

拒马河原生动物和底栖动物初步调查及水质分析

王宏伟^① 昌艳萍^① 张磊^① 李继龙^② 沈公铭^② 张晓惠^②
李凤超^① 朱娜^① 康现江^{①*}

(^①河北大学生命科学学院 保定 071002; ^②中国水产科学研究院渔业资源与环境研究中心 北京 100039)

摘要 2003年3月和4月,对拒马河(北京段)的原生动物及底栖动物群落结构和物种多样性进行了调查分析,并且就其水质现状及水生动物种类和数量变化对环境污染的指示意义加以探讨。共鉴定出原生动物125种,底栖动物17种。结果表明,拒马河水生动物种类较为丰富,物种多样性高,水质生物指标综合评价拒马河水体受到轻度 and 中度污染。此外,通过对软体动物、环节动物、水生昆虫在不同站点分布的差异分析,表明河流水体污染可导致底栖动物多样性明显降低。从水生生物指示种的变化,可预测水质的变化。

关键词:原生动物,底栖动物,拒马河

中图分类号:Q958.8, S932.8 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)04-77-06

Primary Survey on Protozoa and Benthos and Assessment of Water Quality in Juma River

WANG Hong-Wei^① CHANG Yan-Ping^① ZHANG Lei^① LI Ji-Long^② SHEN Gong-Ming^②
ZHANG Xiao-Hui^② LI Feng-Chao^① ZHU Na^① KANG Xian-Jiang^①

(^① College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002;

^② Chinese Academy of Fishery Sciences, Center of Fishery Resources and Ecology Environment Research, Beijing 100039, China)

Abstract: The community structure and biodiversity of protozoa and zoobenthos in Juma River were studied in March and April 2003. Totally, 125 species of protozoa and 17 species of zoobenthos were reported in this paper. The current water quality and the indications of protozoa and zoobenthos to contamination were also investigated. The results showed that species biodiversity of protozoa and zoobenthos in Juma River is high. The water quality is contaminated infrequently. Ecological characteristics of environmental indicators were also discussed. It is able to predict the trends of water qualitative in the river by the variation of the biological indicators.

Key words: Protozoa, Zoobenthos; Juma River

拒马河是海河流域大清河水系支流,发源于河北省涞水县西北太行山麓,水质优良,清澈见底,常年不枯,冬季不冻结,为水生生物提供了很好的生存条件。原生动物是浮游动物类群之一,在物质循环和能量流动过程中发挥了重要的作用^[1],某些种类可作为有机污染的指示生物,应用其种类组成分布特征及优势种的生态耐性,可监测评价水体的污染状况^[2,3]。底

栖动物有许多种类移动性差、个体较大、生活周

基金项目 河北省动物学重点学科资助(No. 200601),北京市环保局自然保护区基金项目资助,河北大学自然科学基金青年项目(No. Q2004 07)资助;

* 通讯作者;

第一作者介绍 王宏伟,女,副教授,博士生,研究方向:水生生物学;E-mail: whw6688@126.com。

收稿日期 2005-12-12,修回日期 2006-04-30

期较长,其生活状况常常能很好的反映水质情况,并可作为环境监测的指示生物,在水生生物研究具有重要的地位。目前对拒马河水域水生生物的调查研究还很少,本次实验通过对拒马河原生动物及底栖动物的种类组成的调查,初步了解了水域中的生物种类,为保护水资源和物种的多样性,建立拒马河自然保护区提供参考资料。

1 材料与方 法

1.1 采样站的设置

水生生物的采集根据河流不同区段的流量、底质及其他环境状况设置

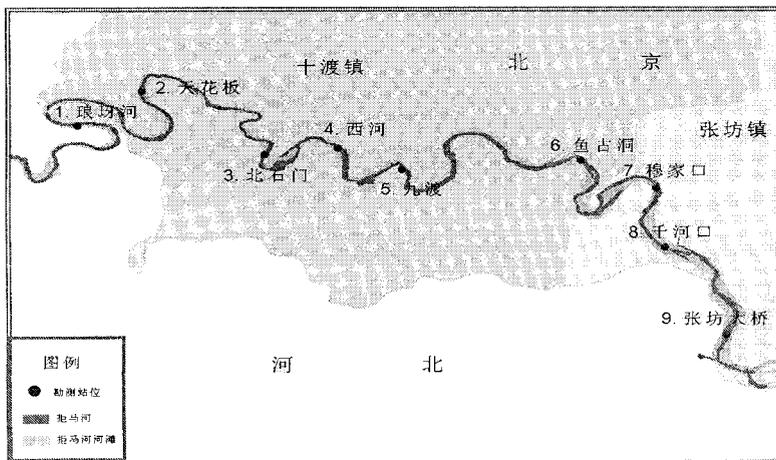


图 1 各区段采样站分布图

底栖生物的样品采集采用 25 × 20 方型采泥器,取样面积为 0.05 m²,每站点的采样总面积为 0.1 m² 左右,采集之后立即进行筛选,筛网采用 3 层,其网目直径上层为 2 mm,中层 1 mm,下层 0.5 mm。筛选后的样品标本用 75% 乙醇溶液固定后,带回实验室,进行种类鉴定和定量分析。

1.3 水环境调查

采集底栖动物样本时,同时对水体的溶氧量、pH 值、温度、水深、河宽等理化及水文指标进行测定,并记录采集区域地质情况。

1.4 多样性指数计算及统计分析^[5]

(1)多样性指数 d 值的计算按照 Margalef 多样性公式^[6]:

了 9 个采样站(图 1),依序分别为琅琊河、天花板、北石门、西河口、九渡、鱼古洞、穆家口、千河口和张坊。

1.2 生物样品的采集与样品处理

2003 年 3 月和 4 月各采集一次,原生动物样品采集用 PFU(Polyurethane foam unit 聚氨酯泡沫塑料块)人工基质方法及 25 号浮游生物网拖取。PFU 法是将 PFU 人工基质(孔径约为 100 ~ 150 μm)制成 5 cm × 6.5 cm × 7.5 cm 的小块,使用前先用自来水冲洗,再用蒸馏水浸泡 12 ~ 24 h^[3]。再将 PFU 人工基质放置水中,7 d 后取回。用活体镜检的方法鉴定水样中的原生动物^[4]。

$$d = (s - 1) \log_e N$$

式中, S 为各采样点原生动物的种类; N 为各采样点原生动物的数量。 d 值的高低表明多样性的丰富与贫乏,因此可指示水质的优劣程度。多样性指数高,表示水质好。

(2) 采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H):

$$H = - \sum_i^s (n_i / N) \log_e (n_i / N)$$

式中, n_i 为该采样点某一类种的个体数, N 为该采样点的底栖动物全部数量。

1.5 河流污染程度确定

以河流中底栖动物的多样性指数确定水质污染程度,并用生物指示种的数量与分布分析河流不同区段的水质状

况(表 1 为 3 月份数据)。

H 值 0 为严重污染, 0~1 为重污染, 1~2 为中污染, 2~3 为轻污染, >3 为清洁水体。

2 结果

2.1 原生动物

2.1.1 种类组成 在整个调查中, 从 9 个采样点共发现原生动物 125 种, 隶属 2 门 76 属, 肉鞭门(Phylum Sarcomastigophora) 共 81 种, 其中鞭毛虫 38 种, 占总种类数 30.4%; 肉足虫 43 种,

占总种类数 34.4%; 纤毛门(Phylum Ciliophora) 共 44 种, 占总种类数 35.2%(附录 1)。表 1 显示了不同采样点原生动物的分布情况。可以看出, 不同采样点在同一月份种类有所不同。总的来说, 原生动物出现的种类数量以 8 号站千河口最多, 其他依次为 9 号站张坊桥、7 号站穆家口、2 号站天花板、3 号站北石门、6 号站鱼骨洞、5 号站九渡。种类数分别为 41、27、24、23、22、15。其中 1 号站琅琊河和 4 号站西河口的种类最少都是 13 种。

表 1 各采样点的气象、水文资料及原生动物种类分布

样点	编号	pH	温度 (°C)	溶解氧 (mg/L)	水深 (m)	河宽 (m)	原生动物数量 (ind./0.1 ml)	原生动物种类数	TP (mg/L)	TN (mg/L)
琅琊河	1	8.53	24.6	10.3	0.2~0.3	23~25	565	13	0.016	1.86
天花板	2	8.19	20.6	10.0	2.0~3.0	30~50	670	24	0.014	1.46
北石门	3	8.23	16.8	10.2	1.3~5.0	30~45	645	23	0.024	1.74
西河口	4	8.30	20.2	10.4	0.2~1.5	25~30	372	13	0.012	1.53
九渡	5	8.38	18.3	11.9	0.4~1.0	80~100	520	15	0.023	1.49
鱼古洞	6	8.48	18.3	10.4	2.0~4.0	100~110	590	22	0.017	1.48
穆家口	7	8.58	18.6	11.6	0.2~0.3	25~30	408	27	0.020	1.68
千河口	8	8.65	15.1	10.4	0.3~0.8	50	945	51	0.023	1.23
张坊桥	9	8.78	20.9	12.9	0.4~0.5	30	483	41	0.020	1.34

2.1.2 原生动物的优势种分析 总的来说, 鞭毛虫的优势种类为内卷瓣胞藻(内卷沟滴虫)(*Petalomonas involuta*)、丹氏滴虫(*Monas dangeardii*)和纺锤波豆虫(*Bodo fusiformis*)。植鞭毛虫中, 瓣胞藻属(*Petalomonas*)的种类较多, 其中内卷瓣胞藻(内卷沟滴虫)(*P. involuta*)几乎每次采样均能看到, 数量较多。动鞭毛虫中, 波豆虫(*Bodo*)较多。

肉足虫中, 平足蒲变虫(*Vannella platypodia*)、褐砂壳虫(*Diffugia avellana*)和带囊花虫(*Elaeorhansis cincta*)为优势种。砂壳虫属(*Diffugia*)的褐砂壳虫(*D. avellana*)数量较多。

纤毛虫优势种为大弹跳虫(*Halteria grandinella*)、食菌的有肋纤虫(*Aspidisca costata*)及瓜形膜袋虫(*Cyclidium citrullus*)。板壳虫属(*Coleps*)、膜袋虫属(*Cyclidium*)和钟虫属(*Vorticella*)种类最多, 各有 4 种。前口虫属(*Frontonia*)和纤虫属(*Aspidisca*)各 3 种次之。此外, 经应用 Shannon-Weaver 多样性指数公式计算, 亦获得相同趋势(图 2)。

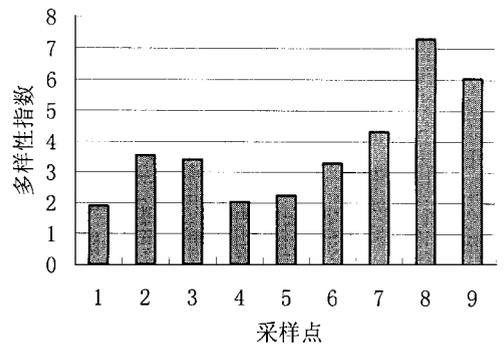


图 2 各采样点原生动物的多样性指数

1. 琅琊河; 2. 天花板; 3. 北石门; 4. 西河口; 5. 九渡; 6. 鱼古洞; 7. 穆家口; 8. 千河口; 9. 张坊桥。

从图中可以看出, 8 号站千河口的多样性指数最高, 水质最好。1 号站琅琊河多样性指数最低, 此处水流速度最大, 影响到水生生物的种类数。

2.2 底栖动物

2.2.1 种类组成 9 个采样点在整个调查中共发现底栖动物 17 种, 其中软体动物 12 种, 环节动物 4 种, 昆虫最少, 只有 1 种。8 号站千河口

水草较丰富 软体动物的种类和数量比较多,而环节动物和昆虫的种类各站差别不大,但数量上 2 号站天花板和 4 号站西河口较多(表 2)。

表 2 底栖动物在各样点的分布

		样点									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	总量
		琅琊河	天花板	北石门	西河口	九渡	鱼古洞	穆家口	千河口	张坊桥	
软体动物	数量(个)	1	0	0	3	2	0	0	19	8	33
	%	3.03	0.00	0.00	9.09	6.06	0.00	0.00	57.58	24.24	100.00
	重量(g)	0.276 3	0	0	0.039 4	0.490 4	0	0	8.189 7	7.259 6	16.255 4
	%	1.70	0.00	0.00	0.24	3.02	0.00	0.00	50.38	44.66	100.00
	种类数	6	3	3	4	6	2	1	9	5	12
%	50.00	25.00	25.00	33.33	50.00	16.67	8.33	75.00	41.67	100.00	
昆虫	数量(个)	1	12	1	8	0	0	0	0	1	23
	%	4.35	52.17	4.35	34.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	100.00
	重量(g)	0.005 5	0.024 6	0.000 5	0.025 3	0	0	0	0	0.004 6	0.060 5
	%	9.09	40.66	0.83	41.82	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60	100.00
	种类	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
%	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
环节动物	数量(个)	3	23	32	101	16	1	33	5	12	226
	%	1.33	10.18	14.16	44.69	7.08	0.44	14.60	2.21	5.31	100.00
	重量(g)	0.035 7	0.048 8	0.472 9	0.611 9	0.432 4	0.000 5	0.858 3	0.070 6	0.203 2	2.734 3
	%	1.31	1.78	17.30	22.38	15.81	0.02	31.39	2.58	7.43	100.00
	种类	1	1	2	3	2	1	2	2	4	4
%	25.00	25.00	50.00	75.00	50.00	25.00	50.00	50.00	100.00	100.00	

2.2.2 计算出每种种类的多样性指数值之后, 各种类指数值之和即为该站的多样性指数。Shannon-Weaner 多样性指数分为 5 个等级, 各采样点底栖动物的多样性指数如图 3。

3 讨论

一般来说, 在自然界的正常水体, 即没有受到工业污染和人为污染的水体中, 底栖动物分布较为均匀, 种类数量较多, 具有正常的水生生物群落结构。水体污染后, 生物的种类和数量发生变化, 即影响底栖动物的群落结构, 一般是种类数量减少, 耐污种类的个体数量增加。因此, 可用多样性及其变化来反映水质的状况。本次用 Shannon 多样性指数来作为检测的方法。多样性(Diversity)表示了群落结构的复杂程度, 反映两方面的内容, 一是群落内的种的数量(Richness); 二是各个种内包括的个体数的均等性(Equitability), 即种数越多, 而且各个种的个体数相等, 多样性就越大^[7]。

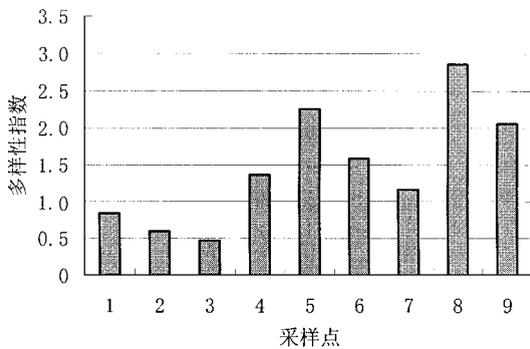


图 3 各采样点底栖动物的多样性指数

- 1. 琅琊河; 2. 天花板; 3. 北石门; 4. 西河口; 5. 九渡;
- 6. 鱼古洞; 7. 穆家口; 8. 千河口; 9. 张坊桥

从图中可以看出, 8 号站千河口的多样性指数最高, 所以水质最清洁。3 号站北石门的多样性指数最低。

据相关报道可知, 环节动物(主要为寡毛类)种类的比率与水体污染程度呈正相关, 软体动物和水生昆虫种类的比率与水体污染程度呈显著负相关, 而底栖动物总的种类数与水体污染程度呈显著负相关^[8]。在所采集的 9 个站点

样品中, 琅玕河底栖动物的种类较其他站点偏少, 主要原因是琅玕河段水流湍急, 河面较窄, 水草少, 环境条件对底栖动物的生存产生不利影响。天花板和西河口的软体动物种类较少, 是因为天花板周围被大量挖沙, 河流底质被改变所致。而西河口的河流阶地已开垦为农田, 并建有度假村, 向河中排放了较多的灌溉水及少量的生活污水, 水体受到轻度污染, 导致软体动物数量下降。干河口软体动物的比率均达到 75%, 证明其水质较上述两站点清洁。琅玕河、天花板和鱼古洞的软体动物及水生昆虫种类数占明显优势, 寡毛类在底栖动物中的比例均较低, 证明以上 3 个站点区段的水质更为清洁。根据 Shannon-Weaner 多样性指数的分类方法^[9], 可以将上面 9 个站点分为 3 类, 1、2、3 号站多样性指数最低, 是由于水流等因素影响了多样性。4、6、7 号站可划分为轻污染, 5、8、9 号站水质更为清洁, 可以看作清洁水体。从以上可以看出, 各站点水质均未受到严重的污染。

在对原生动物和底栖动物的分析过程中可以看出: 用原生动物和底栖动物评价水质得出的结果很相似。说明可以把这两种动物结合起来判断水体状况。这次是对拒马河原生动物和底栖动物的首次调查, 随着拒马河自然保护区

的建立, 对河流的研究会不断深入, 从而更好地保护水环境, 合理开发利用水资源。

参 考 文 献

- [1] Finlay B J. Temporal and vertical distribution of the ciliophoran communities in the benthos of a small eutrophic lake with particular reference to the redox profile. *Freshwater Biology*, 1980, 10: 15 ~ 34.
- [2] 冯建社. 白洋淀的纤毛虫与水质污染的关系. *重庆环境科学*, 1999, 21(5): 33 ~ 35.
- [3] 许木启. 从浮游动物群落结构与功能的变化看府河——白洋淀水体的自净效果. *水生生物学报*, 1996, 20(3): 212 ~ 219.
- [4] 沈韞芬, 章宗涉, 顾曼如等. 微生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
- [5] 熊金林, 梅兴国, 胡传林. 不同污染程度湖泊底栖动物群落结构及多样性比较. *湖泊科学*, 2003, 15(2): 160 ~ 168.
- [6] Margalef D R. Information theory in ecology. *Gen System*, 1958, 3: 36 ~ 71.
- [7] 沈韞芬, 冯伟松, 顾曼如等. 河流的污染监测. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995, 3.
- [8] Bowers N, Kroll T T, Pratt J R. Diversity and geographic distribution of riboprints from three cosmopolitan species of *Colpoda* Muller (Ciliophora: Colpodea). *Europ J Protistol*, 1998, 34: 341 ~ 347.
- [9] 冯伟松, 杨军, 叶志鸿等. 凡口铅锌矿湿地处理系统的土壤原生动物. *动物学杂志*, 2004, 39(1): 2 ~ 11.

附录 1 拒马河各采样点原生动物的种类

鞭毛虫 Mastigophora

1. 气球屋滴虫 *Oikomonas termo*
2. 聚屋滴虫 *O. socialis*
3. 丹氏滴虫 *Monas dangeardii*
4. 点滴虫 *M. guttula*
5. 群聚滴虫 *M. sociabilis*
6. 聚滴虫 *M. socialis*
7. 素隐藻(草履唇滴虫) *Chilomonas paramaecium*
8. 旋纹裸藻(旋纹眼虫) *Euglena spirogyra*
9. 弯杆胞藻 *Rhabdomonas incurva*
10. 瓣胞藻(中沟滴虫) *Petalomonas madiocanellata*
11. 内卷瓣胞藻(内卷沟滴虫) *Petalomonas involuta*
12. 三棱瓣胞藻(三棱沟滴虫) *P. steinii*
13. 微小瓣胞藻(微小沟滴虫) *P. pusilla*
14. 四棱楔胞藻 *Sphenomonas quadrangularis*
15. 广卵异鞭藻(广卵异鞭虫) *Anisonema prosgeobium*
16. 右旋异鞭藻(右旋异鞭虫) *A. dextitaxum*
17. 帕许壶藻(帕许壶形虫) *Urceolus parscheri*
18. 内管藻(沟内管虫) *Entosiphon sulcatum*
19. 多线四鞭藻 *Carteria multifilis*

20. 球团藻 *Volvox globator*
21. 卵形单领鞭虫 *Monosiga ovata*
22. 壮实单领鞭虫 *M. robusta*
23. 纺锤管领鞭虫 *Salpingoeca fusiformis*
24. 长圆管领鞭虫 *S. oblongna*
25. 恩氏似双领虫 *Diplosigopsis entzii*
26. 活波尾滴虫 *Cercomonas agilis*
27. 球波豆虫 *Bodo globosus*
28. 慢行波豆虫 *B. repens*
29. 梨状波豆虫 *B. edax*
30. 急游波豆虫 *B. celer*
31. 舞行波豆虫 *B. saltans*
32. 鼻波豆虫 *B. rostratus*
33. 纺锤波豆虫 *B. fusiformis*
34. 尾波豆虫 *B. caudatus*
35. 钩刺波豆虫 *B. uncinatus*
36. 小波豆虫 *B. minimus*
37. 跳侧滴虫 *Pleuromonas jaculans*
38. 微小无吻虫 *Clautriavia parva*

肉足虫 Sarcodina

39. 多卓变虫 *Polychaos* sp.
40. 珊瑚囊变形虫 *Saccamoeba gongornia*
41. 近蛭蟪卡变虫 *Cashia limacoides*
42. 剑桥哈氏虫 *Hartmanella cantabrigiensis*
43. 蠕形哈氏虫 *H. vermiformis*
44. 内饰筒变虫 *Vahlkampfia inornata*
45. 速焰变虫 *Flamella citrensis*
46. 泥生甲变形虫 *Thecamoeba terricola*
47. 平足蒲变虫 *Vannella platypodia*
48. 柏马氏虫 *Mayorella cypressa*
49. 宝码氏虫 *M. bigemma*
50. 剑钻变形虫 *Subulamoeba saphirina*
51. 丝变形虫 *Filamoeba* sp.
52. 透明螺足虫 *Cochliopodium bilimbosum*
53. 弯凸表壳虫 *Arcella gibbosa mitriiformis*
54. 表壳圆壳虫 *Cyclopyxis arcelloides*
55. 针棘匣壳虫 *Centropyxis aculeata*
56. 褐砂壳虫 *Difflugia avellana*
57. 球形砂壳虫 *D. globulosa*
58. 冠砂壳虫 *D. corona*
59. 切割咽壳虫 *Pontigulasia incisae*

60. 颈梨壳虫 *Nebela collaris*
61. 胡梨壳虫 *N. barbata*
62. 巢居法帽虫 *Phryganella nidulus*
63. 美拟砂壳虫 *Pseudodifflugia gracilis*
64. 坛状曲颈虫 *Cyphoderia ampulla*
65. 结节磷壳虫 *Euglypha tuberculata*
66. 矛状鳞壳虫 *E. laevis*
67. 有棘磷壳虫 *E. acanthophora*
68. 弓双孔虫 *Diplophrys archeri*
69. 放射太阳虫 *Actinophrys sol*
70. 轴丝光球虫 *Actinosphaerium eichhorni*
71. 福氏异胞虫 *Heterophrys fockei*
72. 多足异胞虫 *H. myriopoda*
73. 苍白刺日虫 *Raphidiophrys pallida*
74. 巧刺日虫 *R. elegans*
75. 带囊花虫 *Elaeorhanis cincta*
76. 球形囊石虫 *Lithocolla globosa*
77. 泥炭刺胞虫 *Acanthocystis turfacea*
78. 针棘刺胞虫 *A. aculeata*
79. 针尖刺胞虫 *A. spinifera*
80. 月形刺胞虫 *A. erinaceus*
81. 似月形刺胞虫 *A. erinaceoides*

纤毛虫(门) Ciliated Protozoa

82. 多变斜板虫 *Plagiocampa mutabilis*
83. 毛板壳虫 *Coleps hirtus*
84. 双刺板壳虫 *C. bicuspis*
85. 小毛板壳虫 *C. hirtus minor*
86. 纵长板壳虫 *C. elongatus*
87. 鹅长颈虫 *Dileptus anser*
88. 巨长颈虫 *D. cygnus*
89. 小单环栉毛虫 *Didinium balbianii nanum*
90. 薄漫游虫 *Litonotus lamella*
91. 暗黄睫杵虫 *Ophryoglena flava*
92. 绿草履虫 *Paramecium bursaria*
93. 尖前口虫 *Frontonia acuminata*
94. 尾突前口虫 *F. atra*
95. 银白前口虫 *F. leucas*
96. 旋尾纓虫 *Urocentrum turbo*
97. 珍珠映毛虫 *Cinetochilum margaritaceum*
98. 冠帆口虫 *Pleuronema cornatum*
99. 善变膜袋虫 *Cyclidium versatile*
100. 瓜形膜袋虫 *C. citrullus*
101. 纵长膜袋虫 *C. elongatum*
102. 银灰膜袋虫 *C. glaucoma*
103. 杯钟虫 *Vorticella cupifera*

104. 似钟虫 *V. similis*
105. 弯钟虫 *V. hamata*
106. 法帽钟虫 *V. fromenteli*
107. 独缩虫 *Carchesium* sp.
108. 污秽聚缩虫 *Zoothamnium hentscheli*
109. 树状聚缩虫 *Z. arbuscula*
110. 环靴纤虫 *Cothurnia annulata*
111. 小旋口虫 *Spirostomum minus*
112. 带核喇叭虫 *Stentor roeseli*
113. 多态喇叭虫 *S. polymorphus*
114. 大弹跳虫 *Halteria grandinella*
115. 纺锤全列虫 *Holosticha kessleri*
116. 契氏片尾虫 *Urosoma cienkowskii*
117. 膜状急纤虫 *Tachysoma pellionella*
118. 似织毛虫 *Histiculus similis*
119. 贻贝棘尾虫 *Stylonychia mytilus*
120. 背状棘尾虫 *S. notophora*
121. 有肋纤虫 *Aspidisca costata*
122. 锐利纤虫 *A. lynceus*
123. 凹缝纤虫 *A. sulcata*
124. 粘游仆虫 *Euplotes muscicola*
125. 近亲游仆虫 *E. affinis*