

我国东部底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值

王备新, 杨莲芳

(南京农业大学昆虫学系, 南京 210095)

摘要:根据采自安徽南部山区溪流、江苏南京秦淮河流域和紫金山地区小水体的 92 个大型底栖无脊椎动物样本, 以及文献记载的北京、天津、安徽、湖南和辽宁的 135 个大型底栖无脊椎动物样本数据, 用调整后的多样指数分级标准: $H' > 4$ 极清洁, $3 \sim 4$ 清洁, $2 \sim 3$ 轻污, $1 \sim 2$ 中污, < 1 重污, 确定了 227 个样本所在样点水质类型。采用 Lenat (1993) 耐污值算法, 共获得 81 个分类单元的耐污值, 其中昆虫纲鞘翅目 3 科 2 属, 广翅目 1 科 2 属, 蜉蝣目 7 科 14 属, 襀翅目 2 科 2 属, 毛翅目 6 科 7 属, 蜻蜓目 3 科 1 属, 双翅目 3 科 3 亚科 12 属, 软体动物 2 属 5 种, 环节动物 1 属 4 种, 扁形动物 1 属, 甲壳动物 1 属。根据采集经验和文献记载, 核定了 73 个分类单元(科、属)的耐污值, 并初步探讨了上述各分类单元耐污值所适用的地区。

关键词:耐污值; 大型底栖无脊椎动物; 分位数

A study on tolerance values of benthic macroinvertebrate taxa in eastern China

WANG Bei-Xin, YANG Lian-Fang (Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2768~2775.

Abstract: The tolerance values of benthic macroinvertebrates are widely used in water quality bioassessment. Two methods "expert opinions" and "objective statistical analysis" have been used in the derivation of the tolerance values of benthic macroinvertebrate taxa. The purpose of this paper was using the "objective statistical analysis" method proposed by Lenat to derive tolerance values of benthic macroinvertebrate taxa based on a set of 227 benthic macroinvertebrate samples in eastern China. Among them 56 samples were collected from mountain streams in southern Anhui Province, 36 samples were collected in rivers and small water bodies in Nanjing and its adjacent area, Jiangsu province, and 135 samples were referenced from published papers, which were sampled from streams, rivers and small lakes of northern Anhui, and Liaoning, and Hu'nan provinces, Beijing and Tianjin cities. Water quality classification using the Shannon-Wiener index was adjusted into 5 categories: > 4 , excellent; $3 \sim 4$, good; $2 \sim 3$, good-fair; $1 \sim 2$, fair and < 1 poor. Scores 5, 4, 3, 2 and 1 were assigned as excellent, good, good-fair, fair and poor respectively. The abundance value for each taxon was classified into four scales: 0, 1, $2 \sim 9$ and ≥ 10 , and coded in the computer system as 0, 1, 3 and 10, respectively. The average abundance value in each water quality category was calculated and converted into a cumulative percentile. A 75th percentile value was used for a taxon that had records > 10 and a 50th percentile value for a taxon that had records within $5 \sim 10$ as the preliminary tolerance value ($0 \sim 4.5$). Formula $TV = 2(1.43 \text{ preliminary } TV - 1.43)$ (Lenat, 1993) was used for conversion of preliminary tolerance values into tolerance values ($0 \sim 10$). A total of 81 tolerance values of macroinvertebrate taxa were acquired. Among them, two genera in 2 families of Coleoptera, 2 genera in 1 family of Megaloptera, 14 genera in 7 families of Ephemeroptera, 2 genera in 2 families of Plecoptera, 6 genera in 5 families of Trichoptera, 1 genus and 3 families of Odonata, 12 genera and 3 sub-families in 3 families of Diptera, 5 species in 2 genera of Mollusca, 4 species in 1 genus of Annelida, 1 genus in Crustacea and 1 genus

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39770113)

收稿日期:2003-09-02; **修订日期:**2004-03-12

作者简介:王备新(1970~), 男, 博士, 副教授, 主要从事水生昆虫生态学、水质生物评价和毛翅目分类研究。E-mail: Wangbeixin@njau.edu.cn

致谢:本研究工作自始至终得到美国 Clemson 大学 J C Morse 教授的指导和帮助, 特此致谢

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 39770113)

Received date: 2003-09-02; **Accepted date:** 2004-03-12

Biography: WANG Bei-Xin, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in aquatic insect ecology, bioassessment of water resource and taxonomy of Trichoptera. E-mail: Wangbeixin@njau.edu.cn

Acknowledgements: We thank professor J C Morse of Clemson University.

in Turbellaria. In addition, tentative tolerance values were given to 73 macroinvertebrate taxa (families and genera) based on collection experience and reference data using “expert opinions”.

Key words: tolerance values; benthic macroinvertebrates; percentile

文章编号:1000-0933(2004)12-2768-08 中图分类号:Q178.1 文献标识码:A

耐污值(TV, Tolerance value)是指生物对污染因子的忍耐力(pollution tolerance)。根据大型底栖无脊椎动物耐污值的高低,可将其分为 3 类:TV≤3,敏感类群(intolerant group);3~7,一般耐污类群(intermediate);TV≥7,耐污类群(tolerant group)。耐污值的确定有两种方法,①由专家观点拟定耐污值,称为经验值(experience value);②经统计计算确定耐污值,称为试验值(trial value)^[1~3]。

耐污值由德国科学家 Kolkwitz 和 Marsson 最先提出并应用于水质生物评价^[1]。在美国,EPA 已建立了适合 5 个地区:西北部、中西部、东南部、上中西部和沿大西洋中部海岸区使用的底栖动物耐污值数据库^[4]。目前,我国在这方面的研究起步较晚,大多是借鉴美国等已有的耐污值,或采用专家观点的方法确定耐污值,从而进行水质生物评价研究^[5]。

本文根据作者等在安徽南部山区溪流(天目山-大别山阔叶林生态区)、江苏南京秦淮河和部分小水体(长江三角洲城镇与城郊农业生态区)采集的底栖动物数据,以及部分文献的底栖动物数据,初步确立天目山-大别山阔叶林生态区水生昆虫主要分类单元和我国部分地区河流和湖泊底栖动物主要分类单元耐污值,为我国水生生态系统保护提供生物学基础资料^[6]。

1 研究材料与方法

1.1 研究材料

作者等于 1998 至 2002 年在安徽南部山区溪流采集的 56 个样本和南京秦淮河与紫金山小水体采集的 36 个样本,以及文献记载的安徽丰溪河的蜉蝣目扁蜉科、毛翅目、襀翅目和鞘翅目数据*,天津蓟运河、北京地区河流、和湖南湘江干流的底栖动物资料、以及辽宁摇蚊科样本资料^[7~10]。总样本数 227(表 1)。

1.2 水质级别划分

采用调整后的多样性指数分级标准: $H' > 4$ 极清洁;3~4 清洁;2~3 轻污;1~2 中污; $H' < 1$,重污划分各样点水质级别。辽宁浑河、苏子河和太子河等样本因无多样性指数值,样点水质级别直接引自文献^[10]。

1.3 耐污值计算

(1)分类单元和丰富度值之间的转换 据分类单元在样本中出现的个体数(实际采集数)分成 4 个不同的级别:无,0 个/样本;少,1~2 个/样本;一般,3~9 个/样本;很多,≥10 个/样本。并分别赋予相应的丰富度值(abundance value):0,1,3 和 10^[2]。

表 1 样本数在不同水质级别中的分布
Table 1 Distributions of samples in different water-quality ratings

采样地区 Sampling area	极清洁 Excellent	清洁 Good	轻污染 Good-fair	中污染 Fair	重污染 Poor
安徽南部地区 Southen Anhui Province	19	27	9	1	
南京地区 Nanjing area in Jiangsu Province	4	9	15	6	2
安徽丰溪河 Fengxihe in Anhui Province	6	7	2		
天津蓟运河 Jiyunhe in Taijin			7	11	17
北京地区河流 Rivers in Beijing			2	5	4
湖南湘江 Xiangjiang in Hu'nan Province		1	11	23	11
辽宁 Liaoning Province	4	6	5	6	7
合计 Total	33	50	51	52	41

(2)初始耐污值(PTV Preliminary Tolerance Value)确定原则 ①分类单元被采集到的次数大于 10,以 75%分位数值作为初始耐污值;② 5~10 次,以 50%分位数值为初始耐污值;③少于 5 次,不参加统计,结合文献资料,采用专家观点的方法确定耐污值。其计算公式如下:

$$PTV = L1 + \frac{A - N1}{N2 - N1}(L2 - L1),$$

式中,L1 为上个水质级别的分值;L2 为下一个水质级别的分值;N1 为 L1 所对应的百分位数;N2 为 L2 所对应的百分位数。A 为 75 或 50。根据上式和表 2 数据,霍甫水丝蚓的的 PTV 值 4.27。

* 柯欣. 丰溪河水生昆虫群落结构和水质评价的研究. 南京农业大学硕士论文,1994

表 2 霍甫水丝蚓在不同水质级别下的平均丰富度及累积百分位数

Table 2 Average abundance and accumulative percentiles by water-quality ratings of *Limnodrilus hoffmeieri*

项目 Item	水质级别和分值 Water quality ratings and score				
	极清洁(1) Excellent(Score)	清洁(2) Good(Score)	轻污染(3) Good-fair(Score)	中污染(4) Fair(Score)	重污染(5) Poor(Score)
总丰富度 Total abundance	19	30	159	167	160
样本数 Number of samples	23	37	43	46	34
平均丰富度 Average abundance	0.83	0.81	3.7	3.63	4.71
累积百分位数 Accumulative percentiles	6.07	12	39.04	65.59	100

(3)耐污值(Tolerance value, TV)的确定 采用上述方法确定的初始耐污值的分布范围一般位于1~4.5。根据公式:TV=2(1.43×PTV-1.43)将初始耐污值转换为目前通用的耐污值(分布范围为0~10)^[2]。由此计算得霍甫水丝蚓的耐污值9.4,该值准确地反应出了霍甫水丝蚓的耐污能力。上述统计计算都在SPSS 11.5中完成。

2 结果与分析

2.1 样本数在各水质级别中的分布

从文献获得的有些样本资料,仅部分分类单元有数据。因此计算平均丰富度时,不同分类单元的样本数及其在各个水质级别中的分布是不同的(图1,2和3)。

2.2 初始耐污值研究结果

耐污值的计算和应用有地域性,在确定分类单元耐污值时,应尽量使用来自同一动物地理区或同一生态地区(eco-region)、生态区(eco-district)的数据资料。本文分别采用安徽样本数据(天目山—大别山常绿阔叶林生态区)、安徽—南京数据(长江三角洲城镇与城郊农业生态区),以及所有样本数据(图1和3),计算出蜉蝣目、襀翅目、毛翅目、广翅目、水生鞘翅目、部份双翅目和蜻蜓目主要科、属的初始耐污值。寡毛类和软体动物分类单元因在北京、天津和湖南均有分布,所以采用图1所示全部样本资料计算初始耐污值。摇蚊科3亚科及部份属,采用全部样本资料计算初始耐污值(图2)。

对安徽、安徽~南京和全部样本数据计算出的水生昆虫各目主要科、属的3组初始耐污值进行非参数检验,结果表明这三者之间有显著差异($\chi^2=10.171$, $df=2$, $p=0.006$, Kruskal Wallis test)。这进一步证实科、属级耐污值的计算与样本所在生态区有关。为了减小由于生态区不同而引起的差异,本文只用安徽数据计算蜉蝣目、襀翅目、毛翅目、广翅目、水生鞘翅目、部份双翅目和蜻蜓目主要科、属的初始耐污值。

2.3 大型底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值的确定

根据耐污值与初始耐污值之间的计算公式,共获得了81个底栖动物分类单元耐污值,其中昆虫纲鞘翅目3科2属,广翅目1科2属,蜉蝣目7科14属,襀翅目2科2属,毛翅目6科7属,蜻蜓目3科1属,双翅目3科3亚科12属;软体动物2属5种,环节动物1属4种,扁形动物1属,甲壳动物1属。另外,采用专家观点的方法,核定了73个科、属级分类单元耐污值(tentative tolerance value),同是还列出了同一分类单元在美国5个地区的耐污值(附录)。

蜉蝣目、襀翅目、毛翅目、广翅目、水生鞘翅目、部份双翅目和蜻蜓目主要科、属的耐污值,由于仅根据安徽山地溪流数据资料计算而得,故至少可在天目山-大别山阔叶林生态区推广使用,建议在东洋区的其它生态区,可借鉴使用,但仅限于山区和丘陵地区底质以石块为主的溪流。古北区的山区和丘陵地区的溪流,可根据采集经验和文献记载,作适当的调整后试用。

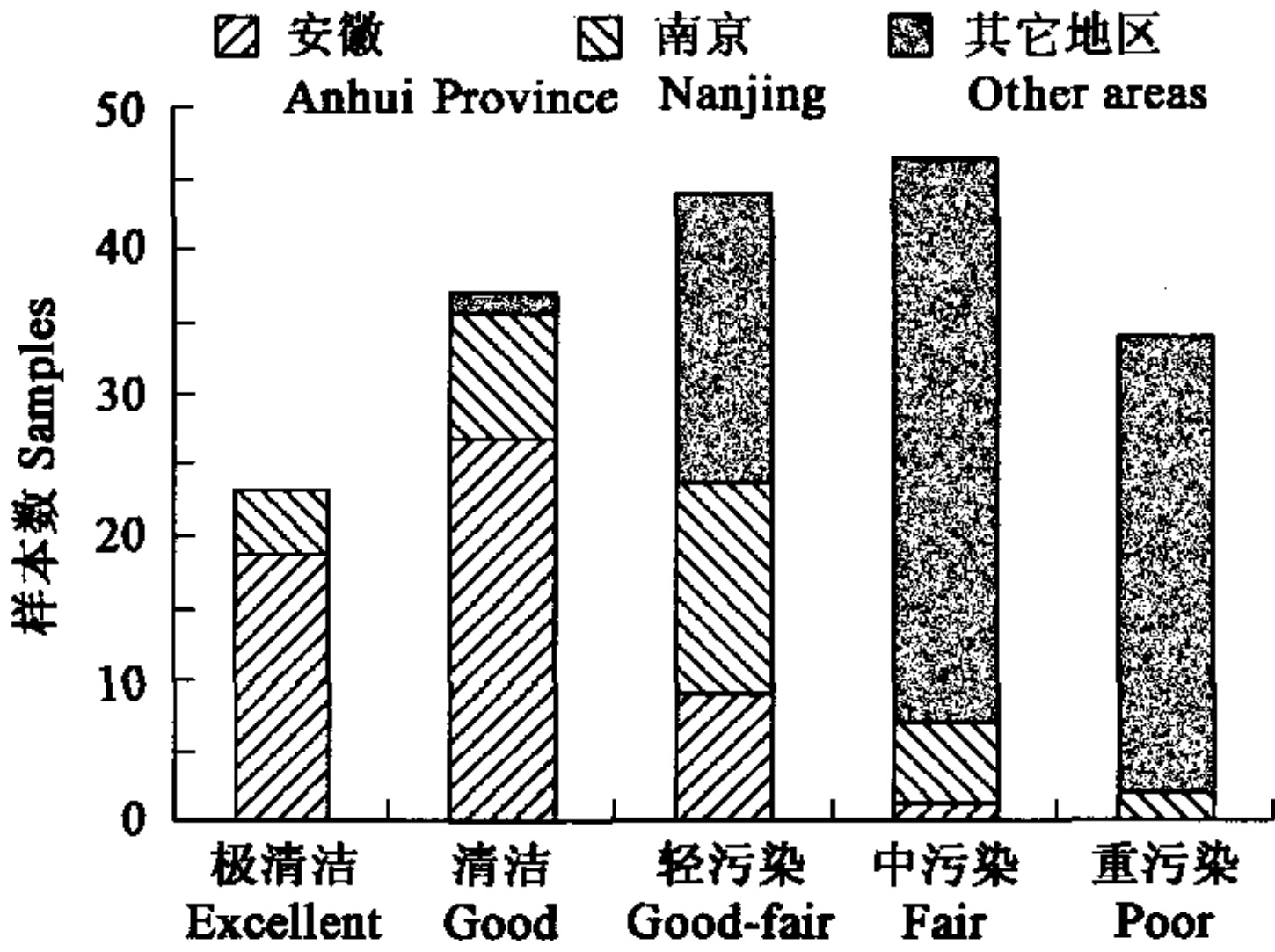


图1 除摇蚊科、蜉蝣目扁蜉科、毛翅目、襀翅目和鞘翅目以外的分类单元样本数在不同水质级别和地区的分布(n=184)
Fig. 1 The distribution of samples of taxa except *Chironomidae* (Diptera), *Baetidae* (Ephemeroptera), Trichoptera, Plecoptera and Coleoptera in different water quality ratings and areas

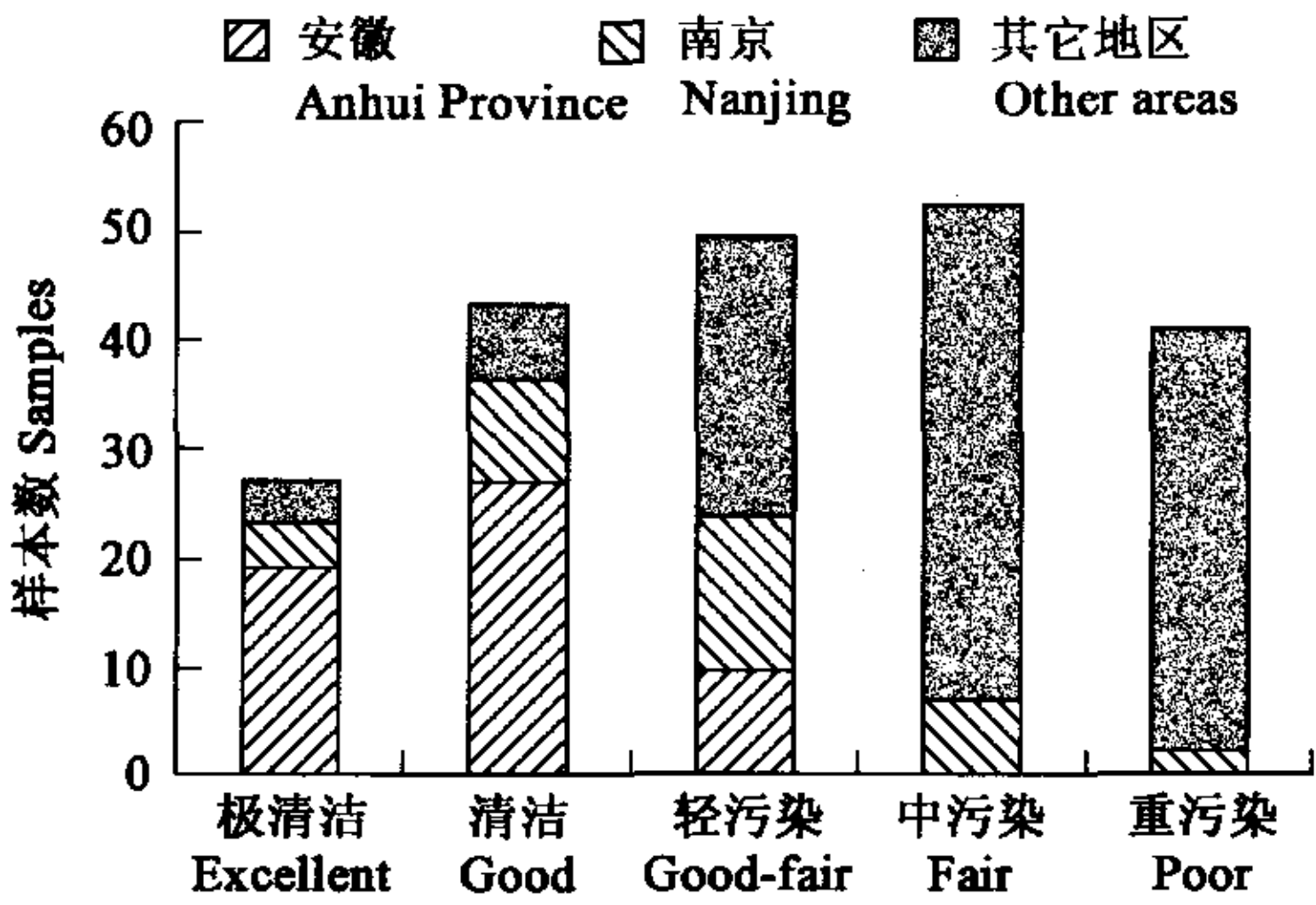


图2 摇蚊科样本数在不同水质组别和地区的分布(n=212)
Fig. 2 The distribution of samples of *Chironomidae* taxa in different water quality ratings and areas

环节动物和软体动物等的耐污值是根据来自北京、天津、安徽、江苏、湖南的数据计算出的、这些类群的耐污值基本上适用于上述地区的溪流、河流和湖泊。摇蚊科分类单元耐污值,除上述地区外,还可在辽宁应用。

3 讨论

3.1 耐污值的稳定性与可塑性

耐污值是反映生物对外界干扰因子(物理和化学)忍耐能力的一种生物学属性,也是生物对环境的适应能力。分布于不同动物地理区的同类群水生昆虫(科、属或种级水平),若其生活环境相似,则耐污能力往往会很接近。如毛翅目原石蛾科昆虫,无论分布在世界的哪个地区,均生活于遮荫度高,未受污染的冷水型溪流中,它们的耐污能力均很低,属敏感型昆虫。在我国还没有确定其耐污值之前,可借鉴美国已有的耐污值(0~1)。

但也有不少种类,由于其生物属性的可塑性,因长期适应不同动物地理区生活环境,其耐污能力产生一定差异。如蜉蝣目的 *Stenonema carlsomi* 在美国北卡州的耐污值为 7.5,而在威斯康星州为 5。又如多距石蛾科 *Neureclipsis* 属在北卡州的耐污值为 4.4,但在威斯康星州为 7^[2]。这一类的美国底栖动物耐污值,必须经过修订后才能在我国使用。

另外,在不同动物地理区,同一科所包含的属或同一属所包含的种类会有很大不同,如主要在东洋区分布的毛翅目角石蛾属 *Stenopsyche*,在我国东北地区(古北区)的 2 种与华东地区(东洋区)的 5 种完全不同,因此,依据华东地区资料计算出的角石蛾属 *Stenopsyche* 耐污值可能不适合在东北地区应用^[12]。

目前美国已根据不同的生态区,建立了适合 5 个地区使用的底栖动物耐污值数据库,就是考虑到耐污值应用的地区性差异^[4]。因此,在中国也应该尽早建立适合不同动物地理区或生态区使用的底栖动物耐污值数据库。

3.2 分类水平

不同种对水质的敏感性有差异,种耐污值的准确性最好。但大部分大型底栖无脊椎动物(主要是水生昆虫)以幼虫为主,鉴定难度大,一旦鉴定有误,常会对结果造成比较大的影响^[2]。美国长角泥甲科 *Stenonema modestum* 在北卡州(North Carolina)的耐污值为 5.8,为中等耐污种类;但在威斯康星州该种耐污值为 1,属敏感种。Lenat 认为这很可能是由于 *Stenonema modestum* 是一个复合种造成的^[2]。我国大部分水生昆虫幼虫类群都没有一个系统的分属检索表,本研究采用了比较保守的鉴定方法,即保证属级水平的鉴定的准确性,对于模棱两可的属,暂鉴定至科,但都尽量区分到种。故本文计算而得的属级分类单元的耐污值并不多。

3.3 样点水质分级和资料来源

耐污值(试验值)的准确性与水质级别划分标准有很大关系。Lenat 采用的是 EPT 分类单元丰富度值和早期的北卡州 BI (NCBI)水质分级标准。但本研究中各样点的 EPT 丰富度值普遍偏低,即使是没有受到任何污染威胁的样点,如祁门牯牛降原始森林内 3 样点的 EPT 值分别为 18,14 和 17,远远低于美国北卡的极清洁水质标准 $EPT > 41$,显然不能借用美国北卡州现行的 EPT 水质分级标准。

国内应用最多的生物指数水质分级标准是 Shannon-Wiener 多样性指数(H')标准: $H' > 3$ 清洁;2~3 轻污;1~2 中污;0~1 重污染; $H' = 0$,严重污染^[7]。Lenat 在计算美国的分类单元耐污值时,划分水质级别的标准为极清洁(Excellent)至重污染 5 个级别,无严重污染级别^[2]。为使计算出的分类单元耐污值与美国耐污值之间有可比性,对多样性指数分级标准进行了调整。从结果看,有 81% 的无污染或受污染极小样点的 H' 大于 4,75% 受污染样点的 H' 小于 4,因此,用调整后的多样性指数分级标准来划分水质是基本可行的。

耐污值反应的是水生生物对水污染程度的敏感性,是生物对水体各种干扰因子的综合反应。敏感性大小的测定,只能通过野外调查数据才能得到。生活于各种类型水体中的大型底栖无脊椎动物不仅受到污染物影响,还受到诸如水文(水深、流速、流量)、物理环境(温度、底质组成(性质、颗粒大小等)和生物因素(水生植物和捕食性天敌等)的影响^[4]。要使耐污值能够真正反应水生生物对水污染的敏感程度,同时又能体现出不同生物之间耐污能力的差异,样本资料的来源(生态区或动物地理区)、数量和全面性(5 种水质级别都有,且分布均匀)是很重要的。

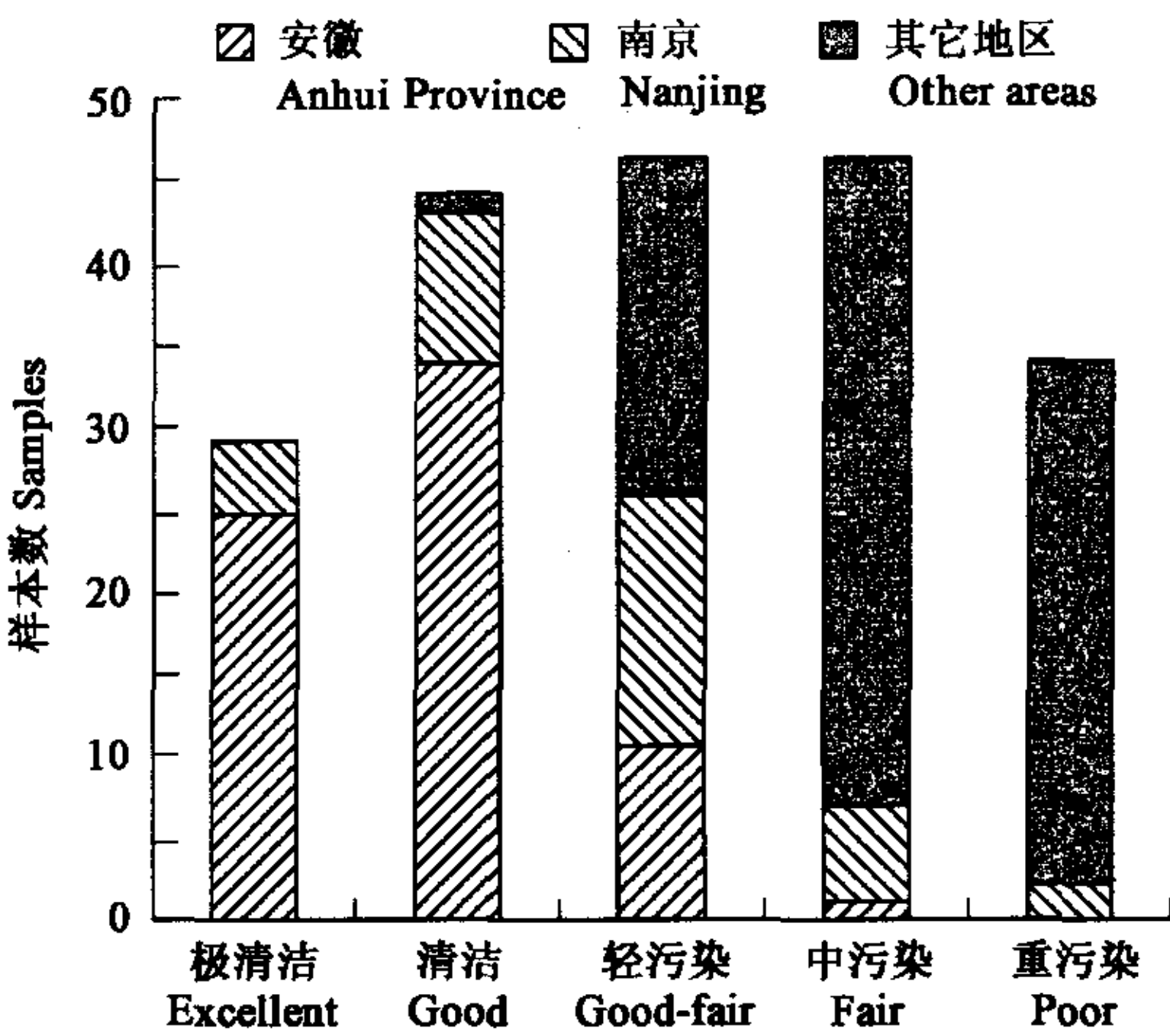


图 3 蜉蝣目扁蜉科、毛翅目、襉翅目和鞘翅目样本数在不同水质组别和地区的分布(n=198)

Fig. 3 The distribution of samples of Heptageniidae (Ephemeroptera), Trichoptera, Plecoptera and Coleoptera in different water quality ratings and areas

本文计算出的水生昆虫耐污值与美国已有耐污值相比,存在偏低现象,这主要是因安徽样本数在 5 个水质级别中的分布主要集中在极清洁至轻污染级别造成。说明以上只是个初步的研究结果,还需要进一步改进。

3.3 确定耐污值的方法

耐污值最初是根据“专家观点”确定的。Lenat 是第一个用分位数法计算耐污值的,他建议只有当某个分类单元的采集记录次数(records)大于 25 时,才能以 75%分位数对应的分值作为初始耐污值,而当记录次数在 10~24 时,则 50%分位数更合适,小于 10 次,则不适于上述方法计算,应当采用“专家观点”的方法确定耐污值。本研究中由于受时间的局限,总样本数 227,远远低于 Hisenhoff 和 Lenat 各自依据的 2000 多个样本^[2],因此,对分位数和采集记录次数的对应关系行了调整,将 25 次调整为 10 次,10~24 次调整为 5~10 次,当某分类单元采集记录次数小于 5 次,则采用“专家观点”方法,依据美国已有的耐污值,结合采集经验,给出临时性耐污值。

References:

- [1] Kolkwitz R, Marsson M. Okologie der tierischen saprobien. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 1909, 2:12~152.
- [2] Lenat D R. A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality rating. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 1993, 12:279~290.
- [3] Maxted J R, Barbour M T, Gerritsen J, et al. Assessment framework for mid-Atlantic coastal plain streams using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2000, 19(1): 128~144.
- [4] Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, et al, eds. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Stream and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Second Edition, USA-EPA 1999. 841-B-99-002.
- [5] Wang J G, Hunag H B, Yang M X, et al. Toleranc values of benthic macroinvertebrates and bioassessment of water quality of Lushan nature reserve. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 2003, 9(3): 279~284.
- [6] Fu B J, Liu G H, Chen L D, et al. Scheme of ecological regionalization in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 1~6.
- [7] Huang Y Y, Teng D X, Zhao Z X. Monitoring Jiyunhe estuary pollution by use of macro-invertebrate community and diversity index. *Sinozoologia*, 1982, 2:133~146.
- [8] Ren S Z. Investigation on macroinvertebrate community and water quality in streams in Beijing area. *Acta Scientiae Circumstanitiae*, 1991, 11(1):31~46.
- [9] Yang T, Hu D L. An evaluation of benthic macroinvertebrates to the water pollution in mainstream of Xiang Jiang River. *Acta Ecologica Sinica* 1986, 6(3): 263~274.
- [10] Wang J C, Fang Z G, Ju F H, et al. Distribution of *Chironomidae* larvae and its relation to water quality. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(4):27~37.
- [11] Barbour M T, Gerritsen J, Griffith GE, et al. A framework for biological criteria for *Florida* streams using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 1996, 15(2):185~211.
- [12] Tian L X. A review of the Chinese genus *Stenopsyche* McLachlan (Trichoptera: Stenopsychidae). *Acta Entomologica Sinica*, 1988, 31(2):194~202.
- [13] Karr J R, Chu E W. Sustaining living rivers. *Hydrobiologia*, 2000, 422/423: 1~14.

参考文献:

- [5] 王建国, 黄恢柏, 杨明旭, 等. 庐山地区底栖大型无脊椎动物耐污值与水质生物学评价. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(3): 279~284.
- [6] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案. *生态学报*, 2001, 21(1): 1~6.
- [7] 黄玉瑶, 滕德兴. 利用大型底栖无脊椎动物种类多样性指数监测蓟运河污染. *动物学集刊*, 1982, 2:133.
- [8] 任淑智. 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*. 1991, 11(1):31~46.
- [9] 杨潼, 胡德良. 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*, 1986, 6(3): 263~274.
- [10] 王俊才, 方志刚, 鞠复华, 等. 摇蚊幼虫分布及其与水质的关系. *生态学杂志*, 2000, 19(4):27~37.
- [12] 田立新. 中国的角石蛾属昆虫(毛翅目:角石蛾科). *昆虫学报*, 1988, 31(2):194~202.

附录 已确定的中国大型底栖无脊椎动物分类单元耐污值(0~10),及同一分类单元在美国 5 个地区的值
NC,北卡州,WI,威斯康星州,OH,俄亥俄州,ID,爱达荷州,MACS,大西洋海岸中部溪流工作组。

Appendix Tolerance values of macroinvertebrate taxa in China, and the value of the same taxon in NC(North Carolina, Southeast), WI(Wisconsin, Upper Midwest) OH(Ohio, Midwest), ID(Idaho DEP, Northwest), and MACS (Mid—Atlantic Coastal Streams

分类单元 Taxa	中国 China	NC	WI	ID	OH	MACS
鞘翅目 Coleoptera						
龙虱科 Dytscidae *	9	8.9~10		4.1, 7.9	5	5
泥甲科 Dryopidae *	4.5	5.4	5	3.2		5
溪泥甲科 Elmidae	3.7	0~6.9	3~6	4	1~7	4
狭溪泥甲属 Stenelmis spp.	3.2	5.4	5	3	7	5
豉甲属 Gyrinus spp. *	6.3	5.5, 6.3		3.6, 3.7	5	4
水龟虫科 Hydrophilidae *	8	6.9~9.8			4	
Berosus spp. *	8.6	8.6		6.7	5	
小粒龙虱科 Noteridae *	7	6.9			7	
扁泥甲科 Psephenidae	1.5				4	
Matacopsephus spp.	1.5					
毛泥甲科 Ptilodactylidae	4.3					
双翅目 Diptera						
蠓科 Ceratopogonidae	6.2 *	6.5, 8.8	10	5.7	6	6, 10
幽蚊 Chaoboridae *	8.5					
细蚊 Dixidae *	3	2.8			1	1
摇蚊科 Chironomidae						
摇蚊亚科 Chironominae	5.7					5
摇蚊属 Chironomus spp.	9.1	9.8	10	8.1	10	10
隐摇蚊属 Cryptochironomus spp.	5.9	6.7, 8	8	4.9	8	8
异腹鳃摇蚊属 Einfeldia spp. *	5			8		
哈尼摇蚊属 Harnischia spp.	5.4	7.5	8	3.5		
齿斑摇蚊属 Stictochironomous. spp.	6.1	6.7	9	4		
长跗摇蚊属 Tanytarsus spp.	4.7	6.7	6	3.5	6	6
直突摇蚊亚科 Orthocladiinae	4.7				5	
菱跗摇蚊属 Clinotanypus spp. *	8	9.8	7.5	8		8
环足摇蚊属 Cricotopus spp.	6.8	4.8~10	7	4.3	7	7
真开氏摇蚊属 Eukiefferiella spp. *	5	1.7~5.7	4.7		8	
雕翅摇蚊属 Glyptotendipes spp. *	9	8.5	10	6.2		10
大粗腹摇蚊 Macropelopia spp. *	6				6	
趋流摇蚊属 Rheocricotopus spp. *	7	6.8~7.7	8	4.9	8	8
长足摇蚊亚科 Tanypodinae	5.9				5	
长足摇蚊属 Tanypus spp.	8.4	9.6	10	8.8		10
前突摇蚊亚科 Podonominae						
内突摇蚊属 Endochironomus spp. *	7	7.5	8	5.6	10	10
前突摇蚊属 Procladius spp. *	9	9.3	9	6.5	9	9
蚋科 Simuliidae						
蚋属 Simulium spp.	2.4	4.4~8.7	5, 4.7	4.8	6	6
虻科 Tabanidae *	7				8	
大蚊科 Tipulidae						
大蚊属 Tipula spp.	2.2	7.7	4	7.2	4	4
Hexatoma spp.	2.1	4.7	2	2.3	2	2
Anotocha spp.	0.1	4.6	3	2.2	3	
蜉蝣目 Ephemeroptera						
五脉摇蚊属 Pentaneura spp. *	5	4.6	6			6
多足摇蚊属 Polypedilum spp.	4.5	4~9.2		1.9~6.9	6	6
窄摇蚊属 Stenochironomus spp. *	5.5	6.4	5	3.6		
二翼蜉属 Cloeon spp. * (河流 Rivers)	7					
花翅蜉属 Baetiella spp.	2.2					

续表

细蜉科 Caenidae(溪流 Streams)	4.2	7				
细蜉科 Caenidae*(河流 Rivers)	7					
细蜉属 <i>Caenis</i> spp.	4.2	7.6	7	3.1	7	7
小蜉科 Ephemerellidae	4.2				1	
弯握蜉属 <i>Drunella</i> spp.*	0.5	0~1.3			0	
小蜉属 <i>Ephemerella</i> spp.*	2	0~4	1, 2	2.9	1	
锐利蜉属 <i>Ephacerella</i> spp.*	1.5					
锯形蜉 <i>Serratella</i> spp.	4.3	0~2.7	2	0.6, 2.1	2	2
天角蜉属 <i>Uracanthella</i> spp.*	2					
越南蜉 <i>Vietnamella</i> spp.	3.2					
蜉蝣科 Ephemeridae	2.4				4	
蜉蝣属 <i>Ephemera</i> spp.	2.4	2.2	1	3.1	4	
扁蜉科 Heptageniidae	3.6				4	
似动蜉属 <i>Cinygmina</i> spp.	1.6					
微动蜉属 <i>Cinygmula</i> spp.	3.3	0			4	
高翔蜉属 <i>Epeorus</i> spp.	2.4	0~1.4	0		0, 1	
扁蜉属 <i>Heptagenia</i> spp.	1.2	0.5~2.8	3	1.9	4	
尼克斯蜉属 <i>Nixes</i> spp.*	1.5			5.1	2~4	
赞蜉属 <i>Paegniodes</i> spp.*	0.5					
等翅蜉科 Isonychidae	1.5					
等翅蜉属 <i>Isonychia</i> spp.	1.5	3.8	2	1.9		2
细裳蜉科 Leptophlebiidae	4				2	
宽基蜉属 <i>Chorotopers</i> spp.	2.9			4		
隐蜉属 <i>Cryptopenella</i> spp.	4.8					
拟细裳蜉属 <i>Paraleptophlebia</i> *	2	1.2	1	2.8	! ~4	1
短石蛾科 Branchycentridae*	0	0~2.2	1		1	
四节蜉科 Baetidae	4.5				4	4
四节蜉属 <i>Baetis</i> spp.	2.5	1.8~8.0	4~6	3.1	5	6
二翼蜉属 <i>Cloeon</i> spp.(溪流 Streams)	3.9*	7.4	4	3.5		
思罗蜉属 <i>Thraulius</i> spp.*	1					
河花蜉科 Potamathidae*	4					
广翅目 Megaroptera						
齿蛉科 Corydalidae	3.8	5.5~6.5	0, 6	1.8~3.6	0	
星齿蛉属 <i>Protohermes</i> spp.	3.8					
斑鱼蛉属 <i>Neochauliodes</i> spp.	4					
蜻蜓目 Odonata						
丽蛉 Amphipterygidae*	2.5					
蜓科 Aeshnidae	2.3*	6.3~8	2, 6	3.5	3	3
溪蛉 Euphaeidae	0					
绿蛉科 Chlorocyphidae*	2.5					
色蛉 Claopterygidae	2.4					
蛉科 Coenagrionidae*	9			6.1	9	9
大蜓科 Cordulegastridae*	3	6.1	3			3
春蜓科 Gomphidae	2.7	2.7~8.7	1, 5	2.5	1, 4	5
蜻科 Libellulidae*	8.5				9	9
大蜻科 Macromidae*	3					
扇蛉 Platynymidae*	9					
襁翅目 Plecoptera						
绿襁科 Chloroperlidae*	1	1.4	1		1	
卷襁科 Leuctridae*	0	0.7		0	0	
叉襁科 Nemouridae	1				2	
襁科 Perlidae	1.2				1	1
钮襁属 <i>Acroneuria</i> spp.*	2	0~2.2	0	2.2~2.8		
纯襁属 <i>Paragnetina</i> spp.	0	0~3.5		2.1		
襟襁属 <i>Togoperla</i> spp.	1.5					

续表

毛翅目 Trichoptera						
原石蛾科 Rhyacophilidae *	1	0~3.4	0	0	0~1	
径石蛾科 Economidae *	2					
舌石蛾科 Glossosomatidae	0				0	
舌石蛾属 Glossosoma spp.	0	1.5			0	
瘤石蛾科 Goeridae *	0	0.3			1	
纹石蛾科 Hydropsychidae	3.7				4	4
侧枝纹石蛾属 Ceratopsyche spp.	3.9	0~3.2	1~5	1.8~3.2		
短脉纹石蛾属 Cheumatopsyche spp.	3.8	6.6	5	2.5	5	5
缺距纹石蛾属 Potamyia spp.	0.2			2.5		
小石蛾科 Hydroptilidae *	4					
鳞石蛾科 Lepidostomatidae	0.7			3		
鳞石蛾属 Lepidostoma spp.	1.3	1	1		1	1
长角石蛾科 Leptoceridae	4				4	
突长角石蛾 Cearclea spp. *	4	0~6.4	3	2.6	5	3
栖长角石蛾 Oecetis spp. *	6	5.7	8	3	8	8
姬长角石蛾 Setodes spp. *	2	0.9	2			
叉长角石蛾 Triaenodes spp. *	5	2.2~4.7	6		6	6
沼石蛾科 Liminephilidae *	3*					
细翅石蛾科 Molonidae *	2.5	3.9		4		6
等翅石蛾科 Phillptamidae *	3				3	3
缺叉等翅石蛾 Chimarra spp. *	2.5	2.8	4	1.9, 3.4		4
蠕形等翅石蛾 Wormaldia spp. *	1	0.4			3	
多距石蛾科 Polycentropodidae	1.9*					
Neuclipsis spp.	2.8*	4.4	7	2.7		7
Nyctiophylax spp *	2	0.9	5	2.5	5	
多距石蛾属 Polycentropus spp *	3	3.5	6	3.4	6	5
碟石蛾科 Psychomyiidae *	2	2~3.3	2	1.9	2	
铜锈环棱螺 Bellamya aeruginosa *	7					
梨形环棱螺 Bellamya purificata	4.3					
萝卜螺属 Radix spp. *	8.0					
纹沼螺属 Parafossarulus spp.	5					
角石蛾科 Stenopsychidae	4.7					
角石蛾属 Stenopsyche spp.	4.7					
软体动物 Mollusca						
短沟蜷属 Semisulcospira spp. *	4					
方格短沟蜷 Semisulcospira cancellata	4.5					
放逸短沟蜷 Semisulcospira tibertina	2.3					
环棱螺属 Bellamya spp. *	6					
狭口螺属 Stenothyra spp. *	4					
涵螺属 Alocinma spp. *	5.5					
河螺属 Rivularia spp. *	7					
盘螺属 Valvata spp. *	6.5					
膀胱螺属 Physa spp. *	8.5					
狭口螺属 Stenothyra spp. *	4					
淡水壳菜 Lmnoperna lacustris	2.5					
河蚬 Corbicula fluminea	9	6.3			3.2	
球蚬属 Pisidium spp. *	8					
环节动物 Annelida						
水丝蚓属 Limnodrilus spp.	9.6	9.6				
巨毛水丝蚓 Limnodrilus grandisetosus	5.7					
霍甫水丝蚓 L. hoffmeisteri	9.4	9.8				
颤蚓属 Tubifex spp. *	9					
正颤蚓 Tubifex tubifex *	10					
中华颤蚓 Tubifex sinicus	5.9					
苏氏尾鳃蚓 Branchiura sowerbyi	8.5	8.4				
中华河蚓 Rhyacodrilus sinicus *	9.8					
癞皮虫 Slavina spp. *	8					
扁蛭 Glossiphonia spp. *	8					
其它 Others						
涡虫属 Euplanaria spp.	1					
钩虾属 Gammarus spp.	2.5	6.9			4	6

* 核订的耐污值 Tentative tolerance value