包括快速生物评价法, 研究方法和结果易为公众理解和在保护区内推广。

1 研究区域和方法

1.1 区域自然概况

香格里拉县位于云南省迪庆藏族自治州, 地处青藏高原东南缘横断山脉三江纵谷区东部, 境内河流湖泊均属于金沙江水系。香格里拉峡谷位于香格里拉县北部, 其西、东、北部分别与四川省的德荣、稻城和乡城县接壤。总面积 20.7 万 km^2 , 地理位置为东经 99°22' ~ 99°40', 北纬 28°08' ~ 28°24'。区内最高点位于东部的巴拉根宗雪山, 海拔 5 500 m, 同时它也是香格里拉县的最高峰, 主要河流为金沙江的

收稿日期: 2008 - 08 - 12

基金项目:国家自然科学基金重大项目(30490233); 科技部水利部公益性行业科研专项(200701008); 水利部公益性行业科研专项(200701029)。

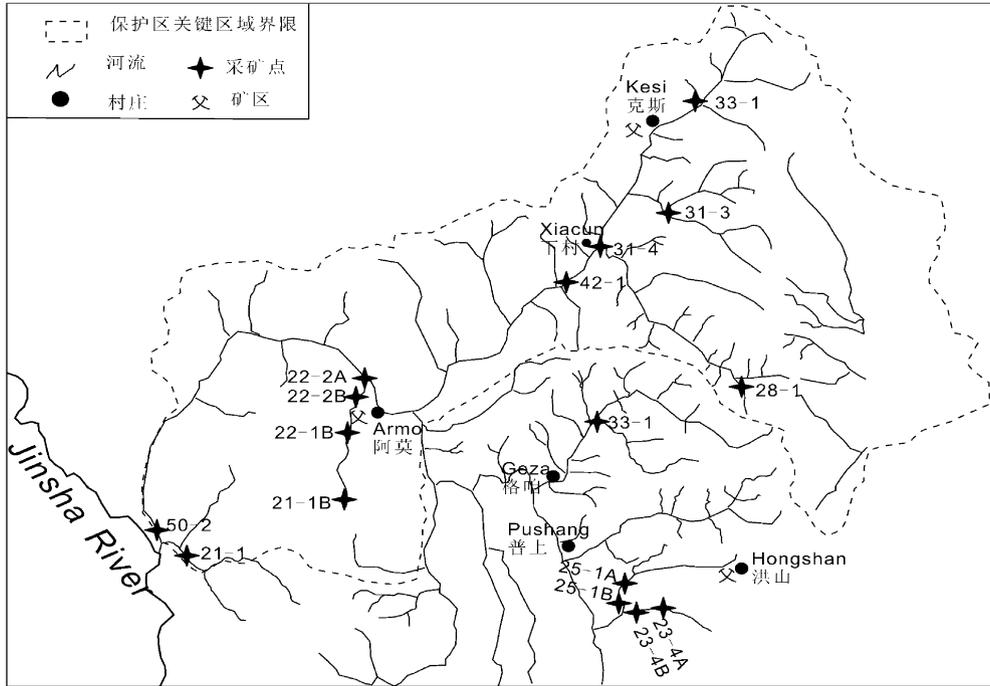
通讯作者:常剑波, 研究员, 主要从事水生态保护研究。E-mail: jchang@mail. ihe. ac. cn

作者简介:朱迪, 女, 博士, 主要从事鱼类生态与保护生物学、生态系统健康评价研究。E-mail: Zhudi@mail. ihe. ac. cn

一级支流岗曲河, 该河发源于峡谷西部的冈巴亚雪山, 全长 98 km, 在峡谷的东南部流入金沙江。区域内立体气候明显, 岗曲河河谷的最低海拔为 2 000 m。

2004年6月, 对保护区内的水生生态系统进行

调查, 在岗曲河香格里拉峡谷、莫洛、格咱、上桥头河口等 4 个区域进行了采样, 对潜在污染源如矿区和村庄所在地的上游和下游各设置 2~4 个采样点, 采样点共 16 个(图 1)。



22-2A 莫洛矿上游; 22-2B 莫洛矿上游; 21-1A 莫洛矿下游; 22-1B 莫洛矿下游; 23-4A 红山矿下; 23-4B 红山矿下; 25-1A 红山矿下; 25-1B 红山矿下; 31-3 翁水上村; 31-1 翁水上村; 31-4 翁水下村; 42-1 翁水下村; 21-1 上桥头小河; 50-2 上桥头岗曲河; 33-1 上格咱小雪山; 28-1 翁水上村上

图 1 岗曲河 16 个采样点在保护区内分布

Fig. 1 Map of Gangqu River of Shangri-la conservation area showing sampling sites distribution

1.2 生境调查

利用地理信息系统 (Geographical Information Systems, GIS) 对保护区进行划分, 使用不同编号代表不同地理信息。对多种生境定性采样, 记录包括采样点(名称、编号、日期)、采样点物理状况, 以及水温、底质组成、植被覆盖率等信息, 并制采样河段形态图。

1.3 采样方法

1.3.1 底栖动物 用踢网(熊金林等, 2003) (1 m × 1 m) 在水深小于 0.5 m、流速较缓慢的河岸区采集, 每个采样点在 150 m 长的河段区域内定量采集 3 个小样方, 每个小样方的采样面积为 1 m², 总采样面积在 3 m² 左右。采样河段根据静水区、流水区、地质组成等情况分配、选择小样方。Hand-pick 定性采集累计 2 人/h 的工作量, 主要是在石块表面、枯枝和落叶堆中采集样本(刘保元等, 1984)。每个样方的样本在滤筛内清洗, 装在标本瓶内, 用 75%

的酒精固定保存, 带回实验室在白色搪瓷盘里挑取动物标本, 在解剖镜和显微镜下鉴定种类, 水生昆虫幼虫鉴定到科(属)。

1.3.2 浮游生物 在每采样河段选择 3 个采样点, 选择水流较缓的河湾采集样品。浮游生物的采集使用 13 号浮游生物网, 每个样本用 5% 鲁格氏液固定, 放在标本瓶中保存, 对标本编号, 并贴好标签, 带回实验室镜检。若需要采集定性和定量 2 种标本, 先采集定量标本。

1.4 水质评价方法

1.4.1 Shannon-Wiener 多样指数 (H') (Morse J C et al, 1994; 柯欣等, 1996)

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i = 3.321 \left(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s N_i \lg N_i \right)$$

式中: N 为各种类个体总和; N_i 为第 i 种个体数; P_i 为 N_i/N ; S 为种类数。

水质分析标准是 Shannon-Wiener 多样性指数

(H')标准:H' > 3 清洁, 2~3 轻度污染, 1~2 中度污染, < 1 严重污染。

1.4.2 MBI 生物指数 (Macroinvertebrate - biotic index, MBI) 本研究根据俄亥俄州大型底栖无脊椎动物评价指标 (MBI) 体系, 首先对大型底栖无脊椎动物进行计数, 然后根据种类的敏感性划分为敏感种、一般敏感种和耐受种等 3 组。根据样本中种类个体数量划分为 3 级: 个体数 1~9 为稀少种, 用 R 表示; 10~99 为普通种, 用 C 表示; 个体数 > 100 表示为优势种, 用 D 表示。

MBI 的计算公式为: $MBI = N_1 + N_2 + N_3$, 其中 $N_n (n = 1, 2, 3)$, 分别为每敏感性分组中稀少种、普通种及优势种的指数之和, 稀少种、普通种及优势种的指数 = 相应个体数 × 指示加权因数, 指示加权因数见表 1。

表 2 各个采样点编号、GPS 定位以及理化信息

Tab. 2 Sample site numbers, GPS informations and location

采样点 ID	22-2A	22-2B	21-1A	22-1B	23-4A	23-4B	25-1A	25-1B
海拔/m Height	3 200				3232.5	3217.4	3232.5	3217.4
经度 LONG.		不能定位	不能定位	不能定位	99.47°	99.47°	99.48°	99.48°
纬度 LAT.					28.05°	28.05°	28.06°	28.05°
pH	8.23	9.46	8.95	8.94	8.75	8.79	8.6	8.79
温度/°C Temperature	7.5	8	7.5	7.5	7.9	8.3	7.9	8.3
采样点 ID	31-3	31-1	31-4	42-1	21-1	50-2	33-1	28-1
海拔/m Height		3 110	3 034	2 991	2 030.6	1 996.4	3 114.0	4 135
经度 LONG.		99.46°	99.47°	99.45°	99.24°	99.24°	99.46°	
纬度 LAT.		28.16°	28.25°	28.23°	28.24°	28.09°	28.16°	
pH					9.01	9.30		
温度/°C Temperature	8.5	10	7.5	14	12.8	13	10	12

2.2 底栖动物群落结构

2.2.1 群落结构组成 位于云南省香格里拉保护区内的岗曲河, 其生态系统处于自然状态, 周围环境基本上受到较少的人为干扰。河水清澈见底, 底栖动物种类丰富, 生物多样性高。2004 年 6 月调查采集到底栖动物共计 9 目 39 科 (亚科) 61 种 (属)。其中, 襀翅目稚虫 4 科 5 种, 蜉蝣目稚虫 7 科 15 种, 毛翅目幼虫 6 科 7 种, 鞘翅目幼虫 3 科 4 种, 双翅目幼虫 12 科 (亚科) 23 种, 蜻蜓目 2 科 2 种, 寡毛目 2 科 2 种, 无吻蛭目 2 科 2 种, 端足目 1 科 1 种 (表 3)。大多数种类生存在清洁的流水中, 敏感的种类多, 有少数种类耐轻度至弱、中度污染。

这次调查出现的底栖动物 61 种, 绝大多数是水生昆虫 (56 种), 占 91.8%。其中流水生境的襀翅目、蜉蝣目稚虫有 20 种, 个体数量多, 出现的频率高, 分布的范围广。石蝇、同石蝇 A、同石蝇 B、流扁蜉、艾恩亚蜉和四节蜉等是岗曲河水域中的优势种

根据 MBI 值确定采样点区域的水质状况: MBI > 60 表示水质好, 30~60 表示水质一般, < 30 表示水质差。

表 1 指示加权因数

敏感性分组	敏感种	一般敏感种	耐受种
稀少种	5.0	3.2	1.2
普通种	5.6	3.4	1.1
优势种	5.3	3.0	1.0

2 结果及分析

2.1 采样点的理化参数

16 个采样点编号、分布以及理化信息的结果列于表 2。不同编号代表不同的地理信息, 编号中数字相同但字母不同代表相同或者类似的地理信息。

(表 3)。

2.2.2 密度和数量分析 根据本次水生生态系统的定量和定性调查, 采集的底栖动物种类丰度和密度见表 4。各个采样点的丰度和密度存在差异: 红山矿下 (25-1B)、翁水上村 (31-3、31-1)、翁水下村 (31-4)、上格咱小雪山 (33-1) 等 5 个点的密度偏低, 均低于 100 个/m²; 翁水上村上 (28-1) 为 228 个/m²; 红山矿下 (23-4A、23-4B、25-1A) 分别为 236、266、124 个/m²; 翁水下村下 (42-1) 为 233 个/m²。

2.3 耐受性分类

根据底栖无脊椎动物调查的结果 (表 3) 以及其生活史资料和专家观点等 (王建国等, 2003; 王备新等, 2001; 杨莲芳等, 1994; 王备新等, 2004; 王备新等, 2001; 王备新等, 2005) 的分析, 将大型底栖无脊椎动物对水质条件的耐受性原则上划分为敏感种、一般敏感种和耐受种 3 种类型 (表 5)。

续表3

种类名录	IWQ	22-2A	22-2B	21-2A	22-1B	23-4A	23-4B	25-1A	25-1B
蚋属 <i>Simulium</i> sp.		4	13	1	1	1	5	1	2
蠓科 Ceratopogonidae	M								
须蠓属 <i>Palpomyia</i> sp.		2	1	6		24	2	5	2
大蚊科 Tipulidae	M								
大蚊属 <i>Tipula</i> sp.		5			5	5		3	1
桃叶蚊属 <i>Eriocera</i> sp.						12	4	1	2
巨治蚊属 <i>Antocha</i> sp.		5	3			6	13		
毛丽蚊属 <i>Holorusia</i> sp.		1			1	6	3	1	1
细腰蚊科 Ptychopteridae	M								
细腰蚊属 <i>Ptychoptera</i> sp.						23			1
毛蠓科 Psychodidae	M								
毛蠓属 <i>Psychoda</i> sp.		1		1	2	9	3	4	
水虻科 Stratimyidae	M								
水虻属 <i>Stratiomya</i> sp.		6	11	1		8	1	1	6
鹬虻科 Rhagionidae	M								
食木虻属 <i>Atherix</i> sp.		18	11	4	7		2		1
摇蚊科 Chironomidae									
长足摇蚊亚科 Tanytopodinae	L								
长足摇蚊属 <i>Tanytus</i> sp.			1		1	8	1	1	1
前突摇蚊属 <i>Procladius</i> sp.		1					1		
无突摇蚊属 <i>Ablabesmyia</i> sp.		3	5	3	2	111		1	2
寡角摇蚊亚科 Diamesinae	L								
寡角摇蚊属 <i>Diamesa</i> sp.		2	3			2		1	
假寡角摇蚊属 <i>Pseudiamesa</i> sp.					4			1	7
直突摇蚊亚科 Orthocladiinae	L	4	3			18	5	5	
直突摇蚊属 <i>Orthocladius</i> sp.		1	1	1	1	2	2	2	9
流水环足摇蚊属 <i>Rheocricotopus</i> sp.				1					
环足摇蚊属 <i>Cricotopus</i> sp.						2			1
刀突摇蚊属 <i>Psectrocladius</i> sp.		1	3			6			1
真开氏摇蚊属 <i>Eukiefferiella</i> sp.								1	
光辉摇蚊属 <i>Brillia</i> sp.									
摇蚊亚科 Chironominae	M								
长跗摇蚊属 <i>Tanytarsus</i> sp.			1	4	7	9	2		
多足摇蚊属 <i>Polypedilum</i> sp.							2		
蜻蜓目 Odonata									
蜓科 Aeschnidae									
蜓属 <i>Aeschna</i> sp.	M								
大蜓科 Cordulegasteridae									
大蜻蜓 <i>Anotogaster sieboldii</i>	M								
寡毛目 Oligochaeta									
仙女虫科 Naididae									
贝氏仙女虫 <i>Naisbretscheri</i>	L								
颤蚓科 Tubificidae									
水丝蚓属 <i>Limnodrilus</i> sp.	M					5			
无吻蛭目 Arhynchobdellida									
石蛭科 Erpobdellidae									
八目石蛭 <i>Erpodella Octoculata</i>	M			6	2				
沙蛭科 Salifidae									
巴蛭 <i>Barbronia Weberi</i>	M			9	8	2			
端足目 Amphipod									
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	M			7					
种类数/种		26	27	28	28	32	31	19	20
个体数/个		323	578	383	549	708	799	373	93

续表3

种类名录	IWQ	1-28	3-31	1-31	31-4	42-1	21-1	50-2	33-1
甲虫属 <i>Stenelmis</i> sp.		1		16		18	8	1	43
双翅目 Diptera									
蚋科 Simuliidae	M								
蚋属 <i>Simulium</i> sp.			2		5	17	6	23	8
蠓科 Ceratopogonidae	M								
须蠓属 <i>Palpomyia</i> sp.							2		3
大蚊科 Tipulidae	M								
大蚊属 <i>Tipula</i> sp.				3	4		4		3
桃叶蚊属 <i>Eriocera</i> sp.							1		
巨治蚊属 <i>Antocha</i> sp.			3		5	8			18
毛丽蚊属 <i>Holorusia</i> sp.			1	1	7	1	2		1
细腰蚊科 Ptychopteridae	M								
细腰蚊属 <i>Ptychoptera</i> sp.			3		3				
毛蠓科 Psychodidae	M								
毛蠓属 <i>Psychoda</i> sp.				3	1				6
水虻科 Stratimyidae	M								
水虻属 <i>Stratiomya</i> sp.									6
鹬虻科 Rhagionidae	M								
食木虻属 <i>Atherix</i> sp.		4	4	2	9	8	5		2
摇蚊科 Chironomidae									
长足摇蚊亚科 Tanypodinae	L								
长足摇蚊属 <i>Tanytus</i> sp.		2	2	8	2	4	2	1	
前突摇蚊属 <i>Procladius</i> sp.									
无突摇蚊属 <i>Ablabesmyia</i> sp.						13			4
寡角摇蚊亚科 Diamesinae	L								
寡角摇蚊属 <i>Diamesa</i> sp.									3
假寡角摇蚊属 <i>Pseudiamesa</i> sp.				9	2	65			
直突摇蚊亚科 Orthoclaadiinae	L						8		17
直突摇蚊属 <i>Orthocladus</i> sp.						21	6	2	4
流水环足摇蚊属 <i>Rheocricotopus</i> sp.									
环足摇蚊属 <i>Cricotopus</i> sp.				8	1	6	2	2	
刀突摇蚊属 <i>Psectrocladius</i> sp.						12			1
真开氏摇蚊属 <i>Eukiefferiella</i> sp.									
光辉摇蚊属 <i>Brillia</i> sp.								1	
摇蚊亚科 Chironominae	M								
长跗摇蚊属 <i>Tanytarsus</i> sp.		7	2	8	1	5	2		3
多足摇蚊属 <i>Polypedilum</i> sp.								1	
蜻蜓目 Odonata									
蜻蜓科 Aeschnidae									
蜻蜓属 <i>Aeschna</i> sp.	M								
大蜻蜓科 Cordulegasteridae									
大蜻蜓 <i>Anotogaster sieboldii</i>	M								
寡毛目 Oligochaeta									
仙女虫科 Naididae									
贝氏仙女虫 <i>Naisbretscheri</i>	L						3		
颤蚓科 Tubificidae									
水丝蚓属 <i>Limnodrilus</i> sp.	M								
无吻蛭目 Arhynchobdellida									
石蛭形亚目 Erpobdelliformes									
石蛭科 Erpobdellidae									
沙蛭科 Salifidae									
巴蛭 <i>Barbronia Weberi</i>	M	1	1		2				
端足目 Amphipod									
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	M								1
种类数/种		15	22	23	26	24	30	16	35
个体数/个		161	163	219	699	311	489	96	684

C: 清洁水体 cleanliness, L: 轻度污染 light pollution, M: 中度污染 middle pollution.

表4 各采样点底栖动物密度和生物量

Tab.4 Average density and biomass in the 16 sampling sites

采样点 ID	22-2A	22-2B	21-1A	22-1B	23-4A	23-4B	25-1A	25-1B
种类/种	26	27	28	28	32	31	19	20
数量/个	323	578	383	549	708	799	373	93
密度/个·m ⁻²	108	193	128	183	236	266	124	31
采样点 ID	31-3	31-1	31-4	42-1	21-1	50-2	33-1	28-1
种类/种	15	22	23	26	24	30	16	35
数量/个	161	163	219	699	311	489	96	684
密度/个·m ⁻²	54	54	73	233	104	163	32	228

表5 底栖动物耐受性分类

Tab.5 Macroinvertebrate species (families) sensitivity

耐受性	敏感种 Sensitive Taxa	一般敏感种 Somewhat - Sensitive Taxa	耐受种 Tolerant Taxa
指示类群	石蝇科 Perlidae	细蜉科 Caenidae	蚋科 Simuliidae
	短尾石蝇科 Nemouridae	原石蛾科 Rhyacophilidae	蠓科 Ceratopogonidae
	网石蝇科 Perlodidae	毛石蛾科 Sericostomidae	大蚊科 Tipulidae
	扁石蝇科 Peltoperlidae	沼石蛾科 Limnephilidae	细腰蚊科 Ptychopteridae
	扁蜉科 Heptagenidae	角石蛾科 Stenopsychidae	毛蠓科 Psychodidae
	四节蜉科 Baetidae	小石蛾科 Hydroptilidae	水虻科 Stratimyidae
	小裳蜉科 Leptophlebiidae	牙虫科 Hydrophilidae	鹬虻科 Rhagionidae
	短丝蜉科 Siphonuridae	长足摇蚊亚科 Tanypodinae	纹石蛾科 Hydropsychidae
	小蜉科 Ephemerellidae	寡角摇蚊亚科 Diamesinae	摇蚊亚科 Chironominae
	蜉蝣科 Ephemeridae	直突摇蚊亚科 Orthocladiinae	水丝蚓属 <i>Limnodrilus</i> sp.
		贝氏仙女虫 <i>Nais bretscheri</i>	八目石蛭 <i>Erpodella Octoculata</i>
			巴蛭 <i>Barbronia Weberi</i>
			钩虾 <i>Gammarus</i> sp.

2.4 采样点水质评价

2.4.1 生物多样性指数(H')评价 Shannon - Wiener 生物多样性指数可以用于反映底栖动物群落结构、组成以及功能方面的内在信息, 同时还可监测环境变化对底栖动物的影响以及水环境质量变化。由于 Shannon - Wiener 指数采用信息论的原理反映群落结构的种类和个体数量, 对具体出现的种类则不

加区别(熊金林等, 2003), 所以在进行水质评价时, Shannon - Wiener 指数可以作为参考, 不能作为水质评价的标准。用生物多样性指数评价本次调查站点水质结果见表6。

2.4.2 底栖动物指标(MBI)评价 根据 MBI 计算方法及敏感性划分结果(表5), 计算的 MBI 值及各采样点水质评价结果见表7。

表6 用生物多样性指数评价各采样点水质结果

Tab.6 Shannon diversity index and water quality (WQ) classes

采样点 ID	22-2A	22-2B	21-1A	22-1B	23-4A	23-4B	25-1A	25-1B
生物多样性指数 H'	4.07	3.87	3.63	3.37	3.92	3.88	2.89	4.07
水质分级 water quality classes	好 Good	好 Good	好 Good	好 Good	好 Good	好 Good	一般 Common	好 Good
采样点 ID	31-3	31-1	31-4	42-1	21-1	50-2	33-1	28-1
生物多样性指数 H'	3.16	4.02	2.03	3.94	3.61	2.92	3.31	2.77
水质分级 water quality classes	好 Good	好 Good	一般 Common	好 Good	好 Good	一般 Common	好 Good	一般 Common

表7 MBI 评分和水质评价结果

Tab.7 MBI scores and water quality classes

采样点 ID	22-2A	22-2B	21-1A	22-1B	23-4A	23-4B	25-1A	25-1B
MBI 值	69.6	69.1	65.3	68.0	75.2	75.6	50.9	49.8
水质分级	好	好	好	好	好	好	一般	一般
Water quality classes	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Common	Common
采样点 ID	31-3	31-1	31-4	42-1	21-1	50-2	33-1	28-1
MBI 值	36.2	62.4	49.6	56.7	58.7	68.7	53.3	85.7
水质分级	一般	好	一般	一般	一般	好	一般	好
Water quality classes	Common	Good	Common	Common	Common	Good	Common	Good

除了翁水上村 MBI 值略低之外,香格里拉保护区内各样点的 MBI 值普遍较高,即使是位于村庄和矿区的下游,如红山矿下的几个采样点 MBI 值分别为 75.6、75.2、50.9 和 49.8,均高于美国伊利诺斯州清洁水体的标准(MBI 值 > 40),因此显然不能直接借用美国伊利诺斯州现行的水质分级标准,本文对其进行了修订,使之更适合于香格里拉地区的应用。MBI 的计算结果(表 7)并未显示出很大差异,该组指数指示水质的结果显示:排除人为因素和误差,人类聚居区村庄、莫洛、洪山和克斯的矿区对河流本身造成的影响不大,水质状况良好,应予以大力保护。

3 讨论和结论

岗曲河位于香格里拉自然保护区的核心区域,受到人为干扰较小,水质较好,生态系统处于比较健康的状态。本次调查包括对浮游生物和鱼类,同时也对生境、当地居民生活状况进行了细致的调查。本文仅对大型底栖无脊椎动物群落进行了分析。将 16 个采样河段定量和定性采集的浮游生物样本带回实验室镜检,均没有发现浮游生物,可能是由于保护区内水流较急、水质营养化程度较低,不利于浮游生物生长。在该区域分布的鱼类主要是裂腹鱼、鮡和鳅等小型刮食性鱼类,如青石爬鮡、短须裂腹鱼等。

底栖动物区系组成特点和动物地理区系密切相关。我国对底栖动物区系的调查和研究多集中在长江中上游地区,对平原河流和湖泊的底栖动物研究也较多,缺乏对香格里拉地区的调查资料,本次调查填补了这方面的空白。河流底栖动物的组成有其突出的特点,由于江水中带有大量的有机碎屑并逐渐沉积下来,因此本类动物中占优势的是以腐败碎屑作为营养的水栖寡毛类,摇蚊幼虫亦占一定比例。而在保护区内岗曲河水较清澈,底栖动物密度和生物量都较低,而且都是昆虫。

底栖生物群落的结构和功能除与水质的营养化程度特别是总氮、总磷的含量有关外,还受到许多非污染因子如经度、纬度、海拔、河流级别、地质组成、流速和 pH 值影响。底栖动物常被作为水质监测的指示生物,如寡毛类和一些摇蚊幼虫用于监测水质有机污染情况,在早期工作中应用较多。例如,寡毛类的密度作为衡量污染程度的标准,Wright(1955)认为在 100 个/m² 以下为无污染、100 ~ 999 个/m² 为轻微污染、1 000 ~ 5 000 个/m² 为中度污染、5 000 个/m² 以上则为严重污染。除了这种简单方法外,

目前国际上倾向于使用多种生物及多种指标,以便获得更多的信息。其中一类是生物指标(biotic index),另一为生物多样性指数(biotic diversity index)。一般情况下,一个特定的生物指数只反应了生物群落结构和功能的某个侧面。因为不同的生态区域(亚区)具有不同的底栖动物区系组成,在香格里拉高原的环境下,底栖动物的组成与平原地区有很大不同。不同生物指标的测算结果在说明水质情况上并不十分一致,而且生物的种类和数量也受到其它因素的影响,因此在使用时应将计算结果与实际情况结合起来作出综合评价(梁彦龄等,1999)。以底栖无脊椎动物评价水质和监测污染,在国内外已经较多采用(Morse J C et al,1994;Matt R W et al,2000;梁彦龄等,1999),并取得一定成效。

本文所进行的水质快速评价工作是在美国专家指导下进行的,主要参照美国俄亥俄州制定的水质分类标准。显然,在云南乃至中国地区内进行水质的快速生物评价还有大量的工作要做。

根据本研究可得出如下结论:

1) 岗曲河位处高原,环境特别,生物多样性高,水生态系统质量高,要保持水生态系统质量应加强对该保护区的保护。中国政府、研究机构和 TNC 致力于该区域的水质保护和污染控制,采取了很多措施:例如,使用其他燃料、民房建筑替代,从而减少森林砍伐;加强采矿业的监督;控制生活污水的排放和生活垃圾的处理。我们的目标是通过建立一套有效的监测体系和生物指标来实现保护区的功能目标。

2) 保护区生态系统受到的威胁主要来自居民、旅游、森林砍伐和采矿业。

3) 采样和评价方法的有效性得到了验证,生物指数可以把人类活动和采矿对环境不良影响进行量化,有利于制定合理的保护措施。由于研究背景资料和数据局限以及现场评价的要求,采用多个生物指标对岗曲河生态系统进行评价,评价结果可以作为保护区水生生态系统研究和决策的基础和参照。

4) 采用不同的生物指标对保护区内水生生态系统进行计算、评价,并进行水质分类,其调查数据和研究结果是进一步开展保护区水生生态系统研究的基础,也可作为同类型河流生态系统评价的参照。但应用到其它地区时,建议对不同指数值范围所代表的水环境质量进行修订,灵活运用。同时,还可以结合环境质量指标和其它生物指数,对水生生态系统健康进行综合评价。

志谢:美国大自然保护协会(TNC)给予资金支持,香格里拉保护区工作人员参与和支持野外调查工作。

参考文献:

- 国家环保局水生生物监测手册编委会. 1993. 水生生物监测手册[M]. 南京:东南大学出版社.
- 柯欣,杨莲芳,孙长海,田立新. 1996. 安徽丰溪河水生昆虫多样性及其水质生物评价[J]. 南京农业大学学报, 19(3): 37-43.
- 梁彦龄,王洪铸. 1999. 底栖动物[M]//刘建康等. 高级水生生物学. 北京:科学出版社: 241-259.
- 陆强国. 1986. 利用底栖动物的群落结构进行洞庭湖水质的生物学评价[J]. 环境科学, (6): 54-58.
- 刘保元,王士达,胡德良. 1984. 以底栖动物评价湘江污染的研究[J]. 水生生物学集刊, (8):225-236.
- 刘保元,王士达,王永明,等. 1981. 利用底栖动物评价们江污染的研究[J]. 环境科学学报, (1):337-348.
- 石大康. 1986. 底栖动物在评价漓江水污染中的作用[J]. 环境科学, (6): 54-58.
- 王备新,杨莲芳. 2001. 大型底栖无脊椎动物水质快速生物评价的研究进展[J]. 南京农业大学学报, 24(4): 107-111.
- 王备新,杨莲芳. 2004. 我国东部底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值[J]. 生态学报 24(12):, 2768-2775.
- 王备新,杨莲芳,胡本进等. 2005. 应用底栖动物完整性指数 B-IBI 评价溪流健康[J]. 生态学报, 25(6): 1481-1490.
- 王建国,黄恢柏,杨明旭,等. 2003. 庐山地区底栖大型无脊椎动物耐污值与水质生物学评价[J]. 应用与环境生物学报, (9):279-284.
- 王俊才,方志刚,鞠复华,等. 2000. 摇蚊幼虫分布及其与水质的关系[J]. 生态学杂志, 19(4): 27-37.
- 熊金林,梅兴国,胡传林. 2003. 不同污染程度湖泊底栖动物群落结构及多样性比较[J]. 湖泊科学, 15(2): 160-168.
- 杨莲芳,田立新. 昆虫知识[J]. 中国昆虫研究史梗概, 31: 308-314.
- Matt R W, Brent L B, Annette C F, Steven C D & Ii. 2000. Stream Invertebrate Communities, Water Quality, and Land-Use Patterns in an Agricultural Drainage Basin of Northeastern Nebraska, USA[J]. Environmental Management, 26: 563-576.
- Morse J C, Yang L F, Tian L X. 1994. Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality[M]. Nanjing: Hohai Publisher.
- Resh V H, R H Norris, M T Barbour. 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates [J]. Australian Journal of Ecology, 20:108-121.
- Yoon I B, D S Kong, J K Ryu. 1992a. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (I) Saprobic valency and indicative value[J]. Korean J Environ Biol, 10:24-39.
- Yoon I B, D S Kong, J K Ryu. 1992 b. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (II) OEffects of environmental factors to community[J]. Korean J Environ Biol, 10: 40-55.
- Yoon I B, D S Kong, J K Ryu. 1992 c. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (III) Macroscopic simple water quality evaluation [J]. Korean J Environ Biol, 10:77-84.

(责任编辑 张俊友)

Macroinvertebrate community and rapid bio-assessment of the quality of aquatic ecosystem of Gangqu River in Shangri-La Gorge Conservation Area

ZHU Di, ZHENG Hai-tao, CHANG Jian-bo

(Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Hubei Wuhan 430079, China)

Abstract: It was the first time to handle an investigation on the aquatic ecosystem of Gangqu River in Shangri-la Gorge; this investigation expressed its goals in terms of restoring, preserving and sustaining the health and biodiversity of aquatic ecosystems; and according to its unique habitat and community composition, this article also proved that it was significant to carry out further research. The macroinvertebrate assemblages were collected from 16 sampling sites in Gangqu River, including 9 orders, 39 families (sub-families), 61 species (genera). In addition, 34 macroinvertebrates were classed according to their sensitivity based on the collection experience, reference data and experts system; different guilds were given the indication of water quality status. Shannon-Wiener Diversity Index and Macro-invertebrate Biotic Index (MBI) were developed and used to evaluate quantitatively water quality as a rapid bio-assessment. The outcomes indicated that it was special in biodiversity of zoobenthos in Shangri-la conservation area and most reaches of Gangqu River was in good conditions except those near to the villages and mining. It was significant to carry out the further research and conservation of Shangri-la area.

Key words: Shangri-la; macroinvertebrate; aquatic ecosystem; rapid bio-assessment