

# 京津及邻近地区底栖动物 群落特征与水质等级\*

任淑智

(中国科学院动物研究所, 北京)

## 摘 要

根据1983—1987年间对京津及邻近地区河流、水库、湖泊的大型底栖无脊椎动物调查资料, 利用Shannon多样性指数和指示生物类群进行水体质量生物学评价, 可以比较准确地把水域划分成清洁、轻污、中污、重污和严重污染五个等级。其中清洁、轻污水体主要分布在本区西、北部的山区, 而中污、重污和严重污染水体则主要分布在本区东南部分的平原地区。京津城市化活动是水质恶化的主要影响因素, 因此强调城市污水和工业废水排入环境前应当加以处理。

关键词: 水质, 生物评价, 大型底栖无脊椎动物, 多样性指数, 指示生物。

## 一、前 言

大型底栖无脊椎动物个体较大, 寿命较长, 活动能力较小, 对环境条件改变反映灵敏, 因此广泛被用来监测和评价水体质量的变化, 这方面的工作国内外均有不少报道<sup>[1-16]</sup>。有些国家甚至把它作为水质的标准检验方法之一<sup>[19]</sup>。欧州一些国家以无脊椎动物为指标, 将其全国水体质量划分成若干等级, 并用不同颜色绘图, 比较形象明了<sup>[5]</sup>。国内这方面的工作不多, 仅黄玉瑶等对京津地区河流进行过初步的生物学分级, 其指标包括浮游生物、底栖动物、残毒并参考水质资料综合进行<sup>[9]</sup>。

北京、天津等城市每天排放出大量未经处理的各种污水进入水体, 对该地区河流、湖泊环境质量影响极大。为此, 笔者在已有基础上补充近年来在该地区的有关调查资料, 着重以底栖无脊椎动物种类多样性指数并结合指示生物为指标, 系统评价京津及附近地区各种河流、水库、湖泊水质状况, 以为该地区水域环境保护提供参考资料。

## 二、工 作 方 法

本文涉及的地区范围包括北京市、天津市及邻近的河北省部分地区。本区域地形特点: 西、北部为山区, 地势较高; 东、南部为平原, 地势较低。在这个区域中有潮白河、永定河、北运河、大清河、海河、蓟运河六大河系。

调查工作主要于1983—1987年间进行, 先后共设114个采样点, 包括24条河流、2个水库、1个湖泊。

\* 本文成稿过程中, 得到黄玉瑶教授的帮助, 赵忠宪、许培礼、高玉荣、仪重贵、许本自同志协助采样, 在此一并致谢。

本文于1990年12月12日收到。

定性标本用手抄网采集, 用70%酒精固定, 分类、鉴定, 作为评价水质的参考。定量样品的采集方法是用  $0.025\text{m}^2$  彼得生采泥器取两次泥样合并后, 用50目铜筛筛洗, 所获样品全部装入瓶内, 同法固定, 回室分类计数。数据用 Shannon-Weaver 多样性指数公式处理<sup>[21]</sup>。

各条河流多样性指数值的确定原则是: 如上、下游各采样点指数值相近, 则取其平均值; 如指数值相差悬殊, 则由上游到下游依次排列; 只有1个采样点的河流取不同季节的平均值。有些河段底质以石砾为主, 定量采样比较困难, 则主要依据指示生物类群进行评价。

官厅水库、密云水库及白洋淀资料系引自有关文献<sup>[1]-[3]</sup>, 以资比较。

### 三、结果与讨论

#### 1. 指示生物类群与水体质量

在京津地区及邻近水体采样点上所获定性、定量标本中共鉴定出大型无脊椎动物 169 种, 大部分名录已在另文报道<sup>[18]</sup>。

这些动物种类的分布具有明显的地区差异。一般在远离城市的上游地区其优势种是蜉蝣目、蚌目稚虫和毛翅目幼虫等清洁种类; 如拒马河上游的张坊河段, 蚌目稚虫(主要为小蜉蝣 *Ephemera* sp.) 密度很大, 夏季为  $2600$  个/ $\text{m}^2$ , 秋季为  $3040$  个/ $\text{m}^2$ 。在遭受污染的河段, 底栖动物优势种被耐污的种类所代替, 主要种类是霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*) 和苏氏尾鳃蚓 (*Branchiura sowerbyi*), 种类单纯, 但有时密度很大, 如 1984 年 10 月北京南护城河右安门河段水丝蚓密度高达  $124.6$  万个/ $\text{m}^2$ , 看上去像是铺上一层毛茸茸的红地毯。污染严重的通惠河, 有些河段可见到少量耐污的蜂蝇幼虫 (*Tubifera fenax*); 污染最严重的双桥和通县北关两断面, 在 5 次调查中均未发现任何底栖动物存在。接纳通惠河的北京排污河由榆林庄到东堤头经永定新河后入渤海湾。经过一段流程之后, 由于水体的自净作用, 水质有所改善, 底栖动物中一些耐轻污和中污的种类又重新出现, 如软体动物梨形环纹螺 (*Bellamyia purificata*)、四节蜉蝣稚虫 (*Baetidae*)、一些红色摇蚊幼虫 (如细长摇蚊 *Chironomus attenuatus*) 成为优势种, 由此可见, 不同河段底栖动物群落演替与水质的变化是明显相关的。

通过对京津地区不同质量水体动物种类组成的研究发现, 按照与水质的关系情况, 底栖动物大致可分为四个主要类群(表 1)。

刘保元等 (1981) 在利用底栖动物评价图们江的污染研究中发现石蝇 (*Perla*) 稚虫、蛾蚱 (*Epeorus*) 和短丝蜉 (*Isogochia*) 稚虫以及原石蛾 (*Rhyacophila*) 幼虫等都是敏感的种类, 水丝蚓和一些摇蚊幼虫的出现表明有机污染明显加重。霍甫水丝蚓 (*L. hoffmeisteri*) 和八目石蛭 (*Erpobdella octoculata*) 最耐有机污染<sup>[10]</sup>。刘保元等 (1984) 报道了真涡虫 (*Planaria*) 不能容忍任何感觉到的有机污染<sup>[13]</sup>。Hawkes (1979) 指出, 在有机污染状况下, 霍甫水丝蚓是最耐污染的, 寡毛类占底栖动物总数的 53% 时, 该河段有机污

1) 官厅水系水源保护领导小组办公室, 1977, 官厅水系水源保护的研究, 1973—1975 年科研总结, 第 14 页。

2) 北京市环境保护监测中心, 1986, 密云水库水质现状评价及旅游对水库水质的影响——《密云水库饮用水源保护研究》阶段总报告, 第 46—50 页。

3) 白洋淀水源保护科研协作组, 1982, 白洋淀水污染与控制研究报告, 第 107—109 页。

表 1 京津及附近地区水体大型无脊椎动物与水体质量

Table 1 Major indicator groups of benthic macroinvertebrates and water quality around Beijing, Tianjin and adjacent area

水 域 名 称	主 要 动 物 类 群	水质
潮河、白河、京密引水渠、密云水库、永定河上游、温榆河上游、拒马河上游、潮白河上游。	襀翅目、蜉蝣目、蜻蜓目稚虫，毛翅目幼虫，长附肢摇蚊和黄带斑点摇蚊幼虫、蜉蝣，方格短沟螺	清洁 ( I )
官厅水库、永定河引水渠、白洋淀、于桥水库、津深引水渠、蓟运河上游，北京西海、后海、前海。	四节蜉蝣、蜻蜓稚虫，非红色摇蚊幼虫，仙女虫，梨形环棱螺，中华米虾、秀丽白虾、钩虾	轻污 ( II )
潮白河下游、永定河引水渠下游、温榆河下游、北京南护城河上游，北京排污河、永定新河、北运河、高碑店水库、子牙河、白洋淀、海河还乡河、蓟运河下游、北京北海、中海、南海	鞘翅目牙甲幼虫、水叶甲幼虫、红色摇蚊、粗腹摇蚊幼虫、螺科幼虫、水蛭、巨毛水丝蚓、奥特开水丝蚓、克拉泊水丝蚓、沙蚕、毛颈虫	中污 ( III )
凉水河下游、清河、坝河、北京护城河下游、通惠河上游、凉水河下游。	羽摇蚊幼虫、库蚊、大蚊、食蚜蝇幼虫、瓢虫、霍甫水丝蚓	重污 ( IV )
通惠河下游、凉水河上游、天津北排污河、天津南排污河，蓟运河天化排污口附近。	无底栖动物 •	严重污染 ( V )

染明显<sup>[7]</sup>。杨潼等(1986)认为蜉蝣目的小裳蜉科(*Leptophlebiidae*)、扁蜉科(*Heptophlebiidae*)、细蜉科(*Caenidae*)、花鳃蜉科(*Potamanthidae*)等都是清水种类。河蚬、螺科、蚌科幼虫，摇蚊幼虫等是污染不敏感种类，可作为湘江干流中度污染的指示生物<sup>[16]</sup>。本研究结果与上述结论大致相同。

## 2. 种类多样性指数与水质等级

各种底栖无脊椎动物对环境条件的变化都有其一定的耐受范围，因此只能粗略反映水体质量的状况，而不易确切地反映水质的等级。为此人们考虑以底栖动物群落结构特征反映水环境的质量。采用各种生物指数<sup>[1,2,4]</sup>、种类多样性指数<sup>[20,21]</sup>方法，试图以简单的数字表达水质的等级或污染的程度。作者比较了几种生物指数(Trent指数<sup>[2]</sup>、Goodnight指数<sup>[1]</sup>)与种类多样性指数<sup>[20]</sup>之间的差异，发现这几种指数之间有类似的变化趋势。其中，以Shannon多样性指数反应较灵敏，与水质关系较为密切<sup>[1]</sup>，而且计算合理，受样品大小影响较小<sup>[8]</sup>。因此，本文着重以多样性指数为指标，并参考指示生物特点讨论京津地区水体质量及其生物学分级。利用生物对水质进行分级的研究有不同的划分标准，Wilhm和Dorris(1968)在评价河流污染时提出三级标准<sup>[3]</sup>；Toms(1975)在河流水质管理方面推荐了四级生物学评价标准<sup>[22]</sup>；刘保元等(1984)在以底栖动物评价湘江污染的研究中将其划分为五级标准<sup>[13]</sup>；谢翠娟(1985)在用底栖动物评价严家湖农药污染时，将水质划分为六级<sup>[17]</sup>；黄玉瑶等(1984)在应用底栖动物种类多样性指数监测蓟运河污染时，在Wilhm和Dorris(1968)的基础上，将多样性指数与污染的关系改为五个等级<sup>[11]</sup>，本文采用文献[12]的标准进行评价，所得结果列于表2。从表2中可以看出，除密云水库、京密引水渠、潮河、白河外，其他水体都遭受到不同程度的污染。清洁或较清洁水体所占比例很小(约占五分之一)，中污至严重污染的水体所占比例很大(约为五分之四)。密云水库、官厅水库、京密

<sup>1)</sup> 任淑智，北京六海大型底栖无脊椎动物群落结构特征的初步调查研究，《应用生态学报》(待发表)。

表 2 京津及附近地区水体质量的生物学分级  
Table 2 Biological classification of water quality around Beijing, Tianjin and adjacent area

河 系	河 流	多样性指数 (H')	指 示 生 物	水质等级	水 质 状 况
潮白河系	潮 河	3.47	涡虫、黄带斑点摇蚊幼虫	I	清 洁
	白 河		毛翅目幼虫	I	清 洁
	潮白河 密云水库	3.16—1.62	杜氏蚌、苏氏尾鳃蚓 流水长附摇蚊、瑞士水丝蚓	I—II I	清洁—中污 清 洁
永定河系	纳水河	0.81—0'	霍雨水丝蚓、羽摇蚊幼虫	V—V	重污—严重污染
	永定河上游 官厅水库		襁翅目、蚌蟹目稚虫 北京刀突摇蚊、瑞士水丝蚓	I II	清 洁 轻 污
北运河系	永定河引水渠	2.32—1.21	梨形环棱螺、水蛭	I—II	轻污—中污
	京密引水渠	3.57—2.74	涡虫、方格短沟螺、四节螺蚌	I—I	清洁—轻污
	北京六海	2.37—1.42	梨形环棱螺、粗腹摇蚊幼虫	I—II	轻污—中污
	温 榆 河		襁翅目、蚌蟹目稚虫、摇蚊幼虫	I—II	清 洁—中污
	清 河	0'—0	霍雨水丝蚓	V—V	严重污染—重污
	坝 河	0.55	霍雨水丝蚓、羽摇蚊幼虫	V	重 污
	护 城 河	0.06	霍雨水丝蚓、苏氏尾鳃蚓	V	重 污
	通 惠 河	0.69—0'	霍雨水丝蚓、食蚜蝇幼虫	V—V	重污—严重污染
	北京排污河	1.23	摩翅摇蚊幼虫、水蛭	II	中 污
	永定新河	1.02	毛颈虫、摇蚊幼虫	I	中 污
北运河系	北 运 河	1.10	多足摇蚊幼虫、苏氏尾鳃蚓	II	中 污
	凉水河	0'—0.25	食蚜蝇幼虫、羽摇蚊幼虫	V—V	严重污染—重污
	高碑店水库	1.31	水蛭、摇蚊幼虫	II	中 污
大清河系	拒马河上游		襁翅目、蚌蟹目稚虫、毛翅目幼虫、河蚬、摇蚊幼虫	I II	清 洁 中 污
	子牙河 白洋淀	1.36	水丝蚓、摇蚊幼虫、杜氏蚌、色螭	I—I	中污—轻污
海河系	海 河	2.35—1.50	梨形环棱螺、糠虾、河蚬	I—II	轻污—中污
	于桥水库		杜氏蚌、梨形环棱螺	I	轻 污
	津滦引水渠	2.17	梨形环棱螺、仙女虫	I	轻 污
	天津北排污河 天津南排污河	0' 0'	无 无	V V	严重污染 严重污染
蓟运河系	还 乡 河	1.59	牙甲幼虫、摇蚊幼虫	II	中 污
	蓟 运 河	1.43	河蚬、摇蚊幼虫、沙蚕	II	中 污

\* 严重污染河段无任何大型无脊椎动物生存, 多样性指数以0'表示。

引水渠和永定河引水渠被称作北京市的两盆清水和两条生命线; 津滦引水渠是天津人民的生命线。虽然北京市和天津市政府对以上水体采取了种种保护措施, 但是目前仍有不同程度的污染, 永定河引水渠下游甚至为中度污染。

研究结果还说明, 在水流比较平缓及泥沙底质的平原河流, 应用彼得生采泥器定量取样, Shannon 多样性指数可以较好地反映出水质的变化趋势和污染等级。但在水流湍急和石砾底质的山区河川, 则不宜采用此法。我们应用多样性指数结合指示生物类群的方法能较好地反映上述不同类型水体的质量。评价结果表明: 京津地区的西北山区河流、水库水质较好, 基本上属清洁或较清洁水体; 向东南方向顺流而下途经北京市郊水质开始恶化, 至北京

市区下游, 水体污染达到最严重的程度, 污水经过一定流程后经水体的自净作用, 水质逐步得到改善和恢复, 经过天津市时, 水质变化趋势表现了同样的模式(见图1)。由此可见, 城市化活动是京津水体质量恶化的主要影响因素。

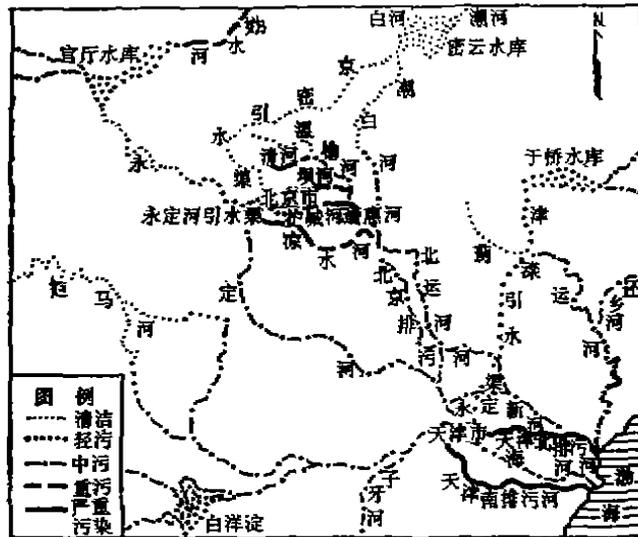


图 1 京津及邻近地区水体质量生物学等级图  
Fig.1 Diagram of biological classification of water quality around Beijing, Tianjin and adjacent area

### 3. 水体生物类群与水质特征的关系

根据指示生物类群和种类多样性指数对京津地区河流、湖泊、水库进行生物学评价所划分的水体质量等级与相应水体主要化学指标十分一致(表3)。另据报道, 京密引水渠-南护城河-通惠河-北京排污河底栖无脊椎动物种类多样性指数值  $H'$  与河水中 DO 的关系为正相关, 且相关显著<sup>[18]</sup>。因此应用指示生物类群和种类多样性指数评价方法, 较能准确地反映污染状况。

表 3 京津地区水体生物学等级及主要水化学指标平均值\*

Table 3 Biological classification of water quality and average value of main chemical content of water around Beijing, Tianjin and adjacent area

水体生物等级	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
I 清洁	8.08 (7.80—8.09)	10.71 (9.97—11.50)	1.39 (0.88—1.90)	3.22 (1.08—6.88)
II 轻污	8.25 (7.80—8.55)	8.36 (7.50—10.70)	2.12 (1.81—2.64)	6.50 (4.60—8.01)
III 中污	8.12 (7.97—8.35)	9.70 (9.48—12.70)	8.77 (5.40—11.70)	53.40 (29.80—71.00)
IV 重污	7.79 (7.55—8.03)	3.36 (1.93—4.79)	27.18 (16.25—38.10)	138.70 (122.40—155.00)
V 严重污染	7.11 (6.93—7.29)	2.11 (1.83—2.35)	125.60 (98.50—154.60)	882.10 (558.70—1,207.50)

\* 括号内数据为变化范围

## 四、结 论

应用 Shannon 种类多样性指数结合底栖动物指示生物类群可以比较准确地把京津及邻近地区不同类型水体质量划分成五个等级(即清洁、轻污、中污、重污和严重污染), 与水化学评价结果相一致。依此标准来看, 目前京津地区水质一般较差。粗略估计, 清洁或较清洁(轻污)水体约占1/5, 中污、重污和严重污染水体约占4/5。

总的来看, 西北部山区水质较好, 多为清洁或较清洁水体, 经过京津两大城市影响的水体, 水质严重恶化。远离城市下游地区, 由于水体的自净作用, 水质有所改善和恢复, 但未能恢复到清洁的程度。

城市化活动是引起水环境污染的主要因素。城市污水和工业废水的处理问题应当引起足够的重视。

应用 Shannon 多样性指数评价河流污染时, 各取样断面的河道环境特点应尽量一致; 在评价不同类型河道水体质量时, 取样方法应有所改进, 方能作出正确的评定。

## 参 考 文 献

- [1] Goodnight, C.J. and Whitley, L.S., 1968, Oligochaetes as indicators of pollution. *Proc. Am. Wast. Cong., Purchie Univ.* 15, 139—142.
- [2] Woodiwiss, F.S., 1964, The Biological System of Stream Classification Used by The Trent River Board. *Chem. Ind.* 443—447.
- [3] Wilhm, J.L. and T.C. Dorris, 1968, Biological Parameters of water quality. *Bioscience* 18:447—481.
- [4] Chandler, J.R., 1970, A biological approach to water quality management. *J. water Pollut. Contr. Fed.* 69:415—421.
- [5] Hawkes, H.A., 1977, Biological classification of rivers: conceptual basis and ecological validity. (In) Alabaster, J. S. Ed. *Biological Monitoring of Inland Fisheries*. Applied Science Publishers London. P. 55—87.
- [6] Hellowell, J., 1977, Biological surveillance and water quality monitoring. (In) Alabaster, J. S. Ed. *Biological Monitoring of Inland Fisheries*, Applied Science Publishers London. P. 69—88.
- [7] Hawkes, H.A., 1978, Biological indicators of water quality. John Wiley and Sons.
- [8] 中国科学院动物研究所生态室环保组, 1978, W河污染的生物学调查, 环境保护生物监测与治理资料汇编, 第7—11页, 科学出版社。
- [9] 叶常明 黄玉璠等, 1990, 水体有机污染的原理研究方法及应用, 第205—216页, 海洋出版社。
- [10] 刘保元等, 1981, 利用底栖动物评价湘江污染的研究, 环境科学学报, 1(4):337—348
- [11] 黄玉璠等, 1982, 应用大型无脊椎动物群落结构特征及其多样性指数监测新运河污染. 动物学集刊 2, 133—140.
- [12] 纪 桑等, 1982, 用大型底栖动物对珠江广州河段进行污染评价, 环境科学学报 2(3):181—189.
- [13] 刘保元等, 1984, 以底栖动物评价湘江污染. 水生生物学集刊 (8)2:225—238.
- [14] 郭智明, 1984, 滦河十四个断面大型底栖无脊椎动物的调查和水质评价, 环境科学 5(4):39—45.
- [15] 杨 潼等, 1986, 利用底栖大型无脊椎动物对湘江干流污染的生物学评价, 生态学报 6(3):262—274.
- [16] 萧季刚, 1988, 利用底栖动物评价北京市燕山区水体污染的研究, 环境生物学文集第七集.
- [17] 萧季刚, 1986, 利用底栖动物监测严家湖农药污染, 水生生物学报 9(1):40—50.
- [18] 任淑智, 1991, 北京地区河流中大型底栖无脊椎动物与水质关系的研究, 环境科学学报, 11(1):31—46.
- [19] 美国公共卫生协会等编. 宋仁元等译, 1985, 水和废水标准检验法(15版), 第637—672页, 第942—954页. 中国建筑工业出版社.
- [20] Shannon, C E. and W. Weaver, 1963, *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana.
- [21] Margalef, D. R., 1958, In *perspectives in marine Biology* (A Buzzati-Traversoed,) Univ. Calif. Press, 323—347.

- [22] Toms, R.G., 1975, Management of river water quality. In whitton, B.A.(Ed.), *River Ecology*, 538—564, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

## THE CHARACTERISTICS OF BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY AND WATER QUALITY IN BEIJING-TIANJIN AREA

Ren Shu-Zhi

(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing*)

The bioassessments of water quality by using Shannon's diversity index and indicator organisms of macroinvertebrates have been carried out around Beijing, Tianjin and adjacent area during 1983—1987. The results obtained indicate that the joint indicator of diversity index and species indicator of benthic macroinvertebrates can be satisfactorily used to evaluate and classify the status of water quality into 5 classes i.e. clean water, light pollution, moderate pollution, heavy pollution and serious pollution in this area. Most of the clean and light polluted waters are distributed in mountain area in the north-western and the heavy and serious pollution in the plain area in the south-eastern of this research scope. The urbanization is the major influence factor on water quality. So to treat and improve the urban sewage and industrial waste water quality come from Beijing and Tianjin city before discharging into environment must be emphasized.

**Key words:** water quality, biological assessment, benthic macroinvertebrate, diversity index, indicator organism.